



**HAL**  
open science

**Suivi scientifique du programme décennal de  
restauration écologique et hydraulique du Rhône. Un  
observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve.  
Rapport d'étape 2008**

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Gudrun Bornette, Sylvie Méricoux,  
Jean-François Fruget, Emmanuel Castella, Amael Paillex, Anne-Laure  
Montbertrand, Gilles Carron, David Mac Crae, et al.

► **To cite this version:**

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Gudrun Bornette, Sylvie Méricoux, Jean-François Fruget, 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 2008. [Rapport de recherche] CEMAGREF; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; EZUS - Université Lyon 1; ARALEP; Université Lyon 3. 2008. halshs-04558172

**HAL Id: halshs-04558172**

**<https://shs.hal.science/halshs-04558172>**

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.

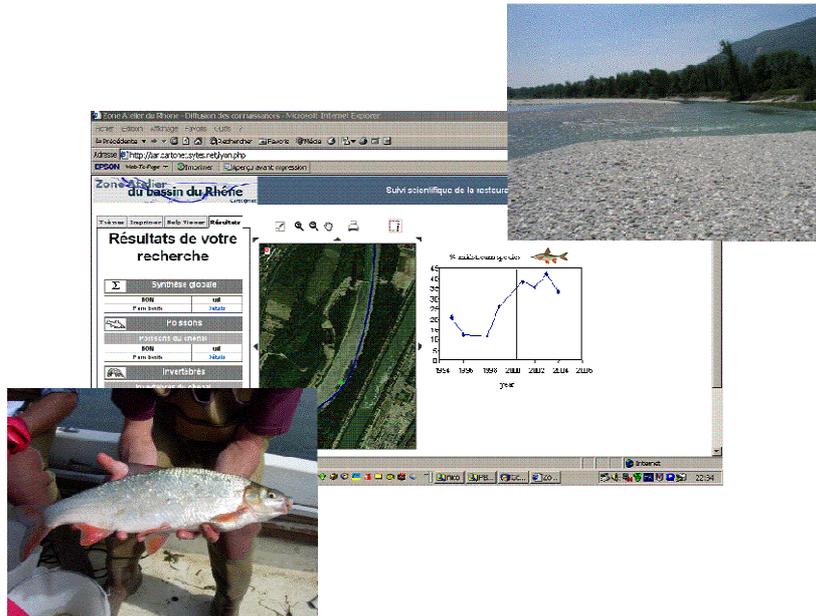
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## SMIRIL – SMIRCLAID - SHR

### Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône :

Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve

*Rapport d'étape 2008*



#### Coordination :

**Jean-Michel Olivier**, CNRS – Univ. Lyon 1  
**Nicolas Lamouroux**, Cemagref - Lyon

olivier@biomserv.univ-lyon1.fr 04 72 43 13 19  
 lamouroux@lyon.cemagref.fr 04 72 20 87 84

*Réalisation du Rapport*

Partie Poissons chenal et lônes : **Jean-Michel OLIVIER** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1) et **Nicolas LAMOUREUX** (Cemagref – Lyon).

Partie végétation des Lônes : **Gudrun BORNETTE** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1)

Partie Invertébrés du chenal : **Sylvie MÉRIGOUX-LHOPITAL** (UMR CNRS 5023, Université Lyon1) et **Jean-François FRUGET** (ARALEP) pour le secteur de Pierre-Bénite

Partie Invertébrés des lônes : **Emmanuel CASTELLA, Amael PAILLEX, Anne-Laure MONTBERTRAND, Gilles CARRON, David McCRAE** (Université de Genève)

Partie Géomorphologie (sédimentation et granulométrie) : **Hervé PIEGAY** (responsable scientifique) et **Monika MICHALKOVA** (UMR CNRS 5600 – Université Lyon 3).

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

Les données hydrologiques sont fournies par la CNR.

## Sommaire

Résumé .....	5
1) Introduction .....	14
Peuplement d'invertébrés des lônes .....	18
Végétation aquatique des lônes .....	18
Géomorphologie des lônes .....	18
2) Approche thématique .....	19
<b>2.1 Cadre physique : restauration et hydrologie</b> .....	19
<b>2.1.1 Opérations de restauration</b> .....	19
<b>2.1.2 Hydrologie</b> .....	21
<b>2.1.3 Hydraulique du chenal</b> .....	23
<b>2.2 Les poissons du chenal</b> .....	25
<b>2.2.1 Objectifs et méthodologie</b> .....	25
<b>2.2.2 Echantillonnages</b> .....	25
<b>2.2.3 Résultats</b> .....	27
<b>2.2.4 Bilan multi-sites</b> .....	33
<b>2.3 Les invertébrés du chenal</b> .....	37
<b>2.3.1 Objectifs et méthodologie</b> .....	37
<b>2.3.2 Echantillonnage</b> .....	38
<b>2.3.3 Résultats</b> .....	40
<b>2.3.4 Bilan multi-sites</b> .....	41
2.3.4.1 Ensemble des vieux-Rhône (Hors Pierre-Bénite) .....	41
2.3.4.2 RCC de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon .....	45
<b>2.3.5 Secteur de Pierre-Bénite</b> .....	51
2.3.5.1 Résultats 2007-2008 .....	51
2.3.5.2 Comparaison Phase I – Phase II .....	56
2.3.5.3 Conclusion .....	57
<b>2.3.6 Conclusions</b> .....	58
<b>2.4 Sédimentation dans les lônes</b> .....	60
<b>2.4.1 Objectifs et méthodologie</b> .....	60
<b>2.4.2 Résultats</b> .....	60
<b>2.4.3 Bilan multi-sites</b> .....	69
<b>2.5 Les poissons des lônes</b> .....	70
<b>2.5.1 Objectifs et méthodologie</b> .....	70
<b>2.5.2 Echantillonnages</b> .....	70
<b>2.5.3 Résultats</b> .....	71
<b>2.5.4 Bilan multi-sites</b> .....	77
<b>2.6 Les invertébrés des lônes</b> .....	81
<b>2.6.1 Objectifs et méthodologie</b> .....	81
<b>2.6.2 Echantillonnages</b> .....	82
<b>2.6.3 Résultats : les communautés de macroinvertébrés de cinq lônes après restauration (Belley, 2007)</b> .....	84
2.6.3.1. Calcul des métriques et analyse des données .....	84
2.6.3.2. Résultats .....	85
Abondance des macroinvertébrés .....	85
Composition des peuplements .....	86
Métriques basées sur les richesses taxonomiques .....	95
Métriques basées sur le statut des espèces .....	98
<b>2.7 La végétation des lônes</b> .....	103

<b>2.7.1 Objectifs et méthodologie</b> .....	103
<b>2.7.2 Echantillonnage</b> .....	105
<b>2.7.3 Résultats</b> .....	105
2.7.3.1 <i>Caractéristiques physico-chimiques des lônes restaurées</i> .....	105
2.7.3.1 <i>Dynamique du diagnostic écologique</i> .....	110
2.7.3.2 <i>Analyse des données floristiques collectées sur les secteurs restaurés (Brégnier, Belley, Pierre-Bénite)</i> .....	126
<b>2.7.4 Conclusion</b> .....	133
3) Approche géographique .....	135
<b>3.1 Chautagne</b> .....	135
Le site, l'état initial .....	135
La restauration (2003-2004).....	136
Les effets prédits et observés .....	136
<b>3.2 Belley</b> .....	139
Le site, l'état initial .....	139
La restauration (2004-2005).....	141
Les effets prédits et observés .....	142
<b>3.3 Brégnier-Cordon</b> .....	146
Le site, l'état initial .....	146
La restauration (2005-2006).....	149
Les effets prédits et observés .....	149
<b>3.4 Miribel-Jonage</b> .....	150
<b>3.5 Pierre-Bénite</b> .....	152
Le site, l'état initial .....	152
La restauration (1999-2000).....	152
lône de Jaricot après restauration .....	153
Les effets prédits et observés .....	153
<b>3.6 Péage-de-Roussillon</b> .....	154
<b>3.7 Montélimar</b> .....	157
<b>3.8 Donzère-Mondragon</b> .....	158
4) Synthèse .....	160
Annexes thématiques.....	162
<b>A.2 Les poissons du chenal</b> .....	163
<b>A.2.3 Les invertébrés du chenal</b> .....	169
<b>A.2.5 Les poissons des lônes</b> .....	182
Bibliographie .....	184

## Résumé

Le suivi scientifique de la restauration hydraulique et écologique avait débuté sur le site de Pierre-Bénite et s'est poursuivi sur les sites du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) depuis 2003.

Le présent rapport fait état de l'avancement de ce suivi et des premières campagnes d'échantillonnage dans les sites candidats à la restauration dans les années futures (Miribel-Jonage, Péage-de-Roussillon, Montélimar, Donzère-Mondragon). Il présente principalement les résultats des campagnes d'échantillonnage de 2008.

Les objectifs des suivis en cours sur les sites restaurés sont :

- analyser l'évolution des peuplements et du milieu dans les Vieux-Rhône après augmentation des débits réservés (analyse des changements des variables hydrauliques et des modifications au sein des communautés de poissons et d'invertébrés benthiques),
- analyser l'évolution de la géomorphologie (analyse des dépôts sédimentaires et de la granulométrie) et des communautés animales (poissons et macro-invertébrés benthiques) et végétales (macrophytes) d'une partie des îles restaurées,
- valider les prédictions en comparant les résultats des mesures effectuées avec les prédictions réalisées avant restauration,
- validation des métriques et des indicateurs sélectionnés pour l'évaluation des effets de la restauration du Rhône.

Après une année 2007 marquée par un été humide, l'année 2008 est plus proche de la moyenne interannuelle. On note cependant une fonte des neiges importante au printemps, une crue modérée en septembre, et la poursuite de la gestion en 'écluse hebdomadaire' du Haut-Rhône. De plus, les travaux de maintenance des usines hydroélectriques du Haut-Rhône ont engendré des variations de débit importantes dans les Vieux-Rhône, notamment à Brégnier-Cordon (mai-Juin, septembre 2008), en Chautagne et à Belley (septembre 2008).

Les résultats du suivi concernent différentes thématiques.

### **1. Les poissons du chenal.**

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 (logiciel Estimhab).

Trente quatre espèces ont été échantillonnées en 2008 (Vieux-Rhône et îles). Les effectifs échantillonnés dans les Vieux-Rhône en 2008 varient entre 343 (Brégnier-Cordon) et 1696 (Péage-de-Roussillon).

On retrouve sur le Haut-Rhône des peuplements typiques de ces milieux dominés par le chevaine et le vairon. L'ombre commun, la truite et le chabot sont observés en nombres réduits. La vandoise est peu abondante à Belley par rapport aux années précédentes. A

Miribel, le peuplement observé est à nouveau assez différent avec une très forte proportion de vairon et d'espèces typiques des radiers (spiralin et loche franche).

Sur le Bas-Rhône, chevaine, gardon et ablette sont dominants dans les peuplements. Une population importante de hotus a été échantillonnée à Montélimar, et une forte proportion de barbeaux et spiralins à Donzère.

Le suivi des poissons du chenal réalisé à Pierre-Bénite et sur les 3 sites du Haut-Rhône restaurés, permet de renseigner les indicateurs. Parmi eux, la proportion d'espèces « d'eau courante » (ombre, barbeau, ablette, hotu, vandoise) indique un effet positif de la modification des débits réservés dans les Vieux-Rhône concernés. La proportion d'espèces « d'eau courante » a effectivement augmenté après relèvement du débit minimum à Pierre-Bénite (de 15 à 43%), en Chautagne (de 11 à 21%) et dans une moindre mesure à Brégnier-Cordon. Ce constat se confirme sur Pierre-Bénite et semble maintenant une tendance significative en Chautagne. Il reste néanmoins variable dans le temps et lié à différentes espèces suivant les sites. De plus ce résultat doit être analysé en intégrant les proportions de juvéniles de l'année dans les échantillons. Celles-ci sont variables d'une espèce à l'autre et d'un site à l'autre et l'interprétation n'est valide que si elle est réalisée sur plusieurs années consécutives. Les différences pré- post-augmentation de débit observées à Belley sont, en 2008, inattendues et contraires 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 est probablement dû à une conjoncture défavorable (faible succès de reproduction assez généralisé sur le Rhône en 2008 et probablement influence de conditions locales défavorables le jour de la pêche). A Brégnier-Cordon, les pêches ont été réalisées pendant une période de variations de débit importantes dans le Vieux-Rhône pour cause de travaux à l'usine électrique. Seul le suivi sur le moyen terme et le fait que les juvéniles de l'année des espèces concernées (espèces rhéophiles qui « répondent » à la modification de débit réservé) intègrent les classes d'âges supérieures permettront de statuer sur les effets réels de la modification de débits minimums dans les Vieux-Rhône. Dans un souci de comparaison et d'analyse de la pertinence du suivi réalisé, les résultats des pêches réalisées dans le cadre du suivi scientifique ont été comparés avec ceux des pêches réalisées par l'Onema. Les pêches réalisées par l'Onema donnent des images nettement différentes des peuplements et estiment des proportions d'espèces d'eaux vives et d'eaux courantes bien inférieures. Sur certains sites, ceci peut être lié en partie à un choix de stations plus lentes (Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon). Sur les autres sites, ces différences sont probablement liées aux contraintes d'échantillonnage de l'Onema. L'évolution marquée du site de Pierre Bénite ne se retrouve pas dans les pêches de l'Onema. Ce constat montre que la difficulté d'échantillonnage des grands cours d'eau peut conduire à des images incertaines du peuplement, qui rendent particulièrement difficile l'analyse des effets de la restauration.

## **2. Les macro-invertébrés du chenal**

Pour des raisons méthodologiques et parce que le suivi de la réhabilitation du Vieux-Rhône de Pierre-Bénite a débuté avant les autres, les résultats concernant ce secteur sont présentés à part.

Un total de 23 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés a été réalisé dans le chenal des 6 Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon, Miribel, Péage-de-Roussillon et Montélimar. L'année 2008 est marquée par l'acquisition de données 1) post-restauration n+2 à Belley et Brégnier-Cordon, n+4 à Chautagne et 2) pré-restauration à Péage-de-Roussillon et à Montélimar. On peut noter que les conditions hydrologiques ont décalé l'acquisition des

données post-restauration à Belley (la campagne de printemps 2008 était prévue en 2007) et n'ont pas permis de réaliser la campagne d'échantillonnage de printemps à Brégnier-Cordon.

Le bilan multi-sites montre qu'en moyenne **74 taxons et 33732 individus par m<sup>2</sup>** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration dans les 5 RCC pour lesquels les données sont actuellement disponibles. Avec 86 taxons le secteur de Brégnier-Cordon présente la richesse taxonomique la plus importante. On n'observe pas de relation entre la densité et la richesse taxonomique. Par exemple, le secteur de Péage-de-Roussillon présente les densités les plus faibles (presque deux fois plus faibles qu'à Chautagne et Belley) mais présente une richesse taxonomique aussi forte qu'à Belley par exemple (71 taxons). Enfin on notera que le secteur de Miribel présente une richesse taxonomique faible (65 taxons) avec notamment 21 taxons de moins que le secteur le plus proche de Brégnier-Cordon. **Au cours des campagnes post-restauration** à Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, on observe **une chute importante du nombre de taxons ainsi que des densités**. En effet seuls **60 taxons et 22839 individus par m<sup>2</sup>** ont été récoltés en moyenne au cours de ces campagnes. On note en particulier une baisse particulièrement importante du nombre de taxons et des densités à Brégnier-Cordon.

La plupart des taxons caractéristiques des secteurs de Chautagne et de Péage-de-Roussillon sont plutôt des **taxons mesotrophes** ou **meso-eutrophes témoignant d'une qualité biologique passable**. De plus, dans ces secteurs la bonne implantation de taxons filtreurs de particules en suspension (les Diptères Simuliidae ou les Trichoptères *Hydropsyche*), de taxons mangeurs de sédiments organiques fins (comme les Diptères Tanytarsini) ou encore de taxons racleurs-brouteurs (Diptères Orthocladinae) témoigne d'une **charge importante de nourriture dérivante et de matières organiques dans ces milieux**. Au contraire, les taxons caractéristiques des secteurs de Belley, Brégnier-Cordon et Miribel sont plutôt des taxons **oligo-mesotrophes témoignant d'une assez bonne qualité biologique des milieux**. Les analyses ne prenant en compte uniquement les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, pour lesquels des données pré et post-restauration sont disponibles, confirment ces résultats. On observe ainsi un **gradient amont-aval de degrés de trophie avec des milieux de meilleure qualité biologique vers l'aval**. De plus sur ces 3 secteurs, on observe un **gradient de rhéophilie** de l'amont vers l'aval avec un pourcentage d'individus rhéophiles plus important à l'amont.

Avant restauration, on pouvait souligner la présence de quatre espèces exogènes à Chautagne, Belley et Miribel et six dans le secteur du Brégnier-Cordon. **Après restauration on note l'apparition de trois nouvelles espèces exogènes invasives** : le prédateur *Dikerogammarus villosus* dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, du bivalve *Corbicula fluminea* dans les secteurs de Chautagne et Belley depuis 2007 et du Polychète *Hypania invalida* dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon depuis 2008.

On observe **une grande variabilité saisonnière des distributions des taxons d'invertébrés au sein de chacun des 5 RCC étudiés**. L'analyse approfondie des secteurs de **Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon** montre que cette variabilité saisonnière se retrouve globalement avec les mêmes tendances après restauration. On observe donc des **variations dans la distribution des invertébrés après restauration** et ces changements sont globalement **identiques dans les trois secteurs**. On note en particulier une **chute de la richesse taxonomique et des effectifs** pour de nombreux taxons au profit du prédateur *Dikerogammarus villosus* notamment à Belley et à Brégnier-Cordon.

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 une diminution des densités des taxons limnophiles.**

Les observations de terrain montrent en effet **une augmentation du pourcentage d'individus rhéophiles dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon après restauration** mais ces résultats sont à prendre avec prudence et devront être confirmés. Les changements observés entre les campagnes pré et post-restauration reposent uniquement sur quelques taxons dont les effectifs ont brutalement chuté ou au contraire brutalement augmenté après restauration.

Les comparaisons des prédictions du modèle FSTress et les observations de terrain montrent qu'à **Chautagne et à Belley respectivement, 51 et 67% des espèces qui présentent des préférences hydrauliques significatives répondent dans le même sens que les prédictions au moins à une saison.** On note que les taxons limnophiles répondent mieux que les taxons rhéophiles aux prédictions de FSTress.

Cependant même si les **observations et les prédictions vont dans le même sens pour plus de la moitié des taxons**, on observe une **variabilité saisonnière et spatiale dans les réponses** et il n'existe **pas de corrélations** entre les observations et les prédictions avant et après restauration.

La **validation du modèle FSTress ne se fera que sur du moyen ou du long terme** et il n'est pas étonnant que les premières campagnes post-restauration ne nous révèlent pas immédiatement les attendus. En effet, il faudra plusieurs campagnes d'échantillonnage post-restauration pour comprendre l'importance des effets de paramètres indépendants à la restauration qui viennent troubler nos résultats tels que les facteurs hydro-climatiques, les variations de débits journaliers dues à la gestion des barrages ou l'implantation récente d'espèces invasives redoutables telles que le Crustacé prédateur *Dikerogammarus villosus* ou le Polychète *Hypania invalida*.

A Pierre-Bénite, **79 taxons** ont été échantillonnés lors de la période 2007-2008. Cette richesse est légèrement inférieure à la période d'échantillonnage précédente (83 taxons en 2003) et sensiblement identique à celle de 2002 (80 taxons). Huit taxons non encore rencontrés depuis le début de l'étude en 1995 ont été échantillonnés en 2007-2008. Ce sont les Crustacés invasifs *Jaera istri*, *Gammarus roeseli*, *Chelicorophium curvispinum*, *Hemimysis anomala*, un Ephéméroptère Baetidae autre que *Baetis fuscatus* (jeune individu), les Trichoptères *Rhyacophila sp.* et *Goera pilosa* et le Diptère Clinocerinae.

Si une **forte variabilité temporelle** des peuplements est toujours observée au fil des années, en probable liaison avec les fluctuations hydroclimatiques, le bilan 2007-2008 reste dans la lignée des résultats enregistrés au début des années 2000 et confirme une certaine pérennité dans les changements observés entre les deux phases pré et post-restauration.

Parmi les **espèces exotiques invasives**, outre l'abondance de *D. villosus*, durablement installé, il faut noter la très forte représentation de *C. curvispinum* (non encore présent en 2003).

### **3. La sédimentation dans les lônes**

Le suivi sédimentaire des lônes a pour objectif de répondre à deux questions :

- **Quelle est l'espérance 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 espérance est-elle modifiée par la restauration ? Ce premier ensemble de questions est abordé en confrontant le taux de sédimentation (épaisseur des sédiments déposés sur une période de temps donnée) et la hauteur d'eau moyenne de la lône (disponible par ailleurs) qui est susceptible d'enregistrer le comblement.

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

Au cours de l'année 2008, trois principales actions ont été conduites :

- relevé des piézomètres installés sur différents sites,
- réalisation de toutes les analyses granulométriques des prélèvements de 2007,
- analyse des données piézométriques et granulométriques.

L'analyse des données piézométriques a permis de caractériser les débits de débordement de l'ensemble des lônes suivies, des observations de terrain pendant les crues et des levés topographiques ont permis de compléter les informations acquises par les enregistreurs.

L'analyse des données granulométriques a permis d'identifier trois groupes hydrogéomorphologiques :

- les systèmes enregistrant un transport sableux et se caractérisant par des écoulements rapides (Anse de Yenne, Luisettes, Ciselande) avec des médianes variables d'une station à l'autre mais toujours sableuses. A ces systèmes s'ajoutent les lônes Mattant et Vachon qui sont également courantes et n'enregistrent aucune sédimentation fine.
- les systèmes enregistrant une grande variabilité granulométrique également mais dont la gamme s'étend du sableux au limoneux (Brotalet, Moiroud, Lucey, Granges, Cerisiers, Jaricot, Table Ronde). Il s'agit de deux types de lônes, d'une part des lônes assez courantes mais à écoulement globalement lent et d'autre part des lônes connectées enregistrant une sédimentation sableuse à l'entrée aval mais une sédimentation très fine à l'intérieur compte tenu de l'absence d'écoulements (typiquement Table Ronde).
- Les systèmes enregistrant une sédimentation homogène et fonctionnant davantage en décantation tout au long de leur section (Malourdie, Béard, Chantemerle, Molottes, Ilon, Noyer, Sainte, Casiers d'Arcoules).

Les variations hydro-sédimentaires ne sont pas corrélées aux fréquences de débordement. Des lônes enregistrant une sédimentation limono-argileuse peuvent ainsi être très ou au contraire rarement inondées, ce qui accroît de fait la variabilité des conditions physiques qui sont observées et laisse présager ainsi des résultats intéressants en terme de couplage des données physiques et biologiques et de bio-indication.

#### **4. Les macro-invertébrés des lônes**

Le suivi post-restauration 2008 concerne cinq lônes : Chantemerle, Fournier, Luisettes, Moiroud et Béard.

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 lônes est structurée aux deux périodes de façon similaire par le gradient de connectivité des sites avec le fleuve.

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.

Les sites directement modifiés par curage ou succion 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).

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.

Certaines des tendances observées pourraient 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.

#### **5. Les macrophytes des lônes**

Cinq lônes du secteur de Brégnier-Cordon (Lône de Chantemerle, Lône des Granges, Lône des Molottes, Lône de la Plaine, Lône du Ponton) ont été échantillonnées en 2008.

La Lône de Chantemerle présente les caractéristiques d'une lône eutrophe dont le peuplement végétal est dominé par *Elodea nuttallii* et *Myriophyllum spicatum*, le caractère eutrophe est renforcé par la présence de *Ceratophyllum demersum* et *Potamogeton pectinatus*. Les données sont conformes aux données antérieures sans évolution majeure excepté un léger alluvionnement. Dans la petite lône, située en aval de la précédente, seules 7 espèces (contre 10 dans la partie amont) étaient présentes en 2008. Les plus représentées étaient *Elodea nuttallii* (indicateur de conditions meso-eutrophes et de processus d'alluvionnement) et *Phalaris arundinacea*.

Dans la Lône des Granges après restauration (2008), le nombre d'espèces végétales et leurs abondances sont très faibles (12 espèces). La trophie et la fréquence des perturbations hydrauliques sont relativement élevées. L'augmentation potentielle des apports d'eau souterraine suggérée par la physico-chimie n'est pas encore visible dans la composition des peuplements (présence en très faible abondance de *Berula erecta*).

Après restauration de la Lône des Molottes (creusement de la partie aval avec remise en eau, connexion permanente avec le Rhône par l'aval), on constate la régression d'*Elodea canadensis*, *Callitriche platycarpa*, et *Myriophyllum verticillatum*, toutes trois en général associées aux eaux souterraines mésotrophes. Par ailleurs, les espèces eutrophes persistent (e.g. *Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*), même si leur abondance est plus faible que les années précédentes, probablement du fait de la proximité de la date de la

restauration, et *Spirodela polyrhiza*, associée aux eaux hyper-eutrophes, apparaît. Le fonctionnement de la lône n'est pas significativement modifié par rapport aux années précédentes : les eaux restent eutrophes, sans indice fort d'apport d'eau souterraine, les processus d'alluvionnement semblent perdurer. Avec les limites qu'imposent un diagnostic réalisé relativement tôt après la restauration, on peut donc conclure à une validation du pronostic, c'est à dire une conservation du statut eutrophe et des processus d'alluvionnement qu caractérisaient la lône avant la restauration.

La Lône du Ponton a été recreusée sur sa partie aval, elle est en connexion permanente avec le Rhône par l'aval, ceci se traduit par une diminution de la connectivité avec les eaux souterraines par rapport à l'état initial réalisé en 2004. Le peuplement végétal est dominé par *Phalaris arundinacea* et *Phragmites australis*, La plupart des espèces d'eau permanente, liées aux apports d'eau souterraine, encore présentes en 2004 ont 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.

La Lône de la Plaine, initialement incluse dans le programme de restauration, n'a finalement pas subi de modification. En 2008, comme en 2004, le peuplement reste largement dominé par *Ceratophyllum demersum* et *Hydrocharis morsus ranae*, confirmant le statut eutrophe de la lône. *Elodea canadensis* et *Calitriche platycarpa*, espèces favorisées par des apports d'eau souterraine sont absentes des échantillons de 2008.

Dans le cadre de l'établissement de l'état initial du secteur de Péage-de-Roussillon, les casiers d'Arcoules (casiers Girardon), l'ensemble de la Lône de la Platière (casiers, Lône du Noyer Nord, Platière), la Lône de l'Ilon et la Lône de la Sainte ont été échantillonnés.

Les casiers d'Arcoules sont des milieux très eutrophes, caractérisés par une richesse spécifique élevée (22 espèces) et une dominance de *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* et *Vallisneria spiralis*. Le niveau de perturbation hydraulique est élevé.

Quatorze espèces ont été échantillonnées dans la Lône de la Platière, 22 dans les casiers de la Platière et 22 dans la Lône du Noyer Nord. Les espèces majoritaires sont des espèces de milieux eutrophes à hyper-eutrophes. Quinze espèces ont été dénombrées dans la Lône de l'Ilon (dominance de *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, *Potamogeton nodosus* et *Najas marina*) également indicatrices d'eaux très eutrophes.

La Lône de la Sainte est caractérisée par un substrat limoneux et abritait 17 espèces en 2008 (dominance de *Roripa amphibia*, *Lytrum salicaria*, *Alisma plantago-aquatica*) dont les plus abondantes sont indicatrices d'eau méso-trophes à eutrophes et de niveau de perturbation hydraulique faible à intermédiaire.

L'analyse des caractéristiques physico-chimiques des lônes restaurées montre que la restauration a favorisé dans certains cas l'alimentation de la lône par les eaux souterraines provenant potentiellement d'aquifères de versant (karstiques, e.g. Béard, Luisettes). L'augmentation de cette connectivité est susceptible de favoriser certaines espèces patrimoniales sensibles aux apports d'eau souterraines (e.g. *Hottonia palustris*), mais également de limiter les processus successionnels, en 1) évacuant une partie des fines s'accumulant dans la lône, 2) diminuant la productivité végétale (température et charge nutritionnelle moindre). Cet effet n'est cependant sensible que si le débit de ces apports est suffisant, ce qui ne semble pas être le cas en ce qui concerne par exemple Luisettes et Béard, dont les fluctuations thermiques restent parmi les plus élevées. Certaines lônes (e.g. Ponton, Moiroud, Granges) ont vu la part d'alimentation par des sous-écoulements fluviaux augmenter après la restauration, ce qui peut venir contrebalancer partiellement l'effet bénéfique des apports phréatiques de versant, car les sous-écoulements fluviaux sont

eutrophes. Enfin, la restauration n'a pas eu d'effet notable sur l'alimentation de certaines lônes, lorsque celles-ci étaient alimentées par le fleuve (sous écoulements ou eaux de surface), car le creusement, ou la modification des bouchons alluviaux, a dans ce cas uniquement favorisé ou défavorisé ces alimentations, sans en modifier la nature (e.g. Chantemerle).

Parmi les différentes situations de restauration du secteur de Belley et Brégnier-Cordon, seules 2 lônes (Chantemerle, Béard) montrent une augmentation significative à court terme de la richesse spécifique. Cette situation n'ayant pas de réplicats sur les sites sur lesquels nous disposons de données à long-terme, il conviendrait de poursuivre le suivi écologique de ces lônes, afin de mesurer l'impact à long terme de la restauration sur la biodiversité végétale.

En termes d'invasion, les restaurations n'ont pas eu un impact fort sur le processus d'invasion par *Elodea nuttallii*, probablement car l'espèce est peu tolérante aux processus d'alluvionnement élevés, quand ceux ci conduisent à une déconnexion de la lône avec les aquifères.

En termes de bénéfice écologique de la restauration, le bilan est plus mitigé sur Brégnier-Cordon que sur Belley. Dans tous les cas, le recul semble insuffisant pour conclure sur l'impact définitif de la restauration. Cependant, on n'observe pas d'amélioration du fonctionnement écologique des lônes, qui semblent toutes caractérisées par des eux eutrophes et des processus d'alluvionnement après restauration, ce qui milite dans le sens d'une durabilité faible des états restaurés.

Il est trop tôt pour établir un bilan définitif des restaurations sur les secteurs de Belley et Brégnier-Cordon.

## **6. Les poissons des lônes**

17 lônes ont fait l'objet d'un suivi piscicole en 2008 : 2 en Chautagne, 5 à Belley, 7 à Brégnier-Cordon, 3 à Péage-de-Roussillon.

En Chautagne, les résultats de 2008 confirment ceux des années antérieures. La Lône de la Malourdie abrite une faune piscicole très pauvre (richesse spécifique la plus faible de toutes les lônes suivies). La lône du Brotalet évolue progressivement depuis sa restauration vers un milieu lentique, colonisé par la végétation aquatique, et très propice à la reproduction et la croissance de certaines espèces de poissons. L'indicateur « abondance relative des espèces phytophiles et phyto-lithophiles » atteint en 2008 la valeur de 38%, valeur la plus élevée depuis la restauration.

A Belley, les résultats de 2008 (sauf pour l'Anse de Yenne), sont comme pour le Vieux-Rhône, très inférieurs à ceux des années précédentes. Parmi les lônes suivies, la Lône Béard est un milieu très particulier dont la capacité d'accueil pour les poissons est très réduite (faible profondeur, eau froide, limpide, végétation aquatique très dense dans la partie aval et anoxie des sédiments). La Lône Fournier est également très particulière est peu fréquentée par les poissons. Les lônes « des Luisettes » et Moiroud possèdent des potentialités d'accueil importantes et les résultats de 2008 sous-estiment probablement les densités de poissons de ces milieux.

A Brégnier-Cordon, les résultats obtenus dans la majorité des lônes reflètent les problèmes rencontrés lors de l'échantillonnage du Vieux-Rhône (variations du débit) et les tendances observées lors des années précédentes pour la Lône des Molottes et la Lône du Ponton se confirment : ces deux annexes constituent d'excellentes zones de reproduction et de nurserie pour plusieurs espèces de poissons. Ces résultats sont illustrés par la richesse spécifique de

ces deux lônes (15 espèces dans la Lône des Molottes et 13 dans celle du Ponton), les effectifs capturés (411 ind. dans la L. des Molottes et 632 dans celle du Ponton) et les pourcentages de juvéniles de l'année dans les échantillons (96% dans la L. des Molottes et 97% dans la L. du Ponton). Par contre, les abondances relatives des espèces phytophiles et phyto-lithophiles sont différentes dans ces deux lônes : 64% dans la L. du Ponton et 11% dans la L. des Molottes (fortes abondances relatives de la Bouvière et du chevaine).

A Péage-de-Roussillon, les résultats obtenus en 2007 sont globalement confirmés en 2008, avec des effectifs et une richesse spécifique beaucoup plus importants dans la Lône de l'Ilon.

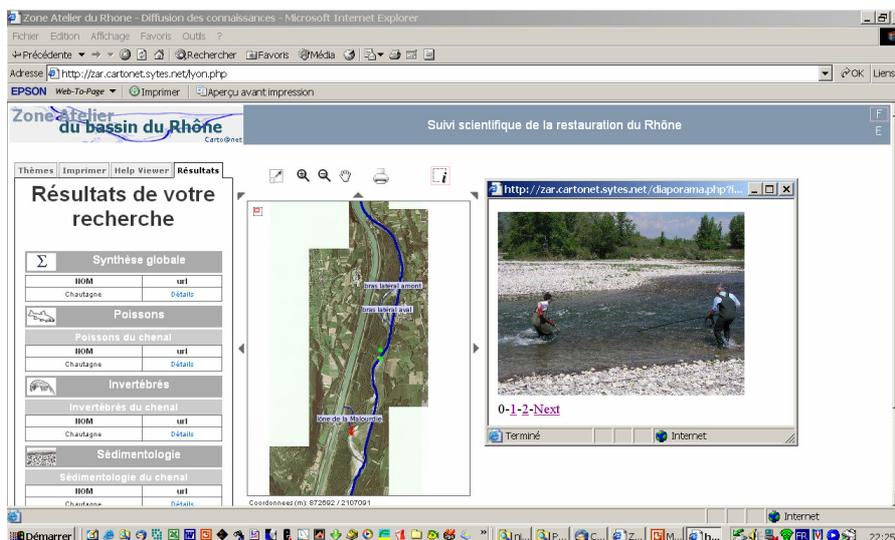
Une analyse synthétique des résultats obtenus depuis le début du suivi montre que l'ensemble Platière est le plus riche de toutes les lônes échantillonnées. Elle montre aussi que, sauf exception (Malourdie, Béard, Granges) le nombre d'espèces capturées dans chacune des lônes est supérieur ou égal à 15. La distribution des différentes espèces dans les lônes montre que celles-ci jouent très probablement un rôle complémentaire à celui du chenal dans le fonctionnement des populations de poissons du Rhône, au moins dans les secteurs étudiés.

# 1) Introduction

Le programme décennal de restauration du Rhône français, lancé en 1998 et repris dans le nouveau plan Rhône de 2006, 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 aménagements, 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.

Ce rapport intermédiaire du suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône (convention 2007-2009) 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 (<http://rhone.univ-lyon1.fr/zar/lyon.php>). Le site WEB a été complètement refondu et est en cours de réalisation.



Le tableau de bord de la restauration : un outil de consultation cartographique partagé sur le web.

Le Programme Décennal de Restauration concerne 8 sites en priorité (les Vieux-Rhône des aménagements de Chautagne CE, Belley BY, Brégnier-Cordon BC, Miribel-Jonage MI, Pierre-Bénite PB, Péage-de-Roussillon PR, Donzère-Mondragon DM, Montélimar

MO). Ce rapport concerne l'ensemble de ces sites 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 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. L'effort d'échantillonnage du chenal sera allégé à Pierre-Bénite du fait de l'avancement de la restauration (contrôle de la pérennité des changements). Les suivis de 'routine' et une grande partie du tri (invertébrés) seront sous-traités.

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 réparties dans les parties non-influencées hydrauliquement des Vieux-Rhône, c'est-à-dire non soumises au remous des aménagements hydroélectriques situés immédiatement en aval.

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	Poissons	Invertébrés	Végétation	Sédimentation
<b>Chautagne</b>	Chenal	X	X		
	Lône de la Malourdie	X			X
	Lône du Brotalet	X			X
<b>Belley</b>	Chenal	X	X		
	Lône des Luisettes	X	X	X	X
	Lône Moiroud	X	X	X	X
	Lône Béard	X	X	X	X
	Lône Fournier	X	X	X	X
	Anse de Yenne	X	X		X
	Lône de Lucey		X		X
<b>Brégnier-Cordon</b>	Chenal	X	X		
	Lône de Chantemerle	X	X	X	X
	Lône des Granges	X	X	X	X
	Lône Vachon	X	X		X
	Lône des Cerisiers	X			X
	Lône des Molottes	X	X	X	X
	Lône Mattant	X	X		X
	Lône du Ponton	X	X		X
	Lône de la Plaine		X		X
<b>Pierre-Bénite</b>	Chenal	X	X		
	Lône de la Table Ronde			X	X
	Lône de Ciselande			X	X
	Lône de Jaricot			X	X
<b>Péage de Roussillon</b>	Chenal	X	X		
	Lône de la Platière	X	X	X	X
	Lône Noyé Nord	X		X	
	Lône Noyé Sud				X
	Ilon	X	X	X	X
	Casiers Arcoules			X	X
	Lône de la Sainte		X	X	X
<b>Montélimar</b>	Chenal	X			
<b>Donzère-Mondragon</b>	Chenal	X			

*Récapitulatif des sites (Vieux-Rhône et lônes suivis entre 2003 et 2008) et des thématiques prises en compte dans le suivi actuel du programme de restauration du Rhône. A Montélimar et Donzère, le choix des lônes pour l'établissement de l'état initial sera effectué début 2009.*

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 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 présentés dans le tableau suivant.

*Peuplement piscicole*

	Indicateurs	Code métrique	Métriques
Chenal	Richesse spécifique	CP1	Nombre d'espèces
	Structure du peuplement	CP2	Fréquence des différentes espèces
	Espèces cibles	CP3	Distribution en classes de la taille des espèces cibles
	Proportion espèces eaux vives	CP4	Effectifs des espèces : BAF, SPI, BLN, LOF, CHA
	Proportion espèces eaux courantes	CP5	Effectifs des espèces : OBR, BAF, ABL, HOT, TOX, VAN
Lônes	Richesse spécifique piscicole	LP1	Abondance relative des espèces
	Indicateur d'eaux stagnantes	LP2	Abondance relative des espèces phytophiles et lithophytophiles
	Espèces cibles	LP3	Abondance des espèces cibles

*Peuplement d'invertébrés du chenal*

	Indicateurs	Code métrique	Métriques
	Proportion d'espèces des habitats lotiques	C11	Abondance relative des espèces rhéophiles
	Proportion d'espèces des habitats lentiques	C12	Abondance relative des espèces limnophiles

*Peuplement d'invertébrés des lônes*

	Indicateurs	Code métrique	Métriques
Richesse taxonomique et statut des espèces		L11	Richesse taxonomique totale
		L12	Richesse spécifique des taxons EPT
		L13	Richesse spécifique des mollusques gastéropodes
		L14	Nombre d'espèces à statut de protection ou de vulnérabilité documenté
		L15	% d'individus appartenant à des espèces non-indigènes
Caractéristiques biologiques et écologiques des taxons		L16	% broyeur / collecteurs
		L17	% collecteurs filtreurs / autres collecteurs
		L18	% prédateurs / autres groupes trophiques
		L19	% taxons > 1 génération par an / taxons < 1 génération par an
		L110	% taxons se déplaçant à la surface du substrat
		L111	% taxons à dérive comportementale
		L112	% espèces typiques du fleuve

*Végétation aquatique des lônes*

	Indicateurs	Code métrique	Métriques
	Influence des perturbations hydrauliques	LV1	Degré de perturbation (5 classes)
	Trophie	LV2	Degré de trophie (3 à 4 classes)
	Colmatage	LV3	Alimentation en eau souterraine (oui / non)
	Richesse spécifique en espèces végétales aquatiques	LV4	Richesse par lône
	Diversification végétale	LV5	Abondance relative des espèces rares

*Géomorphologie des lônes*

	Indicateurs	Code métrique	Métriques
	Espérance de vie de l'état restauré	LS1	Comblement post-restauration
	Conditions d'habitat intra-lône	LS2	Granulométrie du substrat

## 2) Approche thématique

### 2.1 Cadre physique : restauration et hydrologie

#### 2.1.1 Opérations de restauration

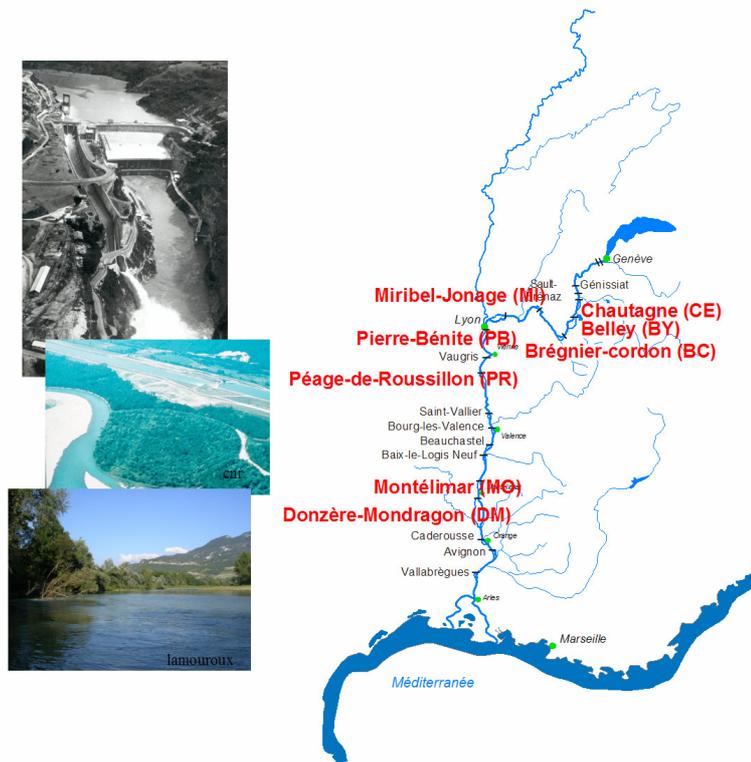


Figure 2.1.1 Les 8 sites concernés par la restauration

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<sup>er</sup> avril au 31 août et de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  du 1<sup>er</sup> 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 2.1.2) et 23 îles ont été réhabilitées :

- Chautagne : Île 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 Colannes.

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.

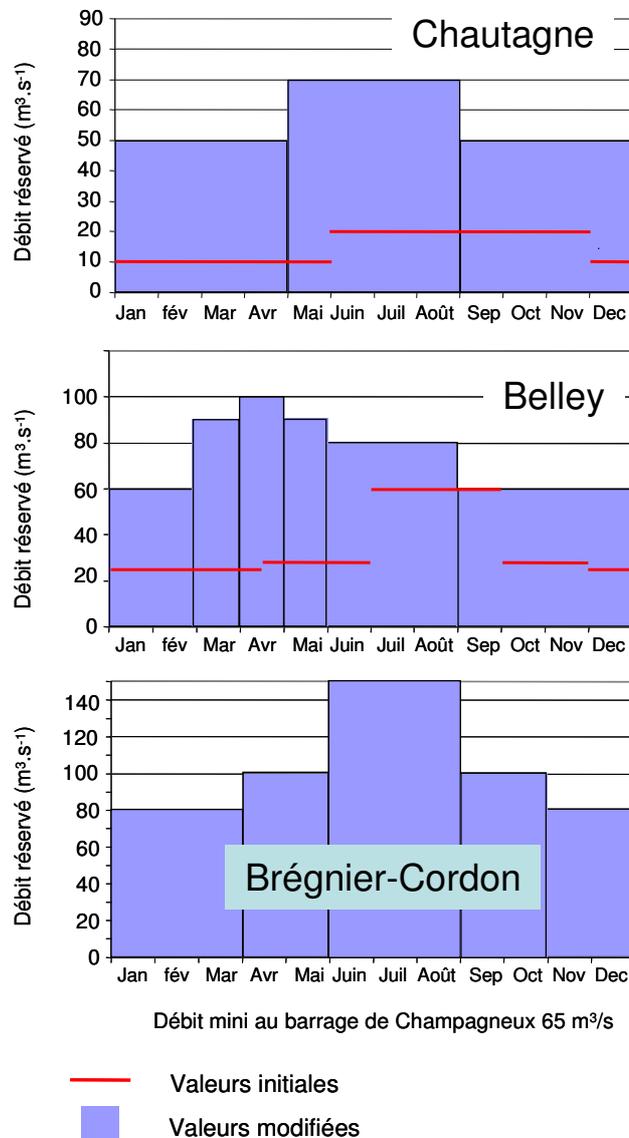


Figure 2.1.2 : valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.

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.

### 2.1.2 Hydrologie

Après une année 2007 marquée par un été humide, l'année 2008 est plus proche de la moyenne interannuelle. On note cependant une fonte des neiges importante au printemps, une crue modérée en septembre, et la poursuite de la gestion en 'éclusée hebdomadaire' du haut Rhône.

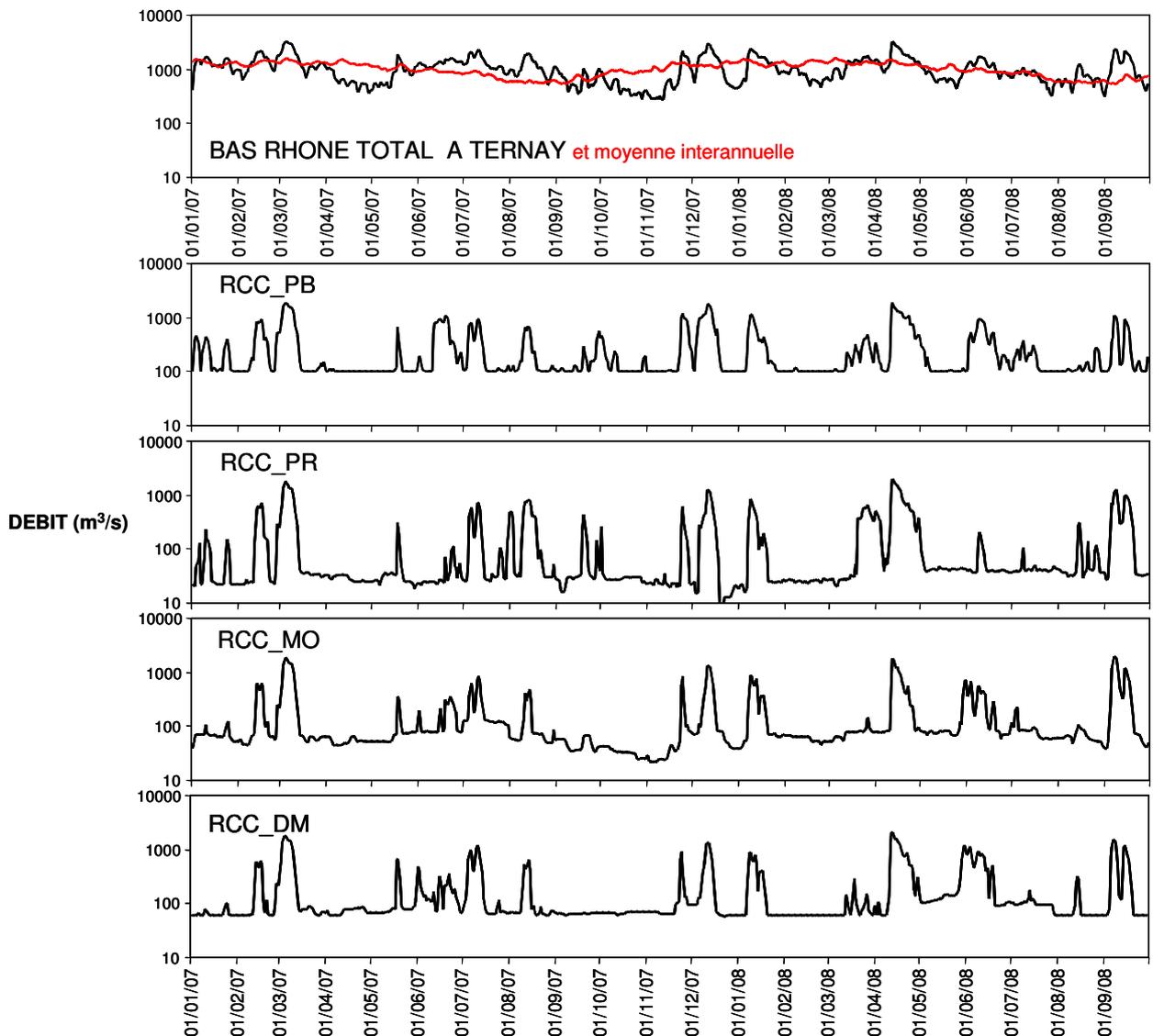
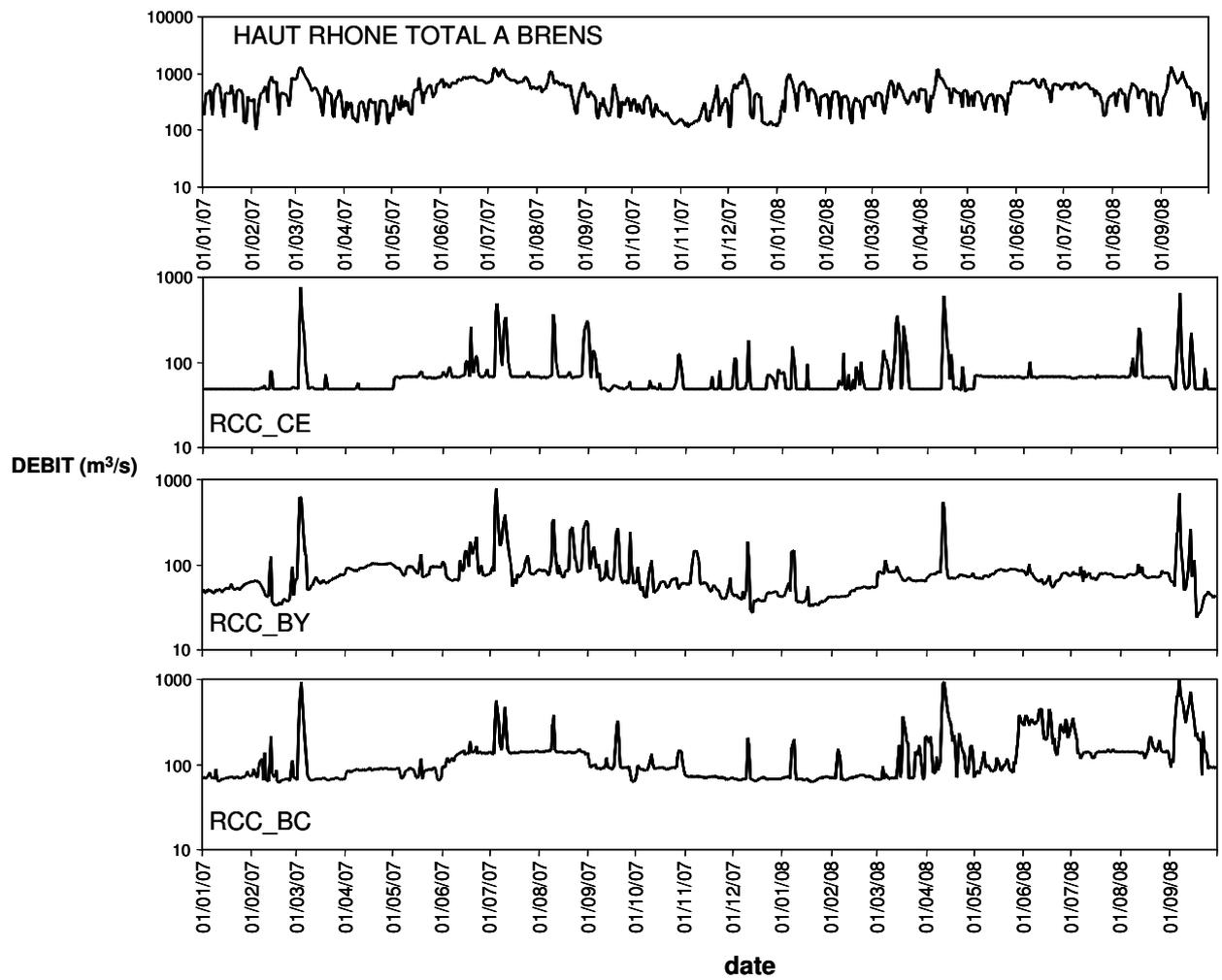
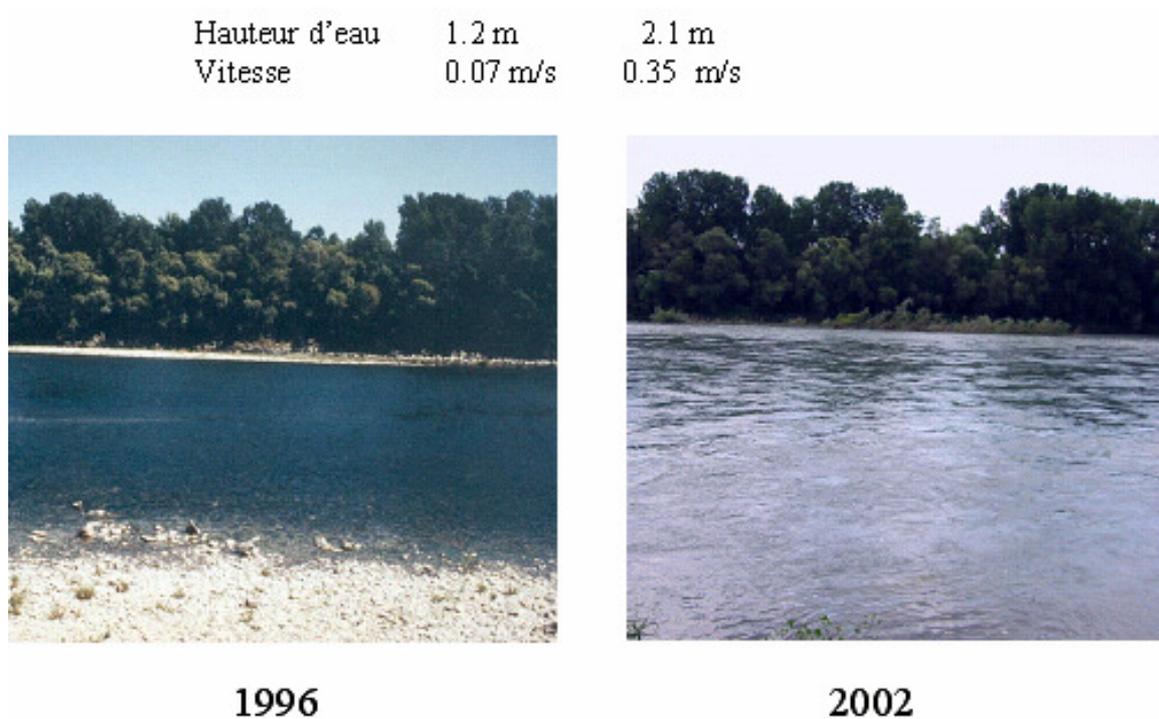


Figure 2.1.2 : Débit 2007 – 2008 du Rhône total à Ternay, et dans les vieux Rhône du bas Rhône



*Fig 2.1.3 : Débit 2007 – 2008 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 et al. 1999, Lamouroux et Capra 2002) sont fidèlement 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.

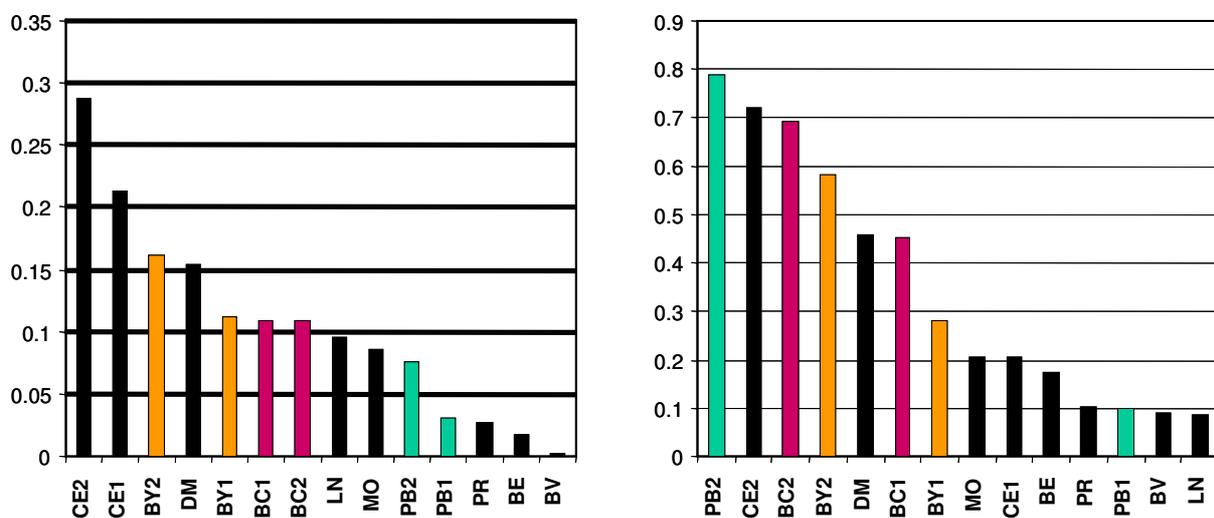


Figure 2.1.5. Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes définis sur la Figure 2.1.1 ; LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-les-Valence et Beauchastel). 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 Brégner-Cordon par exemple, il reste intermédiaire entre les fortes valeurs du Haut-Rhône (Chautagne avec de nombreux radiers) et les faibles valeurs actuelles de Beauchastel ou Bourg-les-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 (logiciel Estimhab). 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). 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. Néanmoins les résultats des pêches de l'Onema sont largement intégrées dans ce rapport afin d'une part de comparer les pêches de suivi aux pêches de l'Onema (annexe 1.1.3), et d'autre part de compléter l'image de la diversité piscicole à l'échelle du fleuve.

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 2008 ont été réalisés à l'automne, généralement quelques jours après les déversements de Septembre, sauf à Belley (avant les déversements). De 100 à 200 points de pêches par EPA ont été réalisés dans les Vieux-Rhône en fonction de la longueur des Vieux-Rhône 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 2.2.2).



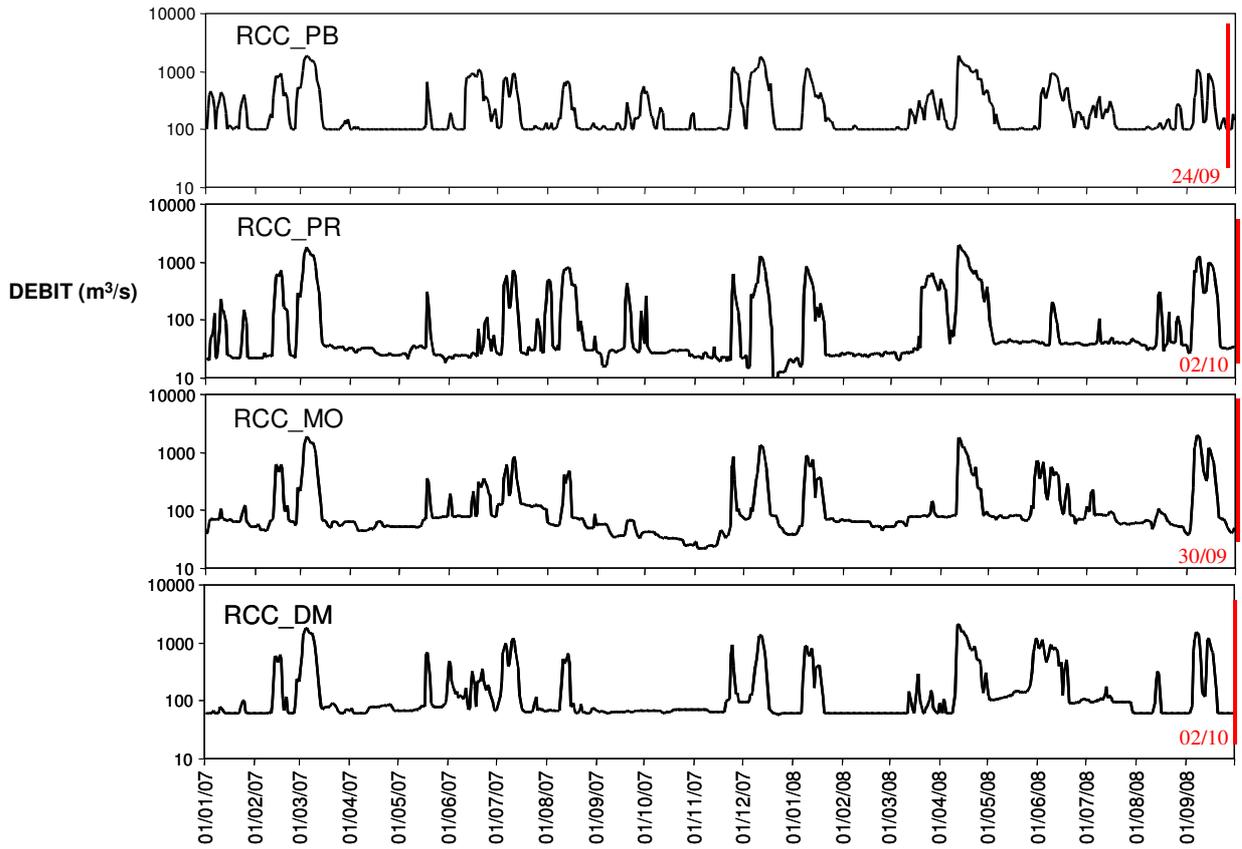


Fig. 2.2.1 : Dates d'échantillonnage des poissons du chenal. Bas Rhône

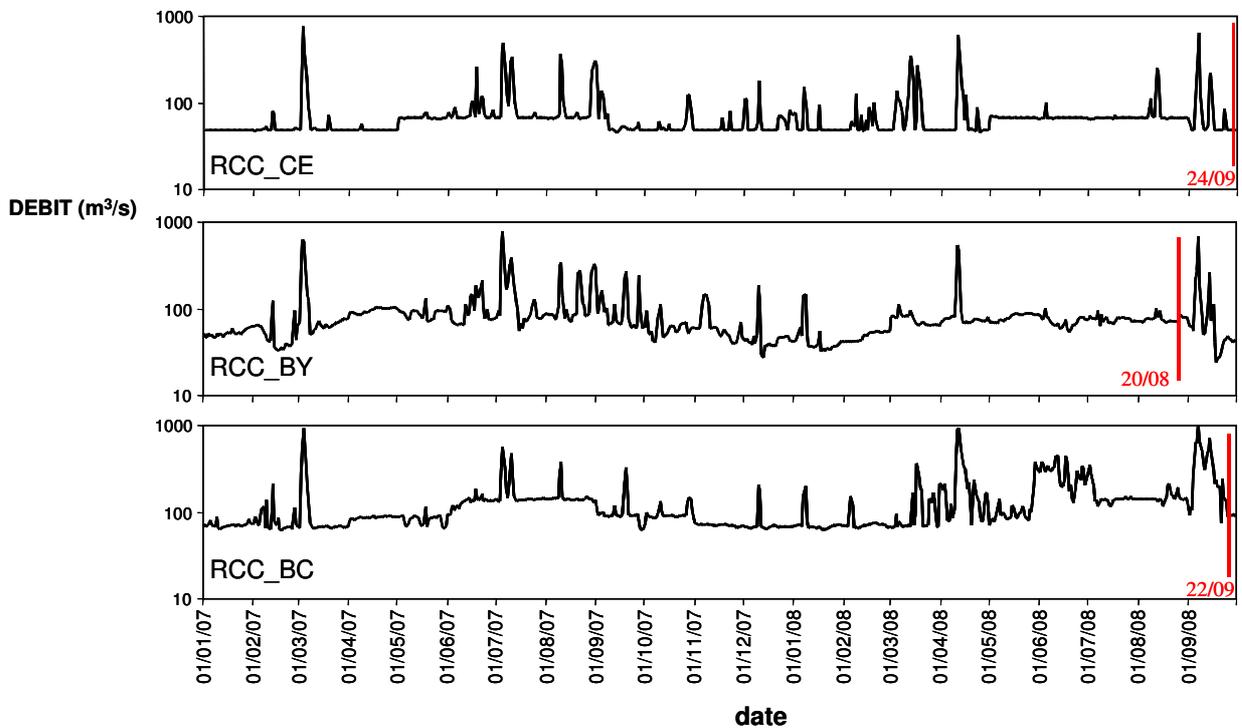


Fig. 2.2.2 : Dates d'échantillonnage des poissons du chenal. Haut Rhône

### **2.2.3 Résultats**

Trente quatre espèces ont été échantillonnées en 2008 (Vieux-Rhône et lônes) Tableau 2.2.1. Les effectifs échantillonnés dans les Vieux-Rhône en 2008 varient entre 343 (Brégnier-Cordon) et 1696 (Péage-de-Roussillon) (tableau 2.2.2).

On retrouve sur le Haut-Rhône des peuplements typiques de ces milieux dominés par le chevaine et le vairon. L'ombre commun, la truite et le chabot sont observés en nombres réduits. La vandoise est peu abondante à Belley par rapport aux années précédentes. A Miribel, le peuplement observé est à nouveau assez différent avec une très forte proportion de vairon et d'espèces typiques des radiers (spirlin et loche franche).

Sur le Bas-Rhône, chevaine, gardon et ablette sont dominants dans les peuplements. Une population importante de hotus est échantillonnée à Montélimar, et une forte proportion de barbeaux et spirlins à Donzère.

Famille	Nom commun	Nom latin	Code
<b>Petromizontidés</b>			
	Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i> (bloch, 1784)	LPP
<b>Salmonidés</b>			
	Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linné, 1758)	OBR
	Truite fario	<i>Salmo trutta fario</i> (Linné 1758)	TRF
<b>Esocidés</b>			
	Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linné, 1758)	BRO
<b>Cyprinidés</b>			
	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (Linné 1758)	GAR
	Blageon	<i>Telestes souffia</i> (Risso, 1827)	BLN
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linné, 1758)	VAN
	Chevaine	<i>Leuciscus cephalus</i> (Linné, 1766)	CHE
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linné, 1758)	ROT
	Tanche	<i>Tinca tinca</i> (Linné, 1758)	TAN
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linné, 1766)	VAI
	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i> (Linné, 1758)	ABL
	Spirlin	<i>Alburnoïdes bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	SPI
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i> (Linné, 1766)	BRB
	Brème commune	<i>Abramis brama</i> (Linné, 1766)	BRE
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linné, 1766)	HOT
	Toxostome	<i>Chondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837)	TOX
	Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	BOU
	Goujon	<i>Gobio gobio</i> (Linné, 1766)	GOU
	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i> (Schlegel, 1842)	PSR
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (Linné, 1758)	BAF
	carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i> (Linné, 1758)	CCO
	Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	CAG
<b>Balitoridés</b>			
	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i> (Linné, 1766)	LOF
<b>Siluridés</b>			
	Silure glane	<i>Silurus glanus</i> (Linné, 1758)	SIL
<b>Ictaluridés</b>			
	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	PCH
<b>Anguillidés</b>			
	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i> (Linné, 1758)	ANG
<b>Gastérostéidés</b>			
	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linné, 1766)	EPI
<b>Centrarchidés</b>			
	Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i> (Linné, 1758)	PES
<b>Percidés</b>			
	Perche	<i>Perca fluviatilis</i> (Linné, 1758)	PER
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linné, 1758)	GRE
	Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i> (Linné, 175)	SAN
<b>Blenniidés</b>			
	Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	BLE
<b>Cottidés</b>			
	Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linné, 1758)	CHA

Tableau 2.2.1 Liste des espèces échantillonnées dans le Rhône en 2008 (Vieux Rhône et îlônes)

Effectifs pêchés 2008

espèce nb_pts	CE BY BC MI				PB PR MO DM				Total
	100	200	200	100	30	100	200	200	
VAI	130	14	101	900	1	0	0	3	1149
CHE	132	139	95	23	206	293	148	103	1139
ABL	4	6	1	5	96	515	110	66	803
LOF	187	53	27	147	19	138	22	110	703
GAR	2	97	1	1	71	386	69	10	637
SPI	1	17	26	394	108	0	20	69	635
BAF	134	93	34	57	33	23	22	80	476
HOT	43	13	3	65	9	3	30	11	177
GOU	1	24	8	17	18	75	14	12	169
BOU	0	0	0	0	0	92	2	2	96
PER	2	1	29	1	38	12	11	0	94
PSR	4	0	1	1	0	69	17	1	93
ANG	3	2	0	0	5	11	23	33	77
BRB	0	0	0	0	41	7	17	0	65
PES	16	2	2	0	19	26	0	0	65
VAN	1	48	3	0	2	0	0	0	54
SIL	0	0	0	14	5	8	3	4	34
GRE	2	1	0	0	16	12	0	0	31
EPI	6	9	4	1	4	0	2	0	26
TRF	1	12	1	0	0	0	0	0	14
BLN	0	0	0	12	0	0	0	0	12
BRO	1	2	4	0	3	0	0	1	11
OBR	2	7	0	0	0	0	0	0	9
PCH	0	0	1	0	0	8	0	0	9
BRE	0	1	1	0	0	6	0	0	8
CAA	0	0	0	0	0	4	3	0	7
ROT	0	0	0	0	0	7	0	0	7
CHA	0	1	0	0	4	0	1	0	6
SAN	0	1	0	0	1	1	1	0	4
TAN	0	0	1	1	0	0	1	0	3
CCO	0	0	0	0	0	0	0	2	2
BLE	0	0	0	0	1	0	0	0	1
LPP	0	0	0	0	0	0	1	0	1
TOX	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Total	672	543	343	1639	700	1696	518	507	6618

Proportions des espèces (%)

espèce nb_pts	CE BY BC MI				PB PR MO DM			
	100	200	200	100	30	100	200	200
VAI	19.3	2.6	29.4	54.9	0.1	0.0	0.0	0.6
CHE	19.6	25.6	27.7	1.4	29.4	17.3	28.6	20.3
ABL	0.6	1.1	0.3	0.3	13.7	30.4	21.2	13.0
LOF	27.8	9.8	7.9	9.0	2.7	8.1	4.2	21.7
GAR	0.3	17.9	0.3	0.1	10.1	22.8	13.3	2.0
SPI	0.1	3.1	7.6	24.0	15.4	0.0	3.9	13.6
BAF	19.9	17.1	9.9	3.5	4.7	1.4	4.2	15.8
HOT	6.4	2.4	0.9	4.0	1.3	0.2	5.8	2.2
GOU	0.1	4.4	2.3	1.0	2.6	4.4	2.7	2.4
BOU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.4	0.4
PER	0.3	0.2	8.5	0.1	5.4	0.7	2.1	0.0
PSR	0.6	0.0	0.3	0.1	0.0	4.1	3.3	0.2
ANG	0.4	0.4	0.0	0.0	0.7	0.6	4.4	6.5
BRB	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.4	3.3	0.0
PES	2.4	0.4	0.6	0.0	2.7	1.5	0.0	0.0
VAN	0.1	8.8	0.9	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
SIL	0.0	0.0	0.0	0.9	0.7	0.5	0.6	0.8
GRE	0.3	0.2	0.0	0.0	2.3	0.7	0.0	0.0
EPI	0.9	1.7	1.2	0.1	0.6	0.0	0.4	0.0
TRF	0.1	2.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BLN	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
BRO	0.1	0.4	1.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2
OBR	0.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PCH	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
BRE	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
CAA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0
ROT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
CHA	0.0	0.2	0.0	0.0	0.6	0.0	0.2	0.0
SAN	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0
TAN	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0
CCO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
BLE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
LPP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
TOX	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0

Tableau 2.2.2 Effectifs pêchés en 2008 (CE = Chautagne, BY = Belley, BC = Brégner-Cordon, PB = Pierre –Bénite, PR = Péage de Roussillon, MO = Montélimar, DM = Donzère-Mondragon)

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 2.2.3).

esp	CE_c	CE_b	delta	esp	BY_c	BY_b	delta	esp	BC_c	BC_b	delta	esp	PBE_c	PBE_b	delta	esp	CSP*PB_c	CSP*PB_b	delta
CHE	26.9	17.4	9.5	CHE	23.7	15.1	8.5	ABL	<b>10.0</b>	<b>2.7</b>	<b>7.2</b>	ABL	<b>34.9</b>	<b>9.1</b>	<b>25.8</b>	GAR	9.7	4.5	5.2
<b>ABL</b>	<b>7.4</b>	<b>1.2</b>	<b>6.1</b>	GAR	9.1	2.4	6.7	VAI	8.4	2.1	6.3	BRB	4.7	1.9	2.7	GOU	15.0	11.0	4.0
<b>BAF</b>	<b>10.0</b>	<b>4.5</b>	<b>5.5</b>	<b>BAF</b>	<b>12.7</b>	<b>7.3</b>	<b>5.4</b>	LOF	4.6	1.0	3.6	SPI	3.6	1.1	2.5	PER	5.3	2.3	3.0
GOU	7.4	3.4	4.0	VAI	7.9	3.4	4.5	<b>BAF</b>	<b>11.8</b>	<b>9.5</b>	<b>2.3</b>	<b>HOT</b>	<b>2.3</b>	<b>0.8</b>	<b>1.5</b>	<b>ABL</b>	<b>16.3</b>	<b>14.6</b>	<b>1.6</b>
SPI	3.5	2.2	1.3	SPI	5.9	1.8	4.1	PER	4.2	3.3	0.9	PER	1.5	0.5	1.0	BOU	2.2	1.3	0.9
PES	1.0	0.1	0.9	LOF	5.8	2.6	3.1	BRO	0.6	0.2	0.4	<b>VAN</b>	<b>0.6</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>HOT</b>	<b>1.0</b>	<b>0.3</b>	<b>0.7</b>
GRE	1.5	1.1	0.4	EPI	1.5	0.5	1.0	TAN	0.8	0.5	0.4	VAI	0.4	0.0	0.4	SPI	0.9	0.2	0.7
PSR	0.3	0.0	0.3	TRF	1.5	0.9	0.6	PES	1.5	1.2	0.3	CAA	0.2	0.0	0.1	<b>VAN</b>	<b>0.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.4</b>
ANG	0.2	0.0	0.2	PES	0.4	0.2	0.2	PSR	0.2	0.0	0.2	PCH	0.2	0.1	0.1	VAI	0.3	0.0	0.3
TAN	0.3	0.0	0.2	ANG	0.2	0.0	0.2	BLN	0.5	0.3	0.2	SIL	0.6	0.4	0.1	PSR	0.8	0.5	0.3
<b>VAN</b>	<b>1.5</b>	<b>1.4</b>	<b>0.1</b>	BOU	0.7	0.6	0.1	BRE	0.3	0.3	0.1	BRO	0.1	0.0	0.1	SAN	0.5	0.3	0.2
BRB	0.1	0.1	0.0	CHA	0.2	0.1	0.1	CHA	0.4	0.3	0.0	ANG	0.3	0.3	0.0	SIL	0.3	0.2	0.1
CAA	0.0	0.0	0.0	SAN	0.1	0.0	0.1	PCH	0.1	0.1	0.0	TRF	0.0	0.0	0.0	BRO	0.4	0.3	0.0
BLN	0.0	0.0	0.0	BLN	0.1	0.1	0.1	EPI	0.8	0.8	0.0	<b>TOX</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	BRE	0.1	0.1	0.0
ROT	0.0	0.0	0.0	BLE	0.1	0.0	0.0	<b>OBR</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	BLE	0.1	0.1	0.0	CHA	0.1	0.1	0.0
BRO	0.3	0.4	0.0	<b>OBR</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.0</b>	GRE	0.5	0.7	-0.2	GRE	0.5	0.5	0.0	BLE	0.0	0.0	0.0
<b>OBR</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.0</b>	LOT	0.1	0.1	0.0	ANG	0.2	0.4	-0.3	SAN	0.1	0.1	0.0	ROT	0.4	0.4	0.0
TRF	0.2	0.3	-0.1	PSR	0.0	0.0	0.0	BOU	1.0	1.6	-0.6	BRE	0.0	0.1	-0.1	BBG	0.0	0.1	0.0
PER	0.9	1.0	-0.1	BRO	0.2	0.3	0.0	TRF	0.3	1.0	-0.7	CCO	0.0	0.1	-0.1	ANG	0.3	0.4	-0.1
BOU	0.0	0.1	-0.1	PER	0.9	1.2	-0.2	BRB	1.1	2.3	-1.2	EPI	0.1	0.3	-0.1	CCO	0.0	0.1	-0.1
BRE	0.1	0.4	-0.3	TAN	0.2	0.6	-0.4	<b>VAN</b>	<b>2.0</b>	<b>3.8</b>	<b>-1.9</b>	TAN	0.3	0.5	-0.2	ABH	0.0	0.1	-0.1
EPI	1.3	1.7	-0.5	BRE	0.1	0.6	-0.5	GAR	1.3	3.5	-2.2	ROT	0.2	0.4	-0.2	TRF	0.0	0.1	-0.1
<b>HOT</b>	<b>1.7</b>	<b>3.2</b>	<b>-1.5</b>	BRB	0.1	0.6	-0.5	SPI	6.4	9.2	-2.8	BOU	0.1	0.4	-0.3	EPI	0.0	0.2	-0.1
LOF	11.6	17.7	-6.1	GRE	1.5	2.2	-0.8	CHE	31.8	35.3	-3.5	PSR	0.1	0.5	-0.4	TAN	0.9	1.0	-0.1
VAI	18.9	28.6	-9.7	<b>VAN</b>	<b>7.6</b>	<b>11.9</b>	<b>-4.3</b>	<b>HOT</b>	<b>2.4</b>	<b>5.9</b>	<b>-3.5</b>	<b>BAF</b>	<b>4.9</b>	<b>5.3</b>	<b>-0.4</b>	PCH	3.5	3.6	-0.1
GAR	4.2	14.3	-10.1	<b>HOT</b>	<b>3.5</b>	<b>10.3</b>	<b>-6.8</b>	GOU	8.8	13.7	-4.9	CHA	0.6	1.4	-0.9	GRE	0.1	0.3	-0.2
				GOU	11.4	18.3	-6.8					GOU	7.4	8.6	-1.2	CAA	0.1	0.4	-0.3
				<b>ABL</b>	<b>4.0</b>	<b>18.4</b>	<b>-14.4</b>					PES	2.3	8.2	-5.9	PES	9.2	9.9	-0.7
												CHE	16.6	23.6	-6.9	<b>BAF</b>	<b>0.8</b>	<b>1.7</b>	<b>-0.9</b>
												GAR	14.9	22.4	-7.5	BRB	1.5	2.7	-1.1
												LOF	2.6	13.1	-10.5	LOF	0.7	4.2	-3.5
																CHE	29.3	39.4	-10.1
EC	21.2	11.0	10.2	EC	28.4	48.5	-20.1	EC	26.1	22.0	4.1	EC	42.7	15.4	27.3	EC	18.5	16.6	1.9
EV	25.0	24.3	0.7	EV	24.6	11.8	12.8	EV	23.6	20.3	3.3	EV	11.6	20.9	-9.3	EV	2.5	6.2	-3.7

Tableau 2.2.3 : 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, le site CSP\*PB correspondant aux pêches réalisées par l'Onema à Pierre-Bénite. 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).

La proportion des espèces « d'eau courante » a effectivement augmenté après relèvement du débit minimum à Pierre-Bénite (de 15 à 43%), en Chautagne (de 11 à 21%) et dans une moindre mesure à Brégnier-Cordon (tableau 2.2.3). Ce constat se confirme sur Pierre-Bénite (*cf.* analyses détaillées de Lamouroux *et al.* 2006) et semble maintenant une tendance significative en Chautagne. Il reste néanmoins variable dans le temps (Figure 2.2.2) et lié à différentes espèces suivant les sites. La proportion d'ablettes, par exemple (Figure 2.2.3, reprise du rapport 2007), 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.

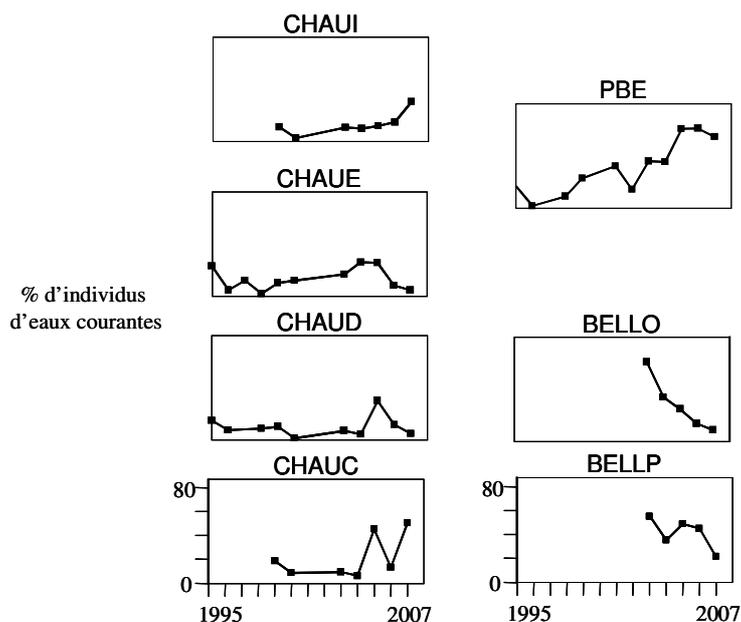


Figure 2.2.2 : % d'individus d'eaux courantes en fonction du temps dans quelques stations de pêche

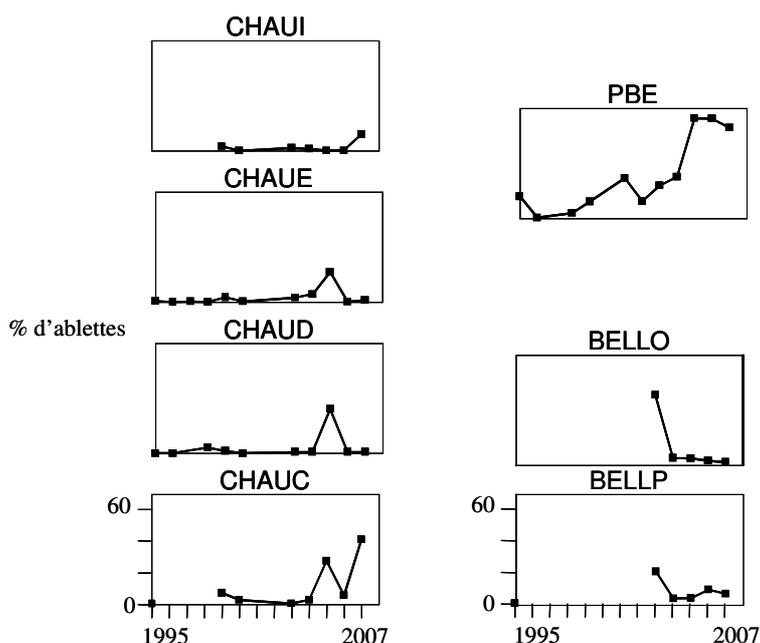


Figure 2.2.3 : proportions d'ablettes en fonction du temps dans quelques stations de pêche.

En Chautagne, l'ablette et le barbeau progressent aux dépens 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 celles plus certaines à l'heure actuelle 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'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, 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 (analyse long-terme du peuplement de Bugey, Daufresne et al. 2003) ou 2) la forte variabilité des effectifs d'ablette (Figure 2.2.3). Il est également possible que la forte diversité du site (restauration de îles, mise en eau de bras secondaires) complexifie la réponse biologique. Il faut noter que cette espèce, et en particulier les adultes, sont très présents dans certaines îles. Il ne faut pas exclure un aspect conjoncturel témoignant simplement de la variabilité inter-annuelle de l'échantillonnage.

L'évolution de Pierre-Bénite déjà largement testée (Lamouroux *et al.* 2006) se confirme, bien qu'elle soit en partie 'tirée' par l'observation de proportions très importantes d'ablettes sur le site ces dernières années (moins en 2008). Il faut noter que les pêches de l'Onema, réalisées dans en partie dans la partie aval du vieux Rhône, plus lente, ne montrent pas le même changement (Tableau 2.2.3).

Dans tous les cas l'analyse des proportions de juvéniles de l'année dans les pêches est nécessaire pour faire la part d'une évolution post-restauration qui traduit un réel changement au sein des populations (intégration des juvéniles dans la population sur plusieurs années) (données en Annexe A.1.4). Cette observation est particulièrement intéressante à Pierre-Bénite où les ablettes capturées appartiennent à 88% à la classe d'âge de l'année. Cette proportion est moins marquée pour le barbeau (67%) et le spirin (16%). En Chautagne, 95% des barbeaux capturés sont des juvéniles de l'année.

## 2.2.4 Bilan multi-sites

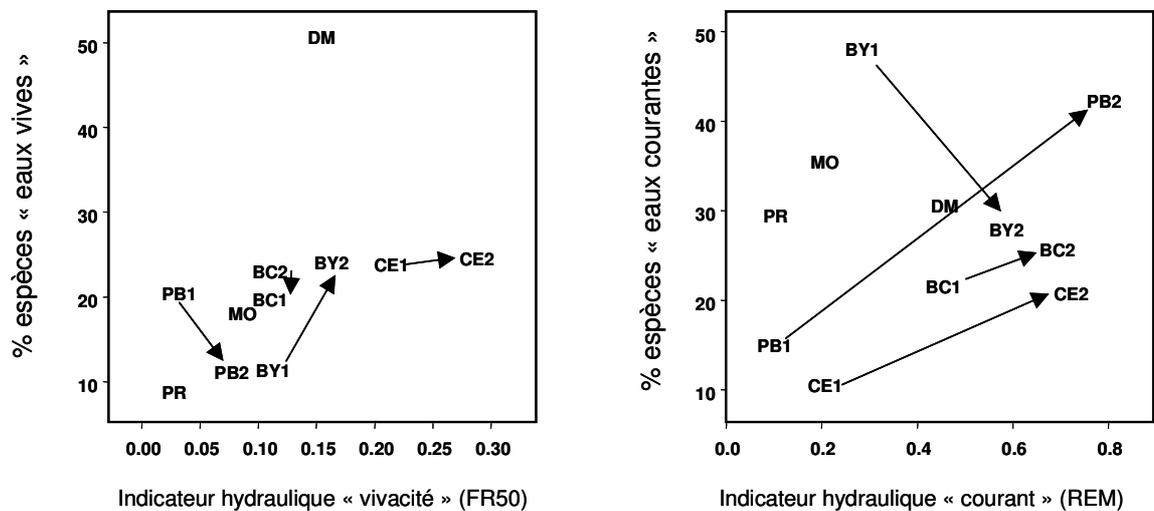


Figure 2.2.4 : Evolution des indicateurs hydrauliques et indicateurs 'poissons' associés reflétant la proportion des espèces d'eau courante (à droite) et d'eau vive (à gauche).

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.

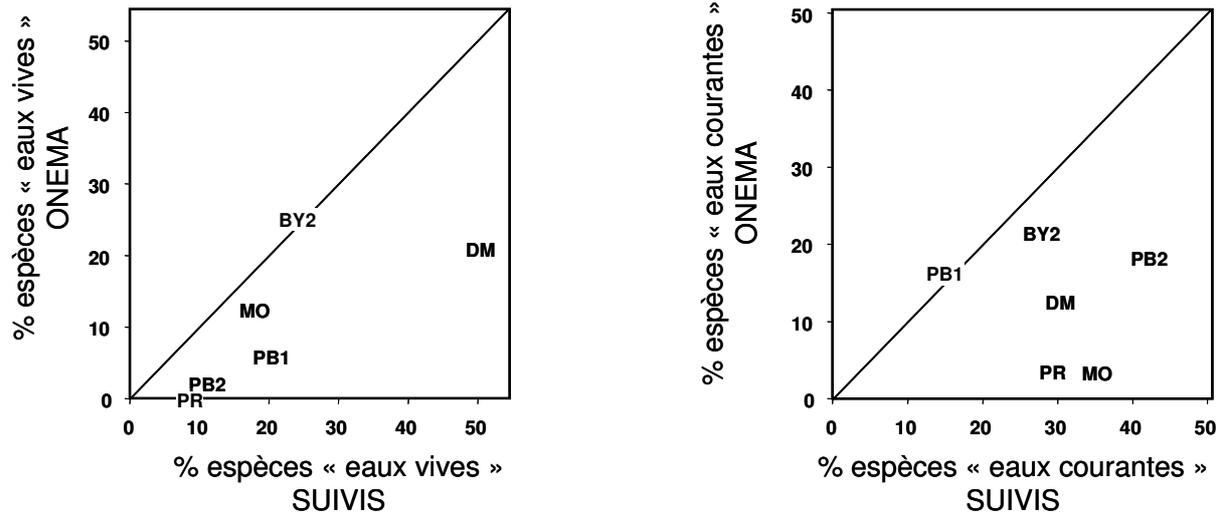


Figure 2.2.5 : Indicateurs 'poissons' comparés à ceux issus des pêches "Onema"

Les pêches réalisées par l'Onema donnent des images nettement différentes des peuplements (détails en annexe A.1.3) et estiment des proportions d'espèces d'eaux vives et d'eaux courantes (Figure 2.2.5) bien inférieures. Sur certains sites, ceci peut être lié en partie à un choix de stations plus lentes (PB, PR). Sur les autres sites, ces différences sont probablement liées aux contraintes d'échantillonnage de l'Onema (temps de pêche, définition des zones pêchables et pêche du chenal courant en particulier). L'évolution marquée du site de Pierre Bénite ne se retrouve pas dans les pêches de l'Onema. Ce constat montre que la difficulté d'échantillonnage des grands cours d'eau peut conduire à des images incertaines du peuplement, qui rendent particulièrement difficile l'analyse des effets de la restauration.

L'utilisation d'indicateurs simples basés sur les proportions des espèces ne doit pas masquer la complexité du système et des dynamiques de populations. La variabilité temporelle des indicateurs en est l'image (Figure 2.2.2). Des analyses multivariées plus poussées permettent d'apporter un autre regard, parfois plus stable et plus complet, sur l'évolution des peuplements. Une analyse multivariée de l'ensemble des campagnes de pêches a été réalisée sur le Haut-Rhône et le Bas-Rhône. L'analyse est une analyse en composantes principales (ACP) des log-proportions des espèces dans différents groupes de pêches définis dans l'annexe A.1. Les groupes de pêches sont des regroupements de pêches par station x périodes (passé -a-, état initial -b- et état post-restauration -c-). Les périodes avant état initial, les pêches Onema et les peuplements d'affluents principaux (Ain - AIN et Ardèche - ARD) sont projetés sur l'analyse (individus supplémentaires) mais n'y contribuent pas.

Sur le Bas-Rhône (Figure 2.2.6), l'analyse ordonne les Vieux-Rhône en lien avec leur originalité morphologique (présence de radiers importante à Donzère et sur l'Ardèche, expliquant la présence de peuplements d'eaux vives ; à l'opposé, peuplements lenticules à Péage). Pierre-Bénite a une position intermédiaire dans ce gradient morphologique et évolue avec la restauration vers des peuplements d'eaux courantes. La Figure 2.2.7 B confirme les fortes différences évoquées entre les pêches de l'Onema et les pêches de suivi.

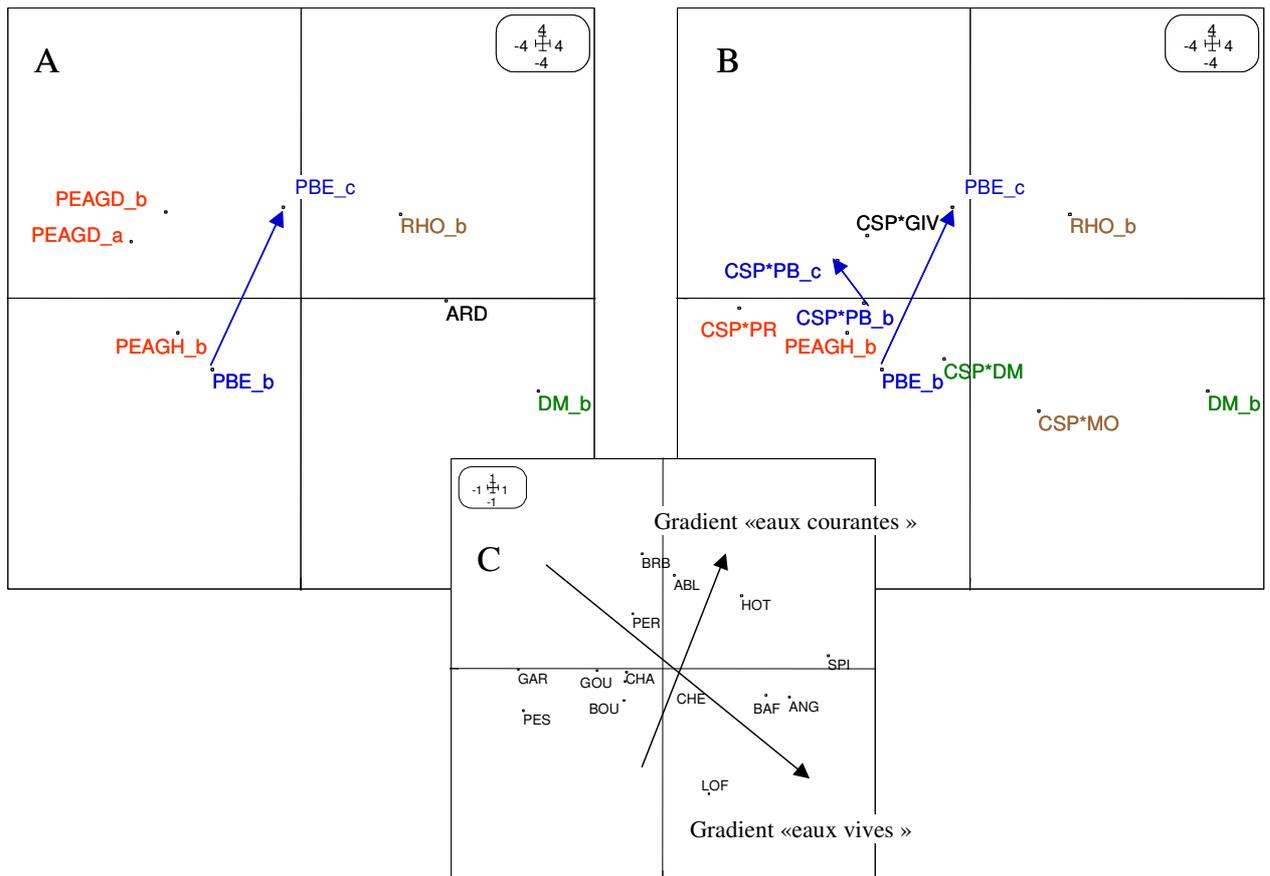


Figure 2.2.6 : ACP sur les proportions d'espèces par station/périodes sur le Bas-Rhône (les groupes de pêches et les codes des espèces sont définies dans l'annexe A.1).

A : position des groupes de pêches des vieux Rhône, et de l'Ardèche.

B : position des pêches Onema avec les pêches de suivi correspondantes.

C : carte factorielle des principales espèces.

Sur le Haut-Rhône (Figure 2.2.7), l'analyse est plus complexe. Elle met néanmoins en évidence des différences de peuplements entre Vieux-Rhône, avec notamment le poids important des espèces d'eaux vives en Chautagne. On note également que l'évolution de Chautagne vers des peuplements d'eau courante semble partagée par l'ensemble des stations de pêches, ce qui est bon signe. L'évolution de Chautagne post-augmentation de débit semble aller dans le sens inverse des tendances observées ces dernières décennies sur le site (effets rémanents des aménagements, cf. description des états initiaux dans Olivier *et al.* 2004a). A Brégner-Cordon, l'évolution est peu visible. Belley évolue dans une direction différente de Chautagne, plutôt vers de peuplements d'eau vive. Il est probable que d'autres tendances (température, effets de remise en eau de bras et îlons) interfèrent sur le site. Comme sur le bas Rhône, les pêches Onema diffèrent nettement des pêches de suivi.

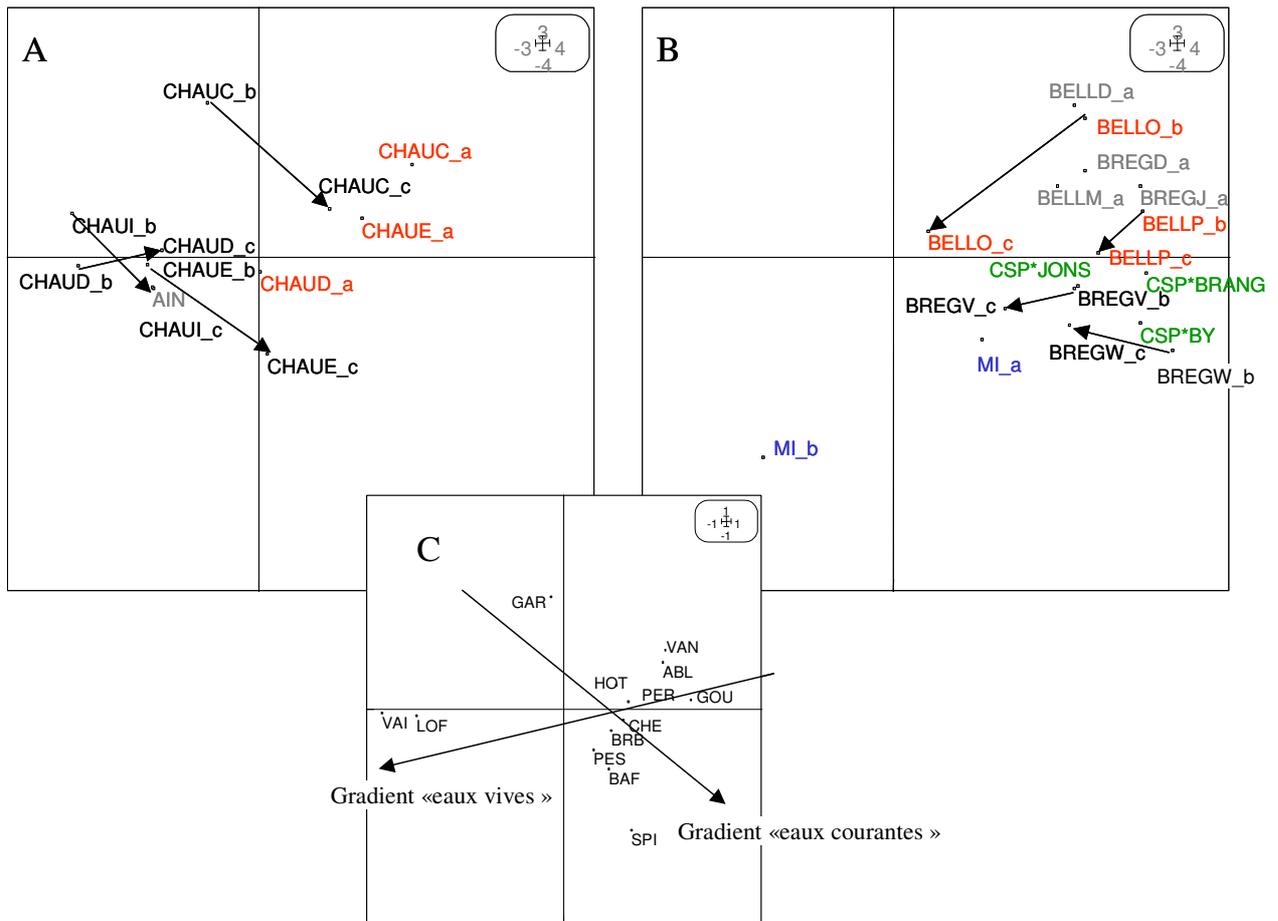


Figure 2.2.7 : ACP sur les proportions d'espèces par station/périodes sur le Haut-Rhône (les groupes de pêches et les codes des espèces sont définies dans l'annexe A.1).

A : position des groupes de pêches de Chautagne et de l'Ain.

B : position des pêches des autres sites.

C : carte factorielle des principales espèces.



Merci aux nombreux pêcheurs, 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 décennal 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.

Il faut distinguer le suivi du Vieux-Rhône de Pierre-Bénite et celui des autres Vieux-Rhône. En effet, le suivi à Pierre-Bénite ayant débuté bien avant celui du Haut-Rhône, la méthodologie employée est sensiblement différente. Pour des raisons de cohérence avec la qualité des données collectées avant et après réhabilitation du Vieux-Rhône de Pierre-Bénite, la méthodologie employée est restée identique.

Une première partie de ce travail consiste en l'acquisition de données nécessaires pour la modélisation de la réponse des peuplements d'invertébrés aux changements de conditions hydrauliques dans les RCC avant restauration. Dans un second temps, les modèles permettant d'estimer les effets potentiels de la restauration des débits dans les RCC du Haut-Rhône 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). 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. Dans une dernière phase 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.

A l'échelle locale, nous échantillons les invertébrés et les paramètres hydrauliques sur les mêmes points d'échantillonnage. Les invertébrés sont récoltés avec un cylindre de Hess muni d'un filet de maille de 200 $\mu$ m. Les premiers centimètres de substrat et la faune associée sont collectés sur une surface de 0.05 m<sup>2</sup>. 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). Les forces hydrauliques au fond ainsi mesurées peuvent induire le remaniement des sédiments et donc déloger les invertébrés benthiques de leurs abris et 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). Un total de 300 échantillons a été réalisé de manière aléatoire dans les 4 tronçons court-circuités pour cette phase initiale.

Les résultats de cette phase ont montré que les deux saisons printemps et été donnaient une bonne image des peuplements en place. 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 $\mu$ m) ont été utilisés au laboratoire pour séparer les organismes par classe de taille. Les résultats de cette phase ont montré que les individus dont la taille était supérieure à 400  $\mu$ m décrivaient d'une manière pertinente les peuplements en place (Olivier et al. 2004a&b, 2005). Ainsi, dans ce présent rapport, seuls ces individus sont considérés pour la présentation et l'analyse des données.

Il faut noter que l'état initial a été réalisé en 2002-2003 dans le secteur de Miribel et que les travaux de restauration n'ont toujours pas démarré dans ce secteur.

### ***Site de Pierre-Bénite***

L'étude de la faune benthique après augmentation du débit (phase II du suivi scientifique, Aralep, 2003) s'attache à suivre **l'évolution de la biodiversité structurelle et fonctionnelle** des peuplements de macroinvertébrés afin de vérifier si les prévisions établies en phase I (Aralepbp, 2000 ; Fruget & Dessaix, 2002) s'avèrent correctes, d'établir des **métriques pertinentes** et **valider ainsi les modèles prédictifs**.

Les prélèvements faunistiques sont d'une part réalisés par **dragages dans le chenal**, d'autre part les divers types de **microhabitats des rives** (substrats durs, herbiers, sédiments fins), mésohabitats *sensu* Armitage *et al.* (1995), sont prospectés en fonction de leur occurrence (Bournaud & Cogérino, 1986 ; Cogérino, 1989 ; Cogérino et al., 1995).

Les invertébrés sont déterminés à **l'espèce** chaque fois que cela est possible, à l'exception des Oligochètes et des Diptères en raison des difficultés systématiques et du coût d'acquisition de l'information complémentaire pour ces deux groupes. Ce niveau systématique permet ainsi d'obtenir des informations écologiques suffisamment pertinentes par rapport au problème posé (écohydraulique). Il permet également d'identifier des **métriques biologiques** "invertébrés" simplifiées, adaptées néanmoins à refléter les évolutions d'indicateurs hydrauliques liés d'une part à la morphologie et d'autre part au débit.

### **2.3.2 Echantillonnage**

#### ***Site de Pierre-Bénite***

L'échantillonnage est réalisé à **trois stations** : dans la partie amont du RCC, au niveau de l'île Tabart (pk 8,4) ; sur le radier, à l'amont du pont de Vernaison (pk 9,8) ; en aval, au niveau de la station de pompage de Millery (pk 12,6).

Les **deux campagnes** d'échantillonnage 2007-2008 ont été réalisées en fin d'été 2007 (25 septembre) et en début d'été 2008 (27 juin). Ce sont donc 16 campagnes d'échantillonnage qui ont été effectuées lors de ce suivi entre 1995 et 2008 (8 en phase I avant l'augmentation du débit réservé et 8 en phase II après l'augmentation).

Le **débit 2007-2008** du RCC se caractérise par une nette instabilité liée d'une part à l'hydrologie générale du Rhône, mais aussi d'autre part à plusieurs révisions de groupes entraînant des déversements supplémentaires dans le tronçon court-circuité. Les principales

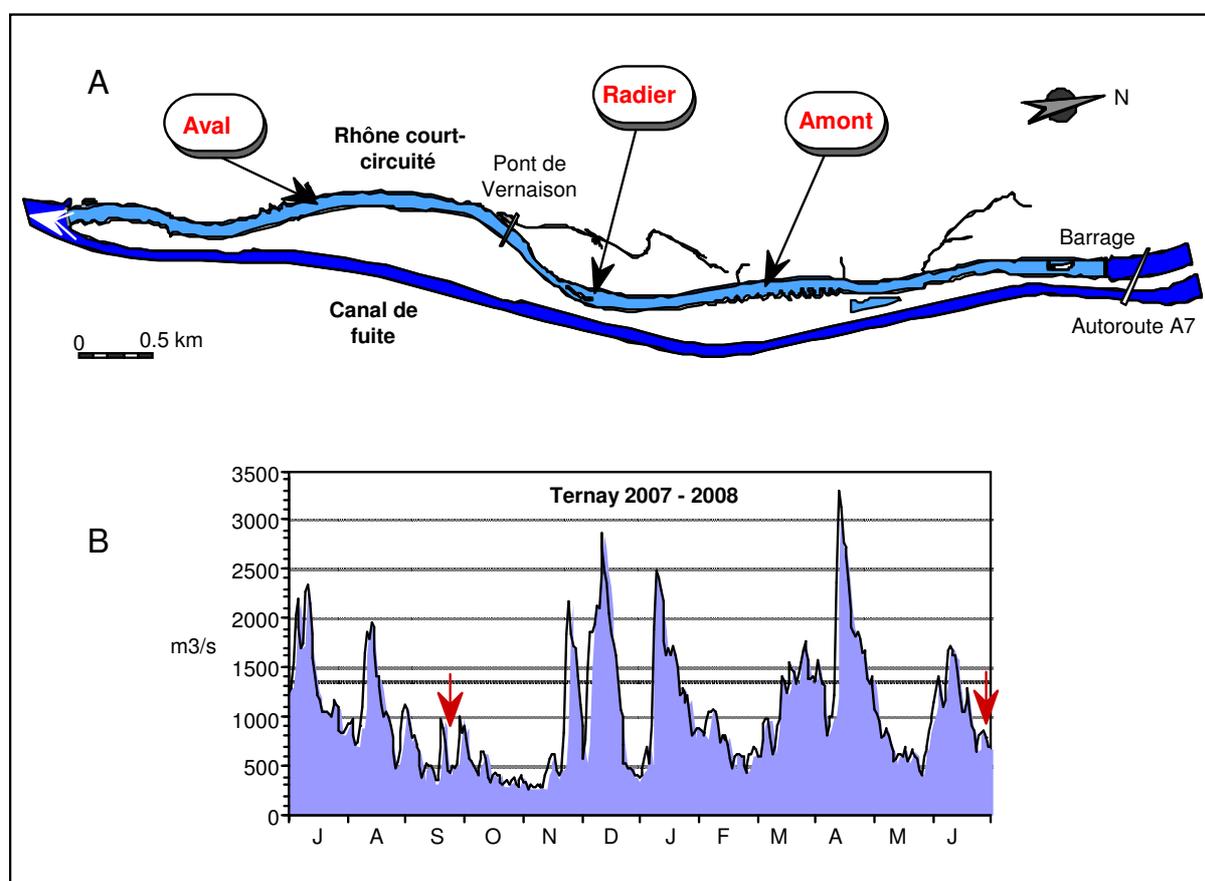
caractéristiques hydrologiques de la période 2007-2008 sont (pour mémoire, le débit d'armement de l'usine hydroélectrique de Pierre-Bénite est de 1365 m<sup>3</sup>/s) :

- une hydrologie estivale 2007 perturbée avec un pic général du Rhône à Ternay d'environ 2300 m<sup>3</sup>/s le 10/07 et voisin de 1900 m<sup>3</sup>/s mi-août ;

- un pic à 3300 m<sup>3</sup>/s mi-avril 2008 et une montée à 1700 m<sup>3</sup>/s le 10/06.

Ainsi, aussi bien au mois de septembre qu'au mois de juin, la moyenne du débit des 10 jours précédant nos relevés (débit tendanciel) est supérieure au strict débit réservé de 100 m<sup>3</sup>/s.

Il est à noter que la crue du printemps 2008 a entraîné un net **changement de la structure morphologique** ainsi que de l'écoulement du **radier**.



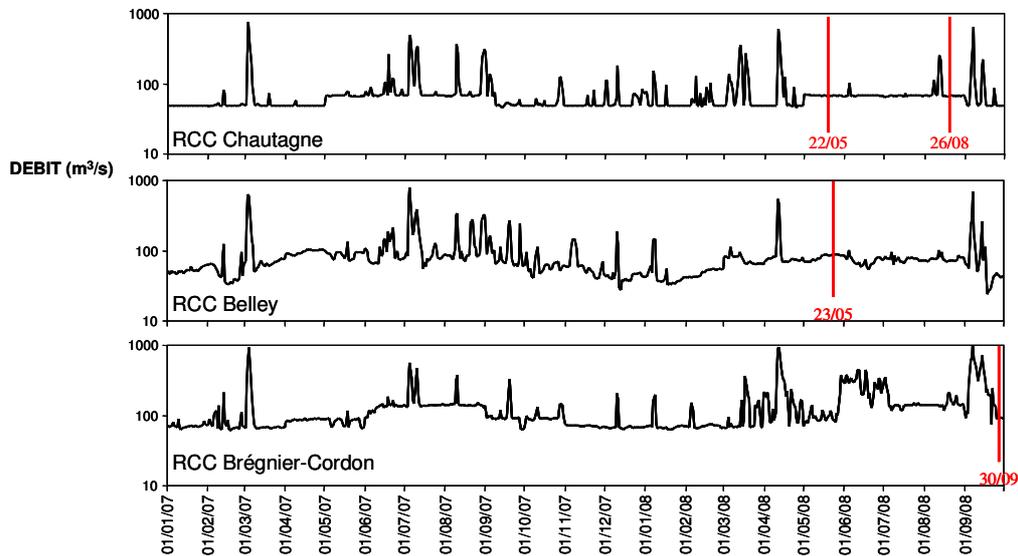
**A.** Localisation des stations d'échantillonnage de la macrofaune benthique du RCC de Pierre-Bénite. **B** - Débit moyen journalier du Rhône Moyen à Ternay entre juillet 2007 et juin 2008. Débit d'armement de l'usine hydroélectrique de Pierre-Bénite : 1365 m<sup>3</sup>/s. Les flèches indiquent la position dans le temps des deux campagnes de prélèvement.

### *Sites de Belley et Péage de Roussillon*

En 2008, l'échantillonnage comprend les prélèvements des campagnes 1) printemps et été post-restauration n+4 à Chautagne, 2) printemps post-restauration à Belley (campagne non

réalisée en 2007 en raison des conditions hydrologiques, Olivier et al. 2007a), 3) été post-restauration à Brégnier-Cordon, 4) printemps pré-restauration à Péage-de-Roussillon et 5) printemps et été pré-restauration à Montélimar. Les conditions hydrologiques dans le secteur de Brégnier-Cordon, n'ont pas permis l'échantillonnage au printemps 2008 et cette campagne sera réalisée au printemps 2009.

#### Secteurs du Haut-Rhône



#### Secteurs du Bas-Rhône

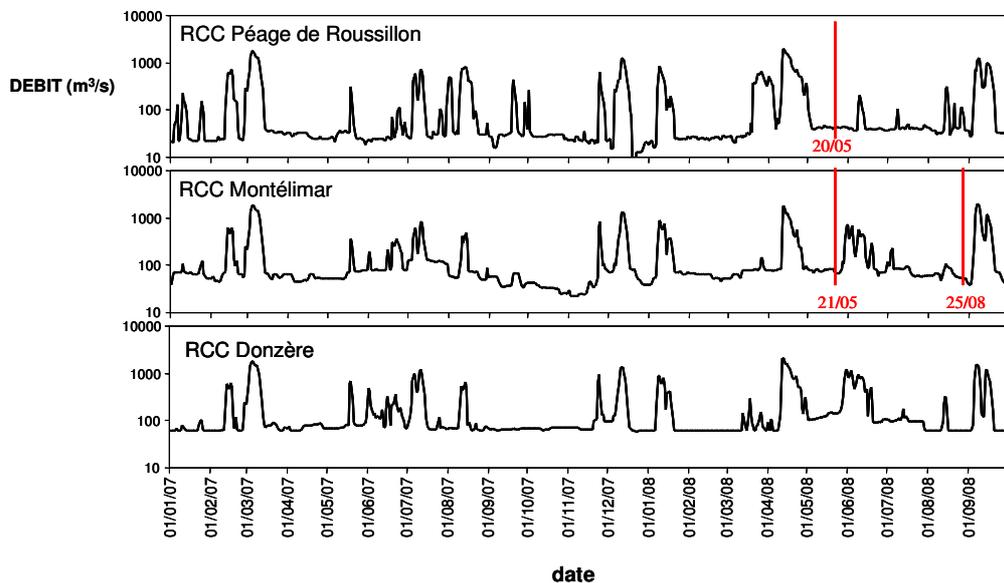


Figure 2.3.1 : Positionnement des campagnes d'échantillonnage des invertébrés du chenal dans les secteurs du Haut et du Bas-Rhône sur l'hydrographe des RCC correspondants.

### 2.3.3 Résultats

En cette fin d'année 2008, **23 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés ont été réalisées dans le chenal de 6 Vieux-Rhône** (Tableau 2.3.1). Les résultats des états pré-restauration de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont chacun fait l'objet d'un rapport

d'état initial (Olivier et al. 2004a&b, 2005). Les données de cet état initial ont été utilisées pour modéliser la réponse des peuplements d'invertébrés aux changements de conditions hydrauliques dans les RCC (Olivier et al. 2007a). Dans ce même rapport, les premiers résultats post-restauration du secteur de Chautagne ont été présentés. Ces résultats sont approfondis dans le présent rapport dans le but d'une comparaison avec les résultats post-restauration des secteurs de Belley et Brégnier-Cordon. Le tri et la détermination des campagnes de printemps et d'été pré-restauration à Montélimar et post-restauration (n+4) à Chautagne sont en cours.

RCC	Pré-restauration			Post-restauration n+2		Post-restauration n+4	
	printemps	été	hiver	printemps	été	printemps	été
Chautagne	05/06/2002	13/09/2002	24/01/2003	08/06/2006	24/09/2006	22/05/2008	26/08/2008
Belley	30/05/2002	28/08/2002	23/01/2003	23/05/2008	16/09/2007		
Brégnier Cordon	06/06/2002	29/08/2002	21/01/2003		30/09/2008		
Miribel	22/05/2002	06/09/2002	20/03/2003				
Péage de Roussillon	21/05/2008	04/09/2007					
Montélimar	20/05/2008	25/08/2008					

Tableau 2.3.1 : Campagnes d'échantillonnage dans les 6 RCC pour les invertébrés du chenal. En jaune : campagnes pour lesquelles le travail de laboratoire de tri et de détermination est en cours.

Les données des campagnes 2008 de Belley, Brégnier-Cordon et Péage-de-Roussillon sont présentées en Annexe A.3.2, A.3.3 et A.3.4 respectivement. Ces résultats sont analysés et comparés avec les campagnes précédentes de ces secteurs ainsi qu'avec les campagnes de Chautagne (Annexe A.3.1.) et Miribel dans la partie bilan multi-sites.

### 2.3.4 Bilan multi-sites

Dans un premier temps, le bilan multi-sites porte sur les données disponibles des 4 secteurs du Haut-Rhône et de Péage-de-Roussillon (19 campagnes d'échantillonnage). Afin d'utiliser des données comparables, les campagnes d'hiver pré-restauration et les individus dont la taille est inférieure à 400 µm ne sont pas considérés (*cf.* 2.3.1). Dans un second temps nous ferons une comparaison des données pré- et post-restauration dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. De plus, les secteurs de Chautagne et de Belley ayant fait l'objet de deux campagnes d'échantillonnage post-restauration (printemps et été n+2), une comparaison des observations et des prédictions du modèle FSTress sera réalisée dans ces secteurs.

#### *2.3.4.1 Ensemble des vieux-Rhône (Hors Pierre-Bénite)*

Les résultats montrent qu'en moyenne **74 taxons et 33732 individus par m<sup>2</sup>** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration dans les 5 RCC pour lesquels les données sont disponibles (Tableaux 2.3.2 et 2.3.3; Annexes A.3.1 à A.3.4). On observe qu'il n'y a pas de relation entre la densité et la richesse taxonomique puisque qu'avec 86 taxons, Brégnier-Cordon est le secteur le plus riche malgré des densités plus faibles qu'à Chautagne et à Belley. On notera cependant que l'effort d'échantillonnage a été plus important à Brégnier-Cordon (Olivier et al.2005b). De plus, le secteur de Péage-de-Roussillon présente les densités les plus faibles (presque deux fois plus faibles qu'à Chautagne et Belley) mais présente une richesse taxonomique aussi forte qu'à Belley par exemple (71 taxons). Enfin on notera que le secteur de Miribel présente une

richesse taxonomique faible (65 taxons) avec notamment 21 taxons de moins que le secteur le plus proche de Brégnier-Cordon.

Au cours des campagnes post-restauration à Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, on observe une chute importante du nombre de taxons ainsi que des densités. En effet seuls 60 taxons et 22839 individus par m<sup>2</sup> ont été récoltés en moyenne au cours de ces campagnes. On note en particulier une baisse particulièrement importante du nombre de taxons et des densités à Brégnier-Cordon (Tableaux 2.3.2 et 2.3.3).

RCC	Pré-restauration			Post-restauration n+2			Total secteur
	printemps	été	Tot	printemps	été	Tot	
Chautagne	66	64	<b>79</b>	47	55	<b>64</b>	86
Belley	60	58	<b>71</b>	48	49	<b>61</b>	83
Brégnier Cordon	78	62	<b>86</b>	ND	55	<b>55</b>	97
Miribel	60	41	<b>65</b>	ND	ND	<b>ND</b>	ND
Péage de Roussillon	49	51	<b>71</b>	ND	ND	<b>ND</b>	ND
Montélimar	ND	ND	ND	ND	ND	<b>ND</b>	ND

Tableau 2.3.2 : Richesse taxonomique dans les 6 RCC considérés. Avec ND : données actuellement non disponibles.

RCC	Pré-restauration			Post-restauration n+2			Total secteur
	printemps	été	Tot	printemps	été	Tot	
Chautagne	45076	35395	<b>40236</b>	10898	25918	<b>18408</b>	29322
Belley	41870	40477	<b>41174</b>	22897	49351	<b>36124</b>	38649
Brégnier Cordon	58792	14646	<b>36719</b>	ND	5131	<b>ND</b>	ND
Miribel	31647	23686	<b>27667</b>	ND	ND	<b>ND</b>	ND
Péage de Roussillon	10907	34828	<b>22868</b>	ND	ND	<b>ND</b>	ND
Montélimar	ND	ND	ND	ND	ND	<b>ND</b>	ND

Tableau 2.3.3 : Densités (nombre d'individus/m<sup>2</sup>) dans les 6 RCC considérés. Avec ND : données actuellement non disponibles.

Pour compléter les représentations graphiques classiques et synthétiser les tableaux de données, nous avons étudié la composition faunistique des 5 RCC à l'aide d'une analyse en composante principale (ACP).

Nous avons utilisé la version inter et intra-classes (ici 5 classes = 5 RCC) de l'ACP qui nous a permis :

dans le premier cas, **de comparer les distributions d'invertébrés entre les RCC** (comparaison de moyennes)

et dans le second cas, **d'analyser les variations de ces distributions au sein de chaque RCC pour étudier l'effet campagne** (analyse des écarts à la moyenne).

Les taxons présentant un nombre d'individus inférieur à 5 ou dont l'occurrence dans les relevés était inférieure à 3 ont été supprimés pour les analyses.

→ Les ACP inter et intra-classes ont été réalisées sur un tableau de données comportant 115 colonnes (taxons) et 370 lignes (relevés). Les données ont été initialement transformées en log (abondance +1).

→ L'analyse inter-RCC explique 29% de la variabilité liée à l'effet spatial (RCC).

L'axe F1 de cette analyse sépare les secteurs de Chautagne et de Péage-de-Roussillon des secteurs de Brégnier-Cordon et Miribel, le RCC de Belley présentant une position intermédiaire à ces deux groupes (Figure 2.3.2.). Les secteurs de Péage-de-Roussillon et Chautagne sont caractérisés par de fortes densités de Trichoptères (espèces du genre *Hydropsyche* et *Psychomyia pusilla*). On rencontre aussi dans ces deux RCC de fortes densités d'Ephéméroptères Caenidae (espèces du genre *Caenis*) et de Diptères Simuliidae, Orthoclaadiinae et Tanytarsini (plus de 1200 indiv.m<sup>2</sup>).

→ On notera que mis à part les Diptères Orthoclaadiinae et Tanytarsini, les taxons caractéristiques de ces secteurs sont plutôt des **taxons mesotrophes ou meso-eutrophes témoignant d'une qualité biologique passable**. De plus, la bonne implantation de taxons filtreurs de particules en suspension (les Diptères Simuliidae ou les Trichoptères du genre *Hydropsyche*), de taxons mangeurs de sédiments organiques fins (comme les Diptères Tanytarsini) ou encore de taxons racleurs-brouteurs (Diptères Orthoclaadiinae) témoigne d'une **charge importante de nourriture dérivante et de matières organiques dans ces milieux**.

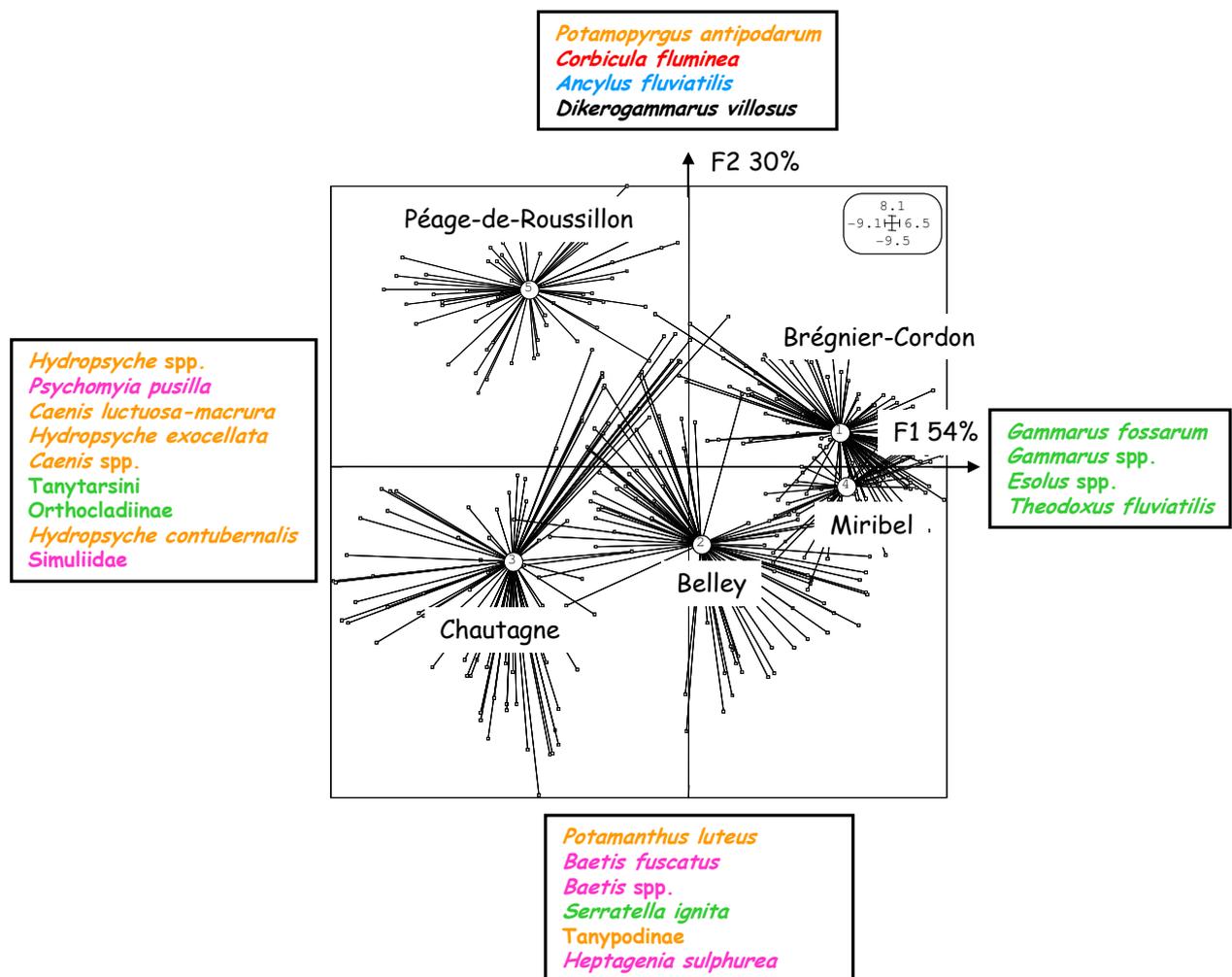


Figure 2.3.2 : Position moyenne des 5 RCC sur le plan F1-F2 de l'ACP inter-classes. Les taxons permettant de discriminer les RCC sont mentionnés dans les cadres. Le degré de trophie est indiqué selon le code couleur : bleu : oligotrophe; vert : oligo-mesotrophe; orange : mesotrophe ; rose : meso-eutrophe et rouge : eutrophe (d'après Tachet et al. 2002). En noir : espèce ubiquiste.

A l'opposé de ce gradient, les secteurs de Brégnier-Cordon et de Miribel sont caractérisés par de fortes densités de Gammarus (*Gammarus* spp. et *Gammarus fossarum*) qui représentent respectivement 68% et 53% des individus total dans ces deux secteurs. De plus, on rencontre aussi dans ces deux secteurs, de fortes densités de Coléoptères Elmidae (*Esolus* spp.) et de fortes densités du Bivalve *Theodoxus fluviatilis* avec notamment à Brégnier-Cordon plus de 200 individus au m<sup>2</sup>.

→ On peut noter que les taxons caractéristiques de ces secteurs sont plutôt des taxons **oligo-mesotrophes témoignant d'une assez bonne qualité biologique des milieux**.

Le secteur de Belley, caractérisé à la fois par de fortes densités de Diptères Orthocladiinae (plus de 14000 indiv/m<sup>2</sup>) ainsi que de fortes densités de taxons de Gammarus (plus de 1700 indiv/m<sup>2</sup> de *Gammarus fossarum* et plus de 9700 de *Gammarus* spp.) présente une position intermédiaire sur l'axe F1 de cette analyse inter-classes et possède plutôt des milieux de bonne qualité biologique.

L'axe F2 discrimine le RCC de Péage-de-Roussillon des secteurs du Haut-Rhône. Son peuplement d'invertébrés est marqué, en plus de *Dikerogammarus villosus*, par une forte abondance des trois espèces de Mollusques *Ancylus fluviatilis* (plus de 600 indiv/m<sup>2</sup>), *Corbicula fluminea* (plus de 300 indiv/m<sup>2</sup>) et *Potamopyrgus antipodarum* (plus de 400 indiv/m<sup>2</sup>). On peut noter que sur cet axe, le peuplement d'invertébrés du secteur de Brégnier-Cordon présente des similitudes avec celui de Péage-de-Roussillon avec notamment 900 individus d'*Ancylus fluviatilis* par m<sup>2</sup>.

A l'opposé de ce gradient, les secteurs du Haut-Rhône et notamment Chautagne et Belley, sont caractérisés par de fortes densités d'Éphéméroptères (*Potamanthus luteus*, espèces du genre *Baetis*, *Heptagenia sulphurea* et *Serratella ignita*) ainsi que de fortes densités de Diptères Tanyptodinae.

La variabilité intra-classes qui décrit 71% de l'inertie liée à l'effet spatial met en évidence **un très fort "effet campagne" au sein de chaque RCC**. Les résultats montrent que cet "effet campagne" se traduit **par un "effet saisonnier" et un "effet année" (avant après restauration)** pour les secteurs qui présentent des données pour ces deux périodes. Par soucis de clarté, la variabilité des distributions des invertébrés entre les campagnes d'échantillonnage sera présentée dans une analyse simplifiée ne prenant en compte que les secteurs pour lesquels des données pré et post-restauration sont disponibles (cf 2.3.4.2.).

Avant restauration, quatre espèces exogènes étaient présentes à Chautagne, Belley et Miribel et six dans le secteur de Brégnier-Cordon. **Après restauration on note l'apparition de trois nouvelles espèces exogènes invasives**: le prédateur *Dikerogammarus villosus* dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, du bivalve *Corbicula fluminea* dans les secteurs de Chautagne et Belley depuis 2007 et du Polychète *Hypania invalida* dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon depuis 2008 (Tableau 2.3.4.).

Espèces	Origine	Densités (N Indiv/m <sup>2</sup> )									
		Chautagne		Belley		Brégnier-Cordon		Miribel		Péage -de-Roussillon	
		Pré	Post	Pré	Post	Pré	Post	Pré	Post	Pré	Post
<i>Corbicula fluminea</i>	Asie	0	10	0	36	55	89	580	ND	304	ND
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Ponto-caspienne	0	155	0	95	0	8	0	ND	329	ND
<i>Dreissena polymorpha</i>	Ponto-caspienne	129	96	48	4	1	0	6	ND	25	ND
<i>Dugesia tigrina</i>	Amérique du Nord	673	18	594	52	116	404	249	ND	60	ND
<i>Hypania invalida</i>	Ponto-caspienne	0	0	0	23	0	6	0	ND	67	ND
<i>Orconectes limosus</i>	Amérique du Nord	0	0	0	0	1	0	0	ND	0	ND
<i>Physella acuta</i>	Amérique du Nord	10	0	1	0	1	0	0	ND	1	ND
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Nouvelle Zélande	37	44	5	48	86	30	3	ND	433	ND

Tableau 2.3.4 : Densités (Nombre d'individus/m<sup>2</sup>) d'espèces exogènes dans les 5 RCC échantillonnés. Avec ND : données actuellement non disponibles.

L'apparition de *Dikerogammarus villosus* est très récente dans le Haut-Rhône (quelques individus observés pour la première fois dans le RCC de Belley en 2003). Cette espèce, à potentiel invasif très fort, originaire de Mer Noire, est signalée depuis 2001 en forte densité dans le Lac Léman et depuis 1999 sur le Bas-Rhône (Fruget et al. 1999). Les Corbicules étaient déjà présentes dans les secteurs de Brégnier-Codron et de Miribel avant restauration avec notamment de fortes densités dans le secteur de Miribel. Il s'agit d'un lamellibranche originaire d'Asie découvert pour la première fois en France en 1980 dans l'estuaire de la Dordogne. Il a colonisé le Rhône à partir de 1993 (Fruget et al. 1999). *Hypania invalida*, originaire du bassin ponto-caspien, est une espèce qui peut atteindre rapidement de très fortes densités après son implantation dans un nouveau milieu (Devin et al. 2006). Cette espèce apparue en 2002 sur le Bas-Rhône est donc observée pour la première fois en 2008 sur le Haut-Rhône, le secteur de Chautagne étant pour l'instant épargné. Sur le Bas-Rhône toutes ces espèces exogènes sont déjà bien implantées et montrent des densités importantes. On observe par exemple à Péage-de-Roussillon plus de 300 indiv/m<sup>2</sup> de *Dikerogammarus villosus* et de *Corbicula fluminea*.

#### 2.3.4.2 RCC de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon

##### Comparaison des peuplements d'invertébrés avant et après restauration

Des ACP inter et intra-classes pour les trois secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon nous ont permis, 1) **de comparer les distributions d'invertébrés entre les 3 RCC** pour lesquels nous disposons de données pré et post-restauration et 2) d'analyser les variations des distributions au sein de chacun de ces RCC **pour étudier l'effet campagne** et ainsi **mettre en évidence des éventuels changements après restauration**.

→ Ces ACP ont été réalisées sur un tableau de données comportant 96 colonnes (taxons) et 270 lignes (relevés). Les données ont été transformées en log (abondance +1).

L'analyse inter-RCC explique 21% de la variabilité spatiale du jeu de données. L'axe F1 très structurant montre **un gradient amont-aval** de ces trois RCC avec à l'amont (Chautagne) de fortes densités d'espèces de Trichoptères (espèces du genre *Hydropsyche* et *Psychomyia pusilla*), d'Éphéméroptères (*Potamanthus luteus*, *Heptagenia sulphurea* et espèces du genre *Baetis*) ainsi que des Diptères Orthocladiinae, Tanypodinae et Simuliidae. Vers l'aval (Belley puis Brégnier-Cordon) ces taxons sont moins bien représentés et on observe plutôt de fortes

densités des espèces de Gammares, des Planaires du genre *Dugesia*, des espèces de Coléoptères Elmidae et des Mollusques (*Ancylus fluviatilis*, *Theodoxus fluviatilis* et *Corbicula fluminea*).

→ On observe donc, en accord avec les résultats de l'analyse inter-classes tous RCC confondus, un **gradient amont-aval de degrés de trophie des taxons témoignant d'une qualité biologique passable des milieux à l'amont et qui s'améliore vers l'aval** (influence du Fier ?). Par ailleurs, les résultats avaient montré un **gradient de rhéophilie** de l'amont vers l'aval avant restauration avec un pourcentage d'individus rhéophiles plus important à l'amont (Olivier et al. 2007a). Ce gradient de rhéophilie est confirmé en post-restauration (Fig. 2.3.5.).

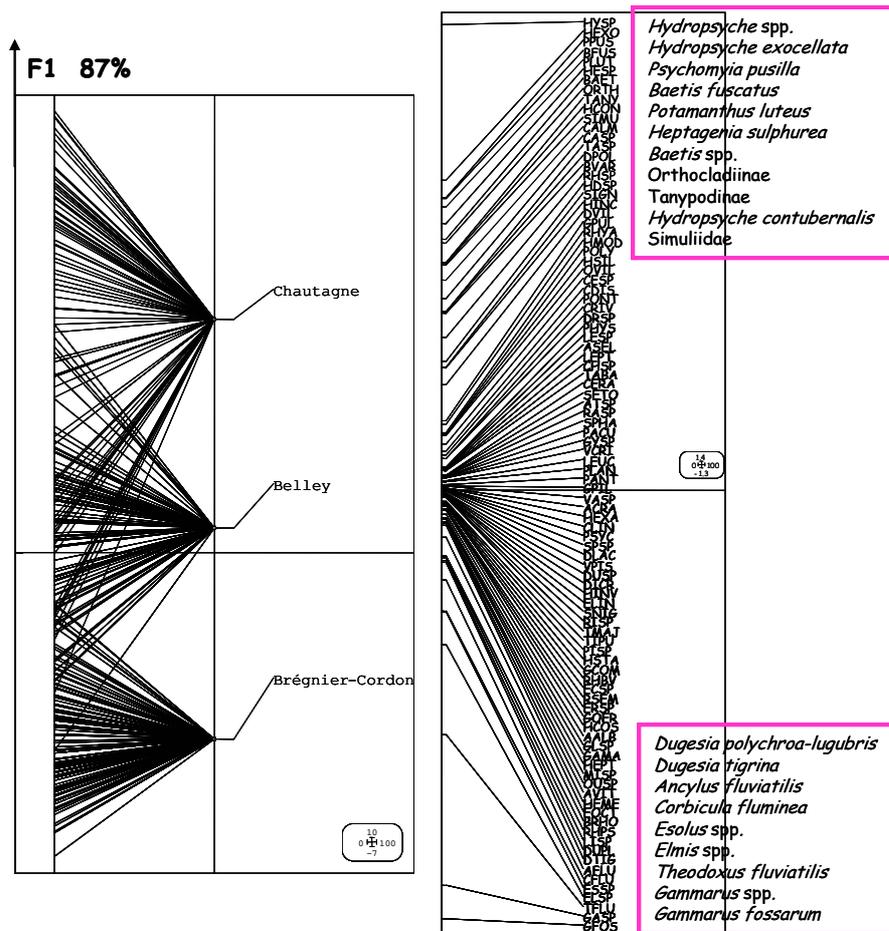


Figure 2.3.3 : Position des RCC et des taxons sur l'axe F1 de l'ACP inter-classes.

L'analyse intra-RCC explique 79% de la variabilité spatiale du jeu de données traduisant un très fort effet campagne au sein de chaque RCC.

L'axe 1 discrimine les campagnes pré-restauration des campagnes post-restauration (Figure 2.3.4). Les taxons caractéristiques des campagnes pré-restauration (coordonnées négatives sur l'axe F1 de la figure 2.3.4) qui voient leur densité chuter après restauration sont par exemple le gastéropode *Ancylus fluviatilis*, les Insectes *Esolus* spp., *Hydropsyche* spp., *Baetis* spp. et Tanytarsini, ainsi que les espèces de Gammarus (notamment les *Gammarus fossarum*). Ces Gammarus sont remplacés après restauration par le prédateur *Dikerogammarus villosus* (coordonnées positives sur l'axe F1 de la figure 2.3.4) réputé pour occuper la niche écologique des Gammarus autochtones. De plus, on note en post-restauration un nombre très important de

juvéniles de Gammaridae (presque 2000 indiv/m<sup>2</sup> à Belley) dont une très forte proportion est probablement des juvéniles de *Dikerogammarus villosus* (cf Annexes A.3.1 à A.3.3).

Sur l'axe 2 de l'analyse intra-classes, on observe un gradient saisonnier qui s'observe globalement aussi après restauration. Les taxons caractéristiques des campagnes de printemps (coordonnées positives sur l'axe F2 de la figure 2.3.4) sont par exemple l'Éphéméroptère *Serratella ignita*, le Plécoptère *Leuctra* spp., ainsi que les Diptères Tanytarsini, Tanypodinae, Chironomini et Orthocladiinae. On note cependant que si les Diptères Tanyponidae sont en fortes densités dans les campagnes de printemps pré-restauration, ils sont en nette régression dans les campagnes de printemps post-restauration (environ même densités pour les deux campagnes à Belley et inférieures au printemps à Chautagne).

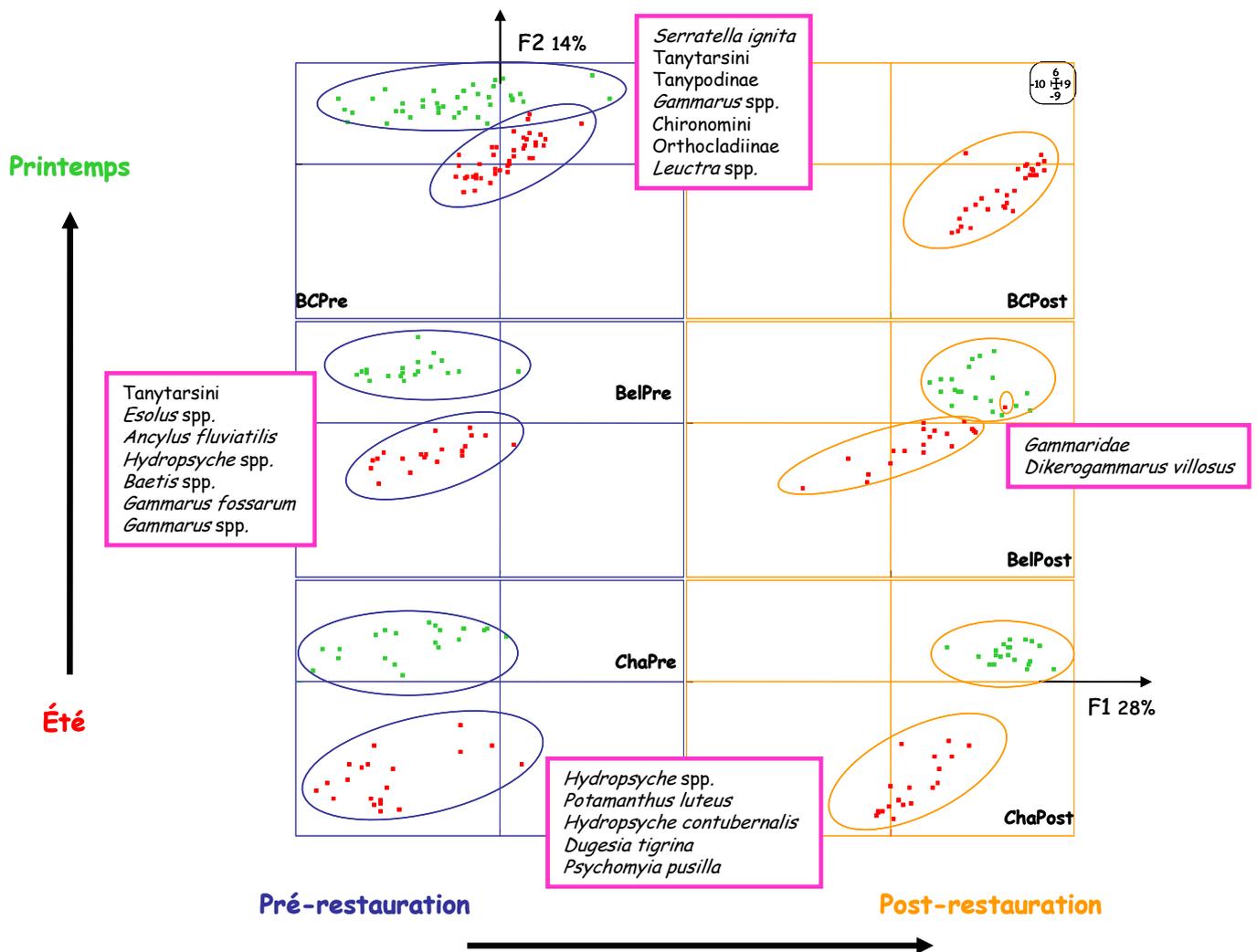


Figure 2.3.4 : Position des relevés dans chaque RCC pour les campagnes de printemps et d'été avant et après restauration sur les axes F1 et F2 de l'ACP intra-classes.

On notera enfin au printemps une très forte abondance de juvéniles de Gammares (*Gammarus* spp.) notamment dans le secteur de Brégner-Cordon.

De même, on observe des taxons caractéristiques des campagnes d'été avant et après restauration telles que les Trichoptères *Psychomyia pusilla*, l'Éphéméroptère spécifique de

grands cours d'eau *Potamanthus luteus* ou la planaire *Dugesia tigrina*. De plus, on notera des densités plus importantes pour la majorité des espèces d'*Hydropsyche* en été dans le secteur de Chautagne avant et après restauration et à Belley seulement après restauration.

→ On observe donc **une grande variabilité saisonnière des distributions de taxons** d'invertébrés dans chacun des secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon.

→ Cette variabilité saisonnière se retrouve globalement **avec les mêmes tendances après restauration**

→ Les résultats montrent des **variations dans la distribution des invertébrés après restauration** et ces changements sont globalement **identiques dans les trois secteurs**. On note en particulier une **chute de la richesse taxonomique et des effectifs** pour de nombreux taxons au profit du prédateur *Dikerogammarus villosus* notamment à Belley et à Brégnier-Cordon si on considère que les Gammaridae sont pour une grande part des juvéniles de cette espèce.

### Prédictions du modèle FSTress

Les campagnes pré-restauration dans les secteurs du Haut-Rhône ont permis de modéliser les préférences hydrauliques des taxons caractéristiques de ces peuplements et de définir différentes catégories (Olivier et al. 2007 a).

Des taxons **très rhéophiles** inféodés à des contraintes fortes ( $AVGFST \geq 10$ ) tels que *Theodoxus fluviatilis*, *Ancyclus fluviatilis*, *Baetis vardarensis*, *Elmis* spp. ou *Hydropsyche siltalai*.

Des taxons **rhéophiles** inféodés à des contraintes correspondant à des AVGFST compris entre 8 et 10 tels que *Hydropsyche modesta* ou les Diptères Orthocladiinae.

Des taxons **limnophiles** ( $6 \leq AVGFST \leq 8$ ) tels que *Asellus aquaticus* ou *Hydroptila* spp.

Des taxons **très limnophiles** inféodés à des contraintes très faibles  $AVGFST < 6$  tels que *Micronecta* spp., *Polycentropus flavomaculatus*, *Polycelis nigra-tenuis* ou *Caenis luctuosa*.

Des taxons ne présentant pas de préférences hydrauliques tels *Dendrocoelum lacteum*, *Athripsodes albifrons* et *Gammarus fossarum* appelés "ubiquistes".

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 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 et après restauration

Les résultats montrent **une augmentation du pourcentage d'individus rhéophiles dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon après restauration** (Tableau 2.3.5 et Fig. 2.3.5). A Brégnier-Cordon cette augmentation relative du nombre d'individus très rhéophiles s'explique par la baisse très importante du nombre d'individus de Gammarus (ubiquistes quant aux conditions hydrauliques). A Belley l'augmentation relative du nombre d'individus

rhéophiles repose également essentiellement sur la chute des effectifs de Gammarens mais aussi sur une très forte augmentation des effectifs de *Potamanthus luteus* (densités triplées) et d'Orthoclaadiinae (densités plus que doublées) au cours des campagnes post-restauration.

En Chautagne, on n'observe aucun changement pré et post-restauration en ce qui concerne les pourcentages d'individus rhéophiles (Fig. 2.3.5.).

Rhéophilie	Brégnier-Cordon		Belley		Chautagne	
	pré	post	pré	post	pré	post
Ind	0.18	22.36	0.12	1.22	0.37	1.20
Très Limnophiles	1.17	0.49	0.22	0.31	1.99	1.91
Limnophiles	0.29	0.85	0.66	0.65	0.84	1.27
Rhéophiles	18.36	19.63	27.82	43.38	38.47	37.78
Très Rhéophiles	7.71	29.04	9.57	10.61	30.80	32.92
Ubiquistes	72.29	27.62	61.62	43.83	27.54	24.92

Tableau 2.3.5. Pourcentages d'individus inféodés à des contraintes hydrauliques faibles (Très Limnophiles et Limnophiles) ou fortes (Rhéophiles ou Très Rhéophiles) ou sans préférence hydraulique (ubiquistes). Ind : correspond aux pourcentages d'individus dont les préférences n'ont pas été modélisées.

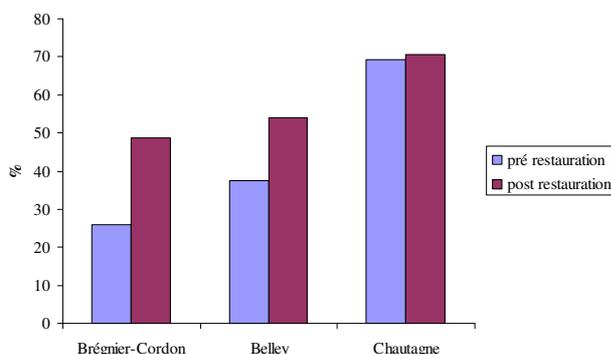


Figure 2.3.5 : Pourcentages d'individus inféodés à des contraintes hydrauliques fortes (Rhéophiles ou très Rhéophiles) dans les 3 RCC présentant des données pré et post restauration.

→ Les changements observés entre les campagnes pré et post-restauration reposent sur quelques taxons dont les effectifs ont brutalement chuté ou au contraire brutalement augmenté après restauration. Ces résultats sont donc **à interpréter avec prudence et devront être confirmés.**

### Validations des prédictions de FSTress

Les comparaisons des prédictions du modèle FSTress et les observations de terrain montrent qu'en **Chautagne et à Belley respectivement 51 et 67% des taxons qui présentent des préférences hydrauliques significatives** (cf Olivier et al. 2007a et Méricoux et al. 2009) **répondent dans le même sens que les prédictions au moins à une saison** (Tableau 2.3.6). Par exemple, les densités des taxons rhéophiles tels que les Simuliidae, *Potamanthus luteus*, *Hydropsyche contubernalis*, *Theodoxus fluviatilis* et Orthoclaadiinae augmentent globalement après restauration en Chautagne et à Belley comme le modèle l'avait prédit (Tableau 2.3.6). De même, les densités de taxons limnophiles tels que Polycentropodidae, *Polycentropus flavomaculatus*, Asellidae, *Polycelis nigra-tenuis* et *Asellus aquaticus* baissent comme prédit par le modèle. Cependant, la baisse des densités de certains taxons rhéophiles tels que par exemple *Ancylus fluviatilis* et *Rhyacophila s. stricto*

spp. dans les deux secteurs ou l'augmentation des densités de taxons limnophiles tels que *Potamopyrgus antipodarum* dans les deux secteurs ou des Chironomini uniquement à Belley restent difficile à interpréter car contraire aux attendus.

**On notera que les taxons limnophiles répondent mieux que les taxons rhéophiles aux prédictions de FSTress.** En Chautagne et à Belley respectivement, 75 et 83% des taxons limnophiles répondent dans le même sens que les prédictions contre seulement 44 et 58% pour les taxons rhéophiles.

On observe une **variabilité saisonnière dans les réponses** puisque seuls environ 40% des taxons répondent dans le même sens que les prédictions aux deux saisons. Par exemple, les densités du taxon rhéophile *Hydropsyche contubernalis* diminuent au printemps mais augmentent en été dans les deux secteurs de Chautagne et Belley.

Taxons	Chautagne				Taxons	Belley			
	$\Delta$ HV	$\Delta$ obsTot	$\Delta$ obsPrint	$\Delta$ obsEté		$\Delta$ HV	$\Delta$ obsTot	$\Delta$ obsPrint	$\Delta$ obsEté
Polycentropodidae	-0.11	-0.89	-0.19	-1.58	Polycentropodidae	-0.08	-0.03	0.00	-0.05
<i>Micronecta</i> spp.	-0.10	0.03	0.13	-0.06	<i>Micronecta</i> spp.	-0.08	-0.21	-0.18	-0.24
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	-0.10	-0.52	0.00	-1.05	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	-0.08	-0.01	0.00	-0.03
Asellidae	-0.10	-0.17	-0.28	-0.07	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	-0.08	-0.41	-0.27	-0.55
<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	-0.10	-0.44	-0.75	-0.13	<i>Caenis luctuosa</i>	-0.07	0.17	-0.29	0.63
<i>Caenis luctuosa</i>	-0.10	0.54	0.91	0.18	<i>Pisidium</i> spp.	-0.07	-0.01	-0.02	0.00
Chironomini	-0.10	-1.51	-1.37	-1.66	Asellidae	-0.07	-1.07	-2.16	0.01
<i>Pisidium</i> spp.	-0.10	0.04	0.05	0.02	Chironomini	-0.07	4.38	7.33	1.42
<i>Asellus aquaticus</i>	-0.09	-0.16	-0.28	-0.04	<i>Asellus aquaticus</i>	-0.06	-0.98	-1.98	0.01
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	-0.08	0.89	0.77	1.00	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	-0.06	1.13	1.19	1.07
<i>Hydroptila</i> spp.	-0.08	0.78	-0.22	1.78	<i>Hydroptila</i> spp.	-0.05	-1.03	0.48	-2.53
<i>Caenis</i> spp.	-0.06	1.41	1.29	1.52	<i>Caenis</i> spp.	-0.04	0.27	-0.77	1.31
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	0.04	-0.22	-0.19	-0.25	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	0.03	-0.89	-0.59	-1.19
Orthoclaadiinae	0.05	11.77	19.66	3.88	Orthoclaadiinae	0.04	6.20	7.92	4.48
<i>Baetis</i> spp.	0.08	1.33	1.75	0.90	<i>Ancyclus fluviatilis</i>	0.06	-1.66	0.03	-3.35
<i>Ancyclus fluviatilis</i>	0.08	-1.47	-0.76	-2.18	<i>Baetis</i> spp.	0.06	-1.39	0.81	-3.60
<i>Hydropsyche siltalai</i>	0.10	-1.52	-0.33	-2.71	<i>Hydropsyche siltalai</i>	0.07	0.07	-0.25	0.39
<i>Elmis</i> spp.	0.10	-0.06	0.08	-0.20	<i>Elmis</i> spp.	0.07	-0.60	-0.64	-0.56
<i>Esolus</i> spp.	0.11	-0.67	-1.04	-0.30	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0.07	0.34	-0.01	0.69
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0.11	0.02	0.00	0.05	<i>Esolus</i> spp.	0.08	-2.92	-4.94	-0.89
<i>Hydropsyche</i> spp.	0.11	0.01	-3.06	3.07	<i>Baetis rhodani</i>	0.08	-0.02	-0.12	0.08
<i>Potamanthus luteus</i>	0.11	0.14	-2.97	3.25	<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	0.08	-1.40	-2.06	-0.75
<i>Hydropsyche modesta</i>	0.11	-0.35	-0.04	-0.67	<i>Dugesia tigrina</i>	0.08	-2.95	-1.85	-4.04
<i>Dugesia tigrina</i>	0.11	-2.08	-0.75	-3.41	<i>Hydropsyche</i> spp.	0.08	1.40	-2.09	4.89
<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	0.11	-2.11	-2.71	-1.50	<i>Baetis vardarensis</i>	0.08	-1.24	-0.64	-1.83
<i>Baetis rhodani</i>	0.12	-0.03	0.00	-0.06	<i>Leuctra</i> spp.	0.08	-0.75	-1.60	0.10
<i>Hydropsyche exocellata</i>	0.12	0.27	0.06	0.48	<i>Potamanthus luteus</i>	0.09	3.92	0.36	7.49
<i>Rhithrogena</i> spp.	0.12	-0.01	0.00	-0.02	<i>Hydropsyche modesta</i>	0.09	-0.49	-0.58	-0.40
<i>Baetis vardarensis</i>	0.12	-2.04	-2.98	-1.10	<i>Dreissena polymorpha</i>	0.09	-0.72	-1.16	-0.27
<i>Leuctra</i> spp.	0.12	-0.27	-0.41	-0.13	<i>Esolus</i> spp. ad	0.09	-0.50	-1.28	0.28
<i>Heptagenia sulphurea</i>	0.12	-2.09	-3.18	-1.01	<i>Heptagenia sulphurea</i>	0.09	1.97	-0.45	4.38
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	0.12	0.57	-0.56	1.70	Simuliidae	0.09	1.19	1.87	0.52
<i>Dreissena polymorpha</i>	0.12	0.18	-0.95	1.30	<i>Hydropsyche exocellata</i>	0.09	-0.94	-1.08	-0.81
<i>Hydropsyche incognita</i>	0.12	0.14	0.13	0.15	<i>Hydropsyche incognita</i>	0.09	-0.01	-0.02	0.01
<i>Esolus</i> spp. ad	0.12	-0.02	-0.02	-0.02	<i>Limnius</i> spp.	0.09	-0.84	-1.04	-0.64
<i>Limnius</i> spp.	0.13	-0.30	-0.19	-0.42	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	0.10	1.75	-0.02	3.52
Simuliidae	0.13	0.39	-2.70	3.47	<i>Rhithrogena</i> spp.				

Tableau 2.3.6. Prédications et observations dans les secteurs de Chautagne et Belley des densités des taxons présentant des préférences hydrauliques marquées. Avec ad : adultes;  $\Delta$ HV : variations des valeurs d'habitat prédites par FSTress dans les Vieux-Rhône pour les débits réservés d'hiver pré et post-restauration (Chautagne 10 et 20 m<sup>3</sup> et Belley 25 et 65 m<sup>3</sup>) ;  $\Delta$ obs : variations des densités (N.indiv/dm<sup>2</sup> transformées en log abondance +1) des campagnes pré et post-restauration. Tot : densités moyennes des campagnes de printemps et d'été. Les taxons sont classés par leur valeur d'habitat (notes de 0 à 1 de qualité de l'habitat local définies à partir des densités normalisées. Ces notes correspondent donc à des indices de densités cf. Olivier et al. 2007a).

De même, on observe une variabilité dans les réponses entre les deux secteurs pour environ ¼ des espèces traduisant une **variabilité spatiale dans les réponses**. Par exemple, les densités de l'espèce rhéophile *Dreissena polymorpha* augmentent globalement dans le secteur

de Chautagne comme prédit par le modèle mais diminuent dans le secteur de Belley (Tableau 2.3.6).

De plus, les résultats montrent qu'il n'existe **pas de corrélations** entre les variations de valeurs d'habitat prédites et les variations des densités observées sur le terrain avant et après restauration (Figure 2.3.6). Les figures présentant les saisons séparées n'améliorent pas la relation.

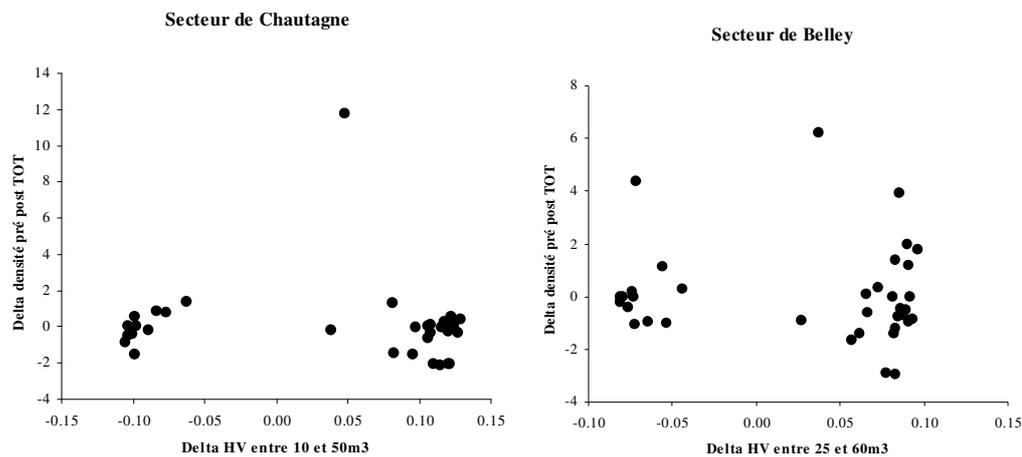


Figure 2.3.6 : Relation entre les variations des valeurs d'habitat (HV) prédites par FSTress pour les deux débits minimum d'hiver pré et post-restauration et les variations de densités pré et post-restauration ( $N.indiv/dm^2$  transformés en  $\log$  abondance +1) dans les secteurs de Chautagne et Belley.

## 2.3.5 Secteur de Pierre-Bénite

### 2.3.5.1 Résultats 2007-2008

#### Caractéristiques mésologiques

La principale différence avant-après accroissement du débit réservé porte sur les variables « profondeur » et « vitesse du courant » pour lesquelles on note un décalage en direction de gammes de valeurs plus élevées (Figure 2.3.7). Le type de substrat principal ne présente pas de différences marquées.

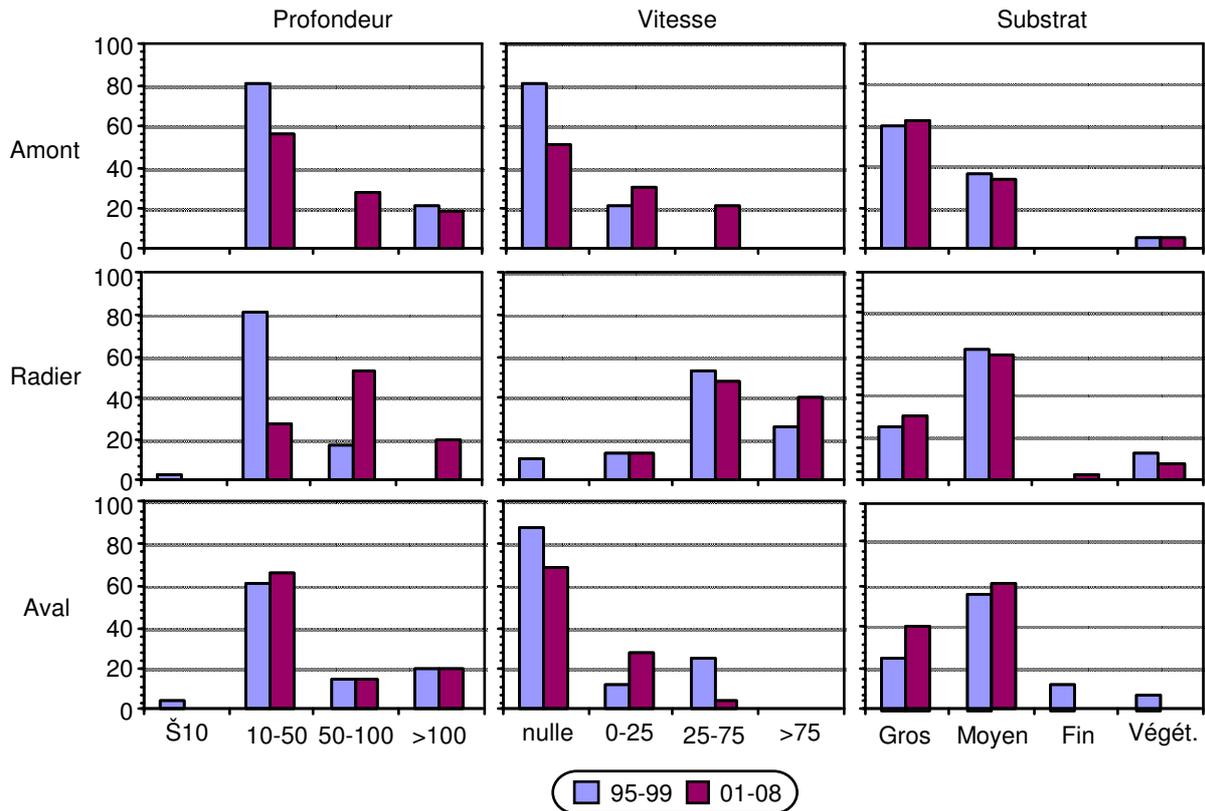


Figure 2.3.7. Fréquence, exprimée en pourcentages, des modalités des variables de milieu profondeur (en cm), vitesse du courant (en cm/s) et type de substrat principal des différents relevés sommés par station, avant (95-99) et après (01-08) l'augmentation du débit réservé.

### Richesse, diversité et abondance 2007-2008

Un total de **79 taxons** a été récolté lors de la période 2007-2008 (cf Tableau Annexe A.3.5), respectivement 52 pour la station amont, 48 pour la station radier et 63 pour la station aval (Figure 2.3.8.A). Cette richesse est légèrement inférieure à la période d'échantillonnage précédente (83 taxons en 2003) et sensiblement identique à celle de 2002 (80 taxons). D'un point de vue temporel, la richesse totale par campagne est stable entre les deux dates (respectivement 61 et 60 taxons) (Figure 2.3.8A). Il en va de même de l'abondance (Figure 2.3.8B).

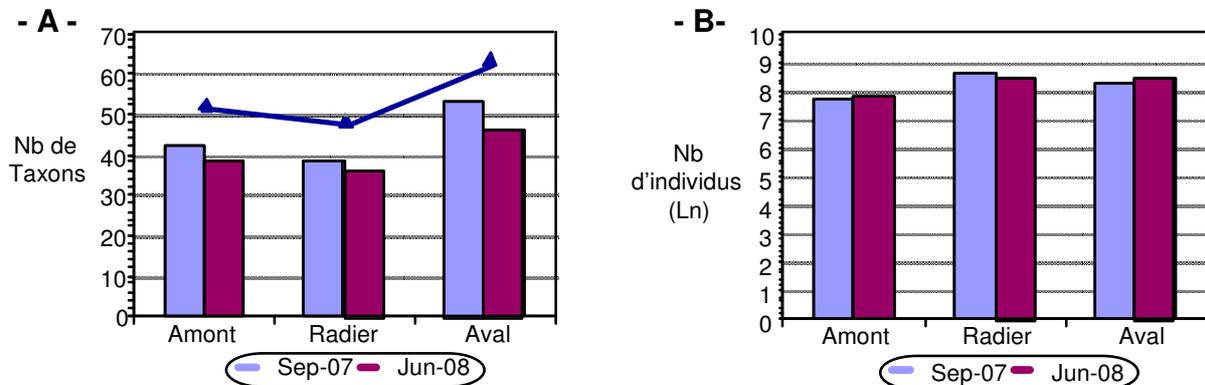


Figure 2.3.8. Comparaison inter-stations et inter-dates de la richesse taxonomique (A) et de l'abondance (B) 2007-2008.

Sept taxons non encore rencontrés depuis le début de l'étude en 1995 ont été échantillonnés cette année. Ce sont les Crustacés invasifs *Jaera istri*, *Gammarus roeseli*, *Hemimysis anomala*, un Ephéméroptère Baetidae autre que *Baetis fuscatus* (jeune individu), les Trichoptères *Rhyacophila sp.* et *Goera pilosa* et le Diptère Clinocerinae. Toutefois, à l'exception de *J. istri*, invasif très récent et encore très ponctuellement rencontré (Viviers en 2007), les autres taxons sont déjà régulièrement échantillonnés sur la Bas-Rhône et/ou sur la Saône (cf invasifs en particulier).

La **diversité H'** montre des différences entre les deux campagnes : élevée (stations amont et aval ;  $H' > 3,0$ ) à moyenne (radier ;  $H' = 2,5$ ) en septembre 2007 ; moyenne et homogène entre les stations ( $H'$  voisin de 2,5) en juin 2008. Ces résultats s'expliquent par la forte dominance des Chironomes aux deux stations extrêmes (voisins ou  $>$  à 60% des individus) et l'importance combinée des Simulies (40%) et des Chironomes (25%) sur le radier.

### Chronique 1995-2008

**134 taxons** ont été rencontrés depuis le début de l'échantillonnage. Parmi ceux-ci, plus d'une trentaine peuvent être considérés comme "accidentels" sur les critères d'abondance et/ou d'occurrence ( $\leq 2$  individus ou présence  $\leq 2$  relevés unitaires). Un nombre globalement identique de taxons (112 vs 111) a été échantillonné lors de la phase I (95-99, c'est-à-dire avant augmentation du débit réservé) et au cours de la phase II (01-08, après augmentation).

L'évolution, tant inter-dates qu'inter-annuelle, de la richesse taxonomique montrent des fluctuations marquées. Si les résultats de l'année 2001, première année après augmentation, se situaient parmi les valeurs les plus basses depuis le début du suivi (possible influence négative de l'hydrologie générale avec des fluctuations importantes et marquées), celles des années 2002 et 2003 présentent au contraire les résultats les plus élevées avec celui de l'année 1999 (Figure 2.3.9). Bien qu'en baisse par rapport à ces dernières dates, la campagne 2007-2008 se situe malgré tout dans des valeurs plutôt élevées. A l'échelle annuelle (i.e. les deux campagnes regroupées), on constate une remarquable **stabilité de la richesse au cours des dernières dates**, voire depuis 1999 si ce n'était le « hiatus » 2001.

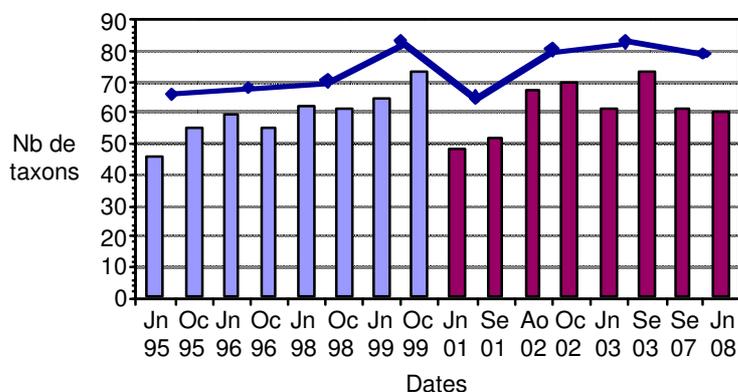


Figure 2.3.9. Evolution inter-campagnes et inter-annuelle de la richesse taxonomique totale.

Tout en étant nettement dominants d'une phase à l'autre, les Chironomes et les Oligochètes présentent une baisse de leurs proportions (Figure 2.3.10). Viennent ensuite plusieurs taxons plutôt rhéophiles, voire potamiques, qui **accroissent nettement leurs effectifs** entre les deux phases : Trichoptère *P. pusilla* (second taxon en abondance de la phase II), Diptères Simuliidae, Hydres. Il en va de même du Mollusque *A. fluviatilis*, du Trichoptère *Hydroptila* sp. et de l'Ephémère *B. fuscatus*. A l'opposé, les effectifs de certaines espèces (plutôt potamo-lénitiques) **décroissent très fortement** entre les deux phases, tels que ceux de l'Ephémère *C. luctuosa* ou des Mollusques *F. clessiniana* (ex *F. wautieri*), *V. piscinalis*, *P. acuta* et surtout *T. fluviatilis* qui a totalement disparu (problème thermique, hydraulique, « qualité » du périlithon ??). On note également l'accroissement (*Corbicula*) ou l'apparition (*Dikerogammarus*, *Hypania*) de taxons invasifs, mais dont le phénomène se situe à l'échelle du Bas-Rhône, voire du Rhône en général. Toutefois, certains résultats sont à relativiser car les variations de plusieurs taxons sont spécifiques d'une année ou d'une campagne particulières (Hydres et Dreissènes en 2003, par ex.).

Afin d'identifier des métriques biologiques "invertébrés" simplifiées, adaptées néanmoins à refléter les évolutions d'indicateurs hydrauliques liés d'une part à la morphologie et d'autre part au débit, nous avons décrit les peuplements des trois stations par l'abondance de guildes taxonomiques ayant des préférences d'habitat comparables (courant et turbulence d'une part, distribution transversale d'autre part) (Figure 2.3.11). Des guildes "radier" (= eaux vives, i.e. milieu courant peu profond) et "chenal" (= eaux courantes, i.e. milieu courant et profond) ont été définies à partir soit des connaissances existantes sur les différents taxons d'invertébrés (Tachet *et al.*, 2000), soit d'études "microhabitats" proprement dites (Gayraud *et al.*, 2002). Ces préférences écologiques peuvent être mises en vis-à-vis des caractéristiques mésologiques relevées à chaque station. Quelle que soit la définition de guildes utilisée (traits biologiques ou corrélations hydrauliques), il existe une similitude de résultats (hormis en septembre 2003 pour la guildes chenale pour laquelle les Hydres, très abondantes à cette date, ne sont pas encore codées dans la méthode des corrélations de Gayraud). Excepté le hiatus enregistré avec la décroissance constatée en 2003 (signe de l'instabilité naturelle du milieu et/ou de l'influence de l'hydroclimatologie), une tendance générale à l'accroissement de ces deux guildes semble bien se dessiner avec le relèvement du débit.

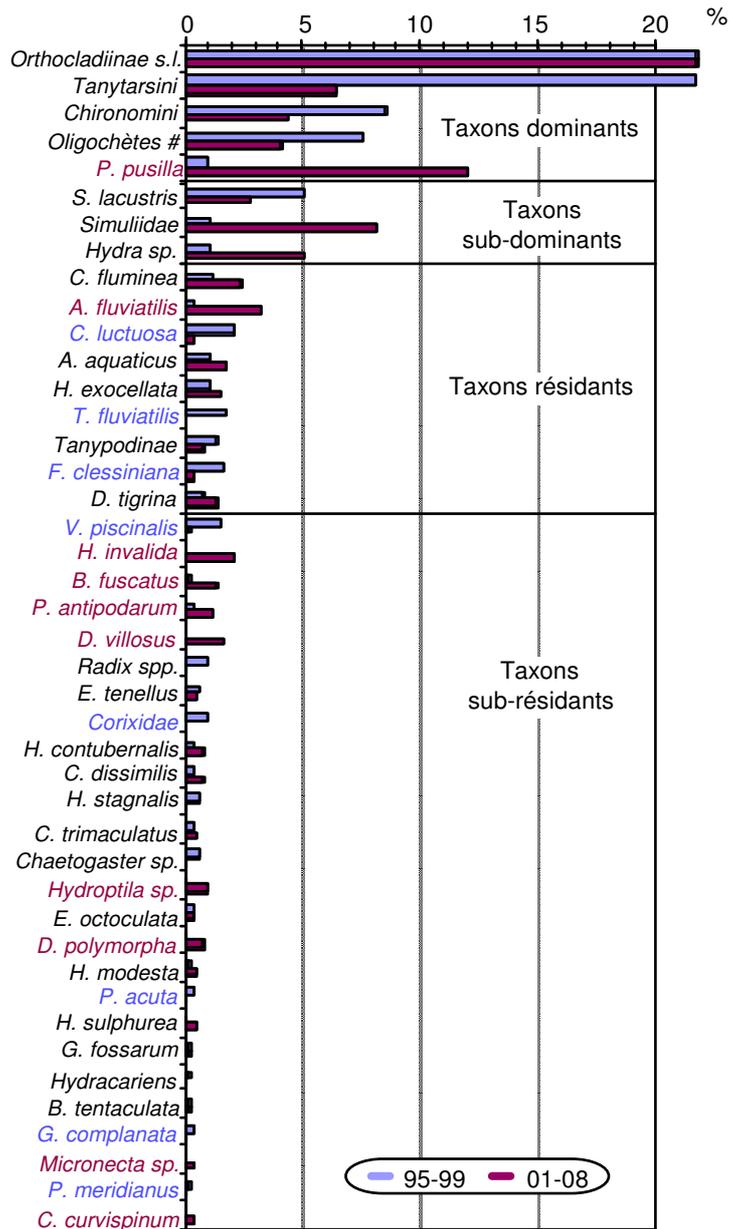
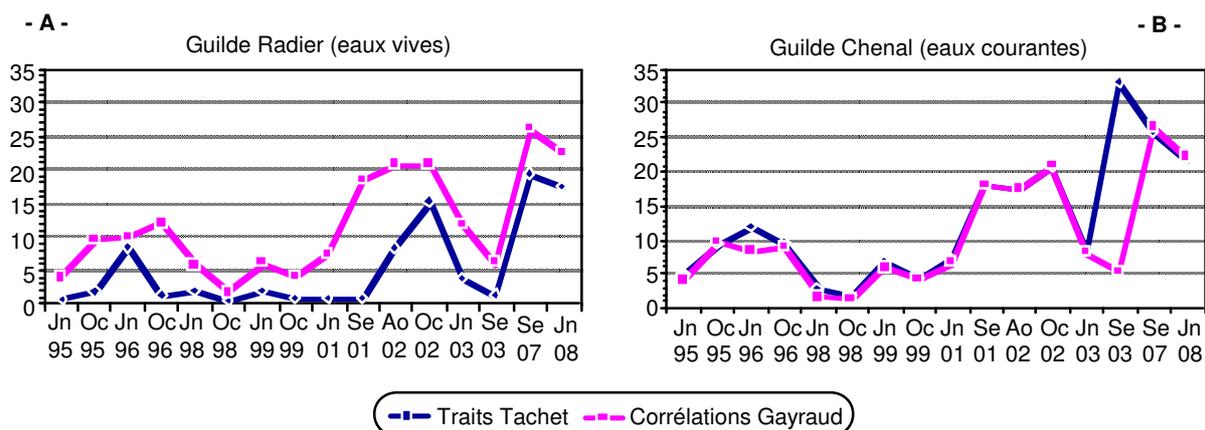


Figure 2.3.10. Comparaison de l'abondance relative des principaux taxons, classés en fonction de leur abondance sur l'ensemble de l'étude (effectif  $\geq 0,1\%$  du nombre total d'individus), entre les périodes avant et après augmentation du débit.



**Figure 2.3.11.** Evolution inter-campagnes des proportions (% d'individus) de chaque guildes hydrauliques selon les 2 définitions utilisées (traits biologiques, corrélations hydrauliques).

### 2.3.5.2 Comparaison Phase I – Phase II

L'approche comparative par analyse multivariée des résultats avant-après augmentation montre une ébauche d'évolution et de différenciation entre les différents peuplements (Figure 2.3.12.).

Il apparaît ainsi sur l'axe 1 de l'analyse inter-dates que les campagnes 2001-2008 se singularisent des années pré-augmentation, avec une proximité des relevés des années 2002 et 2007-2008 et un décalage de ceux de l'année 2003 (Figure 2.3.12A). De la même manière, l'analyse inter-stations discrimine nettement les trois stations avant-après d'une part, tandis que le radier se démarque des deux stations endiguées profondes que sont les stations amont et aval, d'autre part (Figure 2.3.12B).

Les résultats inter-dates confirment également l'importance des fluctuations hydrologiques générales du Rhône : hydrologie particulièrement soutenue lors de l'année 2001 ou, à l'inverse, étiage prolongé comme en 2003, par exemple.

Ces arrangements sont gouvernés par la répartition et l'abondance de certains taxons « particuliers » :

- Accroissement des larves d'Insectes rhéophiles tels que *P. pusilla*, *B. fuscatus*, *Hydroptila sp.* lors de la phase II et diminution de celles de milieux peu courants plus présents lors de la phase I comme *C. dipterum*. L'augmentation des Simuliidae et la baisse de certains Chironomidae (*Tanytarsini* et *Tanypodinae*) illustrent ce phénomène chez les Diptères.

- Accroissement de Mollusques rhéophiles (*A. fluviatilis*) aux dépens d'espèces plus limnophiles (*V. piscinalis*, *F. clessiniana*, *Radix spp.*, *P. acuta*), pouvant même aboutir à la disparition de certaines espèces particulièrement abondantes en phase I (*T. fluviatilis*).

- Position particulière de la campagne de septembre 2003, fortement influencée par les conditions climatiques exceptionnelles de la période estivale avec l'apparition et/ou le développement de taxons particuliers (Polychète invasif *H. invalida*, Bryozoaires *Plumatella* et *Pectinatella*, explosion des Hydres).

- Présence très significative des espèces potamiques rhéophiles sur le radier : *Hydropsyche* spp., *H. sulphurea*, *B. fuscatus*, Simulies, etc.

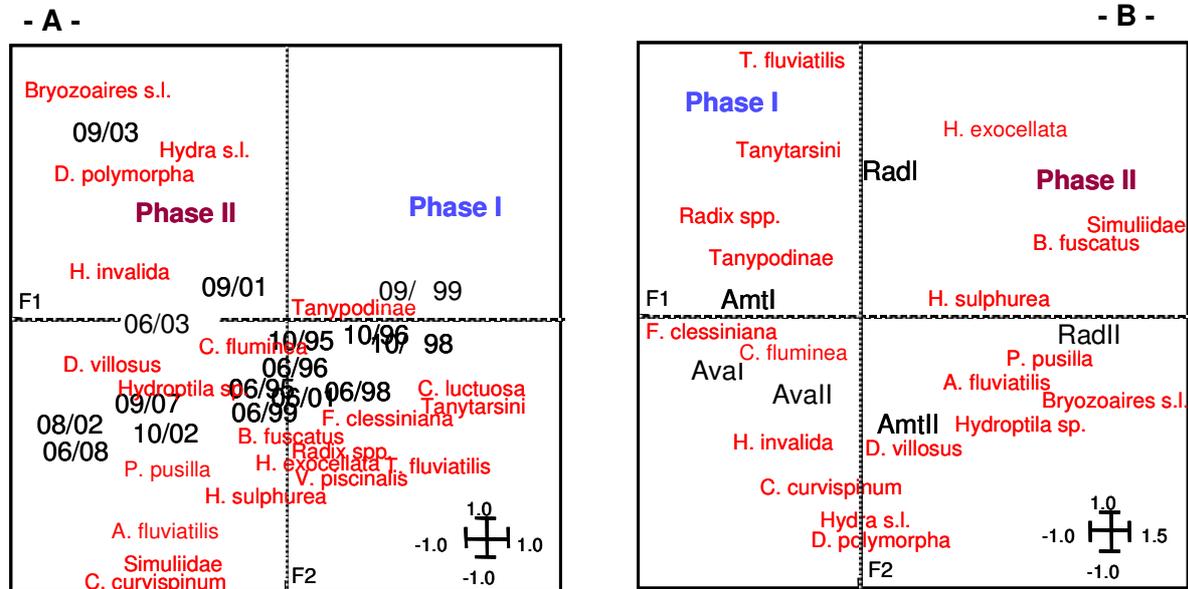


Figure 2.3.12. AFC inter-classes. Plans factoriels F1xF2 des relevés discriminés par dates d'échantillonnage (A) et par stations (B), et projection des taxons les plus discriminants.

### 2.3.5.3 Conclusion

Si une **forte variabilité temporelle** des peuplement est toujours observée au fil des années, en probable liaison avec les fluctuations hydroclimatiques, le bilan 2007-2008 reste dans la lignée des résultats enregistrés au début des années 2000 et confirme une certaine pérennité dans les changements observés entre les deux phases (cf ARALEP 2003).

Ainsi, la (ré)apparition de taxons spécifiques (en dehors des espèces invasives pour lesquels le phénomène se produit à l'échelle du fleuve), une **plus large répartition des taxons potamiques et/ou rhéophiles**, antérieurement présents mais localisés, accompagnée d'une augmentation de leurs effectifs, se confirme : Trichoptères *P. pusilla* et *Hydropsyche* spp., Ephémère *B. fuscatus*, Mollusque *A. fluviatilis* à toutes les stations, Plécoptères Leuctridés dans une moindre mesure, Diptères *Simuliidae* plus particulièrement sur le radier, etc. A côté de cela, des taxons inversement plus potamo-lénitiques tels que le Crustacé *A. aquaticus*, la Planaire *D. tigrina*, l'Ephémère *C. luctuosa* ou les Trichoptères *E. tenellus* et *C. trimaculatus* sont également abondamment représentés.

Par ailleurs, l'étude des **guildes hydrauliques** montre une **tendance à l'accroissement** des guildes radiers et chenal (respectivement eaux vives et eaux courantes) au cours de la phase

post-augmentation, signe d'une évolution vers un peuplement à tendance potamique et lotique sensible.

Enfin, parmi les **espèces exotiques invasives**, outre l'abondance de *D. villosus*, durablement installé, il faut noter la très forte représentation de *C. curvispinum* (non encore présent en 2003). La présence de la Saône juste en amont et les températures élevées du début des années 2000 explique en grande partie ce phénomène.

### **2.3.6 Conclusions**

Les résultats montrent donc que les observations de terrain et les prédictions du modèle FSTress vont dans le même sens pour plus de la moitié des taxons mais qu'il n'existe pas de corrélations entre ces observations et ces prédictions avant et après restauration. Les données post-restauration de Chautagne et de Belley ne nous permettent pas de valider les prédictions du modèle FSTress et peuvent donc apparaître comme surprenantes dans ce contexte.

Cependant, des paramètres indépendants de la restauration viennent troubler ces résultats et pourraient expliquer notamment la chute importante du nombre de taxons et de leur effectif après restauration.

En effet, 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 de densités des espèces que des études sur du moyen ou du long terme nous permettront de comprendre. 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. De plus, l'implantation de l'espèce invasive *Dikerogammarus villosus* pendant les travaux de restauration du Haut-Rhône (*cf* détails dans Olivier et al. 2007a) 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 Belley soulèvent en effet de réels problèmes. Une réflexion devra être menée rapidement sur cette problématique de l'impact des "espèces invasives" sur les peuplements d'invertébrés du Haut-Rhône pour comprendre la part relative des effets de ces espèces sur les invertébrés en place et celle des opérations de restauration. Cette connaissance s'avère 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 débit utilisées dans le cadre du suivi de l'augmentation de débit réservé 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 FST ne se fera donc que sur du moyen ou du long

terme et il n'est pas étonnant que les premières campagnes post-restauration ne nous révèlent pas immédiatement les attendus.

## **2.4 Sédimentation dans les lônes**

### **2.4.1 Objectifs et méthodologie**

En termes de sédimentation dans les lônes, le programme décennal pose deux questions majeures :

- **Quelle est l'espérance 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 espérance est-elle modifiée par la restauration ? Ce premier ensemble de questions est abordé en confrontant le taux de sédimentation (épaisseur des sédiments déposés sur une période de temps donnée) et la hauteur d'eau moyenne de la lône (disponible par ailleurs) qui est susceptible d'enregistrer le comblement.

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

Protocole = une campagne tous les deux ans, deux types de relevés :

\* 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 (compter environ 50 points par lône, 1 point tous les 5m). Ces mesures permettent de calculer la durée de vie de la lône au fur et à mesure de son vieillissement.

\* 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, cinq prélèvements équi-répartis longitudinalement ont été réalisés dans l'axe de la lône à la tarière afin de mesurer la taille médiane des sédiments de surface et leur variabilité locale.

Seize lônes ont été échantillonnées sur le vieux Rhône de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre Bénite en 2007. Cinq lônes localisées sur le secteur de Péage-de-Roussillon ont également fait l'objet d'un état pré-restauration. Aucune campagne sédimentaire n'était prévue en 2008. Nous avons avant tout réalisé les analyses granulométriques, assuré le suivi des piézomètres et mis en forme les données.

### **2.4.2 Résultats**

Au cours de l'année 2008, trois principales actions ont été conduites :

- Relevé des piézomètres installés sur différents sites,
- Réalisation de toutes les analyses granulométriques des prélèvements de 2007,
- Analyse des données piézométriques et granulométriques.

## Relevé des piézomètres

Certains des piézomètres installés sur les sites ont été relevés, afin de disposer notamment des données de la crue de septembre 2008 (Figures 2.4.1 et 2.4.2). Des visites de terrain ont été réalisées durant cet événement afin de relever les côtes de débordement et valider les débits débordants calculés. Le tableau 1 ci-après synthétise les chroniques piézométriques qui ont été acquises à ce jour. Les piézomètres de Brotalet, Fournier, Chantemerle, Molottes et Plaine seront déchargés en 2009. Nous avons par ailleurs rencontré des problèmes avec les piézomètres de Fournier et Granges lors des plus forts événements car les hauteurs d'eau enregistrées sur ces sites dépassent les capacités des capteurs.

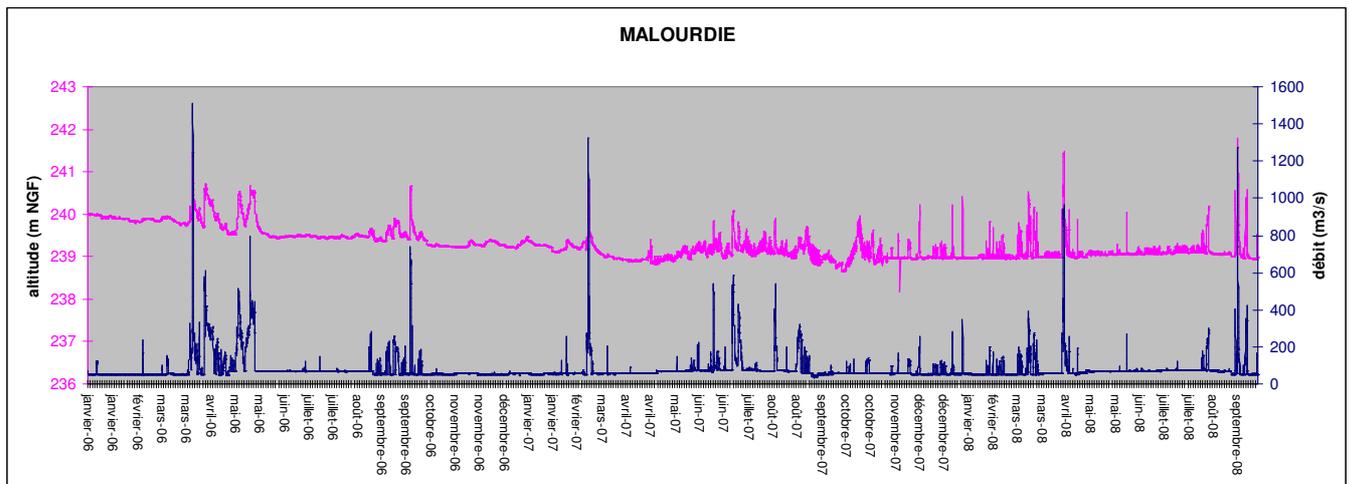


Figure 2.4.1 – Variabilité de la hauteur d'eau horaire enregistrée par le piézomètre de Malourdie entre janvier 2006 et septembre 2008 et du débit horaire enregistré par le RCC au Barrage de Motz fourni par les services de la CNR.

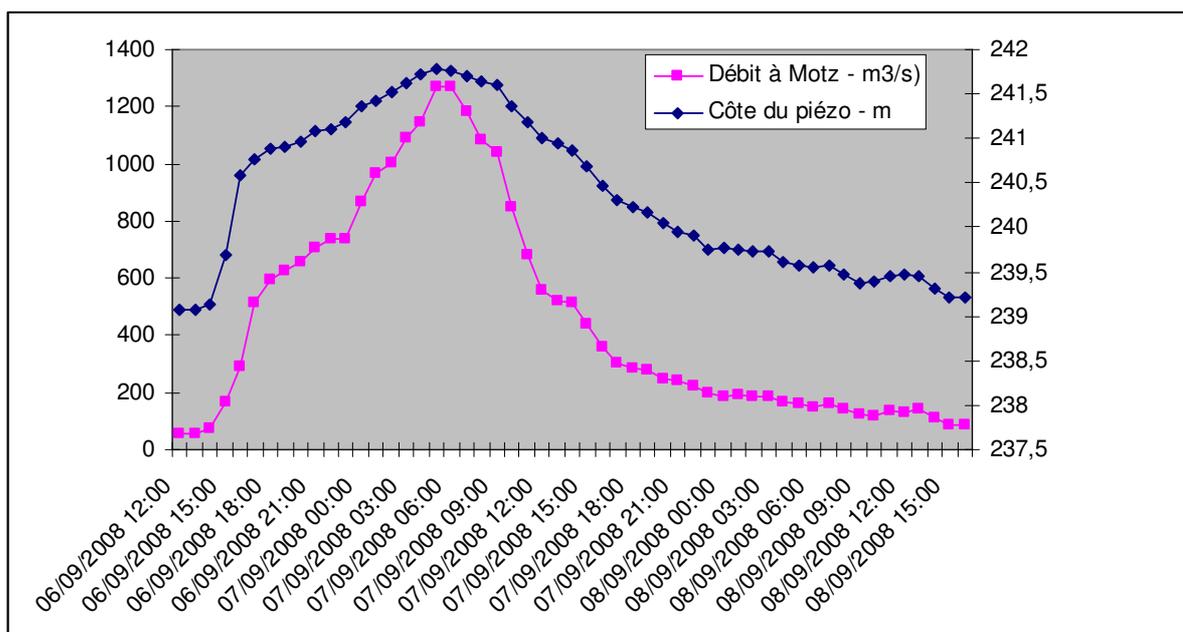


Figure 2.4.2 Détail de l'hydrogramme de la crue du 7 septembre 2008 – débit à Motz, côte altimétrique au piézomètre de la Malourdie

	abrég.	date de début	date de fin/per. d'enregistrement
1 Malourdie	MAL	15/11/2004	24/09/2008
2 Brotalet	BRO	15/11/2004	13/11/2007
3 Luisettes	LUI	25/01/2006	23/09/2008
4 Moiroud	MOI	25/01/2006	23/09/2008
5 Fournier	FOU	18/11/2005	23/09/2008
6 Béard	BEA	27/09/2005	23/09/2008
7 Lucey	LUC	∅	∅
8 Anse de Yenne	YEN	∅	∅
9 Chantemerle	CHA	24/10/2006	27/03/2007
10 Granges	GRA	24/10/2006	24/09/2008
11 Vachon	VAC	∅	∅
12 Cerisier	CER	∅	∅
13 Mattant	MAT	∅	∅
14 Mollotes	MOL	27/10/2007	15/11/2007
15 Plaine	PLA	02/03/2007	15/11/2007

Tableau 2.4.1 - Synthèse des enregistrements piézométriques acquis sur les lômes du Haut-Rhône

## Analyses granulométriques des prélèvements de 2007

Suite aux campagnes de l'automne 2007 et du prélèvement de près de 5 échantillons par lône répartis longitudinalement, toutes les analyses granulométriques ont été réalisées. Le Tableau 2.4.2 ci-après présente une synthèse de ces résultats avec les principaux centiles (10<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles des distributions granulométriques). Il s'agit non seulement des lones du Haut-Rhône mais aussi de celles de Pierre Bénite et de Péage de Roussillon (état avant-travaux).

Tableau 2.4.2 Synthèse statistique des analyses granulométriques réalisées en 2008

	D <sub>10</sub> (µm):	D <sub>50</sub> (µm):	D <sub>90</sub> (µm):	(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ) (µm):	(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ) (µm):	(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ) (µm):	(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ) (µm)
<b>Béart.1</b>	6,137	36,44	181,2	29,52	175,0	6,281	76,02
<b>Béart.2</b>	3,830	33,76	175,7	45,89	171,9	7,688	73,90
<b>Béart</b>	2,357	17,07	237,1	100,6	234,7	11,22	57,19
<b>Béart.4</b>	1,877	13,05	73,92	39,38	72,04	6,761	27,37
<b>Brotalet.1</b>	99,87	318,2	691,5	6,924	591,6	2,345	274,3
<b>Brotalet.2</b>	120,1	257,1	474,3	3,948	354,2	1,969	175,6
<b>Brotalet.3</b>	140,1	268,6	552,8	3,945	412,7	1,956	184,3
<b>Brotalet.5</b>	2,325	14,48	109,6	47,15	107,3	6,133	30,14
<b>Brotalet.6 back</b>	1,918	12,18	125,8	65,62	123,9	7,868	31,15
<b>Chantemerle.1</b>	3,751	31,30	152,6	40,68	148,8	8,882	76,85
<b>Chantemerle.2</b>	4,068	39,02	187,2	46,01	183,1	9,448	93,31
<b>Chantemerle.3</b>	4,453	38,78	181,9	40,84	177,4	7,875	86,82
<b>Chantemerle.4</b>	6,301	52,31	179,2	28,44	172,9	5,999	91,26
<b>Cerisiers.1</b>	4,784	70,01	231,0	48,29	226,2	6,686	112,7
<b>Cerisiers.2</b>	26,62	337,9	692,8	26,02	666,2	3,952	383,9
<b>Cerisiers.3</b>	3,880	41,19	157,9	40,70	154,0	6,853	74,58
<b>Cerisiers.4</b>	3,240	26,38	105,0	32,41	101,8	6,582	50,06
<b>Cerisiers.5</b>	2,384	25,05	106,4	44,61	104,0	7,834	50,30
<b>Granges.1</b>	4,095	157,5	670,5	163,7	666,4	33,69	418,4
<b>Granges.2</b>	3,706	30,80	381,8	103,0	378,1	17,20	154,7
<b>Lucey.1</b>	80,93	193,5	343,0	4,238	262,1	1,983	132,1
<b>Lucey.2</b>	3,547	23,64	115,9	32,68	112,4	5,643	44,17
<b>Luisette.1</b>	10,48	289,6	766,1	73,07	755,6	14,94	505,0
<b>Luisette.2</b>	6,503	96,40	409,8	63,02	403,3	9,522	205,6
<b>Luisette.3</b>	13,59	230,5	717,8	52,82	704,2	8,489	419,7
<b>Luisette.4</b>	31,43	306,7	699,1	22,25	667,7	3,541	355,3
<b>Malourdie.1</b>	3,927	36,33	234,2	59,62	230,2	11,15	105,8
<b>Malourdie.2</b>	2,935	26,22	138,7	47,28	135,8	8,872	65,82
<b>Malourdie.3</b>	3,730	30,91	157,7	42,27	154,0	7,849	71,44
<b>Malourdie.4</b>	2,628	19,33	119,0	45,28	116,4	7,881	47,71
<b>Malourdie.5</b>	3,006	20,74	119,4	39,72	116,4	7,042	47,49
<b>Malourdie.6</b>	5,452	44,96	248,2	45,53	242,8	8,300	109,2
<b>Moiroud.1</b>	17,66	150,5	396,5	22,45	378,9	3,593	180,5
<b>Moiroud.2</b>	2,973	30,04	296,7	99,79	293,7	14,32	111,6
<b>Moiroud.3</b>	11,18	111,3	406,2	36,35	395,1	5,994	184,7
<b>Moiroud.4</b>	3,512	32,24	122,7	34,95	119,2	7,425	65,52
<b>Moiroud.5</b>	5,319	39,68	138,8	26,10	133,5	6,020	72,16
<b>Mollottes.1</b>	1,581	6,577	27,59	17,45	26,01	4,360	10,33

<b>Mollottes.2</b>	1,629	8,101	33,77	20,73	32,14	4,978	13,77
<b>Mollottes.3</b>	1,843	10,51	50,24	27,26	48,40	5,728	20,35
<b>Mollottes.4</b>	1,570	7,274	23,61	15,04	22,04	4,167	10,47
<b>Mollottes.5</b>	1,945	11,57	45,47	23,38	43,53	5,345	20,29
<b>Ponton.1</b>	2,275	12,35	81,08	35,63	78,80	6,316	27,87
<b>Ponton.2</b>	2,592	15,70	76,68	29,58	74,09	6,253	34,12
<b>Ponton.3</b>	1,884	10,05	48,72	25,86	46,83	5,239	18,30
<b>Ponton.4</b>	2,282	12,91	50,68	22,20	48,40	4,755	21,37
<b>Ponton.5</b>	14,92	162,0	375,6	25,17	360,7	3,900	194,4
<b>Yenne.1</b>	95,53	288,1	627,3	6,566	531,7	2,316	244,2
<b>Yenne.2</b>	13,67	146,3	428,0	31,30	414,3	4,484	211,0
<b>Yenne.3</b>	98,64	241,2	507,9	5,149	409,3	2,091	180,0
<b>Arcoules.1</b>	7,061	174,2	801,3	113,5	794,3	8,066	304,4
<b>Arcoules.2</b>	3,493	87,01	255,9	73,25	252,4	11,10	161,3
<b>Arcoules.3</b>	12,64	100,1	224,1	17,73	211,5	3,121	109,4
<b>Arcoules.4</b>	5,464	84,01	250,7	45,87	245,2	5,837	138,9
<b>Arcoules.5</b>	3,153	62,82	272,5	86,42	269,4	12,83	152,2
<b>Ciselande.1</b>	118,1	469,0	1252,7	10,61	1134,6	3,402	634,3
<b>Ciselande.2</b>	276,5	670,0	1362,0	4,925	1085,5	2,604	632,2
<b>Ciselande.3</b>	66,19	222	373,7	5,646	307,5	2,47	181,9
<b>Ciselande.4</b>	275,7	381,4	634,6	2,302	359	1,423	139,4
<b>Ciselande.5</b>	12,20	60,53	123,5	10,12	111,3	2,426	53,02
<b>Ciselande.6</b>	111,4	285,1	467,6	4,198	356,2	2,127	203,5
<b>Ilon.1</b>	6,392	188,6	407,7	63,78	401,3	5,191	236,5
<b>Ilon.2</b>	2,308	35,81	213,6	92,52	211,3	15,07	109,6
<b>Ilon.3</b>	2,610	44,09	232,8	89,22	230,2	14,58	126,8
<b>Ilon.4</b>	2,075	26,47	155,4	74,87	153,3	11,69	70,06
<b>Ilon.5</b>	1,853	23,70	126,2	68,08	124,3	11,69	57,73
<b>Jaricot.1</b>	13,97	201,4	1232,4	88,23	1218,5	9,484	498,9
<b>Jaricot.2</b>	1,741	13,25	77,66	44,60	75,91	8,665	32,72
<b>Jaricot.3</b>	2,370	20,01	162,1	68,40	159,7	8,739	52,87
<b>Jaricot.4</b>	100,5	253,2	489,5	4,869	388,9	1,912	163,1
<b>Jaricot.5</b>	1,441	8,138	65,52	45,46	64,08	7,263	19,35
<b>Noyer1</b>	10,44	134,3	273,2	26,18	262,8	3,492	147,9
<b>Noyer2</b>	4,207	111,7	326,4	77,57	322,2	8,668	200,1
<b>Noyer3</b>	3,802	59,33	196,7	51,72	192,9	7,325	106,3
<b>Noyer4</b>	1,983	20,87	105,0	52,96	103,0	9,813	50,14
<b>Noyer5</b>	3,732	79,32	250,5	67,11	246,8	9,183	149,7
<b>Platière.1</b>	18,3	228	382,3	20,9	364	1,79	127,5
<b>Platière.2</b>	2,372	35,41	257,5	108,6	255,1	19,74	146,3
<b>Platière.3</b>	20,83	354,4	1031,6	49,52	1010,8	2,864	401,1
<b>Platière.4</b>	2,609	75,39	447,4	171,5	444,8	32,95	286,6
<b>Platière.5</b>	132,9	284,1	396,2	2,982	263,3	1,684	141
<b>Platière.6-Ta1</b>	69,10	218,9	362,4	5,245	293,3	1,977	145,4
<b>Sainte.1</b>	2,311	31,53	171,4	74,20	169,1	10,90	77,24
<b>Sainte.2</b>	4,057	78,92	240,4	59,27	236,4	8,618	145,8
<b>Sainte.3</b>	5,487	106,9	299,2	54,53	293,7	6,292	174,6
<b>Sainte.4</b>	2,026	16,59	147,3	72,72	145,3	11,30	55,87
<b>Sainte.5</b>	21,27	258,2	8623,2	405,4	8601,9	7,98	835,7
<b>Table R.1</b>	1,344	8,059	58,85	43,80	57,50	7,102	17,99
<b>Table R.2</b>	1,311	7,963	49,51	37,77	48,20	6,714	16,55
<b>Table R.3</b>	1,308	7,449	40,58	31,02	39,27	6,269	14,76
<b>Table R.4</b>	1,506	11,04	58,63	38,92	57,12	7,556	23,45
<b>Table R.5</b>	287,6	761,1	5648,2	19,64	5360,6	2,881	801,4

## Analyse des données piézométriques et granulométriques

Les données piézométriques et granulométriques permettent de comprendre la variabilité des conditions hydrauliques et sédimentaires existant au sein des lônes restaurées.

A partir des séries piézométriques, il est ainsi possible de déterminer quel est le débit débordant amont en analysant les données horaires. Les piézomètres ont été installés dans la partie amont des lônes si bien que dans l'heure qui suit le débordement amont, la ligne d'eau remonte brutalement et se cale sur la côte amont du Rhône. Les exemples ci-après permettent de bien visualiser le phénomène (Figure 2.4.3). A ce jour, tous les débits de débordement ont été identifiés soit par l'analyse des piézomètres, soit par des observations de terrain effectuées lors des événements de crue ou des levés topographiques au DGPS des entrées (Tableau 2.4.3).

Dans le cas de Luisettes et de Moiroud, le débit pour lequel la connexion est enregistrée est facile à déterminer. A Moiroud, le débordement est clairement calé à  $660 \text{ m}^3/\text{s}$ . Elle se situe autour de  $330 \text{ m}^3/\text{s}$  dans le cas de Luisettes, celle-ci enregistrant sans doute un deuxième relèvement de la cote amont autour de  $750 \text{ m}^3/\text{s}$  qui peut être s'expliquer par le fait qu'il y ait plusieurs entrées amont. Par contre, Malourdie n'enregistre pas de rupture de pente dans la ligne d'eau au moment du débordement (vers  $640 \text{ m}^3/\text{s}$ ), sans doute parce que le contre-canal l'alimente depuis longtemps et permet un écoulement dans la lône, c'est-à-dire un calage des côtes amont et aval conforme à la pente du Rhône dans le secteur, bien avant ce débordement.

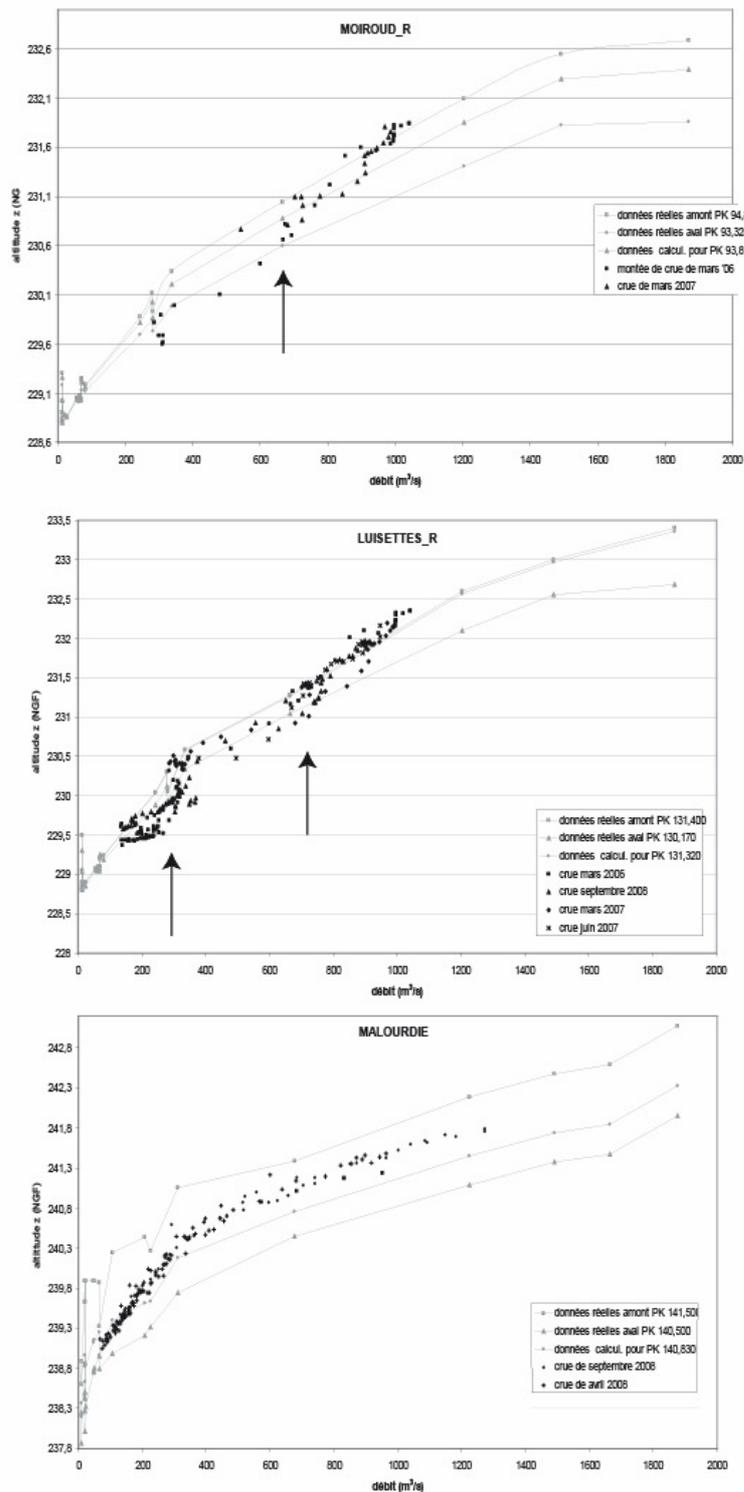


Figure 2.4.3 Relation entre la côte de l'eau dans la lône (respectivement Moiroud, Luisettes et Malourdie) et le débit horaire du Rhône au droit de la lône. Les courbes enveloppes correspondent aux lignes d'eau de la CNR aux entrées amont et aval des lônes. De fait quand la lône est connectée uniquement par l'aval, les points sont théoriquement calés sur la courbe enveloppe basse alors que quand la connexion amont se réalise, ceux-ci se calent sur la courbe haute.

Tableau 2.4.3 Synthèse des données hydrologiques pour les lômes du Haut-Rhône

	abrég.	Δ Altimétrique amont-aval de la lôme (m)	Tx sinuosité long bras mort / long axe principal	Pente du bras (m/m)	Q <sub>déb.</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Nbre d'évén. débordants	contrôle visuel
Malourdie	MAL	0,23	1,18	0,00067	640	4j/08; 2j/07; 5j/06	oui
Brotalet	BRO	0,08	1,15	0,00012	1390	xxx	oui
Luisettes	LUI	1,82 <sup>z</sup>	1,07	0,00069	330	8j/08; 17j/07; 14j/06	oui
Moiroud	MOI	0,10	1,23	0,00015	660	4j/08; 4j/07; 4j/06	oui
Fournier	FOU	0,40	1,17	0,00053			oui
Béard	BEA	0,42	1,20	0,00056	1050	0j/08; 0j/07; 2h/06	non
Lucey	LUC	0,20	1,02	0,00014	70	365j	oui
Anse de							
Yenne	YEN	0,70	1,03	0,00132	70	365j	oui
Chantemerle	CHA	0,03	1,21	0,00006	env. 70	365j	oui
Granges	GRA	0,29	1,05	0,00030	env. 860	7j/08; 1j/07 pour plus de 860m/s	oui
Vachon	VAC	0,76	1,12	0,00085	100	365j	oui
Cerisier	CER	0,61	1,07	0,00065	100	365j	oui
Mattant	MAT	1,32	1,59	0,00121	100	365j	oui
Mollotes	MOL	0,18	1,34	0,00072		<b>pas de données post nov. 07</b>	
Plaine	PLA					<b>pas de données post nov. 07</b>	

Les valeurs granulométriques médianes du tableau 2.4.2 ont été représentées graphiquement afin de mieux visualiser la variabilité intra-lôme. Les lômes du Haut-Rhône représentées de l'amont vers l'aval ainsi que les lômes de Pierre Bénite et de Péage de Roussillon ont été ainsi comparées (Figure 2.4.4). Les RCC ne se distinguent pas les uns des autres mais présentent tous une variabilité inter-lôme forte ce qui souligne que la variabilité fonctionnelle des sections restaurées est bien présente tout au long du continuum rhodanien.

Trois groupes hydrau-géomorphologiques semblent ainsi se manifester :

- les systèmes enregistrant un transport sableux et se caractérisant par des écoulements rapides (YEN, LUI, CIS) avec des médianes variables d'une station à l'autre mais toujours sableuses. A ces systèmes s'ajoutent Mattant et Vachon qui sont également courantes et n'enregistrent aucune sédimentation fine.
- les systèmes enregistrant une grande variabilité granulométrique également mais dont la gamme s'étend du sableux au limoneux (BRO, MOI, LUC, GRA, CER, JAR, TAB). Il s'agit de deux types de lômes, d'une part des lômes assez courantes mais à écoulement globalement lent et d'autre part des lômes connectées enregistrant une sédimentation sableuse à l'entrée aval mais une sédimentation très fine à l'intérieur compte tenu de l'absence d'écoulements (typiquement TAB).
- Les systèmes enregistrant une sédimentation homogène et fonctionnant davantage en décantation tout au long de leur section (MAL, BEA, CHA, MLO, ILO, NOY, SAI, ARC).

Il semble que les granulométries augmentent de l'amont vers l'aval comme le soulignent le décalage des valeurs entre les deux graphiques de la figure 2.4.4 mais cela reste encore à affiner.

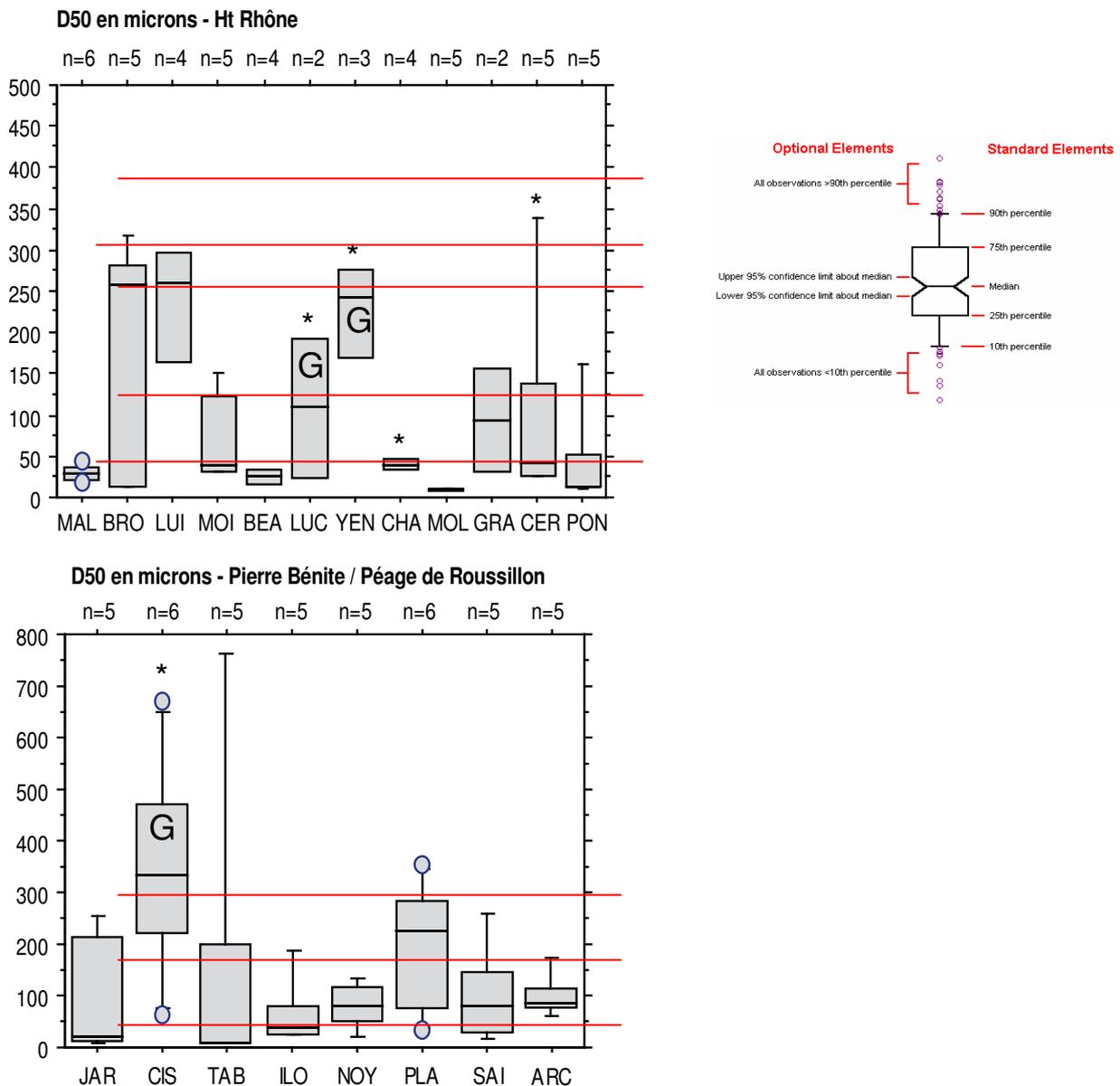


Figure 2.4.4 Boîte à moustache par lône de la médiane granulométrique mesurée sur les 5 placettes permettant d'apprécier la variabilité intra et inter-lônes. Le graphique du haut représente les lônes restaurées du Haut-Rhône, celui du bas de Pierre Bénite et de Péage de Roussillon. Les stations sans sédimentation fine (fond graveleux) n'ont pas été considérées ici. G = lônes présentant localement des fonds graveleux ; \* = bras secondaires (connexion permanente depuis l'amont). Toutes les données sont de 2007. NB : **Vachon et Mattant** ne sont pas représentés car il n'y a pas de sédimentation fine du tout.

### 2.4.3 Bilan multi-sites

Alors que les précédentes analyses ont été centrées sur la sédimentation dans les lônes afin de mieux appréhender leur durée de vie, les résultats acquis cette année permettent de mieux rendre compte de la variabilité des conditions d'habitat.

Les lônes enregistrent ainsi des écoulements plus ou moins fréquents. Certaines sont toujours connectées alors que d'autres, comme Béard, n'ont quasiment pas connu de mise en eau depuis la restauration. Connaissant la pente et la variabilité des hauteurs d'eau dans les bras, il convient maintenant de calculer les forces tractrices afin de mieux préciser le patron hydraulique des lônes.

Dans ce cadre et comme cela a été indiqué dans le paragraphe 2.4.2, le contexte granulométrique permet néanmoins de donner déjà une vision assez claire des conditions de variabilité des habitats existant entre les lônes restaurées (Figure 2.4.4). On voit que la gamme granulométrique est ainsi très étendue dans tous les RCC observés et que des « types hydrau-sédimentaires » se distinguent clairement depuis des bras typiquement de décantation avec des venues plus ou moins sableuses à l'embouchure (Molottes, Table Ronde), jusqu'à des bras à courant actif et caractérisés par des transferts sableux importants (PLA, LUI, YEN, CIS) (Figure 2.4.5). Dans ce cadre, CIS se distingue des autres bras secondaires par une plus grande variabilité des contextes sableux qui s'explique sans doute par son tracé complexe à l'origine de grandes différences de vitesse au sein de la section longitudinale.

De toute évidence, les variations hydrau-sédimentaires ne sont pas corrélées aux fréquences de débordement, des lônes enregistrant une sédimentation limono-argileuse peuvent ainsi être très ou au contraire rarement inondées, ce qui accroît de fait la variabilité des conditions physiques qui sont observées et laisse présager ainsi des résultats intéressants en terme de couplage des données physiques et biologiques et de bio-indication.

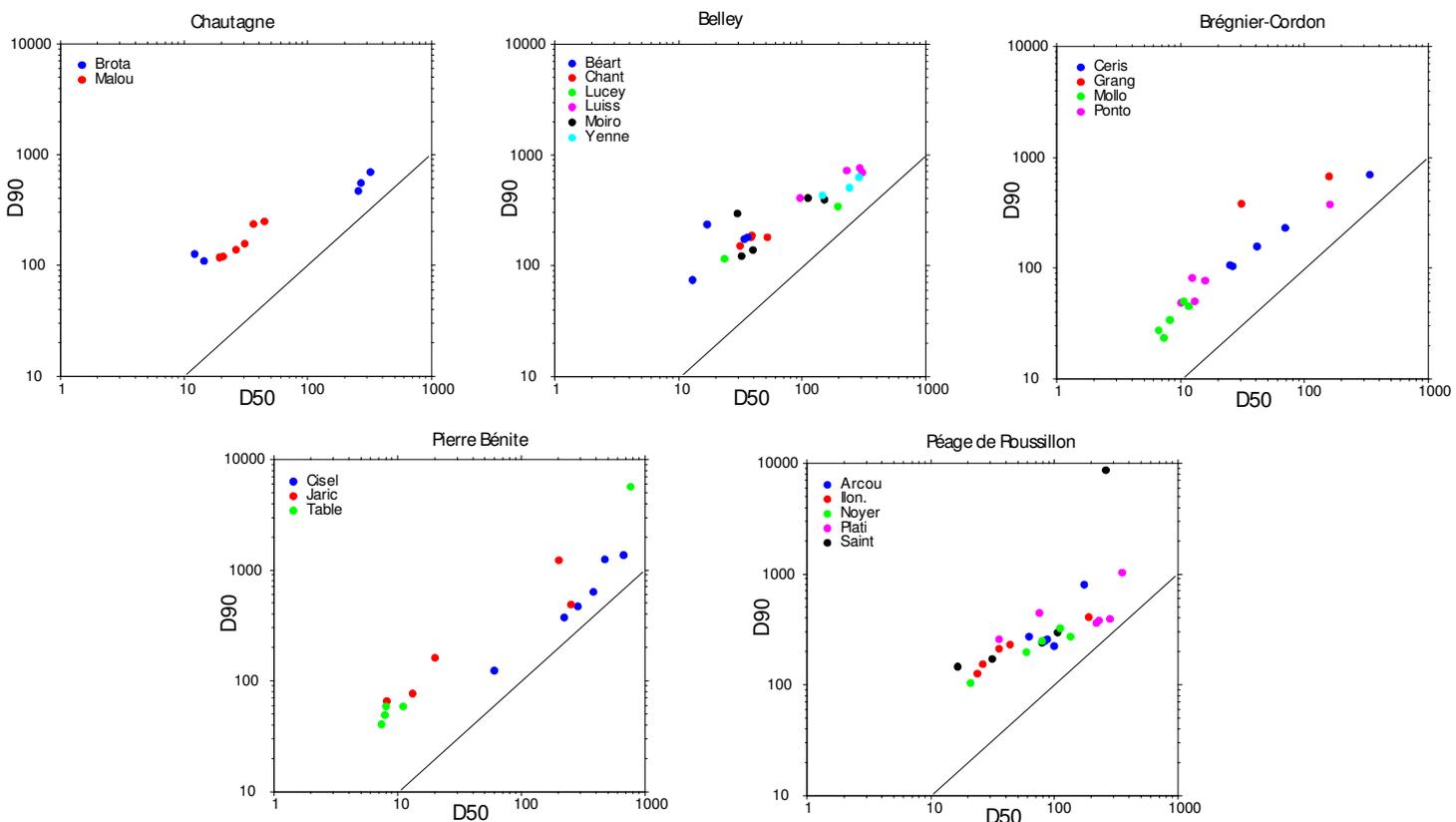


Figure 2.4.5 Relation D50 – D90 des mesures granulométriques en fonction de la position de la station dans une lône et dans un RCC

## **2.5 Les poissons des lônes**

L'objectif principal de la restauration est de re-créer des annexes fluviales dans une plaine alluviale dans laquelle elles ont disparu à la suite de l'endiguement et de l'aménagement hydro-électrique 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...) confèrent à ces milieux des capacités d'accueil pour la reproduction et le grossissement 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.

### **2.5.1 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 une campagne est effectuée annuellement. Une campagne correspond à une pêche électrique de 25 points EPA réalisée en bateau. Les points de pêche sont répartis dans la l  ne.

### **2.5.2 Echantillonnages**

Dix sept lônes ont fait l'objet d'un échantillonnage en 2008 (tableau 2.5.1).

Date	Secteur	Station	Nombre de points
24/09/2008	Chautagne	Lône de la Malourdie	25
25/09/2008		Lône du Brotalet	25
06/10/2008	Belley	Lône des Luisettes	25
06/10/2008		Lône Moiroud	25
06/10/2008		Lône B��ard	25
10/10/2008		Lône Fournier	25
10/10/2008		Anse de Yenne	25
22/08/2008		Brégnier-Cordon	Lône de Chantemerle
02/09/2008	Lône des Granges		25
02/09/2008	Lône Vachon		25
02/09/2008	Lône des Cerisiers		25
24/09/2008	Lône Mattant		25
23/09/2008	Lône des Molottes		25
22/08/2008	Lône du Ponton		25
03/10/2008	Péage de Roussillon		Lone Platière
03/10/2008		Lone Noyé nord	15
03/10/2008		Ilon	10

Tableau 2.5.1 : plan d'échantillonnage des peuplements piscicoles des lônes en 2008.

### **2.5.3 Résultats**

Les résultats bruts des pêches réalisées en 2008 dans les Vieux-Rhône et dans les lônes sont présentés dans l'annexe A.2.5.1.

#### ***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 des 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.

Comme les années précédentes, les effectifs capturés sont relativement faibles (135 individus) et deux espèces dominent : l'épinoche (54% des effectifs) et la loche franche (30%) qui est rencontrée essentiellement la partie amont et courante de la lône.

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 surtout par le développement d'une végétation aquatique abondante, surtout dans sa partie amont. Cette caractéristique associée à une profondeur relativement importante (souvent supérieur à 1.50 m) confère à ce milieu une capacité d'accueil importante pour la faune piscicole.

Douze espèces ont été échantillonnées en 2008, toutes précédemment rencontrées dans cette lône. Par rapport à 2007, les bouvières, abondantes en 2007, sont quasiment absentes en 2008. Le chevaine (57%) et la tanche (19%) sont les deux espèces dominantes. Le brochet, déjà échantillonné en 2006 et 2007, a été capturé en 2008 (juvéniles de l'année). 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 lémitophiles (tanche, rotengle, bouvière).

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 2008 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Lône de la Malourdie	0	1	0	0
Lône du Brotalet	5	23	2	2

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
Lône de la Malourdie	0%	2.8%	8%	0.8%	10%
Lône du Brotalet	7%	26%	17%	12.2%	31%

Le pourcentage calculé reste très faible dans la lône de la Malourdie en raison de son caractère oligotrophe. 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 est plus importante en 2008 que lors des années précédentes.

### *Secteur de Belley*

L'échantillonnage de la faune piscicole a été réalisé dans 5 lônes restaurées du secteur de Belley entre 2005 et 2008.

La Lône des Luisettes a été curée dans sa partie amont qui reçoit une alimentation phréatique (sous-écoulement), la partie aval est constituée par un plan d'eau de grande dimension qui reçoit la Lône Moiroud.

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 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 partie aval communique avec le Vieux-Rhône par un étroit chenal.

La Lône Fournier est alimentée par percolation à travers un banc de galets, les sédiments du fond sont majoritairement grossiers, sauf dans la partie aval, les eaux sont très claires à l'amont.

L'Anse de Yenne a été curée début 2005 et constituait alors un chenal courant alimenté en amont par les eaux du Vieux-Rhône. Rapidement (dès 2006), des sédiments grossiers se sont accumulés à l'entrée du bras, les berges en pente forte ont été fortement érodées et le chenal s'est transformé en une annexe lentique, toujours ouverte à l'amont. De plus, un chenal courant ouvert en rive droite en 2005, a été rapidement comblé et bouché par les sédiments en 2006 et 2007. La campagne de pêche de 2008, comme celle de 2007, a donc été effectuée dans un chenal relativement peu profond (~60 cm) et stagnant.

Le nombre d'espèces échantillonnées dans les lônes varie entre 2 et 11 (A.5.2.1).

Cinq espèces ont été trouvées dans la **Lône des Luisettes**, contre 13 en 2005, 14 en 2006 et 10 en 2007. Les effectifs capturés ont été particulièrement faibles (41 poissons) par rapport aux années précédentes. Les cinq espèces trouvées sont la bouvière, l'épinoche, la tanche, la loche franche et la perche-soleil. Cette lône de grande dimension possède une richesse importante en habitats stagnants et abrite habituellement la plupart des espèces

lenitophiles (tanche, rotengle, bouvière, épinoche). Les faibles effectifs et le petit nombre d'espèces capturées en 2008 sont difficilement interprétables.

Cinq espèces ont également été échantillonnées dans la **Lône Moiroud**. Les effectifs sont deux fois plus importants qu'en 2007 (60 poissons). La bouvière (42%) et l'épinoche (42%) sont les deux espèces les plus abondantes. Comme pour la lône des Luisettes, la très faible richesse spécifique observée en 2008 est difficile à expliquer.

Comme lors des années précédentes, le nombre d'espèces échantillonnées dans la **Lône Béard** est très faible (2) et les effectifs capturés très faibles (12 poissons dont 9 épinoches). La végétation aquatique est très abondante dans cette lône et le substrat est localement constitué de vase anoxique. Ces caractéristiques font de cette annexe fluviale un milieu très peu fréquenté par les poissons.

Dix espèces ont été trouvées dans la **Lône Fournier** avec, comme en 2006 et 2007, des effectifs très faibles (69 ind.). Trois espèces sont un peu plus importantes numériquement que les autres (le chevaine, la loche franche et l'épinoche) la partie amont de la lône est constituée d'une zone assez profonde, alimentée par le sous-écoulement, avec des eaux très limpides, et donc peu propice à l'occupation par les poissons, plus à l'aval la lône se rétrécit fortement pour déboucher dans un chenal plus large et peu profond. Les caractéristiques d'habitat ne semblent pas convenir aux poissons qui ne trouvent ici que très peu d'abris.

**L'Anse de Yenne** est actuellement un milieu lentique dont la richesse en habitats pour les poissons est relativement restreinte. Les effectifs capturés en 2008 sont significativement plus importants que ceux de 2007 (228 contre 89) et ce principalement à cause de captures importantes de chevaines (42% des poissons échantillonnés) et de vandoises (39%). En effet, la lône comporte des bois morts immergés et des excavations sous berge (érosion) qui constituent d'excellents abris pour les poissons de grandes tailles (sub-adultes ou adultes). Parmi les 11 espèces rencontrées en 2008, les goujons représentent 9% des poissons capturés. Depuis sa réhabilitation, cette lône, initialement très courante, 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 abondances brutes des espèces cibles en 2008 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Luisettes	0	6	17	0
Moiroud	0	1	25	0
Béard	0	0	0	0
Fournier	0	0	0	1
Anse de Yenne	1	0	2	0

Les abondances des espèces cibles sont très faibles dans les annexes fluviales de Belley.

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

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

Ces pourcentages sont très variables d'une année à l'autre et doivent être interprétés en tenant compte des faibles effectifs capturés dans certaines lônes. Les futures valeurs observées dans la lône des Luisettes et la lône Moiroud seront très informatives sur les modalités d'évolution de ces deux lônes.

### *Secteur de Brégnier-Cordon*

Les lônes suivies ont des caractéristiques morphologiques et hydrauliques différentes.

La Lône de Chantemerle située en aval de la restitution de l'aménagement de Belley est alimentée par l'amont et présente sur la majeure partie de son cours un faciès lentique avec des berges limoneuses et très peu de végétation aquatique. 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 elle n'abrite plus depuis 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.

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 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 ( $\approx 600\mu\text{S}/\text{cm}$ ) par rapport aux eaux du Rhône ( $\approx 300\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

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).

Le nombre d'espèces échantillonnées (entre 2 et 15) dans les lônes est très variable d'une lône à l'autre (annexe A.5.2.1.) et la Lône des Molottes (15 espèces) et celle du Ponton (13 espèces) présentent les richesses spécifiques les plus élevées.

Stations	Abondance/25 E.P.A.	Nb esp. ces
L <sup>TM</sup> ne de Chantemerle	25	5
L <sup>TM</sup> ne des Granges	5	4
L <sup>TM</sup> ne Vachon	6	2
L <sup>TM</sup> ne des Cerisiers	22	9
L <sup>TM</sup> ne des Molottes	411	15
L <sup>TM</sup> ne Mattant	31	7
L <sup>TM</sup> ne du Ponton	632	13

Tableau 2.5.2 : Effectifs échantillonnés pour 25 E.P.A. et nombre d'espèces dans chacune des lônes de Brégnier-Cordon en 2008.

Les effectifs et la richesse spécifique enregistrés en 2008 dans la **Lône de Chantemerle** sont les plus faibles depuis 2006. Cinq espèces, gardon (44%), perche commune (28%), chevaine (20%), brochet (1 individu) et ablette (1 individu), ont été échantillonnées.

Seuls cinq chevaines et un barbeau fluviatile ont été échantillonnés dans la **Lône Vachon**, ce qui confirme les résultats des pêches réalisées dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon en 2008 (très faibles effectifs). Il est difficile d'identifier une cause particulière pour expliquer ces résultats médiocres, si ce n'est les variations du débit réservé pendant la période post-estivale (gestion de l'usine de Brégnier-Cordon).

Contrairement aux deux années antérieures, le nombre de poissons capturés et la richesse spécifique sont particulièrement faibles en 2008 dans la **Lône Mattant**. Toutefois les espèces rencontrées attestent du caractère courant de ce bras secondaire du Rhône : truite fario, spirin, barbeau fluviatile et chabot.

De même, l'échantillonnage réalisé dans la **Lône des Granges** n'a abouti qu'à la capture de 5 individus appartenant à 4 espèces (chevaine, tanche, loche franche et épinoche). Cette relative pauvreté par rapport aux résultats des pêches de 2006 et 2007 est, la aussi, difficilement interprétable.

Les résultats obtenus lors de la pêche réalisée dans la **Lône des Cerisiers** ont également un caractère exceptionnel puisque seulement 22 poissons appartenant à 9 espèces ont été capturés (contre 425 ind. et 13 espèces en 2006 et 248 ind. et 15 espèces en 2007). Chevaine (23% des effectifs) et goujon (36%) sont les deux espèces dominantes.

En revanche, les échantillonnages réalisés dans la **Lône des Molottes** et dans la **Lône du Ponton** confirment ceux des années précédentes : la richesse spécifique est relativement élevée (15 espèces dans la Lône de Molottes et 13 dans celle du Ponton, les effectifs capturés sont importants, 411 poissons dans la Lône des Molottes et 632 dans celle du Ponton). Deux espèces dominant dans la Lône des Molottes, le chevaine (51%) et la bouvière (27%), les autres espèces sont nettement moins abondantes. Dans la Lône du Ponton, l'ablette représente 38% des captures, le chevaine 21%, la brème commune 10% et la brème bordelière 7%. Les fréquences des différentes espèces sont légèrement mieux équilibrées que dans la Lône des Molottes (figure 5.2.1).

Ces deux lônes constituent des milieux propices à la reproduction et à la croissance des juvéniles de nombreuses espèces (96% des effectifs capturés sont des juvéniles de l'année dans la Lône des Molottes et 97% dans celle du Ponton).

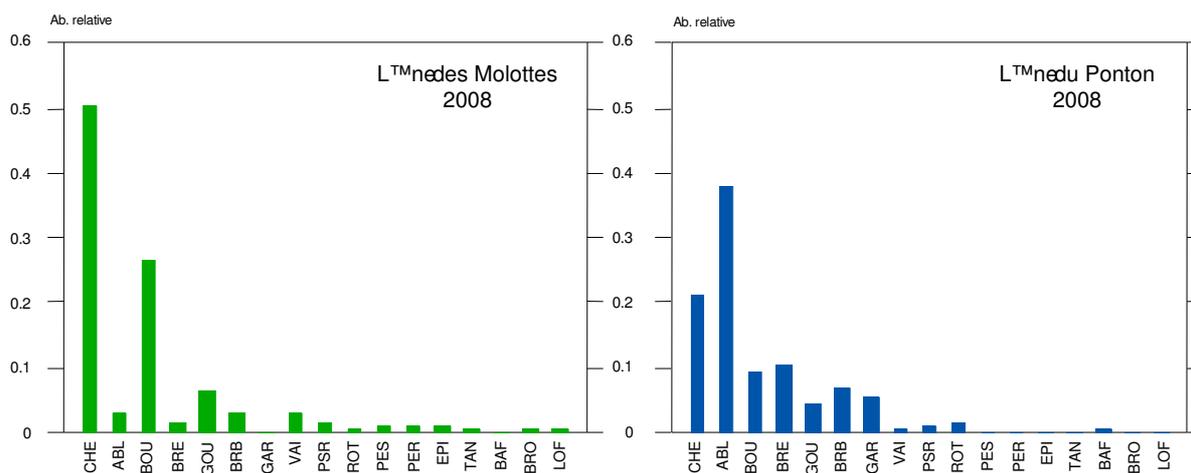


Figure 5.2.1. : abondances relatives des 17 espèces rencontrées dans les lônes des Molottes et du Ponton en 2008.

Les abondances brutes des espèces cibles en 2008 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Chantemerle	0	0	0	1
Granges	0	1	0	0
Vachon	0	0	0	0
Cerisers	0	1	0	0
Mattant	0	0	0	0
Molottes	2	2	109	1
Ponton	10	0	60	1

Ces valeurs mettent en évidence les différences entre les lônes fermées à l'amont et relativement profondes (Molottes et Ponton) et les autres.

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

Lônes	2006	2007	2008
Chantemerle	15%	25%	80%
Granges	45%	20%	20%
Vachon	19%	12%	0%
Cerisers	5%	21%	14%
Mattant	16%	3%	3%
Molottes	54%	43%	11%
Ponton	61%	24%	64%

Ces pourcentages sont variables d'une année à l'autre mais restent importants dans les lônes des Molottes, Ponton, Granges et Cerisers dont les caractéristiques d'habitat et en particulier la présence de macrophytes et de bois morts sont favorables aux espèces phytophiles et phyto-lithophiles.

### ***Secteur de Péage-de-Roussillon.***

Les pêches réalisées en 2008, comme celle de 2007, s'inscrivent dans 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 et 2008. L'effort d'échantillonnage a été calibré en fonction de la superficie des différentes lônes. Le nombre d'espèces et les effectifs capturés sont très voisins de ceux de 2007 pour la Lône de la Platière et pour le Bras du Noyer Nord. En revanche, ils sont très différents dans la Lône de l'Ilon par rapport à ceux de 2007.

Les données brutes sont présentées en annexe A.5.2.1.

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. 15 espèces ont été échantillonnées, le gardon est l'espèce dominante (53% des effectifs), suivi de l'ablette (15%). Les abondances relatives de chacune des autres espèces représentent moins de 10%. Parmi les espèces capturées, on notera la présence de l'anguille, du brochet, du sandre, du silure et du rotengle. Les mouilles profondes sont très riches en bancs de poissons (vus mais non-échantillonnés).

La **Lône du Noyé Nord** est également très riche en poissons (128 individus appartenant à 11 espèces), le gardon (40% des effectifs) et le goujon (378%) sont les deux espèces dominantes, le chevaine (11%) est également bien représenté. Contrairement aux observations de 2007, le hotu (et en particulier les classes de tailles intermédiaires) n'a pas été échantillonné (variabilité inter-annuelle reflétant le caractère inconstant de la fréquentation des habitats par les poissons).

Les résultats de l'échantillonnage de la **Lône de l'Ilon** contrastent avec ceux obtenus en 2007 : 260 poissons (contre 5 en 2007) et 13 espèces (contre 4 en 2007). La bouvière, espèce protégée, représente 60 % des poissons capturés et le pseudorasbora (espèce introduite) 11%.

Comme en 2007, les poissons échantillonnés appartiennent à plusieurs classes d'âge, ce qui témoigne du fonctionnement des populations dans ces milieux. Dans ces trois annexes, les juvéniles de l'année représentent 60% des effectifs capturés. Les proportions de juvéniles sont variables d'une lône à l'autre et d'une espèce à l'autre : par exemple pour le gardon, cette proportion est de 70% dans la Platière, 92% dans le Noyer Nord et 4% dans l'Ilon, pour le goujon, elle est de 24% dans la Platière, 13% dans le Noyer Nord et de 72% dans l'Ilon, pour l'ablette elle varie de 81% dans la Platière à 100% dans l'Ilon.

#### **2.5.4 Bilan multi-sites**

La représentation de quelques paramètres simples (effectifs capturés, pourcentages de juvéniles de l'année, pourcentages d'espèces litho-phytophiles et phytophiles) mesurés dans chacune des lônes échantillonnées permet de les comparer (figure 5.2.2). Le premier graphe (figure) montre que 7 des lônes suivies sont particulièrement bien fréquentées par les poissons. Dans la majorité des sites, les poissons échantillonnés sont des juvéniles de l'année, mettant en lumière le rôle de site de reproduction et de grossissement de ces milieux pour les espèces rencontrées (deuxième graphe de la figure). Dans la majorité des cas, et en particulier pour les annexes dans lesquelles les effectifs échantillonnés sont les plus importants, les espèces rencontrées appartiennent à des guildes de reproduction (litho-phytophiles et phytophiles) pour lesquelles la présence de végétation est indispensable au moment de la ponte. Les annexes fluviales sont également des sites dans lesquels la production primaire et la production secondaire sont plus importantes que dans le chenal principal, offrant 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.

Ainsi, les annexes fluviales offrent-elles 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).

La comparaison du contenu faunistique des annexes fluviales entre elles et avec la faune des chenaux courants dans les mêmes secteurs fournit une vision plus complète par secteur aménagé (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon etc...) de la composition faunistique des peuplements et des différences entre chenaux lotiques (Vieux-Rhône) et annexes fluviales (figure 5.2.3). Les données (cercles représentent les abondances moyennes calculées sur le nombre de campagnes d'échantillonnage post-restauration et exprimées en  $\log(Ab+1)$ ) montrent que les annexes abritent généralement des densités importantes (souvent des juvéniles de l'année, cf. plus haut) et que certaines d'entre elles, même quelques saisons après restauration (temps de réponse court) abritent des espèces caractéristiques (tanche, rotengle, brème, bouvière, brochet etc...) et présentent des densités de juvéniles très fortes. (cas des lônes de la Platière, du Brotalet, du Ponton et des Molottes).

L'ensemble des lônes échantillonnées présente donc des caractéristiques piscicoles différentes. Deux principaux facteurs expliquent ces différences : 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, lône de la Platière) 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 litho-phytophiles) et à la croissance des juvéniles. L'évolution de la sédimentation dans ces annexes restaurées est un facteur clef déterminant la qualité et la diversité des habitats dans les lônes restaurées. L'analyse de l'évolution post-restauration permet de mettre en évidence des différences de qualité écologique entre les lônes et leur influence sur la fréquentation par les poissons. La variabilité inter-annuelle reste néanmoins importante (cf. résultats des pêches 2008 dans la plupart des lônes de Brégnier-Cordon) et seule une analyse des données collectées sur le moyen terme permet de caractériser les grandes tendances d'évolution. La poursuite de l'échantillonnage de l'ensemble de ces annexes et de celles qui seront réhabilitées ultérieurement fournira des données concernant les modalités d'utilisation de ces habitats par les poissons sur un gradient de connectivité et d'alimentation phréatique.

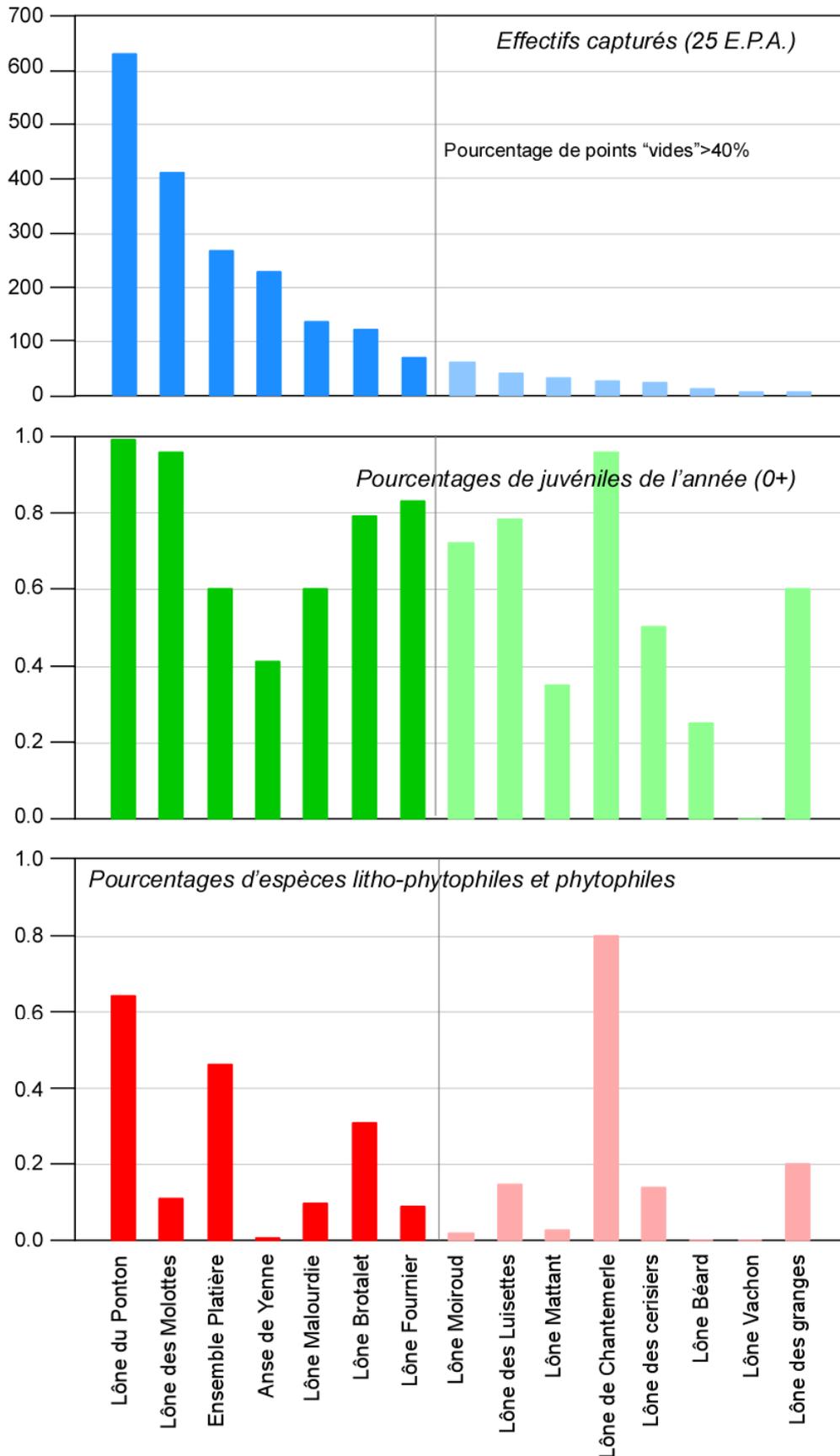


Figure 5.2.2. : Abondances absolues, pourcentages de juvéniles de l'année et proportions d'espèces litho-phytophiles et phytophiles dans les lônes échantillonnées en 2008.

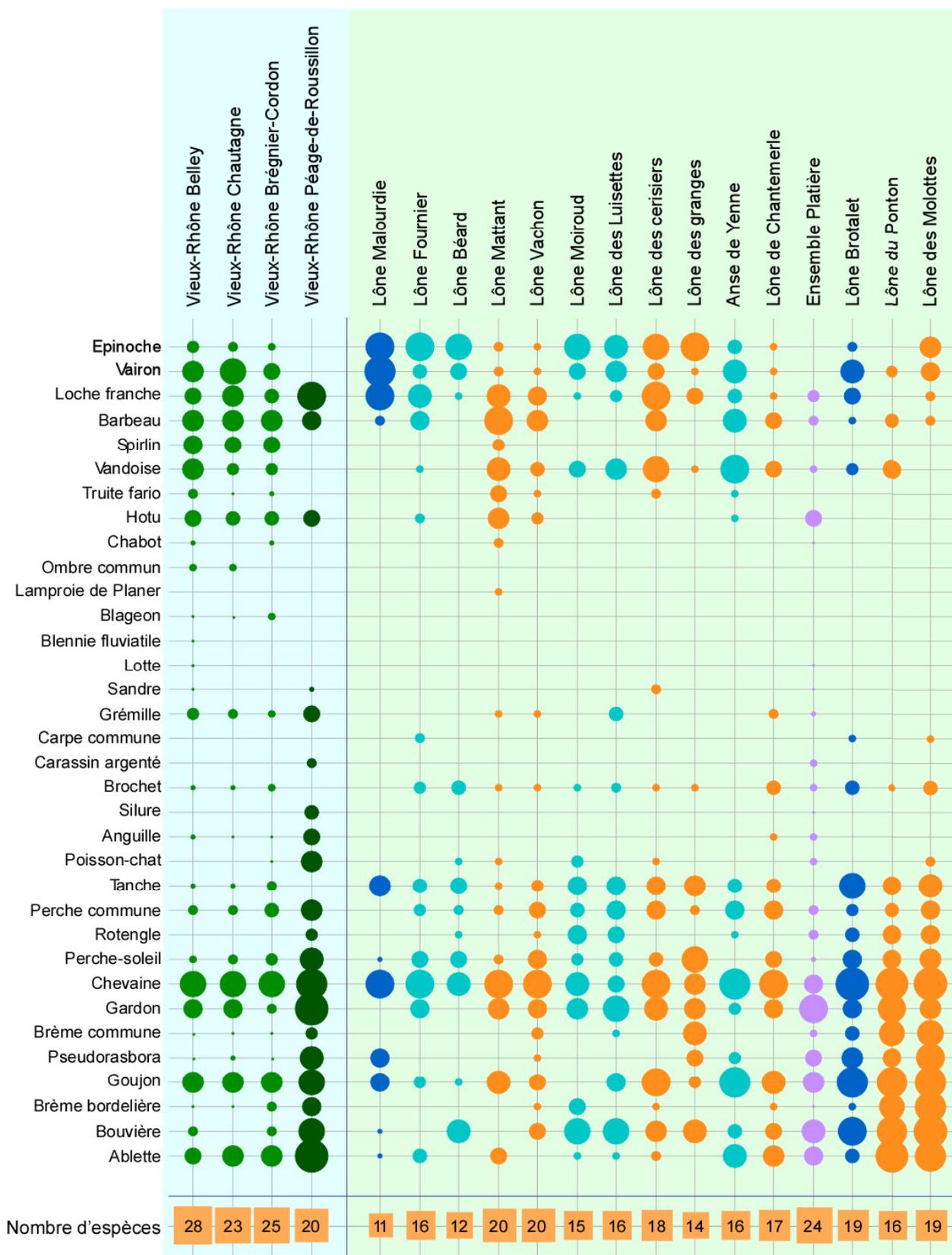


Figure 5.2.3. : abondances moyennes calculées sur le nombre de campagnes d'échantillonnage post-restauration (exprimées en  $\log(Ab+1)$ ) dans les Vieux Rhône et dans les lônes suivies.

## **2.6 Les invertébrés des lônes**

### **2.6.1 Objectifs et méthodologie**

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

Les macroinvertébrés accomplissent des fonctions primordiales (et qui leur sont propres) dans la fragmentation et la décomposition de la matière organique. Par des modifications du régime hydraulique ou de la ripisylve, les travaux de restauration projetés sur le Rhône entraînent potentiellement des modifications quantitatives et/ou qualitatives de cette ressource. Les peuplements de macroinvertébrés reflètent en outre la productivité des milieux, et sont un maillon important du réseau trophique, particulièrement pour les poissons.

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) aux semi-aquatiques. Ils fournissent donc une « vision de site » et permettent entre autre de diagnostiquer les conséquences biotiques des modifications de communication entre les lônes et le chenal principal.

Le protocole d'échantillonnage des invertébrés dans les lônes comprend deux campagnes par lône (printemps et été). Ces deux campagnes peuvent avoir été effectuées au cours de la même année civile ou sur deux années consécutives. Au niveau spatial, deux stations sont échantillonnées dans chaque lône : une station "amont" et une station "aval". Dans le cas d'une lône de type parapotamique déconnectée à l'amont et connectée au Rhône à l'aval, la station amont est généralement située dans une mouille et la station aval à proximité de la connexion avec le fleuve, ainsi se trouvent couvertes les deux extrémités du gradient de conditions qui se rencontrent typiquement dans ces milieux. La création, lors de la restauration, de nouveaux milieux aquatiques, courants ou stagnants, dans des tronçons non en eau permanente, a motivé la désignation, de quelques stations supplémentaires là où l'intérêt d'un suivi était manifeste. Ainsi, certaines lônes comportent trois stations dans la phase de suivi post-restauration. Par ailleurs, il s'est avéré nécessaire de suivre également du point de vue faunistique quelques lônes "témoins", non affectées directement par des travaux de restauration (hormis l'augmentation des débits réservés). Elles permettront de mieux caractériser les changements de communauté dans les lônes restaurées, particulièrement dans le contexte de la colonisation par les espèces non-indigènes.

A l'intérieur de chaque station, un tronçon de 30 mètres (selon l'axe amont-aval de la lône) est choisi pour la description de l'habitat et pour l'échantillonnage de la macrofaune aquatique. A l'intérieur de chaque tronçon de 30 m, 4 points de prélèvement sont tirés au hasard. En chacun des 4 points une description de la structure de l'habitat est effectuée à l'intérieur d'un quadrat de 50 x 50cm. La macrofaune aquatique est échantillonnée de la façon la plus exhaustive possible à l'époussette (ouverture voisine de 15 x 12cm, vide de maille de 0.5 mm) à l'intérieur du quadrat. Les échantillons sont effectués à pied ou en bateau gonflable léger selon l'accessibilité et la profondeur d'eau.

La fréquence d'échantillonnage recommandée est d'une campagne (deux saisons) pré-restauration réalisée au minimum un an avant restauration et des campagnes de suivi post-restauration tous les deux ans, commençant au moins deux ans après la restauration.

## 2.6.2 Echantillonnages

En 2008 ont été réalisées la première campagne de prélèvements post-restauration à Brégnier-Cordon (11 lônes, printemps et été) ainsi que la seconde partie (printemps) de la campagne de prélèvements pré-restauration à Péage-de-Roussillon (4 lônes) (Figure 2.6.1 et tableau 2.6.1). Les conditions hydrologiques de Juillet ont contraint de reporter l'échantillonnage de la lône Vachon à début septembre.

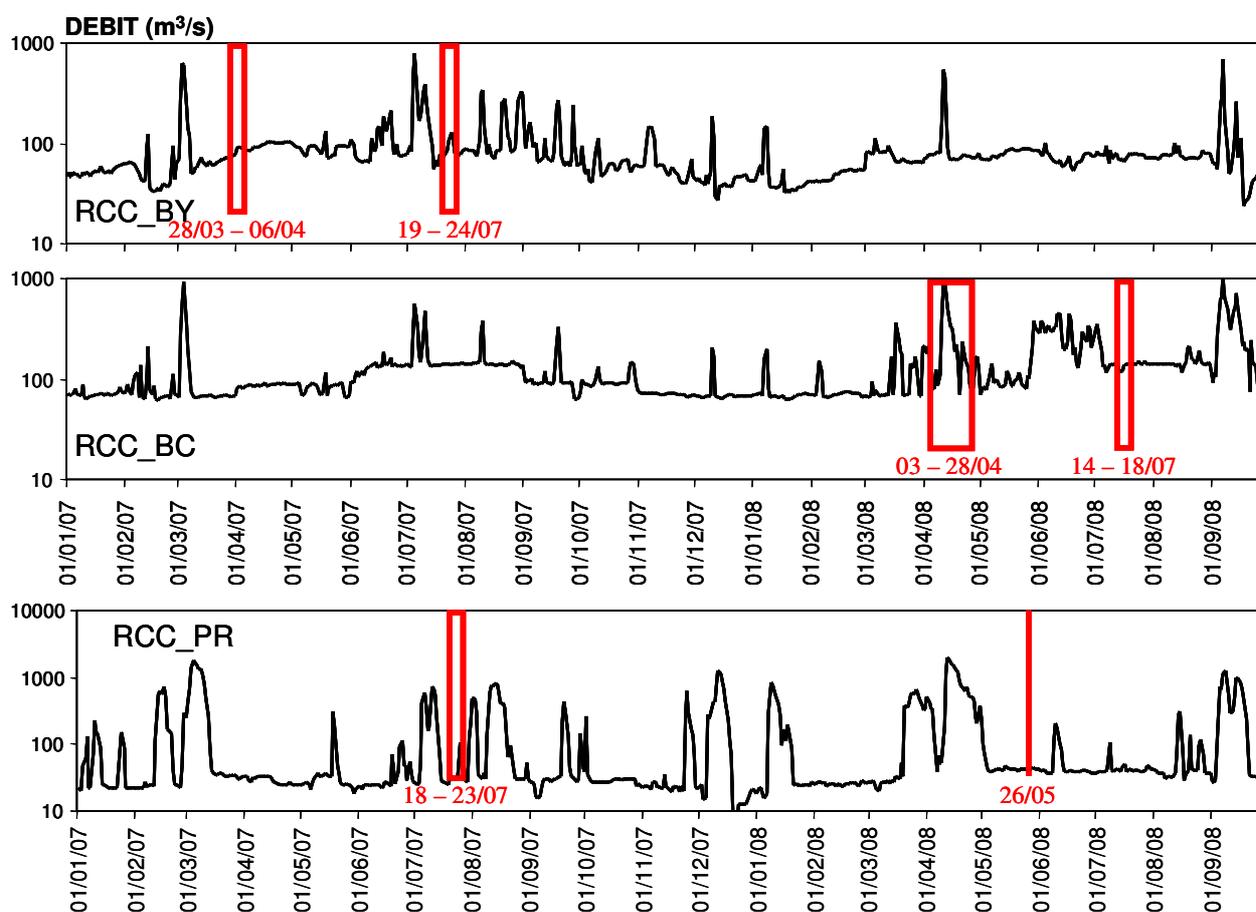


Figure 2.6.1 Positionnement des campagnes d'échantillonnage 2007-08 de la macrofaune des lônes dans les secteurs de Belley, Brégnier-Cordon et Péage-de-Roussillon, sur l'hydrographe des RCC correspondants

<b>lône</b>		<b>Pré- restauration, printemps</b>	<b>Pré- restauration, été</b>	<b>Post- restauration, printemps</b>	<b>Post- restauration, été</b>
<b>Belley</b>					
Béard	BEAR	01.04.2004	22.07.2003	06.04.2007	20.07.2007
Chantemerle	CHAN	29.03.2004	20.07.2004	28.03&05.04.2007	20.07&23.08.2007
Fournier	FOUR	01.04.2004	22.07.2003	05.04.2007	23.08.2007
Luisettes	LUIS	01.04.2004	22.07.2003	05&06.04.2007	20&24.07.2007
Moiroud	MOIR	01.04.2004	22.07.2003	06.04.2007	19,20&24.07.2007
En l'île	ENIL	29.03.2004	21.07.2003	28.03.2007	20.07.2007
Lucey	LUCE	29.03.2004	21.07.2003	28.03.2007	20.07&23.08.2007
<b>Brégnier-Cordon</b>					
Granges	GRAN	13.04.2005	20.07.2004	03.04.2008	16.07.2008
Molottes	MOLO	12.04.2005	18&20.07.2004	18&25.04.2008	17&18.07.2008
Plaine	PLAI	13.04.2005	17&19.07.2004	28.04.2008	15.07.2008
Ponton	PONT	13.04.2005	19.07.2004	28.04.2008	15.07.2008
Mathan	MATH	02.04.2004	23.07.2003	25.04.2008	18.07.2008
Vachon	VACH	02.04.2004	23.07.2003	06.05.2008	03.09.2008
Tonkin <sup>1</sup>	TONK	25.04.2006	18.07.2006	18&25.04.2008	17&18.07.2008
Rossillon <sup>1</sup>	ROSS	15.04.2003	02.07.2003	03&23.04.2008	14.07.2008
Mortier <sup>1</sup>	MORT	15.04.2003	01.07.2003	23.04.2008	14.07.2008
Vieille Lône <sup>1</sup>	VILO	07.04.2005	14.07.2005	03.04.2008	15&16.07.2008
Creu de Bleu <sup>1</sup>	CRBL	14.04.2003	02.07.2003	18.04.2008	17.07.2008
<b>Péage-de- Roussillon</b>					
Platières	PLAT	26.05.2008	18&23.07.2007		
Noyer Nord	NOYN	26.05.2008	19.07.2007		
Ilon	ILON	26.05.2008	23.07.2007		
Sainte	SAIN	26.05.2008	23.07.2007		

Tableau 2.6.1 - Les 22 lônes échantillonnées pour les invertébrés aquatiques. <sup>1</sup>:Lônes dites "de référence", non modifiées lors de la restauration et incorporées dans le suivi à titre de témoins ou en raison de la présence du gastéropode *Anisus vorticulus*, espèce de la Directive Habitats (ROSS, VILO, CRBL).

### **2.6.3 Résultats : les communautés de macroinvertébrés de cinq lônes après restauration (Belley, 2007).**

A la fin de l'année 2008, 22 lônes ont été échantillonnées pour les invertébrés dans le cadre de ce programme (tableau 2.6.1).

Les résultats des états pré-restauration de Belley et de Brégnier-Cordon ont été présentés séparément dans les rapports d'état initial de ces deux secteurs, respectivement en 2004 et 2005. Les données issues des deux secteurs ont été analysées conjointement et utilisées pour construire des modèles prédictifs de la variation des métriques faunistiques en fonction de variables de milieu affectées par les opérations de restauration. Ces analyses portant sur des données pré-restauration figurent dans un rapport de juillet 2007 et constituent le seul bilan multi-site disponible à ce jour. Par ailleurs, trois publications ont été réalisées sur la base de l'état initial des peuplements d'invertébrés des lônes de Belley et Brégnier-Cordon (Paillex et al. 2007 ; 2009 ; Carron et al. 2007).

L'année 2008 a permis l'analyse des premières données post-restauration concernant 5 lônes du secteur de Belley. Ces résultats sont présentés ci-dessous. Les tris et déterminations des prélèvements réalisés en 2008 dans les lônes de Brégnier-Cordon sont en cours. Ils permettront de réaliser un bilan multi-sites (Belley et Brégnier-Cordon) post-restauration pour le printemps 2009.

#### *2.6.3.1. Calcul des métriques et analyse des données*

Douze métriques ont été retenues pour décrire l'état des communautés de macroinvertébrés aquatiques dans les lônes et leurs changements. Le présent rapport rend compte des métriques basées sur les richesses taxonomiques, la composition des communautés et le statut 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
- (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).

Deux métriques ont été consacrées à singulariser parmi les taxons échantillonnés, ceux possédant un statut de protection ou de menace (espèces "patrimoniales") et ceux pouvant être considérés comme exogènes au bassin du Rhône.

- (4) le pourcentage d'espèces à potentiel "patrimonial" a été calculé par rapport au nombre de taxons déterminés majoritairement à l'espèce ou au genre (macrocrustacés, mollusques, insectes non diptères). Parmi les groupes de macroinvertébrés considérés, seuls les Odonates et les mollusques bivalves disposent d'une liste d'espèces protégées au niveau français et européen (<http://www.mnhn.fr/mnhn/bimm/protection/fr/main.htm>). Nous avons choisi d'utiliser les informations disponibles pour des territoires proches (la Suisse du Sud : Duelli, 1994 et le Baden-Württemberg : Jedicke, 1997) afin de mettre en évidence l'occurrence dans le secteur d'étude de taxons menacés dans ces pays limitrophes. Ont été considérées comme à potentiel "patrimonial" des espèces rentrant dans les catégories 1 (en danger d'extinction) ou 2 (très menacées) dans l'une ou l'autre des deux listes citées. En l'absence d'informations plus complètes pour la France, ces informations sont à considérer à titre indicatif.
- (5) le pourcentage d'individus appartenant à des espèces exogènes au bassin rhodanien a été calculé par rapport à l'abondance totale dans les relevés. Ces espèces considérées comme invasives récentes appartiennent majoritairement aux groupes des macrocrustacés (amphipodes, décapodes) et des mollusques, bivalves ou gastéropodes.

Sauf en cas d'indication contraire, les calculs ont été effectués au niveau des sites ou des lônes (regroupement des deux sites amont et aval par lône) en amalgamant les résultats des deux saisons d'échantillonnage pour une même situation (pré- ou post-restauration).

Des tests non-paramétriques (Wilcoxon) ont été utilisés pour comparer des lots de valeurs entre sites ou entre situations (pré- vs. post-restauration). Des analyses factorielles des correspondances inter-classes (Dolédec & Chessel, 1987, 1989) ont été utilisées pour 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).

### 2.6.3.2. Résultats.

#### Abondance des macroinvertébrés.

Les densités d'invertébrés par sites montrent globalement des valeurs plus élevées après restauration (Fig. 2.6.2). La médiane des densités par quadrat pour l'ensemble des sites est de 1336 ind/m<sup>2</sup> avant restauration et de 2240 ind/m<sup>2</sup> après restauration (sites N non compris). Cette différence est significative (Wilcoxon, p=0.001), de même que la différence des densités médianes par site entre les deux situations (Wilcoxon apparié, p=0.02). Les augmentations de densité les plus notables ont lieu dans les sites amont et aval de la lône de

Béard. Deux des trois sites nouvellement créés (à Béard et Moiroud) se placent parmi les sites où la faune est la plus dense.

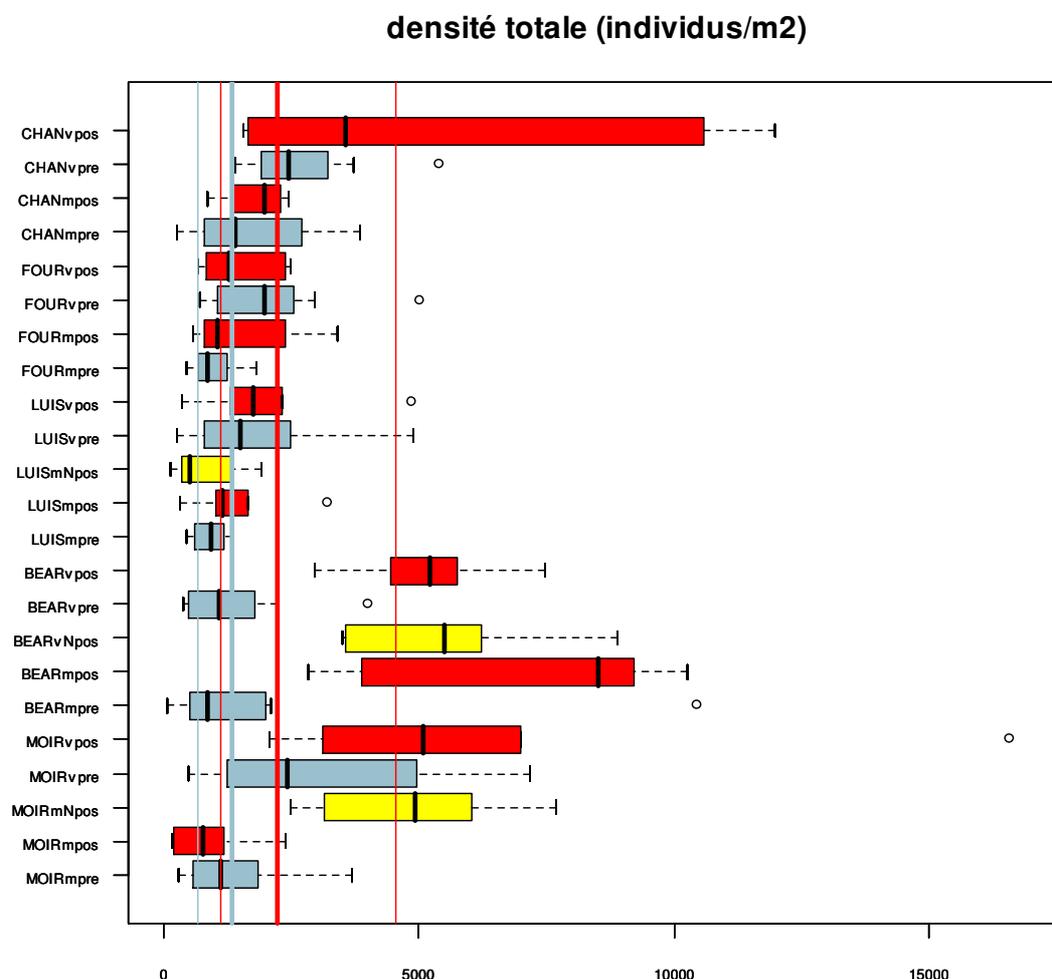


Figure 2.6.2 – Densités de macroinvertébrés par site. Les boîtes horizontales représentent l'intervalle inter-quartile (Q25-Q75) autour de la médiane des valeurs individuelles par quadrat. Les moustaches supérieures et inférieures indiquent les valeurs  $Q75+1.5(Q75-Q25)$  et  $Q25-1.5(Q75-Q25)$  au delà desquelles se situent les valeurs marginales. Les lignes verticales représentent les médianes et l'intervalle interquartile des valeurs pré- et post-restauration (sites N non compris). Bleu : pré-restauration, rouge : post-restauration, jaune : sites nouvellement créés (N).

### Composition des peuplements.

L'analyse de la similarité des échantillons de macrofaune par des analyses factorielles des correspondances inter-classes montre que la forte structuration des peuplements selon le gradient de connectivité avec le fleuve se maintient après restauration (Figure 2.6.3). La similarité relative des communautés entre lônes est très voisine aux deux périodes d'étude. Les différences de composition faunistique entre lônes (13% de la variabilité totale,  $p=10^{-4}$ ) sont quantitativement plus importantes que la différence entre les deux périodes d'étude qui est faible mais cependant significative (3% de la variabilité totale,  $p=10^{-4}$ ).

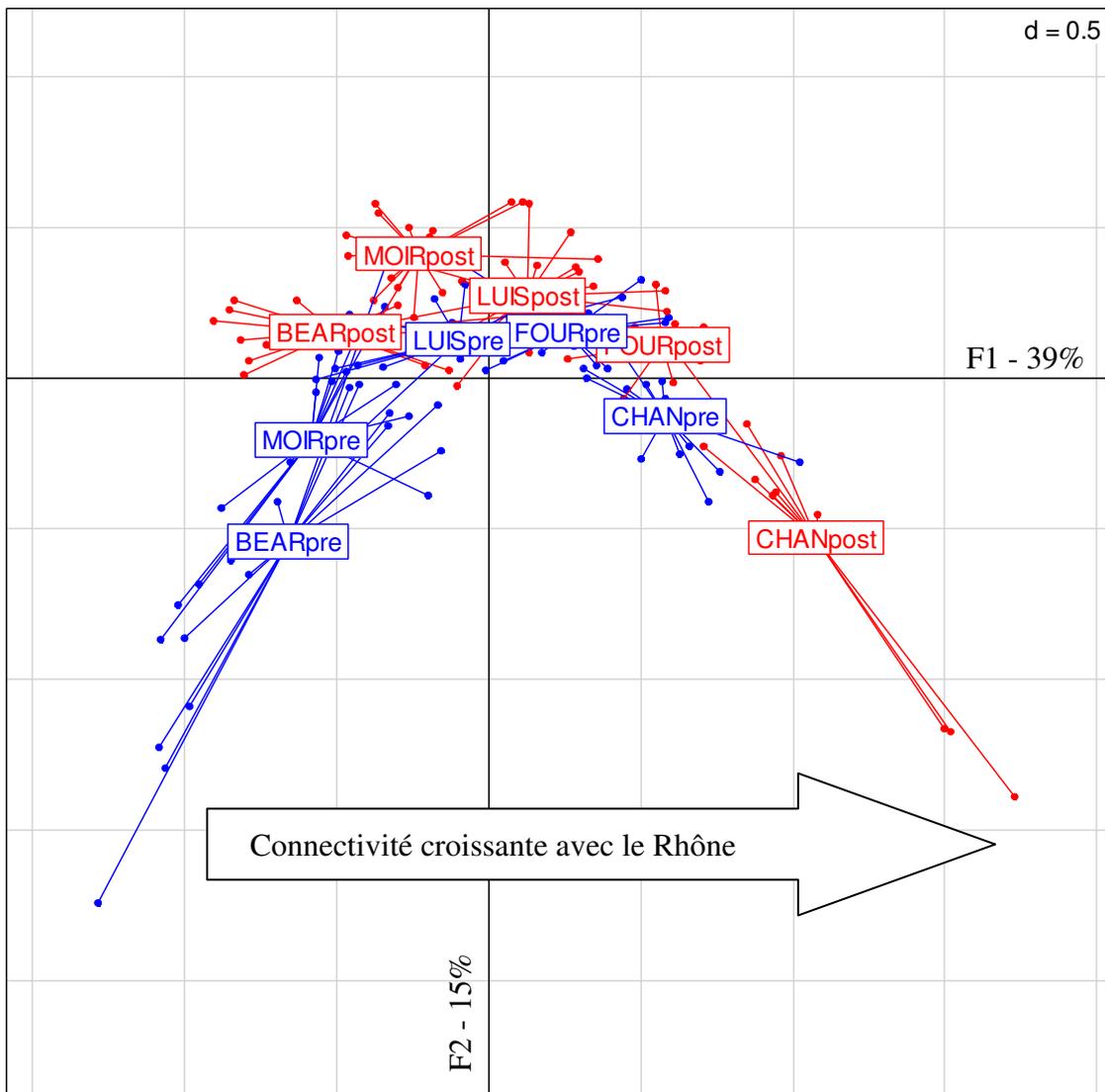


Figure 2.6.3 – Ordination des échantillons de macrofaune de cinq lônes du secteur de Belley par une analyses factorielles des correspondances inter-lônes\**période* (128 taxons présents dans plus de deux des 158 échantillons élémentaires). Bleu : échantillons pré-restauration (2003-04), Rouge : échantillons post-restauration (2007).

Il est remarquable d’observer que la faune traduit par ailleurs un décalage assez homogène des cinq lônes en direction du pôle de connectivité maximale avec le fleuve (droite du plan factoriel, Fig. 2.6.3). Toutefois, une analyse plus détaillée des communautés pré- et post-restauration dans chaque site montre que, dans plusieurs cas, des changements importants sont manifestes et qu’ils affectent autant les sites restaurés et non restaurés.

Les tableaux qui suivent fournissent le détail par lône et par site des abondances (moyennes par sites exprimées en individus/m<sup>2</sup>) pour les taxons présents dans plus de deux échantillons élémentaires et appartenant à une sélection de groupes taxonomiques (Crustacés, Mollusques, Insectes Coléoptères, Epheméroptères, Odonates et Trichoptères). Les taxons grisés sont des espèces non-indigènes pour le Haut-Rhône, les sites nouvellement créés (N) sont indiqués en jaune.

#### Lône Béard (Tabl. 2.6.2).

Le site BEARm était le seul exempt d'espèces non-indigènes avant restauration. La communauté des mollusques gastéropodes est maintenant envahie par *Gyraulus parvus* (plus de 450 ind/m<sup>2</sup>) et *Physella acuta/heterostropha*. Dans les deux sites aval, trois espèces non-indigènes ont été échantillonnées après restauration (*Crangonyx pseudogracilis*, *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*) et l'abondance de *Potamopyrgus antipodarum* augmente. En parallèle à cette évolution, les communautés d'insectes montrent un changement notable: la riche faune de coléoptères de la mouille amont est considérablement réduite. Des taxons comme *Noterus clavicornis*, *Anacaena bipustulata*, *Helochaeres* sp., *Hydroporus* sp., ne sont pas retrouvés. A l'inverse, les cortèges d'odonates et de trichoptères s'enrichissent de façon notable tant dans le site amont qu'à l'aval (25 taxons présents après restauration pour ces deux groupes, contre 8 en 2003-04)<sup>1</sup>.

#### Lône Moiroud (Tabl. 2.6.3).

Comme dans Béard, l'expansion des espèces non-indigènes est notable : *C. pseudogracilis*, *C. fluminea*, *D. polymorpha*, *P. antipodarum* sont échantillonnés en 2007 ; *G. parvus* et *P. acuta/heterostropha* atteignent de fortes abondances (plus de 400 ind/m<sup>2</sup> dans le site nouvellement créé et à l'aval, respectivement). Dans les deux sites amont (MOIRm et MOIRmN), des coléoptères comme *Stictotarsus duodecimpustulatus*, *Elmis*, *Bidessus* et *Esolus*, traduisent en 2007 un caractère plus lotique et l'influence temporaire des débordements du fleuve ou des écoulements souterrains. Le site MOIRm, non modifié physiquement, montre la dérive la plus marquée entre les deux périodes avec une perte de taxons de petits milieux stagnants riches en végétation aquatique (*Planorbis carinatus*, *Anacaena bipustulata*) et l'apparition de taxons plus rhéophiles (*C. fluminea*, coléoptères elmidae, *Beraeodes minutus*, *Psychomyia pusilla*). Comme dans Béard, l'enrichissement du groupe des trichoptères est notable et le site nouvellement créé (MOIRmN) possède en 2007 un riche assemblage d'insectes (13 taxons d'odonates et de trichoptères, notamment).

#### Lône des Luisettes (Tabl. 2.6.4).

Parmi les cinq lônes étudiées, celle des Luisettes montre la plus faible dérive faunistique entre les deux périodes. Les tendances observables sur les autres sites sont néanmoins présentes. On note ainsi l'apparition d'espèces non-indigènes non enregistrées en 2003-04 : *C. pseudogracilis*, *C. fluminea*, *D. polymorpha* et *Dikerogammarus villosus*. Ce dernier est rencontré en 2007 dans les trois sites étudiés sur la lône. L'amplification de taxons rhéophiles est également visible (*Ancylus fluviatilis*, *Ephemerella ignita*, *Heptagenia sulphurea*, *Gomphus vulgatissimus*, *Beraeodes minutus*, *Mesophylax impunctatus*, *Ceraclea dissimilis*) au détriments d'éléments plus lénitophiles et phytophiles (*Hippeutis complanatus*, *P. carinatus*).

#### Lône Fournier (Tabl. 2.6.5).

La lône Fournier connaît également une dérive relativement limitée de son assemblage faunistique. Des espèces non-indigènes y font leur apparition comme dans les lônes précédemment citées (*C. pseudogracilis*, *D. villosus*, *C. fluminea*, *D. polymorpha*, *G. parvus*). Comme dans les Luisettes, l'amplification de taxons rhéophiles (*A. fluviatilis*, *E. ignita*, *H. sulphurea*, *G. vulgatissimus*, *Calopteryx splendens*, *M. impunctatus*) s'effectue au détriment

---

<sup>1</sup> Ces nombres de taxons concernent les 128 taxons présents dans plus de deux des 158 relevés individuels inclus dans l'analyse.

de taxons phyto- lénitophiles (*Valvata. cristata*, *Radix balthica*, *Haliphus*). Le site aval (FOURv) identifié comme "hotspot" de richesse pour les trichoptères avant restauration, offre une richesse encore supérieure pour ce groupe (+ 3 taxons) en 2007. L'enrichissement de la communauté d'odonates est également sensible dans les deux sites.

Lône de Chantemerle (Tabl. 2.6.6).

Bien que non remaniée physiquement et située à l'aval de la restitution de l'aménagement de Belley, la communauté aquatique montre une dérive significative dans cette lône. Cette dérive s'observe dans les deux sites, amont et aval et est assez comparable à celle qui affecte les quatre autres lônes. Elle consiste essentiellement en une amplification des espèces non-indigènes et un enrichissement de certains groupes d'insectes, notamment les trichoptères. Comparativement aux autres lônes étudiées, Chantemerle montre les densités d'espèces non-indigènes les plus élevées. Ces densités sont en augmentation par rapport à la situation observée en 2003-04. *Hypania invalida*, *C. pseudogracilis*, *D. villosus* et *G. parvus* font ainsi leur apparition dans la lône. *D. villosus* atteint là sa plus forte densité pour les lônes observées (plus de 30 ind/ m<sup>2</sup> à l'aval de la lône). La mention de l'annélide polychète *Hypania invalida* (plus de 20 ind/ m<sup>2</sup> tant à l'amont qu'à l'aval) semble être la première pour le haut-Rhône français, cette espèce n'ayant été jusqu'à présent rencontrée qu'à l'aval de Lyon (Devin et al., 2006). L'enrichissement des odonates (+ 5 taxons) et des trichoptères (+ 9 taxons) est remarquable à l'aval de la lône.

		BEAR m pre	BEAR m post	BEAR v N post	BEAR v pre	BEAR v post
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>			1.3		3.3
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	0.5		4	1.5	862.7
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	1.5		2	26	36
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>			30.7	3.5	
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>	13		27.3	1	3.3
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	11.5	16		42.5	585.3
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>			0.7		7.3
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>					2
Gasteropoda	<i>Lymnaea stagnalis</i>	1	0.7	1.3		0.7
Gasteropoda	<i>Hipppeutis complanatus</i>	25	0.7	10.7	7.5	1.3
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>		467.3	4.7	0.5	
Gasteropoda	<i>Valvata cristata</i>	2.5			0.5	0.7
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>			2	10	3.3
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>	40	4	3.3	15.5	12.7
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>			4.7		24
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>	1.5	2.7	11.3		153.3
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>		22.7	62	14	28
Gasteropoda	<i>Radix balthica</i>					0.7
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>				1	0.7
Gasteropoda	<i>Galba truncatula</i>					2
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>				0.5	81.3
Coleoptera	<i>Hygrotus inaequalis</i>	1.5				
Coleoptera	<i>Noterus clavicornis</i>	8			0.5	
Coleoptera	Chrysomelidae		1.3	2		
Coleoptera	<i>Anacaena bipustulata</i>	9.5			0.5	
Coleoptera	<i>Helochaers sp.</i>	22				0.7
Coleoptera	<i>Peltodytes caesus</i>	1.5		2.7		
Coleoptera	<i>Hydraena riparia / assimilis</i>	1				
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>	13.5			1	
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>	2.5	1.3	9.3	3.5	14.7
Coleoptera	<i>Agabus sp.</i>			0.7		
Coleoptera	<i>Ilybius fuliginosus</i>	1.5				0.7
Coleoptera	<i>Halipilus sp.</i>	34	27.3	53.3	38.5	102.7
Coleoptera	<i>Dryops sp.</i>	4.5		4.7		1.3
Coleoptera	<i>Oulimnius sp.</i>	0.5		0.7		1.3
Coleoptera	<i>Elmis sp.</i>	1.5				4.7
Coleoptera	<i>Limnius volckmari</i>				0.5	
Coleoptera	<i>Esolus parralelepipedeus</i>				1	2.7
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	108.5	1396	780.7	256.5	79.3
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>	0.5	443.3	639.3	2	34.7
Ephemeroptera	<i>Siphonorus lacustris</i>	1.5	1.3	0.7	1.5	
Ephemeroptera	<i>Ephemera sp.</i>					8
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>	4			0.5	186
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>	2		17.3	0.5	214
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i>					1.3
Ephemeroptera	<i>Heptagenia sulphurea</i>					2
Odonata	<i>Crocothemis erythraea</i>		6.7	1.3		
Odonata	<i>Anax cf. imperator</i>	3	6.7		2	0.7
Odonata	<i>Erythromma viridulum</i>	0.5	19.3	5.3		1.3
Odonata	<i>Pyrrohosoma nymphula</i>	2.5	2			
Odonata	<i>Sympetrum sp.</i>		9.3	3.3		
Odonata	<i>Aeshna sp.</i>		2.7	0.7		
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>		8.7	1.3		0.7
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	99	358.7	105.3	105.5	14.7
Odonata	<i>Libellula depressa</i>			0.7	4.5	2
Odonata	<i>Chalcolestes viridis</i>			2		4
Odonata	<i>Cercion lindenii</i>		2	0.7		1.3
Odonata	<i>Platycnemis cf pennipes</i>			4.7		10.7
Trichoptera	<i>Agrypnia varia</i>		8.7			
Trichoptera	<i>Agraylea sexmaculata</i>			0.7		
Trichoptera	<i>Limnephilus rhombicus</i>		1.3			
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>		16.7	6		6
Trichoptera	<i>Athripsodes sp.</i>	1	29.3	4		32.7
Trichoptera	<i>Beraeodes minutus</i>					16.7
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa</i>	2	2		0.5	40
Trichoptera	<i>Mystacides gr. longicornis</i>				0.5	
Trichoptera	<i>Sericostoma gr. personatum</i>					4
Trichoptera	<i>Halesus gr. radiatus</i>					17.3
Trichoptera	<i>Mystacides azurea</i>					12.7
Trichoptera	<i>Hydroptila sp.</i>					8
Trichoptera	<i>Psychomyia pusilla</i>					1.3
Trichoptera	<i>Goera pilosa</i>					2.7
Trichoptera	<i>Hydropsyche contubernalis</i>					8.7

Tabl. 2.6.2 - Lône Béard. Moyennes des abondances par site (individus/m<sup>2</sup>) pour les taxons présents dans plus de deux échantillons élémentaires et appartenant à une sélection de groupes taxonomiques (Crustacés, Mollusques, Insectes Coléoptères, Ephéméroptères, Odonates et Trichoptères). Les taxons grisés sont des espèces non-indigènes pour le Haut-Rhône, les sites nouvellement créés (N) sont indiqués en jaune.

		MOIR m pre	MOIR m post	MOIR m N post	MOIR v pre	MOIR v post
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>		2	1.3		1.3
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	17.1	4	2.7		
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	48	4	60		2
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>	1.7		0.7	24.5	
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>				2.5	
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	2.3	0.7	26	18.5	92
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>		3.3	1.3		6
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>					2.7
Gasteropoda	<i>Lymnaea stagnalis</i>				0.5	0.7
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>	11.4	1.3		4.5	
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>	42.9		174	44	508.7
Gasteropoda	<i>Valvata cristata</i>			0.7		
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	9.1			4.5	0.7
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>	0.6			6	0.7
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>			14.7	7	33.3
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>				2.5	1.3
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>		22	438	8.5	148.7
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>	6.3	2.7	57.3	1	
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>			14		2
Coleoptera	<i>Anacaena bipustulata</i>	0.6				
Coleoptera	<i>Peltodytes caesus</i>			0.7		
Coleoptera	<i>Hydraena riparia / assimilis</i>	4.6				
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>	1.7	1.3			
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>	5.7	1.3		1.5	6
Coleoptera	<i>Agabus sp.</i>			4		
Coleoptera	<i>Ilybius fuliginosus</i>		1.3			
Coleoptera	<i>Haliplus sp.</i>	40.6	1.3	71.3	20.5	203.3
Coleoptera	<i>Dryops sp.</i>	0.6	0.7			
Coleoptera	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>		0.7			
Coleoptera	<i>Gyrinus substriatus</i>		8.7			
Coleoptera	<i>Elmis sp.</i>		1.3	0.7		0.7
Coleoptera	<i>Bidessus minutissimus</i>			0.7		
Coleoptera	<i>Esolus parallelepipedus</i>		1.3	0.7		
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	136	2	68	22	125.3
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>			6		22.7
Ephemeroptera	<i>Siphonurus lacustris</i>	3.4				
Ephemeroptera	<i>Ephemera sp.</i>	0.6	0.7		6	6
Ephemeroptera	<i>Cloëon simile</i>		1.3			
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>	6.9	60	56.7	13	3.3
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>	6.9	73.3	18	4.5	4.7
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i>			1.3		
Odonata	<i>Anax cf. imperator</i>				0.5	
Odonata	<i>Erythromma viridulum</i>		0.7			1.3
Odonata	<i>Pyrrohosoma nymphula</i>	4.6				
Odonata	<i>Sympetrum sp.</i>		0.7	3.3		
Odonata	<i>Aeshna sp.</i>		0.7			0.7
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>	0.6		0.7	0.5	
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	306.9	8.7	30	87.5	61.3
Odonata	<i>Libellula depressa</i>	0.6		3.3		
Odonata	<i>Chalcolestes viridis</i>		0.7		0.5	
Odonata	<i>Cercion lindenii</i>	1.1	4	6.7		2.7
Odonata	<i>Platycnemis cf pennipes</i>	1.1	9.3		0.5	19.3
Odonata	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	0.6				
Odonata	<i>Coenagrion scitulum</i>		0.7	0.7		
Trichoptera	<i>Agraylea sexmaculata</i>					12
Trichoptera	<i>Limnephilus rhombicus</i>			0.7		
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>		3.3	15.3	0.5	
Trichoptera	<i>Athripsodes sp.</i>	1.1	0.7		64.5	12
Trichoptera	<i>Beraeodes minutus</i>		5.3			6.7
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa</i>		1.3	1.3	1	12
Trichoptera	<i>Mystacides gr. longicornis</i>	0.6			4.5	
Trichoptera	<i>Cyrnus trimaculatus</i>					0.7
Trichoptera	<i>Mesophylax impunctatus</i>			2.7		
Trichoptera	<i>Mystacides azurea</i>		3.3		4	2
Trichoptera	<i>Hydroptila sp.</i>		3.3	0.7		
Trichoptera	<i>Psychomyia pusilla</i>		3.3	0.7		
Trichoptera	<i>Oecetis notata</i>		0.7	2		

Tabl. 2.6.3 - Lône Moiroud.

Moyennes des abondances par site (individus/m<sup>2</sup>) pour les taxons présents dans plus de deux échantillons élémentaires et appartenant à une sélection de groupes taxonomiques (Crustacés, Mollusques, Insectes Coléoptères, Ephéméroptères, Odonates et Trichoptères). Les taxons grisés sont des espèces non-indigènes pour le Haut-Rhône, les sites nouvellement créés (N) sont indiqués en jaune.

		LUIS m pre	LUIS m post	LUIS m N post	LUIS v pre	LUIS v post
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>			1.1		6.7
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	61.5	22.7	1.1		22.7
Amphipoda	<i>Dikerogammarus villosus</i>		3.3	0.6		0.7
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	1.5	0.7	6.9	59	88.7
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>	10			0.5	
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>	1.5			1	4
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	9.5	12.7		18	36
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>		6.7	2.9	0.5	4.7
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>			0.6		
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>	0.5			5	
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>	3	1.3	1.1		0.7
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	3			24	2.7
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>	0.5	1.3		1.5	2.7
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>				11.5	8
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>	3.5	20.7	0.6	0.5	4
Gasteropoda	<i>Radix balthica</i>			4.6	6.5	
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>				2	
Gasteropoda	<i>Galba truncatula</i>		0.7			
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2.5	4.7	8	0.5	6.7
Gasteropoda	<i>Ancylus fluviatilis</i>					10
Coleoptera	<i>Anacaena bipustulata</i>					0.7
Coleoptera	<i>Helochaeres sp.</i>				0.5	
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>				2.5	
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>	1.5	0.7		2.5	
Coleoptera	<i>Halipilus sp.</i>	18	6.7	1.7	32	12.7
Coleoptera	<i>Dryops sp.</i>		0.7			
Coleoptera	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>				1.5	0.7
Coleoptera	<i>Oulimnius sp.</i>				0.5	2.7
Coleoptera	<i>Elmis sp.</i>	1		2.9		
Coleoptera	<i>Esolus parallelepipedus</i>	0.5	0.7	0.6	0.5	
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	75	4		24	5.3
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>	5.5	2	0.6	2	1.3
Ephemeroptera	<i>Siphonurus lacustris</i>	2.5			0.5	
Ephemeroptera	<i>Ephemera sp.</i>			0.6		
Ephemeroptera	<i>Cloëon simile</i>			0.6		
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>	93.5	85.3	35.4	36.5	28.7
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>	59	294.7	97.7	14.5	110
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i>	1		1.1		
Ephemeroptera	<i>Ephemerella ignita</i>		0.7			0.7
Ephemeroptera	<i>Heptagenia sulphurea</i>		2.7			
Odonata	<i>Erythromma viridulum</i>					1.3
Odonata	<i>Pyrrohosoma nymphula</i>		1.3			
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>		0.7			0.7
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	28.5	6.7		5.5	0.7
Odonata	<i>Libellula depressa</i>	2				
Odonata	<i>Cercion lindenii</i>	0.5	1.3	1.1		
Odonata	<i>Platycnemis cf pennipes</i>	1.5	20.7	0.6		0.7
Odonata	<i>Gomphus vulgatissimus</i>		0.7			
Odonata	<i>Coenagrion scitulum</i>		1.3			
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>		0.7	1.1	1	1.3
Trichoptera	<i>Athripsodes sp.</i>	0.5		2.3	27	19.3
Trichoptera	<i>Beraeodes minutus</i>		0.7		5	582
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa</i>			1.1	2	8.7
Trichoptera	<i>Cyrnus trimaculatus</i>				0.5	
Trichoptera	<i>Mesophylax impunctatus</i>			0.6		0.7
Trichoptera	<i>Halesus gr. radiatus</i>		2.7	0.6		0.7
Trichoptera	<i>Mystacides azurea</i>	12.5	1.3		2	3.3
Trichoptera	<i>Hydroptila sp.</i>	2	2.7	1.1	1	2
Trichoptera	<i>Psychomyia pusilla</i>	3.5	10			6
Trichoptera	<i>Hydropsyche exocellata/modesta</i>	0.5				
Trichoptera	<i>Oecetis notata</i>				0.5	
Trichoptera	<i>Ceraclea dissimilis</i>		0.7			0.7
Trichoptera	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	3.5	0.7	0.6		

Tabl. 2.6.4- Lône des Luisettes.

Moyennes des abondances par site (individus/m<sup>2</sup>) pour les taxons présents dans plus de deux échantillons élémentaires et appartenant à une sélection de groupes taxonomiques (Crustacés, Mollusques, Insectes Coléoptères, Ephéméroptères, Odonates et Trichoptères). Les taxons grisés sont des espèces non-indigènes pour le Haut-Rhône, les sites nouvellement créés (N) sont indiqués en jaune.

		FOUR m pre	FOUR m post	FOUR v pre	FOUR v post
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>				0.7
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	174.5	322	147.5	184.7
Amphipoda	<i>Dikerogammarus villosus</i>		3.3		0.7
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	11	4	2	7.3
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>			3	
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	12.5	10.7	90	12
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>		45.3	0.5	6.7
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>		4		
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>			2	
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>		4		
Gasteropoda	<i>Valvata cristata</i>	1			
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	1		2.5	2
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>	0.5	28.7		
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>	0.5		1.5	3.3
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>	0.5	8.7	0.5	
Gasteropoda	<i>Radix balthica</i>	29		0.5	
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>	1	0.7	3.5	3.3
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	13.5	82.7	164	138.7
Gasteropoda	<i>Ancylus fluviatilis</i>		6.7	1	
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>	1.5			
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>			0.5	
Coleoptera	<i>Haliplus sp.</i>	41.5	2.7	25.5	1.3
Coleoptera	<i>Dryops sp.</i>	0.5			
Coleoptera	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>	3			
Coleoptera	<i>Elmis sp.</i>	0.5	1.3		1.3
Coleoptera	<i>Bidessus minutissimus</i>			1.5	
Coleoptera	<i>Esolus parallelepipedus</i>	5	2.7	1	2
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>		2	13.5	6
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>	1	6	0.5	3.3
Ephemeroptera	<i>Siphonorus lacustris</i>			1	
Ephemeroptera	<i>Ephemera sp.</i>			1.5	2
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>	50.5	94	470	56.7
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>	24	194	201	280.7
Ephemeroptera	<i>Ephemerella ignita</i>		1.3		
Ephemeroptera	<i>Centroptilum luteolum</i>				4
Ephemeroptera	<i>Heptagenia sulphurea</i>		0.7		11.3
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>		4.7	1	0.7
Odonata	<i>Cercion lindenii</i>		4		1.3
Odonata	<i>Platycnemis cf pennipes</i>	1	8.7	4	9.3
Odonata	<i>Gomphus vulgatissimus</i>		0.7		
Odonata	<i>Calopteryx splendens</i>		0.7		1.3
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>		0.7	3	
Trichoptera	<i>Athripsodes sp.</i>	6	6	4	3.3
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa</i>			2	10.7
Trichoptera	<i>Mystacides gr. longicornis</i>				4
Trichoptera	<i>Cyrnus trimaculatus</i>				0.7
Trichoptera	<i>Mesophylax impuctatus</i>		0.7		0.7
Trichoptera	<i>Sericostoma gr. personatum</i>			0.5	0.7
Trichoptera	<i>Halesus gr. radiatus</i>	0.5		1	1.3
Trichoptera	<i>Mystacides azurea</i>	0.5	1.3	41	67.3
Trichoptera	<i>Hydroptila sp.</i>	2.5	7.3	8.5	2.7
Trichoptera	<i>Psychomyia pusilla</i>	1	2	14	9.3
Trichoptera	<i>Hydropsyche exocellata/modesta</i>	0.5		0.5	
Trichoptera	<i>Oecetis notata</i>	0.5	9.3	4	2.7
Trichoptera	<i>Goera pilosa</i>			9.5	50
Trichoptera	<i>Ceraclea dissimilis</i>	1	1.3		0.7
Trichoptera	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	7	25.3	43.5	13.3
Trichoptera	<i>Silo nigricornis</i>				0.7

Tabl. 2.6.5- Lône Fournier.

Moyennes des abondances par site (individus/m<sup>2</sup>) pour les taxons présents dans plus de deux échantillons élémentaires et appartenant à une sélection de groupes taxonomiques (Crustacés, Mollusques, Insectes Coléoptères, Ephéméroptères, Odonates et Trichoptères). Les taxons grisés sont des espèces non-indigènes pour le Haut-Rhône.

		CHAN m pre	CHAN m post	CHAN v pre	CHAN v post
<b>Polychaeta</b>	<i>Hypania invalida</i>		38.7		20
<b>Amphipoda</b>	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>		0.7		0.7
<b>Amphipoda</b>	<i>Gammarus sp.</i>	134	642.7	148.5	1363.3
<b>Amphipoda</b>	<i>Dikerogammarus villosus</i>		8.7		32.7
<b>Isopoda</b>	<i>Asellus aquaticus</i>	4	0.7		34
<b>Bivalvia</b>	<i>Sphaerium sp.</i>			0.5	
<b>Bivalvia</b>	<i>Pisidium sp.</i>	9.5	6	8	39.3
<b>Bivalvia</b>	<i>Corbicula fluminea</i>	0.5	26	23.5	90.7
<b>Bivalvia</b>	<i>Dreissena polymorpha</i>	7.5	10	5.5	41.3
<b>Gasteropoda</b>	<i>Gyraulus parvus</i>		4		15.3
<b>Gasteropoda</b>	<i>Valvata cristata</i>			0.5	
<b>Gasteropoda</b>	<i>Gyraulus albus</i>	0.5	0.7	0.5	103.3
<b>Gasteropoda</b>	<i>Bithynia tentaculata</i>	2	0.7		0.7
<b>Gasteropoda</b>	<i>Physella acuta</i>	22.5	6	3	91.3
<b>Gasteropoda</b>	<i>Radix balthica</i>	1			
<b>Gasteropoda</b>	<i>Valvata piscinalis</i>	5.5		2	8.7
<b>Gasteropoda</b>	<i>Galba truncatula</i>			15	
<b>Gasteropoda</b>	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	95	50.7	55	276
<b>Gasteropoda</b>	<i>Ancylus fluviatilis</i>	4.5	8		2
<b>Gasteropoda</b>	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	3.5	153.3	1.5	88
<b>Coleoptera</b>	<i>Hydraena riparia / assimilis</i>	0.5			
<b>Coleoptera</b>	<i>Haliplus sp.</i>	1		0.5	
<b>Coleoptera</b>	<i>Dryops sp.</i>		0.7		1.3
<b>Coleoptera</b>	<i>Oulimnius sp.</i>	1			1.3
<b>Coleoptera</b>	<i>Elmis sp.</i>	0.5			0.7
<b>Coleoptera</b>	<i>Limnius volckmari</i>	0.5		0.5	
<b>Coleoptera</b>	<i>Esolus parallelepipedus</i>	1	3.3		5.3
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Cloëon dipterum</i>			0.5	
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Caenis horaria</i>				1.3
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Siphonorus lacustris</i>	0.5			
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Ephemera sp.</i>		0.7	2.5	0.7
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Caenis macrura</i>	10	13.3	7.5	28.7
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Potamanthus luteus</i>	36.5	330.7	22	365.3
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Caenis luctuosa</i>	0.5	1.3		3.3
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Ephemerella ignita</i>	3		1	2
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Centropilum luteolum</i>				1.3
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Heptagenia sulphurea</i>	1.5	90	3.5	24
<b>Odonata</b>	<i>Coenagrion gr. puella</i>				0.7
<b>Odonata</b>	<i>Cercion lindenii</i>		2		15.3
<b>Odonata</b>	<i>Platynemius cf pennipes</i>	1			8.7
<b>Odonata</b>	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	0.5			
<b>Odonata</b>	<i>Coenagrion scitulum</i>				3.3
<b>Odonata</b>	<i>Calopteryx splendens</i>		0.7		1.3
<b>Trichoptera</b>	<i>Limnephilus rhombicus</i>				0.7
<b>Trichoptera</b>	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>	0.5			4
<b>Trichoptera</b>	<i>Athripsodes sp.</i>				75.3
<b>Trichoptera</b>	<i>Anabolia nervosa</i>		0.7		3.3
<b>Trichoptera</b>	<i>Mystacides gr. longicornis</i>	0.5		0.5	
<b>Trichoptera</b>	<i>Cyrnus trimaculatus</i>	0.5			
<b>Trichoptera</b>	<i>Mesophylax impunctatus</i>				0.7
<b>Trichoptera</b>	<i>Halesus gr. radiatus</i>				0.7
<b>Trichoptera</b>	<i>Mystacides azurea</i>	5	1.3		8
<b>Trichoptera</b>	<i>Hydroptila sp.</i>	9.5	1.3	9.5	37.3
<b>Trichoptera</b>	<i>Psychomyia pusilla</i>	1.5	2	4	44.7
<b>Trichoptera</b>	<i>Hydropsyche exocellata/modesta</i>			3	1.3
<b>Trichoptera</b>	<i>Oecetis notata</i>	1.5	0.7	2.5	8.7
<b>Trichoptera</b>	<i>Goera pilosa</i>				2
<b>Trichoptera</b>	<i>Ceraclea dissimilis</i>	0.5			2.7
<b>Trichoptera</b>	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	5	20.7	1.5	32.7
<b>Trichoptera</b>	<i>Silo nigricornis</i>				1.3

Tabl. 2.6.6- Lône de Chantemerle. Moyennes des abondances par site (individus/m<sup>2</sup>) pour les taxons présents dans plus de deux échantillons élémentaires et appartenant à une sélection de groupes taxonomiques (Crustacés, Mollusques, Insectes Coléoptères, Ephéméroptères, Odonates et Trichoptères). Les taxons grisés sont des espèces non-indigènes pour le Haut-Rhône.

### Métriques basées sur les richesses taxonomiques.

Le calcul de richesses raréfiées globales avant et après restauration, sur l'addition des échantillons, tous sites comparables confondus par période (Fig. 2.6.4), conduit à des résultats similaires à ceux obtenus dans l'analyse de la composition des communautés. Considérées sur l'ensemble du peuplement (faune totale), il n'existe pas de différence significative de richesse entre les deux périodes (avant :  $140.9 \pm 0.3$  taxons ; après :  $142.0 \pm 2.5$  taxons). Par contre, on observe une augmentation significative de la richesse des insectes EPT (+17%), attendus comme devant être favorisés par une augmentation de la connectivité (avant :  $34.9 \pm 0.3$  taxons ; après :  $41.1 \pm 2.1$  taxons) et une diminution significative de la richesse des mollusques gastéropodes (-22%), attendus comme devant être défavorisés par une augmentation de la connectivité (avant :  $18.0 \pm 0.1$  taxons ; après :  $13.6 \pm 1.1$  taxons).

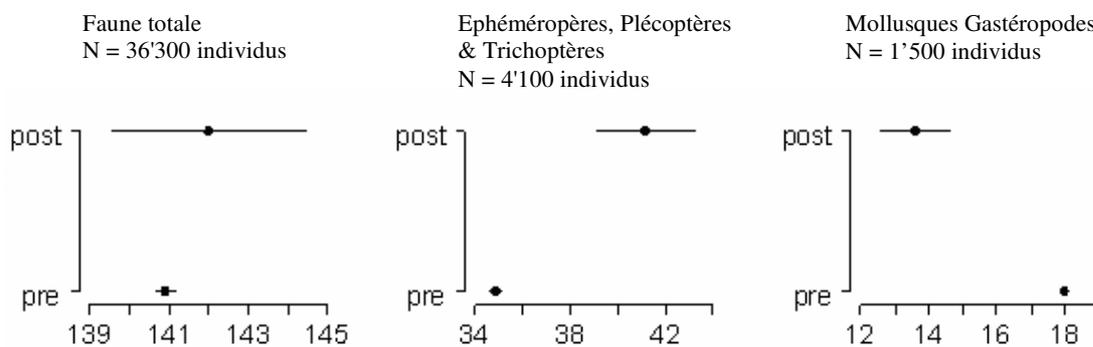


Figure 2.6.4 – Richesses taxonomiques raréfiées ( $\pm 1$  erreur standard) calculées sur l'addition de tous les relevés disponibles pour les mêmes sites avant (pre) et après (post) restauration. Les effectifs servant au calcul diffèrent selon les assemblages taxonomiques considérés et sont basés sur l'effectif minimal disponible dans l'une des deux situations comparées.

Les richesses taxonomiques totales cumulées par sites (médiane 49.5 taxons) et par lônes (médiane 69 taxons) montrent également une assez forte homogénéité qui permet cependant de distinguer les sites FOU-aval (61 taxons) et BEA-amont (68

Comme dans l'analyse de la composition faunistique, cette réalité globale recouvre des situations contrastées entre sites.

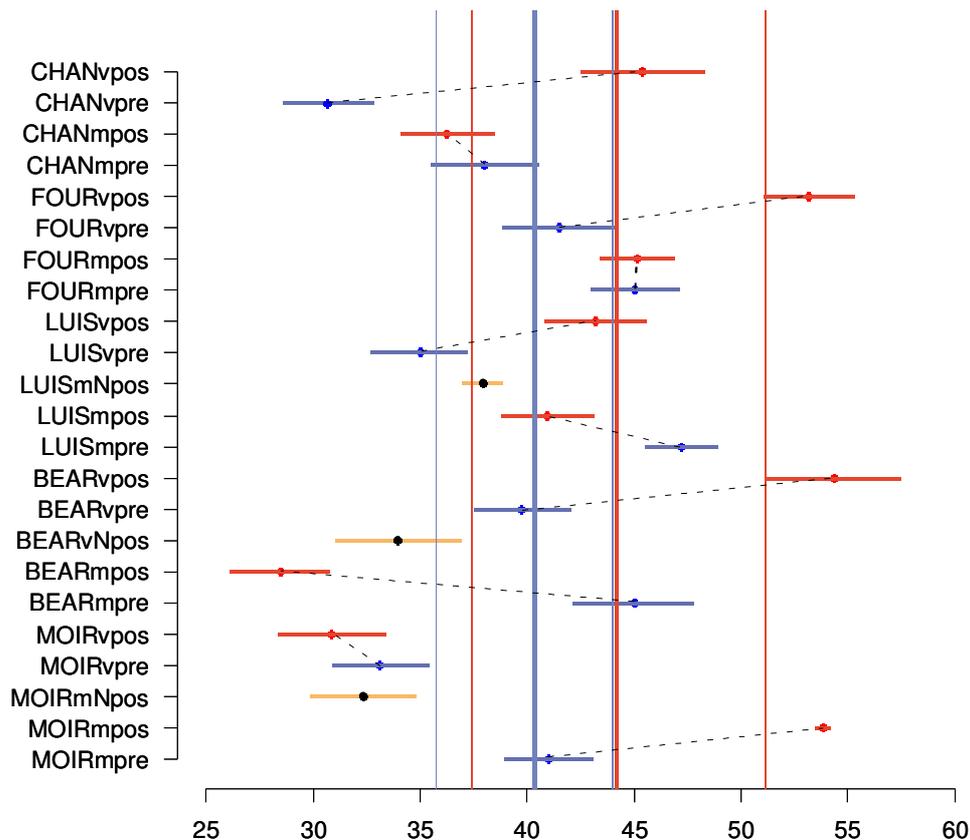


Figure 2.6.5 - Richesses taxonomiques totales raréfiées par sites ( $\pm 1$  erreur standard), calculées pour 1'370 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site pré- et post-restauration (sites N non compris). Bleu : pré-restauration, rouge : post-restauration, orange : sites nouvellement créés (N). Les pointillés relient les états pré- et post-restauration d'un même site. La borne supérieure de l'intervalle interquartile pré-restauration est quasiment superposée à la médiane post-restauration. Les sites sont ordonnés de bas en haut en fonction de l'ordre de connectivité croissante des lînes avec le fleuve.

En ce qui concerne la richesse totale raréfiée (Fig. 2.6.5), les valeurs par site ne présentent pas de différence significative si on les considère globalement (médiane pré-restauration : 9.1 taxons ; post-restauration : 10.3 taxons, test de Wilcoxon apparié  $p=0.34$ ), seuls trois sites peuvent être considérés comme stables pour ce critère (CHANm, FOURm, MOIRv). Cinq sites non touchés par une modification physique directe montrent des augmentations significatives de richesse totale (CHANv, FOURv, LUISv, BEARv et MOIRm). Ces augmentations atteignent ou dépassent la dizaine de taxons dans chaque cas. LUISm et BEARm sont les seuls à montrer une baisse significative, proche de 20 taxons dans le cas de BEARm. Les sites nouvellement créés se positionnent parmi les valeurs basses observées post-restauration.

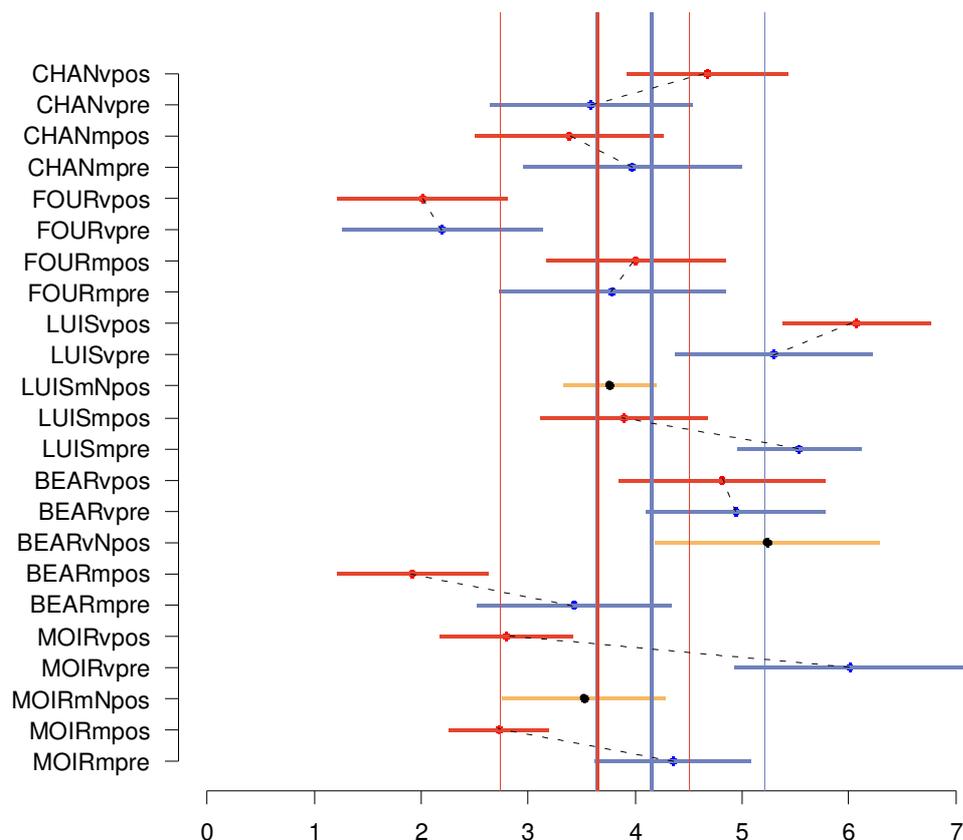


Figure 2.6.6 - Richesses taxonomiques raréfiées par sites ( $\pm 1$  erreur standard) pour les mollusques gastéropodes, calculées pour 20 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site pré- et post-restauration (sites N non compris). Bleu : pré-restauration, rouge : post-restauration, orange : sites nouvellement créés (N). Les pointillés relient les états pré- et post-restauration d'un même site. La borne inférieure de l'intervalle interquartile pré-restauration est superposée à la médiane post-restauration. Les sites sont ordonnés de bas en haut en fonction de l'ordre de connectivité croissante des lônes avec le fleuve.

Dans le cas des richesses en mollusques gastéropodes (Fig. 2.6.6), les valeurs par site ne présentent pas non plus de différences significatives, considérées globalement (médiane pré-restauration : 4.2 taxons ; post restauration : 3.6 taxons, test de Wilcoxon apparié  $p=0.09$ ). Seuls trois sites présentent un changement significatif, dans le sens d'une baisse. Il s'agit de sites ayant subi une perte importante de leur couverture par les végétaux aquatiques supérieurs, soit du fait de la restauration (MOIRv), soit du fait d'un décapage par les crues (LUISm, MOIRm).

BEARm présente une baisse également importante, bien que le couvert végétal post-restauration atteigne un niveau comparable à celui qui existait avant restauration. Cette baisse de la richesse en gastéropodes est à mettre en relation avec les densités considérables atteintes par l'invasif *G. parvus* dans ce milieu après restauration. Cette espèce représente en effet en 2007 près de 95% de l'effectif des gastéropodes du site. Les trois sites nouvellement créés ont des valeurs proches ou supérieures à la médiane des sites post-restauration.

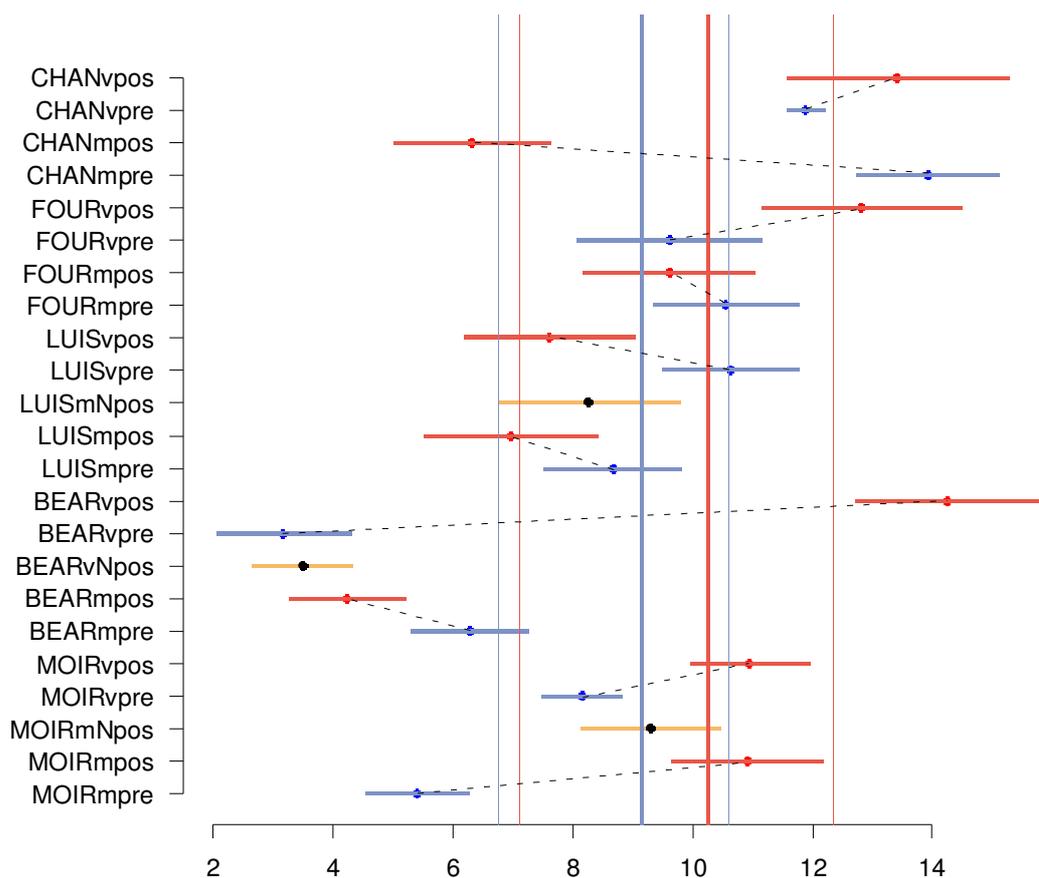


Figure 2.6.7 - Richesses taxonomiques raréfiées par sites ( $\pm 1$  erreur standard) pour les insectes Epheméroptères, Plécoptères et Trichoptères, calculées pour 110 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site pré- et post-restauration (sites N non compris). Bleu : pré-restauration, rouge : post-restauration, orange : sites nouvellement créés (N). Les pointillés relient les états pré- et post-restauration d'un même site. La borne inférieure de l'intervalle interquartile pré-restauration est superposée à la médiane post-restauration. Les sites sont ordonnés de bas en haut en fonction de l'ordre de connectivité croissante des lônes avec le fleuve.

Les richesses en insectes EPT (Fig. 2.6.7), ne présentent pas non plus de différences significatives entre les deux périodes, considérées globalement (médiane pré-restauration : 9.1 taxons ; post restauration : 10.3 taxons, test de Wilcoxon apparié  $p=0.34$ ). Trois sites non modifiés physiquement montrent des augmentations significatives (FOURv, BEARv, MOIRm). Cette augmentation est considérable dans le cas de BEAR aval (richesse pratiquement multipliée par 7). L'augmentation est également significative dans le cas de MOIRv. Des baisses sont également significatives à BEARm, LUISv et, de façon importante à CHANm. Les trois sites nouvellement créés ont des valeurs proches des sites qui les joutent et se situent en dessous de la médiane des sites post-restauration.

### Métriques basées sur le statut des espèces.

La figure 2.6.8 montre l'évolution des 10 sites d'étude entre les deux périodes, du point de vue des deux métriques basées sur le statut des espèces (caractère invasif et potentiellement patrimonial). Le site MOIRm est le seul à ne pas présenter d'augmentation du pourcentage d'individus appartenant à des espèces non-indigènes. Tous les autres sites présentent une

augmentation faible (comme CHANm) à très forte (comme FOURm, MOIRv, CHANv ou BEARm) de cette métrique. La valeur maximale observée (12.9%) l'est dans un site nouvellement créé (MOIRmN). En 2007, aucun site étudié n'est exempt d'espèces non-indigènes comme c'était le cas en 2003-04 (BEARm). L'augmentation globale de cette métrique après restauration est significative (médiane pré-restauration : 1.6%, post-restauration : 7.4%, test de Wicoxon apparié,  $V=0$ ,  $p=0.005$ ).

Le nombre d'espèces potentiellement patrimoniales montre une tendance globale à la baisse (médiane pré-restauration : 4 espèces, post-restauration : 3 espèces), mais non significative (test de Wicoxon apparié,  $V=31$ ,  $p=0.16$ ). Les deux baisses les plus fortes (3 et 4 espèces) concernent autant un site recrusé (FOURm) qu'un site non remanié (MOIRm).

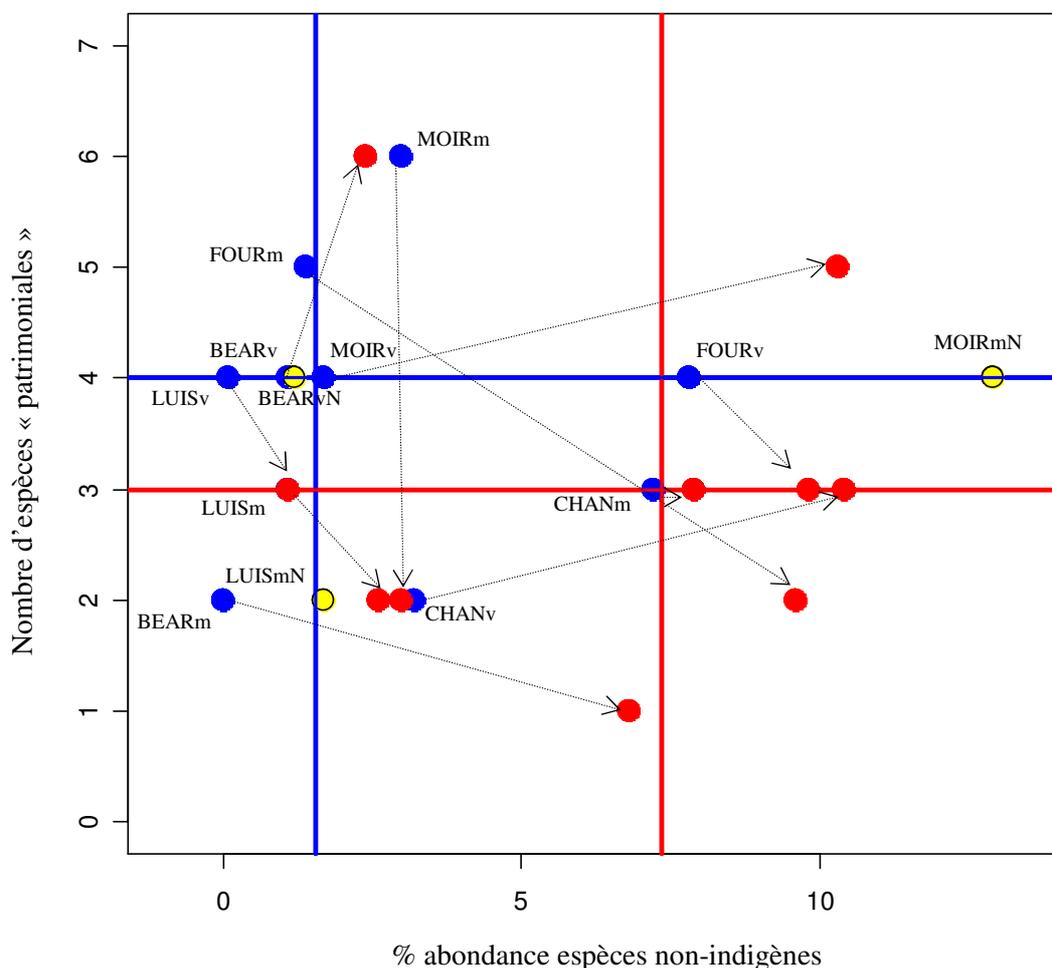


Figure 2.6.8 – Positionnement des sites d'étude en fonction de la richesse en espèces potentiellement patrimoniales et de la proportion d'individus appartenant à des espèces non-indigènes. Les axes verticaux et horizontaux indiquent les médianes des valeurs par site de ces deux métriques avant (bleu) et après restauration (rouge). Les sites nouvellement créés (jaune) ne sont pas comptés dans le calcul des médianes post-restauration.

Neuf espèces non-indigènes au Rhône sont donc maintenant répertoriées dans les cinq îlons 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  $p=7 \times 10^{-12}$ ).

Moins de trois ans après sa première découverte dans le Rhône court-circuité de Belley (octobre 2004), *D. villosus* est présent en 2007 dans 7 des 13 sites étudiés à des densités comprises entre 1 et 33 individus/m<sup>2</sup>) (Fig. 2.6.9). Il fréquente essentiellement les sites ayant un degré élevé de connexion au fleuve (FOUR, CHAN), mais il a également été trouvé dans des milieux isolés, introduit probablement lors des phases de connexion (LUISm, LUISmN). L'Annélide ponto-caspien *Hypania invalida* trouvé pour la première fois dans le haut-Rhône dans les six relevés effectués dans la lône de Chantemerle en été 2007 y atteignait déjà localement des effectifs voisins de 100 individus/m<sup>2</sup>.

Si la majorité de ces espèces non-indigènes sont clairement en voie d'expansion dans les lônes les plus connectées au Rhône (Fig. 2.6.9 et 2.6.10), il convient de souligner le cas du petit gastéropode Planorbidae *Gyraulus parvus* qui connaît des expansions considérables dans les milieux les plus isolés et ayant été recrusés (MOIR, BEAR) où il peut atteindre des densités supérieures à 1'500 individus/m<sup>2</sup> dans certains points de prélèvement.

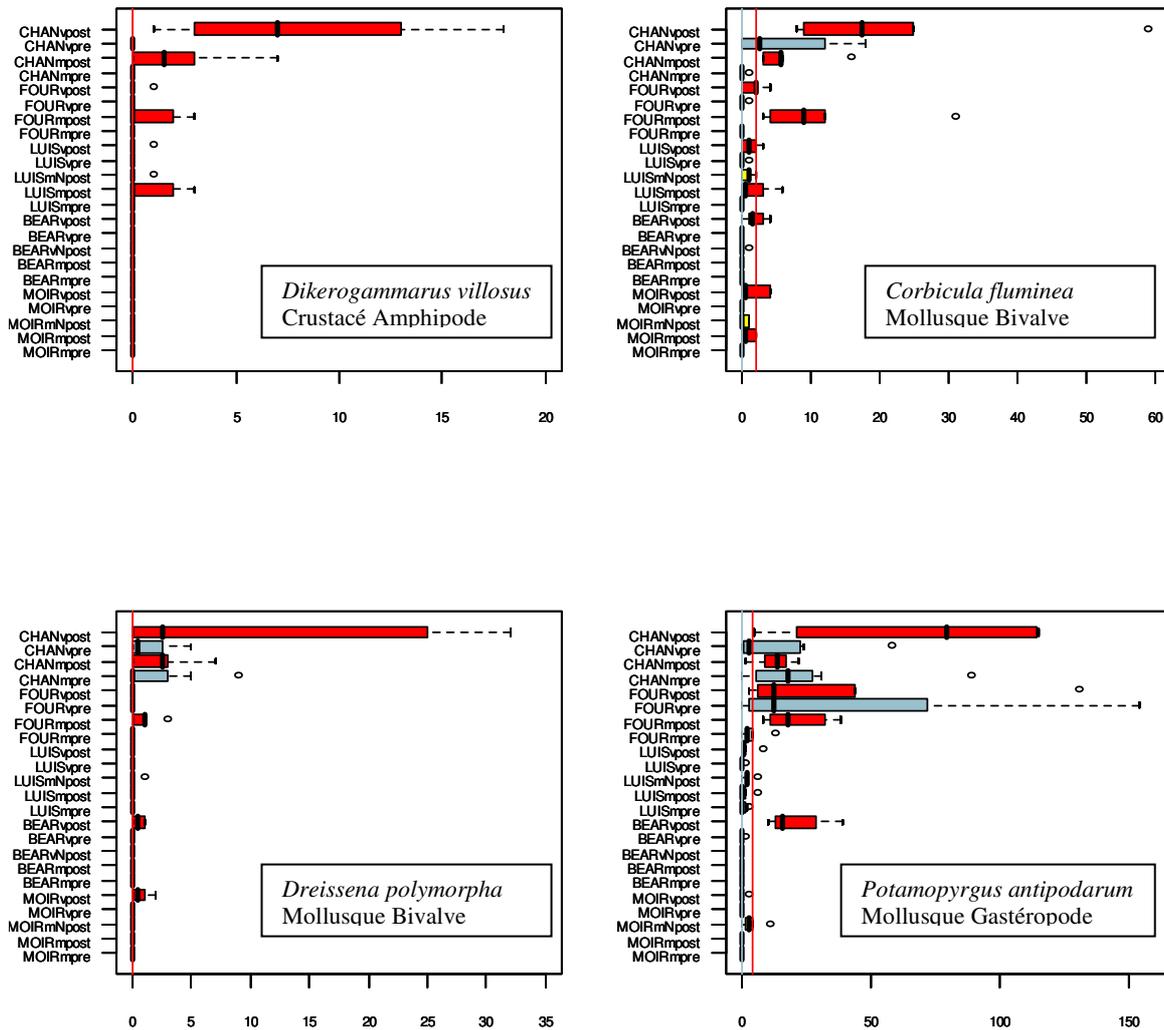


Figure 2.6.9 – Densité (nombre d'individus pour 0.25m<sup>2</sup>) par site de 4 espèces non-indigènes dans le Rhône français, avant (bleu) et après restauration (rouge). Les boîtes horizontales représentent l'intervalle inter-quartile (Q25-Q75) autour de la médiane des valeurs individuelles par quadrat. Les moustaches supérieures et inférieures indiquent les valeurs Q75+1.5 (Q75-Q25) et Q25-1.5 (Q75-Q25) au delà desquelles se situent les valeurs marginales. Les lignes verticales représentent les médianes et des valeurs pré- et post-restoration. Les sites nouvellement créés (jaune) ne sont pas comptés dans le calcul des médianes post-restoration. Les sites sont ordonnés de bas en haut en fonction de l'ordre de connectivité croissante des lônes avec le fleuve.

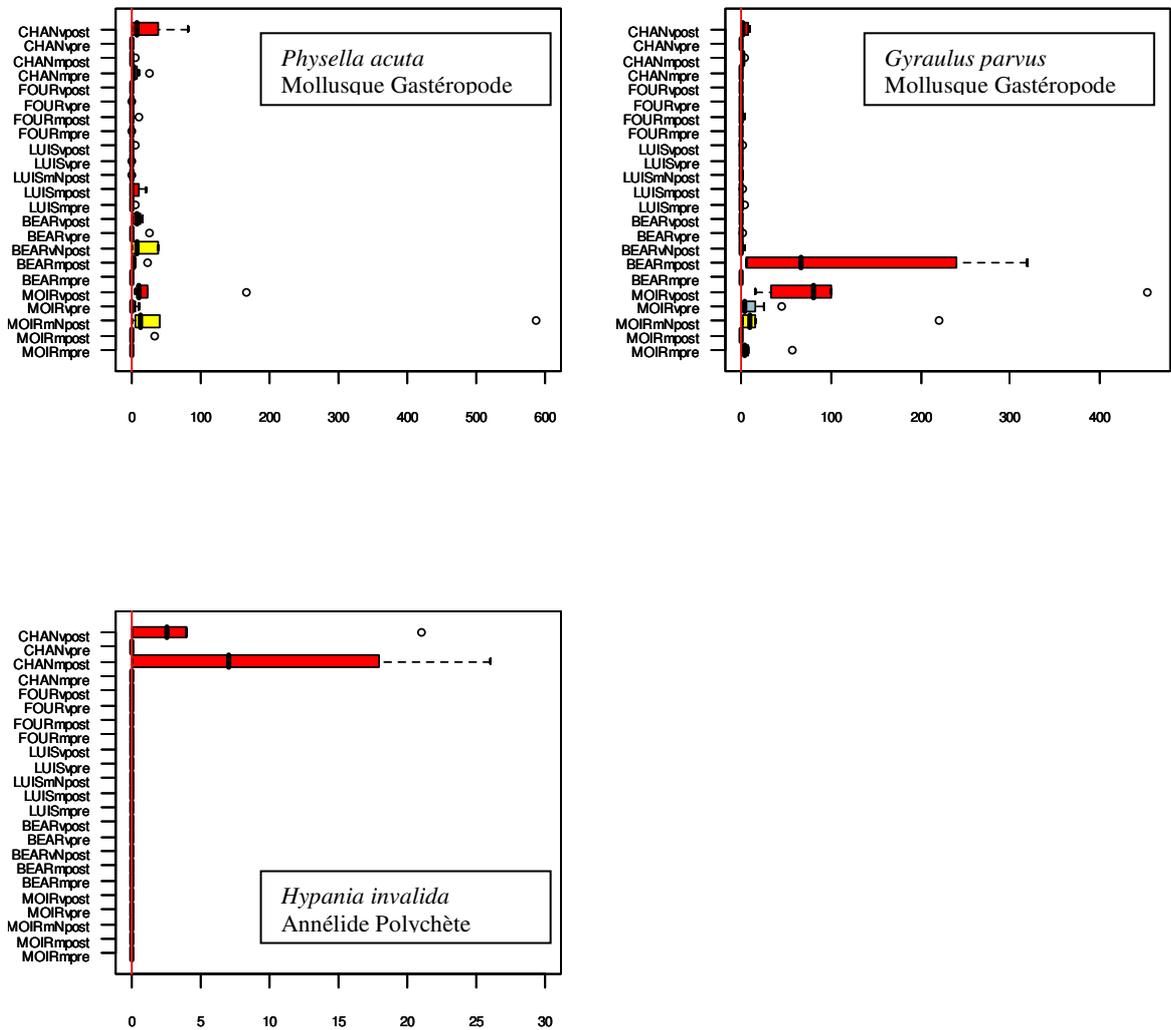


Figure 2.6.10 – Densité (nombre d'individus pour 0.25m<sup>2</sup>) par site de 3 espèces non-indigènes dans le Rhône français, avant (bleu) et après restauration (rouge). Les boîtes horizontales représentent l'intervalle inter-quartile (Q25-Q75) autour de la médiane des valeurs individuelles par quadrat. Les moustaches supérieures et inférieures indiquent les valeurs Q75+1.5 (Q75-Q25) et Q25-1.5 (Q75-Q25) au delà desquelles se situent les valeurs marginales. Les lignes verticales représentent les médianes et des valeurs pré- et post-restauration. Les sites nouvellement créés (jaune) ne sont pas comptés dans le calcul des médianes post-restauration. Les sites sont ordonnés de bas en haut en fonction de l'ordre de connectivité croissante des lônes avec le fleuve.

## **2.7 La végétation des lônes**

### **2.7.1 Objectifs et méthodologie**

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 et du contenu floristique de la zone humide. La dynamique des zones humides est alors analysée pour les différentes situations de restauration par des analyses statistiques classiques. L'évolution du fonctionnement des zones humides est obtenue grâce à l'établissement d'un diagnostic fonctionnel réalisé sur la base des exigences écologiques des espèces végétales. Pour cela, 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 (Bornette *et al.* 1996, Amoros *et al.* 2000, Rivoire et Bornette 2006). 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. Ce fonctionnement est affiné le cas échéant par la connaissance des caractéristiques physiques et chimiques du site.

L'ensemble de ces critères permet de dégager le type de fonctionnement de la zone humide, déduire sa durée de vie (durée de la phase aquatique) et ses potentialités de restauration. Ce diagnostic permet par conséquent de mesurer l'opportunité de conduire une opération de restauration et le succès qu'on peut en attendre en ce qui concerne les opérations prévues sur le secteur de Péage-de-Roussillon. Il permet également de mesurer l'écart entre l'objectif fixé par l'opération et le résultat effectif de celle-ci, au fur et à mesure de l'évolution de la zone humide.

Protocole : les relevés de végétation sont effectués de la fin de la saison de végétation au début de l'automne (Août-Septembre), sur des transects de 2m 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, sédiment tourbeux) estimé visuellement sur la surface du transect.

L'échantillonnage a lieu tous les deux ans.

Le suivi de la qualité des eaux concerne les paramètres suivants à raison d'environ 4 campagnes de relevés annuels dans chaque zone humide, l'année précédant et l'année suivant l'opération de restauration. Les prélèvements et les analyses ont été réalisés par la Compagnie Nationale du Rhône.

Les paramètres mesurés sont les suivants :

**Température:** des eaux stables thermiquement indiquent l'existence d'une bonne alimentation phréatique (Bornette et Amoros, 1991).

**Oxygène:** permet de déceler d'éventuels phénomènes d'anoxie saisonnière, et de mesurer l'effet éventuel des apports d'eau souterraine sur l'oxygénation des eaux (Bornette et Amoros, 1991).

**Conductivité:** caractérise l'origine des eaux souterraines (une forte conductivité est habituellement indicatrice des aquifères de versant calcaire, Bornette *et al.*, 1998a).

**pH :** indique une influence des eaux superficielles fluviales, à pH généralement plus élevé que les eaux des lônes (Bornette *et al.*, 1998a).

**Nitrates :** indiquent soit des apports anthropiques importants localement, soit l'influence d'une aquifère de versant plus contaminée que les aquifères alluviales (Bornette *et al.*, 1998b). Sa mesure peut également permettre d'identifier une aquifère issue d'un versant peu calcaire.

**Orthophosphates :** indicateurs du degré d'eutrophisation des eaux, ils permettent de compléter la gamme couverte par les communautés végétales, qui perdent leur caractère descripteur au delà de 60-80 µg/l (Carbiener *et al.*, 1990).

**Ammonium :** issu en particulier de la nitrification des nitrates dans le cycle de l'azote, son accumulation est favorisée par des conditions anoxiques et un substrat riche en carbone organique. Phytotoxique (Smolders *et al.*, 2003, Britto *et al.*, 2001), il provoque des lésions de l'appareil végétatif chez les espèces sensibles, et augmente la demande en oxygène des racines, et provoque directement ou indirectement leur nécrose (van Katwijk *et al.*, 1997) et à terme la mort de la plante (Pezeshki, 2001, Burkholder *et al.*, 2007). Il constitue un paramètre essentiel de l'eutrophisation et de la dégradation des systèmes aquatiques, et conduit à la disparition de la végétation aquatique en cas de fortes accumulations, même temporaires.

Les caractéristiques physico-chimiques des zones humides avant et après restauration ont été comparées paramètre par paramètre par des ANOVA. Les caractéristiques moyennes de ces zones humides, et leur dynamique au cours du temps ont respectivement été analysées par une ACP normée inter-stations et une ACP normée de l'ensemble des points. Les analyses ont été réalisées avec les logiciels JUMP et ADE.

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

Les relevés floristiques collectés sur l'ensemble de la zone humide permettent de la découper éventuellement en zones floristiques. Cette zonation est réalisée à l'aide d'analyses statistiques de type ACP centrée (analyse en composantes principales), qui discriminent au mieux les relevés sur la base de leur contenu floristique, les relevés présentant des contenus floristiques proches ayant des coordonnées factorielles proches sur les premiers axes de l'analyse.

Les espèces dominantes de chacune des zones floristiques de l'écosystème sont ensuite recherchées dans les tables des exigences écologiques des espèces (Bornette *et al.* 1996, Amoros *et al.* 2000). Les critères pris en compte sont la **tolérance des espèces végétales 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**. L'abondance relative d'hélophytes dans le peuplement (plantes ripariales, ou tolérantes aux exondations) permet d'évaluer le degré de permanence des eaux. Les deux premiers critères permettent de définir les types fonctionnels, les deux derniers interviennent plutôt dans l'estimation de la durée de vie des chenaux et de leurs potentialités de restauration.

Des informations complémentaires concernant l'écosystème (sinuosité, physico-chimie, existence d'obstacles à l'écoulement) sont également nécessaires pour l'établissement d'un diagnostic pertinent. La sinuosité nous informe indirectement sur la pente relative et par conséquent sur la potentialité de décapage par les eaux fluviales en cas de débordement du fleuve dans le milieu. 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 témoignant de vitesses élevées, capables d'éliminer les sédiments fins.

L'analyse des données physico-chimiques collectées à Belley et Brégnier-Cordon, des résultats post-restauration de zones humides du secteur de Brégnier-Cordon, l'état initial des lônes du secteur de Péage-de-Roussillon et l'analyse de l'évolution physico-chimique des lônes de Belley et Brégnier-Cordon, restaurées en 2005 seront présentées successivement.

### **2.7.2 Echantillonnage**

Les quatre lônes étudiées sur le secteur de Brégnier-Cordon sont : la Lône du Ponton, la Lône de la Plaine, la Lône des Molottes et la Lône des Granges. Les lônes ont été restaurées durant l'hiver 2005-2006, à l'exception de la Lône de la Plaine, maintenue en l'état.

Sur le secteur de Belley, parmi les lônes restaurées (2004-2005), quatre font l'objet d'un suivi de la végétation aquatique (Lône Moiroud, Lône Fournier, la Lône des Luisettes et Lône Béard).

A Péage-de-Roussillon, « l'ensemble Platière » composé de la Lône de la Platière (secteur amont), des deux casiers Girardons associés à la lône, de la Lône du Noyer Nord, de la Lône de l'Ilon, les casiers d'Arcoules et la Lône de la Sainte ont été échantillonnées en 2008.

Les données ont été collectées en fin d'été 2008.

### **2.7.3 Résultats**

#### *2.7.3.1 Caractéristiques physico-chimiques des lônes restaurées*

##### ***Caractéristiques des sites après restauration***

Les caractéristiques physico-chimiques des sites sont relativement contrastées entre le site de Belley et celui de Brégnier après l'opération de restauration (Figure 7.2.1).

Les Lônes de Belley se caractérisent par des teneurs en sulfates, en nitrates, en oxygène dissous, et des valeurs de pH en général supérieures à celles observées dans les lônes de Brégnier. Ces caractéristiques sont à rapprocher de celles des eaux superficielles du fleuve, qui présentent de fortes teneurs dans ces différents paramètres. Des travaux antérieurs ont en effet démontré que le fleuve présente des teneurs en sulfates élevées sur le site de Brégnier-Cordon, car il traverse des sols riches en gypse (gypse triasique du bassin hydrographique du Lac Léman, Juget *et al.*, 1979). Il a également été démontré que son pH est plus élevé, tandis que son alcalinité est plus faible que celle mesurée dans les eaux souterraines (Bornette et Amoros, 1991; Bornette et Large, 1995; Bornette et Arens, 2002).

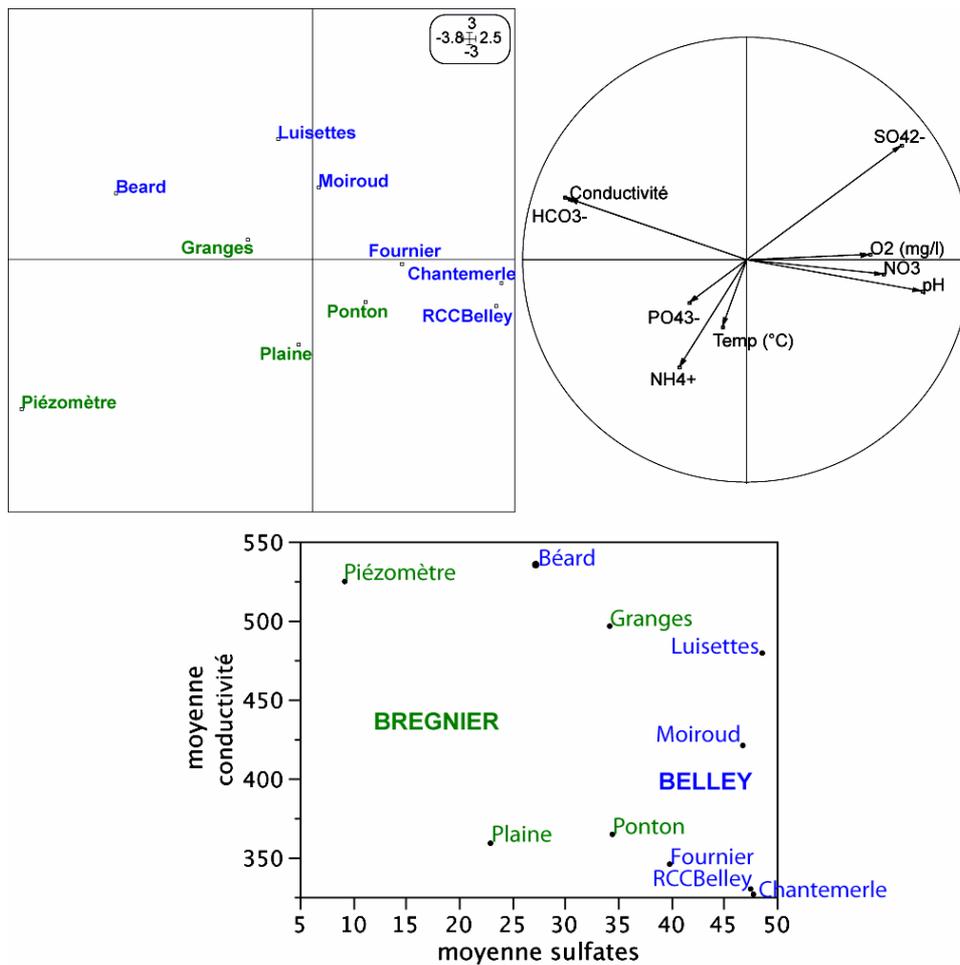


Figure 7.2.1: ACP normées des caractéristiques physico-chimiques des lônes restaurées de Brégner-Cordon et Belley collectées après l'opération de restauration (données 2006-2008).

Les lônes qui présentent des valeurs positives sur l'axe F1 sont donc en moyenne plus fortement influencées par des apports directs ou indirects (sous-écoulements) du fleuve, même si l'intensité de ces apports est variable d'un site à l'autre. Leur position sur l'axe F1 traduit sans doute l'intensité de ces apports. En effet, la lône de Chantemerle, connectée au fleuve à l'amont, présente des caractéristiques physico-chimiques très proches de celles du fleuve. À l'opposé, la lône Béard est probablement plus fortement influencée par des apports d'eau souterraine issue d'aquifères latérales, plus alcalines, et sa position se rapproche ainsi de celle du piézomètre. Les lônes de Brégner-Cordon sont caractérisées par des coordonnées factorielles en général plus faibles sur l'axe F1, traduisant soit une influence du fleuve plus faible que les lones de Belley, soit des caractéristiques physico-chimiques du fleuve différentes. Lorsqu'on place ces stations en fonction de leur conductivité et de leur concentration moyenne en sulfates (figure 1 en bas) on constate que les lônes de la Plaine et Ponton présentent des concentrations en sulfates faibles, mais des conductivités également faibles, ce qui suggère que ces lônes ne sont pas alimentées par une aquifère de versant, du fait de leur faible conductivité. Si ces lônes sont alimentées par des eaux fluviales, celle-ci est moins chargée en sulfates dans le secteur de Brégner-Cordon que dans celui de Belley (apports du Guiers qui pourrait diluer ce paramètre). Cette tendance est confirmée par les données collectées avant la restauration, période à laquelle le Rhône présente également des

concentrations en sulfates supérieures à Belley ( $37,5 \pm 7$  pour Belley, contre  $31,2 \pm 6,9$  et  $31,6 \pm 12,5$  pour Brégner-Cordon, Rivoire et Bornette 2006).

On peut représenter les lômes en fonction de leur conductivité moyenne d'une part, et du coefficient de variation de leur température d'autre part (Figure 7.2.2). Cette représentation permet de mesurer l'influence des eaux souterraines sur les lômes en identifiant d'une part leur origine probable (indiquée par la conductivité, plus élevée dans les aquifères de versant) et d'autre part leur vitesse de renouvellement dans la lôme (indiqué par le coefficient de variation de la température). Les lômes les plus proches qualitativement du fleuve, soit parce qu'elles sont directement connectées à celui-ci (e.g. Chantemerle), soit parce qu'elles sont fortement influencées par les sous-écoulements fluviaux (de conductivité plus faible que les aquifères de versant ; e.g. Plaine, Ponton) présentent des conductivités moyennes faibles. Les lômes proches qualitativement du piézomètre sont soit peu influencées par les sous-écoulements fluviaux, soit alimentées par des sous-écoulements ayant parcouru une distance importante dans le sédiment. Cette analyse, comme la précédente, suggère que les lômes Béard, Luisettes, Granges et Moiroud sont alimentées par des eaux souterraines issues non seulement du fleuve, mais, et ce malgré leur position géographique, également potentiellement par une aquifère de versant. Ce type de situation peut se rencontrer lorsque le canal d'amenée, colmaté et perché, autorise la circulation de l'aquifère de versant sous son lit (e.g. secteur de Miribel Jonage, Bornette et Amoros, 1991). La lôme Moiroud est celle dont le coefficient de variation de la température est le plus faible, traduisant le turn-over par les eaux phréatiques le plus important. A l'opposé, la lôme Béard présente un fort coefficient de variation des températures, traduisant un turn-over par les eaux phréatiques faibles, et potentiellement insuffisant à long terme pour assurer l'auto-entretien de la lôme, malgré le diagnostic plutôt favorable fourni par la végétation (c.f. Jezequel et Bornette 2007). On peut donc craindre que ce turn-over ne soit pas suffisant pour assurer l'auto-entretien des zones humides de Belley et de Brégner-Cordon.

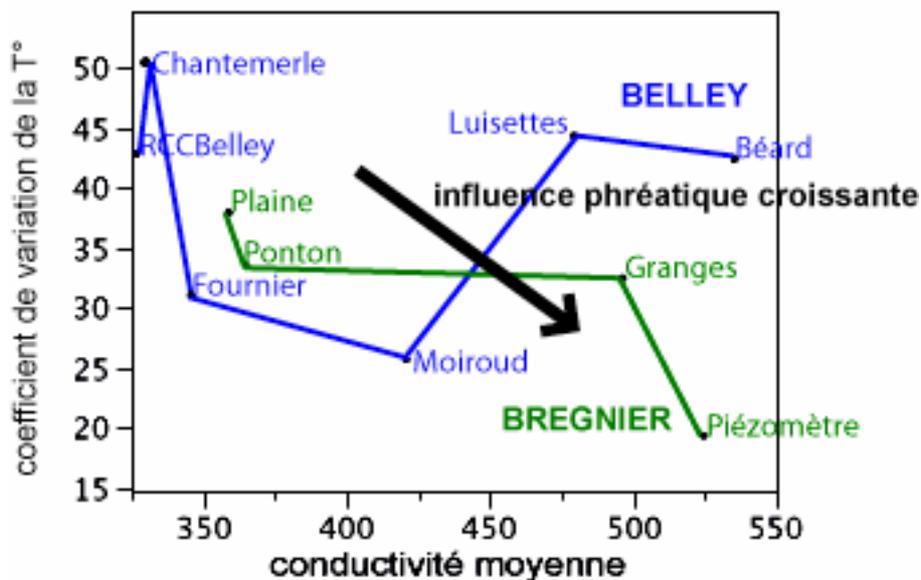


Figure 7.2.2 : conductivité moyenne et coefficient de variation des lômes de Belley et de Brégner après restauration.

### *Dynamique des caractéristiques physico-chimiques*

Le positionnement des stations les unes par rapport aux autres a fortement varié depuis la restauration (Rivoire et Bornette 2006). Les lômes de Ponton, Granges et Moiroud, plus proches qualitativement des eaux souterraines avant restauration, sont, après restauration, plus proches du fleuve, ce qui traduit une modification de l'alimentation de ces zones humides induites par la restauration.

Lorsque l'on procède à l'analyse des données physico-chimiques collectées depuis le début du suivi de ces lômes (Figure 7.2.3), on constate que la restauration a eu des effets contrastés suivant les lômes.

Plusieurs lômes ne montrent pas de variation marquée de leurs caractéristiques physico-chimiques, suggérant (Chantemerle, Plaine, Granges) ou validant (Fournier) le faible impact de la restauration sur leur fonctionnement.

Deux lômes montrent une variation de leurs caractéristiques physico-chimique dans le sens d'une proximité plus grande avec les caractéristiques des eaux fluviales (Ponton, Moiroud), suggérant que la restauration, en surcreusant le lit, a contribué à augmenter les apports d'eau fluviale dans les chenaux. Ce processus pourrait favoriser le maintien de l'eutrophisation voire son accélération, du fait de la forte contamination de la nappe alluviale par les sulfates (Smolders *et al.*, 2006).

Deux lômes, enfin, présentent une variation de leurs caractéristiques physico-chimiques dans le sens d'une plus grande similarité avec la nappe phréatique (Béard, Luisettes), ce qui milite en faveur d'une augmentation de l'alimentation phréatique, confirmée par l'étude des communautés végétales (Jézéquel et Bornette 2007).

Une analyse plus approfondie des paramètres physico-chimiques modifiés par les opérations de restauration tend à confirmer statistiquement ces tendances. En effet, Béard présente des teneurs en nitrates et des conductivités plus élevées après restauration, et une diminution des valeurs de pH et des teneurs en oxygène (Tableau 7.2.1).

La lôme de Luisettes présente des variations moins prononcées qui se traduisent par une augmentation de la teneur en nitrates et de la conductivité après restauration.

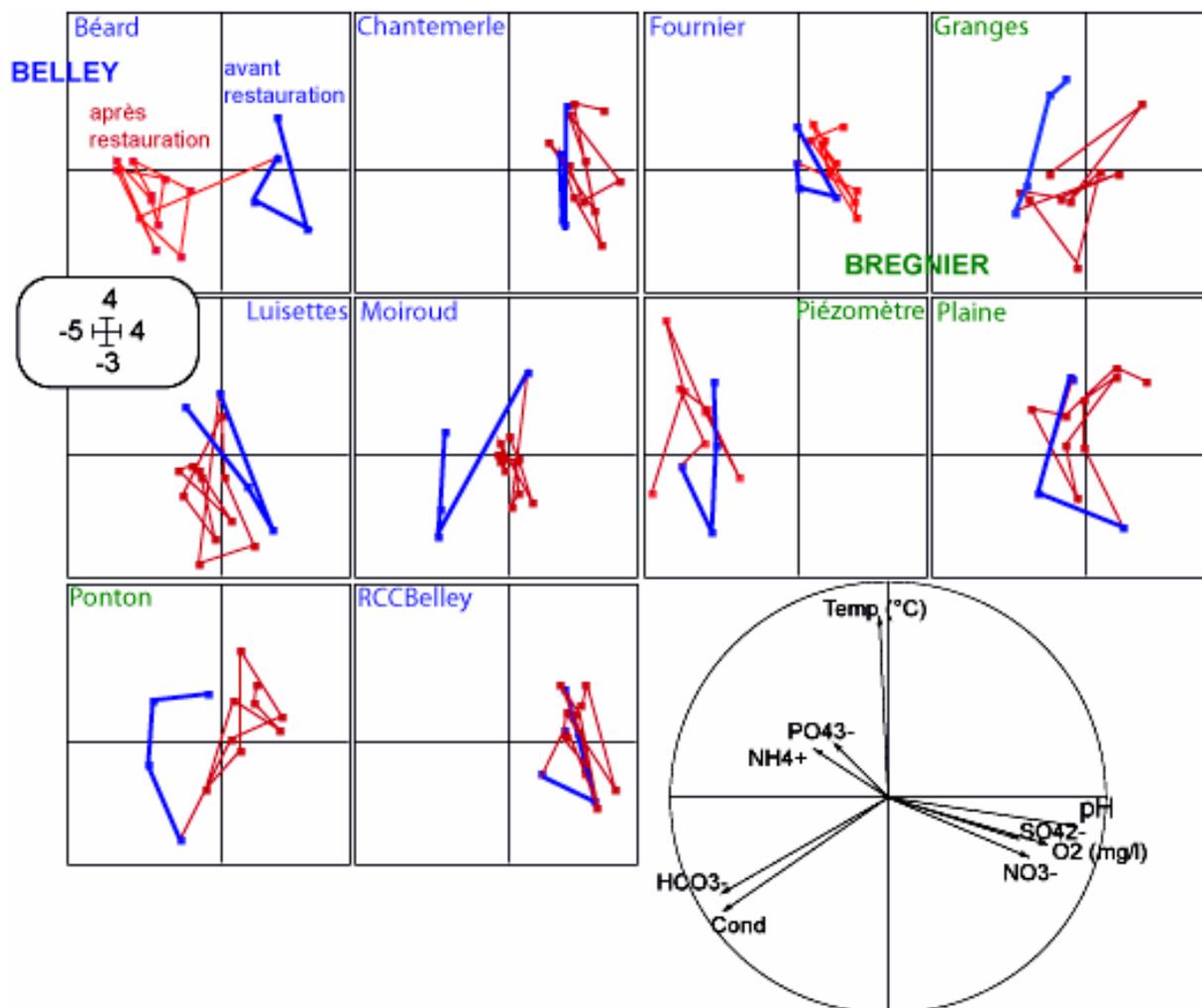


Figure 7.2.3 : ACP normée des données physico-chimiques collectées dans les lônes de Brégner-Cordon et Belley depuis 2004.

La lône Ponton, qui montre une tendance à se rapprocher qualitativement des eaux fluviales, présente également une diminution de la conductivité et de la teneur en ammonium, et également une augmentation forte de la teneur en sulfates et en oxygène, ce qui confirme cette tendance. La lône Moiroud montre moins de variations physico-chimiques significatives, si ce n'est une augmentation de la teneur en nitrates.

	NO3	O2	Cd	pH	NH4	PO4	SO4
Béard	<b>0,0377 (-)</b>	<b>0,0004 (-)</b>	<b>0,0005(+)</b>	<b>&lt;0,0001(-)</b>	0,7547	0,2172	0,7704
Chantemerle	0,7965	0,1668	0,3593	0,7276	0,9876	0,1708	0,0288(+)
Fournier	0,6335	<b>0,0246(+)</b>	<b>0,0298(-)</b>	0,141	0,3315	<b>0,0348(+)</b>	0,099
Granges	0,5284	<b>0,008(+)</b>	<b>0,0372(+)</b>	0,3728	0,1538	0,7007	0,0015(+)
Luisette	<b>0,0251 (+)</b>	0,5925	<b>0,0038(+)</b>	0,2738	0,9184	0,1385	0,0104(+)
Moiroud	<b>0,0003 (+)</b>	0,5782	0,9791	0,7554	0,4315	0,1611	0,0114(+)
Piézo 164	0,0849	0,6366	0,7253	0,5003	0,1506	0,1373	0,0438(+)
Plaine	0,3245	0,1342	0,4447	0,2885	0,5313	0,0521	0,0687
Ponton	0,6676	<b>0,0097(+)</b>	<b>0,0709(-)</b>	0,0604	<b>0,0071(-)</b>	0,1721	<b>0,0006(+)</b>
RCCBelley	0,7454	0,8297	0,8175	0,9077	0,0874	0,1599	0,2384

Tableau 7.2.1 : ANOVA des données physico-chimiques collectées avant et après l'opération de restauration. Les variations significatives sont indiquées en rouge, et le sens de la variation est indiqué entre parenthèses. Les variations qui restent significatives après correction de Bonferroni sont indiquées en gras.

### 2.7.3.1 Dynamique du diagnostic écologique

#### *Analyse du secteur de Brégnier-Cordon*

##### **Lône de Chantemerle**

###### *Rappel de l'état initial*

La lône de Chantemerle, bien que longue de 1 Km, a un contenu floristique homogène, caractérisé par une faible richesse spécifique (7 espèces au total) et un faible recouvrement des espèces. Les espèces les plus représentées dans la lône sont alors *Elodea nuttallii* et *Myriophyllum spicatum*. Ces deux espèces sont associées à des conditions méso-eutrophes, voire plutôt eutrophes. *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus* et *Potamogeton nodosus* présentes de façon sporadique, sont également liés aux conditions eutrophes. Aucune des espèces présentes ne traduit l'existence d'apports d'eau souterraine. Ces deux tendances sont confirmées par l'analyse des données physico-chimiques, qui confirme que la lône est riche en nutriments et proche qualitativement du Rhône. Les espèces dominantes témoignent d'une forte influence de la dynamique fluviale et probablement de processus d'alluvionnement modérés, suggérés par la présence en abondance d'*Elodea nuttallii*. Le substrat est majoritairement dominé par les limons sauf dans la zone localisée entre les transects 200 et 450 (influencée par une communication latérale avec le Rhône), où le sédiment grossier domine. Ceci traduit l'existence de processus érosifs localisés, mais les phénomènes d'alluvionnement prédominent. La hauteur d'eau est importante (1,6 m en moyenne). Cette lône 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, la lône est toujours en eau, et alimentée en permanence par les eaux du Rhône à l'amont (Henry et Amoros, 1997). La lône n'abritait en 1996 que 5 espèces, et environ la moitié des transects était dépourvue de végétation. Les espèces les plus abondantes, *Myriophyllum spicatum* et *Phalaris arundinacea*, témoignant d'un milieu eutrophe perturbé, se sont maintenues (réimplantation de *Phalaris arundinacea* par la CNR ?). Par contre *Elodea nuttallii* est apparue et domine désormais le peuplement, comme cela est fréquemment observé pour les écosystèmes très connectés au Rhône. Sa présence ainsi que le développement du substrat limoneux au détriment du substrat grossier (62% graviers en 1996) indique la progression des processus d'alluvionnement qui étaient plus localisés en 1996. L'apparition de *Potamogeton nodosus* au niveau de la confluence aval traduit également des processus d'alluvionnement, et le début probable de constitution d'un bouchon alluvial. Avant la restauration de 2005, la lône de Chantemerle se caractérise donc par des eaux eutrophes, et des processus d'alluvionnement, peut-être stabilisés par la connexion amont de la lône au Rhône. On note également l'absence d'indices d'apports d'eau souterraine (signes qui seraient quoi qu'il en soit masqués par la large connexion amont de la lône avec le fleuve). Les eaux sont permanentes.

###### *Évolution à court terme*

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. Ceci est toujours le cas en 2004, même si les processus d'alluvionnement ont pris le pas sur les processus érosifs, ils sont potentiellement modérés ou faibles du fait de la faible sinuosité de la lône et de son ouverture amont. La restauration a

consisté à renforcer le bouchon alluvial amont par apport de limon et graviers, puis à végétaliser ce bouchon afin de couper l'alimentation par l'amont pour les débits modérés.

En 2008, la lône présente des peuplements plus diversifiés, mais qui restent dominés par *Elodea nuttallii* et *Myriophyllum spicatum* pour les espèces aquatiques. On note l'apparition de *Ceratophyllum demersum* et *Potamogeton pectinatus*, espèces de milieux eutrophes, toutes deux favorisées par les eaux stagnantes ou les processus d'alluvionnement. Le diagnostic écologique conduit comme pour les années précédentes, à une lône eutrophe, mais les processus d'alluvionnement semblent plus accentués que pour les années précédentes (Tableau 7.2.2).

	abondance moyenne ±SD			niveau de trophie				eaux souterraines		perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	oligotrophe	mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<b>11,24</b>	<b>0,68±0,65</b>	<b>0,82±0,91</b>	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	<b>0,43±0,51</b>	<b>0,27±0,46</b>	<b>0,59±0,50</b>	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Phragmites australis</i>	<b>0,04±0,21</b>	0,05±0,21	<b>0,27±0,46</b>	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Elodea nuttallii</i>	0	<b>0,82±0,80</b>	<b>1,18±1,26</b>	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Potamogeton nodosus</i>	0	0,05±0,21	0	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Veronica beccabunga</i>	0	0,05±0,21	0											
<i>Potamogeton crispus</i>	0	0,05±0,21	0,05±0,21											
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0	0	0,05±0,21	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Lythrum salicaria</i>	0	0	0,05±0,21	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Potamogeton friesii</i> gr. <i>pusillus</i> )	0	0	0,05±0,21	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Carex</i> sp.	0	0	0,09±0,29											
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0	0	<b>0,18±0,66</b>	1	2	3	3	0	1	0	0	1	3	3
Richesse spécifique	3	7	10											
<b>Diagnostic écologique</b>	<b>1996</b>	0,54	2,08	<b>3,08</b>	<b>3,12</b>	0	0	1,335	2,94	2,94	<b>4,33</b>	<b>3,37</b>		
	<b>2004</b>	0,39	3,15	<b>3,88</b>	<b>3,98</b>	0	0,05	0,965	2,1	3,74	<b>4,69</b>	<b>4,06</b>		
	<b>2008</b>	0,985	5,075	<b>6,1</b>	<b>6,345</b>	0	<b>0,23</b>	2,125	3,61	6,1	<b>7,65</b>	<b>7,2</b>		

Tableau 7.2.2 : diagnostic du fonctionnement écologique de la lône de Chantemerle en 1996, 2004 et 2008. 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).

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

Par conséquent, le fonctionnement écologique à court terme de la lône de Chantemerle n'a pas été modifié fondamentalement. A plus long terme, l'accentuation des phénomènes d'alluvionnement pourrait favoriser l'atterrissement de la lône. La dynamique future de la lône dépend de l'équilibre entre alluvionnement (périodes de débits moyens) et érosion (périodes de débit élevé). En cas de déséquilibre entre ces deux processus, la lône évoluera dans le sens de l'atterrissement ou de l'érosion dominante, c'est-à-dire soit vers la fermeture, soit vers une lône pauvre en espèces, mais qui restera stable du fait des phénomènes d'érosion dominante. Si les deux processus s'équilibrent, la lône restera à un état d'équilibre dynamique, stable à long terme, et se caractérisera par une forte biodiversité. On pourrait alors conclure au succès de la restauration. Les données actuellement à notre disposition, et le recul temporel dont nous disposons, ne permettent pas de conclure quant à ces différentes options.

## Petite lône de Chantemerle

### *Rappel de l'état initial*

En 2004, le peuplement de la petite lône est très discontinu, avec peu d'espèces (7 au total), celles-ci ne se développant que sur un ou deux transects avec en général un faible recouvrement. Les espèces les plus représentées sont *Elodea nuttallii* et *Phalaris arundinacea*. *Elodea nuttallii* indique des conditions méso-eutrophes et des processus d'alluvionnement. *Phalaris arundinacea* tolère également ces processus et le substrat est complètement limoneux. Quant aux exondations, elles sont sans doute fréquentes à en juger par le développement des héliophytes et la hauteur d'eau faible. La zone située au niveau des transects où se développe *Elodea nuttallii* doit cependant rester en eau permanente. La petite lône a été surcreusée sur les deux tiers aval de sa longueur en 1993, et elle est 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 reste identique en 2004, les espèces présentes en 1996 ont été remplacées par des espèces plus tolérantes aux exondations. 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 est due au comblement de la lône par les sédiments fins (observation par Henry C. en 2004). En effet, on peut supposer que le niveau d'eau est relativement stable du fait de la position de la lône. Celle-ci est située à l'extrémité amont de la retenue de l'aménagement hydro-électrique de Brégnier-Cordon. *Elodea nuttallii* s'est installée depuis 1996, elle a certainement été transportée par les reflux du Rhône dans la lône.

### *Évolution à court terme*

En 2008, la petite lône présente des peuplements dominés par *Elodea nuttallii*, *Ceratophyllum demersum* et *Myriophyllum spicatum*, qui se rapprochent ainsi des peuplements de 1996 (Tableau 7.2.3). *Ceratophyllum demersum* est une espèce de milieu eutrophe, favorisée par les eaux stagnantes ou les processus d'alluvionnement. Le diagnostic écologique conduit comme pour les années précédentes, à une lône eutrophe, probablement soumise aux processus d'alluvionnement de manière forte, et dont la durée de vie devrait rester faible. La restauration ne devrait pas avoir d'impact positif sur sa durée de vie, dans la mesure où elle ne freinera pas les reflux, favorisant l'alluvionnement.

	abondance moyenne $\pm$ SD			niveau de trophie				eaux souterraines		perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	oligotrophe	m <sup>s</sup> trophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	interm <sup>d</sup> iaires	fortes	alluvionnement
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,5 $\pm$ 0,53		0,27 $\pm$ 0,47	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,4 $\pm$ 0,52		0,09 $\pm$ 0,3	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Elodea nuttallii</i>		0,55 $\pm$ 1,21	1,09 $\pm$ 1,04	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Phalaris arundinacea</i>		0,27 $\pm$ 0,9		0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Phragmites australis</i>		0,18 $\pm$ 0,4	0,73 $\pm$ 1,19	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Callitriche platycarpa</i>		0,18 $\pm$ 0,4		0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Equisetum hiemale</i>		0,18 $\pm$ 0,4												
<i>Alisma plantago-aquatica</i>		0,09 $\pm$ 0,3		0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Polygonum hydropiper</i>		0,09 $\pm$ 0,3		2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Callitriche obtusangula</i>			0,09 $\pm$ 0,30											
<i>Potamogeton friesii</i>			0,18 $\pm$ 0,4	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Echinochloa crus-galli</i>			0,27 $\pm$ 0,47											
Richesse sp <sup>c</sup> ifique	2	7	7											
<b>Diagnostic <math>\checkmark</math>ologique</b>				1996	2004	2008	1996	2004	2008	0,9	1,3	1,3	1,7	1,8
				0,45	1,05	2,2	2,7	0,18	0	0,9	1,71	2,9	2,81	2,81
				0,91	3,955	4,45	5,45	0	0,27	2,55	2,27	4,45	3,99	4,72

7.2.3 : diagnostic du fonctionnement écologique de la petite lône de Chantemerle en 1996, 2004 et 2008. 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).

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

## Lône du Ponton

### *Avant restauration*

Le peuplement de la lône Ponton est constitué en 2004 d'une seule zone floristique peu diversifiée (3 à 6 espèces par transect). Il est dominé par *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis* et *Polygonum hydropiper*. *Polygonum hydropiper* témoigne de conditions méso-eutrophes, et *Ceratophyllum demersum* de conditions eutrophes. Les espèces majoritaires ne témoignent pas d'apports d'eau souterraine, mais *Callitriche platycarpa* et *Elodea canadensis*, présentant ponctuellement un fort recouvrement (>50%), sont généralement liées à ces apports. Des apports d'eau souterraine sont par conséquent probables. L'analyse des données physico-chimiques des données 2004 a également mis en évidence l'influence d'apports d'eaux souterraines. En effet, les eaux présentent les valeurs de conductivité et d'alcalinité les plus élevées, qui témoignent potentiellement d'apports d'une aquifère de versant. La plus forte teneur en sulfates observée dans la lône par rapport à la nappe (piézomètre), traduit cependant l'influence probable du Rhône. La coexistence de *Phalaris arundinacea* et *Phragmites australis*, habituellement associées à des niveaux de perturbations contrastés (respectivement élevés et faibles), milite en faveur de l'existence de processus d'alluvionnement. Ces processus sont également indiqués par *Elodea nuttallii*, ainsi que par les caractéristiques du substrat, limoneux et majoritairement minéral (95 % du sédiment sec). Le milieu est en effet alimenté par des reflux à l'aval, et le bouchon amont est très élevé et densément boisé (Henry et Amoros, 1997), ce qui limite les débordements et réduit les vitesses. De plus, la lône est relativement sinueuse, ce qui, en réduisant la vitesse du courant, contribue également à favoriser l'alluvionnement. Les exondations partielles du milieu sont probablement fréquentes car les espèces les plus abondantes sont des héliophytes

Le fonctionnement de la lône en 2004 est le même qu'en 1996. Lorsque l'on compare les deux années, on constate que le contenu floristique a peu varié, mis à part la progression de *Phragmites australis* et la disparition de *Potamogeton pusillus*. On peut noter que le

recouvrement par les hélophytes a augmenté, ce qui traduit probablement des exondations plus fréquentes. On observe une fois encore, l'apparition de l'espèce invasive *Elodea nuttallii*.

Dans le rapport de 1997, Henry et Amoros concluait à un milieu eutrophe, peu perturbé, encore permanent, bien que peu profond et en partie alimenté par des apports d'eau souterraine (sous-écoulements du Rhône). L'eau du Rhône reflue dans la lône par l'aval lors des crues, favorisant les processus d'alluvionnement. La durée de vie potentielle de la lône apparaissait intermédiaire, mais avait été estimée comme faible en 2004, au vu de la faible profondeur de la lône.

La restauration avait pour objet l'élimination du bouchon aval pour reconnecter la lône au Rhône. Cette restauration ne devait pas modifier le fonctionnement de la lône. 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.

#### *Évolution post-restauration*

En 2008, la lône présente des peuplements dominés par *Phalaris arundinacea* et *Phragmites australis*, (Tableau 7.2.4). La plupart des espèces d'eau permanente, liées aux apports d'eau souterraine, encore présentes en 2004 ont 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 demeure par ailleurs invariant, la lône reste caractérisée par des eaux eutrophes et des processus d'alluvionnement, de manière apparemment plus marquée en 2008 que les années précédentes.

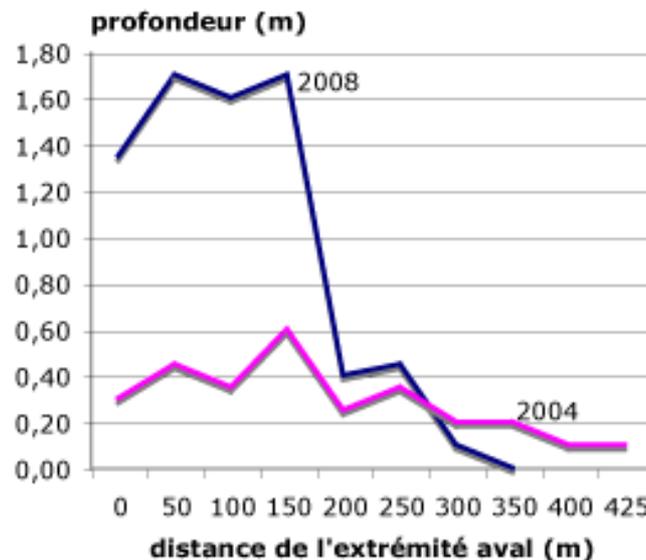


Figure 7.2.4 : profondeur de la lône Ponton en 2004 et en 2008.

Ce comblement est particulièrement significatif dans la partie amont de la lône, qui a ainsi perdu plus d'un quart de sa longueur, et ce malgré les débits probablement plus importants en 2008 (cf relevés 200 et 250, Figure 7.2.4).

	abondance moyenne $\pm$ SD			niveau de trophie				eaux souterraines		perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	oligotrophe	mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
	Polygonum hydropiper	<b>1,3<math>\pm</math>0,95</b>	<b>1,3<math>\pm</math>0,82</b>		2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3
Ceratophyllum demersum	<b>1,2<math>\pm</math>1,4</b>	0,7 $\pm$ 1,34	0,13 $\pm$ 0,35	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
Phalaris arundinacea	0,9 $\pm$ 0,32	<b>1,4<math>\pm</math>1,07</b>	<b>0,88<math>\pm</math>1,36</b>	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
Elodea canadensis	0,8 $\pm$ 1,03	0,1 $\pm$ 1,32		0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
Myriophyllum spicatum	0,8 $\pm$ 0,92	0,3 $\pm$ 0,48	0,38 $\pm$ 0,74	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
Potamogeton pusillus	0,5 $\pm$ 0,97			0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
Phragmites australis	0,3 $\pm$ 0,48	<b>1,4<math>\pm</math>1,26</b>	<b>1,63<math>\pm</math>1,85</b>	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
Rorippa amphibia	0,2 $\pm$ 0,63	0,1 $\pm$ 0,32		0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
Callitriche platycarpa	0,2 $\pm$ 0,42	0,5 $\pm$ 1,27		0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
Iris pseudacorus	0,1 $\pm$ 0,32	0,1 $\pm$ 0,32	0,13 $\pm$ 0,35	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
Elodea nuttallii		0,5 $\pm$ 1,08		0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
Myosotis scorpioides		0,1 $\pm$ 0,32		3	3	2	1	1	0	0	3	2	2	2
Echinochloa crus-galli			0,13 $\pm$ 0,35											
Glyceria maxima			0,13 $\pm$ 0,35											
Lythrum salicaria			0,13 $\pm$ 0,35	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
Richesse spécifique	10	11	8											
<b>Diagnostic écologique</b>	<b>1996</b>			4,4	7,8	<b>10,6</b>	<b>10,4</b>	1	1,2	4,9	12,1	12,4	<b>14,65</b>	<b>13,5</b>
	<b>2004</b>			5,1	9,05	<b>10,4</b>	<b>10,9</b>	0,7	0,7	7,15	11,5	12,9	<b>13,85</b>	<b>14,9</b>
	<b>2008</b>			2,125	4,4375	4,875	<b>6,4375</b>	0	0,13	6,438	6,5	6,25	5,6875	<b>7,5</b>

Tableau 7.2.4 : diagnostic du fonctionnement écologique de la lône du Ponton en 1996, 2004 et 2008. 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).

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

La dominance des hélophytes associée à la régression des hydrophytes et à l'accentuation de l'eutrophisation sont des éléments militent dans le sens d'un comblement accentué de la lône par rapport à la situation de 2004 et ce malgré des débits du fleuve plus importants, qui auraient pu conduire à des conditions plus favorables à la végétation aquatique.

La restauration ne semble donc pas avoir eu un impact positif sur la lône, dans la mesure où elle n'a pas freiné les reflux, n'a pas contribué à améliorer sa qualité écologique (biodiversité, trophie, connectivité avec les eaux souterraines), et les données floristiques collectées en 2008 militent même pour une accélération de l'alluvionnement et une diminution de la surface en eau.

### Lône de la Plaine

En 2004, le peuplement était largement dominé par *Ceratophyllum demersum* accompagné par *Elodea canadensis* et *Hydrocharis morsus-ranae*. *Ceratophyllum demersum* est une espèce de milieu eutrophe. Son fort recouvrement (pouvant dépasser 75 %) en association avec *Hydrocharis morsus-ranae* et *Lemna minor* confirme le statut eutrophe du milieu. *Elodea canadensis* et *Callitriche platycarpa*, pourraient témoigner d'apports d'eau souterraine, que l'analyse des données physico-chimiques confirme en 2004. Le milieu est peu soumis à l'influence érosive des crues, et il est probablement en eau permanente, du fait de la présence en quantité de *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Hydrocharis morsus-ranae*, intolérantes à l'assec. En 1996, le type fonctionnel était le même, soit un milieu eutrophe, peu perturbé, alimenté par des eaux souterraines. L'organisation du peuplement a changé, mais on retrouve globalement les mêmes espèces. *Elodea canadensis* et

*Hydrocharis morsus-ranae* se maintiennent parmi les espèces dominant la zone humide. *Ceratophyllum demersum* a fortement progressé, au détriment de *Potamogeton pusillus* et *Callitriche platycarpa*, ce qui pourrait être un signe d'une influence moindre des eaux souterraines, ou d'une plus faible influence des crues sur la période. Il est intéressant de noter qu'il n'y a pas d'introduction notable de nouvelles espèces et notamment de l'espèce envahissante *Elodea nuttallii* du fait probablement de la faible influence du Rhône. Dans le rapport de 1997, Henry et Amoros concluaient à une durée de vie potentielle intermédiaire, confirmée dans le rapport de 2005 (Rivoire & Bornette 2005).

La restauration a consisté à agrandir la zone humide, en creusant dans l'ancien lit sur 180 mètres de longueur afin de retrouver une partie de l'ancien lit. Sous réserve que la restauration n'entraîne pas une reconnexion avec la lône Ponton, le creusement du chenal pouvait s'il était suffisant, rétablir l'alimentation en eaux souterraines, ce qui pouvait augmenter la durée de vie de la lône. Si ces eaux souterraines sont de suffisamment bonne qualité (en particulier en ce qui concerne l'azote ammoniacal), on pouvait espérer une amélioration du niveau trophique dans la lône.

En 2008, la lône reste dominée par *Ceratophyllum demersum* et *Hydrocharis morsus-ranae*, et garde ainsi un statut eutrophe (Tableau 7.2.5). L'échantillonnage de 2008 met en évidence la disparition de plusieurs espèces associées aux eaux mésotrophes, et favorisées par les apports d'eau souterraine, comme *Elodea canadensis* et *Callitriche platycarpa*. On note par ailleurs l'apparition de *Lemna trisulca*, également associée aux apports d'eau souterraine, et d'*Elodea nuttallii*, qui a pu être recrutée à l'occasion de cette restauration.

	abondance moyenne ±SD			niveau de trophie				eaux		perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	oligotrophe	m'sotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	interm'diaires	fortes	alluvionnement
<i>Potamogeton pusillus</i>	<b>3,11±1,69</b>	0,33±0,71	0	2	2	2	1	0	0	1	2	2	3	3
<i>Elodea canadensis</i>	<b>2,89±1,43</b>	<b>1,89±1,69</b>	0	0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
<i>Callitriche platycarpa</i>	<b>1,78±1,64</b>	0,33±0,5	0	0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Lemna minor</i>	<b>1,44±0,73</b>	0,44±0,53	0,56±0,53	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	<b>1,11±0,33</b>	<b>1,11±0,33</b>	<b>1,56±0,88</b>	0	0	2	2	1	0	3	0	0	0	0
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,89±0,60	0	0,33±0,71	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,83±0,94	0,89±0,93	0,22±0,44	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,33±0,5	<b>3,89±1,36</b>	<b>2,44±1,67</b>	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Carex sp.</i>	0,33±0,5	0,6±0,5	1±0,5											
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,22±0,44	0,56±0,53	0,56±0,53	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0	0,11±0,33	0	0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Iris pseudacorus</i>	0	0,11±0,33	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Lysimachia vulgaris</i>	0	0,11±0,33	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0,5	0	3
<i>Bidens tripartita</i>	0	0	0,11±0,33											
<i>Elodea nuttallii</i>	0	0	0,11±0,33	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Galium palustre</i>	0	0	0,11±0,33	2	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>Lemna trisulca</i>	0	0	0,11±0,33	0	2	2	2	1	0	2	3	2	0	0
<i>Phragmites australis</i>	0	0	0,11±0,33											
Richesse sp'cifique	9	12	12											
<b>Diagnostic écologique</b>	<b>1996</b>			4,89	11,89	<b>16,78</b>	<b>17,72</b>	<b>6,67</b>	1,78	9,19	<b>23,56</b>	<b>24,44</b>	22,17	14,17
	<b>2004</b>			5,11	8,72	<b>17,33</b>	<b>20,56</b>	3,33	4,33	9,61	<b>14,78</b>	<b>14,61</b>	13,83	<b>14,67</b>
	<b>2008</b>			2,28	2,94	<b>10,33</b>	<b>13,22</b>	2,22	3,00	<b>9,06</b>	5,56	5,33	5,11	<b>8,33</b>

Tableau 7.2.5 : diagnostic du fonctionnement écologique de la lône de la Plaine en 1996, 2004 et 2008. 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).

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

L'influence des perturbations reste faible à très faible, mais le signal écologique est probablement brouillé. En effet, le diagnostic en ce qui concerne le niveau de perturbation est imprécis, et fait apparaître simultanément un niveau de perturbation nul et des processus d'alluvionnement, ce qui est peu probable.

## Lône des Granges

### *Avant la restauration*

En 1996 et 2004, la lône est entrecoupée de nombreux bouchons alluviaux qui, comme le bouchon alluvial amont, sont 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, notamment entre 0 et 350 m, 350 et 450 m, 510 et 605 m, 655 et 755 m, 860 et 1110 m. Le peuplement des plans d'eau est dominé par *Elodea nuttallii* et *Polygonum hydropiper*, accompagnées de *Lemna minor*, *Phalaris arundinacea* et *Potamogeton pusillus*. Ces espèces traduisent des conditions méso-eutrophes à eutrophes, Les espèces dominantes n'indiquent pas d'apports d'eau souterraine, et traduisent un niveau de perturbations par les crues faibles à intermédiaires. On note une régression d'espèces eutrophe entre 1996 et 2004 (e.g. *Ceratophyllum demersum*), mais également d'espèces associées aux eaux plus mésotrophes (e.g. *Myriophyllum verticillatum*). L'ensemble traduit plutôt 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 vue de la progression des hélrophytes dans la lône. Cette situation pourrait liée aux débits particulièrement faibles des années 2003-2004. De surcroît, l'analyse des données physico-chimiques indiquant que les eaux de la lône ont des caractéristiques physico-chimiques qui se rapprochent de celles des eaux souterraines, on peut faire l'hypothèse que ces apports sont à même de limiter les processus d'atterrissement, même si des processus d'alluvionnement de faible intensité semblaient exister.

Le projet de restauration a consisté dans le creusement de la lône sur sa partie aval sur 330 m sur le bras principal et sur 170 m sur le 2<sup>ème</sup> bras. D'autre part, des mares ont été créées sur la partie amont. Les conséquences de ces travaux étaient des processus d'alluvionnement potentiellement induits par le curage du bouchon alluvial. L'hypothèse était que les dépôts d'alluvions pourraient être périodiquement éliminés par les perturbations dans le bras principal. Par contre dans le deuxième bras, complètement atterri et déconnecté à l'amont, l'hypothèse était que ces dépôts se maintiennent, comblant progressivement la zone remise en eau. Le creusement de mares supplémentaires devait permettre d'étendre les habitats aquatiques, avec le risque de progression d'*Elodea nuttallii*. En ce qui concerne le fonctionnement, il a été également évoqué un risque d'érosion régressive du fait de la modification du profil en long de la lône, entraînant potentiellement l'enfoncement du lit de la lône, favorisant les apports d'eau souterraine. Cependant si les phénomènes d'érosion étaient suffisamment accentués pour atteindre le bouchon amont, ils pouvaient reconnecter la lône, qui se comporterait alors comme un bras vif.

### *Évolution post restauration*

En 2008, la lône est colonisée par un faible nombre d'espèces, et toutes les espèces présentes le sont en faible abondance (Tableau 7.2.6).

Le diagnostic est similaire à celui des années précédentes en ce qui concerne la trophie, qui reste relativement élevée, et les perturbations, qui semblent également élevées, avec des processus d'alluvionnement probables. Il est cependant probablement prématuré pour fournir un bilan de cette restauration, car les peuplements restent peu abondants et les espèces

présentent un faible recouvrement. En l'absence de données supplémentaires, on peut conclure que la restauration n'a pas eu d'effet significatif sur le fonctionnement écologique de la lône, même si elle a conduit à une diminution très significative de l'abondance et de la diversité des peuplements végétaux. L'augmentation potentielle des apports d'eau souterraine suggérée par les résultats des analyses physico-chimiques (Figure 7.2.3), n'est pas encore visible au travers la composition des peuplements (on note cependant l'apparition de *Berula erecta*, très inféodée aux écosystèmes alimentés par des eaux souterraines).

	abondance moyenne ±SD			niveau de trophie				eaux souterraines		perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	oligotrophe	m'sotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	interm'diaires	fortes	alluvionnement
<i>Ceratophyllum demersum</i>	<b>1,1±1,21</b>	0,13±0,35	0,08±0,27	1	1	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Potamogeton pusillus</i>	<b>1,65±1,27</b>	0,67±0,9		0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	<b>1,4±0,99</b>	<b>2,27±2,05</b>	0,27±0,44	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Chara sp.</i>	<b>1,1±1,77</b>	0,07±0,26												
<i>Phalaris arundinacea</i>	<b>0,9±0,45</b>	0,73±0,46	<b>0,81±0,79</b>	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Elodea canadensis</i>	0,75±1,33			0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,65±1,14			0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Lemna minor</i>	0,6±0,6	0,73±0,8	0,04±0,19	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,5±0,76	0,4±0,51												
<i>Elodea nuttallii</i>	0,45±1,05	<b>2,33±2,35</b>	<b>0,77±1,19</b>	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,25±0,44	0,2±0,41		1	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Glyceria fluitans</i>	0,25±0,44	0,2±0,41												
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,2±0,7	0,2±0,41	0,27±0,52	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,2±0,41	0,53±0,64		0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Alopecurus geniculatus</i>	0,15±0,37													
<i>Potamogeton crispus</i>	0,15±0,37													
<i>Callitriche platycarpa</i>	0,1±0,45			0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,1±0,45			1	2	3	3	0	1	0	0	1	3	3
<i>Nasturtium officinale</i>	0,1±0,31			2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	0
<i>Lysimachia nummularia</i>	0,05±0,22	0,2±0,41	0,12±0,32											
<i>Impatiens glandulifera</i>	0,05±0,22	0,2±0,41												
<i>Riccia fluitans</i>	0,05±0,22													
<i>Callitriche hamulata</i>		0,4±1,06	<b>1,31±0,14</b>											
<i>Typha latifolia</i>		0,13±0,35		0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0
<i>Carex sp.</i>		0,07±0,26	0,15±0,36											
<i>Galium palustre</i>		0,07±0,26		2	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>Scirpus lacustris</i>		0,07±0,26												
<i>Sparganium emersum</i>		0,07±0,26		3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Veronica beccabunga</i>		0,07±0,26		2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Potamogeton trichoides</i>			0,15±0,46											
<i>Berula erecta</i>			0,08±0,27	3	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	3	2
<i>Myosotis scorpioides</i>			0,04±0,19	3	3	2	1	1	0	0	3	2	2	2
<i>Richesse sp'cifique</i>	22	21	12											
<b>Diagnostic écologique</b>	<b>1996</b>			4,55	7,75	<b>10,60</b>	<b>9,70</b>	1,60	1,70	4,98	<b>15,25</b>	<b>14,95</b>	<b>16,90</b>	<b>16,03</b>
	<b>2004</b>			5,63	11,43	<b>13,60</b>	<b>10,50</b>	0,27	0,87	2,30	10,40	13,27	<b>16,87</b>	<b>16,20</b>
	<b>2008</b>			1,08	3,02	<b>3,23</b>	<b>3,04</b>	0,19	0,12	1,04	3,12	4,62	<b>5,96</b>	<b>5,69</b>

Tableau 7.2.6 : diagnostic du fonctionnement écologique de la lône des Granges en 1996, 2004 et 2008. 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).

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

## Lône des Molottes

### *Avant la restauration*

La lône des Molottes est dominée par *Ceratophyllum demersum* et *Lemna minor*. *Echinochloa crus-galli*, *Elodea nuttallii* et *Potamogeton pusillus* sont également très abondantes. Cette portion de chenal présente la plus forte diversité (3 à 7 espèces par

transect). *Ceratophyllum demersum* et *Lemna minor* indiquent des conditions eutrophes. Ces espèces sont indifférentes au niveau des perturbations. *Potamogeton pusillus*, qui se développe uniquement dans cette zone, est associé à des perturbations élevées. La granulométrie plus grossière du sédiment et la présence ponctuelle de galets et graviers traduisent l'existence de perturbations décapantes. Cependant, la présence d'*Elodea nuttallii* et la part encore importante des limons dans le sédiment témoignent de processus d'alluvionnement significatifs. Aucune espèce dominante n'est associée aux eaux souterraines, ce qui milite dans le sens d'un faible drainage phréatique. La hauteur d'eau est faible (0.05 à 0.4 m), mais *Ceratophyllum demersum* et *Elodea nuttallii* suggèrent une relative permanence des eaux, au moins sur une partie de la zone.

Les données collectées en 1996, indiquaient également un milieu eutrophe, vraisemblablement alimenté par des sous-écoulements fluviaux. *Potamogeton pusillus*, majoritaire en 1996, et associée aux perturbations érosives, a 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, indique une diminution des processus érosifs au profit des processus d'alluvionnement au cours du temps. Ceci est confirmé par l'apparition d'*Elodea nuttallii* au détriment d'*Elodea canadensis* et la progression des processus d'atterrissement, en particulier dans la partie centrale de la lône, colonisée par *Phragmites australis* et *Impatiens glandulifera*. De plus, la disparition de *Chara major*, indicatrice d'une alimentation par des eaux souterraines, est potentiellement liée à l'augmentation du colmatage du substrat. En 2004, la durée de vie de la lône apparaît 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 sont faibles si la restauration ne permet 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 elle était susceptible de favoriser l'alluvionnement par affrontement des eaux de crues lors des débordements amont avec les eaux stagnantes de cette partie surcreusée.

## Évolution post-restauration

En 2008, le peuplement végétal ne varie pas fondamentalement de celui des années précédentes (Tableau 7.2.7).

	abondance moyenne $\pm$ SD			niveau de trophie				eaux		perturbations par les crues				
	1996	2004	2008	oligotrophe	m <sup>s</sup> otrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	interm <sup>d</sup> iaires	fortes	alluvionnement
<i>Elodea canadensis</i>	<b>1,88±2,03</b>	0,12±0,44		0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
<i>Potamogeton pusillus</i>	<b>1,52±1,53</b>	0,32±0,63	0,18±0,39	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	<b>1,16±1,34</b>	0,8±1,44	0,46±0,48	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Phragmites australis</i>	<b>1,04±1,86</b>	<b>0,72±1,72</b>	<b>0,68±1,63</b>	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,68±0,63	<b>0,6±0,58</b>	0,25±0,44	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,52±0,51	0,08±0,28	0,40±0,50	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Lemna minor</i>	0,42±0,50	<b>1,64±1,75</b>	<b>0,93±1,74</b>	1	1	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sparganium emersum</i>	0,28±0,54		0,04±0,19	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Chara sp.</i>	0,2±1		0,04±0,84											
<i>Potamogeton crispus</i>	0,2±0,5													
<i>Callitriche platycarpa</i>	0,16±0,37	0,08±0,28		0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,16±0,37		0,29±0,6	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Impatiens glandulifera</i>	0,04±0,2	0,48±1,08	0,04±0,19											
<i>Glyceria fluitans</i>	0,04±0,2													
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,04±0,2			0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Elodea nuttallii</i>		<b>0,68±1,68</b>	<b>0,93±1,44</b>	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Echinochloa crus galli</i>		0,4±0,58	0,54±1,10											
<i>Riccia fluitans</i>		0,04±0,2		0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Spirodela polyrhiza</i>			<b>0,62±1,42</b>	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Carex sp</i>			0,32±0,19											
Richesse sp <sup>c</sup> ifique	15	12	14											
<b>Diagnostic <math>\checkmark</math>ologique</b>	<b>1996</b>			4,55	7,75	<b>10,60</b>	<b>9,70</b>	1,60	1,70	4,98	15,25	14,95	<b>16,90</b>	<b>16,03</b>
	<b>2004</b>			5,63	<b>11,43</b>	<b>13,60</b>	<b>10,50</b>	0,27	0,87	2,30	10,40	13,27	<b>16,87</b>	<b>16,20</b>
	<b>2008</b>			1,08	<b>3,02</b>	<b>3,23</b>	<b>3,04</b>	0,19	0,12	1,04	3,12	4,62	<b>5,96</b>	<b>5,69</b>

Tableau 7.2.7 : diagnostic du fonctionnement écologique de la lône des Molottes en 1996, 2004 et 2008. 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).

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

En effet, on constate la régression d'*Elodea canadensis*, *Callitriche platycarpa*, et *Myriophyllum verticillatum*, toutes trois en général associées aux eaux souterraines mésotrophes. Par ailleurs, les espèces eutrophes persistent (e.g. *Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*), même si leur abondance est plus faible que les années précédentes, probablement du fait de la proximité de la date de la restauration, et *Spirodela polyrhiza*, associée aux eaux hypereutrophes, apparaît. Le fonctionnement de la lône n'est pas significativement modifié par rapport aux années précédentes : les eaux restent eutrophes, sans indice fort d'apport d'eau souterraine, les processus d'alluvionnement semblent perdurer. Avec les limites qu'imposent un diagnostic réalisé relativement tôt après la restauration, on peut donc conclure à une validation du pronostic, c'est à dire une conservation du statut eutrophe et des processus d'alluvionnement qui caractérisaient la lône avant la restauration.

## Analyse du secteur de Péage-de-Roussillon

### Lône de la Platière

La lône de la Platière est une lône de grande longueur (plus de 4 km) alimentée par le contre-canal du Rhône et par le Rhône lui-même, via une prise d'eau dans le canal de dérivation. L'amont de la lône (amont de la confluence avec le contre-canal) a été surcreusé sur 600 m environ à la fin des années 80, ce qui a conduit à une érosion régressive de ce tronçon de lône. La lône était jusqu'en 1992 caractérisée par des eaux eutrophes voire hyper-

eutrophes, un sédiment grossier dans la plus grande partie du lit sauf au niveau de l'extrémité aval, traduisant une influence des perturbations par les crues forte, et des processus d'alluvionnement au niveau de la confluence avec le Rhône, processus probablement contrebalancés par les processus d'érosion lors des débordements amont (Bornette & Amoros, 1990, 1993). En 2008, l'amont de la lône est caractérisé par *Elodea nuttallii*, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minuscula*, *Spirodela polyrhiza* et *Lemna minor*, associées à *Vallisneria spiralis*, toutes espèces d'eau eutrophe à hyper eutrophe, qui caractérisaient déjà la lône lors des campagnes de relevés réalisées aux dates antérieures. La lône reste caractérisée par un niveau de perturbation élevé et l'absence d'apports d'eau phréatique (Tableau 7.2.8). La restauration prévoit l'ouverture de brèches dans la digue pour favoriser les apports fluviaux, et le remaniement des berges afin d'augmenter l'hétérogénéité de l'habitat. Le but affiché des brèches dans la digue est d'augmenter la fréquence des crues. Actuellement, cette fréquence, déjà élevée, contribue à maintenir un niveau de perturbation élevé dans la lône. La lône est alimentée par le contre-canal, lui-même soutenu par une prise d'eau dans le Rhône fortement pollué par les phosphates dans ce secteur (Usines Rhône-Poulenc). L'ouverture de brèches dans la digue du vieux Rhône avait déjà été évoquée en 1990, et avait suscité une expertise négative (Bornette & Amoros 1990b). La brèche ne modifierait pas significativement la qualité de l'eau de la lône, déjà très eutrophe. Par ailleurs, le bouchon alluvial et les enrochements amont contribuent à filtrer les eaux du Rhône qui alimentent la partie amont de la lône, et contribuent probablement à améliorer légèrement sa qualité. L'ouverture de la digue éliminerait cet effet épurateur, et contribuerait donc à dégrader la situation d'eutrophisation du site. Il conviendrait également d'envisager les conséquences possibles de tels travaux sur la stabilité de la digue, qui pourrait être soumise à des déchaussements de blocs par érosion régressive. Les travaux visant à augmenter l'hétérogénéité des berges de la lône sont probablement plus opportuns, et permettront sans doute effectivement de diversifier l'habitat, et, si ces replats permettent l'établissement d'hélophytes, d'améliorer le potentiel épuratoire de la lône, très eutrophisée. Une dernière alternative serait de contribuer à augmenter les niveaux piézométriques du secteur en diminuant la pression sur les nappes phréatiques, très importante dans la partie amont de la lône.

espèces	abondance moyenne ±SD	niveau de trophie				eaux		perturbations par les crues				
		oligotrophe	m'sotrophe	eutrophe	hyper- eutrophe	O	N	aucune	faibles	interm'diaires	fortes	alluvionnement
<i>Elodea nuttallii</i>	<b>2,5</b>	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	<b>1,9</b>	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Lemna minuscula</i>	<b>1,1</b>											
<i>Vallisneria spiralis</i>	<b>1,1</b>	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Lemna minor</i>	<b>1</b>	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Spirodela polyrhiza</i>	<b>1</b>	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Najas marina</i>	0,75	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,4	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Lemna trisulca</i>	0,05	0	2	2	2	1	0	2	3	2	0	0
<i>Lycopus europaeus</i>	0,05											
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,05	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
Richesse sp'cifique	14											
<b>diagnostic ecologique</b>		1,65	7,78	<b>17,90</b>	<b>20,85</b>	0,05	<b>3,70</b>	4,40	6,45	11,40	<b>15,80</b>	11,25

Tableau 7.2.8 : Diagnostic écologique de la partie amont de la lône de la Platière. 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 en bas du tableau). Les valeurs en gras de diagnostic sont les valeurs les plus élevées, qui traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème.

Le système de la Platière est également constitué de deux **casiers Girardon**, de la **Lône du Noyer Nord** (restaurée récemment, ouverte aux deux extrémités) et de la **Lône de l'Ilon** (restaurée récemment dans sa partie aval).

Les deux casiers sont des milieux hyper-eutrophes dont le peuplement est dominé par *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, *Najas marina* et *Phragmites australis*. Le niveau de perturbation par les crues est intermédiaire à fort (Tableau 7.2.9).

Espèces	Abondance moyenne	Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
		oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Bidens tripartita</i>	0,2	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Carex sp.</i>	0,2											
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2,8	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Cyperus fuscus</i>	0,2											
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,2											
<i>Elodea nuttallii</i>	1,2	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Leersia oryzoides</i>	0,8											
<i>Lemna gibba</i>	0,2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Lemna minor</i>	0,8	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lemna minuscula</i>	0,8											
<i>Lycopus europaeus</i>	0,2	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0
<i>Lythrum salicaria</i>	0,2	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,8	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Najas marina</i>	1	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Najas minor</i>	0,2	0	0,5	2	2	0	0	0	0	0	2	2
<i>Phragmites australis</i>	1	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,4	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Potamogeton friesii ?</i>	0,2											
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	0,4	0	0	2	0	1	0	0	0	0,5	0	2
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,8	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Typha latifolia</i>	0,2	0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<b>Richesse spécifique</b>	<b>22</b>											
<b>Diagnostic écologique</b>		<b>4,8</b>	<b>10,6</b>	<b>22</b>	<b>24,7</b>	<b>0,4</b>	<b>4,6</b>	<b>10,2</b>	<b>12</b>	<b>14,4</b>	<b>17</b>	<b>16,6</b>

Tableau 7.2.9 : Diagnostic écologique de la partie amont des casiers de la lône de la Platière. 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 en bas du tableau). Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les valeurs les plus élevées, qui traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème.

La Lône du Noyer Nord est également un milieu eutrophe à hyper-eutrophe (Tableau 7.2.10), les espèces dominantes sont *Elodea nuttallii*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus fluitans*, *Spirodela polyrhiza* et *Najas marina*. Les apports en eaux souterraines sont nuls et le niveau de perturbation hydraulique fort.

Espèces	Abondance moyenne	Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
		oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Berula erecta</i>	0,04	3	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	3	2
<i>Bidens tripartita</i>	0,04	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,71	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Elodea nuttallii</i>	0,79	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Glyceria maxima</i>	0,08											
<i>Lemna minor</i>	0,79	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lemna minuscula</i>	0,83											
<i>Lycopus europaeus</i>	0,04	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0
<i>Mentha aquatica</i>	0,08	3	3	2	0,5	2	0	2	3	2	0,5	3
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,83	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Najas marina</i>	0,75	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Nasturtium officinale</i>	0,04	2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	0
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,04	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Potamogeton crispus</i>	0,04	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,29	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Ranunculus fluitans</i>	0,79	0	2	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Rorippa amphibia</i>	0,08	0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
<i>Rorippa sylvestris</i>	0,04											
<i>Solidago sp.</i>	0,04											
<i>Sparganium emersum</i>	0,04	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,79	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,42	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Richesse spécifique</i>	22											
<i>Diagnostic écologique</i>		1,92	7,17	<b>14,1</b>	<b>15,33</b>	0,38	<b>2,54</b>	3,73	7,04	8,67	<b>14,13</b>	7,83

Tableau 7.2.10 : Diagnostic écologique de la Lône du Noyer Nord. 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 en bas du tableau). Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les valeurs les plus élevées, qui traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème

La Lône de l'Ilon a été recreusée sur sa partie aval (environ 180 m), elle est également eutrophe à hyper-eutrophe (Tableau 7.2.11), *Elodea nuttallii*, *Najas marina* et *Ceratophyllum demersum* sont ici aussi les trois espèces dominantes, *Potamogeton nodosus*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minuscula* et *Myriophyllum spicatum* sont également bien représentées. Le niveau de perturbation par les crues est également important (Tableau 7.2.11).

Espèces	Abondance moyenne	Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
		oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,875	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Elodea nuttallii</i>	1,375	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Iris pseudacorus</i>	0,125	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Lemna minor</i>	1	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lemna minuscula</i>	0,875											
<i>Myosotis scorpioides</i>	0,125	3	3	2	0,5	2	0	0,5	3	2	2	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,875	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Najas marina</i>	1,625	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Phragmites australis</i>	0,125	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,125	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Potamogeton nodosus</i>	1,125	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,125	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Solidago sp.</i>	0,375											
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	1	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,75	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Richesse spécifique</i>	15											
<i>Diagnostic écologique</i>		2,69	9	<b>21,3</b>	<b>25,06</b>	0,25	<b>5,75</b>	5,5	12,4	<b>14,94</b>	<b>20,94</b>	16,34

Tableau 7.2.11 : Diagnostic écologique des casiers de la Lône de l'Ilon. 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 en bas du tableau). Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les valeurs les plus élevées, qui traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème

### Casiers d'Arcoules

Les casiers d'Arcoules sont dominés par *Elodea nuttallii*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* et *Vallisneria spiralis* (Tableau 7.2.12). Toutes ces espèces sont associées à des conditions eutrophes, voire hyper-eutrophes. En termes de perturbations, les peuplements sont diversifiés, la richesse spécifique est élevée, et présente une relativement forte diversité de végétaux aquatiques (9 espèces d'hydrophytes strictes), ce qui traduit, comme l'indique également la valeur de l'indice, un niveau de perturbations élevé. Les processus d'alluvionnement suggérés le diagnostic sont potentiellement modérés, car la plupart des relevés présentent 1) une profondeur élevée, 2) une part importante de substrat grossier. Les crues, même si elles sont susceptibles de produire localement des dépôts de sédiments, entretiennent naturellement ces casiers, qui sont probablement à un état d'équilibre. En effet, vu leur dimension et leur âge, les processus d'atterrissement, s'ils avaient été significatifs, auraient provoqué la fermeture complète des milieux. La profondeur élevée, la granulométrie grossière et la forte biodiversité d'espèces tolérantes aux perturbations, traduisent donc un auto-entretien des casiers par les crues.

espèces	abondance moyenne ±SD	niveau de trophie				eaux		perturbations par les crues				
		oligotrophe	mésotrophe	eutrophe	hyper- eutrophe	O	N	aucune	faibles	interm'diaires	fortes	alluvionnement
<i>Elodea nuttallii</i>	1,32±0,21	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,18±0,43	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,82±0,29	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,82±0,29	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,55±0,29	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Spirogyra</i> sp.	0,32±0,29											
<i>Lysimachia vulgaris</i>	0,23±0,43											
<i>Lemna minor</i>	0,23±0,35	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Carex</i> sp.	0,23±0,21											
<i>Nymphoides peltata</i>	0,18±0,21											
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,14±0,85	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Rorippa amphibia</i>	0,14±0,6	0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
<i>Leersia oryzoides</i>	0,14±0,21											
<i>Typha latifolia</i>	0,09±0,48	0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0
<i>Myosotis scorpioides</i>	0,09±0,43	3	3	2	1	1	0	0	3	2	2	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,09±0,35	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Scirpus triquetar</i>	0,09±0,35											
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,09±0,29	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Iris pseudacorus</i>	0,05±1,73	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Cyperus fuscus</i>	0,05±0,8											
<i>Najas marina</i>	0,05±0,73	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,045±0,43	0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
Richesse spécifique	22											
<b>diagnostic écologique</b>		1,59	6,59	11,95	13,36	0,09	2,00	2,75	5,32	7,91	12,02	9,82

Tableau 7.2.12 : Diagnostic écologique des casiers d'Arcoules. 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 en bas du tableau). Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les valeurs les plus élevées, qui traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème.

### Lône de la Sainte

Elle se trouve en val de la section court-circuitée, en rive droite, au droit de la restitution. Il s'agit d'une annexe relativement atterrie comportant une grande proportion d'hélophytes (Tableau 7.2.13), la partie en eau est mésotrophe à eutrophe et le niveau de perturbation hydraulique est élevé. Le nombre d'espèces de macrophytes aquatiques y est faible et les abondances moyennes aussi. Les processus d'alluvionnement sont importants comme en témoigne la (relativement) forte abondance de *Rorippa amphibia*.

Espèces	Abondance moyenne	Niveau de trophie				Alimentation en eaux souterraines		Perturbations par les crues				
		oligotrophe	Mésotrophe	eutrophe	hyper-eutrophe	O	N	aucune	faibles	intermédiaires	fortes	alluvionnement
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,5	0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Bidens tripartita</i>	0,1	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Carex sp.</i>	0,7											
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,2	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,2											
<i>Egeria densa</i>	0,5											
<i>Elodea nuttallii</i>	0,2	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Iris pseudacorus</i>	0,2	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Lemna minor</i>	0,1	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lythrum salicaria</i>	0,6	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Mentha aquatica</i>	0,1	3	3	2	0,5	2	0	2	3	2	0,5	3
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,1	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,3	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Polygonum mite</i>	1,1											
<i>Rorippa amphibia</i>	1,2	0	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3
<i>Solidago sp.</i>	0,1											
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,3	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Richesse spécifique</i>	17											
<i>Diagnostic écologique</i>		1,95	<b>6,75</b>	<b>8,1</b>	3,95	0,2	0,3	5,35	6,6	6,8	<b>34,5</b>	9

Tableau 7.2.13 : Diagnostic écologique de la Lône de la Sainte. 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 en bas du tableau). Les valeurs en gras de ce diagnostic sont les valeurs les plus élevées, qui traduisent le mieux le fonctionnement de l'écosystème

### 2.7.3.2 Analyse des données floristiques collectées sur les secteurs restaurés (Brégnier, Belley, Pierre-Bénite)

#### 2.7.3.2.1 Dynamique de la biodiversité et de la composition des peuplements

##### 2.7.3.2.1.1 Dynamique de la biodiversité

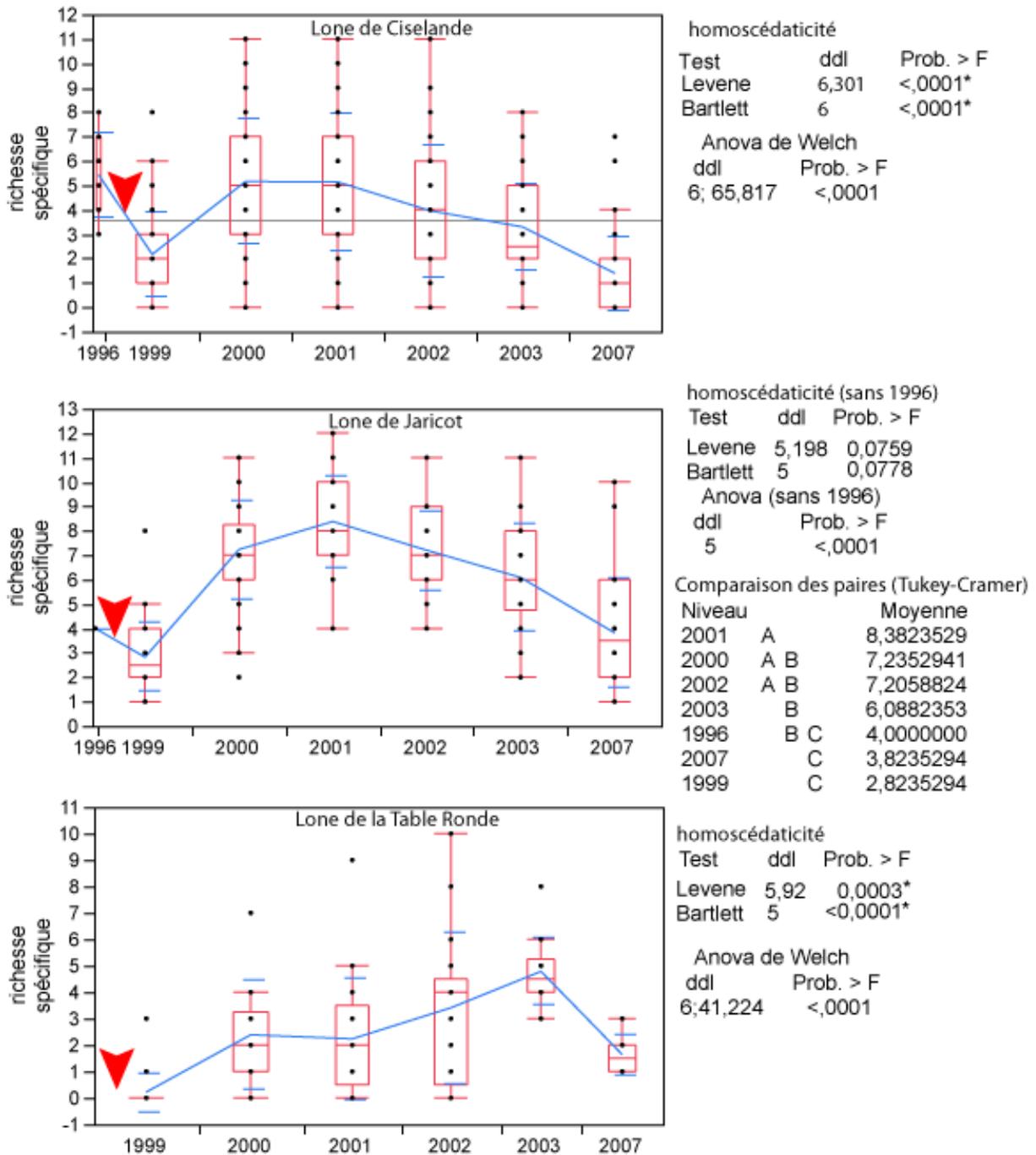
##### 2.7.3.2.1.1.1 Richesse spécifique

La dynamique de la richesse spécifique dans les différents sites restaurés a été analysée.

En ce qui concerne les lônes de Pierre-Bénite (Figure 7.2.5), pour lesquelles le recul est le meilleur, on constate dans tous les cas une augmentation significative de la richesse spécifique 2 ou 3 ans après la restauration, puis une diminution progressive de cette richesse pour atteindre des valeurs comparables, voire inférieures aux valeurs observées avant ou immédiatement après l'opération de restauration.

Ce patron souligne d'une part que l'opération de restauration n'a pas contribué à augmenter la biodiversité des lônes restaurées sur le long terme, et d'autre part que des conclusions à 3 ans concernant le bénéfice des opérations de restauration sont probablement erronées, car elles surévaluent le bénéfice des restaurations sur la richesse spécifique.

Cette forte augmentation de la richesse spécifique à court terme après l'opération de restauration témoigne en effet essentiellement de la colonisation fugace des écosystèmes par des rudérales, profitant des espaces libérés par la perturbation, mais qui ne sont pas destinées à se maintenir sur le long terme dans les lônes.



7.2.5 : richesse spécifique des peuplements végétaux observée dans les lônes du secteur de Pierre-Bénite durant les 10 ans de suivi.

Le patron observé sur les lônes du secteur de Pierre-Bénite nous aide à interpréter avec pertinence les résultats des suivis réalisés sur les lônes de Belley et Brégner-Cordon.

En ce qui concerne les lônes du secteur de Belley, la lône de Chantemerle et la petite lône montrent toutes deux une tendance à l'augmentation de la richesse spécifique bien que celle-ci soit non significative (Figure 7.2.6). Cette augmentation de la richesse spécifique s'accompagne d'une forte variance, ce qui conduit à l'analyser avec précaution. Cependant, celle-ci peut être attribuée à une augmentation de la variabilité temporelle des conditions d'habitats dans la lône, liée à la fermeture partielle de la connexion amont, ce qui favoriserait la coexistence à court terme d'espèces rhéophiles de milieu bien oxygéné et d'espèces de

milieu plus calme, plus sensibles aux contraintes du courant. Dans ce cas, l'augmentation de la richesse pourrait être fugace. Cependant, si l'évolution de la lône conduisait à une stabilisation des successions, grâce à un régime de perturbation intermédiaire, cette richesse spécifique pourrait augmenter encore progressivement et se stabiliser.

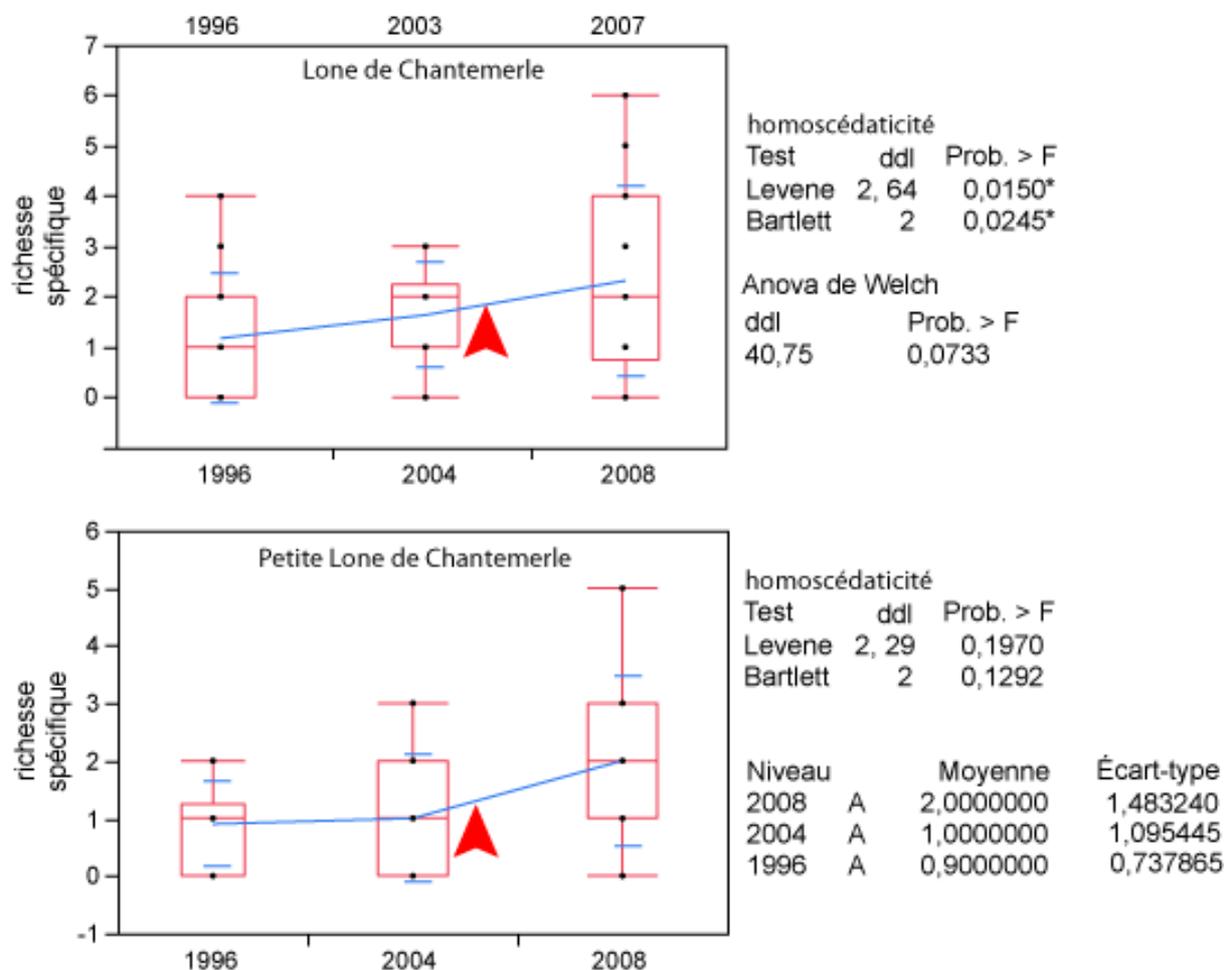


Figure 7.2.6 : richesse spécifique des peuplements végétaux observée dans la lône de Chantemerle.

En ce qui concerne les autres lônes du secteur de Belley, les lônes Béard et Moiroud montrent une augmentation de la richesse spécifique, qui se rapproche ainsi des valeurs observées en 1996. La lône Béard est cependant la seule pour laquelle cette tendance est significative (Figure 7.2.7).

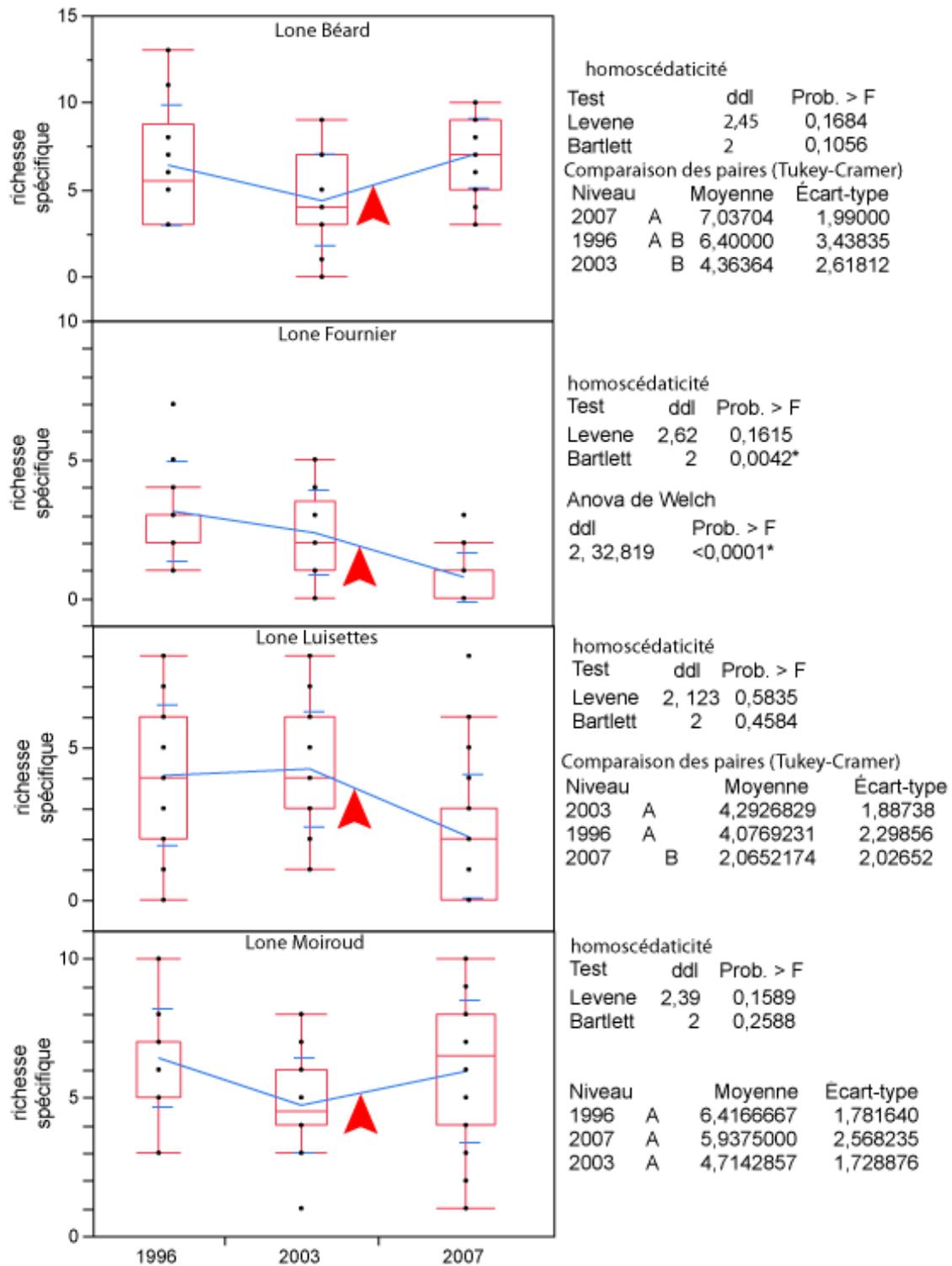


Figure 7.2.7 : richesse spécifique des peuplements végétaux observée dans les lômes de Belley

Le diagnostic post restauration concluant à un potentiel succès de cette dernière (Jézèquel & Bornette 2007), on peut faire l'hypothèse que cette tendance favorable se maintienne.

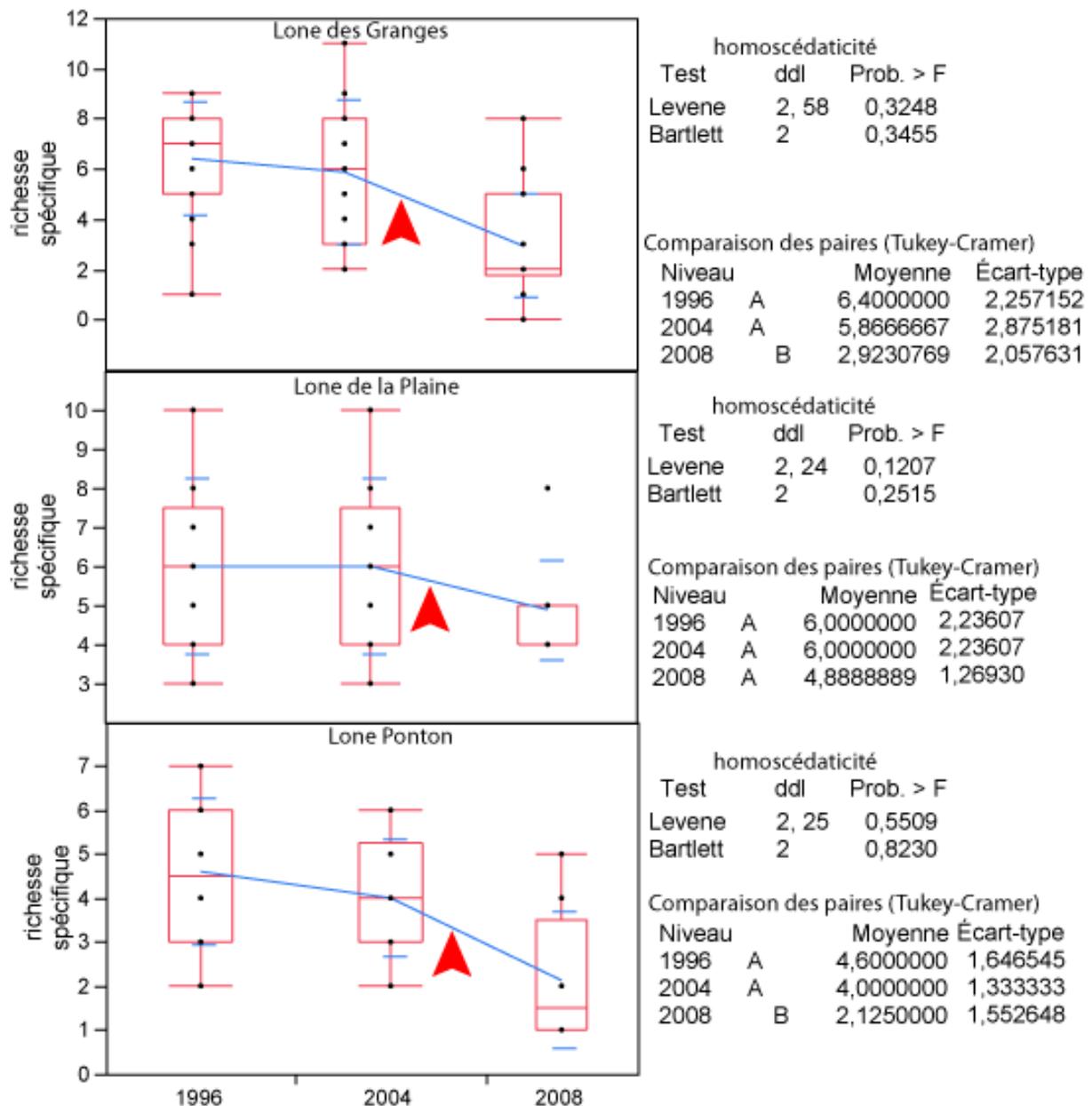


Figure 7.2.8 : richesse spécifique des peuplements végétaux observée dans les lônes de Brégner-Cordon

Les lônes Fournier et Luisettes montrent une diminution de la richesse spécifique 3 ans après la restauration, c'est-à-dire au moment où l'on pourrait attendre un pic de diversité, si l'on se réfère à la cinétique observée dans le secteur de Pierre-Bénite. On peut donc faire l'hypothèse que la restauration n'augmentera pas, même à plus long terme, la richesse spécifique dans la zone humide. La restauration semble même avoir eu un impact très négatif sur la biodiversité, puisque cette dernière est même inférieure aux valeurs observées lors des campagnes de 1996.

Les lônes de Brégner-Cordon (Figure 7.2.8) montrent toutes trois une diminution de la richesse spécifique, significative pour les lônes du Ponton et des Granges. Cette tendance s'observe 3 ans après la restauration, ce qui traduit, comme pour les lônes de Belley, un effet négatif, même à court terme, de la restauration sur la richesse spécifique. Dans toutes ces

situations, il serait nécessaire de confirmer cette tendance *a priori* négative grâce à un suivi à plus long terme des peuplements végétaux.

#### 2.7.3.2.1.1.2 Le cas d'*Elodea nuttallii*

La dynamique de l'espèce invasive *Elodea nuttallii* dans les différentes stations échantillonnées est présentée dans le Tableau 7.2.14. Dans toutes les situations, les variances sont inégales, et les variations inter-annuelles ont donc été comparées par un test non paramétrique. Dans la plupart des cas, l'abondance d'*Elodea nuttallii* varie de manière significative entre les années, et mais cette variation ne se traduit que rarement par une progression de l'abondance d'*Elodea nuttallii* à l'échelle globale de la lône, malgré les progressions très fortes observées dans certaines zones après restauration.

	1996	1999	2000	2001	2002	2003/2004	2007/2008	Wilcoxon	significatif après Bonferroni
Ciselande	0	0	0,06±0,31	0,06±0,24	0,38±0,80	0,86±1,55	0	<10 <sup>-4</sup>	*
Jaricot	0	0	0,15±0,36	0,62±0,65	1,91±1,38	1,44±1,35	0,18±0,39	<10 <sup>-4</sup>	*
Table Ronde		0	0	0	0,06±0,24	1,00±0,55	0,07±0,27	<10 <sup>-4</sup>	*
Beard	0,3±0,67					1,82±2,22	1,59±1,25	0,0042	*
Chantemerle	0					0,79±0,67	1,26±1,12	<10 <sup>-4</sup>	*
Fournier	0					0,12±0,33	0,04±0,20	0,216	
Granges	0,45±1,05					2,33±2,35	0,77±1,21	0,0298	
Luisettes	0					1,22±1,04	0,59±0,91	<10 <sup>-4</sup>	*
Moiroud	0					3,64±1,55	2,00±1,15	<10 <sup>-4</sup>	*
Petite Lone	0					0,55±1,21	1,09±1,04	0,0029	*
Plaine	0					0	0,11±0,33	0,3679	
Ponton	0					0,5±1,80	0	0,1546	

Tableau 7.2.14: abondance moyenne (±SD) d'*Elodea nuttallii* dans les lônes restaurées, et analyse de la signification des changements d'abondance observés.

Il est possible que la stagnation de l'invasion à l'échelle globale de la lône soit liée au fort taux d'alluvionnement qui caractérise fréquemment les lônes infestées, alluvionnement dont l'intensité pourrait se révéler incompatible avec la survie des espèces submergées en général, et d'*Elodea nuttallii* en particulier, malgré sa bonne tolérance à ces processus.

#### 2.7.3.2.1.2 Dynamique des peuplements

La dynamique comparée de l'ensemble des lônes restaurées est présentée sur la Figure 7.2.9. Cette analyse permet de mesurer l'amplitude relative du changement floristique induit par l'opération de restauration dans chaque lône. Elle est complémentaire d'un diagnostic écologique, car ce dernier donne une analyse du fonctionnement faisant abstraction du contenu floristique, en ne s'attachant qu'à la signification écologique des peuplements.

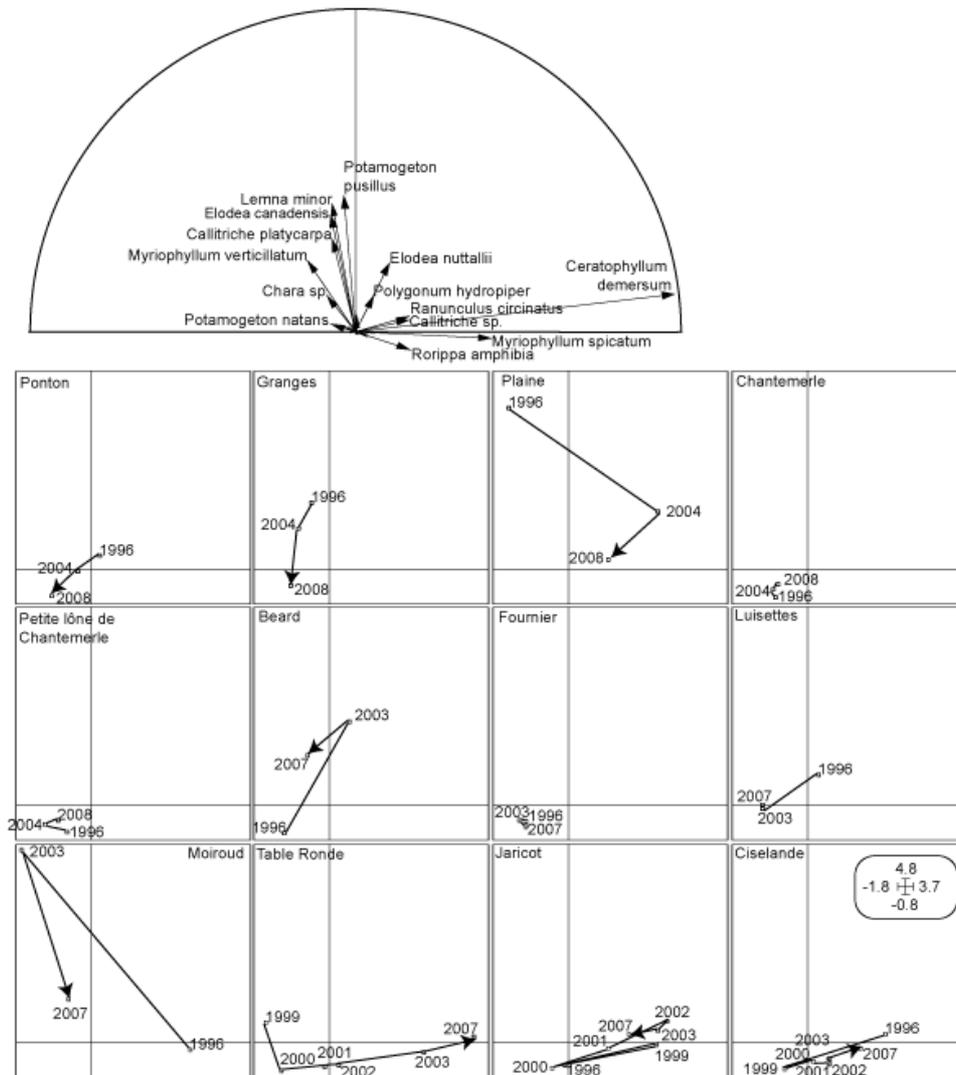


Figure 7.2.9 : Carte factorielle F1xF2 de l'ACP centrée inter-classes des données floristiques collectées sur les îlots restaurés de Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite. Les espèces proches de l'origine du cercle des corrélations ne sont pas représentées. L'analyse représente 43% de l'inertie totale du tableau de données, et les deux premiers axes représentent 46,4% de l'inertie de l'analyse.

Les points sont organisés principalement par l'abondance de *Ceratophyllum demersum* sur l'axe F1, cette espèce correspondant à des eaux calmes et eutrophes à hyper eutrophes. Elle est associée à *Myriophyllum spicatum*, également liée aux eaux eutrophes, et dans une moindre mesure à *Rorippa amphibia*, *Ranunculus circinatus* et *Callitriche* sp. La plupart de ces espèces témoignent de conditions eutrophes, et de processus d'alluvionnement pour *Rorippa amphibia*.

L'axe F2 est associé principalement à *Potamogeton pusillus*, *Lemna minor* et *Elodea canadensis*, et dans une moindre mesure à *Callitriche platycarpa*, *Elodea nuttallii*, et *Myriophyllum verticillatum*. Ces espèces ont des exigences écologiques relativement contrastées, et masquent un axe F3 à inertie relativement élevée également (0,14). *Lemna minor*, et dans une moindre mesure *Elodea nuttallii*, sont clairement associées aux eaux eutrophes, les autres espèces étant plus fréquemment rencontrées dans les eaux mésotrophes perturbées, alimentées ou non par des eaux phréatiques.

Certaines lînes, comme Chantemerle, la petite lîne de Chantemerle ou Fournier, n'ont pas ou peu été affectées floristiquement par l'opération de restauration, comme en témoigne la bonne superposition des différentes dates d'échantillonnage.

Les lînes du Ponton, des Granges et des Luisettes montrent des changements d'envergure plus importante, mais qui reste modérés. Ces changements sont directionnels et traduisent dans les trois cas la diminution significative de la richesse floristique observée dans ces trois lînes après l'opération de restauration.

Les lînes Moiroud, Plaine et Béard montrent des changements floristiques très importants, qui se traduisent par un changement de fonctionnement écologique dans le cas de Béard. En effet, sa trajectoire montre que la restauration a ramené cette lîne à un état floristique proche de celui de 1996 (Jézéquel & Bornette 2007). En ce qui concerne la lîne Moiroud, la trajectoire très marquée traduit des variations floristiques importantes, avec en particulier la forte dominance d'espèces de milieux eutrophes (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, et *Myriophyllum spicatum*) en 2003 et 2007, associée à une augmentation (non significative) de la richesse spécifique en 2007. La lîne de la Plaine montre également des changements floristiques de forte intensité et directionnels, qui traduisent la forte diminution de la richesse spécifique observée dans cette lîne depuis 2004.

Les lînes de Pierre-Bénite montrent des variations essentiellement réparties sur l'axe F1, et qui correspondent à des modifications d'abondance de *Ceratophyllum demersum*, espèce fortement inféodée aux conditions d'eau eutrophe stagnante. Lorsque l'on étudie plus précisément la dynamique de cette espèce dans les différents sites restaurés (Tableau 7.2.15), on constate en effet que l'espèce diminue fortement dans les lînes de Ciselande et Jaricot après la restauration, mais voit progressivement ensuite son abondance augmenter, parfois très fortement (Table Ronde) au fil du temps, sauf en 2007, où cette abondance diminue dans les 3 sites, sans doute consécutivement aux forts débits observés cette année-là. Ces changements traduisent une tendance à l'eutrophisation parfois forte (Table Ronde) des lînes de Pierre-Bénite, tendance limitée par les crues. En effet, les forts débits limitent l'augmentation estivale des températures et maintiennent des eaux courantes dans certains sites, ce qui empêche le développement de l'espèce, qui est une espèce thermophile non fixée.

	1996	1999	2000	2001	2002	2003/2004	2007/2008	Wilcoxon	significatif après Bonferroni
Ciselande	2±1,63	0,47±0,64	1,06±1,33	1,34±1,27	1,48±1,42	1,9±1,23	1,08±1,38	<10 <sup>-4</sup>	*
Jaricot	3,5±2,12	0,68±0,68	1,79±1,61	2,88±1,57	2,26±1,60	1,53±1,44	0	<10 <sup>-4</sup>	*
Table Ronde		0	1±0,91	1,29±1,26	3,35±2,06	4,64±1,08	3,78±1,12	<10 <sup>-4</sup>	*
Béard	1,9±2,23					1,64±2,20	0,26±0,45	0,0249	
Chantemerle	0					0	0,045±0,21	0,3596	
Fournier	0					0	0		
Granges	1±1,21					0,13±0,35	0,08±0,27	0,001	*
Luisettes	0,05±0,22					0,1±1,3	0,09±0,28	0,7269	
Moiroud	0,41±0,51					0,5±0,65	1,31±1,62	0,2983	
Petite Lone	0,5±0,53					0	0,27±0,47	0,0332	
Plaine	2,89±1,9					3,89±1,36	2,44±1,66	0,1989	
Ponton	1,20±1,39					0,7±1,33	0,13±0,35	0,1073	

Tableau 7.2.15 : abondance moyenne (±SD) de *Ceratophyllum demersum* dans les lînes restaurées, et analyse de la signification des changements d'abondance observés.

### 2.7.4 Conclusion

L'analyse des caractéristiques physico-chimiques des lînes restaurées montre que la restauration a favorisé dans certains cas l'alimentation de la lîne par les eaux souterraines

provenant potentiellement d'aquifères de versant (karstiques, eg Béard, Luisettes). L'augmentation de cette connectivité est susceptible de favoriser certaines espèces patrimoniales sensibles aux apports d'eau souterraines (e.g. *Hottonia palustris*), mais également de limiter les processus successionnels, en 1) évacuant une partie des fines s'accumulant dans la lône, 2) diminuant la productivité végétale (température et charge nutritionnelle moindre). Cet effet n'est cependant sensible que si le débit de ces apports est suffisant, ce qui ne semble pas être le cas en ce qui concerne par exemple Luisettes et Béard, dont les fluctuations thermiques restent parmi les plus élevées. Certaines lônes (eg Ponton, Moiroud, Granges) ont vu la part d'alimentation par des sous-écoulements fluviaux augmenter après la restauration, ce qui peut venir contrebalancer partiellement l'effet bénéfique des apports phréatiques de versant, car les sous-écoulements fluviaux sont eutrophes.

Les restaurations provoquent potentiellement une augmentation de la richesse spécifique à court terme dans les écosystèmes restaurés, liée au recrutement important d'espèces dans l'écosystème, mais ce recrutement n'est pas pérenne dans les lônes sur lesquelles le recul est suffisant (Pierre-Bénite). D'autre part, ce bénéfice à court terme n'est pas toujours avéré. En effet, parmi les différentes situations de restauration du secteur de Belley et Brégnier-Cordon, seules 2 lônes (Chantemerle, Béard) montrent une augmentation significative à court terme de la richesse spécifique. Cette situation n'ayant pas de répliqués sur les sites sur lesquels nous disposons de données à long-terme, il conviendrait de poursuivre le suivi écologique de ces lônes, afin de mesurer l'impact à long terme de la restauration sur la biodiversité végétale.

En termes d'invasion, les restaurations n'ont pas eu un impact fort sur le processus d'invasion par *Elodea nuttallii*, probablement car l'espèce est peu tolérante aux processus d'alluvionnement élevés, quand ceux-ci conduisent à une déconnexion de la lône avec les aquifères.

En termes de bénéfice écologique de la restauration, le bilan est plus mitigé sur Brégnier-Cordon que sur Belley. Dans tous les cas, le recul semble insuffisant pour conclure sur l'impact définitif de la restauration. Cependant, on n'observe pas d'amélioration du fonctionnement écologique des lônes, qui semblent toutes caractérisées par des eaux eutrophes et des processus d'alluvionnement après restauration, ce qui milite dans le sens d'une durabilité faible des états restaurés.

Il est trop tôt pour établir un bilan définitif des restaurations sur les secteurs de Belley et 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). Enfin, en ce qui concerne les risques d'invasion, ceux-ci semblent maîtrisés sur le Haut-Rhône, mais sont bien réels et entraîneraient potentiellement des conséquences écologiques fortes s'ils entraînaient la colonisation par des espèces monopolistes, dont l'allélopathie est avérée (eg *Ludwigia peploides* ou *grandiflora*, *Fallopia* sp.).

### 3) Approche géographique

#### 3.1 Chautagne



Figure 3.1.1 Le Vieux-Rhône de Chautagne

#### **Le site, l'état initial**

Le Vieux-Rhône de Chautagne présente quelques particularités par rapport à ceux de Belley et de Brégnier-Cordon : il est relativement court (environ 8km), sa pente est relativement forte, il ne reçoit aucun affluent, les valeurs de débit réservé avant restauration étaient relativement faible (10-20 m<sup>3</sup>/s en fonction de la saison). La description de l'état initial a fait l'objet d'un rapport détaillé (Olivier et al., 2004a). Le peuplement de poissons montrait une évolution progressive depuis la mise en service de l'aménagement de Chautagne avec une régression notable des populations de hotus et vandoises, des populations affaiblies de truites et d'ombres commun et une très forte progression des populations de vairons, barbeaux fluviatiles et loches franches, espèces plus caractéristiques des cours d'eau de plus petites dimensions. En ce qui concerne les invertébrés du chenal, les résultats présentés ici sont issus des trois campagnes d'échantillonnage pré-restauration réalisées en 2002 et 2003 :

- Un total de 111 taxons ont été échantillonnés au cours de ces campagnes pré- et post-restauration.
- Le peuplement typique d'un épiptamon présente une faune mixte de taxons spécifiques des grandes rivières (e.g. *Potamanthus luteus*) et de taxons rencontrés sur de plus petit cours d'eau (e.g. *Leuctra*, *Baetis*).
- La plupart des taxons rencontrés dans ce secteur sont eurythermes et donc capables de supporter des variations importantes de température de l'eau.
- Pour l'essentiel, les taxons sont oligotrophes ou mésotrophes témoignant d'une assez bonne qualité biologique du secteur.
- Les taxons dominants présentent une forte affinité pour des habitats à substrat grossier recouvert d'algues filamenteuses largement rencontrés dans le secteur de Chautagne étudié.
- On peut souligner la présence de quatre espèces invasives *Dugesia tigrina*, *Dreissena polymorpha*, *Potamopyrgus antipodarum* et *Physella acuta* avant restauration et l'apparition de deux nouvelles espèces invasives (*Corbicula fluminea* et *Dikerogammarus villosus*) après restauration.

- Nos résultats montrent que la plupart des taxons échantillonnés ne se répartissent pas au hasard dans le milieu mais présentent des préférences marquées pour des contraintes hydrauliques particulières exercées au fond du cours d'eau.

### **La restauration (2003-2004)**

Le débit réservé a été modifié (50 m<sup>3</sup>/s de septembre à avril et 70 m<sup>3</sup>/s de mai à août), deux bras ont été ré-ouverts en amont du Vieux-Rhône au droit des deux seuils édifiés en 1996 et les lônes de Malourdie (figure 3.1.2, partiellement alimentée par les eaux du contre-canal de rive gauche) et du Brotalet (figure 3.1.3) ont été réhabilitées.

### **Les effets prédits et observés**

Le suivi post-restauration du Vieux-Rhône et des lônes a débuté en automne 2004 (Olivier et al., 2005a, 2006, 2007).

Les modélisations de qualité de l'habitat indiquent que l'augmentation du débit devrait favoriser les espèces de poissons vivant dans des conditions rapides et/ou profondes (ombre, barbeau, ablette, hotu, vandoise) par rapport aux autres. Cette tendance est continue, bien que particulièrement marquée en dessous de 50 m<sup>3</sup>/s. Les résultats obtenus (proportions d'espèces d'eaux courantes) depuis 2004 sont très variables et ceux de 2006 sont très voisins de ceux de la période 1996-2003 et contrastés par rapport à ceux de 2005. L'effet du changement de débit réservé doit être révélé par une augmentation des effectifs de certaines espèces. On ne pourra 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 donc en mesure d'augmenter ultérieurement les effectifs de géniteurs. Il devrait en découler un renforcement des populations avec des structures d'âges plus équilibrées. Les effets des modifications de disponibilité des habitats favorables pour les poissons appartenant à la guildes des « espèces d'eaux courantes » engendrées par l'augmentation du débit réservé ne pourront être mesurés de manière significative qu'après plusieurs années.

Au sein du chenal principal, la vitesse moyenne du courant a doublé après augmentation du débit minimum. Les résultats obtenus concernant les poissons sont variables à Chautagne depuis 2004. Il semble néanmoins que la tendance d'augmentation des espèces d'eau courante (de 11 à 21 %, notamment barbeau, ablette) se confirme sur différentes stations, et inverse en partie la tendance d'évolution depuis la construction du barrage. Les populations de salmonidés (truite et ombre), intéressantes sur le site, restent en effectifs réduits.

On ne pourra 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 sont écologiquement très différentes l'une de l'autre : la Lône de la Malourdie reste un milieu froid, avec des eaux très transparentes et peu propice au développement des poissons. La Lône du Brotalet, au contraire, représente une annexe fluviale dont les caractéristiques physiques (largeur, profondeur, température) et biologiques (développement important de la végétation aquatique) lui confèrent des qualités en tant que zone de reproduction et de grossissement pour les poissons.

Concernant les macro-invertébrés du chenal, les prédictions issues de la modélisation prévoient une augmentation de la densité des taxons rhéophiles. Cependant à Chautagne, cette augmentation sera probablement moins forte que dans les deux autres secteurs les conditions hydrauliques pré-restauration étant déjà propices aux taxons rhéophiles. Les prédictions issues de la modélisation prévoient également une diminution de la densité des taxons limnophiles dans le chenal.

Les données post-restauration de Chautagne peuvent paraître décevantes. Ces résultats montrent en effet que seuls les taxons limnophiles répondent dans le sens des prédictions du modèle FSTress. Cependant, il faut noter que la validation du modèle FSTress ne se fera que sur du long terme et il n'est pas étonnant que la première campagne post-restauration ne nous révèle pas immédiatement les attendus. De plus, des paramètres indépendants à la restauration viennent troubler ces résultats. En effet, les variations des débits journaliers dues à la gestion des barrages notamment les semaines précédant l'échantillonnage de la campagne de 2006 ont probablement eu des effets sur les peuplements faunistiques en place. De plus, l'implantation de l'espèce invasive *Dikergammarus villosus* pendant les travaux de restauration du Haut Rhône pose en effet un réel problème.

D'un point de vue sédimentaire, la forte sédimentation observée la première année s'est réduite significativement les années suivantes, même si les valeurs observées alors restent très élevées par rapport aux observations avant travaux. Dans la lône du Brotalet, la sédimentation est plutôt sableuse et le taux de sédimentation est très hétérogène au sein de la lône, le fait que la lône devienne courante lorsqu'elle est connectée par l'amont (en crue) devrait limiter le processus de sédimentation. La sédimentation dans la Lône de la Malourdie est de type limono-argileuse (30/40 microns). Il est encore trop tôt pour calibrer un modèle de sédimentation sur les données post-restauration.



Figure 3.1.2 Lône de la Malourdie après restauration



*Figure 3.1.3 Lône du Brotalet après restauration*

### **3.2 Belley**



*Figure 3.2.1 Le Vieux-Rhône de Belley*

#### **Le site, l'état initial**

Le Vieux-Rhône de Belley renferme une grande diversité d'habitats tant dans le Vieux-Rhône lui-même que dans ses annexes. Il est connecté au Lac du Bourget par le Canal de Savières et reçoit le Sérans, affluent de rive droite. Trois seuils importants ont été édifiés dans le Vieux-Rhône (Fournier, Lucey et Yenne), ce qui induit la présence en amont de ces ouvrages de secteurs plus lenticulaires. Les mesures réalisées pour la définition de l'état initial avant restauration concernaient les poissons et les invertébrés benthiques du chenal, les invertébrés benthiques de 7 îlots (Béard, Fournier, Luisettes, Moiroud, Îlot d'En l'île, Lucey), les poissons dans 5 îlots (Béard, Fournier, Luisettes, Moiroud, Anse de Yenne - Îlot d'En l'île), la végétation aquatique de 4 îlots (Luisettes, Moiroud, Béard et Fournier) et le suivi sédimentologique de 6 îlots (Luisettes, Moiroud, Fournier, Béard, Lucey, Anse de Yenne).

Le Vieux-Rhône de Belley constitue un milieu riche en habitats pour la faune piscicole, ce qui se traduit dans la structure de peuplement par la coexistence d'un grand nombre d'espèces dont les exigences écologiques sont variées. La coexistence de bras latéraux plus ou moins actifs ; de zones protégées du courant, de basses de convexité et de chenaux très courants permettent d'expliquer la richesse faunistique de ce secteur. Le Vieux-Rhône abrite des espèces très exigeantes vis-à-vis des conditions hydrauliques et physico-chimiques comme l'ombre commun, la truite fario et quelques cyprinidés rhéophiles et des espèces plus caractéristiques des milieux stagnants comme la tanche ou le gardon. On retrouve dans ce Vieux-Rhône une faune caractéristique du Rhône. L'examen des structures de tailles des poissons capturés a montré que pour les espèces pour lesquelles les effectifs échantillonnés étaient suffisants, les poissons appartenaient à plusieurs classes d'âge, ce qui témoigne du bon fonctionnement des populations. La simulation de la qualité de l'habitat des poissons réalisée avec la méthode des 'microhabitats' (logiciel Estimab) a permis de calculer l'évolution des surfaces utiles pour des guildes de poissons et quelques espèces comme l'ombre commun, qui, comme le barbeau fluviatile, devrait bénéficier de l'augmentation du débit réservé.

L'évolution de la structure des communautés de poissons du chenal de Belley en 2008 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 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, ou 2) la forte variabilité des effectifs d'ablette, en baisse. Il est également possible que la forte diversité du site (restauration de lônes, mise en eau de bras secondaires) complexifie la réponse biologique. Le peuplement reste néanmoins particulièrement diversifié, avec la présence d'ombres et de lotes.

En ce qui concerne les invertébrés du chenal, les résultats présentés ici sont issus des trois campagnes d'échantillonnage pré-restauration réalisées en 2002 et 2003 :

- Au cours de ces campagnes, 98 taxons ont été échantillonnés.
- Le peuplement typique d'un épiptamon présente une faune mixte de taxons spécifiques des grandes rivières (e.g. *Potamanthus luteus*) et de taxons rencontrés sur de plus petits cours d'eau (e.g. *Leuctra*, *Baetis*) très fortement dominée par les espèces ubiquistes du genre *Gammarus*.
- La plupart des taxons rencontrés dans ce secteur sont eurythermes et donc capables de supporter des variations importantes de température de l'eau.
- Pour l'essentiel, les taxons sont oligotrophes ou mésotrophes témoignant d'une assez bonne qualité biologique du secteur.
- On peut souligner la présence de 4 espèces invasives *Dugesia tigrina*, *Dreissena polymorpha*, *Potamopyrgus antipodarum* et *Physella acuta*.
- Les taxons dominants présentent une forte affinité pour des habitats à substrat grossier recouvert d'algues filamenteuses ou une forte affinité pour des habitats avec accumulation de matière organique.
- La plupart des taxons échantillonnés ne se répartissent pas au hasard dans le milieu mais présentent des préférences marquées pour des contraintes hydrauliques particulières exercées au fond du cours d'eau.

Les communautés d'invertébrés aquatiques étudiées dans les lônes du secteur de Belley dans le cadre de l'établissement de l'état initial traduisaient, par les variations de leur composition taxonomique, une organisation le long d'un gradient d'influence par le fleuve. Sur ce gradient, les lônes de l'île Béard et Moiroud sont relativement peu influencées par le chenal principal. A l'intérieur de chaque lône, une diversification s'opère entre l'amont, généralement caractérisé par des "mouilles" plus ou moins isolées (Fournier, Luisettes, Moiroud, Béard) et pouvant accueillir des taxons typiques de petits milieux stagnants, et l'aval, ouvert sur le fleuve et présentant classiquement une affinité faunistique plus forte avec lui (Fournier, Moiroud, Béard).

Les métriques calculées à partir des données faunistiques tendent à décrire un ensemble relativement homogène de lônes. Cette observation est à mettre en relation avec le fait que ces milieux - à l'échelle de l'ensemble des anciens chenaux fluviaux rhodaniens - peuvent être considérés comme assez homogènes du point de vue géomorphologique et hydrologique (parapotamons globalement très influencés par le Rhône). D'un point de vue fonctionnel, les communautés échantillonnées étaient composées en moyenne d'un tiers d'individus appartenant à des taxons à affinité potamique. Elles étaient dominées par des invertébrés utilisant de la matière organique benthique fine et pouvant accomplir plus d'un cycle de développement annuel. Le contrôle prédateurs / proies y était équilibré.

Les métriques basées sur les richesses taxonomiques et le statut des espèces ont permis de singulariser certaines lônes. Les lônes Béard (coléoptères aquatiques de milieux stagnants) et Fournier (forte richesse en espèces potentiellement "patrimoniales" et en trichoptères et d'éphéméroptères) sont ainsi mises en évidence par plusieurs métriques pour leur richesse taxonomique élevée.

Les espèces exogènes, essentiellement des mollusques, étaient présentes dans toutes les lônes et atteignaient leur abondance relative maximale dans les lônes les plus influencées par le fleuve (Chantemerle, Fournier). Elles étaient absentes de la Lône Béard.

Le diagnostic floristique (macrophytes) établi sur les 4 lônes échantillonnées en 2003 avant restauration était le suivant :

1. la lône Béard était fortement soumise aux processus d'alluvionnement. Les communautés végétales rencontrées étaient caractéristiques des milieux eutrophes (riches en éléments nutritifs). Les apports en eaux souterraines étaient nuls dans la partie amont de la lône et très faibles en aval.
2. La lône Fournier présentait également des caractéristiques de milieu eutrophe, avec des processus d'érosion élevée (chenal de crue) et de forts apports en eaux souterraines.
3. La lône des Luisettes avait été découpée en 2 zones floristiques :
  - a. une zone aval possédant des conditions d'habitat méso-eutrophes à eutrophes, avec des processus d'érosion élevés et des apports d'eaux souterraines significatifs ;
  - b. une zone amont de type méso-eutrophe subissant des épisodes d'érosion importants et recevant des apports d'eaux souterraines très significatifs.
4. La lône Moiroud était colonisée par des espèces de milieux eutrophes, elle était dominée par une espèce invasive (*Elodea nuttallii*). Cette lône se comblait progressivement (fort alluvionnement) et son alimentation par des eaux souterraines était très réduite.

### La restauration (2004-2005)

Le débit réservé a été modifié en juillet 2005 selon les modalités suivantes :

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
60 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	60	90	100	90	80	80	80	60	60	60	60

Parmi les neuf lônes faisant l'objet d'un projet de réhabilitation (Anse de Chanaz, Lône d'Orgeval, Lône des Luisettes, Lône Moiroud, Lône de l'Île Béard, Lône Fournier, Lône de Lucey, Anse de Yenne Lône d'en l'île, Lône de Virignin) cinq sont intégrées au suivi écologique du programme de restauration (Lône des Luisettes, Lône Moiroud, Lône de l'Île Béard, Lône Fournier, Anse de Yenne Lône d'En l'Île). La description de l'état initial porte donc sur le Vieux-Rhône *sensu-stricto* (chenal actif) et les 5 annexes retenues. Les thématiques retenues dans le Vieux Rhône concernent les poissons et les macro-invertébrés ;

dans les lônes, elles concernent la géomorphologie, la végétation aquatique et les macro-invertébrés.

### **Les effets prédits et observés**

Le suivi post-restauration du Vieux-Rhône et des lônes a débuté en automne 2005 (Olivier et al., 2005a, 2006, 2007).

Dans le Vieux-Rhône, les résultats de l'échantillonnage de la faune piscicole réalisé en septembre 2006 et 2007 confirment les connaissances acquises en 2004 et 2005. Les populations de poissons du Vieux-Rhône de Belley sont généralement en bonne santé avec une proportion importante de poissons échantillonnés ayant intégré la fraction reproductrice des populations. Néanmoins, les résultats obtenus en 2006 sont moins démonstratifs que ceux acquis antérieurement en raison de la très forte diminution de l'abondance de certaines espèces dans les échantillons (ombre commun, vandoise, vairon, hotu, loche franche). Cette observation ne reflète probablement pas une diminution significative des effectifs de ces espèces dans le Vieux-Rhône de Belley mais est probablement due aux conditions d'échantillonnage (historique des débits avant la date de pêche, météorologie...). La modélisation des changements des caractéristiques hydrauliques des habitats aquatiques en relation avec la modification du débit réservé prévoit une augmentation de la proportion d'espèces qualifiées « d'espèces d'eaux courantes » (ombre commun, barbeau, ablette, hotu, vandoise). La proportion « d'espèces d'eaux courantes » est relativement stable sur la période considérée (2004-2007), ceci est dû à la diminution des effectifs de hotus, de vandoises et d'ombres communs échantillonnés en 2006 et 2007. Les observations futures permettront de statuer sur la réponse effective des communautés de poissons suite à l'augmentation de débit réservé.

Concernant les macro-invertébrés du chenal, les résultats montrent une augmentation du pourcentage d'individus rhéophiles dans ce secteur. Elle repose essentiellement sur la chute des effectifs de *Gammarus* mais aussi sur une très forte augmentation des effectifs de *Potamanthus luteus* (densités triplées) et d'Orthocladinae (densités plus que doublées) au cours des campagnes post-restauration.

Après réhabilitation, les lônes possèdent des caractéristiques morphodynamiques différentes. La Lône des Luisettes a été réhabilitée dans sa partie amont qui est alimentée principalement par le sous-écoulement du Rhône. Cette lône présente donc deux parties distinctes : l'amont avec une température relativement fraîche et une eau très limpide et une partie aval, inchangée, dont les rives sont colonisées par une importante végétation aquatique et une ripisylve importante. Elle abrite une faune diversifiée. La Lône Moiroud a été curée et sa profondeur a été augmentée. Elle est encore en cours de recolonisation et son état devrait encore évoluer rapidement au cours des deux prochaines années. Elle a conservé une faune lénitophile (rotengle, tanche) mais les densités sont faibles, le suivi futur montrera vers quel profil fonctionnel elle évolue. La Lône Béard a été très rapidement colonisée par la végétation aquatique et semble abriter peu d'espèces de poissons. La Lône Fournier apparaît comme hétérogène avec une partie amont avec un substrat grossier (galets), alimentée par le sous-écoulement et présentant des rives colonisées par la renouée du Japon. La partie aval est peu profonde avec un substrat variable et peu d'abris pour les poissons, la végétation aquatique est rare ou peu dense, ce qui explique sans doute le faible nombre d'espèces échantillonnées. Les caractéristiques morphologiques de l'Anse de Yenne ont relativement évolué à la suite des crues qui ont suivi les travaux de réhabilitation, transformant un milieu initialement courant (présence de truites en 2005) en une annexe plutôt lenticule. Elle abrite aujourd'hui une faune

piscicole mixte traduisant sa connexion avec le chenal principal. Elle possède de nombreux abris (branches, excavation sous berges) très utilisés par les poissons (vandoises, chevaines). Les résultats des pêches réalisées en 2008 sont relativement décevants par rapport à ceux des années précédentes mais ce phénomène est probablement conjoncturel.

La première campagne post-restauration de suivi de la végétation aquatique a été réalisée en 2007.

#### *Lône Béard*

La communauté végétale aquatique de la Lône Béard montre une hétérogénéité amont-aval.

La richesse spécifique ayant augmenté entre 2003 et 2007 à l'amont avec l'apparition d'espèces indicatrices d'apports phréatiques. Le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** et de la présence **d'apports phréatiques** et de **processus d'alluvionnement**.

Dans la partie médiane, le curage réalisé en 2005 a entraîné de grandes modifications du peuplement végétal. La richesse spécifique a fortement augmenté (passage de 11 espèces à 21 espèces), par la venue d'espèces de milieux courants et d'espèces indicatrices d'apports phréatiques. Les espèces de conditions eutrophes régressent et indiquent un changement des conditions trophiques vers un stade mésotrophe. S'il semble y avoir une meilleure connexion de la zone humide avec les aquifères et le Seran, elle s'avère insuffisante pour inverser le processus d'alluvionnement donc de colmatage progressif de la lône. De plus, l'espèce invasive, *Elodea nuttallii*, a fortement progressé dans cette zone suite au curage, et risque de devenir dominante à court terme. Le peuplement dominant témoigne de **conditions mésotrophes** et de la **présence d'apports phréatiques** (*Sparganium emersum*, *Potamogeton natans*, *Berula erecta*), d'un niveau de **perturbations moyen** et de la présence de **processus d'alluvionnement** (*Phalaris arundinacea*, *Ranunculus fluitans*, *Glyceria fluitans*, *Potamogeton crispus*).

Dans la partie aval, *Elodea nuttallii*, espèce invasive, est toujours dominante, même si son abondance a légèrement diminué. Le curage de cet espace e réalisé en 2005 ne modifie pas significativement le peuplement végétal présent. Les mêmes espèces sont présentes, avec des abondances similaires. Le peuplement dominant témoigne de **conditions méso-eutrophes** avec des **apports phréatiques moyens** (*Sparganium emersum*, *Potamogeton natans* et *Berula erecta*), d'un niveau de **perturbation moyen** et de l'existence de **processus d'alluvionnement** (*Elodea nuttallii*, *Phalaris arundinacea*).

On notera la présence d'*Utricularia vulgaris* et de *Sparganium emersum*, espèces protégées en région Rhône-Alpes.

#### *Lône Fournier*

Dans la Lône Fournier, une forte diminution de la richesse spécifique est visible (passage de 13 espèces à 6 espèces) entre 2003 et 2007. Si les espèces spécifiques des milieux perturbés (*Phalaris arundinacea*, *Myriophyllum spicatum*) se maintiennent, les espèces témoignant d'apports phréatiques ont disparu. *Elodea nuttallii* montre une diminution de son abondance. Le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et de **processus d'alluvionnement** probablement limités aux berges et aux extrémités de la lône.

#### *Lône des Luisettes*

La richesse spécifique a fortement diminuée dans la partie amont entre 2003 et 2007. L'espèce invasive, l'*Elodea nuttallii*, apparue en 1996, est à présent dominante même si son abondance semble avoir diminué (ce qui peut être du aux effets instantanés du curage). Si certaines espèces indicatrices d'apports phréatiques sont toujours présentes (*Characées*, *Groenlandia densa*), un certain nombre a disparu suite au curage de la lône (*Eleocharis acicularis*, *Ranunculus trichophyllus*), pouvant indiquer une diminution du débit phréatique. Les quelques espèces présentes en 2007 semblent indiquer un processus d'alluvionnement, absent en 1996 et 2003. Le peuplement dominant témoigne de **conditions mésotrophes, d'apports phréatiques faibles, d'un niveau de perturbations moyen et de la présence de processus d'alluvionnement.**

Dans la partie aval de la Lône des Luisettes, une diminution de la richesse spécifique est visible entre 2003 et 2007. L'espèce invasive *Elodea nuttallii* régresse au profit d'une espèce indicatrice d'échanges phréatiques, *Potamogeton natans*. S'il semble y avoir une amélioration des conditions trophiques, il n'est pas possible de conclure à une meilleure connectivité avec les aquifères. Le peuplement dominant témoigne de **conditions mésotrophes, d'apports phréatiques faibles, d'un niveau de perturbations moyen et de la présence de processus d'alluvionnement.**

#### *Lône Moiroud*

Entre 2003 et 2007, la richesse spécifique a augmenté mais les espèces témoignant de conditions eutrophes se maintiennent et *Elodea nuttallii* reste dominant. Plusieurs espèces indicatrices de perturbations élevées font leur apparition (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pusillus*), mais les espèces indicatrices d'alluvionnement se maintiennent également (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum verticillatum*). Il ne semble pas y avoir de modifications de fonctionnement suite à la restauration. Le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes, d'apports phréatiques faibles, d'un niveau de perturbations moyen et de la présence de processus d'alluvionnement.**

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 lônes du secteur montre 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 lônes 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 succion 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 affectée 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 îles) 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 îles 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.
- L'analyse de ces tendances sera précisée 1) par l'adjonction des résultats qui vont être obtenus en 2008 sur le secteur de Brégnier-Cordon et qui porteront notamment sur un plus large spectre de îles de référence, 2) par l'analyse des métriques fonctionnelles basées sur les traits biologiques des espèces qui sera réalisée conjointement sur les données qui seront acquises à Brégnier-Cordon et 3) par le suivi temporel des peuplements à plus long terme.

D'un point de vue sédimentaire, le suivi a pour objectif d'apprécier le type de fonctionnement des îles restaurées : chenaux secondaires à écoulement vif sans sédimentation fine (Fournier Luisettes, Lucey, Anse de Yenne) ou bras morts enregistrant une sédimentation fine (Moiroud par exemple). Les mesures post-restauration sont encore trop insuffisantes pour conclure quant à la durée de vie potentielle des bras restaurés.

### **3.3 Brégnier-Cordon**



*Figure 3.3.1 Le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon*

#### **Le site, l'état initial**

Le site de Brégnier-Cordon se distingue des deux secteurs de Chautagne et Belley par une richesse en bras secondaires et îles plus importante ainsi qu'un débit réservé plus élevé quelle que soit la saison. Il reçoit le Guiers, affluent savoyard. Une passe à poissons édifée à la confluence permet la circulation des poissons entre le Rhône et cet affluent.

L'état initial du Vieux-Rhône avant réhabilitation a été réalisé entre 2002 et 2005 (Olivier *et al.*, 2005b).

28 espèces de poissons ont été échantillonnées lors des deux campagnes de pêches réalisées en 2004, dont 2 espèces de salmonidés (truite fario et ombre commun) et 17 espèces de cyprinidés ; ces espèces sont pour la plupart très communes dans le Haut Rhône. Le sandre et la lote, échantillonnés lors de pêches réalisées entre 1989 et 1997, n'ont pas été trouvés en 2004-2005. Le Pseudorasbora (espèce introduite à la fin des années 1980 dans le bassin du Rhône) a été trouvé pour la première fois à Brégnier-Cordon en octobre 1994. Les espèces les plus fréquemment capturées dans le RCC de Brégnier-Cordon sont : le chevaine, le goujon, le barbeau fluviatile, le spiralin et le hotu. Le chevaine est l'espèce qui présente la plus forte fréquence d'occurrence dans tous les milieux prospectés. Les espèces limnophiles (bouvière, épinoche, tanche) sont également présentes en amont et en aval du seuil mais avec des effectifs très faibles. Il semblerait que la détérioration de la qualité du peuplement soit postérieure à 1994. La présence du seuil des Molottes a probablement induit une augmentation de la sédimentation dans le secteur sous influence de ce seuil (effet négatif sur la qualité des habitats fréquentés habituellement par les espèces rhéophiles (hotu, truite, ombre commun, barbeau)).

En 2008, peu d'évolution notable du peuplement de poissons échantillonné à Brégnier-Cordon après augmentation du débit réservé, une observation à rapprocher du fait que les changements hydrauliques sont mineurs sur ce site. De plus, la campagne de pêches 2008 s'est déroulée pendant une période de forte variabilité hydraulique dans le Vieux-Rhône causée par des travaux au niveau de l'usine hydroélectrique. Ces oscillations de hauteur et de vitesse d'écoulement plusieurs fois par jour ont pour conséquence de modifier les modalités d'occupation des habitats par les différentes espèces de poissons, ce qui se traduit par des effectifs capturés très inférieurs à ceux observés habituellement.

En ce qui concerne les invertébrés du chenal, les résultats présentés ici sont issus des trois campagnes d'échantillonnage pré-restauration réalisées en 2002 et 2003 :

- Au cours de ces campagnes, 108 taxons ont été échantillonnés avec un effort d'échantillonnage deux fois supérieur à celui des campagnes pré-restauration des secteurs de Chautagne et de Belley.
- Le peuplement typique d'un épipotamon présente une faune mixte de taxons spécifiques des grandes rivières (e.g. *Potamanthus luteus*) et de taxons rencontrés sur de plus petits cours d'eau (e.g. *Leuctra*, *Baetis*) très fortement dominée par les espèces ubiquistes du genre *Gammarus*.
- On peut souligner la présence de 6 espèces invasives *Dugesia tigrina*, *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella acuta* et *Orconectes limosus*. Les deux espèces *Corbicula fluminea* et *Orconectes limosus* sont rencontrées uniquement à Brégnier-Cordon. Les corbicules sont bien implantées dans ce secteur alors que l'écrevisse américaine n'est rencontrée qu'une fois dans nos échantillons.
- Les taxons dominants présentent une forte affinité pour des habitats à substrat grossier recouvert d'algues filamenteuses ou une forte affinité pour des habitats avec accumulation de matière organique.
- La plupart des taxons rencontrés dans ce secteur sont eurythermes et donc capables de supporter des variations importantes de température de l'eau.
- Pour l'essentiel, les taxons sont oligotrophes ou mésotrophes témoignant d'une assez bonne qualité biologique du secteur.

- La composition du peuplement des invertébrés de Brégnier-Cordon présente des similitudes avec celui de Belley, mais diffère fortement avec celui de Chautagne avec notamment une proportion de taxons rhéophiles plus faibles à Brégnier-Cordon.
- Nos résultats montrent que la plupart des taxons échantillonnés ne se répartissent pas au hasard dans le milieu mais présentent des préférences marquées pour des contraintes hydrauliques particulières exercées au fond du cours d'eau.
- Le modèle hydraulique utilisé prévoit une augmentation des proportions de contraintes hydrauliques fortes avec une augmentation des débits et donc une augmentation potentielle d'habitats favorables aux espèces rhéophiles.

Quel que soit le débit, le pourcentage de contraintes fortes est toujours moins important dans le secteur de Brégnier-Cordon que dans le secteur de Chautagne.

Six lônes ont été sélectionnées pour le suivi des macro-invertébrés : Ganges, Molottes, Plaine, Ponton, Mathan, Vachon. Elles constituent un ensemble diversifié du point de vue de la composition des communautés d'invertébrés. Cette composition est en grande partie déterminée par le degré de permanence des plans d'eau et leur connexion éventuelle avec le fleuve. Les lônes de la Plaine et du Ponton sont les plus riches et les plus diversifiées. Les petites "mouilles" présentes à l'amont de ces lônes sont particulièrement remarquables à ce titre et constituent des sites préférentiels pour le maintien de la diversité biologique aquatique. La lône de la Plaine héberge de plus un mollusque (*Anisus vorticulus*) incorporé en 2004 dans l'annexe de la Directive Habitats de l'Union Européenne. Elle nécessite donc surveillance et protection de son habitat. Cette découverte confirme l'importance du secteur alluvial de Brégnier-Cordon à l'échelle européenne. Il est recommandé de ne pas intervenir sur le site de la lône de la Plaine et de limiter les interventions sur l'amont de la lône du Ponton.

Le diagnostic floristique (macrophytes) établi sur les 4 lônes échantillonnées en 2004 avant restauration était le suivant :

1. La lône de Chantemerle était fortement soumise à la dynamique fluviale et aux processus d'alluvionnement (substrat limoneux). Les communautés végétales rencontrées étaient caractéristiques des milieux mésotrophes et eutrophes (riches en éléments nutritifs, qualité physico-chimique de l'eau similaire à celle du Rhône). Cette lône a été ouverte à l'amont en 1993 Les apports en eaux souterraines sont nuls.
2. La lône des Molottes a été découpée en trois zones : amont, intermédiaire et aval.
  - a. La zone amont était un milieu eutrophe qui présentait la plus forte diversité floristique, depuis 1996 cette partie subit un processus d'alluvionnement, dans cette zone les apports en eaux souterraines sont nuls.
  - b. La partie intermédiaire était colonisée par des hélophytes de grande taille (*Phragmites* et *Impatiens*) traduisant l'atterrissement de la zone, la richesse spécifique était très faible. Il n'y avait pas d'alimentation en eaux souterraines et les exondations étaient fréquentes.
  - c. La zone aval était également une zone eutrophe, subissant des processus d'alluvionnement en progression depuis 1996, et de rares exondations.

3. La lône des Granges était entrecoupée de nombreux bouchons alluviaux. Le peuplement floristique des mouilles était assez homogène et les espèces traduisaient des conditions méso-eutrophes et n'indiquaient pas d'apports en eaux souterraines. Cette lône subissait des processus d'érosion importants (substrat grossier).
4. Le peuplement de la lône Ponton était constitué d'une seule zone floristique peu diversifiée (3 à 6 espèces par transect). Il était dominé par *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis* et *Polygonum hydropiper*. Le milieu était eutrophe, des apports en eaux souterraines existaient, les exondations étaient très fréquentes.
5. La lône de la Plaine présentait un niveau de trophie méso-eutrophe, les perturbations (hydrologiques) étaient peu fréquentes et les apports en eaux souterraines existaient et leur intensité était faible, cette lône ne contenait pas l'espèce exotique *Elodea nuttallii*.

### La restauration (2005-2006)

Le site de Brégnier-Cordon a fait l'objet de travaux de réhabilitation de lônes qui ont débuté fin 2005. Le débit réservé dans le Vieux-Rhône, est actuellement modulé comme suit :

Janvier, février, mars :  $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Avril, mai :  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Juin, juillet, août :  $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Septembre, octobre :  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Novembre, décembre :  $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

La modification des caractéristiques hydrologiques prévue dans le programme de restauration assure un débit minimum de  $65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en amont de la confluence avec le Guiers au lieu de  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  initialement.

Neuf lônes ont été réhabilitées selon des modalités diverses (ouverture à l'amont et à l'aval – Vachon, Mattant, Ilon, Cerisiers –, ouverture à l'aval – Molottes, Ponton).

### Les effets prédits et observés

Le suivi post-restauration a débuté à l'automne 2006 et les résultats des mesures sont encore trop succincts pour permettre une analyse pertinente des effets de la restauration (Olivier *et al.*, 2007a).

L'échantillonnage des poissons du chenal n'a pas donné de résultats très différents de ceux recueillis pour l'état initial. Le calcul des métriques proposées dans le tableau de bord du suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône ((« **proportion d'espèces d'eaux vives** » (abondance relative des espèces barbeau, spirin, blageon, loche franche, chabot) et « **proportion d'espèces d'eaux courantes** » (ombre, barbeau, ablette, hotu, vandoise)) montre une augmentation de la proportion d'espèces d'eaux courantes après restauration. Ceci tient principalement à l'augmentation des effectifs d'ablettes et de barbeaux fluviatiles, ces deux espèces étant majoritairement représentées par

des juvéniles de l'année. En conséquence, ce résultat doit être interprété dans ce contexte et relativisé en regard de l'évolution à moyen terme du peuplement piscicole du Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon.

La Lône de Chantemerle, la Lône des Granges, la Lône des Molottes, la Lône du Ponton et la Lône de la Plaine (non restaurée) ont fait l'objet d'une première campagne de suivi post-restauration. Les résultats montrent que ces milieux restent des annexes relativement eutrophes, la Lône des Granges présente quelques caractéristiques témoignant d'une alimentation phréatique. Dans tous les cas, le processus de recolonisation est encore très jeune et il est trop tôt pour conclure sur le statut écologique de ces lônes après restauration. Deux points sont néanmoins à surveiller : l'importance des espèces invasives et les taux d'alluvionnement dans les lônes ouvertes à l'aval (Molottes et Ponton).

Parmi les lônes faisant l'objet d'un projet de réhabilitation, sept sont intégrées au suivi piscicole du programme de restauration (Lône de Chantemerle, Lône Vachon, Lône des Cerisiers, Lône des Granges, Lône du Ponton, Lône Mattant, Lône des Molottes). La réhabilitation de la Lône de la Plaine a été abandonnée.

Il est encore trop tôt pour statuer sur le fonctionnement de ces lônes et leur rôle effectif pour les populations de poissons mais certaines d'entre elles comme la Lône des Molottes ou du Ponton semblent constituer d'ores et déjà des zones de fraie et de croissance pour plusieurs espèces. Les résultats de 2008 viennent conforter ces observations.

Pour les invertébrés du chenal, les résultats montrent une augmentation du pourcentage d'individus rhéophiles dans ce secteur et cette augmentation relative du nombre d'individus très rhéophiles s'explique par la baisse très importante du nombre d'individus de Gammarus (ubiquistes quant aux conditions hydrauliques).

L'analyse des résultats post-restauration des communautés de macro-invertébrés des lônes sera présentée fin 2009.

### **3.4 Miribel-Jonage**



L'étude pré-restauration du secteur de Miribel-Jonage a débuté en automne 2007 par une première campagne d'échantillonnage des poissons. Les échantillonnages de 2008 se sont

déroulés pendant une période de variations importantes de débit réservé provoquées par la gestion des ouvrages hydro-électriques. Les résultats des pêches reflètent probablement ces conditions hydrologiques perturbées et sont marquées par l'absence de grands individus (barbeaux, hotus, chevaines...). Les échantillonnages seront poursuivis en 2009.

### **3.5 Pierre-Bénite**



*Figure 3.5.1 Le chenal de Pierre-Bénite après augmentation du débit*

#### **Le site, l'état initial**

Le vieux Rhône de Pierre-Bénite et sa plaine alluviale, parcourue par quelques anciens bras secondaires, ne sont situés qu'à quelques kilomètres à l'aval de la ville de Lyon. Le chenal du vieux Rhône, long de 10 km, n'est pas très pentu mais comporte cependant deux zones rapides bien marquées. Le chenal est peuplé par des assemblages typiques du bas Rhône : une trentaine d'espèces de poissons dominés par le chevesne et le gardon. Les anciens bras secondaires sont peu nombreux et en partie aménagés, avec en particulier la base de loisirs de Vernaison construite à l'aval du bras de Jaricot.



lône de Jaricot avant restauration

#### **La restauration (1999-2000)**

Le vieux Rhône de Pierre-Bénite a été le premier site restauré au cours du programme, avec comme objectif de retrouver un fleuve courant et des bras secondaires diversifiés. Le débit minimum dans le vieux Rhône était de 20 m<sup>3</sup>/s du 1er avril au 31 août et de 10 m<sup>3</sup>/s du 1er septembre au 31 mars. Ce débit a été augmenté à 100 m<sup>3</sup>/s après la mise en service (en août 2000) d'une centrale hydro-électrique au niveau du barrage de Pierre-Bénite. Parallèlement, trois anciens bras latéraux (Ciselande, Jaricot, Table ronde) ont été restaurés

dès 1999. Ces milieux ont été recreusés, et l'un deux (Ciselande) a été reconnecté au vieux Rhône par l'amont. Le suivi de l'incidence des opérations de restauration a débuté en 1995.



lône de Jaricot après restauration

### Les effets prédits et observés

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 43%. Ce changement est dynamique et a concerné en priorité les jeunes stades, via une amélioration des conditions de reproduction. On note également un changement significatif de la structure des communautés de macroinvertébrés du chenal, avec une plus large répartition des taxons potamiques et/ou rhéophiles (ex : *P. pusilla*, *B. fuscatus*, *A. fluviatilis*), antérieurement présents mais localisés. Certains invertébrés typiques de grands fleuves sont apparus, ainsi que quelques espèces invasives pour lesquelles le phénomène se produit à l'échelle du fleuve. Seul un prolongement du suivi indiquera la pérennité de ces changements biologiques.

#### Ont augmenté

Vandoise	X4
Hotu	X4
Ablette	X5
Spirlin	+50%



#### Ont diminué

Pseudorasbora	/6
Loche franche	/6
Chabot	/2
Perche soleil	/2

Au sein des trois anciens bras réhabilités, des comportements hydro-morphologiques moyens bien tranchés et des patrons spatiaux différents ont été observés : une sédimentation faible et grossière dans Ciselande (bras secondaire courant), une sédimentation fine et importante sur Table Ronde (bras connecté à l'aval par retour d'eau) et une situation

intermédiaire sur Jaricot (bras passant en fortes crues). Les taux de sédimentation et la granulométrie indiquent également une diversité intra-bras restaurée par les travaux. Le suivi des macrophytes aquatiques dans les bras reflète cette diversité d'habitat et révèle une recolonisation spontanée des bras restaurés résultant de leur connectivité. Malgré une diminution des nombres d'espèces dans Jaricot et Ciselande entre 2000 et 2002, ceux-ci restent supérieurs en moyenne à ceux observés dans les bras latéraux du Haut-Rhône et de la Saône. La sédimentation rapide observée dans les bras restaurés (ainsi que des problèmes d'eutrophisation localisés) pose toutefois la question de la pérennité de la restauration physique de ces milieux et a conduit à un entretien régulier.

### **3.6 Péage-de-Roussillon**

Quelques sites échantillonnés sont présentés ci-dessous (figures 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4).



*Figure 3.6.1 Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon juste en aval du seuil d'Arcoules.*



*Figure 3.6.2 Lône de la Platière (secteur amont)*



*Figure 3.6.3 Lône du Noyé Nord*



*Figure 3.6.4 Lône de l'Ilon*

La date de restauration du secteur de Péage-de-Roussillon est encore incertaine. Néanmoins les scénarii de modification de régie de débit réservé et de réhabilitation des lômes et des casiers Girardon sont en discussion. Des données biologiques et écologiques existent sur ce secteur, elles proviennent du suivi hydrobiologique de la centrale nucléaire de production électrique de Saint-Alban-Saint-Maurice l'Exil et de la Réserve naturelle de l'Île de la Platière. Ces données n'ont pas été collectées avec les protocoles définis pour le suivi du programme de restauration du Rhône mais elles apportent des informations intéressantes sur l'état du site.

Dans le cadre du suivi hydrobiologique de la centrale de Saint-Alban-Saint-Maurice, 20 points d'échantillonnage (E.P.A.) sont réalisés à l'aval du seuil d'Arcoules 4 fois par an (figure 3.6.1). L'effort d'échantillonnage est très modeste en regard de celui préconisé dans le cadre du suivi du programme de restauration du Rhône (100 E.P.A). Néanmoins la richesse de ce jeu de données réside dans la durée de l'échantillonnage (1985-2007). Depuis 1985, 29 espèces ont été capturées (figure 3.6.5), le gardon est de loin l'espèce dominante dans ce jeu de données (41% des effectifs capturés), suivi de l'ablette (19%), de la brème bordelière (10%), du chevaine et du goujon (7%), de la perche-soleil (5%), du hotu (3%) et de la bouvière (2%). L'anguille est régulièrement capturée et parmi les espèces introduites, le silure devient de plus en plus abondant.

Seulement 16 espèces ont été recensées en octobre 2007 dans le cadre de l'échantillonnage réalisé pour la description de l'état initial avant restauration (100 E.P.A.). Les trois espèces dominantes sont le gardon (29%), l'ablette (26%), le chevaine (9%), viennent ensuite la loche franche (8%), le goujon (7%), la perche-soleil (5%), la bouvière (4%), le poisson-chat (7%) et la perche commune (4%). Les données de 2008 viennent conforter les observations de 2007.

Les lônes échantillonnées (poissons) constituent des milieux particulièrement riches et bien fréquentés par les poissons (Réserve Naturelle). L'échantillonnage de 2008 apporte des éléments complémentaires par rapport à ceux de l'année 2007 (variabilité inter-annuelle).

Le diagnostic écologique des lônes de l'ensemble Platière (Lône de la Platière, casiers de la Platière, Lône du Noyer Nord (restaurée), Lône de l'Ilon), de la Lône de la Sainte a mis en évidence le caractère très eutrophe de ces milieux. La lône de la Sainte est très exposée au passage des crues et le taux d'alluvionnement est très important. Les casiers d'Arcoules ont également été échantillonnés et présentent également des caractéristiques de milieux fréquemment perturbés par les crues. La richesse floristique y est importante.

Le secteur de Péage-de-Roussillon présente de faibles densités d'invertébrés dans le chenal (presque deux fois moins qu'à Chautagne et Belley) mais présente une richesse taxonomique aussi forte qu'à Belley par exemple avec 71 taxons rencontrés aux cours des deux campagnes de 2007 et 2008.

La macrofaune benthique du chenal renferme « parmi ses taxons les plus présents des espèces à tendance potamo-lénitiques (i.e. caractéristiques de rivières ou de cours d'eau à vitesse de courant modérée) mesotrophes ou meso-eutrophes témoignant d'une qualité biologique passable. Dans ce secteur, la bonne implantation de taxons filtreurs de particules en suspension (les Diptères Simuliidae ou les Trichoptères *Hydropsyche*), de taxons mangeurs de sédiments organiques fins (comme les Diptères Tanytarsini ou les Ephéméroptère du genre *Caenis*) ou encore de taxons racleurs-brouteurs témoigne d'une charge importante de nourriture dérivante et de matières organiques dans le chenal. On peut en effet noter que les Diptères Orthocladinae, racleurs-brouteurs dominant le peuplement avec plus de 60% des individus total appartenant à ce groupe.

Enfin, le peuplement d'invertébrés est marqué, en plus du crustacé invasif *Dikerogammarus villosus*, par une forte abondance des trois espèces de Mollusques *Ancylus fluviatilis* (plus de 600 indiv/m<sup>2</sup>), *Corbicula fluminea* (plus de 300 indiv/m<sup>2</sup>) et *Potamopyrgus antipodarum* (plus de 400 indiv/m<sup>2</sup>).

Le dossier de restauration du site de Péage-de-Roussillon est aujourd'hui très avancé et une expertise a été conduite début 2009 par la Zone Atelier Bassin du Rhône afin de fournir un document d'aide à la décision concernant les modalités d'augmentation de débit réservé. D'autre part, un choix de lônes à restaurer en priorité devrait être établi courant 2009.

### 3.7 Montélimar



Figure 3.7.1 Vieux Rhône de Montélimar en octobre 2007.

Le site de Montélimar comporte une succession de radiers moyennement marqués (moins qu'à Donzère-Mondragon).

Le Vieux-Rhône de Montélimar est caractérisé par un lit mineur constitué majoritairement de gros galets ou de blocs très stables, le débit réservé y est relativement faible en regard de la taille du lit. Les faciès courant et très peu profonds couvrent des surfaces très importantes (figure 3.7.1), ils sont colonisés par des végétaux aquatiques très denses (*Ranunculus fluitans* par exemple). Les pêches réalisées depuis 2006 montrent un très 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 hotu importante. Ces résultats devront être approfondis dans les années à venir. L'échantillonnage de macro-invertébrés du chenal a été réalisé en 2008 et devrait apporter des informations complémentaires sur les caractéristiques écologiques de ce Vieux-Rhône.

L'échantillonnage des invertébrés du chenal a été réalisé en 2008 et les résultats (état initial) seront présentés fin 2009.

Une reconnaissance des lônes a également été effectuée, parmi tous les sites visités, la Lône de la Roussette (figure 3.7.2) semble le seul à présenter vraiment un intérêt écologique dans le cadre de l'établissement de l'état initial. A la suite de la prospection des annexes fluviales de Donzère au printemps 2009, un choix des sites retenus sera effectué.



. *Figure 3.7.2 Lône de la Roussette ( Montélimar) en mai 2008.*

### **3.8 Donzère-Mondragon**



Secteur amont du vieux Rhône (partie incisé, nombreux radiers)



Secteur aval (nombreux radiers marqués et bancs de galets)

Très beau 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 révèlent un peuplement très intéressant de poissons, avec relativement peu d'espèces échantillonnées mais d'importantes cohortes adultes d'espèces rhéophiles (barbeau, spirin, loche franche).

Les premiers échantillonnages des invertébrés du chenal et des lônes sont prévus pour 2009, ainsi que les relevés sédimentologique et floristiques dans les lônes.

## 4) Synthèse

Le suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône a débuté avec le suivi du secteur de Pierre-Bénite réhabilité en 2000. Depuis 2003, les trois sites du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) ont été réhabilités et les secteurs de Miribel-Jonage, de Péage-de-Roussillon, de Montélimar et de Donzère-Mondragon devraient à leur tour être restaurés dans les années à venir.

L'ensemble des paramètres mesurés pour évaluer les effets des augmentations de débits réservés dans le Vieux-Rhône et les changements engendrés par la rhéabilitation des annexes fluviales montrent que l'impact du relèvement des débits réservés sur les communautés animales commence à être mesurable à Pierre-Bénite (en particulier pour les poissons). Dans les 3 secteurs du Haut-Rhône, la variabilité inter-annuelle des conditions climatiques, associée aux variations de débits réservés imposées par les contraintes de maintenance des aménagements hydro-électriques, se traduit au niveau de la dynamique des peuplements aquatiques (poissons et invertébrés) des vieux-Rhône par des tendances moins marquées qu'à Pierre-Bénite. Ces résultats ne sont pas surprenants et témoignent de l'importance de la durée d'observation dans l'évaluation de la réponse des communautés aux procédures de restauration hydraulique. Les mesures réalisées à partir des communautés de macro-invertébrés montrent qu'en Chautagne on n'observe aucun changement pré et post-restauration en ce qui concerne les pourcentages d'individus rhéophiles. Par contre, on observe une augmentation de ce pourcentage dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon après restauration. A Belley, l'augmentation relative du nombre d'individus rhéophiles repose essentiellement sur la chute des effectifs de *Gammarus* mais aussi sur une très forte augmentation des effectifs de *Potamanthus luteus* (densités triplées) et d'Orthocladiinae (densités plus que doublées) au cours des campagnes post-restauration. A Brégnier-Cordon, cette augmentation relative du nombre d'individus très rhéophiles s'explique par la baisse très importante du nombre d'individus de *Gammarus* (ubiquistes quant aux conditions hydrauliques). En conclusion, les changements observés entre les campagnes pré et post-restauration reposent sur quelques taxons dont les effectifs ont brutalement chuté ou au contraire brutalement augmenté après restauration. Ces résultats sont donc à interpréter avec prudence et devront être confirmés par le suivi futur des sites.

À l'heure actuelle, les lînes restaurées constituent d'ores et déjà un ensemble diversifié de cas de figures, l'ensemble des mesures réalisées dans ces milieux montre en effet que des « types » différents de lînes sont maintenant présents le long du corridor fluvial. Cet ensemble sera complété par les actions de restauration à venir. Le challenge est aujourd'hui de mesurer les changements fonctionnels engendrés par la restauration de ces milieux, tant à l'échelle des sites qu'à une échelle plus petite (ensembles Haut-Rhône et Bas-Rhône par exemple).

Les résultats des mesures réalisées dans les lînes montrent que pour certaines composantes des biocénoses, et en particulier les poissons qui sont suivis annuellement, la réponse aux opérations de réhabilitation commence à être appréciable et que des différences notables entre les différentes annexes commencent à s'affirmer (identification de milieux à plus forts potentiels en tant que milieux propices au développement des jeunes poissons (Lône des Molottes, Lône du Ponton)).

Le diagnostic est beaucoup moins précis en ce qui concerne les communautés végétales aquatiques ou les macro-invertébrés dont l'échantillonnage est réalisé uniquement tous les deux ans et pour lesquels un recul plus important s'avère nécessaire. L'analyse de la végétation montre que la plupart des annexes sont milieux relativement eutrophes à très

eutrophes et que les espèces introduites et/ou très tolérantes peuvent quelquefois largement dominer les peuplements. Le suivi des macro-invertébrés des lônes à Belley montre la complexité de la réponse observée témoignant d'une interférence de plusieurs facteurs

Une attention très particulière devra être apportée aux espèces exogènes potentiellement invasives.

L'interprétation des résultats obtenus révèle l'existence d'une diversité de milieux importante bien que l'ensemble des 8 sites candidats à la restauration n'ait pas encore été complètement étudié. Elle confirme également le besoin d'analyser les effets des procédures de restauration (augmentation du débit réservé et réhabilitation des lônes) avec du recul afin de faire la part de l'évolution à long terme et de la variabilité inter-annuelle « naturelle » dans les données utilisées, le Rhône restant un écosystème très dynamique.

Le choix des lônes à échantillonner à Montélimar et Donzère sera réalisé courant 2009 et l'échantillonnage des lônes de Péage-de-Roussillon pourra être complété en fonction des choix réalisés pour la restauration.

La poursuite du suivi sur les 8 sites candidats à la restauration fournira des données de qualité afin d'apprécier de manière efficace les bienfaits des actions de la restauration fluviale.

## **Annexes thématiques**

## A.2 Les poissons du chenal

code - Vieux Rhône	Station	Position	groupes_pêches	an_début	an_fin
CE - Chautagne	CHAUC	aval barrage	CHAUC_b	1999	2003
			CHAUC_c	2004	2008
	CHAUD	Malourdie	CHAUD_a	1989	1995
			CHAUD_b	1996	2003
			CHAUD_c	2004	2008
	CHAUE	aval RCC	CHAUE_a	1989	1995
			CHAUE_b	1996	2003
			CHAUE_c	2004	2008
	CHAUI	Mathy	CHAUI_b	1999	2003
			CHAUI_c	2004	2008
BY - Belley	BELLD	amont Lucey 1	BELLD_a	1985	1997
	BELLM	aval Lucey 1	BELLM_a	1985	1997
	BELLO	amont Lucey 2	BELLO_b	2003	2004
			BELLO_c	2005	2008
	BELLP	aval Lucey 2	BELLP_b	2003	2004
			BELLP_c	2005	2008
BC - Brégnier-Cordon	BREGD	amont Molottes 1	BREGD_a	1985	1996
	BREGJ	aval Molottes 1	BREGJ_a	1985	1997
	BREGV	amont Molottes 2	BREGV_b	2004	2005
			BREGV_c	2006	2008
	BREGW	aval Molottes 2	BREGW_b	2004	2005
			BREGW_c	2006	2008
MI - Miribel-Jonage	JONS	ensemble de 4 sites	JONS_a	1995	1995
			JONS_b	2007	2008
PB - Pierre Bénite	PBE	ensemble	PBE_b	1995	1999
			PBE_c	2001	2008
PR - Péage de Roussillon	PEAGD	amont	PEAGD_a	1985	1995
			PEAGD_b	1997	2008
	PEAGH	ensemble	PEAGH_b	2007	2008
MO - Montélimar	RHO	ensemble	RHO_b	2006	2008
DM - Donzère-Mondragon	DM	ensemble	DM_b	2006	2008

### A.2.1 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 revoyant 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.

<b>Station Onema</b>	<b>Position</b>	<b>an_début</b>	<b>an_fin</b>
CSP*BY	vieux Rhône de BY, les 2 kms à l'amont du seuil de Lucey	2007	2007
CSP*BRANG	Rhône total à l'aval de BC, les 2 kms à l'amont du pont de Jons	1998	2007
CSP*JONS	Rhône total, amont Pont de Jons	1996	2007
CSP*PB	vieux Rhône de PB, sur 2 km à Vernaison, dans le remous de la retenue aval.	1996	2007
CSP*GIV	Rhône total à Givors, aval PB, sur 2 kms	1999	2007
CSP*PR	vieux Rhône de PR, sur 2 km à l'amont du Pont de Serrières, remous du seuil.	2007	2007
CSP*MO	vieux Rhône de MO, aval barrage au pont de Rochemaure	2007	2007
CSP*DM	vieux Rhône de DM les 1 kms à l'aval du pont de Bourg St Andéol	2004	2007

### A.2.2 Opérations de pêche Onema prises en compte dans ce rapport

esp	BY_c	CSP*BY	delta	esp	PB_c	CSP*PB_c	delta	esp	PR_b	CSP*PR	delta	esp	MO_b	CSP*MO	delta	esp	DM_b	CSP*DM	delta
CHE	23.7	10.8	12.9	<b>ABL</b>	<b>34.9</b>	<b>16.3</b>	<b>18.7</b>	<b>ABL</b>	<b>28.1</b>	<b>3.7</b>	<b>24.3</b>	<b>ABL</b>	<b>22.0</b>	<b>2.2</b>	<b>19.8</b>	SPI	13.6	1.0	12.6
GAR	9.1	0.7	8.4	GAR	14.9	9.7	5.2	LOF	8.1	0.5	7.6	GAR	8.6	0.4	8.3	<b>BAF</b>	<b>15.8</b>	<b>3.2</b>	<b>12.5</b>
VAI	7.9	0.2	7.7	<b>BAF</b>	<b>4.9</b>	<b>0.8</b>	<b>4.1</b>	CHE	12.9	8.7	4.2	<b>HOT</b>	<b>8.5</b>	<b>0.5</b>	<b>8.0</b>	<b>ABL</b>	<b>13.0</b>	<b>6.7</b>	<b>6.3</b>
<b>VAN</b>	<b>7.6</b>	<b>2.9</b>	<b>4.7</b>	BRB	4.7	1.5	3.1	<b>BAF</b>	<b>1.2</b>	<b>0.0</b>	<b>1.2</b>	BRB	7.9	0.1	7.8	ANG	6.5	1.1	5.4
<b>BAF</b>	<b>12.7</b>	<b>9.5</b>	<b>3.2</b>	SPI	3.6	0.9	2.8	<b>HOT</b>	<b>0.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.6</b>	<b>BAF</b>	<b>5.4</b>	<b>1.0</b>	<b>4.4</b>	LOF	21.7	16.3	5.4
<b>HOT</b>	<b>3.5</b>	<b>1.1</b>	<b>2.4</b>	LOF	2.6	0.7	1.9	GRE	0.5	0.0	0.5	SPI	5.4	1.4	4.0	SIL	0.8	0.0	0.8
TRF	1.5	0.4	1.1	<b>HOT</b>	<b>2.3</b>	<b>1.0</b>	<b>1.2</b>	SIL	0.3	0.1	0.2	PER	1.8	1.0	0.8	CCO	0.4	0.1	0.3
<b>OBR</b>	<b>0.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.6</b>	CHA	0.6	0.1	0.4	ROT	0.2	0.0	0.2	PSR	2.3	1.5	0.8	VAI	0.6	0.4	0.2
EPI	1.5	0.9	0.6	GRE	0.5	0.1	0.3	CAA	0.1	0.0	0.1	ANG	3.4	2.8	0.5	BRO	0.2	0.0	0.2
CHA	0.2	0.0	0.2	SIL	0.6	0.3	0.3	BRE	0.2	0.1	0.1	BRE	0.5	0.0	0.5	TAN	0.0	0.0	0.0
BLN	0.1	0.0	0.1	<b>VAN</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	SAN	0.0	0.0	0.0	SIL	0.3	0.0	0.3	GRE	0.0	0.0	0.0
SAN	0.1	0.0	0.1	VAI	0.4	0.3	0.1	<b>VAN</b>	<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>-0.1</b>	GRE	0.2	0.0	0.2	PES	0.0	0.5	-0.5
LOT	0.1	0.0	0.1	EPI	0.1	0.0	0.1	ANG	0.8	0.9	-0.1	ROT	0.2	0.0	0.2	PER	0.0	0.6	-0.6
BLE	0.1	0.0	0.1	CAA	0.2	0.1	0.0	PSR	2.7	2.9	-0.2	CAA	0.3	0.1	0.1	CHA	0.0	0.7	-0.7
BRE	0.1	0.0	0.1	BLE	0.1	0.0	0.0	TAN	0.0	0.2	-0.2	SAN	0.1	0.0	0.1	<b>HOT</b>	<b>2.2</b>	<b>3.0</b>	<b>-0.8</b>
PSR	0.0	0.0	0.0	ANG	0.3	0.3	0.0	BRB	0.2	0.9	-0.7	EPI	0.1	0.0	0.1	BRB	0.0	0.9	-0.9
ANG	0.2	0.2	0.0	CCO	0.0	0.0	0.0	PER	2.1	5.5	-3.3	CCO	0.1	0.0	0.1	CAA	0.0	1.1	-1.1
PES	0.4	0.7	-0.2	BBG	0.0	0.0	0.0	PES	3.5	6.8	-3.3	LPP	0.1	0.0	0.1	BOU	0.4	1.7	-1.3
PCH	0.0	0.2	-0.2	BRE	0.0	0.1	-0.1	<b>GOU</b>	<b>5.7</b>	<b>9.8</b>	<b>-4.1</b>	TOX	0.1	0.0	0.1	CHE	20.3	21.7	-1.4
TAN	0.2	0.7	-0.5	ROT	0.2	0.4	-0.2	GAR	25.7	30.9	-5.2	TAN	0.1	0.1	0.0	PSR	0.2	2.3	-2.1
LOF	5.8	6.6	-0.8	BRO	0.1	0.4	-0.3	BOU	4.8	15.8	-10.9	CHA	0.1	0.1	0.0	<b>GOU</b>	<b>2.4</b>	<b>11.5</b>	<b>-9.1</b>
GRE	1.5	2.4	-0.9	SAN	0.1	0.5	-0.4	PCH	2.1	13.1	-11.0	<b>GOU</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>0.0</b>	GAR	2.0	27.0	-25.1
BOU	0.7	1.8	-1.0	TAN	0.3	0.9	-0.6					VAI	0.2	0.2	-0.1				
BRB	0.1	1.1	-1.0	PSR	0.1	0.8	-0.7					BOU	0.8	1.2	-0.5				
PER	0.9	2.2	-1.3	BOU	0.1	2.2	-2.1					PES	0.3	1.0	-0.7				
BRO	0.2	1.5	-1.3	PCH	0.2	3.5	-3.3					LOF	7.8	10.3	-2.6				
SPI	5.9	9.5	-3.6	PER	1.5	5.3	-3.8					CHE	20.5	72.8	-52.3				
<b>ABL</b>	<b>4.0</b>	<b>8.4</b>	<b>-4.3</b>	PES	2.3	9.2	-6.8												
<b>GOU</b>	<b>11.4</b>	<b>38.5</b>	<b>-27.0</b>	<b>GOU</b>	<b>7.4</b>	<b>15.0</b>	<b>-7.6</b>												
				CHE	16.6	29.3	-12.6												
EC	28.4	21.8	6.6	EC	42.7	18.5	24.2	EC	29.9	3.8462	26.1	EC	35.9	3.7	32.2	EC	31.0	12.9	18.1
EV	24.6	25.5	-0.9	EV	11.6	2.5	9.1	EV	9.27	0.5061	8.76	EV	18.6	12.8	5.8	EV	51.1	21.2	29.8

**A.2.3** Proportions (%) des espèces échantillonnées sur les Vieux-Rhône : comparaisons entre stations Onema et groupes de pêches de suivi correspondantes. "Delta" est la différence "pêche de suivi – pêche Onema". Les espèces sont triées par "delta" décroissant, celles en tête de liste ont de plus fortes proportions dans nos suivis. EC et EV, en bas de tableau, indiquent les proportions des espèces d'eau courante et d'eau vive. Les espèces d'eaux courantes sont en gras.

Chautagne chenal	Eff 0+	%age 0+	
ABL	4	2	0,50
ANG	3	0	0
BAF	134	127	0,95
BLN	0	0	
BOU	0	0	
BRB	0	0	
BRE	0	0	
BRO	1	1	1
CAG	0	0	
CCO	0	0	
CHA	0	0	
CHE	132	115	0,87
EPI	6	5	0,83
GAR	2	2	1,00
GOU	1	0	0
GRE	2	0	0
HOT	43	43	1,00
LOF	187	181	0,97
LPP	0	0	
OBR	2	1	0,50
PCH	0	0	
PER	2	2	1,00
PES	16	0	0
PSR	4	3	0,75
ROT	0	0	
SAN	0	0	
SIL	0	0	
SPI	1	0	0
TAN	0	0	
TOX	0	0	
TRF	1	0	0
VAI	130	45	0,35
VAN	1	1	1
Total	672	528	0,79

Belley Chenal	Eff 0+	%age 0+	
ABL	6	6	1,00
ANG	2	0	0
BAF	93	68	0,73
BLN	0		
BOU	0		
BRB	0		
BRE	1	0	0
BRO	2	2	1,00
CAG	0		
CCO	0		
CHA	1	0	0
CHE	139	91	0,65
EPI	9	5	0,56
GAR	97	97	1,00
GOU	24	12	0,50
GRE	1	0	0
HOT	13	6	0,46
LOF	53	40	0,75
LPP	0	0	
OBR	7	2	0,29
PCH	0		
PER	1	0	0
PES	2	0	0
PSR	0		
ROT	0		
SAN	1	1	1,00
SIL	0		
SPI	17	15	0,88
TAN	0		
TOX	0		
TRF	12	4	0,33
VAI	14	3	0,21
VAN	48	9	0,19
Total	543	361	0,66

Brégnier Chenal	Eff 0+	%age 0+	
ABL	1	1	1,00
ANG	0	0	
BAF	34	18	0,53
BLN	0		
BOU	0		
BRB	0		
BRE	1	0	0
BRO	4	4	1,00
CAG	0		
CCO	0		
CHA	0		
CHE	95	54	0,57
EPI	4	3	0,75
GAR	1	1	1,00
GOU	8	2	0,25
GRE	0		
HOT	3	3	1,00
LOF	27	20	0,74
LPP	0		
OBR	0		
PCH	1	0	
PER	29	29	1,00
PES	2	0	0
PSR	1	0	0
ROT	0		
SAN	0		
SIL	0		
SPI	26	15	0,58
TAN	1	0	0,00
TOX	0		
TRF	1	0	0,00
VAI	101	101	1,00
VAN	3	0	0,00
Total	343	251	0,73

Miribel Chenal	Eff 0+	%age 0+	
ABL	5	4	0,80
ANG			
BAF	57	34	0,60
BLN	12	8	0,67
BOU			
BRB			
BRE			
BRO			
CAG			
CCO			
CHA			
CHE	23	18	0,78
EPI	1	1	1,00
GAR	1	1	1,00
GOU	17	3	0,18
GRE			
HOT	65	65	1,00
LOF	147	24	0,16
LPP			
OBR			
PCH			
PER	1	1	1,00
PES			
PSR	1	0	0
ROT			
SAN			
SIL	14	12	0,86
SPI	394	4	0,01
TAN	1	1	1,00
TOX			
TRF			
VAI	900	350	0,39
VAN			
Total	1639	526	0,32

Pierre-Bénite Chenal	Eff 0+	%age 0+	
ABL	96	84	0,88
ANG	5	0	0,00
BAF	33	22	0,67
BLE	1	1	1,00
BLN	0	0	
BOU	0	0	
BRB	41	16	0,39
BRE	0	0	
BRO	3	3	1,00
CAG	0	0	
CCO	0	0	
CHA	4	0	0,00
CHE	206	134	0,65
EPI	4	4	1,00
GAR	71	12	0,17
GOU	18	3	0,17
GRE	16	1	0,06
HOT	9	8	0,89
LOF	19	0	0,00
LPP	0	0	
OBR	0	0	
PCH	0	0	
PER	38	34	0,89
PES	19	7	0,37
PSR	0	0	
ROT	0	0	
SAN	1	1	1,00
SIL	5	5	1,00
SPI	108	17	0,16
TAN	0	0	
TOX	0	0	
TRF	0	0	
VAI	1	1	1,00
VAN	2	2	1,00
Total	700	355	0,51

Péage Chenal	Eff 0+	%age 0+	
ABL	515	514	1,00
ANG	11	0	0,00
BAF	23	0	0,00
BLN	0		
BOU	92	70	0,76
BRB	35	35	1,00
BRE	6	6	1,00
BRO	0		
CAG	4	1	0,25
CCO	0		
CHA	0		
CHE	293	205	0,70
EPI	0		
GAR	386	376	0,97
GOU	75	43	0,57
GRE	12	6	0,50
HOT	3	1	0,33
LOF	138	131	0,95
LPP	0		
OBR	0		
PCH	8	1	0,13
PER	12	9	1,13
PES	26	11	0,42
PSR	69	44	0,64
ROT	7	7	1,00
SAN	1	1	1,00
SIL	8	4	0,50
SPI	0		
TAN	0		
TOX	0		
TRF	0		
VAI	0		
VAN	0		
Total	1724	1465	0,85

Montélimar Chenal	Eff 0+	%age 0+	
ABL	110	9	0,08
ANG	23	0	0,00
BAF	22	12	0,55
BLN	0		
BOU	2	2	1,00
BRB	17	4	0,24
BRE	0		
BRO	0		
CAG	3	1	0,33
CCO	0		
CHA	1	0	0,00
CHE	148	74	0,50
EPI	2	1	0,50
GAR	69	45	0,65
GOU	14	6	0,43
GRE	0		
HOT	30	8	0,27
LOF	22	5	0,23
LPP	1	0	0,00
OBR	0	0	
PCH	0	0	
PER	11	6	0,55
PES	0		
PSR	17	9	0,53
ROT	0		
SAN	1	1	1,00
SIL	3	1	0,33
SPI	20	0	0,00
TAN	1	1	1,00
TOX	1	0	0,00
TRF	0	0	
VAI	0	0	
VAN	0	0	
Total	518	185	0,36

Donzère Chenal	Eff 0+	%age 0+	
ABL	66	48	0,73
ANG	33		0,00
BAF	80	33	0,41
BLN	0		
BOU	2	2	1,00
BRB	0		
BRE	0		
BRO	1	0	0,00
CAG	0		
CCO	2	0	0,00
CHA	0		
CHE	103	80	0,78
EPI	0		
GAR	10	9	0,90
GOU	12	10	0,83
GRE	0		
HOT	11	3	0,27
LOF	110	86	0,78
LPP	0		
OBR	0		
PCH	0		
PER	0		
PES	0		
PSR	1	1	1,00
ROT	0		
SAN	0		
SIL	4	2	0,50
SPI	69	28	0,41
TAN	0		
TOX	0		
TRF	0		
VAI	3	1	0,33
VAN	0		
Total	507	303	0,60

A.2.4. Proportions de juvéniles de l'année (0+) dans les pêches réalisées dans les Vieux-Rhône en 2008.

### **A.2.3 Les invertébrés du chenal**

### Annexe A.3.1. Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Chautagne au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré restauration			Post restauration		
			print 2002	été 2002	Tot	print 2006	été 2006	Tot
<b>Plathelminthes</b>								
Turbellaria								
Tricladida								
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	DLAC	62	7	<b>69</b>	2	<b>2</b>
	Dugesiiidae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	11	23	<b>34</b>	3	<b>3</b>
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	52	1293	<b>1345</b>	35	<b>35</b>
		<i>Dugesia</i> spp.	DUSP				4	<b>4</b>
	Planariidae	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	PONT	52	15	<b>67</b>	4	<b>4</b>
<b>Annelida</b>								
Hirudinea								
Arhynchobdellida								
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	8	4	<b>12</b>	1	<b>1</b>
Rhynchobdellida								
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM	10		<b>10</b>		
		<i>Helobdella stagnalis</i>	HSTA				1	<b>1</b>
	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	PGEO	2		<b>2</b>		
Oligochaeta								
	Naididae	<i>Stylaria lacustris</i>	SLAC	28		<b>28</b>		
<b>Mollusca</b>								
Bivalvia								
Veneroida								
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU				1	19
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	148	110	<b>258</b>	11	180
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP	1		<b>1</b>	1	<b>2</b>
		<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP	10		<b>10</b>		
		Sphaeriidae	SPHA		62	<b>62</b>	1	<b>1</b>
Gastropoda								
Ectobranchia								
	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	VCRI	9	2	<b>11</b>	2	<b>2</b>
		<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS		2	<b>2</b>		
		<i>Valvata</i> spp.	VASP	10	3	<b>13</b>		
Neotaenioglossa								
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	BTEN	1	2	<b>3</b>		
		<i>Bithynia</i> sp.	BITH	2		<b>2</b>	1	<b>1</b>
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	68	6	<b>74</b>	30	58
Neritopsina								
	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	TFLU				2	<b>2</b>
Pulmonata								
	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	102	593	<b>695</b>	8	43
	Lymnaeidae	<i>Radix balthica-labiata</i>	RABL	2	3	<b>5</b>	1	<b>1</b>
		<i>Radix</i> spp.	RASP	9	1	<b>10</b>		
	Physidae	<i>Physella acuta</i>	PACU	18	2	<b>20</b>		1
		Physidae	PHYS	27	6	<b>33</b>		1
	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	GALB	1	1	<b>2</b>		
		<i>Gyraulus</i> spp.	GYSF				1	9
		Planorbidae	PLAN	3	4	<b>7</b>		2
<b>Arthropoda</b>								
Arachnida								
	Acaria	Hydracarina	ACAR	61	27	<b>88</b>	1	38
Crustacea								
Amphipoda								
	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL				221	88
		<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	111	485	<b>596</b>	3	6
		<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	113	224	<b>337</b>	1	5
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	1457	1278	<b>2735</b>	2	3
		Gammaridae	GAMA				155	94
								<b>249</b>
Isopoda								
	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	21	4	<b>25</b>	1	1
		<i>Asellus</i> spp.	ASSP		2	<b>2</b>		
Insecta								
Coleoptera								
	Dryopidae	<i>Dryops</i> spp.	DRSP	2	1	<b>3</b>	38	14
	Dytiscidae	<i>Bidessus</i> spp.	BIDE		1	<b>1</b>		
		<i>Bidessus</i> spp. a	BIDEa		1	<b>1</b>	2	<b>2</b>
		<i>Yola bicarinata a</i>	YBICa	1		<b>1</b>		
	Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	ELSP	3	17	<b>20</b>	2	2
		<i>Elmis</i> spp. a	ELSPa	1	1	<b>2</b>		
		<i>Esolus</i> spp.	ESSP	225	162	<b>387</b>	18	66
		<i>Esolus</i> spp. a	ESSPa	5	1	<b>6</b>	1	<b>1</b>
		<i>Limnius</i> spp.	LISP	11	33	<b>44</b>		1

### Annexe A.3.1. (suite) Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Chautagne au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré restauration			Post restauration		
			print 2002	été 2002	Tot	print 2006	été 2006	Tot
	<i>Riolus</i> spp.	RISP	1		1			
Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i>	OVIL		107	107	1	35	36
Haliplidae	<i>Haliplus</i> spp.	HASP	1		1			
Diptera								
Athericidae	<i>Atrichops crassipes</i>	ACRA		3	3			
Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	CERA	77	5	82	2	7	9
Chironomidae	Chironomini	CHSP	662	229	891	42	9	51
	Orthoclaadiinae	ORTH	21746	5189	26935	9155	6676	15831
	Tanypodinae	TANY	2026	224	2250	29	23	52
	Tanytarsini	TASP	4216	741	4957	34	67	101
Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI	2		2			
Empididae	Clinocerinae	CLIN	6		6	1		1
	Hemerodromiinae	HEME	27	128	155	6	16	22
	Empididae	EMPI		1	1			
Limoniidae	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT	1	6	7	1	3	4
	<i>Dicranota</i> sp.	DICR		1	1			
	Eriopterini	ERIO	1		1			
	Hexatoma	HEXA	1		1			
Psychodidae	Psychodidae	PSSP		2	2			
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	2422	279	2701	61	918	979
Tabanidae	Tabanidae	TABA	1	24	25	4	3	7
Tipulidae	Tipulidae	TIPU	4		4		1	1
Ephemeroptera								
Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	1941	685	2626	179	729	908
	<i>Baetis rhodani</i>	BRHO		4	4			
	<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR	595	396	991	8	80	88
	<i>Baetis</i> spp.	BASP	1652	2059	3711	84	510	594
	Baetidae	BAET				8		8
Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	64	377	441	32	199	231
	<i>Caenis rivulorum</i>	CRIV	38		38	9		9
	<i>Caenis</i> spp.	CASP	14	366	380	10	463	473
Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	921	1	922	457	3	460
Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>helveticus</i>	EHEL	1		1			
	<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	532	1542	2074	1	255	256
	<i>Heptagenia</i> spp.	HESP	1	117	118	1	73	74
	<i>Rhithrogena</i> spp.	RHPS		1	1			
	Heptageniidae	HEPT	1		1		23	23
Leptophlebiae	<i>Habrophlebia lauta</i>	HLAU	1		1	1		1
Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	854	3003	3857	18	3567	3585
	Ephemeroptera ind.	EPHE		2	2			
Heteroptera								
Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	MISP		4	4	2		2
Hydrometridae	<i>Hydrometra</i> sp.					1		1
Megaloptera								
Sialidae	<i>Sialis</i> spp.	SISP	2		2			
Odonata								
Calopterygidae	<i>Calopteryx splendens</i>	CSPL		3	3		1	1
Plecoptera								
Leuctridae	<i>Leuctra</i> gp. <i>fusca</i>	LFUS	7		7			
	<i>Leuctra</i> spp.	LESP	121	12	133	18	2	20
	Leuctridae	LEUC				14		14
Trichoptera								
Glossosomatidae	<i>Glossosoma boltoni</i>	GBOL	3		3			
	<i>Glossosoma</i> spp.	GLSP	2	1	3			
Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	GPIL	1	5	6	1	1	2
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche angustipennis</i>	HANG					3	3
	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	52	1141	1193	3	957	960
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	129	1130	1259	27	530	557
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC	23	171	194	8	104	112
	<i>Hydropsyche modesta</i>	HMOD	2	116	118		25	25
	<i>Hydropsyche sitalai</i>	HSIL	29	498	527	2	4	6
	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSO	3253	5196	8449	28	4796	4824
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	26	167	193	3	299	302
Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	AALB	11		11			
	<i>Athripsodes</i> spp.	ATSP		14	14		25	25
	<i>Ceraclea dissimilis</i>	CDIS	64	3	67			
	<i>Ceraclea</i> spp.	CESP	16	26	42		49	49
	<i>Mystacides</i> spp.	MYSP		1	1			
	<i>Oecetis testacea</i>	OTES	1		1			
	<i>Oecetis</i> spp.	OESP		2	2			

**Annexe A.3.1. (Suite) Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Chautagne au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration**

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré restauration			Post restauration		
			print 2002	été 2002	Tot	print 2006	été 2006	Tot
	<i>Setodes punctatus</i>	SPUN		1	1		23	23
	<i>Setodes</i> spp.	SETO		1	1			
	Leptoceridae	LEPT	1	25	26		9	9
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	PFLA		98	98		1	1
	<i>Polycentropus</i> spp.	POSP		12	12			
	Polycentropodidae	POLY	11	69	80			
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	276	6560	6836	120	4692	4812
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	RHSP	442	271	713	5	26	31
	Rhyacophilidae	RHYA	148		148	20	27	47
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.	SESP		1	1			
	<b>Richesse taxonomique</b>		<b>66</b>	<b>64</b>	<b>79</b>	<b>47</b>	<b>55</b>	<b>64</b>
	<b>Abondance</b>		<b>45076</b>	<b>35395</b>	<b>80471</b>	<b>10898</b>	<b>25918</b>	<b>36816</b>
	<b>Densité par m<sup>2</sup></b>		<b>45076</b>	<b>35395</b>	<b>40236</b>	<b>10898</b>	<b>25918</b>	<b>18408</b>

### Annexe A.3.2 Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Belley au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré restauration			Post restauration		
			print 2002	été 2002	Tot	été 2007	print 2008	Tot
<b>Plathelminthes</b>								
Turbellaria								
Tricladida								
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	DLAC	16	90	<b>106</b>		<b>0</b>
	Dugesiiidae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	31	61	<b>92</b>	1	<b>1</b>
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	149	1038	<b>1187</b>	98	5
		<i>Dugesia</i> spp.	DUSP			<b>0</b>	4	2
	Planariidae	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	PONT	13	24	<b>37</b>		<b>0</b>
Annelida								
Hirudinea								
Arhynchobdellida								
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	3	5	<b>8</b>	1	<b>1</b>
		<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP		3	<b>3</b>		<b>0</b>
Rhynchobdellida								
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM		3	<b>3</b>		<b>0</b>
		<i>Hemiclepsis marginata</i>	HMAR	1		<b>1</b>		<b>0</b>
Polycheata								
	Ampharedidae	<i>Hypania invalida</i>	HINV			<b>0</b>	45	<b>45</b>
Mollusca								
Bivalvia								
Veneroidea								
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU			<b>0</b>	60	12
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	82	14	<b>96</b>	2	5
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP	4		<b>4</b>		2
		<i>Sphaeriidae</i>	SPHA		3	<b>3</b>		<b>0</b>
Gastropoda								
Ectobranchia								
	Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS	2		<b>2</b>		<b>0</b>
		<i>Valvata</i> spp.	VASP	8		<b>8</b>	1	1
Neotaenioglossa								
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	9		<b>9</b>	40	56
Neritopsina								
	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	TFLU	9	6	<b>15</b>	30	6
Pulmonata								
	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	43	271	<b>314</b>		30
	Lymnaeidae	<i>Radix balthica-labiata</i>	RABL	2		<b>2</b>		<b>0</b>
		<i>Radix</i> spp.	RASP	3	1	<b>4</b>		1
	Physidae	<i>Physa</i> sp.	PHSP			<b>0</b>	1	<b>1</b>
		<i>Physella acuta</i>	PACU	1	1	<b>2</b>		<b>0</b>
		<i>Physidae</i>	PHYS	2	1	<b>3</b>		<b>0</b>
	Planorbidae	<i>Gyraulus</i> spp.	GYPSP	3		<b>3</b>		<b>0</b>
		<i>Planorbidae</i>	PLAN	7		<b>7</b>		<b>0</b>
		<i>Gastropoda</i> ind.	GAST	2		<b>2</b>	1	<b>1</b>
Arthropoda								
Arachnida								
	Acaria	Hydracarina	ACAR	5	1	<b>6</b>	6	2
Crustacea								
Amphipoda								
	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL			<b>0</b>	47	142
		<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	2266	3523	<b>5789</b>	62	999
		<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	67	68	<b>135</b>	1	26
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	17999	20561	<b>38560</b>	462	<b>462</b>
		<i>Gammaridae</i>	GAMA			<b>0</b>		3984
Isopoda								
	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	160	7	<b>167</b>	6	4
		<i>Asellidae</i>	ASEL	23		<b>23</b>		<b>0</b>
Insecta								
Coleoptera								
	Dryopidae	<i>Dryops</i> spp.	DRSP	1	2	<b>3</b>		1
		<i>Dryops</i> spp.a	DRSPa	1		<b>1</b>		<b>0</b>
	Dytiscidae	<i>Bidessus</i> spp.a	BIDEa	6		<b>6</b>		<b>0</b>
	Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	ELSP	34	26	<b>60</b>	1	<b>1</b>
		<i>Elmis</i> spp.a	ELSPa	1	1	<b>2</b>	1	1
		<i>Esolus</i> spp.	ESSP	1058	505	<b>1563</b>	221	15
		<i>Esolus</i> spp.a	ESSPa	84	1	<b>85</b>	10	2
		<i>Limnius</i> spp.	LISP	63	35	<b>98</b>	4	1
		<i>Riolus</i> spp.	RISP	3	1	<b>4</b>		<b>0</b>
	Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i>	OVIL		48	<b>48</b>	6	<b>6</b>

### Annexe A.3.2 (suite) Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Belley au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré restauration			Post restauration		
			print 2002	été 2002	Tot	été 2007	print 2008	Tot
	Haliplidae	<i>Haliplus</i> spp.a		1	1			0
	Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp.a		1	1			0
Diptera								
	Athericidae	<i>Atrichops crassipes</i>	1	1	2			0
	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	12	4	16	1	1	2
	Chironomidae	Chironomini	35	35	70	99	1206	1305
		Orthocladinae	12698	9153	21851	15376	39035	54411
		Tanypodinae	1116	10	1126	143	126	269
		Tanytarsini	505	73	578	177	1225	1402
	Empididae	Clinocerinae	3		3			0
		Hemerodromiinae	40		40	39	6	45
	Limoniidae	<i>Antocha vitripennis</i>	2	5	7	1		1
		Eriopterini			0	1		1
		Hexatomini			0		17	17
		Pediciini		1	1			0
	Simuliidae	Simuliidae	224	460	684	369	318	687
	Tabanidae	Tabanidae	3	3	6			0
	Tipulidae	Tipulidae	5	4	9	2	4	6
Ephemeroptera								
	Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	328	863	1191	281	484	765
		<i>Baetis rhodani</i>	21	3	24	5	10	15
		<i>Baetis vardarensis</i>	36	107	143	1	1	2
		<i>Baetis</i> spp.	379	1754	2133	86		86
		<i>Centropilum luteolum</i>			0		1	1
		<i>Cloeon dipterum</i>		2	2			0
	Baetidae	Baetidae	4		4	151	327	478
	Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	24	1	25	23	2	25
		<i>Caenis luctuosa-macrura</i>			0		4	4
		<i>Caenis macrura</i>			0		8	8
		<i>Caenis rivulorum</i>	7		7	5	3	8
		<i>Caenis</i> spp.	42	8	50	12	3	15
	Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	2190	2	2192	3	482	485
	Ephemerellidae	Ephemerellidae			0	1		1
	Heptageniidae	<i>Epeorus</i> sp.		1	1			0
		<i>Heptagenia sulphurea</i>	175	75	250	62	66	128
		<i>Heptagenia</i> spp.		7	7			0
		Heptageniidae		3	3	487	11	498
	Leptophlebiae	<i>Habrophlebia</i> spp.			0		1	1
	Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	767	239	1006	2702	415	3117
	Ephemeroptera ind.	Ephemeroptera ind.		0	0	1		1
Heteroptera								
	Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	10	10	20		1	1
	Gerridae	<i>Gerris</i> sp.		1	1			0
Heteroptera								
	Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i> spp.	1		1			0
Lepidoptera								
	Crambidae	<i>Acentria ephemerella</i>		1	1			0
Odonata								
	Coenagrionidae	Coenagrionidae		2	2			0
Plecoptera								
	Leuctridae	<i>Leuctra</i> spp.	214	2	216	5	34	39
	Nemouridae	Nemouridae	1		1			0
	Plecoptera ind.	Plecoptera ind.	1		1	3	1	4
Trichoptera								
	Glossosomatidae	<i>Agapetus</i> sp.			0	3		3
		<i>Glossosoma boltoni</i>	32	1	33	18		18
		<i>Glossosoma</i> spp.	45	1	46	37	14	51
	Goeridae	<i>Silo nigricornis</i>			0	5		5
	Goeridae	Goeridae			0	1	1	2
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	69	43	112	303	44	347
		<i>Hydropsyche exocellata</i>	68	51	119	8	2	10
		<i>Hydropsyche incognita</i>	1	1	2	1		1
		<i>Hydropsyche modesta</i>	30	17	47			0
		<i>Hydropsyche siltalai</i>	12	1	13	14		14
		<i>Hydropsyche</i> spp.	252	141	393	854	20	874
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila vectis</i>		11	11			0
		<i>Hydroptila</i> spp.	9	295	304	36	24	60
	Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	20		20		1	1
		<i>Athripsodes cinereus</i>	1		1			0
		<i>Athripsodes</i> spp.	1		1	1		1

**Annexe A.3.2 (suite) Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Belley au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration**

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré restauration			Post restauration		
			print 2002	été 2002	Tot	été 2007	print 2008	Tot
	<i>Ceraclea dissimilis</i>	CDIS	33		33		1	1
	<i>Ceraclea</i> spp.	CESP	5	1	6			0
	Leptoceridae	LEPT	0	5	5			0
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	PFLA		1	1			0
	<i>Polycentropus</i> spp.	POSP		1	1			0
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	42	730	772	465	83	548
	Psychomyiidae	PSYC			0	35		35
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	RHSP	235	44	279	6	21	27
	Rhyacophilidae	RHYA			0	5	6	11
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.	SESP			0	3		3
	Trichoptera ind.	TRIC	10	1	11			0
	<b>Richesse taxonomique</b>		<b>60</b>	<b>58</b>	<b>71</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>61</b>
	<b>Abondance</b>		<b>41870</b>	<b>40477</b>	<b>82347</b>	<b>22897</b>	<b>49351</b>	<b>72248</b>
	<b>Densité par m<sup>2</sup></b>		<b>41870</b>	<b>40477</b>	<b>41174</b>	<b>22897</b>	<b>49351</b>	<b>36124</b>

### Annexe A.3.3 Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Brégnier-Cordon au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré			Post	
			print 2002	été 2002	Tot	été 2008	
<b>Plathelminthes</b>							
Turbellaria							
Tricladida							
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	DLAC	22	19	<b>41</b>	5
	Dugesiiidae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	450	85	<b>535</b>	7
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	128	334	<b>462</b>	606
		<i>Dugesia</i> spp.	DUSP	12	3	<b>15</b>	
	Planariidae	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	PONT	3	2	<b>5</b>	8
<b>Annelida</b>							
Hirudinea							
Arhynchobdellida							
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	8	27	<b>35</b>	31
		<i>Erpobdella testacea</i>	ETES	2	1	<b>3</b>	
		<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP	2	1	<b>3</b>	23
Rhynchobdellida							
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM	38	11	<b>49</b>	
		<i>Glossiphonia heteroclita</i>	GHET		1	<b>1</b>	1
		Glossiphoniidae	GLOS	7		<b>7</b>	
		<i>Haementeria costata</i>	HCOS	39		<b>39</b>	
		<i>Helobdella stagnalis</i>	HSTA	1	28	<b>29</b>	
		<i>Hemiclepsis marginata</i>	HMAR	1		<b>1</b>	
Polycheata							
	Ampharedidae	<i>Hypania invalida</i>	HINV				9
<b>Mollusca</b>							
Bivalvia							
Veneroidea							
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU	112	108	<b>220</b>	134
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	1		<b>1</b>	
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP	37		<b>37</b>	
		<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP				4
		Sphaeriidae	SPHA	57	9	<b>66</b>	
Gastropoda							
Ectobranchia							
	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	VCRI				2
		<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS				3
		<i>Valvata</i> spp.	VASP	9		<b>9</b>	4
Neotaenioglossa							
	Bithyniidae	<i>Bithynia</i> sp.	BITH		1	<b>1</b>	
	Hydrobiidae	<i>Bithynella</i> sp.	BISP		1	<b>1</b>	
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	265	79	<b>344</b>	45
Neritopsina							
	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	TFLU	381	386	<b>767</b>	814
Pulmonata							
	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	4580	361	<b>4941</b>	23
	Lymnaeidae	<i>Radix balthica-labiata</i>	RABL	2		<b>2</b>	
	Lymnaeidae	<i>Radix</i> spp.	RASP	1	1	<b>2</b>	
	Physidae	<i>Physa fontinalis</i>	PFON	1		<b>1</b>	
		<i>Physella acuta</i>	PACU	1		<b>1</b>	
		Physidae	PHYS	2		<b>2</b>	
	Planorbidae	<i>Hippeutis complanatus</i>	HCOM				1
		Gastropoda ind.	GAST				17
<b>Arthropoda</b>							
Arachnida							
	Acaria	Hydracarina	ACAR				12
Crustacea							
Amphipoda							
	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL				12
		<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	4243	6323	<b>10566</b>	1164
		<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	70	19	<b>89</b>	5
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	75496	16857	<b>92353</b>	59
		Gammaridae	GAMA				1476
Decapoda							
	Cambaridae	<i>Orconectes limosus</i>	OLIM		1	<b>1</b>	
Isopoda							
	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	5		<b>5</b>	4
	Asellidae	<i>Asellus</i> spp.	ASSP	1		<b>1</b>	

**Annexe A.3.3 (suite) Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Brégnier-Cordon au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration**

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré			Post	
			print 2002	été 2002	Tot	été 2008	
Insecta							
Coleoptera							
	Dryopidae	<i>Dryops</i> spp.	DRSP	1		<b>1</b>	
	Dytiscidae	<i>Hydroporus</i> sp.	HYDRO	1		<b>1</b>	
	Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	ELSP	268	115	<b>383</b>	134
		<i>Elmis</i> spp.a	ELSPa	20	2	<b>22</b>	3
		<i>Esolus</i> spp.	ESSP	1159	759	<b>1918</b>	297
		<i>Esolus</i> spp.a	ESSPa	27	29	<b>56</b>	6
		<i>Limnius</i> spp.	LISP	93	64	<b>157</b>	30
		<i>Limnius</i> spp.a	LISPa	1		<b>1</b>	
		<i>Oulimnius</i> spp.	OUSP	34	3	<b>37</b>	3
		<i>Oulimnius</i> spp.a	OUSPa		1	<b>1</b>	
		<i>Riolus</i> spp.	RISP	10		<b>10</b>	
	Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i>	OVIL		26	<b>26</b>	3
	Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp.a	HYDRAa	1		<b>1</b>	
		Coleoptera ind.	COLE		3	<b>3</b>	
Diptera							
	Anthomyidae	Anthomyidae	ANTH		1	<b>1</b>	
	Athericidae	<i>Atherix</i> sp.	ATHE	4		<b>4</b>	
		<i>Atrichops</i> sp.					1
	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	CERA	40	5	<b>45</b>	1
		Dasyheleinae	DASY	1		<b>1</b>	
	Chironomidae	Chironomini	CHSP	1370	98	<b>1468</b>	29
		Orthocladiinae	ORTH	24839	1747	<b>26586</b>	1359
		Tanytopodinae	TANY	69	2	<b>71</b>	3
		Tanytarsini	TASP	975	70	<b>1045</b>	1
	Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI	2		<b>2</b>	
	Empididae	Clinocerinae	CLIN	5		<b>5</b>	2
		Hemerodromiinae	HEME	63	110	<b>173</b>	51
	Limoniidae	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT	52	7	<b>59</b>	10
		<i>Dicranota</i> sp.	DICR	4		<b>4</b>	1
		Eriopterini	ERIO	1	1	<b>2</b>	
		Pediciini	PESP		1	<b>1</b>	
	Psychodidae	Psychodidae	PSSP	2		<b>2</b>	
	Simuliidae	Simuliidae	SIMU	381	49	<b>430</b>	36
	Tabanidae	Tabanidae	TABA	1	1	<b>2</b>	
	Tipulidae	Tipulidae	TIPU	14	3	<b>17</b>	
Ephemeroptera							
	Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	118	309	<b>427</b>	37
		<i>Baetis rhodani</i>	BRHO	73	24	<b>97</b>	10
		<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR	99	12	<b>111</b>	2
		<i>Baetis</i> spp.	BASP	240	340	<b>580</b>	6
		Baetidae	BAET				57
	Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	3	1	<b>4</b>	1
		<i>Caenis rivulorum</i>	CRIV	7		<b>7</b>	
		<i>Caenis</i> spp.	CASP	12	1	<b>13</b>	5
	Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	314	17	<b>331</b>	
		<i>Torleya major</i>	TMAJ				9
	Ephemeridae	<i>Ephemera lineata</i>	ELIN	5		<b>5</b>	
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>venosus</i>	EVEN	2	4	<b>6</b>	4
		<i>Ecdyonurus</i> spp.	ECSP		11	<b>11</b>	
		<i>Epeorus</i> sp.	EPSP				1
		<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	28	12	<b>40</b>	36
		<i>Heptagenia</i> spp.	HESP		15	<b>15</b>	
		Heptageniidae	HEPT		13	<b>13</b>	72
		<i>Rhithrogena beskidensis-savoienis</i>	RHBV	29		<b>29</b>	
		<i>Rhithrogena semicolorata</i>	RSEM				28
		<i>Rhithrogena</i> spp.	RHPS	4	58	<b>62</b>	115
		Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia lauta</i>	HLAU	1		<b>1</b>
	Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	105	257	<b>362</b>	149
Heteroptera							
	Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	MISP	139	64	<b>203</b>	
	Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i> spp.	MESP	2		<b>2</b>	
Plecoptera							
	Leuctridae	<i>Leuctra</i> spp.	LESP	202	4	<b>206</b>	2
		Leuctridae	LEUC		3	<b>3</b>	
	Nemouridae	<i>Nemoura</i> spp.	NESP		2	<b>2</b>	
		Nemouridae	NEMO		1	<b>1</b>	
	Perlidae	<i>Dinocras cephalotes</i>	DCEP	1		<b>1</b>	
		<i>Dinocras</i> sp.	DISP	2		<b>2</b>	

**Annexe A.3.3 (suite) Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Brégnier-Cordon au cours des campagnes d'échantillonnage pré et post restauration**

E/C/O/F	Taxons	CODE	Pré		Post	
			print 2002	été 2002	Tot	été 2008
Perlodidae	Perlodidae	PERLO		1	1	
	Plecoptera ind.	PLEC				1
Trichoptera						
Glossosomatidae	<i>Glossosoma boltoni</i>	GBOL	75	4	79	1
	<i>Glossosoma</i> spp.	GLSP	20	1	21	2
Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	GPIL		4	4	
	<i>Silo nigricornis</i>	SNIG				7
	Goeridae	GOER	28		28	
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche angustipennis</i>	HANG	1		1	
	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	46	45	91	17
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	2	1	3	
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC	5	7	12	10
	<i>Hydropsyche modesta</i>	HMOD	16	9	25	
	<i>Hydropsyche siltalai</i>	HSIL	108		108	
	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSP	143	17	160	35
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	12	47	59	11
Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	AALB	48		48	5
	<i>Athripsodes</i> spp.	ATSP	3	3	6	25
	<i>Setodes punctatus</i>	SPUN	1		1	1
	Leptoceridae	LEPT		1	1	
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	113	244	357	594
	<i>Tinodes dives</i>	TDIV	1		1	
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	RHSP	122	4	126	13
	Rhyacophilidae	RHYA	37		37	2
	Trichoptera ind.	TRIC	1		1	
	<b>Richesse taxonomique</b>		<b>78</b>	<b>62</b>	<b>86</b>	<b>55</b>
	<b>Abondance</b>		<b>117583</b>	<b>29291</b>	<b>146874</b>	<b>7697</b>
	<b>Densité par m<sup>2</sup></b>		<b>58792</b>	<b>14646</b>	<b>97916</b>	<b>5131</b>

**Annexe A.3.4 Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Péage du Roussillon au cours des deux campagnes d'échantillonnage de d'été 2007 et de printemps 2008**

E/C/O/F	Taxons	CODE	été 2007	print 2008	Total	
<b>Plathelminthes</b>						
	Turbellaria					
	Tricladida					
	DugesIIDae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	3	1	4
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	162	17	179
		<i>Dugesia</i> spp.	DUSP		1	1
<b>Annelida</b>						
	Hirudinea					
	Arhynchobdellida					
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	80	35	115
		<i>Erpobdella testacea</i>	ETES	1		1
		<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP	50	183	233
	Rhynchobdellida					
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM	21	58	79
	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	PGEO		2	2
	Oligochaeta	Oligochaeta ind.	OLIG	595	309	904
	Polycheata					
	Ampharedidae	<i>Hypania invalida</i>	HINV		200	200
<b>Mollusca</b>						
	Bivalvia					
	Veneroida					
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU	800	112	912
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	54	20	74
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP		5	5
		<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP		1	1
	Gastropoda					
	Architaenioglossa					
	Viviparidae	<i>Viviparus viviparus</i>	VVIV	2		2
	Ectobranchia					
	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	VCRI		2	2
		<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS	131	19	150
		<i>Valvata</i> spp.	VASP	24	4	28
	Neotaenioglossa					
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	BTEN	117	19	136
		<i>Bithynia</i> sp.	BITH	4		4
	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	LNAT	6		6
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	662	637	1299
	Pulmonata					
	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	299	1638	1937
	Physidae	<i>Physa</i> sp.	PHSP	1		1
		<i>Physella acuta</i>	PACU		1	1
		<i>Gyraulus albus</i>	GALB		4	4
		<i>Hippeutis complanatus</i>	HCOM	1		1
		Planorbidae	PLAN	1	1	2
	Lymnaeidae	<i>Radix</i> spp.	RASP	3	17	20
		Gastropoda ind.	GAST	2	1	3
<b>Arthropoda</b>						
	Arachnida					
	Acaria	Hydracarina	ACAR	28	6	34
	Crustacea					
	Amphipoda					
	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL	267	721	988
		<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	2		2
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	610		610
		Gammaridae	GAMA		967	967
	Decapoda					
	Atyidae	<i>Atyaephyra desmarestii</i>	ADES	1		1
	Isopoda					
	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	11	10	21
		Asellidae	ASEL		4	4
	Corophiidae	<i>Corophium curvispinum</i>	CCUR	54	247	301
	Insecta					
	Coleoptera					
	Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	ELSP		3	3
		<i>Esolus</i> spp.	ESSP	8	6	14
		<i>Esolus</i> spp. ad	ESSPa	2	2	4
		<i>Oulimnius</i> spp.	OUSP	1		1
		<i>Oulimnius</i> spp. ad	OUSPa	1		1

**Annexe A.3.4 (suite) Abondance et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de Péage-de-Roussillon au cours des deux campagnes d'échantillonnage de d'été 2007 et de printemps 2008**

<b>E/C/O/F</b>	<b>Taxons</b>	<b>CODE</b>	<b>été 2007</b>	<b>print 2008</b>	<b>Total</b>
	<i>Riolus</i> spp.	RISP		1	1
Diptera					
	Ceratopogonidae		1		1
	Chironomidae				
		CHSP	112	2880	2992
		ORTH	6105	36234	42339
		TANY	11	42	53
		TASP	1200	2623	3823
	Empididae	HEME	2		2
	Limoniidae	ERIO		5	5
	Simuliidae	SIMU	70	685	755
Ephemeroptera					
	Baetidae				
		BFUS	124	84	208
		BVAR	3		3
		BASP	12		12
		PBIF	26	1	27
		BAET	64	280	344
	Caenidae				
		CLUC	501	238	739
		CALM		51	51
		CMAC		2	2
		CASP	1366	26	1392
	Ephemerellidae				
		SIGN		8	8
	Ephemerellidae			23	23
	Heptageniidae				
		ECSP	3		3
		HSUL	45	17	62
		HESP		1	1
		HEPT	197	70	267
	Polymitarcyidae				
		EVIR		1	1
	Potamanthidae				
		PLUT		9	9
Megaloptera					
	Sialidae				
		SISP	1		1
Odonata					
	Calopterygidae				
		CALO	1		1
	Gomphidae				
		OFOR		1	1
	Platycnemididae				
		PLSP		2	2
	Odonata ind.				
		ODON	2		2
Planipenna					
	Sisyridae				
		SISY		1	1
Plecoptera					
	Leuctridae				
		LESP	1	1	2
		LEUC		10	10
		PLEC		2	2
Trichoptera					
	Hydroptilidae				
		AGRA	4		4
		HDSP	192	383	575
		ORSP	1		1
		HYPS	26	4	30
	Leptoceridae				
		ATSP	2		2
		CEAA		1	1
		CDIS		3	3
		MAZU	2		2
		MYSP	2	1	3
		TRSP		1	1
		LEPT		2	2
	Ecnomidae				
		ETEN		1	1
	Goeridae				
		GPIL	2		2
	Hydropsychidae				
		HCON	152	12	164
		HEXO	237	57	294
		HYSP	654	2324	2978
	Polycentropodidae				
		PFLA	1		1
		POLY	2		2
	Psychomyiidae				
		PPUS	1227	885	2112
	Rhyacophilidae				
		RHSP		1	1
		TRIC	5	16	21
	Trichoptera ind.				
		<b>Richesse taxonomique</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>71</b>
		<b>Abondance</b>	<b>16360</b>	<b>52242</b>	<b>68602</b>
		<b>Densité par m<sup>2</sup></b>	<b>10907</b>	<b>34828</b>	<b>22867</b>

Annexe A.3.5. Résultats faunistiques invertébrés du RCC de Pierre-Bénite en 2007-2008.

RCC PIERRE-BÉNITE 2007-2008		Amont sep-07	Amont juin-08	Amont 07-08	Radier sep-07	Radier juin-08	Radier 07-08	Aval sep-07	Aval juin-08	Aval 07-08	Total sep-07	Total juin-08	Total 07-08
<b>SPONGIAIRES</b>													
SPONGILIDAE													
<b>BRYOZOAIRES</b>													
PECTINATELLIDAE <i>Pectinatella magnifica</i>													
CRISTATELLIDAE <i>Cristatella mucedo</i>													
<b>CNIDAIRES</b>													
HYDRIDAE <i>Hydra sp.</i>													
<b>TURBELLARIÉS</b>													
DUGESIIDAE <i>Dugesia (polychroa + lugubris)</i>													
DUGESIA <i>Dugesia tigrina</i>													
DENDROCOELIDAE <i>Dendrocoelum lacteum</i>													
<b>NEMRETIENS</b>													
<i>Prostoma graecense</i>													
<b>POLYCHETES</b>													
AMPHARETIDAE <i>Hypania invalida</i>													
<b>OLIGOCHETES</b>													
NAIDIDAE <i>Chaetogaster sp.</i>													
STYLARIA <i>Stylaria lacustris</i>													
AUTRES OLIGOCHETES													
<b>ACHETES</b>													
GLOSSIPHONIIDAE <i>Glossiphonia complanata</i>													
HELOBDELLIDAE <i>Helobdella stagnalis</i>													
ERPOBDELLIDAE <i>Erpobdella octoculata (+sp.juv.)</i>													
<i>Erpobdella testacea</i>													
PISCICOLIDAE <i>Piscicola geometra</i>													
<b>MOLLUSQUES</b>													
VALVATIDAE <i>Valvata piscinalis</i>													
VALVATA <i>Valvata sp. (juv.)</i>													
BITHYNIIDAE <i>Bithynia tentaculata</i>													
HYDROBIDAE <i>Potamopyrgus antipodarum</i>													
ANCYLIDAE <i>Ancylus fluviatilis</i>													
PLANORBIDAE <i>Gyraulus albus</i>													
<i>Menetus dilatatus</i>													
PHYSIDAE <i>Physa sp. (juv.)</i>													
LYMNAEIDAE <i>Radix gpe peregra-ovata + auricul.</i>													
SPHAERIIDAE <i>Sphaerium spp.+ Pisidium spp.</i>													
CORBICULIDAE <i>Corbicula fluminea</i>													
DREISSENIDAE <i>Dreissena polymorpha</i>													
<b>HYDRACARIENS</b>													
<b>CRUSTACÉS</b>													
MYSIDAE <i>Hemimysis anomala</i>													
COROPHIDAE <i>Chelicorophium curvispinum</i>													
GAMMARIDAE <i>Gammarus fossarum</i>													
<i>Gammarus roesei</i>													
<i>Gammarus tigrinus</i>													
<i>Gammarus sp. (juv.)</i>													
<i>Dikergammarus villosus</i>													
ASELLIDAE <i>Aesellus aquaticus</i>													
<i>Proasellus meridianus</i>													
JANIRIDAE <i>Jaera istri</i>													
ATYIDAE <i>Atyaephyra desmarestii</i>													
<b>PLECOPTERES</b>													
LEUCTRIDAE <i>Leuctra sp.</i>													
<b>HÉTEROPTERES</b>													
CORIXIDAE <i>Micronecta sp.</i>													
<b>PLANIPENNÉS</b>													
SISYRIDAE <i>Sisyr sp.</i>													
<b>ÉPHEMÉROPTERES</b>													
HEPTAGENEIDAE <i>Heptagenia sulphurea</i>													
BAETIDAE <i>Baetis fuscatus</i>													
<i>Baetis sp ( fuscatus)</i>													
<i>Baetis sp. (juv.)</i>													
<i>Procladius bilidum</i>													
LEPTOPHLEBIDAE <i>Paraleptophlebia sp.</i>													
EPHEMERELLIDAE <i>Serratella ignita</i>													
POTAMANTHIDAE <i>Potamanthus luteus</i>													
CAENIDAE <i>Caenis luctuosa</i>													
<i>Caenis (pseudorivulorum)</i>													
<i>Caenis sp. (juv.)</i>													
POLYMITARCYIDAE <i>Ephoron virgo</i>													
<b>COLEOPTERES</b>													
ELMIDAE <i>Esolus sp. (l)</i>													
<b>TRICHOPTERES</b>													
RHYACOPHILIDAE <i>Rhyacophila sp.</i>													
HYDROPTILIDAE <i>Hydroptila sp. (l)</i>													
<i>Hydroptila sp. (N)</i>													
<i>Orthotricha sp.</i>													
HYDROPSYCHIDAE <i>Hydropsyche contubernalis</i>													
<i>Hydropsyche exocellata</i>													
<i>Hydropsyche modesta</i>													
<i>Hydropsyche sp. (juv.)</i>													
POLYCENTROPODIDAE <i>Cyrnus trimaculatus</i>													
<i>Polycentropus sp. (juv.)</i>													
PSYCHOMYIDAE <i>Psychomyia pusilla</i>													
<i>Tinodes waeneri</i>													
LEPTOCERIDAE <i>Ceraclea dissimilis</i>													
<i>Ceraclea sp. (juv.)</i>													
<i>Mystacides sp. (juv.)</i>													
<i>Oecetis notata + O. sp. (juv.)</i>													
LEPTOCERIDAE (N.)													
GOERIDAE <i>Goera pillosa</i>													
ECNOMIDAE <i>Ecnomus tenellus</i>													
<b>DIPTERES</b>													
SIMULIIDAE larves + Nymphes													
PSYCHODIDAE													
LIMONIIDAE <i>Limoniini</i>													
CHIRONOMIDAE <i>Tanytopodinae</i>													
<i>Orthocladinae s.l.</i>													
<i>Chironomini</i>													
<i>Tanytarsini</i>													
<i>Chironomidae (N.)</i>													
EMPIDIDAE <i>Hemerodrominae</i>													
<i>Clinocerinae</i>													
TIPULIDAE <i>Tipula</i>													
CERATOPOGONIDAE Vermiformes													
Nombre total d'individus		2169	2361	4530	5262	4500	9762	3609	4530	8139	11040	11391	22431
Richesse taxonomique		42	38	52	38	36	48	53	46	63	61	60	79

## **A.2.5 Les poissons des lônes**

A.2.5.1 Effectifs capturés dans chacune des pêches effectuées dans les Vieux-Rhône et dans les lônes en 2008.



## Bibliographie

- André S. & Olivier J.M. 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.
- 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.
- ARALEP (2003). *Suivi scientifique du Rhône court-circuité de Pierre-Bénite – Phase II – 2001-2004. Faune benthique – Année 2003 et synthèse 1995-2003*. Rapport à la CNR, Lyon, 7 p.
- ARALEP (2005). *Synthèse 1985-2004 du suivi hydrobiologique de Rhône court-circuité de Péage-de-Roussillon dans le cadre du suivi de la centrale nucléaire de Saint-Alban-Saint-Maurice*. Rapport à EDF St-Alban.
- ARALEPBP (2000). *Suivi de l'incidence de l'augmentation du débit réservé dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Etude de la faune benthique avant augmentation. Synthèse 1995-1999*. Rapport à la CNR, Lyon, 10 p.
- Armitage P.D., Pardo I. & Brown A. (1995). Temporal constancy of faunal assemblages in "mesohabitats" - Application to management ? *Archiv für Hydrobiologie*, 133 (3), 367-387.
- Bornette G, (2004). Restauration des zones humides fluviales du secteur de Belley. Analyse de l'état avant restauration et prévisions. Rapport à l'Agence de l'eau RMC dans le cadre du suivi scientifique du plan décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, 30 pages.
- Bornette, G. & Amoros, C. (1990). Etude du fonctionnement et de l'évolution de la Lône de la Platière. Rapport à l'Association des Amis de la Réserve de la Platière, Contrat C.N.R.S., 11 p. + annexes.
- Bornette, G. & Amoros, C. (1990b). Avis d'expertise sur les projets de réalimentation de la lône de la Platière. Expertise à l'Association des Amis de la Réserve de la Platière, Contrat C.N.R.S., 2 p.
- Bornette, G. & Amoros, C. 1993. Restauration de la Lône de la Platière. Réalimentation à partir du Rhône : premier bilan et perspectives. Rapport à l'Association des Amis de la Réserve de la Platière, Contrat C.N.R.S , 21 p. + annexes.
- Bornette, G. and Amoros, C. (1991) Aquatic vegetation and hydrology of a braided river floodplain. *Journal of Vegetation Science*, 2, 497-512.
- Bornette, G. and Arens, M.F. (2002) Charophyte communities in cut-off river channels the role of connectivity. *Aquatic Botany*, 73, 149-162.
- Bornette, G. and Large, A.R.G. (1995) Groundwater-surface water ecotones at the upstream part of confluences in former river channels. *Hydrobiologia*, 310, 123-137.
- Bornette, G., Amoros, C. and Lamouroux, N. (1998a) Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. *Freshwater Biology*, 39, 267-283.
- 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., Piégay, H., Tachet, J. and Hein, T. (1998b) Ecological complexity of wetlands within a river landscape. *Biological Conservation*, 85, 35-45.
- Bournaud M. & Cogérino L. (1986). Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau : approche faunistique. *Annls Limnol.*, 22 (3), 285-294.
- Britto, D.T., Siddiqi, M.Y., Glass, A.D.M. and Kronzucker, H.J. (2001) Futile transmembrane NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cycling: a cellular hypothesis to explain ammonium toxicity in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 4255-4258.
- Burkholder, J.M., Tomasko, D.A. and Touchette, B.W. (2007) Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350, 46-72.
- Carbiener, R., Trémolières, M., Mercier, J.L. and Ortscheit, A. (1990) Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligotrophic stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). *Vegetatio*, 86, 71-88.
- Carron G., Paillex A., & Castella E. 2007. Les coléoptères aquatiques de la zone alluviale du Rhône à Belley (France: Ain, Savoie): inventaire et observations préliminaires sur les effets des mesures de restauration. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse* 80: 191-210.
- Chessel, D., A.-B. Dufour, & J. Thioulouse. 2004. The ade4 package-I- One-table methods. *R News* 4:5-10.
- Cogérino L., 1989. *Les rives aquatiques des grands cours d'eau : caractérisation mésologique et faunistique*. Thèse de Doctorat, Univ. Lyon 1, 329 p.
- Cogérino L., Cellot B. & Bournaud M. 1995. Microhabitat diversity and associated macroinvertebrates in aquatic banks of a large European river. *Hydrobiologia*, 304 (2), 103-115.
- Daufresne, M., Roger, M.C., Capra, H. and 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(1), 124-140.
- 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, Life and Environment*, 56, 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.
- Dolédéc, S. & Chessel, D. (1989) Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique II- Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. - *Acta Œcologica, Œcologia Generalis*, 10: 207-232.
- Duelli P. (Ed.) (1994). Liste rouge des espèces animales menacées de Suisse. Office Fédéral de l'Environnement des Forêts et du Paysage, Berne. 97 p.
- 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 appliquée*, 11, 29-69.

- Fruget J.F. & Dessaix J. (2002). Biodiversité structurelle et fonctionnelle des peuplements de macroinvertébrés en tant que descripteurs de la variabilité hydraulique : exemple de deux parties court-circuitées du Rhône Moyen. *Sciences de l'Eau*, 15 (1), 209-221.
- Gayraud S., Lamouroux N. & Dolédec S., 2002. How multiple-scale habitat filters shape the functional composition of communities : the example of stream invertebrates. *In prep.*
- Heck, K.L., Jr., G. van Belle and D. Simberloff. (1975). Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* 56, 1459-1461.
- Henry, C. & Amoros, C. (1997). Diagnostic des potentialités évolutives : Typologies et cartographie des lônes sur l'ensemble du Rhône. Chute de Brégnier-Cordon : 2. Fiches descriptives. Rapport à la compagnie nationale du Rhône.
- Henry, C. & Amoros, C. (1997). Diagnostic des potentialités évolutives : Typologies et cartographie des lônes sur l'ensemble du Rhône. Chute de Belley: 2. Fiches descriptives. Rapport à la compagnie nationale du Rhône.
- 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.
- Jézequel, Bornette, G. (2007). Dynamique post-restauration des zones humides fluviales du secteur de Pierre-Bénite et de Belley. *In Olivier et al.* 2008.
- Juget, J., B.J. Yi, C.R., Ph. Richoux, M. Richardot-Coulet, J.L. Reygrobellet, and 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). *Schweiz. Z. Hydrol.*, 41, 395-417.
- Krebs, C.J. (1999). *Ecological methodology*. Addison Wesley Longman, Inc. 620p.
- Lamouroux N., Olivier J.M., Persat H., Pouilly M., Souchon Y., Statzner B. 1999. Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwater Biology* 42, 275-299.
- Lamouroux, N., and Capra, H. 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology*, 47: 1543-1556.
- 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.
- Olivier J.M., André S., Dolédec S., Lamouroux N., Mérigoux S. 2004a - Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, Vieux-Rhône et lônes de Chautagne, caractérisation de l'état initial, juin 2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.
- Olivier J.M., Bornette G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Massé C., Mérigoux S, Piégay H. 2004b - Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et lônes de Belley. Caractérisation

- de l'état initial. Années 2003-2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.
- Olivier J.M. (2005a) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. RCC de Chautagne (2004). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.
- Olivier J.M., Bornette G., Carron G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Levrat J., MacCrae D., Malet E., Massé C., Mérioux S., Michalkova M., Paillex A., Piégay H., Rivoire E., Terrier A. (2005b) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Vieux Rhône et îles 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., Mérioux 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., Bornette G., Castella E., Mérioux S., Piégay H., Jézéquel C., McCrae D., Michalkova M., Montbertrand A.L. Paillex A., (2008) : Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône : un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve, Rapport d'étape 2007. 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, SMIRIL, SMIRCLAID, SHR.
- Paillex A., Castella E. & G. Carron. 2007. Aquatic macroinvertebrate response along a gradient of lateral connectivity in river floodplain channels. *Journal of the North American Benthological Society*. 26 (4): 779-796.
- Paillex A., Dolédec S, Castella E. & S. Mérioux. 2009. Large river floodplain restoration: predicting species richness and trait responses to the restoration of hydrological connectivity. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01593.x.
- Pezeshki, S.R. (2001) Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany*, 46, 299-312.
- Rivoire, E. & Bornette, G. (2005). Restauration des zones humides fluviales du secteur de Brégnier-Cordon. Analyse de l'état avant restauration et prévisions. Rapport à l'Agence de l'eau RMC dans le cadre du suivi scientifique du plan décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, 31 pages.
- Rivoire, E. & Bornette, G. (2006). Mise à jour des profils écologiques des espèces végétales aquatiques utilisés pour la méthode de diagnostic fonctionnel des zones humides péri-fluviales. Rapport à l'Agence de l'eau RMC dans le cadre du suivi scientifique du plan décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, juillet 2006, 29 pages de texte + 56 pages d'annexes.

- Smolders, A., Lamers, L.P.M., Den Hartog, C. and Roelofs, J.G.M. (2003) Mechanisms involved in the decline of *Stratiotes aloides* L. in The Netherlands: sulphate as a key variable. *Hydrobiologia*, 506-509, 603-610.
- Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Lucassen, E.C.H.E.T., van der Velde, G. and Roelofs, J.G.M. (2006) Internal eutrophication: How it works and what to do about it – a review. *Chemistry and Ecology*, 22, 93-111.
- van Katwijk, M.M., Vergeer, L.H.T., Schmitz, G.H.W. and Roelofs, J.G.M. (1997) Ammonium toxicity in eelgrass *Zostera marina*. *Marine Ecology Progress Series*, 157, 159-173.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. (2002) *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie*. 2<sup>nd</sup> corrected CNRS éditions, Paris.