



HAL
open science

Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'étape 2009

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Maxence Forcellini, Sylvie Mérioux, Jean-François Fruget, Jérémie Riquier, Hervé Piégay, M. Michalkova, Samuel Segura, Emmanuel Castella, et al.

► To cite this version:

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Maxence Forcellini, Sylvie Mérioux, Jean-François Fruget, et al.. Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'étape 2009. [Rapport de recherche] CEMAGREF; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 2; Université Lyon 3; ENS de Lyon; EZUS - Université Lyon 1; ARALEP. 2009. halshs-01241366

HAL Id: halshs-01241366

<https://shs.hal.science/halshs-01241366>

Submitted on 25 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.



RhôneAlpes Région



Compagnie Nationale du Rhône



Suivi scientifique du programme de restauration

hydraulique et écologique du Rhône :

Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve

Rapport d'étape 2009



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



Université Claude Bernard Lyon 1



ARALEP
Ecologie des Eaux Douces



Réalisation du Rapport

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

Partie Invertébrés du chenal : **Sylvie MERIGOUX-LHOPITAL** (UMR CNRS 5023, Université Lyon1) et **Jean-François FRUGET** (ARALEP) pour le secteur de Pierre-Bénite, échantillonnage réalisé avec la collaboration de Maxence **FORCELLINI** et Dominique **REYNAUD** (UMR CNRS 5023).

Partie Géomorphologie (sédimentation et granulométrie) : **Jérémie RIQUIER**, **Hervé PIEGAY** et **Monika MICHALKOVA** (UMR CNRS 5600 – Universités Lyon 3 / Lyon 2 / ENS de Lyon). Missions de terrain et analyses de laboratoire réalisées avec la collaboration de Vincent Gaertner, Kristell Michel et Johan Berthet.

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

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

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

Les données hydrologiques sont fournies par la CNR.

Nous tenons à rendre hommage à notre collègue Gilles CARRON, entomologiste et hydrobiologiste, membre de l'équipe d'Emmanuel Castella (Université de Genève), décédé le 20 novembre 2009.

Sommaire

Sommaire	3
Synthèse	5
1) Introduction.....	15
2) Approche thématique	25
2.1 Cadre physique : restauration et hydrologie	25
2.1.1 Opérations de restauration	25
2.1.2 Hydrologie	27
2.1.3 Hydraulique du chenal	29
2.2 Les poissons du chenal	31
2.2.1 Objectifs et méthodologie	31
2.2.2 Echantillonnages	31
2.2.3 Résultats	34
2.2.4 Bilan multi-sites	43
2.3 Les invertébrés du chenal	47
2.3.1 Objectifs et méthodologie	47
2.3.2 Echantillonnage	48
2.3.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage	49
2.3.4 Bilan multi-sites	50
2.3.4.1 Richesse taxonomique et densités dans l'ensemble des RCC.....	50
2.3.4.2 Préférences hydrauliques des peuplements dans l'ensemble des RCC.....	58
2.3.5 Conclusions et perspectives	68
2.4 Sédimentation dans les lônes	70
2.4.1 Objectifs et méthodologie	70
2.4.4 Résultats de la campagne de l'automne 2009	74
2.4.4.1 Analyse comparée de l'état initial des lônes du Haut-Rhône et du Rhône moyen	74
2.4.4.2 Analyse des valeurs et des tendances au comblement sédimentaire des systèmes réhabilités du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite	76
2.4.5 Conclusions et perspectives pour 2010-2011	86
2.5 Végétation dans les lônes	88
2.5.1 Rappel des objectifs	88
2.5.2 Stratégie d'échantillonnage	88
2.5.3 Résultats : évolution du diagnostic floristique	89
2.5.3.1 Secteur de Belley.....	89
2.5.3.2 Secteur de Péage-de-Roussillon	106
2.5.3.3 Secteur de Montélimar	110
2.5.3.4 Secteur de Donzère-Mondragon.....	118
2.5.4 Bilan multi-sites et conclusion	156
2.6 Les communautés de macroinvertébrés de six lônes du Rhône dans le secteur de Brégnier-Cordon.	158
2.6.1 Introduction	158
2.6.2 Stratégie d'échantillonnage.	159
2.6.2.1 Localisation des sites.....	159
2.6.2.2 Description de l'habitat	160
2.6.2.3. Echantillonnage de la macrofaune	160
2.6.2.4 Calcul des métriques	161
2.6.2.5 Analyse des données.	162
2.6.3 Résultats.	162
2.6.3.1 Abondance des macroinvertébrés.....	162

2.6.3.2 Composition des peuplements.....	163
2.6.2.3 Métriques basées sur les richesses taxonomiques.....	174
2.6.3.4 Métriques basées sur le statut des espèces.....	178
2.6.4 Synthèse et conclusions.	180
2.7 Peuplements de poissons des lômes.	181
2.7.1 Objectifs et méthodologie	181
2.7.2 Echantillonnages	182
2.7.3 Résultats	183
2.7.4 Bilan multi-sites	189
2.7.5. Conclusions	193
3. Approche géographique	195
3.1 Chautagne	195
3.3 Brégnier-Cordon	206
3.4 Miribel-Jonage	211
3.5 Pierre-Bénite	212
3.6 Péage-de-Roussillon	215
3.7 Montélimar	218
3.8 Donzère-Mondragon	220
4. Conclusion générale	224
5. Références bibliographiques	226
Annexes thématiques.....	230

Synthèse

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

L'état d'avancement des projets de restauration des autres sites est variable. Il n'existe pas de propositions concrètes pour le site de Miribel. Le dossier est très avancé à Péage-de-Roussillon et la sélection des lônes à restaurer a commencé. Des propositions concernant les modalités de modification du régime de débit réservé ont été formulées, elles sont originales par rapport à celles adoptées sur les quatre sites en amont car elles proposent des variations saisonnières destinées à favoriser des communautés végétales et animales des zones de grèves alternativement inondées et exondées ; elles prennent également en considération les besoins hydriques de la forêt alluviale de l'Île de la Platière. À Montélimar, la lône de la Roussette devrait être restaurée fin 2010 – début 2011. Un avant-projet est en cours d'élaboration sur le site de Donzère.

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

Augmentation des débits réservés

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

Volet Poissons

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

- Le bilan du suivi post-restauration dans les trois secteurs du Haut-Rhône souligne :
 - que la durée du suivi après augmentation du débit réservé est insuffisante pour apprécier de manière pertinente l'effet du relèvement du débit sur les peuplements de poissons, l'augmentation de la proportion « des espèces d'eaux courantes » se poursuit en 2009 mais de très fortes fluctuations

inter-annuelles de cette métrique en particulier, et de l'abondance relative des différentes espèces d'une manière plus générale, sont enregistrées ;

- que les attendus sont identiques sur les trois sections court-circuitées mais que les enjeux diffèrent d'un secteur à l'autre en fonction de la structure des peuplements et de certaines populations (hotus, vandoises, truites, ombres communs),
 - que la complexité hydro-morphologique du Rhône et la gestion des débits, même dans les sections court-circuitées, induisent une variabilité inter-annuelle du succès de reproduction des espèces et de leur répartition spatiale qui ont une influence importante sur les résultats du suivi annuel : le fait par exemple que des poissons issus de la reproduction de 2008, faiblement échantillonnés en 2008, soient capturés de manière conséquente en 2009, illustre cette variabilité ; le fleuve reste un système complexe dont le fonctionnement ne peut être appréhendé que sur une échelle temporelle longue,
 - que dans le secteur de Chautagne, un effet significatif du relèvement des débits réservés devrait se traduire à moyen terme par une restauration des populations de hotus, vandoises et ombres communs avec intégration progressive des différentes classes d'âges dans la structure des populations, ce qui n'a pas été observé jusqu'en 2009, l'augmentation de la proportion d'espèces d'eaux courantes étant essentiellement due à une augmentation des proportions d'ablettes et de barbeaux fluviatiles,
 - que le peuplement du secteur de Belley ne présente pas les problèmes structurels de celui de Chautagne et que l'effet bénéfique du relèvement des débits réservés ne se mesurera probablement que très progressivement sur le long terme, les résultats de 2009 sont cependant « meilleurs » que ceux des deux années précédentes,
 - que les enjeux du relèvement du débit réservé dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon sont plus limités que pour les deux autres secteurs, seule la partie entre le barrage de Champagneux et la confluence avec le Guiers étant concernée par la modification de débit.
- Les résultats obtenus dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite confirment la tendance observée depuis plusieurs années (augmentation de la proportion d'espèces d'eau courante depuis la modification du débit réservé) et l'analyse de la structure en tailles des populations concernées (ablette, barbeau fluviatile) montre une bonne intégration des juvéniles des années précédentes dans les populations. Ceci vient confirmer la bonne réponse du peuplement de poissons au changement de débit.
 - L'image du peuplement de poissons du Canal de Miribel obtenue avec les résultats des pêches réalisées ces 3 dernières années révèle la très forte proportion d'espèces de petite taille dans les échantillons (vairon, spirin). Ce Vieux Rhône possède des capacités d'accueil pour des cyprinidés rhéophiles de grande taille (hotus, barbeaux, vandoises) ou de salmonidés (ombre commun par exemple). L'apron du Rhône pourrait également être présent.
 - Dans les trois autres secteurs du Bas-Rhône, le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon apparaît toujours comme un des secteurs les plus productifs avec des effectifs échantillonnés nettement supérieurs à ceux des autres secteurs. Cependant, le caractère lentique de la majeure partie de ce vieux-Rhône (effet du seuil de

Peyraud) associé à des températures élevées défavorisent les espèces les plus exigeantes ; une population de hotus et de barbeaux se maintient néanmoins dans la partie amont (seuil d'Arcoules). Le peuplement du vieux-Rhône de Montélimar est dominé par l'ablette, le barbeau, le chevaine et le hotu. Le vieux-Rhône de Donzère se caractérise par la présence de nombreux radiers favorisant les espèces « d'eau vive » (spirilin, barbeau fluviatile, loche franche).

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

Volet macroinvertébrés

Un total de 31 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés benthiques a été réalisé dans le chenal des 7 Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon, Miribel, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Montragon. L'année 2009 est marquée par l'acquisition de données 1) printemps et été post-restauration n+5 à Chautagne, 2) printemps et été post-restauration à Belley n+4, 3) printemps et été post-restauration n+3 à Brégnier-Cordon et 4) printemps et été pré-restauration à Donzère-Montragon. Les conditions hydrologiques dans le secteur de Brégnier-Cordon n'avaient pas permis l'échantillonnage au printemps 2008 (n+2) et avaient largement perturbé la campagne d'été 2008. La campagne de printemps a donc été réalisée en 2009 (n+3) et la campagne d'été a de nouveau été effectuée en 2009 afin de s'affranchir des biais d'interprétation des données liés à l'instabilité des débits de l'année 2008.

Le bilan multi-sites montre qu'en moyenne 72 taxons et 32 614 individus par m² (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration dans les 6 RCC pour lesquels les données sont actuellement disponibles. À l'échelle du secteur, la densité et la richesse taxonomique ne sont pas corrélées. Avec 87 taxons, le secteur de Brégnier-Cordon est le secteur le plus riche avant restauration malgré des densités plus faibles qu'à Chautagne et à Belley. De même, le secteur de Péage-de-Roussillon présente une richesse taxonomique presque identique à celle de Belley (72 et 74 taxons respectivement) avec des densités presque deux fois plus faibles (41 174 et 22 579 indiv/m²). Globalement, les 3 secteurs de Miribel, Péage-de-Roussillon et Montélimar présentent les densités les plus faibles associées à des richesses plus faibles pour le secteur de Miribel et de Montélimar (66 et 53 taxons respectivement).

Dans les 3 secteurs pour lesquels des données pré- et post-restauration sont disponibles, on observe une chute importante du nombre de taxons et des densités au cours des campagnes post-restauration n+2 (Chautagne et Belley) et n+2-3 (Brégnier-Cordon). Au cours des campagnes post-restauration n+4, les tendances sont complètement inversées pour les deux secteurs de Chautagne et Belley. Les densités sont plus importantes qu'avant restauration et

que 2 ans après restauration. Dans le secteur de Chautagne, même si on n'atteint pas les 81 taxons rencontrés avant restauration, 9 taxons de plus sont recensés entre n+4 et n+2. Dans le secteur de Belley, on observe 4 ans après restauration, 9 taxons de plus qu'avant restauration et 20 taxons de plus que 2 ans après restauration. Globalement, on observe après restauration (notamment entre n+2 et n+4), une augmentation des taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT). Les taxons nouvellement rencontrés dans les campagnes d'échantillonnage printemps et été post-restauration présentent des effectifs très faibles. Aussi, seules des données sur le long terme permettront de confirmer ou non leur implantation dans ces milieux et de comprendre précisément les facteurs impliqués.

Dans l'ensemble des secteurs étudiés sur le Haut-Rhône et le Bas-Rhône, 14 espèces exogènes sont recensées. Dans le Haut-Rhône, avant restauration, six espèces exogènes étaient présentes. Deux ans après restauration, on notait l'apparition de quatre nouvelles espèces exogènes invasives : le prédateur *Dikerogammarus villosus*, le bivalve *Corbicula fluminea*, le Polychète *Hypania invalida* et le Crustacé *Crangonyx pseudogracilis*. Quatre années après restauration apparaissent deux nouvelles espèces exogènes: le Crustacé *Jaera istri* et le Gastéropode *Gyraulus parvus*. Dans les secteurs du Bas-Rhône, avant restauration on note une richesse en espèces exogènes plus importante que dans le Haut-Rhône (12 et 11 espèces dans les RCC de Péage-de-Roussillon et de Montélimar respectivement). Les espèces de Crustacés *Chelicorophium curvispinum*, *Jaera danubica*, *Gammarus roeselii*, *G. tigrinus* et *Atyaephyra desmarestii* et le Gastéropode *Lithoglyphus naticoides* sont uniquement rencontrées dans les secteurs du Bas-Rhône et n'ont pas encore colonisé le Haut-Rhône. Parmi ces espèces, seules *Chelicorophium curvispinum* et *Gammarus tigrinus* sont actuellement reconnues comme menaçantes pour les macroinvertébrés autochtones.

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

La comparaison des observations de terrain quatre années après restauration et les prédictions du modèle FSTress vont dans le même sens pour 36% et 48% (Chautagne et Belley respectivement) des taxons abondants et pour lesquels des modèles de préférences hydrauliques pertinents existent. Ces pourcentages sont meilleurs quatre ans après restauration que deux ans après et ont atteint 71 et 84% des taxons (Chautagne et Belley) si on ajoute les taxons pour lesquels les densités moyennes des relevés changent dans le sens attendu en n+4 par rapport à n+2. Cependant, l'absence de corrélations claires entre les observations et les prédictions avant et après restauration ne nous permet pas de valider les prédictions du modèle FSTress.

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 exactement

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. De plus, des améliorations méthodologiques seront apportées pour augmenter notre pouvoir prédictif. Ainsi, de nouveaux modèles biologiques seront soit développés pour les espèces apparues après restauration (e.g. espèces exogènes) ou pour les taxons qui étaient faiblement représentés avant restauration, soit affinés pour certains taxons dont les effectifs n'étaient pas suffisants pour obtenir un modèle précis. Cette nouvelle phase de modélisation permettra aussi de définir les modèles biologiques pour les espèces du Bas-Rhône qui ne sont pas présentes sur le Haut-Rhône.

Réhabilitation des lônes

Volet sédimentologie

L'étude de **l'évolution des annexes fluviales après restauration** comporte un **volet physique** important qui permet d'appréhender **les processus de sédimentation-érosion** dans les lônes et ainsi d'estimer leur durée de vie et les modalités de changement de caractéristiques physiques de l'habitat disponible pour les organismes aquatiques (nature du substrat, profondeur, disponibilité des différents types d'habitats, modalités d'écoulement et de mise en connexion avec le chenal principal). Ce volet est fondamental dans l'analyse des changements post-restauration. Il existe peu de résultats disponibles (retours d'expérience) sur des hydrosystèmes tels que le Rhône et ces données sont très importantes pour définir les modalités de gestion future des annexes restaurées et les modalités de restauration à venir.

Depuis 2003, l'étude géomorphologique des lônes et l'analyse sédimentaire associée porte sur 2 lônes en Chautagne, 6 lônes à Belley, 7 lônes à Brégnier-Cordon, 3 lônes à Pierre-Bénite, 6 lônes (et casiers) à Péage-de-Roussillon, 1 lône à Montélimar et 8 à Donzère. Le jeu de données comporte un ensemble de lônes restaurées avec plusieurs états permettant d'appréhender la variabilité des patrons granulométriques et sédimentaires comme le soulignaient les premiers résultats acquis sur Pierre-Bénite. L'installation de piézomètres et les campagnes engagées sur les lônes non restaurées du Rhône moyen permettront également de disposer dès 2010 de données pour effectuer une bonne comparaison des lônes sur le continuum rhodanien avant restauration. La durée de vie de certaines lônes commence à pouvoir être calculée. C'est le cas de Malourdie, Brotalet, Table Ronde, Jaricot. Il sera sans doute également possible de mieux tenir compte de la chronique des crues, l'intensité de celles-ci influençant significativement la sédimentation annuelle observée (travaux réalisés sur la Table Ronde en partenariat avec J. Lecoq, Cemagref Lyon). Enfin, les conditions hydrauliques et hydrologiques ne sont toujours pas cohérentes avec les patrons granulométriques. C'est ainsi que la lône Béard ou celle de la Malourdie, qui sont rarement inondées mais disposent de forces tractrices élevées une fois connectées, ont une sédimentation beaucoup plus fine que celle que l'on pourrait prévoir.

Une analyse comparée de l'état initial des lônes du Haut-Rhône et du Rhône moyen a montré que les lônes non-réhabilitées du Rhône moyen montrent une tendance à l'alluvionnement sensiblement plus importante que les lônes du Haut-Rhône. En termes de granulométrie moyenne, les lônes du Haut-Rhône possédaient également une plus grande diversité granulométrique que celles du Rhône moyen.

Une analyse comparée du comblement sédimentaire des lônes réhabilitées du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite a révélé qu'il existait 3 types de réponses fonctionnelles sur les lônes du Haut-Rhône et une tendance d'ensemble sur les lônes du vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Sur le Haut-Rhône il existe donc :

- des lônes avec absence de sédimentation significative (Fournier, Lucey, Anse de Yenne, Mattant, Vachon), écoulement vif assurant l'auto-entretien du chenal,
- des lônes avec une forte propension à l'accumulation de matériaux fins (Malourdie, Molottes, Ponton) avec une uniformité de la sédimentation sur le linéaire de ces lônes, écoulement lent, bouchon alluvial amont, alimentation par reflux depuis l'aval,
- des lônes présentant une certaine stabilité associée à des fluctuations d'amplitudes variées, une analyse de la structure longitudinale des dépôts a révélé des différences au sein de ce groupe avec des lônes à sédimentation discontinue (Luisettes, Béard, Granges, Cerisiers) et lônes au sein desquelles la sédimentation est plus régulière sur le profil longitudinal (Brotalet, Moiroud).

À Pierre-Bénite, les lônes ont présenté initialement une phase d'exhaussement, dont l'intensité a ensuite diminué. Une forte diversité fonctionnelle existe cependant entre les 3 lônes suivies.

L'analyse de la granulométrie des sédiments montre qu'il existe une forte variabilité inter-lônes et permet de distinguer plusieurs groupes :

- des lônes à sédimentation fine (des limons moyens à fins) et homométrique couvrant intégralement le linéaire (Malourdie, Molottes, Ponton, Table Ronde).
- les lônes à sédimentation fine (des limons moyens aux sables très fins) associée à un bon recouvrement longitudinal (Jaricot, Moiroud).
- des lônes à sédimentation plutôt sableuse (des sables très fins aux sables moyens) avec un bon recouvrement longitudinal (Brotalet, Luisettes, Ciselande).
- des lônes à sédimentation plutôt sableuse (des sables très fins à des sables moyens) avec un recouvrement plus discontinu (Luisettes, Béard, Granges, Cerisiers)
- des lônes franchement graveleuses (Fournier, Lucey, Anse de Yenne, Vachon, Mattant).

L'équipement des lônes en piézomètres enregistreurs, couplé à l'analyse rigoureuse des régimes hydrologiques des vieux-Rhône permettra rapidement de mieux comprendre la dynamique de mise en eau et de circulation des écoulements dans les milieux étudiés.

Volet végétation aquatique

L'analyse de l'évolution des peuplements de végétaux aquatiques, conçue comme un outil de diagnostic de l'état écologique des annexes et de leurs potentialités d'évolution (durée de vie, trophie, comblement...), apporte des informations sur le fonctionnement intrinsèque de ces zones humides. Le suivi post-restauration concerne 4 lônes du secteur de Belley (Luisettes, Moiroud, Béard et Fournier), 5 lônes du secteur de Brégnier-Cordon (Chantemerle, Granges, Molottes, Ponton et Plaine) et 3 lônes du secteur de Pierre Bénite (Ciselande, Jaricot et Table Ronde). L'état initial a été réalisé sur les secteurs de Péage-de-Roussillon (complété en 2009), Montélimar et Donzère. Ce rapport présente les résultats de la deuxième campagne d'échantillonnage post-restauration du secteur de Belley. Les résultats concernant la lône Moiroud montrent une légère évolution vers un état mésotrophe, l'espèce introduite *Elodea nuttallii* est devenue dominante dans la lône. Le curage de l'amont de la lône des Luisettes a

probablement permis une augmentation des apports phréatiques. Le curage de la lône Béard semble avoir modifié le peuplement végétal de la lône avec l'apparition d'espèces associées à une bonne alimentation phréatique. Néanmoins la structure du peuplement de macrophytes est hétérogène sur le linéaire de la lône ainsi que la dynamique de dépôt de sédiments fins. Dans ces trois lônes, les débits transitant lors des crues semblent encore insuffisants pour limiter les processus d'alluvionnement et les résultats obtenus lors des deux campagnes d'échantillonnage ne permettent pas encore de statuer sur un changement définitif d'état en lien avec les opérations de restauration. La lône Fournier est bien différente des trois autres car il s'agit d'une annexe fluviale fréquemment parcourue par les écoulements de crue. La partie amont est fortement alimentée par le sous-écoulement (percolation à travers le banc de galets depuis le vieux-Rhône) et les espèces végétales témoignent de cette alimentation souterraine. La séparation entre la partie amont et la partie aval est en cours d'exhaussement et les caractéristiques de ces deux parties sont très différentes, la sédimentation (limons) dans la partie aval étant assez marquée. À Péage-de-Roussillon, un projet de restauration de la lône de la Boussarde avait été avancé pour fin 2010, finalement la restauration de cette lône a été reportée. L'état initial a été réalisé en 2009. Il s'agit d'un milieu eutrophe avec des connexions fréquentes lors des crues et des processus d'alluvionnement important (limons), la richesse spécifique est faible. Parmi les deux lônes échantillonnées à Montélimar (état initial), la lône de la Barcasse, alimentée par un effluent de station d'épuration présente des potentialités de restauration très faibles. Le peuplement de macrophytes de la lône de la Roussette témoigne de conditions eutrophes à hyper-eutrophes et de l'absence d'apports phréatiques. La fréquence de passage des écoulements de crue est importante ainsi que les dépôts d'alluvions fins.

Les principales caractéristiques des lônes du secteur de Donzère sont :

- lône Malaubert : conditions eutrophes à hyper-eutrophes, faibles apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues élevé et présence de processus d'alluvionnement,
- lône du Carré : conditions eutrophes à hyper-eutrophes, absence d'apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues élevé et présence de processus d'alluvionnement, milieu fortement colonisé par les espèces invasives, cette lône constitue un chenal d'écoulement important lors des crues,
- lône de Malatras : milieu restauré récemment, l'espèce dominante est *Scirpus lacustris* et le milieu est probablement eutrophe,
- lône des joncs : conditions eutrophes à hyper-eutrophes, absence d'apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues élevé et présence de processus d'alluvionnement, lône alimentée par la Petite Berre, richesse spécifique très faible,
- lône de Caderousse : conditions eutrophes, apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues faible, présence de processus d'alluvionnement, milieu permanent toujours alimenté par la lône Pascal,
- lône de la Grange écrasée : conditions eutrophes, apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues élevé, présence de processus d'alluvionnement,
- lône de la République : conditions eutrophes à hyper-eutrophes, absence d'apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues faible et présence de processus d'alluvionnement
- lône du Bayard : conditions eutrophes, absence d'apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues faible et présence de processus d'alluvionnement, apparition

d'espèces préférant des conditions mésotrophes et d'espèces indiquant quelques apports phréatiques.

L'éventualité de la restauration de ces lônes et les conditions de restauration restent à définir.

Volet macroinvertébrés benthiques

Plusieurs métriques basées sur les **caractéristiques des peuplements de macroinvertébrés benthiques** ont été définies et testées pour caractériser la diversité des lônes avant restauration et pour mesurer les changements induits par la restauration fluviale, en particulier pour appréhender les modifications de connectivité avec le chenal principal et l'impact sur la dynamique des espèces exotiques. L'analyse de la composition des assemblages de macroinvertébrés aquatiques change de façon progressive depuis les sites les moins influencés par le Rhône courant, jusqu'aux sites directement connectés à lui en permanence. Avant restauration, la faune des lônes étudiées offre l'image d'un gradient de changement progressif qui répond au niveau d'influence du fleuve sur les habitats. Les 18 lônes sélectionnées sur les sites de Belley et Brégnier-Cordon avant restauration couvrent la diversité des conditions d'habitat caractéristiques de la séquence successionale des chenaux de tressage du Haut-Rhône français. Cette séquence classique va de l'eupotamon (milieux connectés en permanence par l'amont et par l'aval au fleuve) au plésiopotamon (milieux déconnectés du fleuve en débit moyen mais atteints par les crues) en passant par le parapotamon (milieux connectés en permanence au fleuve par l'aval). Les macroinvertébrés traduisent clairement cette séquence par des remplacements progressifs. Une combinaison de 5 variables de milieu (conductivité électrique, teneur en azote ammoniacal, recouvrement par les plantes aquatiques submergées, teneur en matière organique des sédiments superficiels (%), indice (variant de 0 à 1) de diversité du substrat minéral) a permis de construire un indice synthétique exprimant le degré de connectivité latérale d'un site avec le fleuve. Cet indice est remarquablement corrélé avec les modifications de composition faunistique associées aux changements de connectivité. Il va permettre de mesurer les transformations associées aux mesures de restauration. D'autres métriques faunistiques sont utilisées :

- la richesse taxonomique totale ne varie pas significativement le long du gradient de connectivité,

- la richesse en insectes Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères (EPT) croît quasi-linéairement avec la connectivité,

- la richesse en mollusques gastéropodes tend à décroître avec l'augmentation de la connectivité,

- l'abondance de l'espèce patrimoniale *Anisus vorticulus*, la proportion de taxons prédateurs et de taxons épibenthiques, diminue également avec la connectivité au fleuve.

- quatre métriques exprimant la représentation des espèces exogènes (9 espèces actuellement) dans les sites étudiés montrent une tendance croissante avec la connectivité au fleuve ; la densité cumulée des espèces exogènes et le nombre d'espèces exogènes ont une corrélation linéaire positive et significative avec la connectivité latérale.

L'analyse de l'évolution post-restauration est réalisée sur six types de milieux :

- des témoins stagnants non-restaurés,

- des témoins courants non-restaurés,

- des sites seulement influencés par l'augmentation du débit réservé,
- des sites curés et influencés par l'augmentation du débit réservé,
- des sites reconnectés au fleuve par l'amont et par l'aval,
- des sites nouvellement créés dans un talweg asséché.

Deux ans après les travaux de restauration, les diverses métriques exprimant la richesse et les caractéristiques fonctionnelles des communautés d'invertébrés indiquent que les changements les plus radicaux ne concernent que les milieux reconnectés au cours du Rhône. Ces changements s'opèrent dans le sens souhaité : la faune indique bien l'installation de communautés répondant à l'augmentation des contraintes hydrauliques, notamment à travers l'augmentation de la richesse des insectes Epheméroptères, Plécoptères et Trichoptères. Dans les sites restaurés par curage et/ou augmentation des débits dans le court-circuit, les modifications des métriques faunistiques sont peu ou pas significatives par rapport à l'état initial. Une exception concerne les espèces exogènes dont le nombre augmente de façon significative pour tous les types de restauration. Toutefois, ce phénomène ne semble pas directement lié à la restauration elle-même, c'est le Haut-Rhône tout entier qui est soumis à un flux croissant d'espèces exogènes, dont l'installation est facilitée dans les milieux neufs ou restaurés. Non affectée par les travaux de restauration, l'espèce patrimoniale *Anisus vorticulus* est menacée directement par certains travaux de déboisement aux abords des sites où elle est présente. En conclusion, deux ans après les travaux de restauration des sites de Belley et Brégnier-Cordon, les changements de composition des peuplements de macroinvertébrés traduisent remarquablement les changements de connectivité latérale. L'effet global décrit par la faune est bien celui d'une augmentation de la connectivité des lônes restaurées avec le fleuve. Les différences de types de restauration entraînent une diversification des réponses faunistiques. Il n'y a pas homogénéisation des communautés d'invertébrés au niveau des secteurs étudiés. Les détails de ce travail sont présentés dans la thèse d'Amael Paillex¹.

Volet peuplement piscicole dans les lônes

Le rôle des annexes fluviales en tant que zone de reproduction et de nurserie pour de nombreuses espèces de poissons est connu depuis fort longtemps. Ces aspects naturels de la biologie et de l'écologie des poissons en milieu fluvial confèrent aux peuplements de poissons de ces hydrosystèmes une grande diversité spécifique qui les distingue des cours d'eau de plus petite dimension et dépourvus de plaine d'inondation. Cependant, toutes les annexes fluviales ne possèdent pas les mêmes caractéristiques d'habitat ni la même capacité d'accueil pour les espèces de poissons du Rhône. La réhabilitation des lônes du Rhône met donc à disposition des poissons des milieux différents. Parmi les 14 lônes restaurées suivies sur le Haut-Rhône, seules 3 d'entre elles (Brotalet, Molottes et Ponton) semblent jouer un rôle important vis-à-vis de la reproduction et de l'accueil des très jeunes stades de développement des poissons (en particulier des espèces phytophiles et/ou phyto-lithophiles). Dans ces lônes, les effectifs échantillonnés sont généralement très importants ainsi que les proportions de juvéniles de l'année. D'autres annexes comme la lône des Cerisiers possèdent des habitats convenant à différentes classes d'âge, d'autres jouent le rôle d'annexes courantes (Anse de Yenne, Vachon, Mattant) et abritent une faune lotique caractéristique (jeunes cyprinidés rhéophiles,

• ¹ Paillex Amael : Aquatic macroinvertebrates diversity along the lateral dimension of a large river floodplain. Thèse de Doctorat, Université de Genève, Faculté de Sciences, 21/04/2010

truitelles, chabot, lamproie de Planer...). Les autres annexes restaurées ne semblent pas présenter de caractéristiques compatibles avec des densités de poissons importantes. Il faut néanmoins considérer ces résultats dans leur contexte temporel et rester conscient du fait que ces annexes réhabilitées sont encore en pleine évolution.

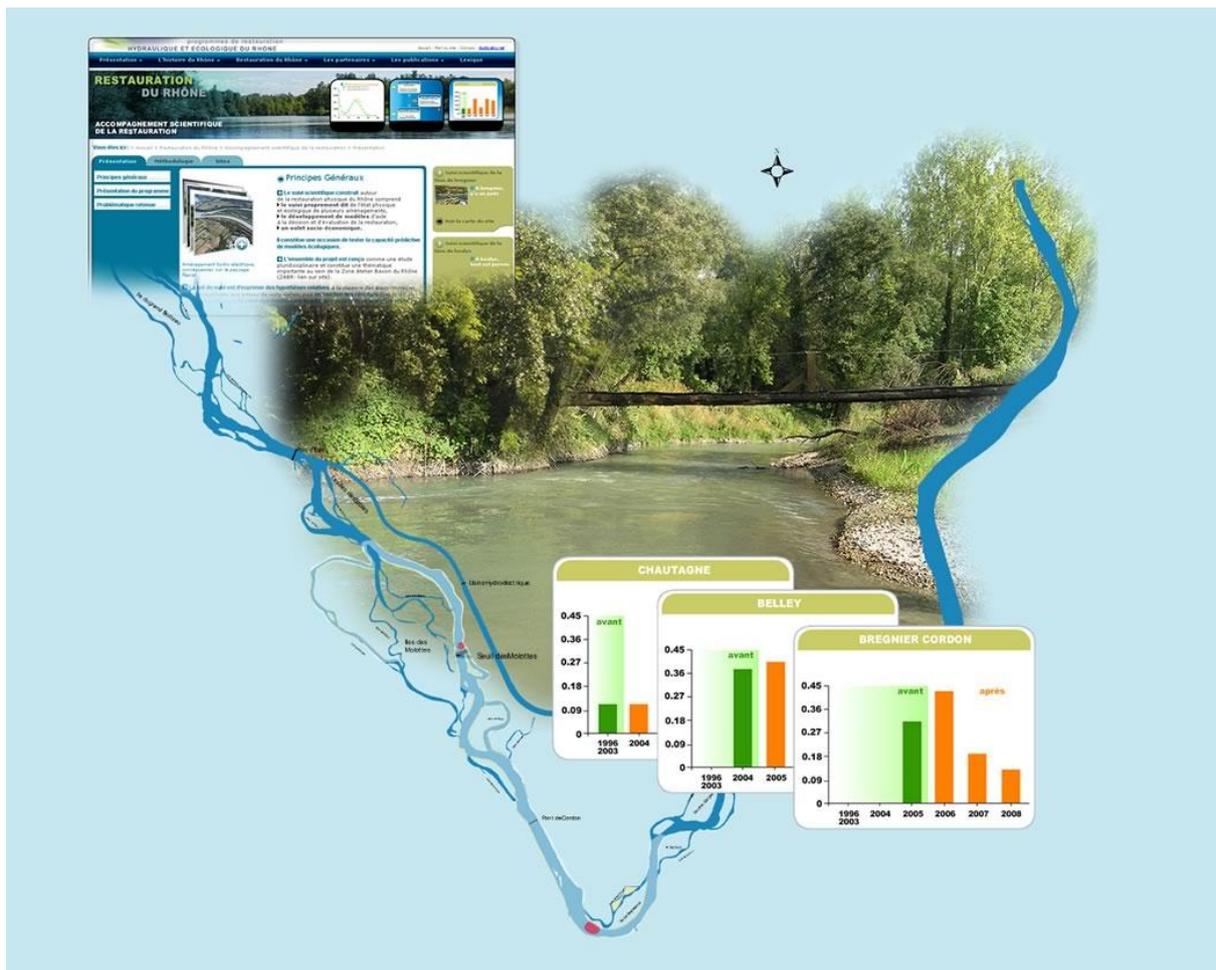
Le suivi de la restauration du Rhône se poursuivra en 2010.

1) Introduction

Le programme de restauration du Rhône français, lancé en 1998 et repris dans le nouveau plan Rhône (2007-2013), comprend trois axes : la modification des débits à l'aval des barrages, la restauration d'anciens bras latéraux (lônes) et la circulation des migrateurs. Le suivi scientifique multidisciplinaire qui s'est construit autour de ce programme comprend le suivi proprement dit de l'état physique et écologique de plusieurs sites restaurés ou candidats à la restauration, le développement de modèles d'aide à la décision et d'évaluation de la restauration, un volet socio-économique. Il constitue une occasion de tester la capacité prédictive de modèles écologiques permettant de caractériser les liens entre l'habitat physique et les espèces aquatiques. L'aménagement hydroélectrique du Rhône a provoqué des changements physiques et fonctionnels importants, affectant l'ensemble des compartiments du système fluvial en modifiant drastiquement la dynamique fluviale. Le programme de restauration du Rhône n'a pas pour vocation de redonner au fleuve sa dynamique naturelle, ni de restaurer un état antérieur aux aménagements hydroélectriques. Son ambition est d'améliorer la qualité de l'habitat physique dans la plaine alluviale aménagée en diversifiant les conditions d'habitat par l'augmentation des débits réservés dans les sections court-circuitées et la réhabilitation de certaines annexes fluviales en modifiant les surfaces en eau, les profondeurs et les modalités de connexion au chenal courant. Cette démarche s'appuie sur les connaissances acquises au cours des trente dernières années sur le Rhône et les autres grands systèmes fluviaux tempérés d'Europe et doit être considérée comme une expérience. En effet, en raison du caractère unique et novateur de ce programme, il n'existe pas de données ou de résultats (retours d'expérience) permettant d'estimer à priori les bienfaits des procédures de restauration mises en œuvre. Le programme d'accompagnement scientifique développé autour du programme de restauration a eu pour premier objectif de mettre au point des méthodes d'évaluation des effets des actions de restauration. Ce travail de recherche méthodologique, débuté en 2002, a abouti à la proposition d'un certain nombre de métriques et d'indicateurs permettant de mesurer l'évolution des paramètres physiques et biologiques de l'écosystème en réponse aux modifications des caractéristiques physiques de l'habitat suite à la restauration du fleuve.

Ce rapport concernant le suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône (convention 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 concernant la démarche et les méthodes utilisées (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>).



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

Le Programme de Restauration concerne 8 sites en priorité (les Vieux-Rhône des aménagements de Chautagne CE, Belley BY, Brégnier-Cordon BC, Miribel-Jonage MI, Pierre-Bénite PB, Péage-de-Roussillon PR, Donzère-Mondragon DM, Montélimar MO). Ce rapport concerne l'ensemble de ces sites et se réfère aux protocoles de suivis définis au démarrage du programme.

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

Le dispositif de suivi a deux dimensions :

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

Le suivi est basé sur des travaux expérimentaux et des méthodes d'échantillonnage qui ne font pas l'objet d'une normalisation. Il se décompose en deux phases successives. La première concerne la **description**, au cours de l'année (ou des années) précédant les

modifications de débits réservés et les travaux de restauration des lînes, **de l'état écologique initial** du site. La seconde phase concerne le suivi après l'augmentation des débits réservés et les travaux de restauration des lînes afin de mettre en évidence les **évolutions des composantes écologiques**.

Les thèmes du suivi et les protocoles d'échantillonnage associés sont ceux préconisés par André et Olivier (2003) et ne sont rappelés que succinctement ici. Les fréquences d'échantillonnage sont uniformisées entre les sites et adaptées suite au retour d'expérience des suivis antérieurs. En particulier, une fréquence d'échantillonnage biennale est proposée pour les suivis des peuplements d'invertébrés afin d'accélérer le retour d'expérience tout en contrôlant d'éventuelles invasions.

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

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

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

Récapitulatif des sites (Vieux-Rhône et lônes suivis entre 2003 et 2009) et des thématiques prises en compte dans le suivi actuel du programme de restauration du Rhône. Les trois secteurs en bleu sont les secteurs déjà restaurés. A Péage de Roussillon, les travaux de restauration de la lône du noyer sud et de celle de la Sainte devraient débuter dès l'automne 2010. A Montélimar, les travaux dans la lône de la Roussette devraient également commencer dès la fin 2010. A Donzère, le choix des lônes pour l'établissement de l'état initial a été effectué au printemps 2009, pour les thématiques sédimentation, végétation et macroinvertébrés, l'échantillonnage a été effectué en 2009, l'échantillonnage des poissons débutera en 2010.

Dans le cadre du suivi, les problématiques suivantes ont été retenues :

- modélisation des réponses des communautés de macroinvertébrés et de poissons aux variations de contraintes hydrauliques dans les chenaux soumis à augmentation du débit réservé,
- étude de l'effet de l'augmentation des débits réservés et des travaux de réhabilitation des lônes sur des populations de poissons « cibles »,
- modélisation de l'évolution de la biodiversité (macrophytes) dans les lônes en relation avec la trophie des milieux, l'intensité des perturbations hydrauliques dans ces milieux et les caractéristiques sédimentaires,
- essai de prédiction de la durée de vie des bras restaurés et recherche de géométries fluviales particulières qui répondent sur un long terme à des attentes écologiques fixées initialement,
- établissement de modèles prédictifs de la richesse faunistique (macroinvertébrés) en fonction des caractéristiques écologiques (qualité des eaux, degré de connexion avec le chenal, diversité d'habitats...) des lônes,
- analyse synthétique des relations trophiques dans les annexes fluviales, intégrant les résultats des autres thématiques (en particulier l'analyse de la qualité de l'eau, de la structure des communautés végétales et invertébrés, et de l'abondance et de la diversité des peuplements de juvéniles de poissons),
- gestion du tableau de bord et restitution des résultats sous différentes formes.

Sur le plan pratique, la démarche a pour objectifs :

- de réaliser un bilan des données disponibles utilisables dans le cadre de la définition des états initiaux des milieux destinés à être restaurés,
- de définir les problématiques majeures liées à l'évaluation des effets des opérations de restauration,
- de définir des plans et des protocoles d'échantillonnage à mettre en œuvre avant et après restauration,
- de définir un ensemble de **métriques** et d'**indicateurs** de la restauration telle qu'elle est envisagée : augmentation de débit réservé dans les sections court-circuitées et réhabilitation des bras latéraux (lônes),
- de réaliser une maquette de tableau de bord reposant sur des bases de données et l'utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG), ce tableau de bord constituant avant tout un outil de **consultation synthétique** et cartographique à la disposition des chercheurs, gestionnaires et grand public.

L'ensemble du projet est conçu comme une étude pluridisciplinaire et constitue une thématique importante au sein de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR).

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

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

Peuplement piscicole

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

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

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

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

Peuplement d'invertébrés du chenal

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Géomorphologie des lônes

Les deux questions posées dans le programme sont :

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

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

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

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

Végétation aquatique des lônes

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

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

Les critères pris en compte sont :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Peuplement d'invertébrés des lônes

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(7) *l'abondance relative des espèces exogènes* (sans *Gyraulus parvus*) Le mollusque gastéropode exogène *Gyraulus parvus* colonise préférentiellement les milieux stagnants où il peut atteindre de très fortes densités. Cette métrique a été calculée pour mieux caractériser le comportement des espèces exogènes dans les milieux courants.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Peuplement piscicole des lônes

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

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

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

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

2) Approche thématique

2.1 Cadre physique : restauration et hydrologie

2.1.1 Opérations de restauration

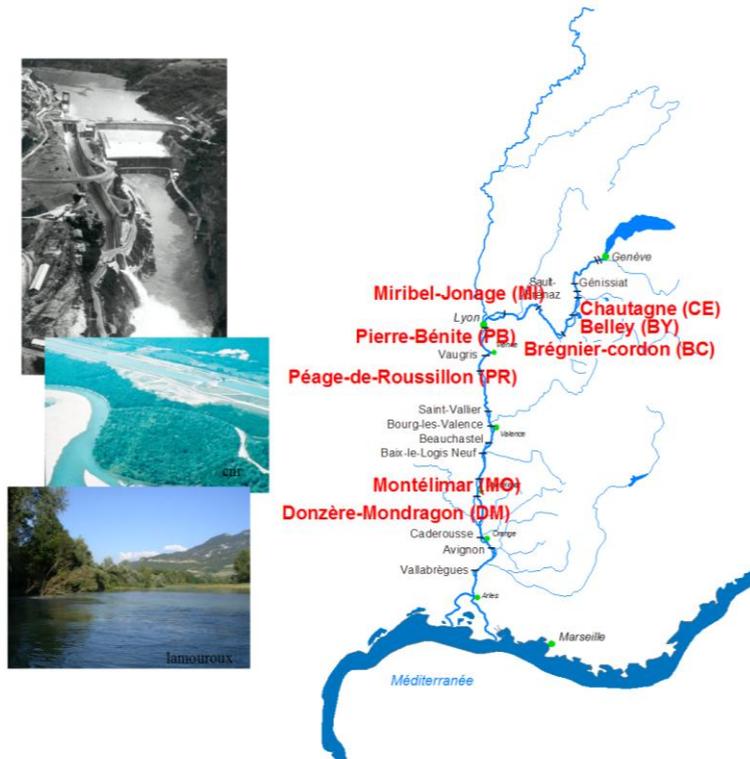


Figure 2.1.1 Les 8 sites concernés par la restauration

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^{er} avril au 31 août et de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ du 1^{er} septembre au 31 mars. Ce débit a été augmenté à $100 \text{ m}^3/\text{s}$ après la mise en service (en août 2000) d'une centrale hydro-électrique au niveau du barrage de Pierre-Bénite. Parallèlement, trois anciens bras latéraux (Ciselande, Jaricot, Table ronde) ont été restaurés dès 1999. Ces milieux ont été recreusés, et l'un deux (Ciselande) a été reconnecté au Vieux-Rhône par l'amont. Le suivi de l'incidence des opérations de restauration a débuté en 1995.

Les trois sites de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont été restaurés entre 2003 et 2006.

Les débits réservés ont été relevés (figure 2.1.2) 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'Île, Lône de Virignin,
- **Brégner-Cordon** : Lône des Granges, Lône Vachon, Lône des Cerisiers, Lône de l'Îlon, Lône des Sables, Lône Mattant, Lône des Molottes, Lône du Ponton, Marquisat et Colonnes.

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

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



Figure 2.1.2 : valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégner-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. Les premiers travaux de restauration des lônes (Sainte et Noyer Sud – complexe de l'Île de la Platière) devraient débuter fin 2010, ainsi que la restauration de la lône de la Roussette à Montélimar.

2.1.2 Hydrologie

Après une année 2008 proche de la moyenne, l'année 2009 a été caractérisée par des débits bas au printemps et à l'automne. Le haut Rhône amont reste concerné par une gestion quotidienne par éclusées, qui cesse en général le week-end. Les éclusées quotidiennes affectent peu l'hydrologie des portions court-circuitées. Les surverses ont été rares entre mai et novembre, excepté lors d'un arrêt de groupe à Chautagne au printemps.

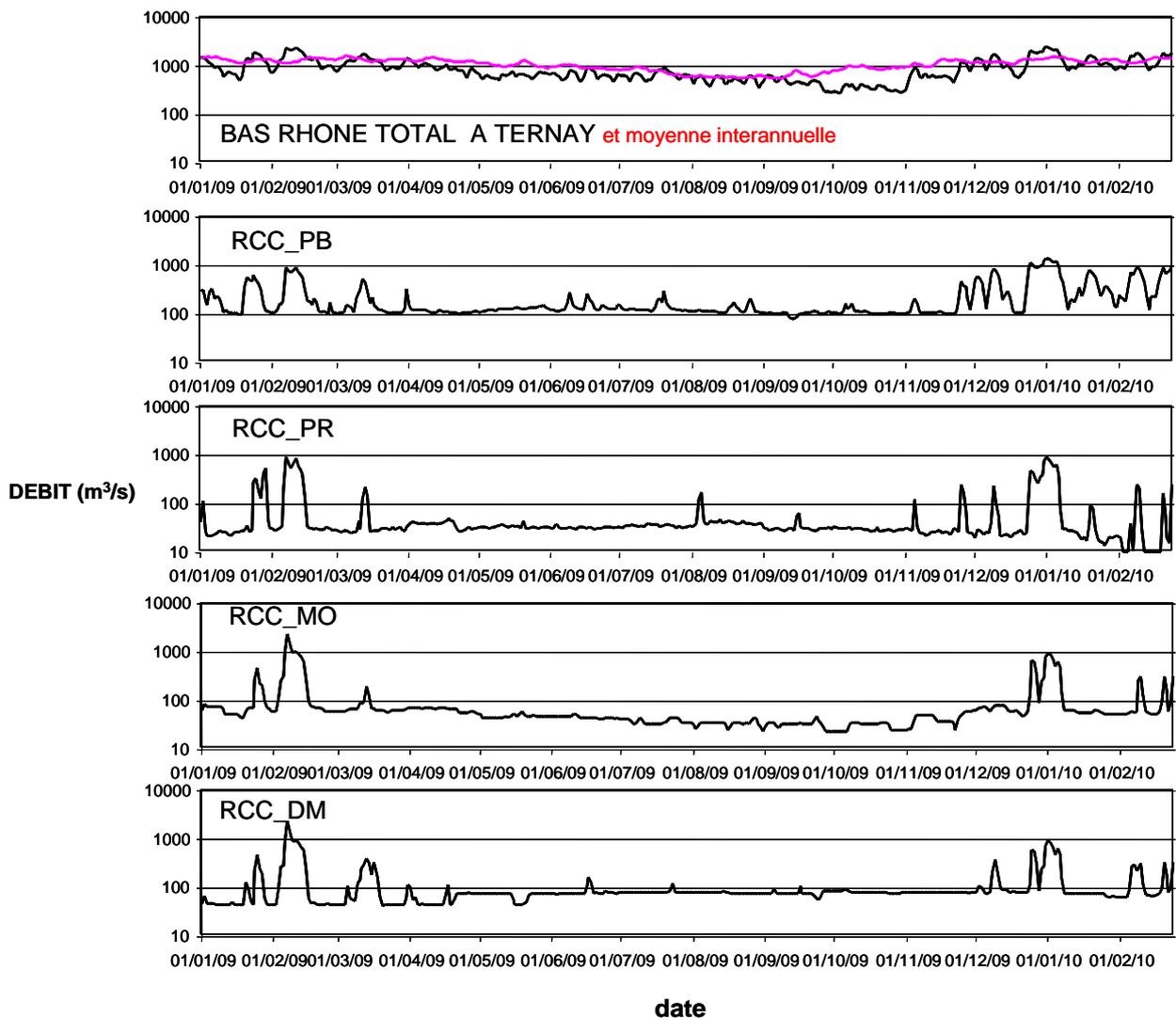


Figure 2.1.2 : Débit 2009 du Rhône total à Ternay, et dans les vieux Rhône du bas Rhône

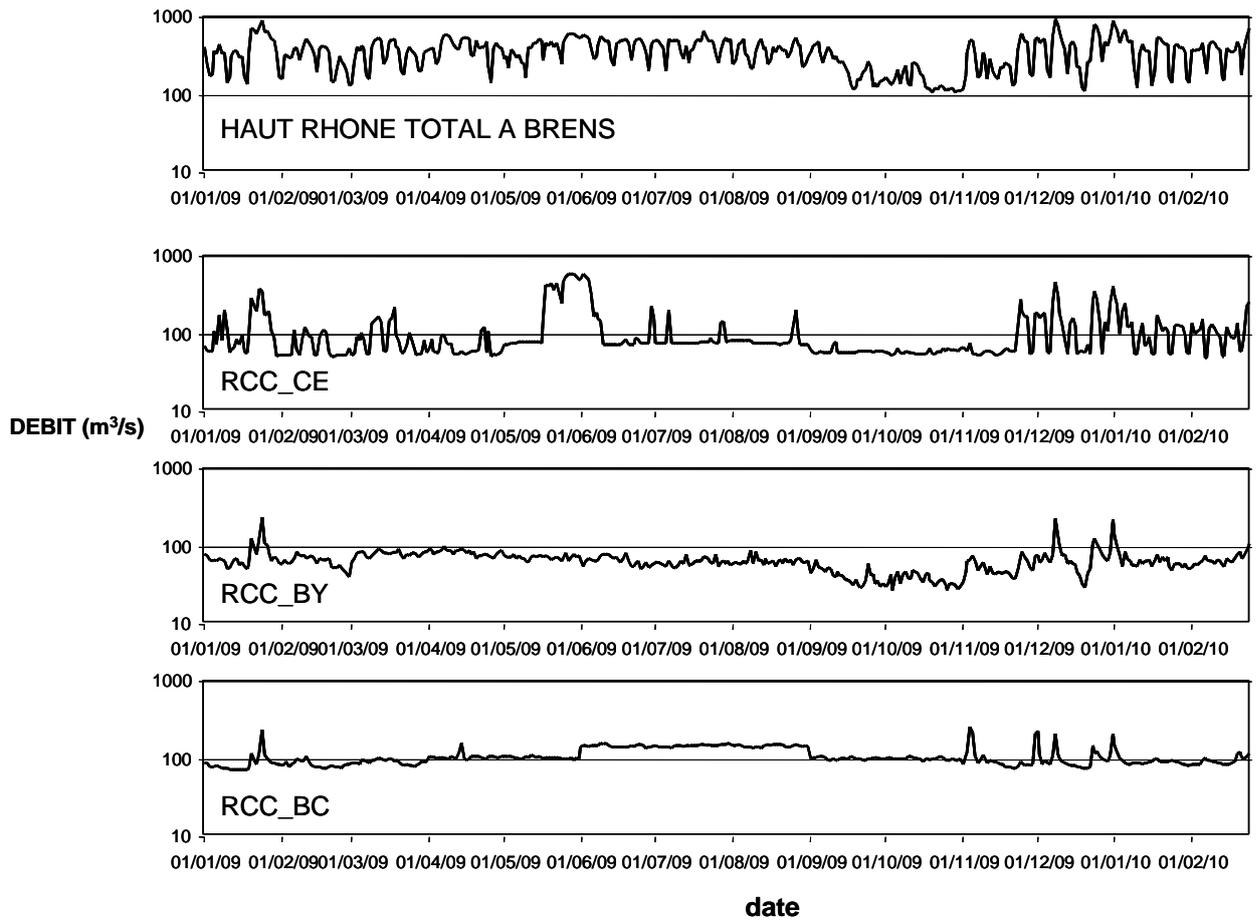


Figure 2.1.3 : Débit 2009 du Rhône total à Brens, et dans les vieux Rhône du haut Rhône

2.1.3 Hydraulique du chenal

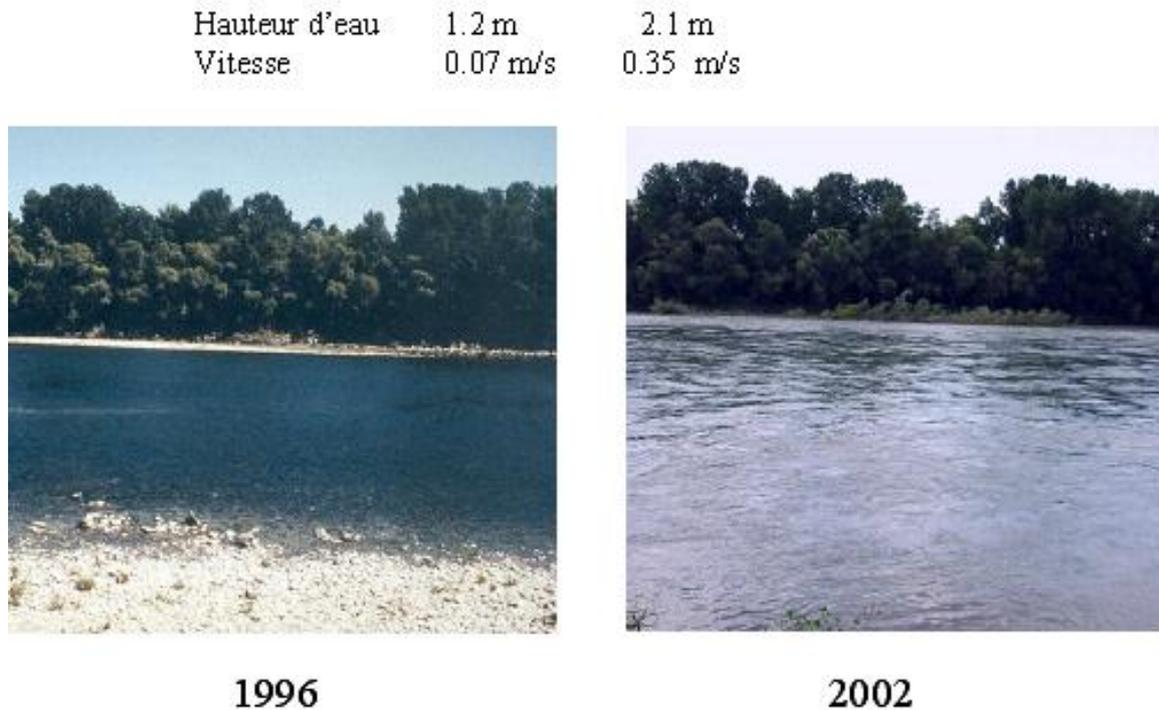


Figure 2.1.4 : Le vieux Rhône de Pierre-Bénite au débit minimum avant et après augmentation (hauteur d'eau, vitesse : valeur moyenne)

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.

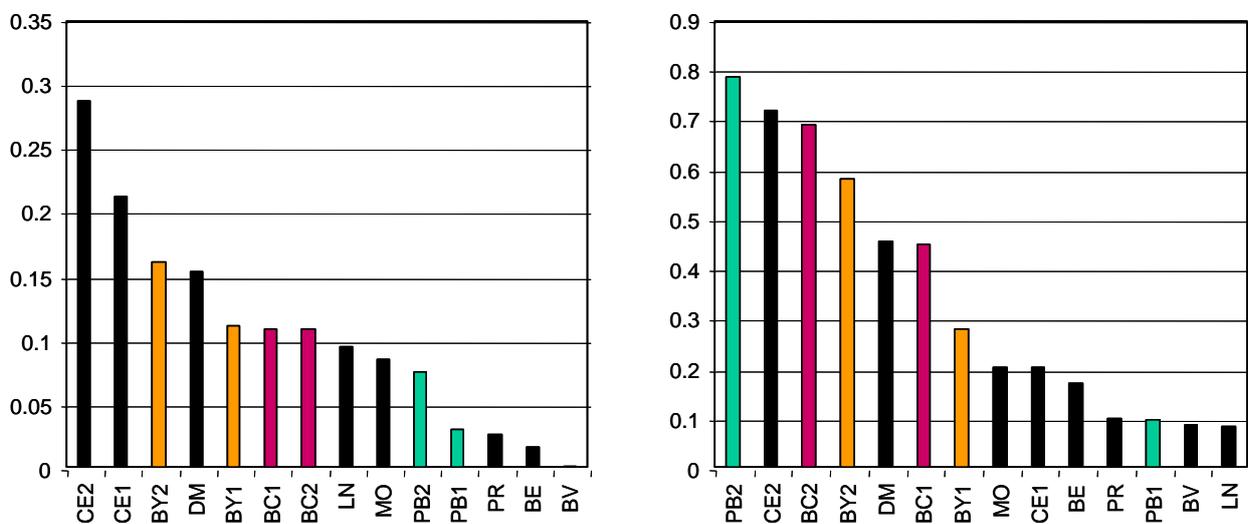


Figure 2.1.5. Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes de l'annexe A.2 ; LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-lès-Valence et Beauchastel). Les codes de type 'CE1' et 'CE2' réfèrent aux situations pré- et post-augmentation du débit.

Le changement de débit minimum des Vieux Rhône modifie essentiellement la valeur de REM, l'indice de débit (Figure 2.1.5). En revanche, l'indice lié à la morphologie est assez peu modifié par le changement de débit. A Brégnier-Cordon par exemple, il reste intermédiaire entre les fortes valeurs du Haut-Rhône (Chautagne avec de nombreux radiers) et les faibles valeurs actuelles de Beauchastel ou Bourg-lès-Valence.

2.2 Les poissons du chenal

2.2.1 Objectifs et méthodologie

Le suivi des poissons du chenal a pour objectif d'observer les dynamiques du peuplement de poissons dans un contexte de diversité locale et régionale. Les observations sont comparées aux prédictions quantitatives (Lamouroux *et al.* 1999) réalisées avant restauration par des modèles couplés physique-biologie. Ces prédictions prévoient une augmentation des espèces typiques d'eau courante comme l'ombre commun, le barbeau, le hotu ou l'ablette, en lien avec l'évolution de l'indicateur hydraulique "eaux courantes" (REM).

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

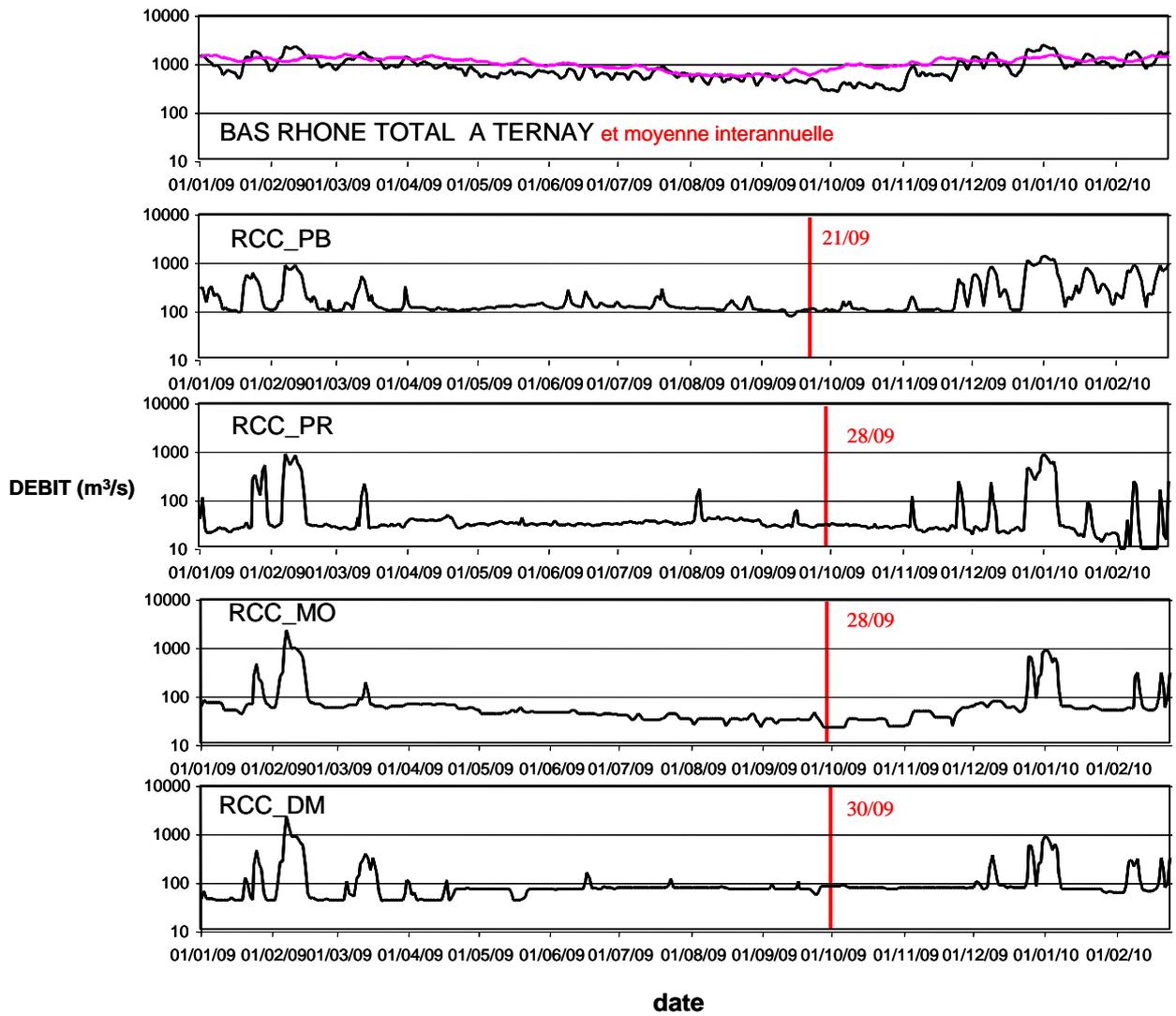
Dans le cadre des pêches de suivi, une campagne d'échantillonnage est réalisée en automne. Une campagne correspond à une pêche électrique de 100 à 200 points d'échantillonnage ponctuels d'abondance – EPA (ou 30 ambiances de quelques dizaines de mètres carrés) réalisée en bateau avec surprise du poisson. Les points de pêche sont répartis dans la partie non-influencée hydrauliquement des Vieux-Rhône, sur une ou plusieurs stations (*cf.* annexe A.2). 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.

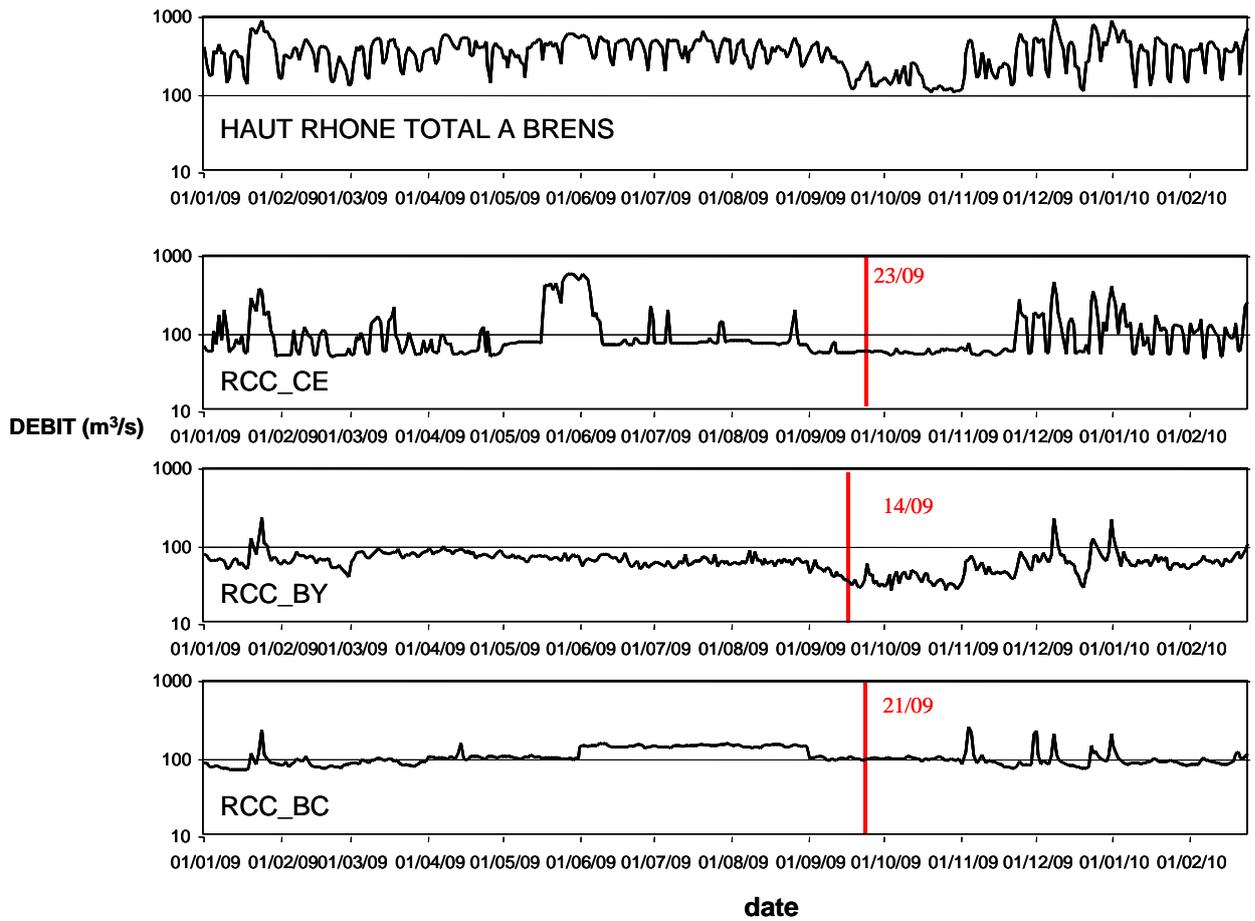
2.2.2 Echantillonnages

Les échantillonnages 2009 ont été réalisés de mi à fin septembre après une longue période sans surverses (*cf.* Figure 2.1.2). De 100 à 207 points de pêches par EPA ont été réalisées 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 2.2.1).





*Figure 2.1.2 : Débit 2009 du Rhône total à Ternay, et dans les vieux Rhône du bas Rhône
Dates d'échantillonnage des poissons du chenal*



*Fig. 2.1.3 : Débit 2009 du Rhône total à Brens, et dans les vieux Rhône du haut Rhône
Dates d'échantillonnage des poissons du chenal*

2.2.3 Résultats

34 espèces ont été échantillonnées en 2009 (vieux-Rhône et lônes) (tableau 2.2.1).

De 322 (Pierre-Bénite) à 3 386 (Péage-de-Roussillon) individus ont été échantillonnés dans les Vieux-Rhône en 2009. On trouve sur le Haut-Rhône des peuplements dominés par le chevaine, le barbeau (abondant en 2009), le spirilin et le viron. 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 vairons et d'espèces typiques des radiers (spirilin et loche franche).

Sur le Bas-Rhône on observe toujours une domination du chevaine, du gardon et de l'ablette. Il y a néanmoins d'importants changements par rapport à 2008, avec une population importante de hotus à Donzère au détriment du spirilin (tableau 2.2.2).

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

Tableau 2.2.1 Liste des espèces échantillonnées dans le Rhône en 2009 (Vieux Rhône et îlônes)

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).

Effectifs pêchés 2009										Proportions des espèces (%)										
espèce	CE	BY	BC	MI		PB	PR	MO	DM	Total	espèce	CE	BY	BC	MI		PB	PR	MO	DM
nb_pts	100	200	200	100		30	120	165	207		nb_pts	100	200	200	100		30	100	200	200
CHE	355	374	370	42		41	431	159	263	2035	CHE	36.0	29.3	30.8	3.0		12.7	12.7	17.5	14.8
BAF	266	300	208	102		42	7	152	252	1329	BAF	27.0	23.5	17.3	7.4		13.0	0.2	16.7	14.1
ABL	41	12	62	10		61	589	223	222	1220	ABL	4.2	0.9	5.2	0.7		18.9	17.4	24.5	12.5
GAR	10	16	64	3		62	901	23	51	1130	GAR	1.0	1.3	5.3	0.2		19.3	26.6	2.5	2.9
HOT	0	0	10	28		4	102	139	659	942	HOT	0.0	0.0	0.8	2.0		1.2	3.0	15.3	37.0
SPI	9	140	145	558		53	1	30	2	938	SPI	0.9	11.0	12.1	40.3		16.5	0.0	3.3	0.1
VAI	173	27	19	528		0	0	0	8	755	VAI	17.5	2.1	1.6	38.2		0.0	0.0	0.0	0.4
LOF	50	55	57	62		17	182	63	184	670	LOF	5.1	4.3	4.8	4.5		5.3	5.4	6.9	10.3
GOU	25	156	77	8		17	102	15	87	487	GOU	2.5	12.2	6.4	0.6		5.3	3.0	1.7	4.9
PSR	0	1	1	2		0	333	2	16	355	PSR	0.0	0.1	0.1	0.1		0.0	9.8	0.2	0.9
BOU	0	15	1	0		0	320	2	0	338	BOU	0.0	1.2	0.1	0.0		0.0	9.5	0.2	0.0
PER	0	3	103	4		3	33	11	3	160	PER	0.0	0.2	8.6	0.3		0.9	1.0	1.2	0.2
PES	27	0	24	0		0	87	2	2	142	PES	2.7	0.0	2.0	0.0		0.0	2.6	0.2	0.1
VAN	0	92	24	13		0	1	0	0	130	VAN	0.0	7.2	2.0	0.9		0.0	0.0	0.0	0.0
ROT	0	0	0	0		1	125	0	0	126	ROT	0.0	0.0	0.0	0.0		0.3	3.7	0.0	0.0
BRB	2	1	3	0		12	10	63	12	103	BRB	0.2	0.1	0.3	0.0		3.7	0.3	6.9	0.7
CAG	0	0	0	0		0	68	3	3	74	CAG	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	2.0	0.3	0.2
BRE	2	0	0	0		0	48	1	0	51	BRE	0.2	0.0	0.0	0.0		0.0	1.4	0.1	0.0
GRE	13	10	15	0		2	7	0	0	47	GRE	1.3	0.8	1.3	0.0		0.6	0.2	0.0	0.0
EPI	5	34	3	1		0	2	0	0	45	EPI	0.5	2.7	0.3	0.1		0.0	0.1	0.0	0.0
ANG	0	1	1	0		1	4	12	11	30	ANG	0.0	0.1	0.1	0.0		0.3	0.1	1.3	0.6
SIL	0	0	0	8		1	9	5	3	26	SIL	0.0	0.0	0.0	0.6		0.3	0.3	0.6	0.2
BLN	0	9	0	9		0	0	0	0	18	BLN	0.0	0.7	0.0	0.7		0.0	0.0	0.0	0.0
CCO	0	0	0	0		0	17	1	0	18	CCO	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.5	0.1	0.0
BRO	0	5	5	1		0	3	0	0	14	BRO	0.0	0.4	0.4	0.1		0.0	0.1	0.0	0.0
CHA	0	3	2	3		4	0	0	2	14	CHA	0.0	0.2	0.2	0.2		1.2	0.0	0.0	0.1
OBR	7	6	0	0		0	0	0	0	13	OBR	0.7	0.5	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
TRF	0	12	0	0		0	0	0	0	12	TRF	0.0	0.9	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
TAN	1	2	4	1		0	3	0	0	11	TAN	0.1	0.2	0.3	0.1		0.0	0.1	0.0	0.0
SAN	0	0	2	0		1	0	3	0	6	SAN	0.0	0.0	0.2	0.0		0.3	0.0	0.3	0.0
PCH	0	0	0	0		0	1	0	1	2	PCH	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.1
BLE	0	1	0	0		0	0	0	0	1	BLE	0.0	0.1	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
LOT	0	1	0	0		0	0	0	0	1	LOT	0.0	0.1	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
Total	986	1276	1200	1383		322	3386	909	1781	11243										

Tableau 2.2.2 Effectifs pêchés en 2009

espèce	CE_b	CE_c	delta	espèce	BY_b	BY_c	delta	espèce	BC_b	BC_c	delta	espèce	PB_b	PB_c	delta
CHE	17.4	27.5	10.1	CHE	15.1	25.0	9.8	ABL	2.7	8.5	5.7	ABL	9.1	33.2	24.0
BAF	4.5	12.3	7.8	BAF	7.3	14.2	6.9	VAI	2.1	6.6	4.5	SPI	1.1	5.0	4.0
ABL	1.2	6.7	5.5	GAR	2.4	7.6	5.2	BAF	9.5	13.3	3.8	BRB	1.9	4.6	2.6
GOU	3.4	6.6	3.1	SPI	1.8	7.0	5.2	LOF	1.0	4.5	3.5	HOT	0.8	2.1	1.4
PES	0.1	2.2	2.0	VAI	3.4	6.9	3.5	PER	3.3	5.8	2.5	PER	0.5	1.4	1.0
GRE	1.1	2.2	1.0	LOF	2.6	5.7	3.1	PES	1.2	1.8	0.6	BAF	5.3	5.8	0.5
SPI	2.2	3.0	0.8	EPI	0.5	1.9	1.4	BRO	0.2	0.6	0.3	VAN	0.2	0.6	0.4
PSR	0.0	0.2	0.2	TRF	0.9	1.4	0.6	TAN	0.5	0.7	0.3	VAI	0.0	0.3	0.3
ANG	0.0	0.2	0.2	BOU	0.6	0.9	0.3	PSR	0.0	0.2	0.2	CAG	0.0	0.1	0.1
TAN	0.0	0.2	0.2	ANG	0.0	0.2	0.1	SAN	0.0	0.0	0.0	PCH	0.1	0.2	0.1
BRB	0.1	0.1	0.0	BLN	0.1	0.2	0.1	BLN	0.3	0.4	0.0	SIL	0.4	0.5	0.1
OBR	0.8	0.8	0.0	CHA	0.1	0.2	0.1	CHA	0.3	0.3	0.0	BRO	0.0	0.1	0.1
CAG	0.0	0.0	0.0	PES	0.2	0.4	0.1	PCH	0.1	0.1	0.0	ANG	0.3	0.3	0.0
BLN	0.0	0.0	0.0	SAN	0.0	0.1	0.1	BRE	0.3	0.3	0.0	GRE	0.5	0.5	0.0
ROT	0.0	0.0	0.0	BLE	0.0	0.1	0.0	GRE	0.7	0.7	0.0	TRF	0.0	0.0	0.0
BRO	0.4	0.3	-0.1	OBR	0.6	0.6	0.0	OBR	0.0	0.0	0.0	SAN	0.1	0.1	0.0
TRF	0.3	0.2	-0.1	BRO	0.3	0.3	0.0	EPI	0.8	0.6	-0.2	TOX	0.0	0.0	0.0
BOU	0.1	0.0	-0.1	PSR	0.0	0.0	0.0	ANG	0.4	0.2	-0.3	BLE	0.1	0.0	0.0
VAN	1.4	1.2	-0.2	LOT	0.1	0.1	0.0	TRF	1.0	0.3	-0.7	BRE	0.1	0.0	-0.1
BRE	0.4	0.2	-0.2	PER	1.2	0.8	-0.4	BOU	1.6	0.8	-0.8	CCO	0.1	0.0	-0.1
PER	1.0	0.7	-0.2	TAN	0.6	0.2	-0.4	GAR	3.5	2.2	-1.4	EPI	0.3	0.1	-0.2
EPI	1.7	1.1	-0.6	BRE	0.6	0.0	-0.5	BRB	2.3	0.9	-1.4	ROT	0.4	0.2	-0.2
HOT	3.2	1.4	-1.8	BRB	0.6	0.1	-0.5	SPI	9.2	7.6	-1.5	TAN	0.5	0.2	-0.2
LOF	17.7	10.6	-7.1	GRE	2.2	1.3	-0.9	VAN	3.8	2.1	-1.7	BOU	0.4	0.1	-0.4
VAI	28.6	18.7	-9.9	VAN	11.9	7.4	-4.5	HOT	5.9	2.0	-3.9	PSR	0.5	0.1	-0.4
GAR	14.3	3.6	-10.7	GOU	18.3	11.4	-6.9	CHE	35.3	31.2	-4.1	CHA	1.4	0.6	-0.8
				HOT	10.3	2.8	-7.5	GOU	13.7	8.4	-5.3	GOU	8.6	7.1	-1.4
				ABL	18.4	3.4	-15.0					PES	8.2	2.1	-6.1
												GAR	22.4	15.4	-7.0
												CHE	23.6	16.2	-7.4
												LOF	13.1	2.9	-10.2
EV	24.3	25.9	1.5	EV	11.8	27.2	15.3	EV	20.3	26.1	5.8	EV	20.9	14.3	-6.6
EC	11.0	22.4	11.4	EC	48.5	28.4	-20.1	EC	22.0	25.9	3.9	EC	15.4	41.7	26.2

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

Les données collectées doivent être analysées en prenant en compte les structures en tailles des espèces sensées répondre aux modifications de débits réservés. Pour les huit vieux-Rhône, un dénombrement des juvéniles a été réalisé (tableau 2.2.4) et permet d'apprécier la capacité des populations à renforcer leurs structures en classes d'âges et donc à exprimer leur réponse aux modifications d'habitat physique induites par la restauration.

Les principaux commentaires sont les suivants.

Chautagne

15 espèces ont été échantillonnées dans le Vieux-Rhône de Chautagne en 2009, ce qui représente un nombre assez faible, 27 espèces avaient été répertoriées lors de l'établissement de l'état initial. On notera l'absence de hotu, de perche commune, de truite fario et de vandoise, ainsi que les très faibles abondances d'ablettes, de goujons, d'ombres communs (7 individus, tous d'âge 0+), de spirilins. Les deux espèces dominantes dans les échantillons sont le chevaine (36% des effectifs totaux) et le barbeau (27%). Notons que les proportions des deux espèces numériquement importantes avant l'augmentation du débit réservé, la loche franche et le vairon, sont relativement faibles (respectivement 5.1% et 17.5%).

Pour les espèces les plus abondantes (chevaine, barbeau, vairon) les proportions de juvéniles de l'année varient de 16 % (barbeau) à 68 % (chevaine). Pour le barbeau, les individus d'un an représentent 86% des effectifs capturés et la taille des plus grands individus échantillonnés varie entre 52 et 65 cm. Pour le chevaine, les premières classes d'âge sont également bien représentées dans les échantillons (les poissons d'âge 1+ représentent 30% des effectifs). La proportion moyenne de 0+ pour l'ensemble des espèces est de 46% ce qui signifie que pour beaucoup d'espèces, les poissons issus de la reproduction intègrent les populations après leur premier hiver.

Belley

24 espèces ont été capturées en 2009, 30 avaient été dénombrées en 2004 lors de l'état initial. Comme en Chautagne les deux espèces dominantes sont le chevaine (29%) et le barbeau (24%), le goujon (12%) et le spirilin (11%) sont également bien représentés dans les échantillons. La vandoise (7%) est toujours relativement abondante dans ce Vieux-Rhône. Les deux espèces témoignant de la connexion avec le Lac du Bourget (blennie fluviatile et lotte) ont également été échantillonnées. Les deux espèces de salmonidés (ombre commun et truite fario) ont également été capturées. L'ablette est très peu abondante, ainsi que le blageon, le chabot et la tanche. Cinq juvéniles de l'année de brochet ont été échantillonnés. Comme en Chautagne, on notera l'absence de hotu.

L'analyse des structures de tailles révèle que le pourcentage global de juvéniles de l'année est de 38%, ce qui confirme les observations antérieures témoignant d'une bonne qualité de la structure des populations en place dans ce Vieux-Rhône (chevaine, barbeau, goujon, spirilin, loche franche, truite, vandoise). Les plus fortes proportions de 0+ concernent le gardon (94%), l'ablette (92%), la vandoise (87%), la bouvière (87%) et le vairon (56%) et ainsi que certaines espèces très peu abondantes pour lesquelles ces valeurs ont peu de signification. Notons également que pour plusieurs espèces, les poissons issus de la reproduction de 2008, mal échantillonnés en automne 2008, ont été trouvés en 2009 (par exemple, les 231 barbeaux d'un an représentent 77% des barbeaux échantillonnés en 2009), ce qui milite en faveur d'une interprétation des résultats sur une échelle pluri-annuelle.

Espèce	Chautagne RCC 23/09/2009			Belley RCC 14/09/2009			Brégnier-Cordon RCC 21/09/2009			Canal de Miribel 16/10/2009		
	Effectif	Effectif 0+	%age 0+	Effectif	Effectif 0+	%age 0+	Effectif	Effectif 0+	%age 0+	Effectif	Effectif 0+	%age 0+
ABL	41	41	1.00	12	11	0.92	62	62	1.00	10	8	0.80
ANG	0	0	-	1	0	0.00	1	0	0.00	0	0	-
BAF	266	43	0.16	300	45	0.15	208	10	0.05	102	38	0.37
BLE	0	0	-	1	0	0.00	0	0	-	0	0	-
BLN	0	0	-	9	2	0.22	0	0	-	9	7	0.78
BOU	0	0	-	15	13	0.87	1	1	1.00	0	0	-
BRB	2	1	0.50	1	1	1.00	3	1	0.33	0	0	-
BRE	2	0	0.00	0	0	-	0	0	-	0	0	-
BRO	0	0	-	5	5	1.00	5	5	1.00	1	1	1.00
CGO	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
CCO	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
CHA	0	0	-	3	1	0.33	2	0	0.00	3	1	0.33
CHE	355	243	0.68	374	130	0.35	370	270	0.73	42	35	0.83
EPI	5	3	0.60	34	19	0.56	3	1	0.33	1	0	0.00
GAR	10	3	0.30	16	15	0.94	64	49	0.77	3	2	0.67
GOU	25	4	0.16	156	39	0.25	77	26	0.34	8	0	0.00
GRE	13	8	0.62	10	2	0.20	15	2	0.13	0	0	-
HOT	0	0	-	0	0	-	10	6	0.60	28	27	0.96
LOF	50	12	0.24	55	15	0.27	57	21	0.37	62	16	0.26
LOT	0	0	-	1	0	0.00	0	0	-	0	0	-
LPP	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
OBR	7	7	1.00	6	6	1.00	0	0	-	0	0	-
PCH	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
PER	0	0	-	3	2	0.67	103	81	0.79	4	1	0.25
PES	27	1	0.04	0	0	-	24	0	0.00	0	0	-
PSR	0	0	-	1	1	1.00	1	0	0.00	2	0	0.00
ROT	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
SAN	0	0	-	0	0	-	2	2	1.00	0	0	-
SIL	0	0	-	0	0	-	0	0	-	8	1	0.13
SPI	9	0	0.00	140	79	0.56	145	135	0.93	558	483	0.87
TAN	1	1	1.00	2	1	0.50	4	4	1.00	1	1	1.00
TRF	0	0	-	12	2	0.17	0	0	-	0	0	-
VAI	173	87	0.50	27	15	0.56	19	1	0.05	528	244	0.46
VAN	0	0	-	92	80	0.87	24	19	0.79	13	13	1.00
Total	986	454	0.46	1276	484	0.38	1200	696	0.58	1383	878	0.63
Nb esp.	15			24			22			18		

Tableau 2.2.4 : Effectifs échantillonnés, effectifs et proportions de juvéniles de l'année (0+) pour chacune des espèces dans les 8 vieux-Rhône suivis.

Espèce	Pierre-Bénite 21/09/2009			Péage RCC 28/09/2009			Montélimar RCC 28/09/2009			Donzere RCC 30/09/2009		
	Effectif	Effectif 0+	%age 0+	Effectif	Effectif 0+	%age 0+	Effectif	Effectif 0+	%age 0+	Effectif	Effectif 0+	%age 0+
ABL	61	31	0.51	550	483	0.88	223	74	0.33	222	188	0.85
ANG	1	0	0.00	4	0	0.00	12	0	0.00	11	0	0.00
BAF	42	6	0.14	4	1	0.25	152	41	0.27	252	101	0.40
BLE	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
BLN	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
BOU	0	0	-	315	33	0.10	2	1	0.50	0	0	-
BRB	12	1	0.08	6	6	1.00	63	42	0.67	12	5	0.42
BRE	0	0	-	48	31	0.65	1	0	0.00	0	0	-
BRO	0	0	-	3	0	0.00	0	0	-	0	0	-
CGO	0	0	-	59	1	0.02	3	1	0.33	3	2	0.67
CCO	0	0	-	17	11	0.65	1	0	0.00	0	0	-
CHA	4	2	0.50	0	0	-	0	0	-	2	0	0.00
CHE	41	4	0.10	385	358	0.93	159	135	0.85	263	207	0.79
EPI	0	0	-	1	1	1.00	0	0	-	0	0	-
GAR	62	45	0.73	708	690	0.97	23	0	0.00	51	3	0.06
GOU	17	2	0.12	91	25	0.27	15	0	0.00	87	6	0.07
GRE	2	2	1.00	6	4	0.67	0	0	-	0	0	-
HOT	4	0	0.00	83	47	0.57	139	101	0.73	659	630	0.96
LOF	17	6	0.35	169	105	0.62	63	23	0.37	184	105	0.57
LOT	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
LPP	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
OBR	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
PCH	0	0	-	1	0	0.00	0	0	-	1	0	0.00
PER	3	1	0.33	31	18	0.58	11	3	0.27	3	1	0.33
PES	0	0	-	87	11	0.13	2	1	0.50	2	0	0.00
PSR	0	0	-	325	123	0.38	2	1	0.50	16	4	0.25
ROT	1	0	0.00	118	41	0.35	0	0	-	0	0	-
SAN	1	1	1.00	0	0	-	3	3	1.00	0	0	-
SIL	1	0	0.00	9	5	0.56	5	1	0.20	3	1	0.33
SPI	53	35	0.66	1	0	0.00	30	8	0.27	2	0	0.00
TAN	0	0	-	3	2	0.67	0	0	-	0	0	-
TRF	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
VAI	0	0	-	0	0	-	0	0	-	8	3	0.38
VAN	0	0	-	1	0	0.00	0	0	-	0	0	-
Total	322	136	0.42	3025	1996	0.66	909	435	0.48	1781	1256	0.71
Nb esp.	16			25			19			18		

Tableau 2.2.4 (suite): Effectifs échantillonnés, effectifs et proportions de juvéniles de l'année (0+) pour chacune des espèces dans les 8 vieux-Rhône suivis.

Brégnier-Cordon

22 espèces sur les 28 recensées lors de l'état initial ont été échantillonnées en 2009. Comme en Chautagne et à Belley, le chevaine (31% des effectifs) et le barbeau (17%) sont les deux espèces les plus abondantes. Le spirin (12%) et la perche commune (9%) sont également relativement abondants. La perche est sans doute favorisée par la présence d'habitats faiblement courants et profonds. Plusieurs espèces ont des abondances relatives voisines de 5% (ablette, gardon, goujon, loche franche). Les vandoises représentent 2% des captures, ce qui est faible compte-tenu des capacités d'accueil de ce Vieux-Rhône (79% sont des juvéniles de l'année). Contrairement aux deux autres secteurs de l'amont, le hotu est présent dans les échantillons (6 juvéniles de l'année et 4 poissons de taille \approx 50 cm). L'ombre commun et la truite n'ont pas été capturés en 2009. La proportion globale de juvéniles de l'année est plus importante qu'en Chautagne et à Belley (58%). Elle est de 100% pour les ablettes, 93% pour les spirins, 79% pour les perches et les vandoises, 77% pour les gardons, 73% pour les chevaines et seulement 5% pour les barbeaux. Comme à Belley, les 5 brochets échantillonnés sont des poissons issus de la reproduction de l'année.

Canal de Miribel

18 espèces ont été échantillonnées dans le canal de Miribel. Comme les années précédentes, deux espèces dominent dans les échantillons : le spirilin (40% des effectifs) et le vairon (38%). Le barbeau (7%), la loche franche (4%) et le chevaine (3%) sont les trois autres espèces les mieux représentées. On notera également la présence du blageon (9 ind.), du hotu (28 ind.), du silure (8 ind. dont un 0+) et de la vandoise (13 0+). L'ombre et la truite n'ont pas été capturés. Le pourcentage global de juvéniles de l'année est de 63%. La proportion de 0+ est de 87% pour le spirilin, de 46% pour le vairon et de 37% pour le barbeau.

Le peuplement de poissons du Canal de Miribel est caractérisé par la très forte dominance de poissons de petite taille. Seuls un barbeau de grande taille (53,5 cm), deux chevaines (48 et 50,4 cm) et trois silures de taille >60 cm ont été capturés.

Pierre-Bénite

Seulement 16 espèces ont été capturées en 2009. Le nombre d'individus est également relativement faible comparé à ceux des autres secteurs. L'ablette et le gardon sont les deux espèces les plus abondantes (19% des eff. chacune), vient ensuite le spirilin (16%), le barbeau et le chevaine. L'analyse des histogrammes de tailles met en évidence une proportion de 0+ de 42%, le fait que 51% des ablettes et 14% des barbeaux (espèces de la guildes « eaux courantes ») soient des poissons de l'année constitue un phénomène intéressant témoignant de la bonne intégration des juvéniles des années antérieures dans la population. Cela témoigne de la robustesse de la réponse du peuplement au changement de débit réservé.

Péage-de-Roussillon

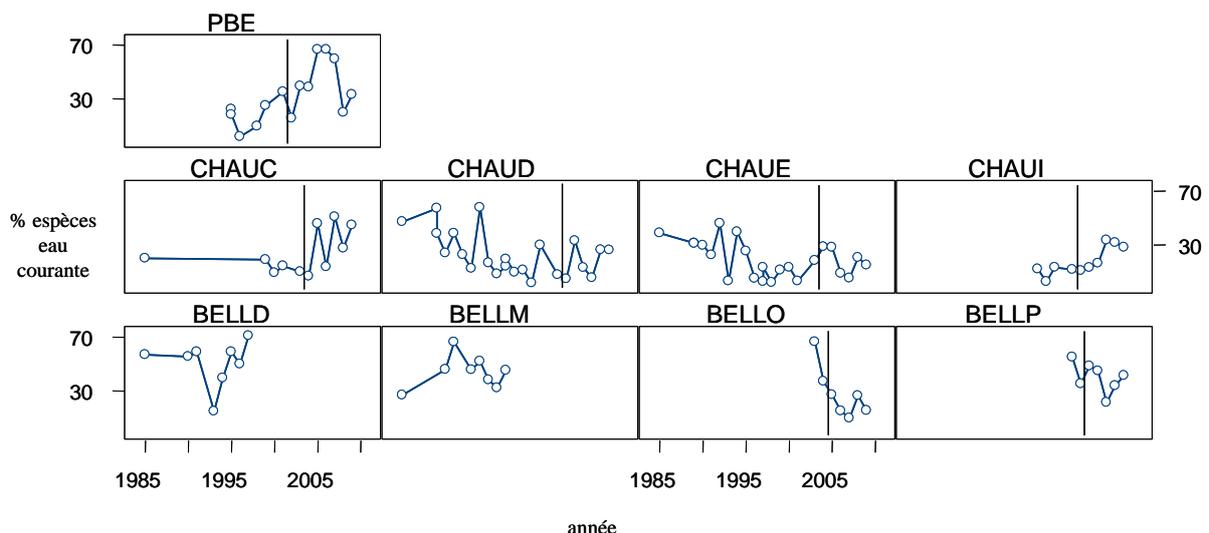
Le nombre d'espèces et les effectifs échantillonnés dans le Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon sont les plus élevés parmi les huit secteurs étudiés. Parmi ces espèces, celles introduites récemment constituent une composante non-négligeable (carassin argenté, pseudorasbora, silure). Le gardon (23%) et l'ablette (18%) sont les deux espèces les plus importantes numériquement. Viennent ensuite le chevaine (13%), le pseudorasbora (11%) et la bouvière (10%). La proportion globale de juvéniles de l'année dans les échantillons est de 66%, ce qui témoigne du bon succès de la reproduction en 2009, notamment pour l'ablette (88% de 0+), le chevaine (93%) et le gardon (97%). Il faut noter que l'amont de ce secteur (radier d'Arcoules) abrite des populations de hotus et de barbeaux relativement importantes.

Montélimar

Parmi les 19 espèces capturées dans le Vieux-Rhône de Montélimar en 2009, l'ablette représente 25% des effectifs échantillonnés. Trois autres espèces sont présentes avec des proportions relativement importantes : le barbeau (17%), le chevaine (17%) et le hotu (15%). Parmi les espèces rhéophiles, notons la présence de la loche franche et du spirilin, l'absence de salmonidés, de vairons, de blageons et de vandoises. La proportion globale de juvéniles de l'année dans les échantillons est de 48%, ce qui témoigne probablement d'un fonctionnement correct des populations dominantes, la plus forte proportion de 0+ concerne le chevaine (85%) et le hotu (73%).

La structure du peuplement de poissons du vieux-Rhône de Donzère est assez similaire à celle de Montélimar (18 espèces échantillonnées en 2009). Les espèces dominantes (hotu, chevine, barbeau, ablette, loche franche) sont majoritairement rhéophiles, témoignant de la bonne proportion d'habitats courants dans le Vieux-Rhône. Parmi les 1 781 poissons capturés, les hotus représentent 37% des effectifs, les chevaines 15%, les barbeaux 14%, les ablettes 10% et les loches franches 10%. Notons la présence du chabot (2 ind.), du spirin et du vairon. Comme à Péage-de-Roussillon et à Montélimar, le carassin argenté et le pseudorasbora sont présents. La proportion globale de juvéniles de l'année parmi les poissons capturés est de 71% (valeur la plus élevée pour l'ensemble des vieux-Rhône). Parmi les espèces dominantes, cette proportion est très importante pour le hotu (96%), l'ablette (80%) et la chevine (79%), elle est plus modérée pour le barbeau (40%).

Du point de vue de l'évolution post-restauration du peuplement de poissons, les résultats 2009 confirment fortement les tendances. La proportion d'individus des espèces d'eau « courante » a effectivement augmenté après relèvement du débit minimum à Pierre-Bénite (de 15 à 42%), en Chautagne (de 11 à 21%) et dans une moindre mesure à Brégnier-Cordon (tableau 2.2.3). Même si l'ablette tire la tendance, les espèces d'eau courante participent bien aux changements observés sur Pierre-Bénite (*cf.* analyses détaillées et tests des modèles prédictifs de Lamouroux *et al.* 2006). La tendance se confirme en Chautagne, essentiellement en lien avec les proportions d'ablette et de barbeau. Cette tendance semble inverser une tendance de diminution héritée de la construction du barrage. Ces effets restent néanmoins variables dans le temps (Figure 2.2.2) et liés à différentes espèces suivant les sites. La proportion d'ablettes, par exemple, est variable sur certains sites et influe fortement sur la proportion des espèces d'eaux courantes. L'analyse détaillée du cas de Pierre-Bénite montre également que les changements observés sont dynamiques et différenciés suivant les classes de tailles des espèces.



En Chautagne, l'ablette et le barbeau progressent au détriment d'espèces d'eaux plus calmes (gardon) ou d'espèces rhéophiles pénalisées par l'augmentation de hauteur d'eau

(loche franche, vairon). L'évolution de Chautagne présente en ce sens des similitudes avec celle plus certaines à l'heure actuelle de Pierre-Bénite. Les tendances observées à Brégner-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 l'abondance relative des espèces d'eau courantes), avec une baisse importante des proportions de vandoises, hotus et ablettes. Ce résultat n'est pas lié au choix des stations de référence pour décrire l'état initial, car l'utilisation de pêches réalisées sur la période avant l'état initial (période -a- dans l'annexe A.2) donne le même résultat. Il est possible que cette observation soit liée à d'autres tendances de moyen et long terme comme 1) la diminution de la vandoise en lien avec l'augmentation de la température (cf. analyse long-terme du peuplement de Bugey, Daufresne *et al.*, 2003) ou 2) la forte variabilité des effectifs d'ablette. Il est également possible que la forte diversité du site (restauration de lônes, mise en eau de bras secondaires) complexifie la réponse biologique.

2.2.4 Bilan multi-sites

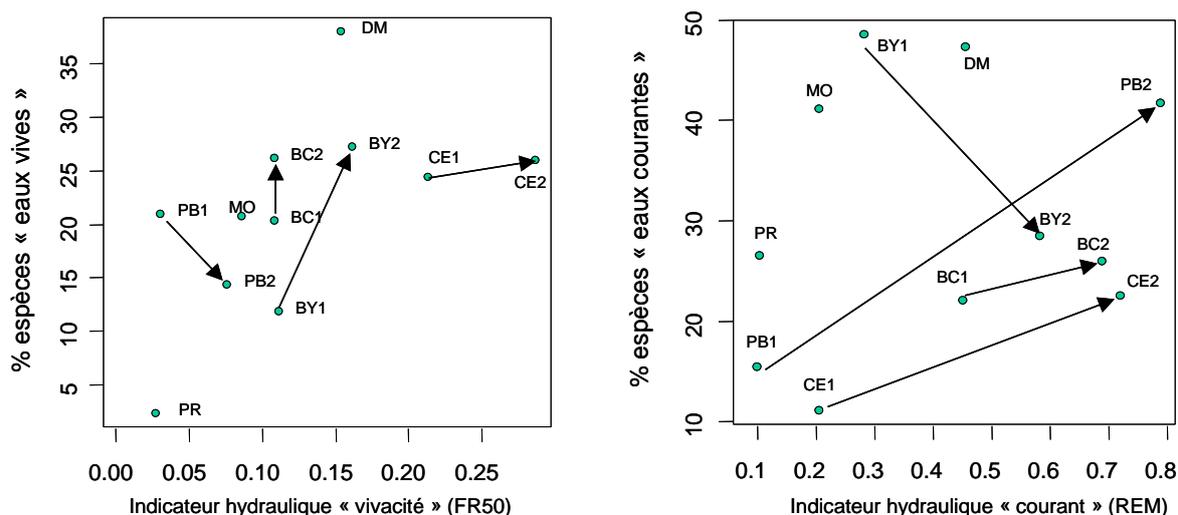


Figure 2.2.3 : Evolution des indicateurs hydrauliques et indicateurs 'poissons' associés reflétant l'abondance relative des espèces d'eau courante (à droite) et d'eau vive (à gauche).
Codes des stations en annexe A.1

La mise en parallèle des indicateurs hydrauliques et biologiques (poissons) définis pour refléter de façon synthétique l'évolution des peuplements résume les observations (Figure 2.2.3). Les indicateurs « eaux courantes » co-évoluent dans la direction prévue à Pierre-Bénite, Chautagne et dans une bien moindre mesure à Brégner-Cordon, tandis que les observations sur Belley diffèrent pour l'instant de celles attendues. Les indicateurs « eaux vives » évoluent peu, comme prévu (Chautagne, Brégner-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 des individus d'espèces d'eaux vives sont élevées sur ces sites, particulièrement à Donzère.

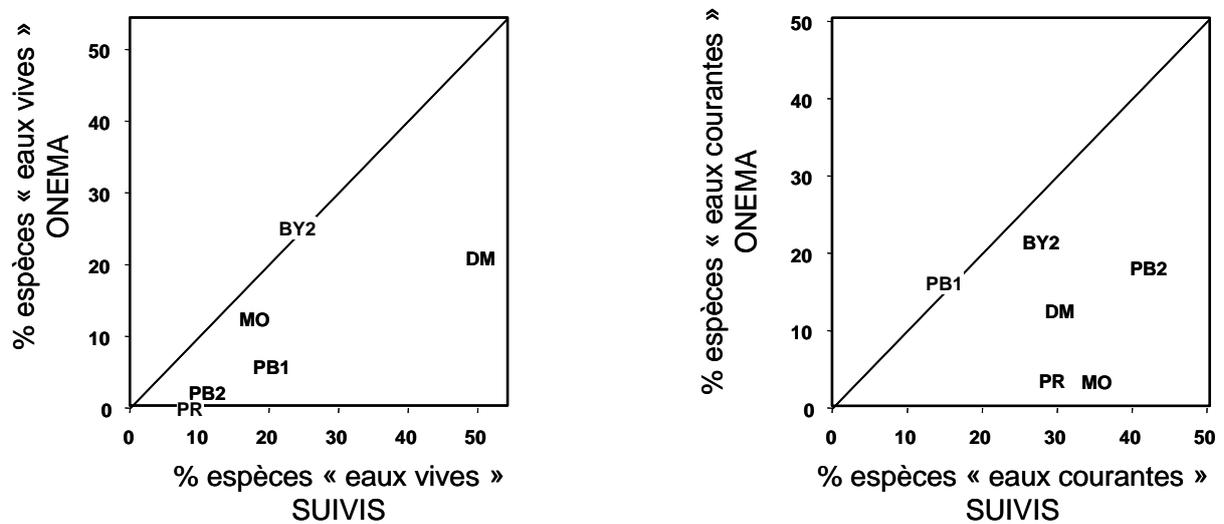


Figure 2.2.4 : Indicateurs 'poissons' comparés à ceux issus des pêches "Onema"
Codes des stations en annexe A.1

Les pêches Onema donnent des images nettement différentes des peuplements et estiment des proportions d'espèces d'eaux vives et d'eaux courantes bien inférieures (Figure 2.2.4, réalisée en 2008). Sur certains sites, ceci peut être lié en partie à un choix de stations plus lentes (PB, PR). Sur les autres sites, ces différences sont probablement liées aux contraintes d'échantillonnage de l'ONEMA (temps de pêche, définition des zones pêchables et pêche du chenal courant en particulier). L'évolution marquée du site de Pierre Bénite ne se retrouve pas dans les pêches ONEMA. Ce constat montre que la difficulté d'échantillonnage des grands cours d'eau peut conduire à des images incertaines du peuplement, qui rendent particulièrement difficile l'analyse des effets de la restauration.

L'utilisation d'indicateurs simples basés sur les abondances relatives 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 centrée) 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 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 2.2.5), 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 clairement avec la restauration vers des peuplements d'eaux courantes.

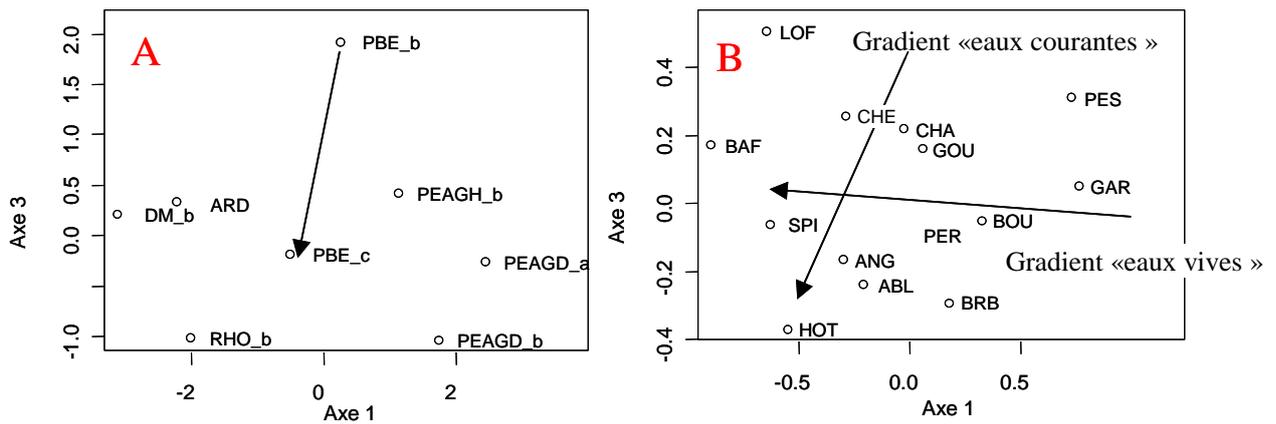


Figure 2.2.5 : ACP sur les proportions d'espèces par station/périodes sur le Bas-Rhône (les groupes de pêches et les codes des espèces sont définies dans l'annexe A.2).

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

B : carte factorielle des principales espèces.

Codes des stations en annexe A.2

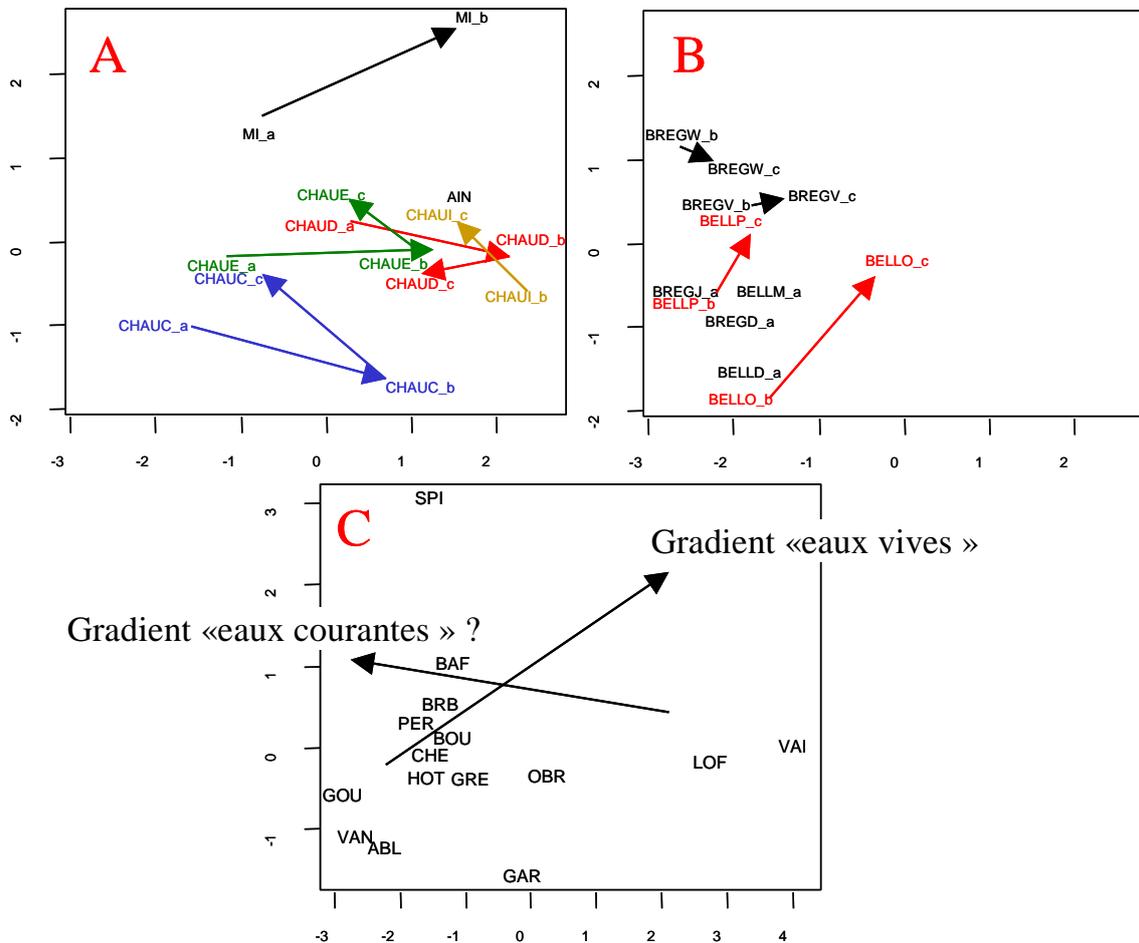


Figure 2.2.6 : ACP sur les proportions d'espèces par station/périodes sur le Haut-Rhône (les groupes de pêches et les codes des espèces sont définies dans l'annexe A.2).

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.

Codes des stations en annexe A.2

Sur le Haut-Rhône (Figure 2.2.6), 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 des peuplements d'eau vive. Il est probable que d'autres tendances (température, effets de remise en eau de bras et îles) interfèrent sur le site.



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.

Une première partie de ce travail consiste, avant restauration, en l'acquisition de données nécessaires pour la modélisation de la réponse des peuplements d'invertébrés aux changements de conditions hydrauliques dans les RCC. Dans un second temps, les modèles permettant d'estimer les effets potentiels de la restauration des débits dans les RCC 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, Mérigoux et al. 2009). Ce modèle permet de prédire des densités d'espèces à un débit donné à l'échelle du tronçon et donc de prévoir des changements faunistiques et de fonctionnement du milieu induits par des modifications de débits. Des études post-restauration sont mises en place dans le but d'acquérir des données qui permettent de valider les prédictions du modèle d'habitat statistique FSTress.

Les données obtenues avant et après restauration nous permettront aussi de valider les hypothèses posées à partir des métriques relatives à la richesse taxonomique ou aux préférences hydrauliques des macroinvertébrés du chenal proposées dans le cadre de cette étude (Olivier et al. 2008). L'ensemble de ces métriques devraient décrire l'état des communautés de macroinvertébrés aquatiques et refléter leurs changements après restauration. Par exemple, la richesse en taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères ou la proportion d'individus ou taxons rhéophiles devraient par exemple augmenter avec l'augmentation des débits.

A l'échelle locale, nous échantillons les invertébrés et les paramètres hydrauliques sur les mêmes points. Les invertébrés sont récoltés avec un cylindre de Hess muni d'un filet de maille de 200 μ m. Les premiers centimètres de substrat et la faune associée sont collectés sur une surface de 0.05 m². Nous utilisons la méthode des hémisphères FST pour mesurer les contraintes hydrauliques locales au fond de la rivière au niveau du point d'échantillonnage de la faune (Olivier et al. 2007a). Ces forces hydrauliques peuvent induire le remaniement des sédiments et 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). Pour cette phase initiale, un total de 300 échantillons choisis aléatoirement a été réalisé dans les 4 tronçons court-circuités.

Les résultats de cette phase ont montré que les deux saisons printemps et été donnaient une bonne image des peuplements en place (Olivier et al. 2004a&b, 2005). Ainsi, seules ces deux

saisons ont été retenues pour l'échantillonnage post-restauration ainsi que pour l'échantillonnage pré-restauration des RCC du Bas-Rhône.

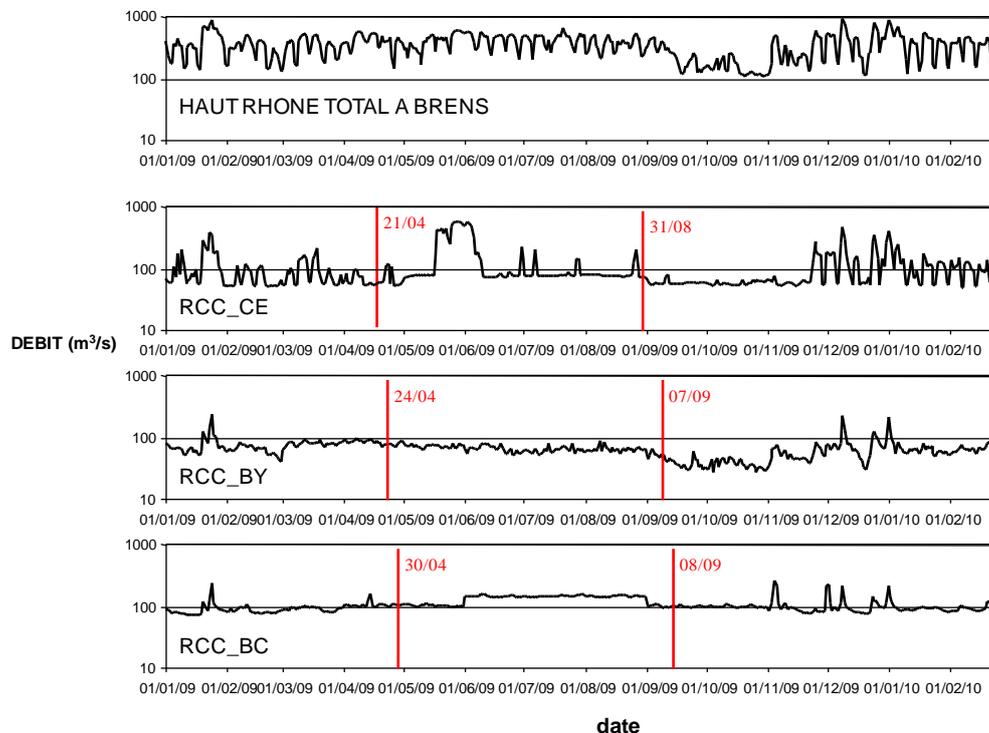
De plus, au cours de la phase pré-restauration, 5 tamis de vides de maille différents (2000, 1000, 630, 400 & 200 μ m) ont été utilisés au laboratoire pour séparer les organismes par classes de tailles. Les résultats de cette phase ont montré que les individus dont la taille était supérieure à 400 μ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

Dans le secteur de Miribel l'état initial a été réalisé en 2002-2003. Les travaux de restauration n'ayant toujours pas démarré dans ce secteur une deuxième campagne d'échantillonnage pré-restauration est en cours en 2010 (campagne de printemps réalisée en avril 2010 et campagne d'été prévue début juillet 2010).

2.3.2 Echantillonnage

En 2009, l'échantillonnage comprend les prélèvements des campagnes 1) printemps et été post-restauration n+5 à Chautagne, 2) printemps et été post-restauration à Belley n+4, 3) printemps et été post-restauration n+3 à Brégnier-Cordon et 4) printemps et été pré-restauration à Donzère-Montragon. Les conditions hydrologiques dans le secteur de Brégnier-Cordon, n'avaient pas permis l'échantillonnage au printemps 2008 (n+2) et avaient largement perturbé la campagne d'été 2008 (cf. Olivier et al. 2008). La campagne de printemps a donc été réalisée en 2009 (n+3) et la campagne d'été a de nouveau été effectuée en 2009 afin de s'affranchir des biais d'interprétation des données liés à l'instabilité des débits de l'année 2008.

Secteurs du Haut-Rhône



Secteurs du Bas-Rhône

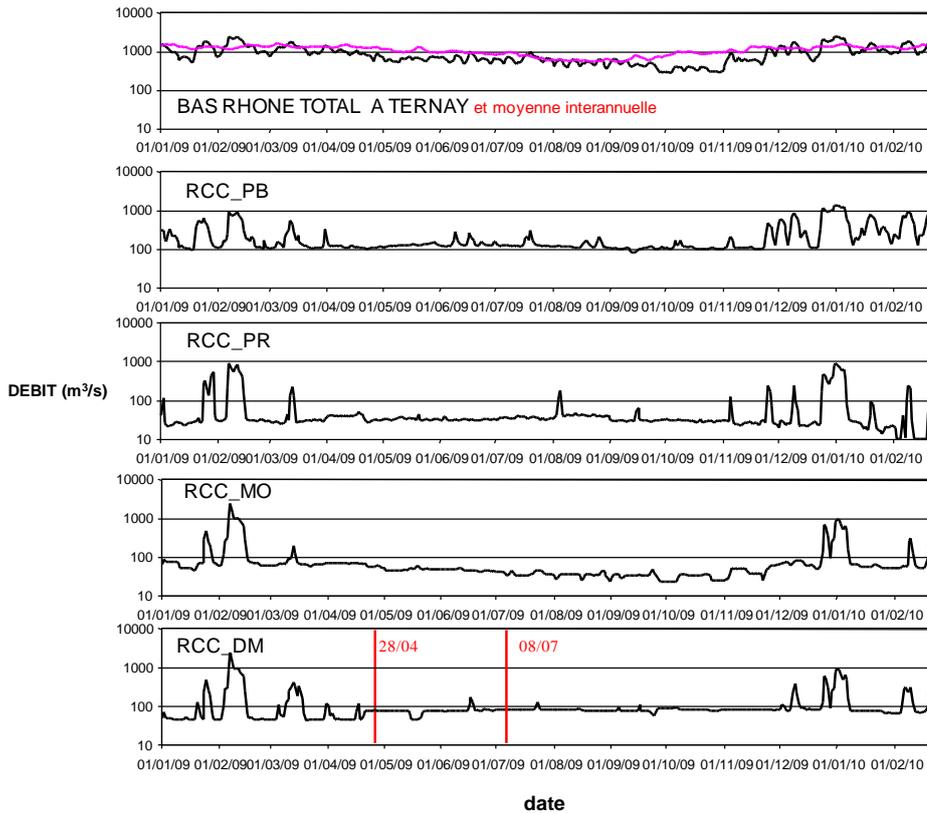


Figure 2.3.1 : Positionnement des campagnes d'échantillonnage des invertébrés du chenal 2009 dans les secteurs du Haut et du Bas-Rhône sur l'hydrographe des RCC correspondants.

2.3.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage

En cette fin d'année 2009, **31 campagnes d'échantillonnage d'invertébrés ont été réalisées dans le chenal de 7 Vieux-Rhône** (Tableaux 2.3.1 & 2.3.2). Les résultats des états pré-restauration de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont chacun fait l'objet d'un rapport d'état initial (Olivier et al. 2004a&b, 2005). Les données de cet état initial ont été utilisées pour modéliser la réponse des peuplements d'invertébrés aux changements de conditions hydrauliques dans les RCC (Olivier et al. 2007a). Dans ce même rapport, les premiers résultats post-restauration (n+2) du secteur de Chautagne ont été présentés.

Tableau 2.3.1 : Campagnes d'échantillonnage **pré-restauration** dans les 7 RCC pour les invertébrés du chenal. En jaune: campagnes pour lesquelles le travail de laboratoire de tri et de détermination est en cours.

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

Les données post-restauration des secteurs de Belley et Brégnier-Cordon ont ensuite été comparées aux données n+2 de Chautagne (Olivier et al. 2008a & b). Dans le présent rapport, les données post-restauration de Chautagne et Belley (n+4), de Brégnier-Cordon (printemps n+3) ainsi que les données pré-restauration de Montélimar sont présentées. Ces données sont intégrées dans une analyse multi-sites qui traite toutes les données disponibles de ces secteurs plus celles du secteur de Péage-de-Roussillon (cf. 2.3.4). Le tri et la détermination des campagnes de printemps et d'été pré-restauration à Donzère-Mondragon, post-restauration à Brégnier-Cordon (été, n+3) et à Chautagne (n+5) sont en cours.

Tableau 2.3.2 : Campagnes d'échantillonnage *post-restauration* dans les 7 RCC pour les invertébrés du chenal. En jaune : campagnes pour lesquelles le travail de laboratoire de tri et de détermination est en cours.

RCC	Post-restauration							
	n+2		n+3		n+4		n+5	
	printemps	été	printemps	été	printemps	été	printemps	été
Chautagne	08/06/2006	24/09/2006			22/05/2008	26/08/2008	21/04/2009	31/08/2009
Belley	23/05/2008	16/09/2007			24/04/2009	07/09/2009		
Brégnier-Cordon		30/09/2008	30/04/2009	08/09/2009				
Miribel								
Péage-de-Roussillon								
Montélimar								
Donzère								

L'ensemble des données faunistiques récoltées dans les secteurs de Chautagne et de Belley, de Brégnier-Cordon, de Péage-de-Roussillon (systématique actualisée) et Montélimar sont présentées en Annexes A.3.1, A.3.2, A.3.3, A.3.4 et A.3.5 respectivement.

2.3.4 Bilan multi-sites

Dans un premier temps, le bilan multi-sites porte sur les données disponibles printemps et été des 4 secteurs du Haut-Rhône, de Péage-de-Roussillon et de Montélimar (22 campagnes d'échantillonnage). Dans un second temps nous ferons une comparaison des données pré- et post-restauration (n+2 et n+4) dans les secteurs de Chautagne et de Belley. Dans ces deux secteurs, les variations de densités des taxons observées sur le terrain avant et après restauration seront comparées à celles prédites par le modèle FSTress.

2.3.4.1 Richesse taxonomique et densités dans l'ensemble des RCC

Avant restauration, en moyenne **72 taxons** et **32 614 individus par m²** (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans les 6 RCC pour lesquels les données sont disponibles (Tableaux 2.3.3 et 2.3.4; Annexes A.3.1 à A.3.5). **À l'échelle du secteur, la densité et la richesse taxonomique ne sont pas corrélées.** Avec 87 taxons, le secteur de Brégnier-Cordon est par exemple le secteur le plus riche avant restauration malgré des densités plus faibles qu'à Chautagne et à Belley. De même, le secteur de Péage-de-Roussillon présente une richesse taxonomique presque identique à celle de Belley (72 et 74 taxons respectivement) avec des densités presque deux fois plus faibles (41 174 et 22 579 indiv/m²). Globalement, les 3 secteurs de Miribel, Péage-de-Roussillon et Montélimar présentent les densités les plus faibles associées à des richesses plus faibles pour le secteur de Miribel et de Montélimar (66 et 53 taxons respectivement). Ces deux secteurs présentent 21 taxons de moins que les secteurs amont les plus proches (Brégnier-Cordon et Péage-de-Roussillon) avant restauration, révélant

probablement de problèmes de qualité d'eau de ces secteurs (à vérifier dans la suite de l'étude avec les données de l'agence de l'eau RMC).

Tableau 2.3.3 : Richesse taxonomique dans les 6 RCC considérés. Avec ND : données actuellement non disponibles. Avec P : campagnes de printemps et E : campagnes d'été.

RCC	Pré-restauration			Post-restauration n+2 n+3			Post-restauration n+4			Tot
	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	
Chautagne	67	65	80	48	56	65	55	58	74	100
Belley	61	60	72	50	50	61	64	62	81	102
Brégnier Cordon	78	61	87	59	56	69	ND	ND	ND	102
Miribel	61	42	66	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Péage de Roussillon	54	53	74	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Montélimar	44	39	53	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Au cours des campagnes post-restauration n+2 (Chautagne et Belley) et n+2-3 (Brégnier-Cordon), le nombre de taxons et les densités chutent de manière importante. Seuls 24 623 individus par m² représentant 65 taxons ont été récoltés en moyenne au cours de ces campagnes. On note en particulier une baisse très importante des densités à Brégnier-Cordon en été 2007 (Tableaux 2.3.3 et 2.3.4).

Au cours des campagnes post-restauration n+4, les tendances sont complètement inversées pour les deux secteurs de Chautagne et Belley. **Les densités sont plus importantes qu'avant restauration et que 2 ans après restauration** (densités plus que doublées à Chautagne).

En effet, la plupart des taxons caractéristiques des campagnes pré-restauration qui avaient vu leur effectif à l'échelle du secteur chuter deux ans après restauration montrent des tendances inverses 4 ans après restauration. Le gastéropode *Ancylus fluviatilis*, les Insectes *Hydropsyche* spp., *Baetis* spp., Tanytarsini et Orthocladiinae sont plus abondants en n+4 qu'en n+2 dans les deux secteurs (Annexes A.3.1 et A.3.2). De même, *Serratella ignita* après une chute spectaculaire de ses effectifs en n+2 retrouve les abondances de pré-restauration à Belley. Cependant, les abondances de certains des taxons caractéristiques des campagnes pré-restauration continuent de diminuer 4 années après restauration (ex : *Esolus* spp. à Chautagne, *Gammarus pulex* à Belley) ou présentent des abondances très légèrement supérieures à celles de n+2 (les espèces de Gammares à Chautagne, *Gammarus fossarum* à Belley).

Tableau 2.3.4 : Densités (nombre d'individus/m²) dans les 6 RCC considérés. Avec ND : données actuellement non disponibles. Avec P : campagnes de printemps et E : campagnes d'été.

RCC	Pré-restauration			Post-restauration n+2 n+3			Post-restauration n+4			Tot
	P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	
Chautagne	45048	35396	40222	10898	25918	18408	38595	46510	42553	33728
Belley	41870	40477	41174	49422	22896	36159	54232	50158	52195	36159
Brégnier Cordon	58792	14646	36719	33478	5127	19302	ND	ND	ND	28010
Miribel	31640	23686	27663	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Péage de Roussillon	34647	10511	22579	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Montélimar	22213	32436	27325	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Dans le secteur de Chautagne, même si on n'atteint pas les 81 taxons rencontrés avant restauration, **9 taxons de plus sont observés entre n+4 et n+2**. Dans le secteur de Belley, on

observe 4 ans après restauration, **9 taxons de plus qu'avant restauration et 20 taxons de plus que 2 ans après restauration.**

Toutes campagnes confondues on rencontre **100 taxons** dans le secteur de Chautagne et **102** dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon.

Nouveaux taxons inventoriés après restauration

Dans le secteur de Chautagne, 15 taxons nouveaux sont inventoriés quatre années après restauration par rapport aux observations pré-restauration (4 d'entre eux avaient fait leur apparition deux ans après restauration). De même, dans le secteur de Belley, 21 taxons nouveaux sont observés en post-restauration n+4 dont 6 avaient fait leur apparition en n+2 (Annexes A.3.1 et A.3.2).

Parmi ces taxons, se distinguent notamment des espèces de Plécoptères : deux de la famille des Nemouridae (dans les deux secteurs), une espèce d'*Isoperla* (famille des Perlolidae) et une du genre *Rhabdiopteryx* (famille des Taeniopterygidae) (secteur de Belley uniquement). De plus, on note l'apparition d'Ephémères plates de la famille des Heptageniidae telles que *Rhithrogena semicolorata* (deux secteurs) et *Electrogena quadrilineata* (Belley uniquement). Dans ce dernier secteur, on remarque aussi l'apparition du taxon *Habroleptoides* spp. (Ephéméroptère).

Tous ces taxons oligo-meso-eutrophes témoignent d'exigences marquées pour une assez bonne qualité biologique des milieux. De plus, la plupart de ces taxons (exceptés *Rhabdiopteryx* sp., *Habroleptoides* spp. et *Electrogena quadrilineata*) sont sténothermes inféodés à des eaux dont les températures sont inférieures à 15°C. La baisse probable des températures moyennes annuelles de l'eau (à vérifier avec les chroniques de températures dans la suite de l'étude) suite à l'augmentation des débits pourrait expliquer la présence de ces taxons au printemps et même en été. En effet, ces taxons étaient uniquement rencontrés en hiver avant restauration (e.g. *Nemoura* spp., *Isoperla* spp. ou *Rhithrogena semicolorata*, Olivier et al 2004a & b).

De plus, tous ces taxons mis à part *Habroleptoides* spp. et *Electrogena quadrilineata* ont des préférences marquées pour des eaux vives (cf. 2.3.4.2) et trouveraient des conditions plus favorables après restauration.

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

Globalement, on observe donc après restauration en accord avec nos attentes, **une augmentation des taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)** dans le secteur de Belley et en n+4 un retour à ce qui était observé avant restauration dans le secteur de Chautagne (Figure 2.3.2).

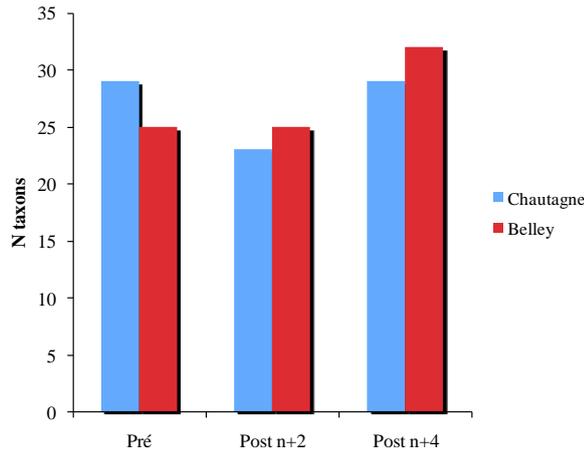


Figure 2.3.2 : Nombre de taxons EPT observés au cours des campagnes pré- et post-restauration n+2 et n+4 dans les secteurs de Chautagne et de Belley.

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

Disparition de taxons après restauration

On note quatre années après restauration l'absence de 21 et 12 taxons (secteurs de Chautagne et de Belley respectivement) qui faisaient partie du cortège faunistique avant restauration et pour certains qui étaient encore présents deux ans après restauration (Annexes A.3.1 et A.3.2). La **plupart de ces taxons sont limnophiles** (43 et 67% Chautagne et Belley respectivement, e.g. Chautagne : *Mystacides* spp., *Sialis* spp. ou *Micronecta* spp. Belley : *Acentria ephemerella*, *Cleon dipterum*, *Hemiclepsis marginata*) ou **ubiquistes** (33 et 17%, e.g. Chautagne : *Athripsodes* spp. ou *Glossiphonia complanata*, Belley : *Valvata* spp. ou *Pediciini*) (cf 2.3.4.2.). Parmi ces taxons se distinguent les Gastéropodes (e.g. *Bithynia* spp., *Gyraulus parvus*, *Valvata cristata*, secteur de Chautagne) et les Coléoptères (e.g. *Bidessus* spp. dans les deux secteurs, *Haliplus* spp. et *Yola bicarinata* Chautagne ou *Hydraena* spp., Belley). **Ces deux groupes présentent de nombreuses espèces limnophiles et devraient trouver les conditions moins favorables à leur maintien dans le chenal après restauration** (cf. 2.3.4.2). En effet, dans le secteur de Chautagne, les richesses en Gastéropodes (Figure 2.3.3) et en Coléoptères (Figure 2.3.4) diminuent quatre ans après restauration. Ces tendances ne sont pas retrouvées dans le secteur de Belley et comme mentionné plus haut au sujet des taxons nouveaux, seules des données à long terme confirmeront ces observations. De plus, ces données sur le long terme nous permettront **d'identifier le rôle des îlots comme zones de refuges pour les taxons limnophiles.**

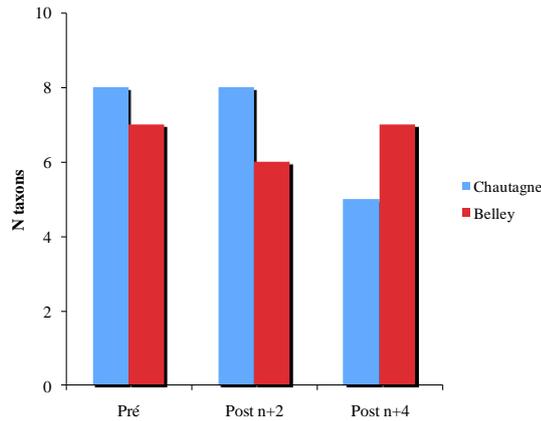


Figure 2.3.3 : Nombre de taxons de la classe des Gastéropodes observés au cours des campagnes pré- et post-restauration n+2 et n+4 dans les secteurs de Chautagne et de Belley.

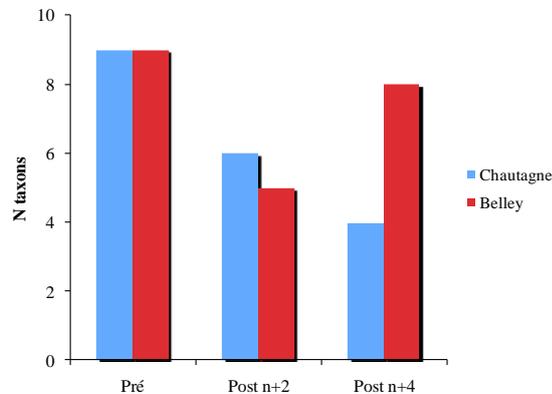


Figure 2.3.4 : Nombre de taxons de l'Ordre des Coléoptères observés au cours des campagnes pré- et post-restauration n+2 et n+4 dans les secteurs de Chautagne et de Belley.

Enfin on notera dans le secteur de Chautagne la disparition inexpiquée dans nos échantillons n+4 des deux taxons rhéophiles *Hydropsyche modesta* et *Limnius* spp. taxons dont les effectifs étaient non négligeables avant restauration (118 individus *H. modesta* récoltés avant restauration). Ces taxons voient aussi leurs effectifs chuter dans les échantillons post-restauration dans le secteur de Belley (47 individus *H. modesta* avant restauration, 1 seul en post n+4). Encore une fois des données à plus long terme sont nécessaires pour interpréter ces variations d'effectifs inter-annuelles.

Espèces exogènes

Au total, **14 espèces exogènes** sont recensées dans l'ensemble de nos échantillons (Tableau 2.3.5). La plupart de ces espèces ont colonisé le Rhône via la Saône et ont donc dans un premier temps colonisé les secteurs du Bas-Rhône. D'autres espèces telles que *Dikerogammarus villosus* ou *Corbicula fluminea* peuvent avoir deux sources de colonisation : la Saône ou le Lac Léman (Besacier-Monbertrand et al. 2009). Enfin, certaines espèces de Gastéropodes notamment (ex. *Gyraulus parvus*) pourraient être dispersées par l'avifaune (Besacier-Monbertrand et al. 2009).

Au total, **sept espèces exogènes du Bas-Rhône ne sont pas rencontrées dans le Haut-Rhône**. Il s'agit des Crustacés *Chelicorophium curvispinum*, *Jaera danubica*, *Gammarus roeselii*, *G. tigrinus* et *Atyaephyra desmarestii* et du Gastéropode *Lithoglyphus naticoides*. **Seuls le Gastéropode *Gyraulus parvus* et le Crustacé *Orconectes limosus* ne sont rencontrés que dans le Haut-Rhône**.

Tableau 2.3.5 : Densités (Nombre d'individus/m²) d'espèces exogènes dans les 6 RCC échantillonnés. Avec BC : Brégnier-Cordon ; PR : Péage-du-Roussillon ; ND : données actuellement non disponibles. Sources pour les premières observations : Frujet et al. 2003, Besacier-Monbertrand et al. 2009, et données récoltées dans le cadre du suivi scientifique.

Espèces	Origine	1 ^{ère} obs HR	1 ^{ère} obs BR	Densités (N Indiv/m ²)															
				Chautagne			Belley			BC		Miribel		PR		Montélimar			
				Pré	n+2	n+4	Pré	n+2	n+4	Pré	n+2	Pré	Post	Pré	Post	Pré	Post		
<i>Atyaephyra desmarestii</i>	Europe du sud		2000														0,5		
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	Ponto-caspienne		2002														101		3
<i>Corbicula fluminea</i>	Asie	1990	1993		10	9		36	190	55	61	580					304		15
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	Amérique du Nord	2004	1995					1	1								1		
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Ponto-caspienne	2004	1999		155	123		105	236		49						388		655
<i>Dreissena polymorpha</i>	Ponto-caspienne	Après 1852	?	130	96	46	48	4	8	0,5		6					25		1
<i>Dugesia tigrina</i>	Amérique du Nord	1968	?	674	18	30	594	52	2148	116	246	249					60		25
<i>Gammarus roeselii</i>	Europe centrale et de l'est		Avant 1985																1
<i>Gammarus tigrinus</i>	Amérique du Nord		1995														3		1
<i>Gyraulus parvus</i>	Amérique du Nord	1994	1997						4										
<i>Hypania invalida</i>	Ponto-caspienne	2008	2002					23	941		13						67		91
<i>Jaera danubica</i>	Danube		2008																33
<i>Jaera istri</i>	Ponto-caspienne	2009	2008			5													4163
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	Ponto-caspienne		1995														2		
<i>Orconectes limosus</i>	Amérique du Nord	1976	Avant 1985							0,5									
<i>Physella acuta</i>	Méditerranée/Amérique du Nord	1881	?	26	1	48	3		3	1							0,5		
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Nouvelle Zélande	1978	?	37	44	194	5	48	1271	86	31	3					433		216
Richesse en exogènes				4	6	7	4	7	9	6	5	4					12		11

Dans le Haut-Rhône, avant restauration, seules quatre espèces exogènes étaient présentes à Chautagne, Belley et Miribel et six dans le secteur de Brégnier-Cordon (Tableau 2.3.5). **Deux ans après restauration**, on notait l'apparition de **quatre nouvelles espèces exogènes invasives** : le prédateur *Dikerogammarus villosus* dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, le bivalve *Corbicula fluminea* (Chautagne et Belley), le Polychète *Hypania invalida* (Belley et Brégnier-Cordon) et le Crustacé *Crangonyx pseudogracilis* à Belley (Tableau 2.3.5). 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 (Frujet et al. 2003). *Corbicula fluminea* est 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 1990 (Besacier-Monbertrand et al. 2009). *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 1998 en France, en 2002 sur le Bas-Rhône et en 2008 sur le Haut-Rhône montre en effet des densités spectaculaires dans le secteur de Belley deux ans après son arrivée. On notera que le secteur de Chautagne est pour l'instant épargné. *Crangonyx pseudogracilis* originaire d'Amérique du Nord est apparue en France en 1995 et est actuellement distribuée dans toute l'Europe du Nord (Kirkpatrick et al. 2006). Elle présente une grande tolérance à une large gamme de conditions environnementales mais ne semble pas menaçante pour l'instant sur le Rhône (faibles effectifs observés).

Quatre années après restauration apparaissent deux nouvelles espèces exogènes: le Crustacé *Jaera istri* dans le secteur de Chautagne et le Gastéropode *Gyraulus parvus* dans le RCC de Belley. *Jaera istri* est un Crustacé originaire des eaux littorales et des secteurs avals des grands fleuves connectés à la Mer Noire et à la Mer Caspienne. L'espèce est présente dans la partie française du Rhin depuis au moins 2003. Espèce typiquement lithophile et de petite taille (<10 mm), elle se nourrit en particulier du biofilm à la surface du substrat. L'impact de cette espèce est pour l'instant inconnu mais vu les densités spectaculaires qu'elle peut atteindre, elle rentre probablement en compétition avec en particulier d'autres espèces lithophiles. Elle se propagerait passivement par la navigation. Cette espèce est arrivée dans le Bas-Rhône en même temps en 2008.



Jaera istri

Le Gastéropode *Gyraulus parvus* originaire d'Amérique du Nord peut atteindre des densités spectaculaires dans les îlots des secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon après restauration (Besacier-Monbertrand, 2009), mais cette espèce limnophile ne semble pas être une menace pour les invertébrés du chenal.



Gyraulus parvus

En ce qui concerne l'évolution des espèces apparues en n+2, quatre ans après restauration, les densités de *Corbicula fluminea* semblent stagner à Chautagne et à Brégnier-Cordon mais sont multipliées par 6 à Belley. Les densités de *Dikerogammarus villosus* stagnent à Chautagne, mais ont doublé à Belley en deux ans. Les densités d'*Hypania invalida* sont 40 fois plus importantes en 2009 qu'en 2007 dans le secteur de Belley. *Crangonyx pseudogracilis* reste confiné au secteur de Belley avec des densités très faibles.

Si une colonisation du Haut-Rhône à partir du Bas-Rhône est envisageable pour *Hypania invalida*, la présence de *Jarea istri* uniquement dans le secteur le plus en amont du Haut-Rhône (Chautagne) reste inexpliquée.

Dans les secteurs du Bas-Rhône, avant restauration on note une richesse en espèces exogènes plus importante que dans le Haut-Rhône (Figure 2.3.2). Un total de 12 et 11 espèces exogènes font partie du cortège faunistique des RCC de Péage-de-Roussillon et de Montélimar respectivement. Certaines sont très bien implantées comme par exemple *Dikerogammarus villosus* (655 indiv/m² à Montélimar), *Corbicula fluminea* (304 indiv/m² à Péage-de-Roussillon) ou encore *Jaera istri* (4163 indiv/m² à Montélimar).

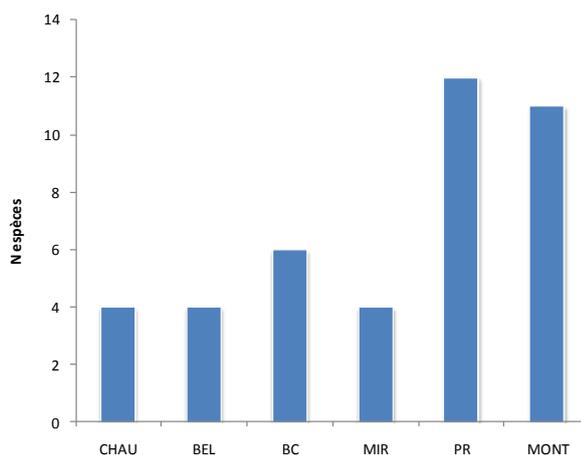


Figure 2.3.5 : Nombre d'espèces exogènes avant restauration dans les 6 RCC. Avec CHAU : Chautagne ; BEL : Belley, BC : Brégnier-Cordon ; MIR : Miribel ; PR : Péage-du-Roussillon et MONT : Montélimar.

Les espèces de Crustacés *Chelicorophium curvispinum*, *Jaera danubica*, *Gammarus roeselii*, *G. tigrinus* et *Atyaephyra desmarestii* et le Gastéropode *Lithoglyphus naticoides* sont uniquement rencontrées dans les secteurs du Bas-Rhône et n'ont pas encore colonisé le Haut-Rhône. Parmi ces espèces, seules *Chelicorophium curvispinum* et *Gammarus tigrinus* sont actuellement reconnues comme menaçantes pour les macroinvertébrés autochtones.

Chelicorophium curvispinum a colonisé tous les grands bassins hydrographiques français et est très bien représentée dans le nord où elle peut atteindre des densités très fortes (Devin et al. 2005b). Elle est signalée sur la Saône dès 1991 mais n'est pas signalée avant 2002 dans le Bas-Rhône (secteur de Pierre-Bénite).



Chelicorophium curvispinum

Ce filtreur de phytoplancton et de sédiments fins a un pouvoir colonisateur très puissant avec notamment deux à trois générations par an et une capacité à construire des tubes fixés au substrat. Cet amphipode est particulièrement tolérant à la pollution. Ces tubes limoneux peuvent recouvrir une grande surface de substrat disponible et dans certains cas modifient complètement l'habitat disponible (Van der Velde, 1998). Cette espèce pourrait donc rentrer en compétition avec les autres espèces lithophiles telle que notamment *Jaera istri*. Cette compétition pourrait peut-être expliquer en partie l'absence surprenante de cette espèce à Péage-de-Roussillon où *Chelicorophium curvispinum* est bien implantée. Bien qu'arrivée avant *Jaera istri* à Montélimar, *Chelicorophium* n'est pas bien implantée dans ce secteur pour une raison inexplicée. *Jaera istri* profiterait de l'absence de ce compétiteur potentiel pour s'implanter massivement. La présence d'*Hypnia invalida* qui elle aussi construit des tubes ne semble pas exclure ces deux espèces, mais toutes ces espèces sont probablement en compétition pour l'espace.

L'espèce danubienne exogène *Jaera danubica*, décrite très récemment (Berk, 2003) est arrivée dans le Bas-Rhône en même temps que *Jaera istri* en 2008, mais est moins bien implantée que cette dernière (Tableau 2.3.5).

Gammarus tigrinus a été involontairement (transport dans eaux de ballasts) mais aussi volontairement (nourriture pour les poissons dans les rivières allemandes impactées par des rejets industrielles) introduite en Europe depuis l'Amérique du Nord. Elle serait présente en France depuis 1970 (Devin et al. 2005a). Cette espèce omnivore serait tout particulièrement vorace. Elle présente une grande tolérance aux conditions de milieu (tolérance à la salinité, supporte un large spectre de température et est capable de coloniser de nombreux types de substrats). De plus, elle a un cycle de vie très court (plus d'une dizaine de générations par an dans certains cas).

Atyaephyra desmarestii, espèce euryhaline à répartition méditerranéenne, devait être naturellement présente dans le sud de la France mais son expansion à l'ensemble des cours d'eau français a été favorisée par la construction de canaux, (ex : canal du Midi, le canal de l'Oise à l'Aisne aux cours des 17 et 19ème siècles). *Atyaephyra desmarestii* n'est pas une espèce benthique stricte et son abondance est probablement sous-estimée dans nos échantillons. Tout comme *Atyaephyra desmarestii*, *Gammarus roeselii* est une espèce naturalisée qui fait partie du cortège faunistique des macroinvertébrés de nombreux cours d'eau français (premières observations sur le territoire français en 1835) et ne présenterait plus une menace pour les communautés autochtones (Devin et al. 2005a; Josens et al. 2005). Même si cette espèce est recensée sur le Rhône depuis 25 ans, elle reste toujours observée en faible nombre (cette étude, Dessaix & Frujet, 2008).

2.3.4.2 Préférences hydrauliques des peuplements dans l'ensemble des RCC

Les campagnes pré-restauration dans les secteurs du Haut-Rhône dans le chenal et dans les îlons (Olivier et al. 2007a; Méricoux et al. 2009) ainsi que les données de la littérature (Tachet et al. 2006; Dolédec et al. 2007) ont permis de coder les préférences hydrauliques de tous les taxons rencontrés dans les échantillons du chenal et des îlons en 7 catégories (Tableau 2.3.6 et Annexe A.3.6).

- Les taxons **limnophiles** de la catégorie 1 sont inféodés à des milieux lenticques et sont par exemple les Trichoptères du genre *Agraylea* ou les Coléoptères de la famille des Hydrænidae.

- Les taxons de la catégorie 2 aussi **limnophiles**, sont retrouvés dans des milieux à contraintes hydrauliques faibles (Tableau 2.3.6). Ils sont représentés par exemple par les Diptères Dasyheleinae ou Dolichopodidae.
- Les espèces de la famille des Hydroptilidae ou des Asellidae préfèrent les conditions hydrauliques **intermédiaires** (catégorie 3)
- Des taxons **rhéophiles** sont soit inféodés à des contraintes hydrauliques fortes (e.g. *Hydropsyche modesta*, *Potamanthus luteus* ou les Diptères Orthoclaadiinae (Catégorie 4) soit très fortes (Catégorie 5) comme par exemple *Theodoxus fluviatilis*, *Ancylus fluviatilis*, *Baetis vardarensis*, *Elmis* spp. ou *Hydropsyche siltalai*.
- Certains taxons **ubiquistes** ne présentent pas de préférences hydrauliques (catégorie 6) comme par exemple *Dendrocoelum lacteum*, *Athripsodes albifrons* et *Gammarus fossarum*.
- Enfin la catégorie 7 (**indéterminés**) regroupe tous les taxons pour lesquels aucune information n'est disponible.

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

Catégories	FST	Vitesse moyenne(m.s ⁻¹)	Préférences
cat 1	FST0	0	Limnophile
cat 2	[1-5[]0-0.5]	
cat 3	[5-8[]0.5-0.75]	Intermédiaire
cat 4	[8-11]]0.75-1.05]	Rhéophile
cat 5	FST>11	>1.05	
cat 6		pas de préférence	Ubiquiste
cat 7		pas de donnée	Indéterminé

Le couplage des modèles biologiques et hydrauliques par FSTress prévoit, pour les trois secteurs du Haut-Rhône, qu'une **augmentation des débits induira une augmentation des densités des taxons rhéophiles** et au contraire, **une diminution des densités des taxons intermédiaires et limnophiles**. On peut noter que sur les 39 taxons présentant des préférences hydrauliques marquées, **27 devraient répondre positivement aux augmentations de débits** (Olivier et al. 2007a).

Préférences hydrauliques globales des peuplements avant restauration

Les pourcentages de taxons des différentes catégories de préférences hydrauliques montrent un patron assez homogène pour les 6 secteurs échantillonnés avant restauration (Figure 2.3.7). On observe essentiellement des taxons rhéophiles (de 24% à Péage-de-Roussillon à 38% au maximum à Miribel) ou ubiquistes (entre 28 et 36% à Montélimar). Ces taxons devraient être favorisés (taxons rhéophiles) par les opérations de restauration des débits ou indifférents (taxons ubiquistes). On observe un cortège non négligeable de taxons limnophiles (de 9% à Montélimar à 20% à Péage-de-Roussillon) ou intermédiaires (9 à 16% à Brégnier-Cordon et Montélimar). Ces taxons devraient être défavorisés par les nouvelles conditions hydrauliques dans le chenal après restauration.

Pré-restauration

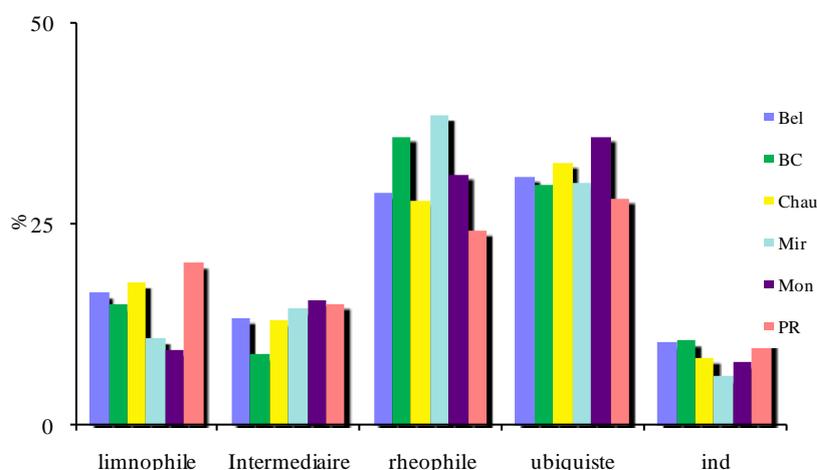


Figure 2.3.6 : Pourcentages de taxons dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 6 RCC avant restauration. Avec BEL : Belley, BC : Brégner-Cordon ; CHAU : Chautagne ; MIR : Miribel ; MON : Montélimar et PR : Péage-du-Roussillon.

Les pourcentages d'individus des différentes catégories de préférences hydrauliques montrent une image différente. Dans les 6 secteurs échantillonnés, on observe toujours essentiellement des individus de taxons rhéophiles ou ubiquistes mais très peu d'individus limnophiles et intermédiaires témoignant une implantation fragile de ces taxons dans le chenal avant restauration (Figure 2.3.8). De plus, les pourcentages des individus rhéophiles et des ubiquistes sont très variables d'un secteur à un autre.

Pré-restauration

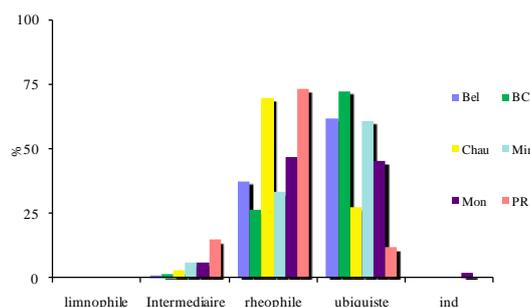


Figure 2.3.7 : Pourcentages d'individus dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 6 RCC avant restauration. Avec BEL : Belley, BC : Brégner-Cordon ; CHAU : Chautagne ; MIR : Miribel ; MON : Montélimar et PR : Péage-de-Roussillon.

Dans tous les secteurs, les pourcentages d'individus des catégories limnophiles et intermédiaires sont très faibles par rapport aux autres catégories. Les taxons de ces deux catégories pourtant relativement nombreux (Figure 2.3.6) sont donc des taxons rares.

Dans les secteurs de Chautagne et de Péage-de-Roussillon 70 et 73% respectivement des individus sont rhéophiles contre seulement 27 et 11% d'ubiquistes. Dans les secteurs de Brégner-Cordon ou de Belley, c'est le contraire avec plus d'individus ubiquistes (72 et 62%

respectivement) que de rhéophiles (26 et 37%). Dans le secteur de Montélimar, le nombre d'individus rhéophiles (50%) est sensiblement identique à celui des ubiquistes (45%).

Ces différences ne sont pas en relation avec des différences de conditions hydrauliques puisque dans les 3 secteurs du Haut-Rhône et dans le secteur de Péage-de-Roussillon la gamme des conditions échantillonnées est sensiblement la même (HFST de 0 à 15) (Figure 2.3.8). Les conditions hydrauliques échantillonnées dans le secteur de Montélimar sont par contre, plus faibles que dans les autres secteurs (HFST toujours inférieurs à 12).

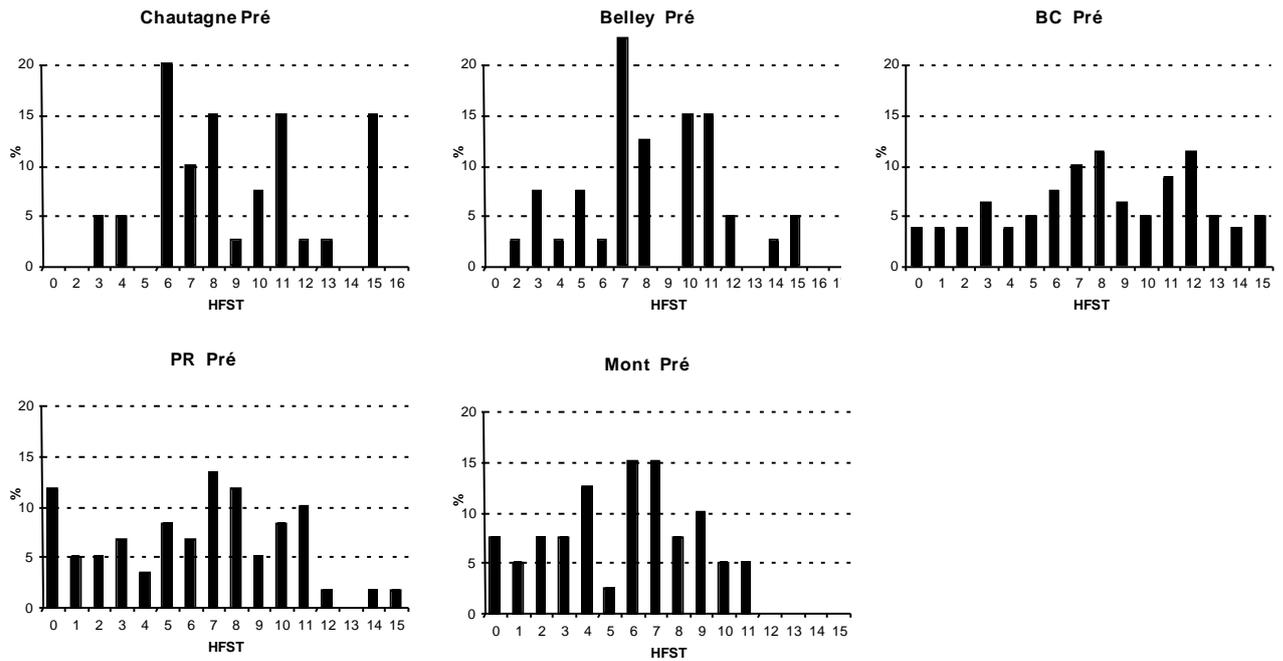


Figure 2.3.8 : Contraintes hydrauliques dans les 6 RCC avant restauration avec HFST : numéro d'hémisphère (cf. Olivier et al. 2004 a & b). Avec BC : Brégnier-Cordon ; PR : Péage-du-Roussillon et MON : Montélimar.

Préférences hydrauliques globales des peuplements avant et après restauration

Les pourcentages de taxons rhéophiles augmentent sensiblement après restauration dans les secteurs de Chautagne et Belley et sont quasiment identiques à ceux de pré-restauration dans le secteur de Brégnier-Cordon (Figure 2.3.9).

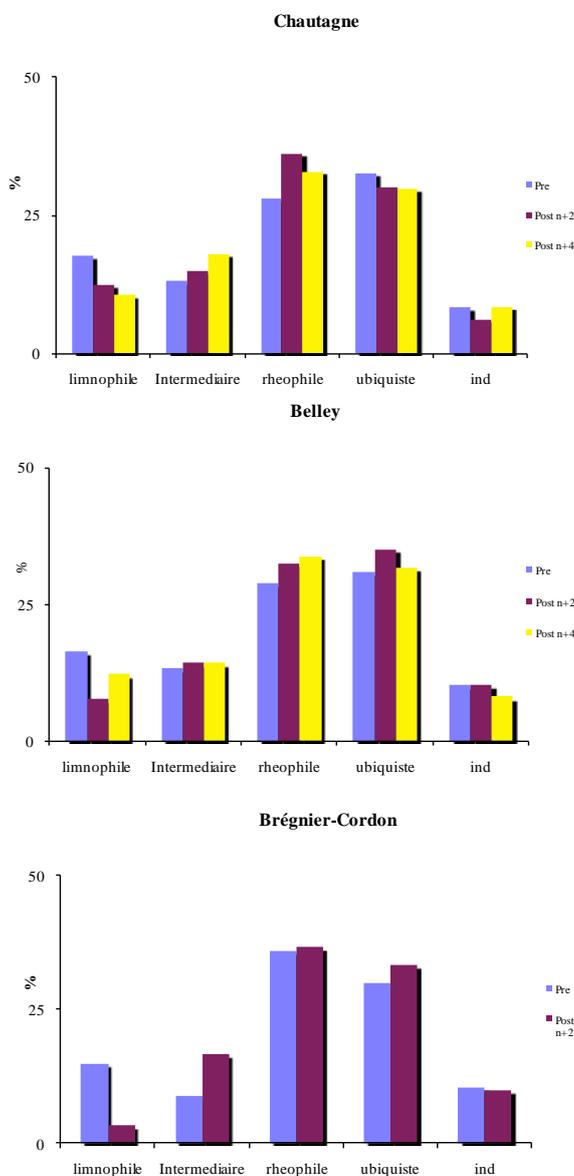


Figure 2.3.9 : Pourcentages de taxons dans les différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 3RCC de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon au cours des campagnes pré- et post-restauration.

Les taxons ubiquistes stagnent autour de 30% dans les 3 secteurs et ne montrent pas de différences nettes entre les campagnes pré- et post-restauration. **Dans les 3 secteurs on observe une diminution des taxons limnophiles** (cf. para 2.3.4.1 et Fig. 2.3.9).

Les pourcentages d'individus rhéophiles augmentent sensiblement dans le secteur de Chautagne et fortement dans les secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon après restauration (Fig. 2.3.10).

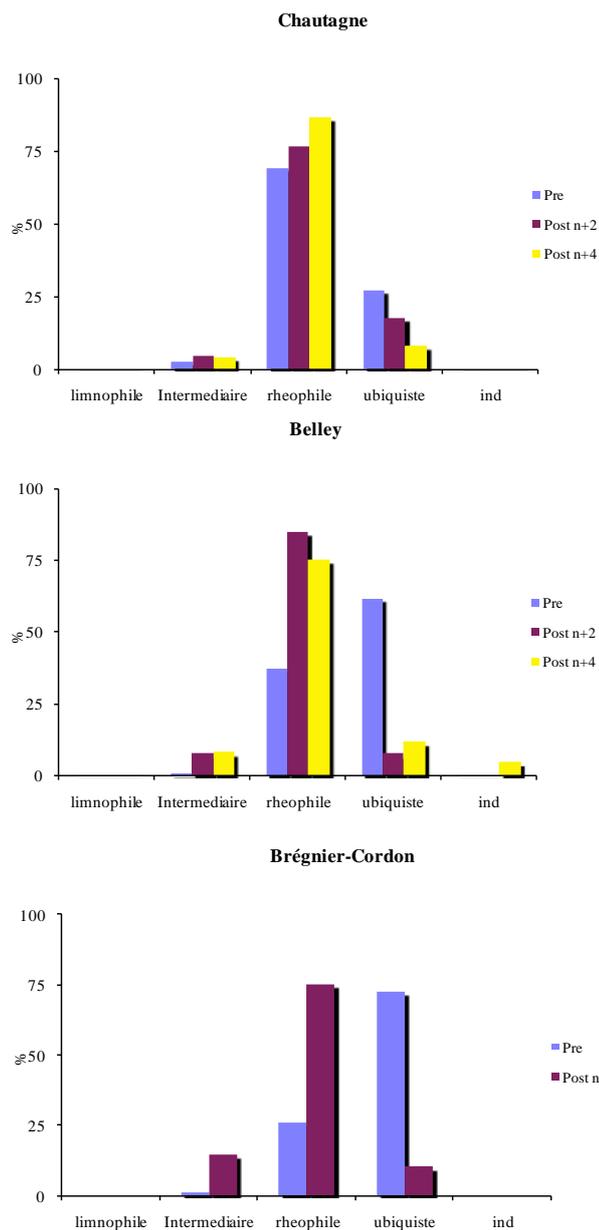


Figure 2.3.10 : Pourcentages d'individus des différentes catégories de préférences hydrauliques dans les 3 RCC de Chautagne, Belley et Brégner-Cordon au cours des campagnes pré- et post-restauration.

A Brégner-Cordon, cette augmentation relative du nombre d'individus très rhéophiles s'explique en partie par la baisse très importante du nombre d'individus de Gammarens (ubiquistes quant aux conditions hydrauliques). A Belley l'augmentation relative du nombre d'individus rhéophiles au cours des campagnes post-restauration repose également sur la chute des effectifs de Gammarens mais aussi sur une très forte augmentation des effectifs de certains taxons comme par exemple *Potamanthus luteus* (densités triplées en n+2 et doublées en n+4), d'Orthoclaadiinae (densités doublées en n+2 et triplées en n+4) ou des *Ancylus fluviatilis* (densités presque doublées en n+4) (Annexe A.3.1, A.3.2 et A.3.3). En Chautagne, la légère augmentation du nombre d'individus rhéophiles repose également sur la chute des effectifs de Gammarens ubiquistes.

→ Les changements observés entre les campagnes pré- et post-restauration reposaient deux ans après restauration sur quelques taxons dont les effectifs avaient brutalement chuté ou

au contraire brutalement augmenté mais reposent sur un plus grand nombre de taxons 4 ans après restauration.

→ Les changements observés pour les rhéophiles entre les campagnes pré- et post-restauration sont plus lisibles en considérant les pourcentages d'individus que les pourcentages de taxons. Les taxons rhéophiles bien implantés dans le chenal sont en effet en général plus abondants. **L'augmentation du nombre d'individus rhéophiles qui devait être interprétée avec prudence en n+2 se confirme donc bien en n+4.**

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

→ De plus, tous ces changements sont à mettre en relation avec **les changements des conditions hydrauliques observés à l'échelle du tronçon** (Olivier et al. 2007) et pas avec notre gamme de conditions hydrauliques locales qui reste sensiblement la même entre les différentes campagnes d'échantillonnage (Figure 2.3.11).

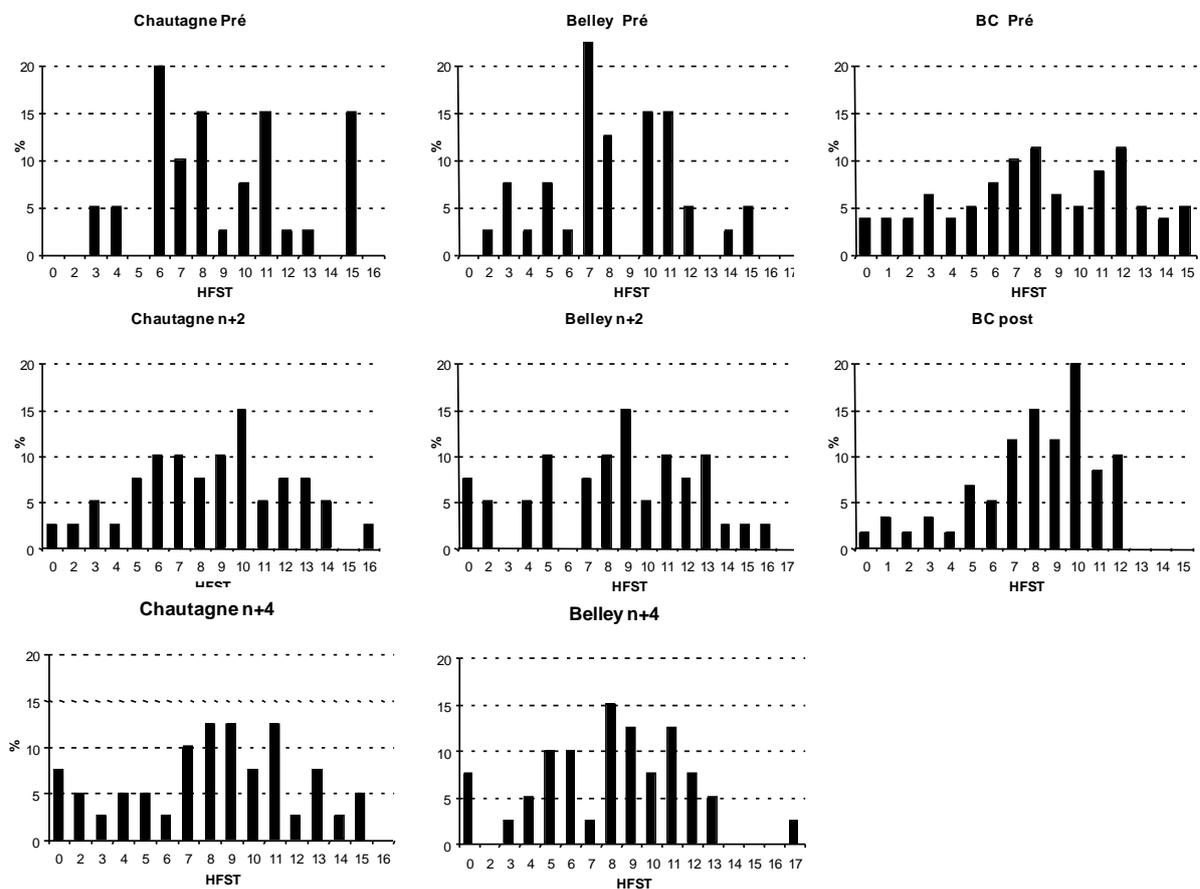


Figure 2.3.11 : Contraintes hydrauliques dans les secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon au cours des campagnes d'échantillonnage pré- et post-restauration. Avec HFST : numéro d'hémisphère (cf. Olivier et al. 2004 a & b).

2.3.4.3 Validations des prédictions de FSTress dans les RCC de Chautagne et Belley

Les résultats montrent qu'il n'existe **pas de corrélation** entre les variations de valeurs d'habitat prédites et les variations des densités observées sur le terrain avant et après restauration dans les deux secteurs de Chautagne et de Belley comme ce qui était observé deux ans après restauration (Olivier et al. 2008).

De plus, les comparaisons des prédictions du modèle FSTress et les observations de terrain montrent que **seuls 26 et 32%** (Chautagne et à Belley respectivement) **des taxons abondants qui présentent des préférences hydrauliques significatives** (cf. Olivier et al. 2007a et Mérigoux et al. 2009) **répondaient dans le même sens que les prédictions deux ans après restauration** (Tableaux 2.3.7 et 2.3.8).

Quatre années après restauration **36% et 48%** (Chautagne et Belley respectivement) de ces taxons **répondent dans le même sens que les prédictions** (variations de densités des observations et des prédictions montrent les mêmes signes, cf. Tableaux 2.3.7 et 2.3.8).

Par exemple, les densités des taxons rhéophiles tels que *Ancylus fluviatilis*, Simuliidae, *Hydropsyche contubernalis* ou Orthocladiinae (Chautagne et Belley) ou *Theodoxus fluviatilis* (Belley) augmentent quatre ans après restauration comme prédit par le modèle (mêmes signes, cf. Tableaux 2.3.7 et 2.3.8). De même, les densités des taxons à préférences hydrauliques intermédiaires (*Asellus aquaticus*, *Caenis* spp., ou *Polycelis nigra-tenuis*) ou limnophiles (*Micronecta* spp.) baissent comme attendu.

Si on ajoute les taxons pour lesquels les densités moyennes des relevés changent dans le sens attendu entre n+2 et n+4 (mais sans avoir atteint ou dépassé les densités pré-restauration) on passe à **71 et 84% des taxons** (Chautagne et Belley). Ainsi, les densités des taxons rhéophiles *Baetis vardarensis*, *Leuctra* spp. ou *Elmis* spp. (dans les deux secteurs) ou *Heptagenia sulphurea* (uniquement à Chautagne) augmentent quatre ans après restauration mais ces densités n'ont pas encore compensé les chutes d'effectifs observées deux ans après restauration (Tableaux 2.3.7 et 2.3.8).

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

Enfin, on peut noter que les tendances observées sont homogènes dans les RCC de Chautagne et Belley puisque 70% des taxons communs aux deux secteurs répondent de manière identique (en accord ou désaccord avec les prédictions) aux augmentations de débits (Annexe A.3.7).

Tableau 2.3.7. Prédications et observations dans le secteur de **Chautagne** des densités des taxons présentant des préférences hydrauliques marquées (Olivier et al. 2007 et Méricoux et al 2009). Avec ad : adultes; Abond et Occ: abondances et occurrences observées dans l'ensemble des campagnes ; Densités : densités moyennes des relevés pré- et post-restauration n+2 et n+4 ; ΔHV : variations des valeurs d'habitat prédites par FSTress pour les débits réservés d'hiver pré et post-restauration (10 et 20 m³) ; Δobs : variations des densités moyennes des relevés (N.indiv/dm² transformées en ln abondance +1) des campagnes pré et post-restauration n+2 et n+4. En **jaune** : taxons dont les Δobs montrent les tendances attendues ; **en bleu** : les taxons dont les densités montrent les tendances attendues en n+4 par rapport aux densités n+2 et en **viole** : les taxons dont les densités continuent à montrer les tendances contradictoires aux prédictions du modèle FSTress.

Taxons	Abond	Occ	Densités			R2tax	DHV	Dobs n+2	Dobs n+4
			Pré	Post n+2	Post n+4				
<i>Ancyclus fluviatilis</i>	2946	85	0,87	0,18	1,65	0,42	0,26	-0,69	0,78
<i>Asellus aquaticus</i>	31	16	0,10	0,01	0,01	0,10	-0,02	-0,09	-0,09
Asellidae	35	120	0,10	0,01	0,02	0,20	-0,02	-0,09	-0,08
<i>Baetis</i> spp.	14538	120	3,43	1,70	2,70	0,20	0,39	-1,73	-0,72
<i>Baetis vardarensis</i>	1286	74	1,34	0,27	0,45	0,51	0,43	-1,07	-0,89
<i>Caenis luctuosa</i>	692	71	0,84	0,58	0,07	0,42	-0,17	-0,26	-0,76
<i>Caenis</i> spp.	2298	120	1,26	1,05	0,54	0,18	-0,10	-0,21	-0,73
Chironomini	2035	68	1,20	0,14	0,88	0,38	-0,21	-1,06	-0,32
<i>Dreissena polymorpha</i>	540	73	0,63	0,50	0,28	0,25	0,18	-0,14	-0,36
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	38	19	0,12	0,01	0,00	0,13	0,02	-0,11	-0,12
<i>Dugesia tigrina</i>	1440	53	1,21	0,10	0,19	0,15	0,20	-1,11	-1,03
<i>Elmis</i> spp.	38	22	0,08	0,02	0,06	0,49	0,02	-0,06	-0,02
<i>Esolus</i> spp.	535	81	0,88	0,27	0,23	0,32	0,17	-0,61	-0,65
<i>Heptagenia sulphurea</i>	3030	120	1,90	0,64	0,89	0,24	0,39	-1,25	-1,00
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	3382	93	1,31	1,13	1,62	0,36	0,25	-0,18	0,30
<i>Hydropsyche exocellata</i>	2049	97	1,52	0,90	0,58	0,24	0,27	-0,62	-0,95
<i>Hydropsyche incognita</i>	414	76	0,53	0,35	0,36	0,21	0,11	-0,18	-0,16
<i>Hydropsyche modesta</i>	143	29	0,34	0,09	0,00	0,15	0,05	-0,25	-0,34
<i>Hydropsyche siltalai</i>	541	32	0,63	0,03	0,03	0,32	0,20	-0,61	-0,60
<i>Hydropsyche</i> spp.	24992	120	3,67	2,21	2,65	0,21	0,56	-1,46	-1,03
<i>Hydroptila</i> spp.	1156	86	0,49	0,62	1,07	0,13	-0,05	0,13	0,58
<i>Leuctra</i> spp.	207	120	0,37	0,08	0,17	0,41	0,11	-0,29	-0,20
<i>Limnius</i> spp.	45	16	0,15	0,00	0,00	0,19	0,04	-0,15	-0,15
Orthoclaadiinae	99078	119	4,55	4,07	5,50	0,10	0,25	-0,48	0,95
<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	74	21	0,20	0,02	0,01	0,14	-0,05	-0,19	-0,19
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	101	13	0,22	0,00	0,01	0,30	-0,06	-0,21	-0,21
Polycentropodidae	193	120	0,36	0,00	0,01	0,43	-0,10	-0,35	-0,35
<i>Potamanthus luteus</i>	7914	104	2,35	1,73	1,00	0,10	0,36	-0,62	-1,34
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	549	74	0,21	0,30	0,80	0,14	-0,02	0,09	0,59
<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	858	80	1,32	0,12	0,36	0,30	0,30	-1,20	-0,95
Simuliidae	5980	97	1,68	1,01	1,45	0,48	0,51	-0,67	-0,23

Tableau 2.3.8. Prédications et observations dans le secteur de **Belley** des densités des taxons présentant des préférences hydrauliques marquées (Olivier et al. 2007 et Méricoux et al 2009). Avec ad : adultes; Abond et Occ: abondances et occurrences observées dans l'ensemble des campagnes ; Densités : densités moyennes des relevés pré- et post-restauration n+2 et n+4 ; Δ HV : variations des valeurs d'habitat prédites par FSTress pour les débits réservés d'hiver pré et post-restauration (25 et 65 m³) ; Δ obs : variations des densités moyenne des relevés (N.indiv/dm² transformées en ln abondance +1) des campagnes pré et post-restauration n+2 et n+4. En **jaune** : taxons dont les Δ obs montrent les tendances attendues ; **en bleu** : les taxons dont les densités montrent les tendances attendues en n+4 par rapport aux densités n+2 (bleu foncé si pas très clair) et en **violet** : les taxons dont les densités continuent à montrer les tendances contradictoires aux prédictions du modèle FSTress.

Taxons	Abond	Occ	Densités			R2tax	DHV	Dobs n+2	Dobs n+4
			Pré	Post n+2	Post n+4				
<i>Ancylus fluviatilis</i>	916	52	0,34	0,09	0,76	0,42	0,09	-0,25	0,43
<i>Asellus aquaticus</i>	177	20	0,28	0,04	0,00	0,10	-0,03	-0,24	-0,28
<i>Baetis rhodani</i>	69	35	0,09	0,07	0,11	0,18	0,02	-0,03	0,02
<i>Baetis</i> spp.	4615	111	2,55	1,59	2,04	0,20	0,24	-0,96	-0,51
<i>Baetis vardarensis</i>	169	31	0,38	0,01	0,09	0,51	0,11	-0,37	-0,29
<i>Caenis luctuosa</i>	80	40	0,10	0,10	0,12	0,42	-0,01	0,00	0,02
<i>Caenis</i> spp.	68	34	0,29	0,22	0,18	0,18	-0,02	-0,07	-0,11
Chironomini	1534	68	0,19	1,10	0,39	0,38	-0,02	0,91	0,20
<i>Dreissena polymorpha</i>	115	34	0,31	0,03	0,05	0,25	0,08	-0,28	-0,27
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	97	31	0,31	0,00	0,02	0,13	0,05	-0,31	-0,29
<i>Dugesia tigrina</i>	4726	91	1,52	0,25	1,74	0,15	0,22	-1,27	0,21
<i>Elmis</i> spp.	86	48	0,24	0,00	0,10	0,49	0,07	-0,24	-0,14
<i>Esolus</i> spp.	2130	97	1,91	0,55	0,73	0,32	0,32	-1,35	-1,18
<i>Esolus</i> spp.a	99	29	0,27	0,05	0,01	0,25	0,06	-0,21	-0,26
<i>Heptagenia sulphurea</i>	803	93	0,68	0,87	1,37	0,24	0,12	0,19	0,69
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	622	94	0,39	0,64	0,47	0,36	0,07	0,25	0,08
<i>Hydropsyche exocellata</i>	161	52	0,40	0,04	0,12	0,24	0,06	-0,36	-0,28
<i>Hydropsyche modesta</i>	48	20	0,18	0,00	0,00	0,15	0,03	-0,18	-0,18
<i>Hydropsyche siltalai</i>	576	29	0,06	0,05	0,46	0,32	0,02	-0,01	0,41
<i>Hydropsyche</i> spp.	1945	90	1,23	1,15	1,28	0,21	0,17	-0,07	0,05
<i>Hydroptila</i> spp.	1942	81	0,64	0,19	1,66	0,13	-0,04	-0,45	1,02
<i>Leuctra</i> spp.	294	48	0,50	0,13	0,14	0,41	0,13	-0,37	-0,36
<i>Limnius</i> spp.	109	41	0,36	0,02	0,03	0,19	0,08	-0,34	-0,33
<i>Micronecta</i> spp.	39	15	0,08	0,00	0,06	0,49	-0,02	-0,07	-0,02
Orthoclaadiinae	141717	120	4,58	5,15	5,63	0,10	0,21	0,58	1,06
<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	39	22	0,15	0,00	0,01	0,14	-0,02	-0,15	-0,14
<i>Potamanthus luteus</i>	6283	119	1,54	2,33	2,24	0,10	0,22	0,79	0,70
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2138	68	0,04	0,34	1,39	0,14	0,00	0,30	1,36
<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	328	58	0,67	0,11	0,09	0,30	0,13	-0,56	-0,58
Simuliidae	3290	93	0,90	0,81	1,28	0,48	0,25	-0,09	0,38
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	201	51	0,06	0,14	0,34	0,42	0,02	0,08	0,28

2.3.5 Conclusions et perspectives

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

La comparaison des observations de terrain quatre années après restauration et les prédictions du modèle FSTress vont dans le même sens pour **36%** et **48%** (Chautagne et Belley respectivement) des taxons abondants et pour lesquels des modèles de préférences hydrauliques pertinents existent. Ces pourcentages sont meilleurs quatre ans après restauration que deux ans après et on atteint **71** et **84% des taxons** (Chautagne et Belley) si on ajoute les taxons pour lesquels les densités moyennes des relevés changent dans le sens attendu en n+4 par rapport à n+2.

Cependant, l'absence de corrélations claires entre les observations et les prédictions avant et après restauration ne **nous permet pas de valider les prédictions du modèle FSTress**.

Plusieurs paramètres indépendants de la restauration viennent troubler ces résultats et pourraient expliquer pourquoi les données récoltées quatre années après restauration ne suffisent pas encore pour valider nos prédictions.

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

De plus, l'implantation d'espèces exogènes invasives telles que *Dikerogammarus villosus* pendant les travaux de restauration du Haut-Rhône (cf. détails dans Olivier et al. 2007) suivie, en 2006 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 soulève de réels problèmes. Il est en effet **difficile de séparer la part relative des effets de ces espèces sur les invertébrés en place de celle des opérations de restauration**. Cette connaissance s'avère pourtant indispensable pour pouvoir quantifier précisément les effets des augmentations de débits sur les peuplements d'invertébrés du Haut-Rhône.

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

terme et il n'est pas étonnant que les résultats des premières campagnes post-restauration ne soient pas immédiatement conformes aux attendus.

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



Potamanthus luteus

2.4 Sédimentation dans les lônes

2.4.1 Objectifs et méthodologie

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

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

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

* Mesure de l'épaisseur de la sédimentation fine et de la hauteur d'eau. La sédimentation a été observée à partir d'un réseau de points d'observation (mesure par carottage de l'épaisseur du dépôt de limon dans la zone en eau), distribués le long de l'axe de chacune des lônes (1 point tous les 10m de linéaire, soit entre 19 et 291 points par lône). Ces mesures permettent de calculer la durée de vie de la lône au fur et à mesure de son vieillissement. Un protocole « extensif » (un point tous les 30 m.) a été mis en place sur la lône de Malaubert, étant donné l'étendue du linéaire prospecté (3 860 m.). D'autre part des secteurs exondés au moment des mesures ont été sondés à la tarière pédologique sur ROU, MALU, REPU (état initial de Montélimar et de Donzère-Mondragon).

* Mesure de la distribution granulométrique. Cinq prélèvements équi-répartis longitudinalement sont réalisés dans l'axe de la lône à la benne d'Eckmann afin de mesurer la taille médiane des sédiments de surface et leur variabilité locale (écart inter-quartile standardisé). Pour les lônes atterries, 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.

Le présent rapport qui clôt la convention 2007-2009 aborde les points suivants :

- une synthèse des données acquises depuis 2003,
- les résultats de la campagne de 2009 présentés de manière comparative avec ceux des campagnes antérieures,
- les perspectives 2010-2013.

2.4.2 Synthèse des données acquises depuis le début du projet

Les tableaux 2.4.1, 2.4.2 et 2.4.3 résument l'ensemble des données collectées depuis le début du projet, qu'elles soient relatives au suivi de la hauteur d'eau et de l'épaisseur sédimentaire (Tab. 2.4.1), ou aux suivis granulométrique (Tab. 2.4.2) et piézométrique (Tab. 2.4.3)

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

* Réhabilitées en 2004

Tableau 2.4.1 : Liste des lônes et dates des campagnes de relevés.

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

** Protocole d'analyse granulométrique différent (événementiel)

*** Réhabilitées en 2004

Tableau 2.4.2 : Synthèse des analyses granulométriques effectuées sur les lônes du Rhône concernées par le suivi scientifique. Pour l'année 2006, les relevés du Haut-Rhône ont été réalisés en février sur Chautagne et Belley.

	abrév.	E. Castella	Observations	date de début	Date de fin/per. d'enregistrement
Chautagne					
Malourdie	MAL			15/11/2004	16/01/2010-per.
Brotalet	BRO			15/11/2004	16/01/2010-per.
Belley					
Luisettes	LUI	X		25/01/2006	16/01/2010-per.
Moiroud	MOI	X		25/01/2006	16/01/2010-per.
Fournier	FOU	X		18/11/2005	16/01/2010-per.
Béard	BEA	X		27/09/2005	16/01/2010-per.
Chantemerle	CHA	XX		24/10/2006	27/03/07-arrêté
Brégnier-Cordon					
Granges	GRA		Plaf. 5m	24/10/2006	16/01/2010-per.
Vachon	VAC	X		∅	∅
Mollotes	MOL	X	Plaf. 5m	27/10/2007	23/07/2009-relancé le 01/03/2010
Ponton	PLA	X		02/03/2007	22/12/2009-relancé le 08/04/2010
Donzère-Mondragon					
Bayard	BAYA			∅	Attente autorisation CNR
Malaubert	MALU			25/01/2010	
Grange écrasée	GREC			∅	Attente autorisation CNR
Joncs	JONC			25/01/2010	
République	REPU			∅	Attente autorisation CNR

Tableau 2.4.3 : Synthèse des enregistrements piézométriques acquis sur les lômes du Haut-Rhône et état d'avancement de l'installation des sondes sur les lômes de Donzère-Mondragon. NB : le secteur du Péage-de-Roussillon sera également équipé d'ici l'été 2010.

2.4.3 Rappel des conclusions et des perspectives du rapport 2008

Alors qu'ils ont été définis il y a presque 15 ans, ces travaux commencent tout juste à porter leur fruit. Les suivis ont en effet démarré à différents moments sur les différents RCC, rendant compliquée toute comparaison inter-site. Si l'on dispose ainsi d'un recul de 10 ans sur Pierre-Bénite et que l'on peut alors comparer l'évolution des 3 lômes restaurées (voir à ce titre la publication d'Amoros et al. 2005), le recul est beaucoup plus court sur Brégnier-Cordon et Belley, ce qui fait que les comparaisons ne deviennent possibles que maintenant et que les évolutions elles-mêmes en termes de granulométrie et de sédimentation sont encore difficiles à cerner. Par ailleurs ce sont sur les lômes sur lesquelles les suivis sont les plus longs que nous ne disposons malheureusement pas d'états avant travaux (Pierre Bénite, Chautagne). Les suivis sédimentaires structurés pour répondre aux questions formulées ici n'ont en fait réellement commencé qu'en 2003.

A la suite de la campagne de 2009, on dispose maintenant d'un ensemble de lômes restaurées avec plusieurs états permettant cette fois de voir émerger la variabilité des patrons granulométriques et sédimentaires comme le soulignaient les premiers résultats acquis sur Pierre Bénite. L'installation de piézomètres et les campagnes engagées sur les lômes non restaurées du Rhône moyen permettront également de disposer dès 2010 de données pour effectuer une bonne comparaison des lômes sur le continuum rhodanien avant restauration.

On a vu aussi que la durée de vie de certaines lômes commence à pouvoir être calculée. C'est le cas de Malourdie, Brotalet, Table Ronde, Jaricot. Les relevés 2009 doivent ainsi

permettre d'avoir des modèles plus robustes et de valider notamment celui de Malourdie qui est le mieux ajusté. Il sera sans doute également possible de pouvoir mieux tenir compte de la chronique des crues, l'intensité de celles-ci influençant significativement la sédimentation annuelle observée (travaux réalisés sur la Table Ronde en partenariat avec J. Lecoq), ce qui bruite les résultats provenant d'un suivi interannuel simplifié.

Enfin, les conditions hydrauliques et hydrologiques ne sont toujours pas cohérentes avec les patrons granulométriques. C'est ainsi que BEA ou MAL, qui sont rarement inondées mais disposent de forces tractrices élevées une fois connectées, ont une sédimentation beaucoup plus fine que celle que l'on pourrait prévoir. Il y a donc beaucoup à attendre de la réponse sédimentaire à des crues un peu plus prononcées que celles que l'on a déjà connues pour mieux se rendre compte de l'effet des décapages. Ceci devrait permettre aux lônes rarement inondées d'ajuster alors leur patron granulométrique à leur condition hydraulique.

2.4.4 Résultats de la campagne de l'automne 2009

Au cours de l'automne 2009, dix-huit lônes restaurées ont été échantillonnées sur les vieux Rhône de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre Bénite. Par ailleurs, l'état avant-restauration a été observé sur plusieurs lônes du Rhône moyen, une localisée sur le secteur de Péage-de-Roussillon, une autre sur celui de Montélimar, et huit encore sur le secteur de Donzère-Mondragon. Les analyses granulométriques en laboratoire ont toutes été effectuées et les piézomètres ont été déchargés. Nous sommes en train de déployer de nouveaux capteurs sur le Rhône moyen ; des autorisations étaient à demander à la CNR dans certains cas et les demandes sont en cours d'instruction.

A ce stade et compte-tenu des données disponibles, deux principales analyses ont été privilégiées :

- analyse comparée de l'état initial des lônes du Haut-Rhône et du Rhône moyen
- analyse de la sédimentologie des systèmes réhabilités du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite.

Les hauteurs d'eau dans les lônes sont également présentées et leur analyse est discutée.

2.4.4.1 Analyse comparée de l'état initial des lônes du Haut-Rhône et du Rhône moyen

Dans les secteurs de Péage-de-Roussillon, de Montélimar et de Donzère-Mondragon, les profils longitudinaux rendent compte de la configuration micro-topographique des lônes et de l'épaisseur sédimentaire enregistrée avant les opérations de restauration (annexe 4.4.1). Les résultats acquis cette année sur ces lônes peuvent être ainsi comparés avec ceux acquis sur les lônes de Péage-de-Roussillon en 2007 et d'autres plus anciens acquis en 2004 et 2005 sur les lônes du Haut-Rhône (Figure 4.4.1).

- Epaisseur sédimentaire

Les lônes non réhabilitées du Rhône moyen et du Bas-Rhône montrent une tendance à l'alluvionnement sensiblement plus importante que les lônes du Haut-Rhône (plus graveleuses) dans leur état initial. Pour autant, certains systèmes de Donzère-Mondragon (GREC, déconnecté amont-aval ; CARR, connecté amont avec le Rhône et à l'aval avec l'Ardèche) présentent un fonctionnement morfo-sédimentaire proche des bras secondaires

actifs ou perchés (cf. annexe 2.4.3) du Haut-Rhône (FOU, LUC, YEN, GRA, VAC, CER, MAT).

Ces résultats préliminaires seront mieux interprétés cet automne lorsque l'on aura daté la déconnexion des bras afin de transformer ces valeurs brutes en taux annuel. La forte sédimentation des bras du Rhône moyen peut très bien s'expliquer par le fait qu'ils sont plus anciens que les autres. Cette analyse complémentaire va être engagée suite au recalage des photographies aériennes anciennes (en cours de commande) complétant les couches cartographiques de 1857 et 1933.

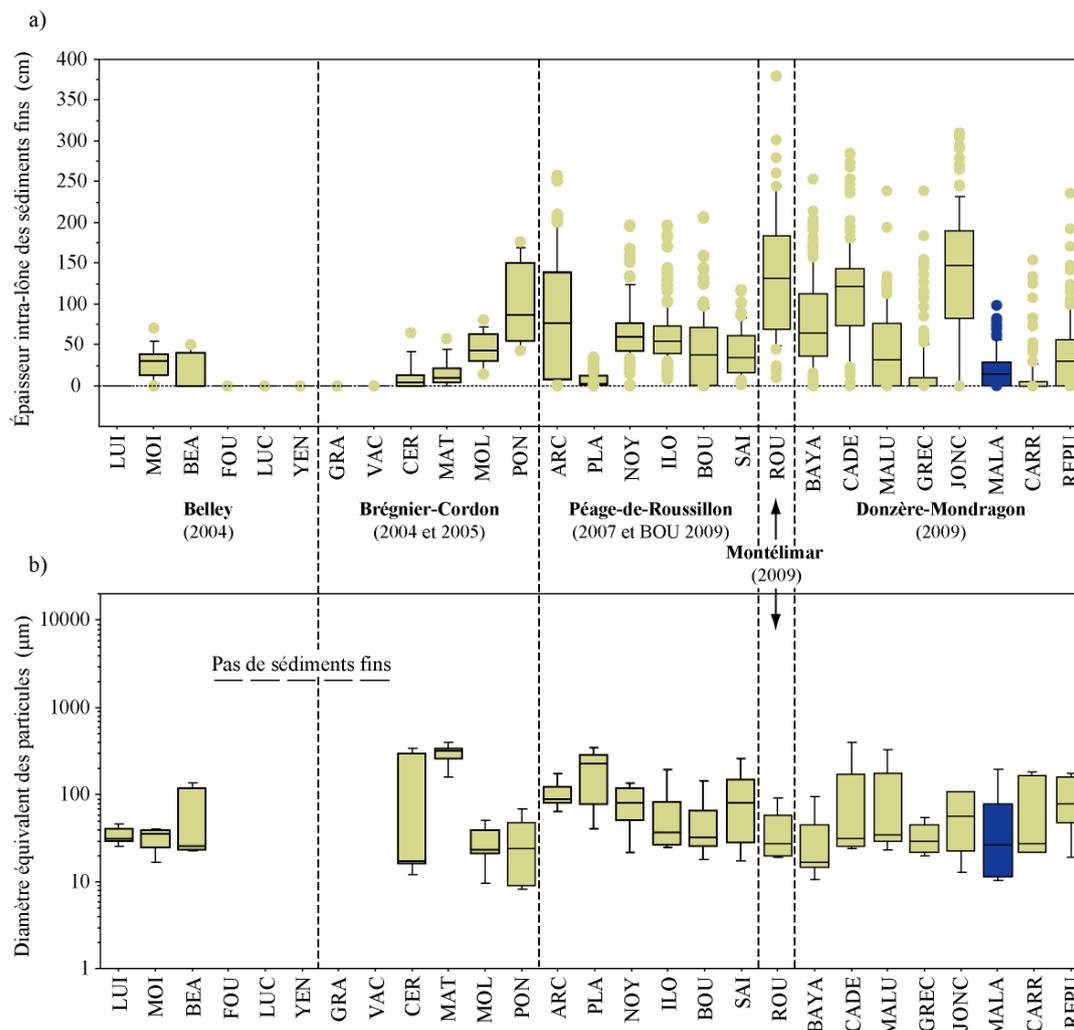


Figure 2.4.1 : Analyse synchronique de l'évolution de l'épaisseur sédimentaire (a) et du D50 moyen (b) des lônes non réhabilitées sur le continuum rhodanien. (La lône de Malatras donne un aperçu de la réponse d'un système restauré sur le Rhône moyen – taux de sédimentation = 5,1 cm/an). En ce qui concerne l'épaisseur sédimentaire, le nombre d'échantillons considéré pour chaque lône non-réhabilitée est indiqué sur les graphiques de l'annexe 4.4.1. Les données granulométriques reposent sur une base de cinq échantillons par lône).

- Granulométrie médiane

Le Haut-Rhône présente une grande diversité de lônes comparativement au Rhône moyen. Les lônes peuvent avoir une granulométrie limoneuse assez homogène rendant compte de processus de décantation, sans doute par connexions aval, mais aussi des lônes à galets

fonctionnant avant restauration comme des bras secondaires temporaires, et entre les deux, des lônes à sédimentation sableuse présentant une variabilité longitudinale importante. Le secteur de Donzère abrite des lônes dont la granulométrie est finalement assez comparable, ce qui distingue ce secteur très nettement de celui du Haut-Rhône. Les lônes sont ainsi sableuses et présentent une grande variabilité granulométrique d'une station à l'autre. Sur Péage, la situation est un peu semblable même s'il existe clairement un gradient granulométrique inter-lône soulignant que les conditions hydrauliques locales doivent ainsi être plus contrastées.

2.4.4.2 Analyse des valeurs et des tendances au comblement sédimentaire des systèmes réhabilités du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite

La réalisation des profils longitudinaux sur les bras restaurés du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite permet de rendre compte de l'état et de la répartition spatiale de la sédimentation fine, ainsi que des fonds graveleux à $T+x$ (cf. Tab. 2.4.1). Ces résultats bruts sont présentés en annexe A.4.4.1.

Les valeurs d'épaisseur sédimentaire intra-lônes, enregistrées depuis le début des campagnes de relevés, sont présentées en annexe A.4.4.3. Le suivi des lames d'eau mesurées est exposé en annexe A.4.4.4 et le tableau 2.4.5 résume les débits moyens journaliers observés par la CNR au cours des différentes mesures. En annexe A.4.4.5, l'évolution des taux de sédimentation intra-lônes calculés pour les lônes du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite est présentée.

Rythmes interannuels de sédimentation

- Intensité de la sédimentation mesurée en 2009

La sédimentation enregistrée peut être importante avec des valeurs allant de 2,9 à 4,5 cm/an (BRO à T+5, LUI et MOI à T+4, CER à T+3 et TAB à T+10), voire très importante (MAL à T+5, MOL et PON à T+3) avec des intensités s'échelonnant de 9,6 à 19,8 cm/an. Un groupe pour lesquelles le rythme de sédimentation peut être qualifié d'intermédiaire rassemble les lônes de BEA à T+4, GRA à T+3 et JAR à T+10 (de 1,3 à 2 cm/an). Les bras fonctionnant comme des chenaux secondaires actifs présentent des valeurs inférieures à 1 cm/an (FOU, LUC et YEN à T+4, VAC et MAT à T+3, puis CIS à T+10). A titre informatif, MALA la seule lône restaurée de Donzère-Mondragon sédimente à un rythme de 5,1 cm/an à T+4.

- Variation interannuelle

L'analyse des taux annuels moyens de sédimentation souligne différentes tendances morphosédimentaires enregistrées par les chenaux réhabilités (Tab. 2.4.4 et annexe 2.4.5). Les systèmes enregistrant des valeurs de sédimentation exceptionnelles à la suite immédiate des travaux possèdent actuellement des valeurs toujours élevées (MOL, PON et MAL). L'ajustement le plus significatif s'observe sur les lônes du secteur de Chautagne, où les valeurs de sédimentation se sont réduites d'un facteur cinq au cours des cinq années de suivi post-restauration. Pour les lônes disposant d'un état initial, les taux observés après les travaux sont tous plus élevés que les valeurs enregistrées à $T-x$, à l'exception des bras vifs (YEN, FOU, LUC, MAT, VAC).

Trois types de réponses fonctionnelles ont ainsi été mis en évidence sur les lônes du Haut-Rhône et de Pierre Bénite :

1) Absence de sédimentation significative confirmée par les relevés de 2009 (FOU, LUC, YEN, MAT, VAC). Ce type correspond aux bras présentant fréquemment ou continuellement

des écoulements vifs qui assurent l'auto-entretien du chenal. Cette dynamique leur assure une bonne longévité et des conditions d'habitat bien spécifique. FOU, YEN et VAC ne présentent aucune trace de sédiments fins, mises à part quelques plaques à proximité des berges. Pour LUC, ces tâches de sédimentation fine sont situées sur l'axe médian du bras. Une seule zone de sédimentation est présente sur MAT et se situe au droit d'une berge ayant récemment fait l'objet d'une intervention en génie végétal.

2) Forte propension à l'accumulation de matériaux fins (MAL, MOL, PON). Cette configuration est la résultante d'un écoulement lent, de la présence d'un bouchon alluvial amont et d'une alimentation par reflux depuis l'aval. Ces lônes fonctionnent comme des bassins de décantation. La durée de vie de ces systèmes est directement dépendante du rythme d'accrétion des matières fines. Néanmoins des fluctuations sont perceptibles au sein de MAL et laissent présager des phases de décapages ponctuelles, sans pour autant mettre à nu le substrat grossier. Le recul que nous possédons pour MOL et PON ne permet pas de déceler de variations significatives. L'ensablement de MAL et de TAB à leur extrémité aval se renforce. La mise en place du bouchon devrait permettre une diminution sensible des entrées de MES. Pour MOL l'épaisseur sédimentaire mesurée dépasse désormais les valeurs relevées lors de l'état initial.

Taux annuels moyens de sédimentation (cm/an)						
Chautagne	2003	2004 (T)	Fév. 2006	Oct. 2006	2007	2009
MAL	∅	44,9	13,2	15,1	11	9,6
BRO	∅	23,2	4,5	5,2	6,9	4,5
Belley	2003	2004 (T-1)	Fév. 2006	Oct. 2006	2007	2009
LUI	∅	0	12,6	7,8	3,6	3
MOI	∅	1,2	7,5	11	4,1	3,1
FOU	∅	0	1,1	0,3	0	0
BEA	∅	0,7	2,3	5,3	1,3	2
LUC	∅	0	0,5	2,6	0,3	0,1
YEN	∅	0	1,4	0	0	0
CHA*	∅	3,6	∅	2,1	2,2	1,9
Brégnier-Cordon	2003	2004 (T-2)	Fév. 2006	Oct. 2006	2007	2009
GRA	∅	0	∅	2,5	1	1,6
VAC	∅	0	∅	0	0	0
CER	∅	0,3	∅	7,6	4,7	3,9
MAT	∅	0,6	∅	2,7	∅	0,1
MOL	∅	2,05	∅	28,45	28	19,8
PON	∅	3,3	∅	31,7	26,7	17,7
Pierre-Bénite	2003	2004 (T+5)	2006		2007	2009
CIS	0,2	2,1	∅		1,4	0,9
JAR	4,2	∅	∅		2,3	1,3
TAB	8,3	∅	7,3		3,6	2,9

* Réhabilitée en 1993 - données calculées sur cette base.

Tableau 2.4.4 : Taux annuels moyens de sédimentation des lônes réhabilitées (Les valeurs initiales sont calculées en tenant compte du nombre d'années séparant la date de déconnexion du bras de l'année du relevé à T-x ; elles se basent sur l'année de réhabilitation pour T+x. Le nombre d'échantillons considéré pour le calcul est indiqué sur les graphiques de l'annexe A.4.4.5 pour chaque lône et chaque campagne).

3) Stabilité associée à des fluctuations internes d'amplitudes variées (BRO, LUI, MOI, BEA, CHA, GRA, CER, CIS, JAR). Ce cas de figure est tout à fait intéressant et souligne que des

phénomènes de décapage ou de tassement sont enregistrés. Considérer seulement la hauteur d'eau n'est pas suffisant pour modéliser convenablement la durée de vie de ces systèmes et il va maintenant falloir intégrer les événements de crue. La similarité des trajectoires suivies par les différents systèmes de ce groupe traduit des réponses communes dans la temporalité des processus décapage/accrétion. Trois phases principales se dégagent, toutes se caractérisant par des événements de crue notables, à l'exception de l'année 2009 :

- de février à octobre 2006, la sédimentation domine, exception faite des lônes GRA et CER en cours de réhabilitation, puis LUI.
- d'octobre 2006 à octobre 2007, la tendance générale indique une phase où les processus de décapage sont dominants.
- d'octobre 2007 à juillet 2009, on observe un retour à une phase où la sédimentation domine.
- après une phase d'exhaussement généralisée sur les lônes du vieux-Rhône de Pierre-Bénite (CIS, 2003-2004 ; JAR, 2003-2007 ; TAB, 2003-2006), les lônes du tronçon court-circuité présente une tendance au décapage sur la période 2007-2009, alors que les bras morts du Haut-Rhône sédimentent. Ce constat qui était théoriquement prévisible pour CIS et JAR s'observe aussi dans le cas de TAB, ce qui pose question. En l'état actuel de nos connaissances, ce bassin de décantation qui ne présente que peu d'écoulements ne devrait pas enregistrer un tel phénomène.

Afin de préciser les trajectoires et les fluctuations interannuelles mises en évidence ci-avant, nous avons analysé l'évolution temporelle de la superficie du chenal enregistrant une sédimentation fine sur les linéaires prospectés des lônes réhabilitées du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite, pour les années où le nombre de mesures le permettait (Figure 2.4.2).

Le pourcentage de surface graveleuse mesuré est avant tout lié aux différences inter-lônes en termes de connectivité hydrologique latérale. A l'exception de LUC, CER et CIS, les lônes concernées sont déconnectées à l'amont (BRO, LUI, MOI, BEA et JAR). Plusieurs cas singuliers sont ainsi observés. LUI se distingue par le fait qu'il s'agit du système déconnecté amont qui enregistre le plus d'évènements débordants (*cf.* rapport 2008) et qu'il possède de multiples chenaux de connexion avec le RCC. Cette forte connectivité explique que la lône enregistre une tendance au décapage entre février 2006 et octobre 2006 alors que les autres non. Malgré son faciès de type bras secondaire actif, LUC a été intégrée à ce groupe étant donnée la forte similitude de sa réponse avec celles des autres systèmes. Cette dernière est alimentée en amont via deux buses de 100 cm de diamètre et possède un passage à gué bétonné submersible et busé en fond de lône. Ces aménagements font obstacle à l'écoulement et expliquent que l'on retrouve cette similarité avec les autres systèmes. Pour autant la sédimentation reste un phénomène marginal. L'amplitude observée sur BEA est le fait de processus de décapage/accrétion agissant majoritairement sur la partie aval de la lône, du fait de la présence d'un chenal permettant une connexion avec le RCC en crue pour des événements fréquents. Malgré sa connexion amont quasi-permanente, CER présente une tendance à la sédimentation inattendue. Elle se réalise principalement aux environs du point 230 (annexe A.4.4.1) qui correspond à une mouille située au droit de la confluence avec la Bièvre. Le point 560 explique également une part non négligeable de la sédimentation et semble correspondre à un chenal de connexion en rive gauche de la lône. Sur Pierre-Bénite, CIS et JAR présentent une forte similarité en termes de surface affectée par le décapage.

Evolution temporelle de la variabilité longitudinale de l'épaisseur sédimentaire

L'analyse précédente a été complétée par des analyses graphiques mettant en relation la part relative du linéaire de chaque lône et la fréquence cumulée de l'épaisseur sédimentaire observée sur chaque point de mesure. Ces résultats sont présentés en annexe A.4.4.2 et concernent les années où le nombre de points permettait une telle comparaison. Les données de 2006 correspondent au mois de février pour les lônes de Chautagne et Belley et au mois d'octobre pour le secteur de Brégnier-Cordon. Dans l'ensemble elles confirment et précisent l'étendue spatiale des zones décapées et des zones de sédimentation préférentielle. La structure en palier typique des bras secondaires courants révèle bien la répartition spatiale des taches de sédimentation et leur contribution dominante à la sédimentation observée (FOU, LUC, YEN, VAC, MAT). Ces résultats mettent également en évidence l'uniformité de la sédimentation sur les lônes fonctionnant comme des décanteurs (MAL, MOL, PON). En ce qui concerne le cas particulier de TAB, la sédimentation s'effectue toujours en grande majorité sur l'aval. Le fond du lit de la section amont de la lône est constitué de blocs de pierres entre lesquels d'importants dépôts de sédiments fins se réalisent. Certains opérateurs ont sondé les fissures et d'autres les surfaces rocheuses. Nous devons à présent revenir sur ces données pour mieux comprendre le biais observateur dans ce contexte opératoire un peu particulier.

Les lônes déconnectées à l'amont (BRO, LUI, MOI, BEA, GRA) auxquelles nous incluons CER, JAR et CIS, se distribuent en deux groupes distincts :

- i) les lônes à sédimentation discontinue (LUI, BEA, GRA, CER, CIS) au sein desquelles la succession de paliers montre que la sédimentation se réalise longitudinalement dans des zones préférentielles.

LUI présente une zone de sédimentation qui correspond très localement à une mouille (pt 150). Cette zone s'étend encore en 2009. La zone soumise à un décapage entre février 2006 et octobre 2007 (entre 60 et 90 % de son parcours; pts 270 à 400), correspond à l'arrivée d'un chenal de connexion secondaire. Pour BEA, la sédimentation touche deux zones préférentielles : aux environs du point 240 et la mouille aval qui piège les sédiments (pt 680). La zone décapée, précédemment délimitée, est confirmée. L'exhaussement progressif aux environs du point 240 est sans doute dû à un phénomène de reflux. GRA présente également deux zones distinctes : une première mouille (25 à 35% ; pts 240 à 400) dont le rôle semble s'atténuer au cours du temps et une deuxième à proximité de l'extrémité aval où les dépôts se réalisent en plaque sporadique. Pour CER, les deux zones observées précédemment sont confirmées. Sur CIS la sédimentation se réalise majoritairement sur le tiers aval de son tracé. Notons la stabilité des points « durs » (seuils aménagés). Les processus de décapage se réalisent sur deux zones distinctes (de 30 à 70 % et de 75 à 90 % du linéaire) et l'extrémité aval sédimente.

- ii) les lônes où la sédimentation est plus régulière avec des segments homogènes plus longs (BRO, MOI, JAR).

BRO est la seule lône où la sédimentation se réalise majoritairement en amont. Ce cas de figure découle de sa position géographique particulière. Le fort reflux provoqué par la proximité du canal de restitution joue un rôle structurant dans l'organisation des retours d'eau et de fait des dépôts sédimentaires. L'élévation microtopographique qui se situe au niveau du point 280 (45% du linéaire amont) organise les dépôts. Environ 2/3 des dépôts se manifestent en amont de cette dernière, et 20 % de l'épaisseur cumulée se concentre à son pied jusqu'au

point 380. Notons que pour l'année 2009, le rôle joué par l'aval se renforce. MOI présente une distribution de l'épaisseur sédimentaire relativement homogène, même si du point 80 à 150 (10 à 30 % amont) une zone stable ne présente que très peu de sédiments fins. La zone soumise au décapage entre février 2006 et octobre 2007 se situe entre 35 et 50% et entre 80 et 95% du linéaire total. Sur JAR ces processus affectent plutôt la partie aval de la lône (entre 35 et 95 % de la distance totale). La sédimentation est relativement homogène en 2007 et 2009 avec une tendance plus marquée sur l'aval pour 2007. En 2009, une structure des dépôts en paliers successifs révèle une sédimentation plus disparate. Ces taches possèdent une contribution à l'ensemble de la sédimentation plus forte, ce qui laisse présager une redistribution des sédiments à l'intérieur de la lône en direction de l'aval.

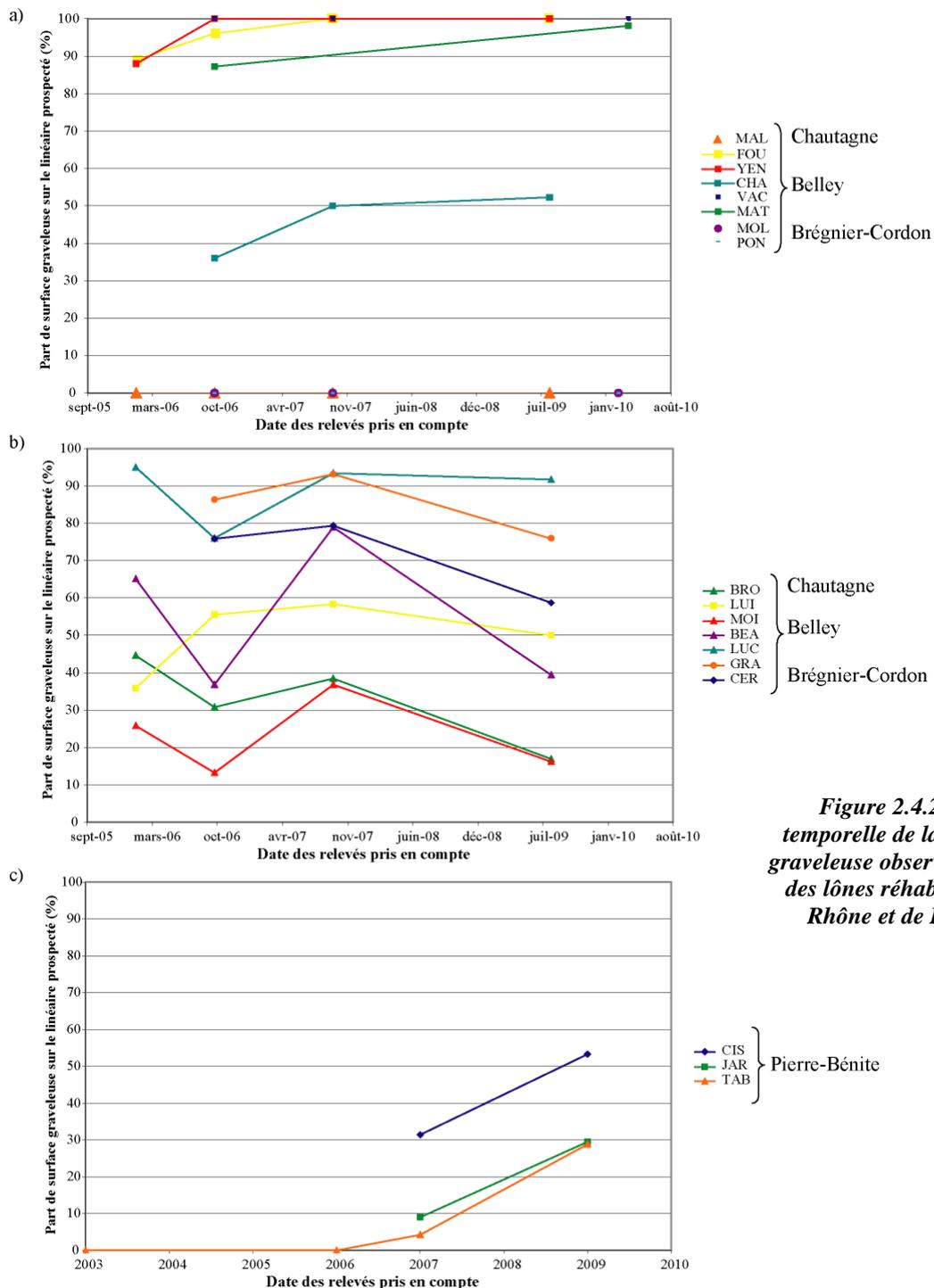


Figure 2.4.2 : Evolution temporelle de la part de surface graveleuse observée sur le linéaire des lônes réhabilitées du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite.

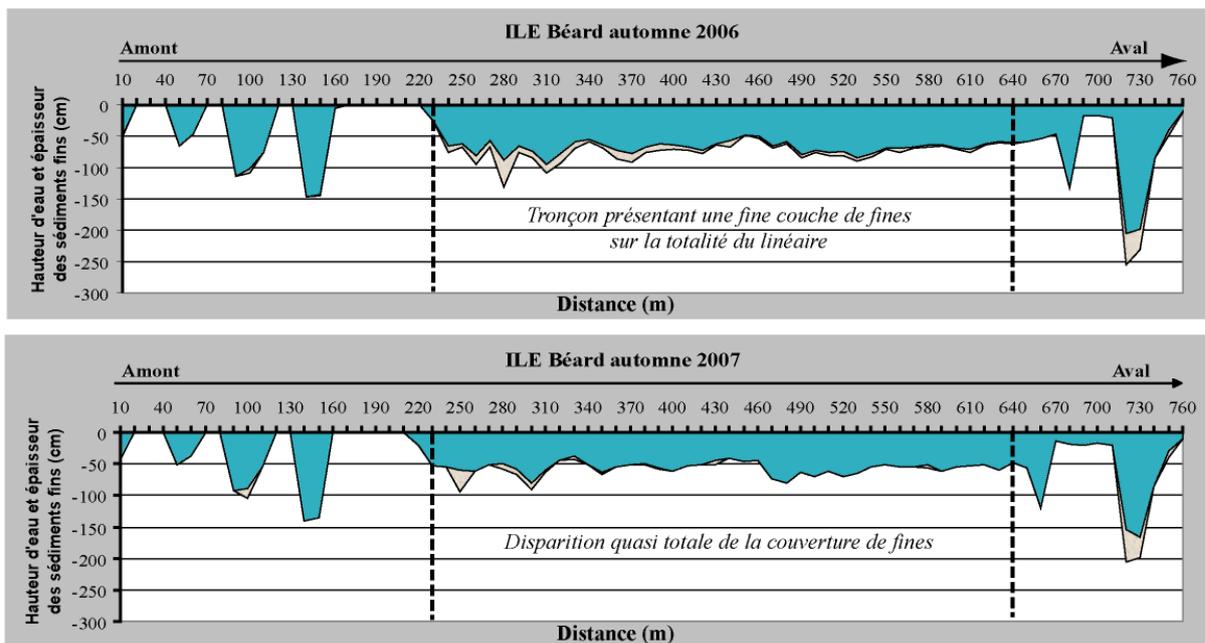


Figure 3.4.3 : Mise en évidence d'une phase où les processus de décapage dominant sur la sédimentation. L'exemple de BEA entre octobre 2006 et Octobre 2007.

En termes d'épaisseur sédimentaire affectée par les processus de décapage, seules BEA et JAR montrent une évolution médiane significative (annexe A.4.4.3). Pour les autres (LUI, MOI, GRA, CER, CIS), le décapage concerne essentiellement les valeurs situées au-dessus du 75^{ème} et en dessous du 25^{ème} percentile.

La mise en place progressive des bouchons alluviaux (à l'aval) sur MAL et TAB est bien perceptible sur les graphiques.

Ces analyses au cas par cas montrent bien que la sédimentation intra-lône est complexe et souvent régie par des facteurs locaux. Les entrées d'eau se font à différents endroits et à des fréquences elles-mêmes différentes. Certains ouvrages affectent également en interne les conditions d'écoulement et complexifient ainsi le patron sédimentaire. Les suivis permettent néanmoins de rendre compte de ces phénomènes et de bien comprendre leur influence relativement aux autres facteurs.

Analyse de l'évolution de la granulométrie du fond des lônes du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite dans leur état post-réhabilitation

La campagne de 2009 apporte une deuxième observation sur de nombreuses lônes et permet ainsi d'étudier les premières tendances temporelles. Lorsque les lônes présentaient des fonds graveleux, les opérateurs ont eu tendance à prélever malgré tout et caractériser ainsi des taches de dépôts plutôt localisées. Nous avons donc élaboré un nouveau paramètre à partir des profils longitudinaux de l'épaisseur sédimentaire qui rend compte de la part de surface graveleuse dans la lône au moment de l'observation et facilite ainsi l'interprétation des résultats (Figure 2.4.4).

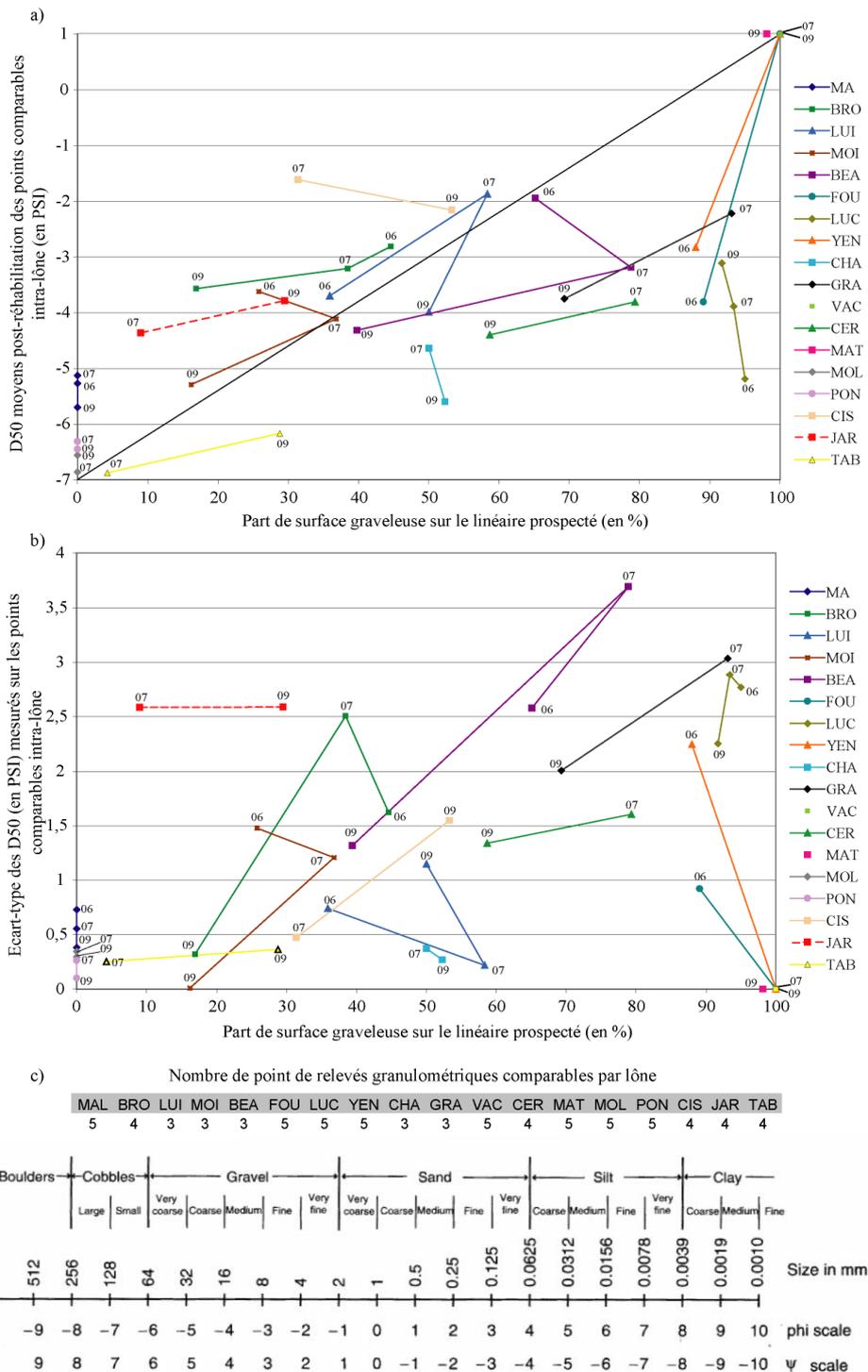


Figure 2.4.4 : Analyse diachronique de l'évolution de la granulométrie fine (< à 1 psi) des lônes réhabilitées du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite : a) Evolution moyenne de la granulométrie médiane des différents prélèvements intra-lône (en unité psi), b) Evolution interannuelle de l'écart type intra-lône des granulométries médianes, c) Nombre de points comparables pour chaque site étudié. d) Echelle géométrique de la taille des particules selon la classification de Wentworth. De haut en bas : mm, phi, psi. (Adapté de Pettijohn 1975, in Kondolf et Piégay, 2003).

Les données sont calculées pour chaque année sur la période 2006-2009, à partir des points de prélèvement homologues et sont comparées en abscisses avec la part du linéaire de la lône occupée par le gravier. Les données de l'année 2006 correspondent à la campagne de février pour les secteurs de Chautagne et Belley. Idem pour la figure 2.4.5.

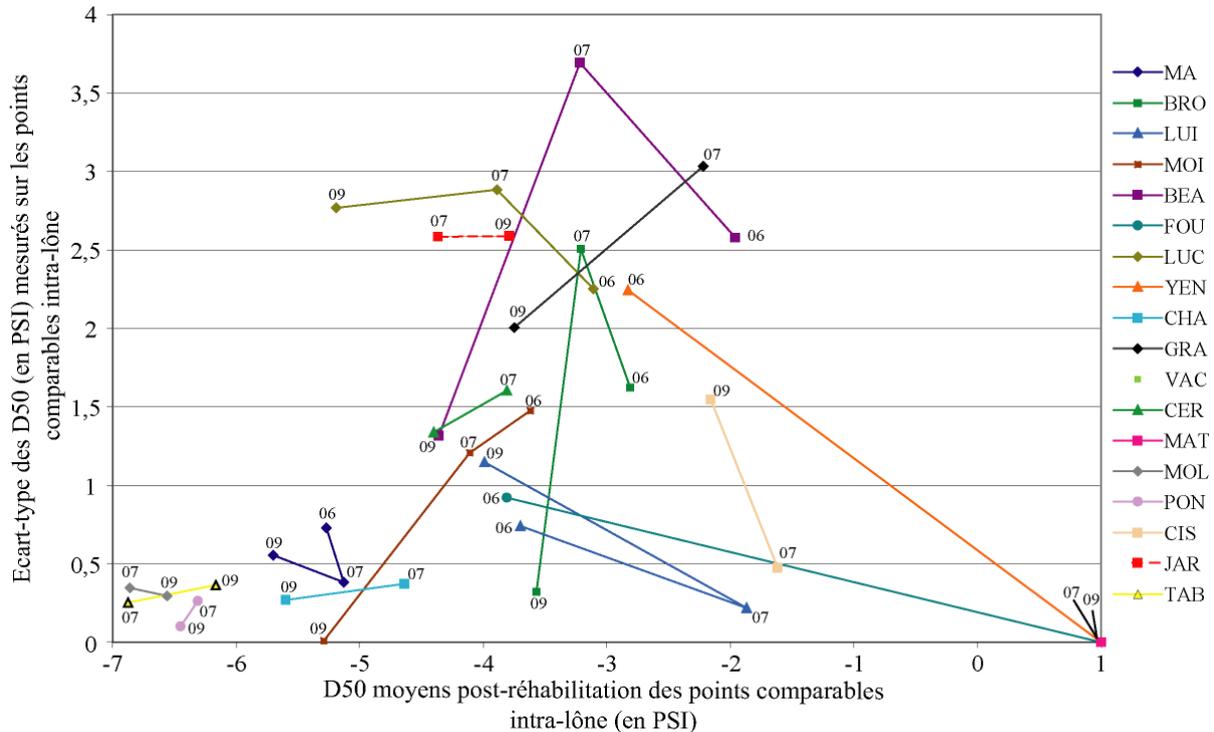


Figure 2.4.5 : Analyse diachronique appliquée aux systèmes réhabilités du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite de la relation entre le D50 moyen de la granulométrie fine (< à 1 psi) et l'écart-type des D50 comparables intra-lône.

De fait, la figure 2.4.4a. souligne bien qu'une certaine corrélation s'établit entre la taille médiane des échantillons de fines et la part occupée par les graviers ($r^2=0,76$). Malgré tout, il existe une forte variabilité inter-lônes, ce qui permet de distinguer plusieurs groupes indépendamment de l'évolution temporelle de leur granulométrie :

- lônes à sédimentation fine (des limons moyens à fins) et homométrique couvrant intégralement le linéaire (MAL, MOL, PON, TAB).
- lônes à sédimentation fine (des limons moyens aux sables très fins) associée à un bon recouvrement longitudinal (JAR, MOI).
- lônes à sédimentation plutôt sableuse (des sables très fins aux sables moyens) avec un bon recouvrement longitudinal (BRO, LUI, CIS).
- lônes à sédimentation plutôt sableuse (des sables très fins à des sables moyens) avec un recouvrement plus discontinu (LUI, BEA, GRA, CER)
- lônes franchement graveleuses (FOU, LUC, YEN, VAC, MAT).

Concernant les tendances interannuelles enregistrées par chacune des lônes, les figures 2.4.4 (a et b) et 2.4.5 font ressortir trois groupes qui correspondent à des environnements relativement stables en termes de caractéristiques granulométriques :

- les bras à écoulement vif (FOU, LUC, YEN, MAT, VAC) présentent une sédimentation fine (des sables très fins à fins) à la suite des travaux, mais le patron granulométrique s'ajuste rapidement à ces nouvelles conditions. L'écart type est à présent nul, mais nous ne connaissons pas la variabilité des alluvions grossières constituant le fond de ces bras. On peut penser que la géométrie de ces lits est fixe mais c'est à confirmer malgré tout. L'analyse de la variabilité longitudinale des hauteurs d'eau devrait le confirmer. Sur LUC les matériaux accumulés sont plus fins (limons grossiers), persistent dans le temps avec des granulométries plus grossières (sables très fins en 2007, puis sables fins en 2009), mais sont

peu représentatifs de l'ensemble. Son fort écart-type est relativement stable dans le temps et est synonyme d'une forte variabilité des modalités de dépôt ;

- les bras fonctionnant comme des décanteurs se distinguent par la forte homométrie des dépôts de fines qui s'associe à une faible variabilité interannuelle. Ces résultats indiquent un mode de dépôts des sédiments par suspension uniforme. Malgré une connexion amont quasi-permanente qui explique que la moitié de la lône soit graveleuse, CHA se rapproche de ce groupe. La décantation se réalise au cours des périodes où la lône est peu ou pas connectée à l'amont. Malgré l'enregistrement d'une phase de décapage sur la période 2007-2009, l'évolution de l'écart-type observé sur JAR est nulle, le D50 moyen augmente. Pour CER, dans un contexte de sédimentation, on observe une diminution du D50 et de l'écart-type ;

- un troisième groupe se caractérise par une situation intermédiaire à dominante sableuse avec des trajectoires différenciées (LUI, BRO, MOI, BEA disposant de trois observés ; GRA et CIS avec deux observés). Certains bras évoluent assez clairement vers un patron de décantation (MOI). D'autres bras maintiennent une granulométrie sableuse mais leur variabilité inter-site est forte soulignant sans doute la complexité temporelle et spatiale des écoulements qui les façonnent. Il n'apparaît de fait aucune relation évidente entre le D50 moyen et l'écart-type (fig. 2.4.5), de nombreux cas particuliers se dégagent. En phase de décapage (2006-2007) le D50 moyen de LUI est plus grossier (passage des sables très fins aux sables moyens). La situation s'inverse de 2007 à 2009 où le D50 moyen s'affine et l'écart-type augmente avec un retour à des conditions similaires à celles de 2006. BRO possède une réponse proche de celle de BEA, la première possédant un matériel plus fin et mieux trié que la seconde. Toutes deux enregistrent entre 2006 et 2007 un affinement du D50 moyen et une augmentation de l'hétérogénéité granulométrique, alors que BRO se trouve dans une tendance à l'alluvionnement et que BEA se trouve dans une phase de décapage. Ces deux lônes présentent une très forte sensibilité à une phase de sédimentation plus prononcée (2007-2009 sur les lônes déconnectées amont pour le Haut-Rhône), tout comme GRA et MOI. MOI enregistre un décapage sur la période 2006-2007, où le D50 diminue ainsi que l'écart-type. CIS présente une augmentation du D50 moyen et de l'écart-type associée à une phase de décapage d'une amplitude proche des observations effectuées sur BRO et BEA.

Les lônes qui possèdent un fort écart-type en phase de décapage (BEA, BRO, GRA, puis CER à la connexion amont quasi permanente) correspondent aux systèmes qui possèdent les forces tractrices moyennes les plus élevées ($>10 \text{ N/m}^2$; *c.f* rapport 2009). Lorsque ces systèmes sont connectés à l'amont, ils enregistrent de plus fortes variations de la surface graveleuse et de fait les processus de décapage les plus intenses. Ces lônes correspondent aux systèmes les plus instables en termes de variabilité des conditions granulométriques intra-lône. Ils présentent vraisemblablement des dépôts en vrac issus d'une rupture nette de la compétence des écoulements lors de la déconnexion en phase de décrue. Leur sensibilité au contexte de sédimentation enregistré entre 2007 et 2009 est particulièrement marquée. BRO enregistre une phase de sédimentation dominante de février 2006 à octobre 2007, la phase où les processus d'ablation sont dominants est masquée du fait que la campagne d'octobre 2006 n'est pas prise en compte dans cette analyse (pas de relevés granulométriques). Cette lône possède le débit de connexion le plus élevé, la trajectoire suivie par ce système est le reflet du fonctionnement en éclusées de l'usine de Chautagne et des retours d'eau intenses qui pénètrent dans la lône par l'aval.

Les lônes dont les forces tractrices moyennes sont plus basses, présentent une amplitude interannuelle relativement moins marquée. LUI, dont les forces tractrices moyennes ont été estimées à 5 N/m^2 présente une variabilité de l'écart-type plus faible. Son degré de

connectivité amont assure une ablation sélective des matériaux, ce qui explique son comportement inversé par rapport au groupe précédent. MOI possède un bouchon amont relativement long (rugosité, effet peigne de la végétation), et un débit de connexion relativement élevé. Sa force tractrice moyenne a été estimée à 3 N/m². Une forte instabilité des berges avait été constatée lors des relevés de février 2006. La trajectoire quasi linéaire suivie par les indicateurs granulométriques témoigne de l'ajustement du patron sédimentaire aux conditions hydrauliques. La lône est dans les faits soumise à des dépôts issus d'une suspension uniforme car il existe une forte différence altimétrique entre le chenal de connexion amont et le RCC. Ainsi seule la tranche supérieure des lames d'eau parvient au sein de la lône. Le rôle des possibilités de reflux à l'aval en provenance de la terminaison de LUI (secteur non réhabilité) reste à déterminer.

L'ensemble des lônes de ce groupe, à l'exception de LUI, glisse vers une sédimentation beaucoup plus fine au terme de la période 2007-2009. La justification de cette tendance est délicate sans une analyse des événements de crue entre chaque campagne de relevés. Il semble que les événements hydrologiques soient moins fréquents en 2009 que lors des années précédentes. Ceci expliquerait que BEA et GRA et dans une moindre mesure MOI (Q de connexion respectif de 1050, 860 et 600 m³.s⁻¹) enregistrent une sédimentation aussi fine, la mince lame d'eau débordante engendrant une sédimentation uniforme. Pour les autres (BRO et CER) la capacité d'évacuation des matériaux les plus fins est en cause. Il y a beaucoup à attendre d'un retour à des événements hydrologiques de plus fortes amplitudes.

Evolution temporelle des lames d'eau

Les hauteurs d'eau relevées au sein de chaque lône au moment des mesures (annexe 3) rendent compte de deux phénomènes : i) une évolution du remplissage sédimentaire et ii) une évolution du niveau d'eau lui-même généralement connecté au niveau du Rhône. Ce niveau est d'une part lié à la valeur du débit au moment de l'observation mais aussi à l'évolution interannuelle de la géométrie du lit.

Afin de pouvoir exploiter cette information, il est nécessaire de pouvoir bien dissocier les différents facteurs. Nous maîtrisons la sédimentation par les enregistrements *in situ* et les débits sont fournis par la CNR. Le tableau 2.4.5 synthétise le débit au moment des différents relevés.

Quelques problèmes restent à résoudre. Par exemple la tendance observée entre 2006 et 2007 pour BRO n'est pas cohérente ce qui nécessite de mieux analyser les données hydrologiques. La lône est largement influencée par le fonctionnement en écluses de l'usine hydroélectrique de Chautagne, raison pour laquelle nous avons opté pour la station hydrométrique du Pont de la Loi. Ce choix implique de négliger les débits liquides du vieux Rhône en aval de Motz qui ont nécessairement un rôle dans le fonctionnement hydromorphologique de cette lône. Le secteur de Belley présente également certains problèmes qu'il convient de résoudre. Les débits enregistrés à la Balme sont qualifiés de « douteux » en dessous de 700 m³/s par les services de la CNR. Cette station est sous l'influence des fluctuations de ligne d'eau au niveau de la restitution de Brens. Il ressort de ces analyses qu'une réflexion sur la validation/correction de ces débits est nécessaire afin de disposer de courbes hauteur-débit exploitables. L'analyse des chroniques piézométriques n'en sera que plus pertinente. C'est encore un chantier à considérer pour les prochains mois.

Hauteur d'eau moyenne (cm) et débits moyens journaliers associés (m ³ /s)					
Chautagne	2004 (T)	Printemps 2006	Automne 2006	2007	2009
MAL	74,4 (64 m ³ /s)	123,5 (56 m ³ /s)	98,4 (54 m ³ /s)	102,3 (57 m ³ /s)	77,9 (72 m ³ /s)
BRO	104,6 (482 m ³ /s)	162,5 (503 m ³ /s)	107,8 (169 m ³ /s)	115,2 (124 m ³ /s)	147,8 (444 m ³ /s)
Belley	2004	2006	2006	2007	2009
LUI	98,5 (121 m ³ /s)	60,5 (58 m ³ /s)	97,1 (56 m ³ /s)	86 (47 m ³ /s)	77,5 (54 m ³ /s)
MOI	67,2 (119 m ³ /s)	97,5 (55 m ³ /s)	90,3 (55 m ³ /s)	86,4 (45 m ³ /s)	84,5 (54 m ³ /s)
FOU	56,8 (37 m ³ /s)	110,1 (84 m ³ /s)	75,5 (55 m ³ /s)	67,8 (45 m ³ /s)	77,7 (63 m ³ /s)
BEA	7,3 (36 m ³ /s)	81,9 (62 m ³ /s)	53,1 (56 m ³ /s)	49,2 (46 m ³ /s)	46 (64 m ³ /s)
LUC	98,8 (36 m ³ /s)	114,4 (84 m ³ /s)	92,1 (52 m ³ /s)	94 (48 m ³ /s)	106,6 (65 m ³ /s)
YEN	0 (48 m ³ /s)	119 (61 m ³ /s)	103,1 (56 m ³ /s)	100,7 (48 m ³ /s)	111,3 (68 m ³ /s)
CHA	152 (262 m ³ /s)	∅	170 (328 m ³ /s)	155,1 (181 m ³ /s)	164,5 (596 m ³ /s)
Brégnier-Cordon	2004	2006 (T)	2006	2007	2009
GRA	0 (114 m ³ /s)	∅	112,2 (104 m ³ /s)	133,8 (141 m ³ /s)	127 (135 m ³ /s)
VAC	96,7 (114 m ³ /s)	∅	109,2 (103 m ³ /s)	102,5 (85 m ³ /s)	83,9 (ND)
CER	65,4 (121 m ³ /s)	∅	70,1 (124 m ³ /s)	64 (109 m ³ /s)	77,7 (150 m ³ /s)
MAT	22,4 (122 m ³ /s)	∅	83,7 (105 m ³ /s)	∅	83,1 (ND)
MOL	54,8 (122 m ³ /s)	∅	145,4 (105 m ³ /s)	123,7 (87 m ³ /s)	168,7 (ND)
PON	54,5 (462 m ³ /s)	∅	161,5 (304 m ³ /s)	149,6 (259 m ³ /s)	192 (ND)

Tableau 2.4.5 : Hauteurs d'eau moyennes et débits moyens journaliers enregistrés au moment des relevés.

2.4.5 Conclusions et perspectives pour 2010-2011

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

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

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

- revenir sur le contexte historique rhodanien et engager une recherche approfondie des facteurs contrôlant la sédimentation avant restauration,
- exploiter les chroniques piézométriques qui viennent à nouveau d'être déchargées et mettre à jour les données permettant de caractériser la connectivité hydrologique.

- revenir sur les courbes « hauteur d'eau dans la lône versus débit dans le Rhône » afin de finaliser les indicateurs hydrauliques et hydrologiques (forces tractrices et fréquences de connexion) qui seront introduits dans la typologie fonctionnelle et qui permettront de rendre compte de la diversité des habitats et de leur évolution au cours du temps.
- comparer les données de sédimentation observée et la récurrence des crues débordantes et des pulsations morphogènes qui en résultent. Cette analyse permettra d'ouvrir de nouvelles pistes pour une optimisation du modèle permettant de prédire la durée de vie des lônes.

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

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

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

2.5 Végétation dans les lônes

2.5.1 Rappel des objectifs

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

2.5.2 Stratégie d'échantillonnage

Protocole

Les relevés de végétation sont effectués à la fin de la saison de végétation au début de l'automne (août-septembre), sur des transects de 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, sédiments tourbeux) estimée visuellement sur la surface du transect.

L'échantillonnage a lieu tous les deux ans.

Echantillonnage 2009

Les lônes Luisettes, Moiroud, Béard et Fournier ont été échantillonnées le 06 et 07 juillet 2009.

La lône de la Boussarde du secteur de Péage de Roussillon a été échantillonnée le 10 août 2009.

Les lônes de la Barcasse et de la Roussette du secteur de Montélimar ont été échantillonnées respectivement le 11 et 12 août 2009.

Les lônes du secteur de Donzère-Mondragon ont été échantillonnées pendant la période du 12 août au 24 septembre 2009.

2.5.3 Résultats : évolution du diagnostic floristique

2.5.3.1 Secteur de Belley

Lône Moiroud

En 2009 :

- Richesse spécifique : 22 espèces
- Espèce dominante : *Elodea nuttallii*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions méso-eutrophes et d'apports phréatiques faibles**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations moyen** et de **la présence de processus d'alluvionnement**

Rappel de l'évolution

En 2007, *Elodea nuttallii* s'est fortement implantée dans la lône. La richesse spécifique a augmenté, mais les espèces témoignant de conditions eutrophes se maintiennent et les apports phréatiques restent faibles. La lône retrouve un niveau de perturbations moyen (apparition de *Myriophyllum spicatum*, *potamogeton pusillus*), toutefois les processus d'alluvionnement semblent se poursuivre, avec une augmentation de l'importance du limon au détriment de la charge plus grossière (90% du substrat en 2007). Le curage ne semble pas avoir modifié de manière significative le fonctionnement de la zone humide, et la durée de vie de l'état restauré est potentiellement faible.

Analyse et discussion

Entre 2007 et 2009, la richesse spécifique augmente (Tableau 2.5.1) mais *Elodea nuttallii* reste dominante sur la zone humide. Les espèces témoignant de conditions mésotrophes augmentent (*Potamogeton natans*, *Groenlandia densa*) et coexistent avec des espèces de milieux eutrophes en régression (Tableau 2.5.2, diminution de *Ceratophyllum demersum* en 2009 et stabilisation pour *Lemna minor* mais faiblement abondante sur les points du transect).

Si une espèce indicatrice de perturbations fortes se maintient entre 2007 et 2009 (*Potamogeton pusillus*), le peuplement floristique reflète un niveau de perturbations intermédiaire (Tableau 2.5.2). Les processus d'alluvionnement sont toujours présents (la granulométrie étant peu modifiée par rapport à 2007 : Figure 2.5.1) avec une légère tendance à la baisse (Tableau 2.5.1 : forte diminution de *Myriophyllum verticillatum*, et *Ceratophyllum demersum* entre 2007 et 2009).

Les apports phréatiques restent faibles sur l'ensemble de la lône, avec localement des améliorations de connexions (Tableau 2.5.1 : augmentation de *Groenlandia densa* et apparition de *Callitriche platycarpa*).

Même si la richesse spécifique a augmenté depuis 1998, Il ne semble pas y avoir de modifications majeures de fonctionnement à la suite de la restauration. Cependant la tendance observée de l'évolution de la lône vers un stade mésotrophe est à suivre au cours des prochaines années (Tableau 2.5.2). Ce changement vraisemblablement dû à l'amélioration des connexions avec les aquifères serait peut être lié à des périodes de hauts débits du Rhône. Il reste toutefois prématuré de conclure quant au devenir de cette lône seulement quatre ans après restauration, la réponse des espèces à une dynamique fonctionnelle pouvant prendre du temps.

	1998		2003		2007		2009
Lemna minor	3,1	Elodea nuttallii	3,6	Elodea nuttallii	2,00	Elodea nuttallii	2,18
Callitriche platycarpa	3	Lemna minor	1,1	Ceratophyllum demersum	1,31	Potamogeton natans	1,18
Elodea canadensis	2,8	Myriophyllum verticillatum	0,6	Myriophyllum verticillatum	0,81	Lemna minor	0,76
Potamogeton pusillus	2,4	Ceratophyllum demersum	0,5	Potamogeton natans	0,75	algues filamenteuses	0,65
Chara globularis	1,2	Phalaris arundinacea	0,4	Callitriche sp.	0,63	Phalaris arundinacea	0,59
Myriophyllum verticillatum	0,9	Phragmites australis	0,4	Lemna minor	0,56	Ceratophyllum demersum	0,41
Ceratophyllum demersum	0,4	Alisma plantago-aquatica	0,4	Myriophyllum spicatum	0,56	Potamogeton pusillus	0,41
phalaris arundinacea	0,3	Echinochloa crus-galli	0,2	Phalaris arundinacea	0,50	Callitriche platycarpa	0,29
Potamogeton crispus	0,3	Carex sp.	0,1	Potamogeton pusillus	0,38	Eleocharis palustris	0,29
Groenlandia densa	0,2	Potamogeton natans	0,1	Groenlandia densa	0,19	Groenlandia densa	0,29
Alisma plantago-aquatica	0,1	Potamogeton pectinatus	0,1	Potamogeton crispus	0,19	potamogeton pectinatus	0,24
Alopecurus geniculatus	0,1	Callitriche sp.	0,1	Alisma plantago-aquatica	0,13	Scirpus sylvaticus	0,18
Nasturtium officinale	0,1	Eleocharis palustris	0,1	Nasturtium officinale	0,13	Alisma plantago-aquatica	0,12
Phragmites australis	0,1	Groenlandia densa	0,1	Echinochloa crus-galli	0,06	Impatiens glandulifera	0,12
				Eleocharis palustris	0,06	Veronica beccabunga	0,12
				Glyceria fluitans	0,06	Bidens tripartita	0,06
				Potamogeton pectinatus	0,06	Juncus articulatus	0,06
				Veronica anagallis-aquatica	0,06	Lythrum salicaria	0,06
						Myriophyllum spicatum	0,06
						Myriophyllum verticillatum	0,06
						Phragmites australis	0,06
						Typha latifolia	0,06
<i>Richesse spécifique</i>	14		14		18		22
<i>Nombre d'espèces protégées</i>	0		0		0		0
<i>Nombre d'espèces invasives</i>	1		1		1		2

Tableau 2.5.1 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône Moiroud en 1998, 2003, 2007 et 2009

2009	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>Elodea nuttallii</i>	2,18	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Potamogeton natans</i>	1,18	2	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	1	1
<i>Lemna minor</i>	0,76	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
algues filamenteuses	0,65											
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,59	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,41	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Potamogeton pusillus</i>	0,41	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Callitriche platycarpa</i>	0,29	0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Eleocharis palustris</i>	0,29											
<i>Groenlandia densa</i>	0,29	2	3	0	0	2	0	0	2	3	3	2
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,24	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Scirpus sylvaticus</i>	0,18											
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,12	0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Impatiens glandulifera</i>	0,12											
<i>Veronica beccabunga</i>	0,12	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Bidens tripartita</i>	0,06	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Juncus articulatus</i>	0,06	3	3	2	0	2	0	2	3	2	1	0
<i>Lythrum salicaria</i>	0,06	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,06	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,06	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Phragmites australis</i>	0,06	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Typha latifolia</i>	0,06	0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0
Diagnostic écologique		4,5	11,7	9,8	10,4	3,4	1,4	4,3	8,5	13,3	11,9	11,1

Tableau 2.5.2 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône Moiroud en 2009

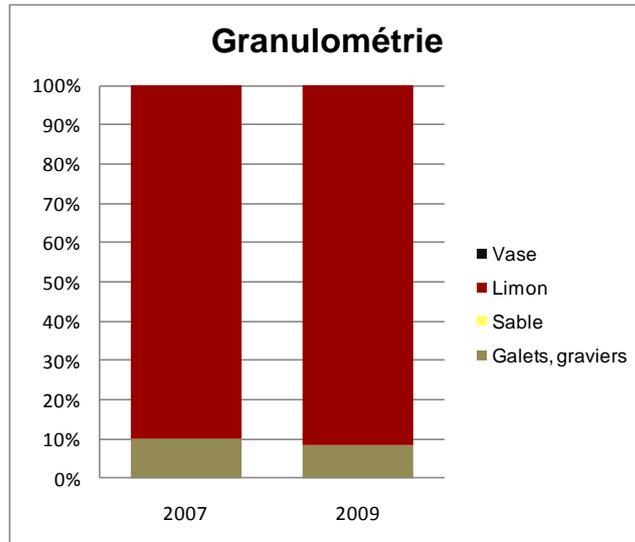


Figure 2.5.1 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône Moiroud

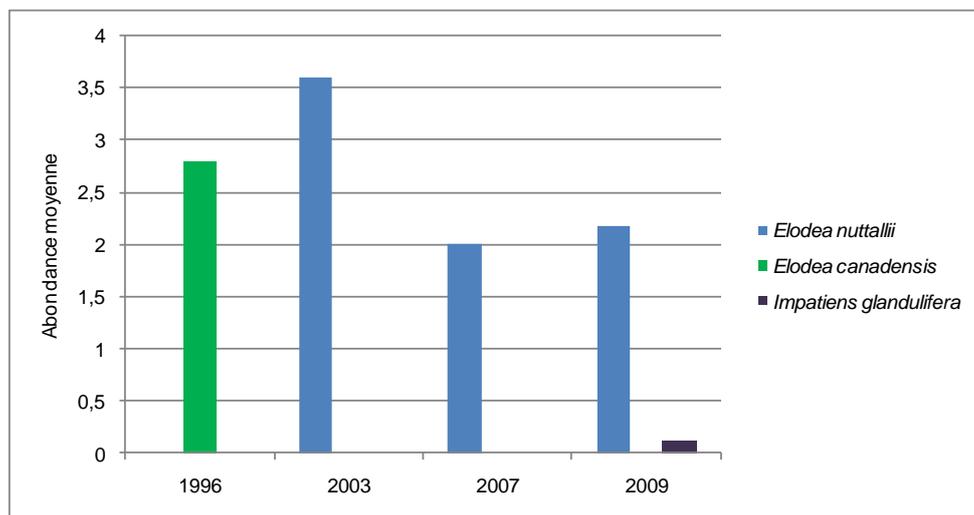


Figure 2.5.2 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône Moiroud

Lône Fournier

En 2009 :

- Richesse spécifique : 10 espèces
- espèce dominante : algues filamenteuses
- Le peuplement dominant témoigne de **conditions méso-eutrophes** et **d'apports phréatiques faibles**
- Le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et de **processus d'alluvionnement très faibles** probablement limités aux berges.

	1998		2003		2007		2009
Phalaris arundinacea	1	Phalaris arundinacea	0,76	Phalaris arundinacea	0,48	algues filamenteuses	0,64
Impatiens glandulifera	0,57	Polygonum hydropiper	0,47	Myriophyllum spicatum	0,16	Phalaris arundinacea	0,48
algues filamenteuses (bent.)	0,43	Myriophyllum spicatum	0,29	Elodea nuttallii	0,04	Elodea nuttallii	0,32
Elodea canadensis	0,39	Impatiens glandulifera	0,23	Phragmites australis	0,04	Microcystis sp.	0,2
Polygonum hydropiper	0,3	Elodea nuttallii	0,12	Potamogeton nodosus	0,04	Nasturtium officinale	0,12
Veronica anagallis-aquatica	0,22	Veronica beccabunga	0,12	Zannichellia palustris	0,04	Ranunculus fluitans	0,12
Myriophyllum verticillatum	0,13	Berula erecta	0,06			Veronica anagallis-aquatica	0,12
Zannichellia palustris	0,13	Characées	0,06			Impatiens glandulifera	0,04
Potamogeton crispus	0,09	Lemna minor	0,06			Potamogeton pusillus	0,04
Digitaria paspaloides	0,09	Nasturtium officinale	0,06			Zannichellia palustris	0,04
Myriophyllum spicatum	0,04	Phragmites australis	0,06				
Potamogeton pectinatus	0,04	Potamogeton nodosus	0,06				
Potamogeton pusillus	0,04	Zannichellia palustris	0,06				
Ranunculus fluitans	0,04						
Veronica beccabunga	0,04						
Richesse spécifique	15		13		6		10
Nombre d'espèces protégées	0		0		0		0
Nombre d'espèces invasives	2		2		1		2

Tableau2.5.3 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône Fournier en 1998, 2003, 2007 et 2009

Rappel de l'évolution

En 2007, le curage de cette zone humide, qui visait à augmenter les apports phréatiques et établir un équilibre permettant l'installation d'une mosaïque changeante, semble avoir eu l'effet inverse de celui escompté. En effet, les espèces indicatrices d'apports phréatiques ont complètement disparu, la richesse spécifique a subi une forte diminution (13 espèces en 2003 et 6 espèces en 2007), et seules des espèces de milieux très perturbés sont présentes. Le niveau de perturbation élevé apparaît être le facteur limitant l'installation des espèces végétales. Les premiers effets du curage ne permettent pas de conclure sur le devenir de cette lône, mais le niveau de perturbation ne semble pas évoluer vers un niveau de perturbation moyen.

Analyse et discussion

La richesse spécifique augmente de 2007 à 2009 et *Elodea nuttallii* réapparaît dans le peuplement dominant (Tableau 2.5.3).

L'apparition d'une espèce moins tolérante à des conditions eutrophes (*Veronica anagallis-aquatica*) coexistant avec celles témoins de conditions eutrophes (algues filamenteuses) milite en faveur d'une évolution vers un stade méso-eutrophe (tableau 2.5.4).

Les espèces témoignant de conditions perturbées sont toujours dominantes (*Phalaris arundinacea*, *Elodea nuttallii*), et l'apparition d'espèces d'eau courantes (*Ranunculus fluitans*, *Nasturtium officinale*) suppose de fréquentes connexions avec le Rhône (la lône fonctionne comme un chenal de crue, au moins dans sa partie amont et pour le chenal de rive gauche). En effet, la part de substrat grossier augmente entre 2007 et 2009 (Figure 2.5.3), ce qui, associée à la faible abondance des espèces sur toute la lône, illustre les fortes contraintes générées en fréquences et/ou en intensité lors des crues.

Enfin, le retour d'espèces témoignant d'apports souterrains (*Véronica anagallis-aquatica*, *Nasturtium officinale* et *Zannichellia palustris* dans une moindre mesure), allié au renouvellement perceptible des eaux, militent dans le sens d'une alimentation phréatique issue probablement des infiltrations fluviales (vasque amont notamment).

S'il semble y avoir une amélioration des conditions trophiques en faveur d'un stade méso-eutrophe, le peu d'espèces indicatrices ne permet pas de conclure quant au devenir de la zone humide. En effet, si certaines espèces sont réapparues, le niveau de perturbations par les crues génère toujours un fort auto-entretien de la lône, ce qui limite la colonisation par la végétation aquatique.

2009	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
algues filamenteuses	0,64											
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,48	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Elodea nuttallii</i>	0,32	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Microcystis</i> sp.	0,2											
<i>Nasturtium officinale</i>	0,12	2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	0
<i>Ranunculus fluitans</i>	0,12	0	2	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0,12	3	2	1	1	2	0	0	2	2	1	2
<i>Impatiens glandulifera</i>	0,04											
<i>Potamogeton pusillus</i>	0,04	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Zannichellia palustris</i>	0,04	0	2	2	0	1	0	0	2	0	0	0
Diagnostic écologique		0,6	1,4	1,3	1,0	0,4	0,0	0,2	1,6	2,3	3,0	2,4

Tableau 2.5.4 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône Fournier en 2009

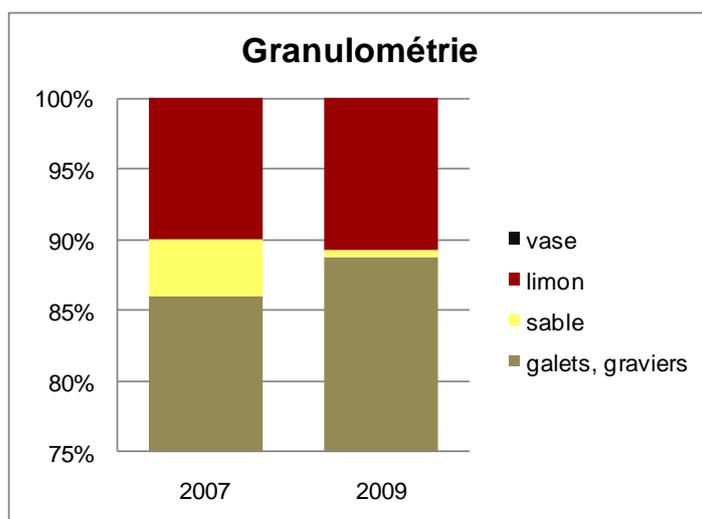


Figure 2.5.3 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône Fournier

Parmi les espèces introduites, on notera le développement important d'*Elodea nuttallii* (Figure 2.5.4), à suivre, car son caractère envahissant peut empêcher l'installation d'espèces autochtones par exclusion compétitive.

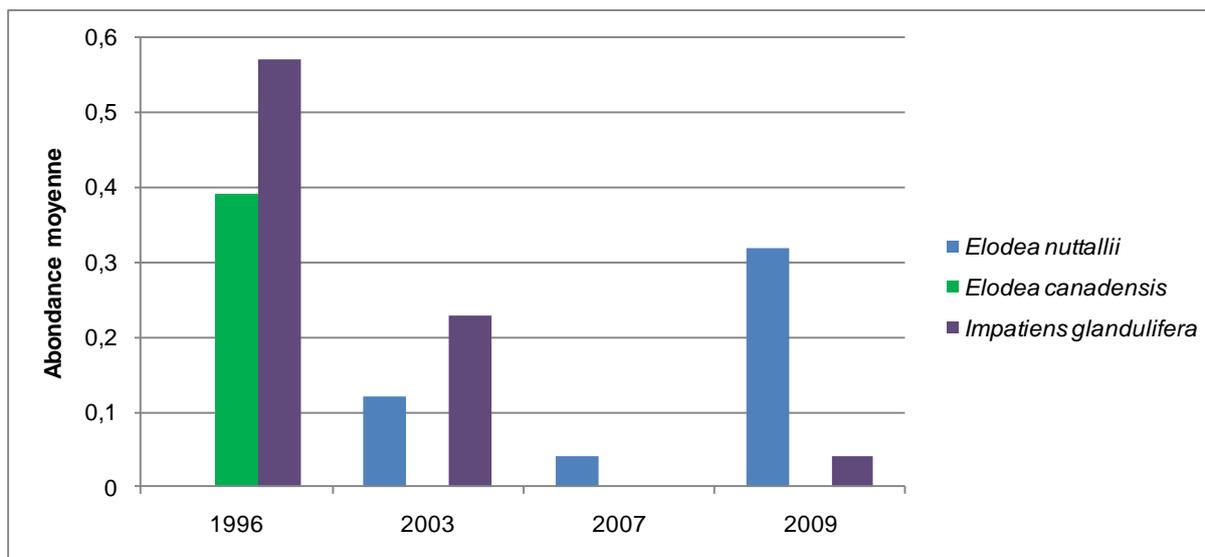


Figure 2.5.4 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône Fournier

Lône Béard

En 2009 :

- richesse spécifique : 37 espèces
- espèce dominante : *Lemna trisulca*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions méso-eutrophes** et des **apports phréatiques forts**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations faible à intermédiaire** et de **l'absence de processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum* et *Utricularia vulgaris*, espèces protégées en Région Rhône-Alpes

Rappel de l'évolution

En 2007, on note une amélioration des conditions trophiques et une reconnexion avec les aquifères et le Seran, excepté dans le tronçon amont de la lône. Cependant, ces apports phréatiques ne semblent pas être suffisants pour limiter l'alluvionnement (la part du limon reste à plus de 90% du substrat en 2007). De plus, l'augmentation de l'abondance des espèces liée aux apports d'eaux phréatiques ne limite pas la forte progression d'*Elodea nuttallii*. Le système fonctionnel de la zone humide ne devrait pas montrer une grande pérennité si les crues ne parviennent pas à inverser le processus. L'expérience acquise à moyen terme de la restauration des lônes conduit à conclure que les résultats de cette première campagne de relevés ne traduisent probablement pas de manière valide l'évolution probable de la lône, et il est nécessaire de poursuivre le suivi pour conclure sur l'effet de la restauration.

	1998		2003		2007		2009
Ceratophyllum demersum	1,9	Lemna minor	2,18	Elodea nuttallii	1,59	Lemna trisulca	3,00
Elodea canadensis	1,6	Elodea nuttallii	1,82	Potamogeton pusillus	1,26	Lemna minor	2,70
Myriophyllum verticillatum	1,4	Ceratophyllum demersum	1,64	algues filamenteuses	0,96	Potamogeton berchtoldii	1,70
Myriophyllum spicatum	1,2	Sparganium emersum	0,55	Lemna minor	0,93	Elodea nuttallii	1,44
Sparganium emersum	1,2	Phalaris arundinacea	0,27	Phalaris arundinacea	0,81	Potamogeton natans	1,19
Lemna minor	1,1	Lemna trisulca	0,18	Sparganium emersum	0,59	Sparganium emersum	1,07
Callitriche sp.	0,8	Myriophyllum verticillatum	0,18	Potamogeton natans	0,52	Myriophyllum verticillatum	1,00
Potamogeton pusillus	0,7	Phragmites australis	0,18	Alisma plantago-aquatica	0,41	algues filamenteuses	0,85
Chara sp.	0,4	Potamogeton natans	0,18	Myriophyllum spicatum	0,41	Ceratophyllum demersum	0,67
Phalaris arundinacea	0,4	Potamogeton pectinatus	0,18	Callitriche platycarpa	0,37	Veronica beccabunga	0,56
Elodea nuttallii	0,3	Utricularia vulgaris	0,18	Myriophyllum verticillatum	0,33	Callitriche platycarpa	0,52
Potamogeton crispus	0,3	Veronica beccabunga	0,18	Ceratophyllum demersum	0,26	Berula erecta	0,44
Potamogeton pectinatus	0,2	Alisma plantago-aquatica	0,09	Carex sp.	0,22	Carex sp.	0,33
Leersia oryzoides	0,2	Berula erecta	0,09	Lemna trisulca	0,22	Myriophyllum spicatum	0,30
Berula erecta	0,1	Eleocharis palustris	0,09	Veronica beccabunga	0,11	Phalaris arundinacea	0,30
Potamogeton natans	0,1	Leersia oryzoides	0,09	Berula erecta	0,07	Alisma plantago-aquatica	0,19
Ranunculus fluitans	0,1	Myriophyllum spicatum	0,09	Elodea canadensis	0,07	Elodea canadensis	0,11
Eleocharis palustris	0,1	Potamogeton pusillus	0,09	Ranunculus fluitans	0,07	Ranunculus circinatus	0,11
Phragmites australis	0,1	Typha latifolia	0,09	Chara sp.	0,04	Utricularia vulgaris	0,11
Veronica beccabunga	0,1			Glyceria fluitans	0,04	Cyperus fuscus	0,07
Digitaria paspaloides	0,1			Lythrum salicaria	0,04	Eleocharis palustris	0,07
				Potamogeton crispus	0,04	Groenlandia densa	0,07
				Scirpus lacustris	0,04	Myosotis scorpioides	0,07
				Typha latifolia	0,04	Potamogeton crispus	0,07
				Utricularia vulgaris	0,04	Riccia fluitans	0,07
						Veronica anagallis-aquatica	0,07
						Zannichellia palustris	0,07
						Chara sp.	0,04
						Equisetum palustre	0,04
						Galium palustre	0,04
						Leersia oryzoides	0,04
						Lythrum salicaria	0,04
						Mentha aquatica	0,04
						Phragmites australis	0,04
						potamogeton pectinatus	0,04
						Reynoutria japonica	0,04
						Sparganium erectum	0,04
Richesse spécifique	21		19		25		37
Nombre d'espèces protégées	1		2		2		2
Nombre d'espèces invasives	2		1		2		2

Tableau 2.5.5 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône Béard en 1998, 2003, 2007 et 2009

Analyse et discussion

Entre 2007 et 2009, la richesse spécifique augmente de manière conséquente (passage de 25 à 37 espèces) et *Elodea nuttallii* régresse (Tableau 2.5.5). Les abondances de plusieurs espèces témoignant de conditions eutrophes augmentent globalement (*Lemna trisulca*, *Lemna minor*, Tableau 2.5.6) et deviennent dominantes à l'exception de l'amont et l'aval de la lône où elles restent peu abondantes.

L'apparition de nouvelles espèces indicatrices d'apports souterrains (7 de plus par rapport à 2007, notamment *Elodea canadensis*, *Ranunculus circinatus*, *Myosotis scorpioides*...) ainsi que la forte augmentation de celles déjà présentes en 2007 (*Potamogeton natans*, *Sparganium emersum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Berula erecta*) suggèrent de fortes connexions phréatiques.

Le peuplement dominant (*Lemna trisulca*, *Myriophyllum verticillatum*) ainsi que d'autres espèces plus ponctuelles (*Utricularia vulgaris*, *Zannichellia palustris*) tolèrent un régime de perturbation d'un niveau faible à intermédiaire (Tableau 2.5.6).

A l'inverse de la tendance observée en 2007, la diminution de *Phalaris arundinacea* combinée à l'apparition de *Veronica beccabunga* militent dans le sens d'une atténuation des processus d'alluvionnement. En effet, la granulométrie de la lône semble avoir évolué dans le sens d'une réduction de la part de limons (Figure 3.1 : limons passant de 90% en 2007 à 52.3% en 2009).

Le curage de cette lône semble avoir modifié le peuplement végétal présent. De nombreuses espèces associées à une bonne alimentation phréatique apparaissent et indiquent une meilleure connexion de la zone humide avec les aquifères. Toutefois, ces apports sont plutôt diffus et ne semblent pas suffisants pour limiter les processus d'alluvionnement. En revanche, il est possible que des crues occasionnelles (peu fréquentes) reconnectent la lône et soient à l'origine d'un décapage sur une partie de la lône.

Semblables de 2007 à 2009, les conditions trophiques apparaissent assez hétérogènes le long de la lône avec une tendance eutrophe limitée par les apports d'eau souterraine. Le milieu reste malgré cela fortement producteur et la matière organique s'accumule en certains points (38.3% de vase, Figure 2.5.5), ce qui contribue à augmenter la part de substrat fin non exporté.

Il est toutefois prématuré d'évaluer les bénéfices de la restauration et la probable évolution de la zone humide à ce stade, bien que la colonisation par la végétation aquatique soit de plus en plus importante.

On notera ici aussi le fort développement d'*Elodea nuttallii* (Figure 2.5.6).

2009	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>Lemna trisulca</i>	3,00	0	2	2	2	1	0	2	3	2	0	0
<i>Lemna minor</i>	2,70	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	1,70											
<i>Elodea nuttallii</i>	1,44	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Potamogeton natans</i>	1,19	2	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	1	1
<i>Sparganium emersum</i>	1,07	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	1,00	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
algues filamenteuses	0,85											
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,67	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Veronica beccabunga</i>	0,56	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Callitriche platycarpa</i>	0,52	0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Berula erecta</i>	0,44	3	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	3	2
<i>Carex</i> sp.	0,33											
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,30	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,30	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,19	0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Elodea canadensis</i>	0,11	0,5	2	2	2	1	0	0,5	3	3	2	0,5
<i>Ranunculus circinatus</i>	0,11	2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	2
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,11	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Cyperus fuscus</i>	0,07											
<i>Eleocharis palustris</i>	0,07											
<i>Groenlandia densa</i>	0,07	2	3	0	0	2	0	0	2	3	3	2
<i>Myosotis scorpioides</i>	0,07	3	3	2	0,5	2	0	0,5	3	2	2	2
<i>Potamogeton crispus</i>	0,07	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Riccia fluitans</i>	0,07	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0,07	3	2	1	1	2	0	0	2	2	1	2
<i>Zannichellia palustris</i>	0,07	0	2	2	0	1	0	0	2	0	0	0
<i>Chara</i> sp.	0,04											
<i>Equisetum palustre</i>	0,04											
<i>Galium palustre</i>	0,04	2	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>Leersia oryzoides</i>	0,04											
<i>Lythrum salicaria</i>	0,04	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Mentha aquatica</i>	0,04	3	3	2	0,5	2	0	2	3	2	0,5	3
<i>Phragmites australis</i>	0,04	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,04	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Reynoutria japonica</i>	0,04											
<i>Sparganium erectum</i>	0,04	0	2	2	2	0	0	3	3	0	0	2
Diagnostic écologique		11,4	23,7	23,8	23,1	10,8	3,4	14,5	26,9	25,4	13,7	13,8

Tableau 2.5.6 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône Béard en 2009

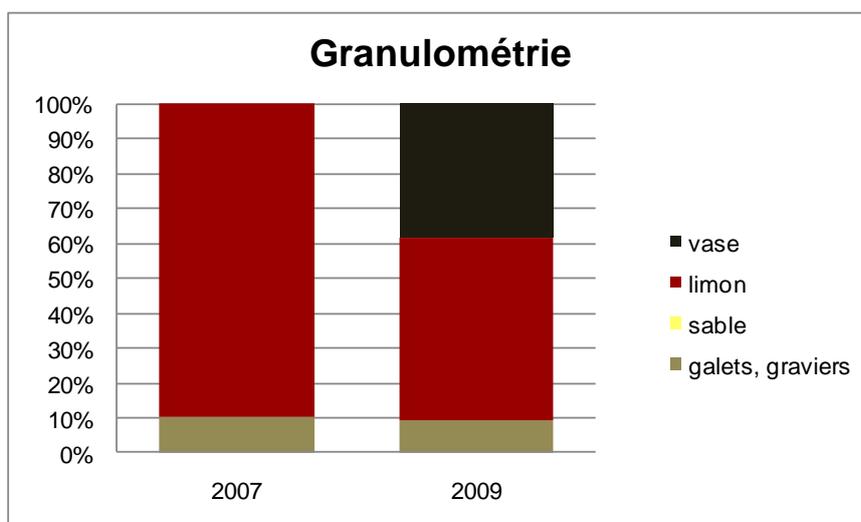


Figure 2.5.5 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône Béart

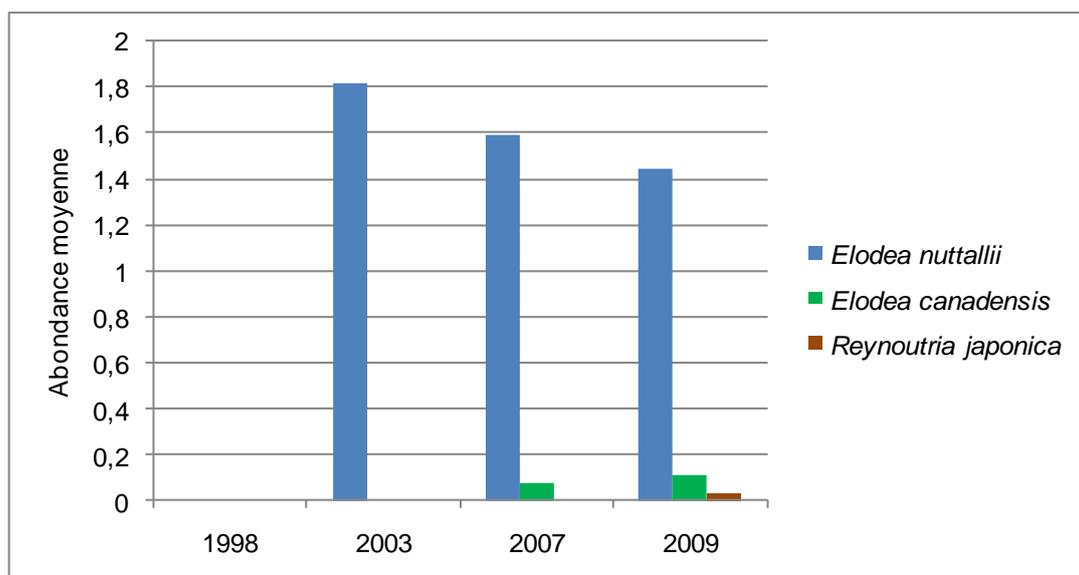


Figure 2.5.6 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône Béart

Lône des Luisettes

En 2009 :

- Richesse spécifique : 26 espèces
- espèces dominantes : *Elodea nuttallii*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions mésotrophes** et **d'apports phréatiques importants**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations moyen** et la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum*, espèce protégée en région Rhône-Alpes.

	1998		2003		2007		2009
Potamogeton pectinatus	1,43	Elodea nuttallii	1,22	Potamogeton natans	0,74	Elodea nuttallii	1,51
Chara vulgaris var. vulgaris	1,05	potamogeton nodosus	1,02	Elodea nuttallii	0,59	Potamogeton natans	1,11
Elodea canadensis	0,78	Characées	0,90	Myriophyllum spicatum	0,33	potamogeton pectinatus	0,28
algues filamenteuses (surface)	0,76	Potamogeton pectinatus	0,90	Myriophyllum verticillatum	0,30	Lemna minor	0,23
Myriophyllum spicatum	0,54	Groenlandia densa	0,39	Potamogeton pectinatus	0,28	Phalaris arundinacea	0,23
Groenlandia densa	0,49	algues filamenteuses	0,37	Characées	0,15	algues filamenteuses	0,19
Phalaris arundinacea	0,38	Lemna minor	0,24	Ceratophyllum demersum	0,09	Groenlandia densa	0,19
Myriophyllum verticillatum	0,35	Myriophyllum spicatum	0,22	Groenlandia densa	0,09	Potamogeton pusillus	0,19
Callitriche platycarpa	0,27	Phalaris arundinacea	0,15	Phalaris arundinacea	0,07	Carex sp.	0,15
Potamogeton natans	0,24	Potamogeton pusillus	0,15	Callitriche sp.	0,04	Callitriche platycarpa	0,13
Ranunculus circinatus	0,19	Myriophyllum verticillatum	0,12	Lemna minor	0,04	Phragmites australis	0,13
Alisma plantago-aquatica	0,19	Alisma plantago-aquatica	0,10	Phragmites australis	0,02	Ceratophyllum demersum	0,09
Potamogeton crispus	0,11	Ceratophyllum demersum	0,10	Potamogeton crispus	0,02	Eleocharis acicularis	0,09
Phragmites australis	0,11	Eleocharis acicularis	0,10			Chara sp.	0,06
Ceratophyllum demersum	0,05	Potamogeton crispus	0,10			Nasturtium officinale	0,06
Berula erecta	0,03	Callitriche sp.	0,05			Sparganium emersum	0,06
Carex sp.	0,03	Nasturtium officinale	0,05			Impatiens glandulifera	0,04
Lysimachia vulgaris	0,03	Phragmites australis	0,05			Lemna trisulca	0,04
Typha latifolia	0,03	Potamogeton perfoliatus	0,05			Veronica beccabunga	0,04
		Ranunculus trichophyllus	0,05			Alisma plantago-aquatica	0,02
		Veronica beccabunga	0,05			Eleocharis palustris	0,02
		Berula erecta	0,02			Glyceria fluitans	0,02
		Carex sp.	0,02			Myriophyllum spicatum	0,02
		Eleocharis palustris	0,02			Myriophyllum verticillatum	0,02
		Mentha aquatica	0,02			Ranunculus circinatus	0,02
		Typha latifolia	0,02			Zannichellia palustris	0,02
		Zannichellia palustris	0,02				
Richesse spécifique	19		27		13		26
Nombre d'espèces protégées	0		1		0		1
Nombre d'espèces invasives	1		1		1		2

Tableau 2.5.7 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône des Luisettes en 1996, 2003, 2007 et 2009

Rappel de l'évolution

La diminution du nombre d'espèces indicatrices d'apports phréatiques suggère une baisse du débit phréatique par colmatage du sédiment. Cette tendance est confirmée par l'augmentation de la part de limons dans le substrat entre 2003 et 2007, au détriment de la charge grossière, et par l'augmentation de la proportion d'espèces tolérantes à l'alluvionnement dans le peuplement végétal. Une espèce invasive, *Elodea nuttalli*, est devenue dominante en 2007. Conformément aux prévisions formulées dans le rapport de 2004, il semble donc que le curage n'ait pas eu d'impact positif sur le fonctionnement de la zone humide et la biodiversité, mais au contraire, il pourrait avoir modifié le profil d'équilibre de la zone humide, favorisant ainsi l'alluvionnement.

Analyse et discussion

La richesse spécifique augmente de manière importante entre 2007 et 2009 et l'on observe un changement de dominance en faveur d'*Elodea nuttalli*, *Potamogeton natans* étant relayé à la seconde place (tableau 2.5.7).

Plusieurs espèces témoignant d'apports phréatiques réapparaissent (*Eleocharis acicularis*, *Nasturtium officinale*, *sparganium emersum...*), et celles déjà présentes augmentent en abondance par rapport à 2007 (*Potamogeton natans*, *Groenlandia densa*, *Callitriche platycarpa*), ce qui suggère une meilleure connexion au milieu (Tableau 2.5.8).

La progression et l'association de *Phalaris arundinacea* et de *Phragmites australis* militent en faveur de processus d'alluvionnement, tendance se confirmant par l'augmentation de la part de limons dans le substrat, au détriment de la charge grossière (21% de limon en 2007 à 54.5% de limon en 2009, Figure 2.5.7), ce phénomène est plutôt marqué à l'amont de la lône (zone restaurée).

L'augmentation des échanges phréatiques avec les aquifères ont probablement permis le maintien des conditions trophiques mésotrophes, mais le débit ne semble pas assez important pour limiter les phénomènes d'alluvionnement. L'apparition d'espèces intolérantes à l'alluvionnement (*Veronica beccabunga*, *Eleocharis acicularis*) indique toutefois que l'ampleur du phénomène n'est pas généralisée à toute la lône. Les perturbations par les crues et l'alimentation en eaux souterraines ne semblent pas avoir la même intensité à différents niveaux du profil en long, une comparaison de l'amont et l'aval en termes de fonctionnement écologique apporterait plus de précisions.

Dans l'ensemble, il est difficile de conclure quant aux effets du curage, l'évolution du cortège floristique étant encore trop instable d'une année sur l'autre pour constater un changement de fonctionnement.

L'espèce introduite *Elodea nuttalli* est également en progression dans cette lône (Figure 2.5.8).

2009	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>Elodea nuttallii</i>	1,51	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Potamogeton natans</i>	1,11	2	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	1	1
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,28	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Lemna minor</i>	0,23	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,23	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
algues filamenteuses	0,19											
<i>Groenlandia densa</i>	0,19	2	3	0	0	2	0	0	2	3	3	2
<i>Potamogeton pusillus</i>	0,19	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2
<i>Carex sp.</i>	0,15											
<i>Callitriche platycarpa</i>	0,13	0,5	2	2	2	1	0	0,5	2	3	2	0,5
<i>Phragmites australis</i>	0,13	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,09	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Eleocharis acicularis</i>	0,09	2	3	0,5	0,5	1	0	0	2	3	2	0
<i>Chara sp.</i>	0,06											
<i>Nasturtium officinale</i>	0,06	2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	0
<i>Sparganium emersum</i>	0,06	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Impatiens glandulifera</i>	0,04											
<i>Lemna trisulca</i>	0,04	0	2	2	2	1	0	2	3	2	0	0
<i>Veronica beccabunga</i>	0,04	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,02	0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Eleocharis palustris</i>	0,02											
<i>Glyceria fluitans</i>	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,02	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,02	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Ranunculus circinatus</i>	0,02	2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	2
<i>Zannichellia palustris</i>	0,02	0	2	2	0	1	0	0	2	0	0	0
Diagnostic écologique		3,7	9,1	6,2	6,2	3,1	0,6	3,1	6,1	9,7	8,0	7,2

Tableau 2.5.8 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône des Luisettes

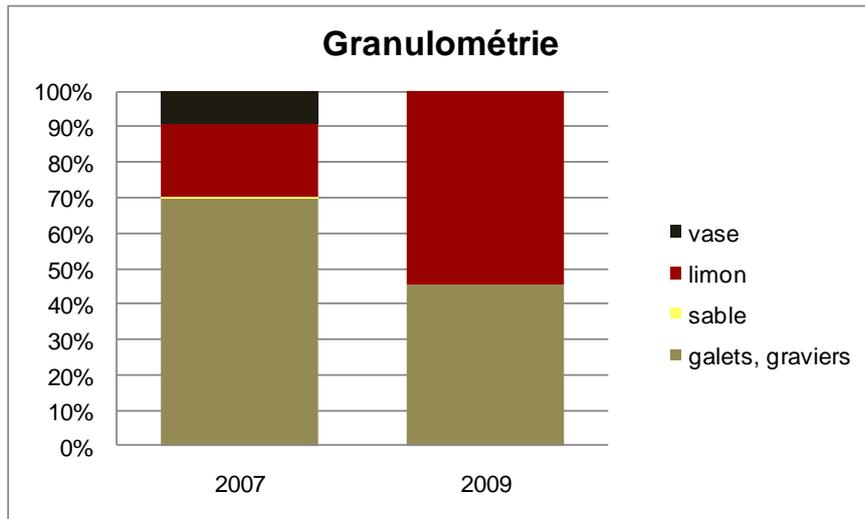


Figure 2.5.7 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône des Luisettes

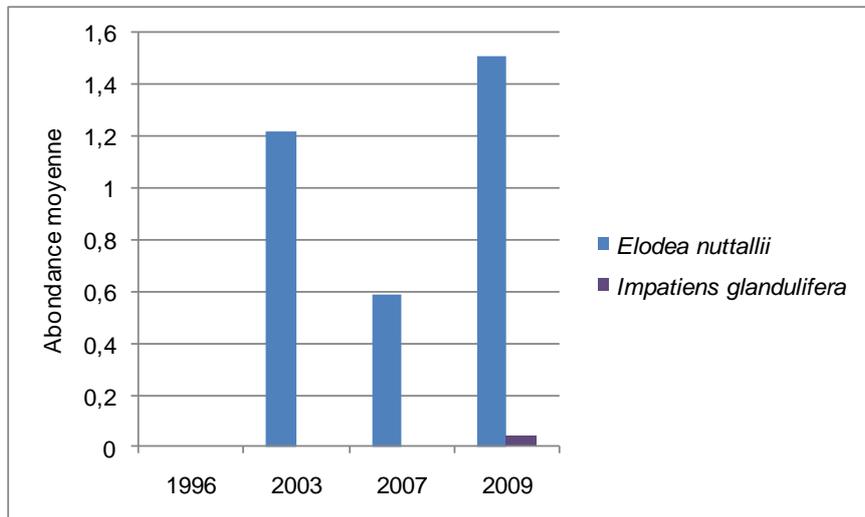


Figure 2.5.8 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône des Luisettes

2.5.3.2 Secteur de Péage-de-Roussillon

En raison du démarrage prévu des travaux de restauration de deux lînes de ce secteur, la **lîne de la Boussarde** a été échantillonnée en 2009 (réalisation de l'état initial). Finalement, le projet de restauration de cette lîne a été reporté à une date ultérieure. Les autres lînes ont été échantillonnées en 2008.

Lîne de la Boussarde

	1996		2009
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2,00	<i>Ceratophyllum demersum</i>	3,08
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1,31	<i>Spirodela polyrrhiza</i>	1,62
<i>Lemna minor</i>	1,00	algues vertes	1
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	1,00	<i>Lemna minor</i>	1
<i>Najas marina</i>	0,46	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,92
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,23	<i>Lemna minuscula (= minuta)</i>	0,85
<i>Veronica beccabunga</i>	0,23	<i>Elodea nuttallii</i>	0,62
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,15	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,38
<i>Myosotis scorpioides</i>	0,08	<i>Najas marina</i>	0,38
<i>Phragmites australis</i>	0,08	<i>Vallisneria spiralis</i>	0,31
<i>Polygonum mite</i>	0,08	<i>Carex</i> sp.	0,08
<i>Potamogeton crispus</i>	0,08	<i>potamogeton pectinatus</i>	0,08
<i>Potamogeton pusillus</i>	0,08	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	0,08
<i>Potamogeton trichoides</i>	0,08		
Richesse spécifique	14		13
Nombre d'espèces protégées	1		1
Nombre d'espèces invasives	0		2

Tableau 5.2.9 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lîne de la Boussarde en 1996 et 2009

En 2009 :

- Richesse spécifique : 13
- espèces dominantes : *Ceratophyllum demersum*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes à hyper-eutrophes et d'aucun apport phréatique**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et la présence d'important **processus d'alluvionnement**
- présence de *Najas marina*, espèce protégée en région Rhône-Alpes.

Rappel des conclusions du rapport de 1996

Henry & Amoros (1996) concluaient à une lône eutrophe, à eau permanente et à perturbations plutôt fréquentes et/ou intenses. Le casier aval et celui situé au centre étaient fréquemment perturbés par les crues (40 jours/an), alors que le casier amont l'était un peu moins (25 jours/an).

L'ensemble de la lône ayant une durée de vie potentielle élevée, une éventuelle restauration n'était donc pas à prévoir dans ce cas. Seul le léger envasement à l'extrémité amont permettait d'envisager des opérations de curage de ce plan d'eau.

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009, les espèces caractéristiques de milieux eutrophes ont augmenté (*Ceratophyllum demersum*, *Spirodela polyrrhiza*, *Lemna minor*, Tableau 5.2.10) dans les trois plans d'eau, et deux espèces invasives sont apparues (*Eleodea nuttallii* et *Lemna minuscula*, Figure 5.2.10).

Si les conditions de perturbations restent à un niveau élevé (*Potamogeton nodosus*, *Najas marina*, *Vallisneria spiralis*, Tableau 5.2.10), les phénomènes d'alluvionnement ont progressé (disparition de *Veronica beccabunga*, Tableau 5.2.9), la part de limons déjà dominante en 1996 (50,1%) recouvre la majeure partie de la zone en 2009 (84,6%, Figure 5.2.9).

Le fonctionnement de la lône n'a pas évolué et sa richesse spécifique reste faible. Les perturbations par les crues trop intenses et/ou trop fréquentes ne permettent pas la colonisation par d'autres espèces.

Les processus d'alluvionnement ont progressé, certainement favorisés par le bouchon alluvial amont d'une part, et le manque de renouvellement des eaux d'autre part.

Du fait de la profondeur en eau et des fortes perturbations, l'espérance de vie de cette lône reste potentiellement élevée, et selon les préconisations du rapport de 1996 un curage est toujours envisagé. Cependant, cette restauration risque de favoriser le développement de l'espèce invasive *Elodea nuttallii* déjà présente (Figure 5.2.10).

2009	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>	3,08	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	1,62	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
algues vertes	1											
<i>Lemna minor</i>	1	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,92	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Lemna minuscula (= minuta)</i>	0,85											
<i>Elodea nuttallii</i>	0,62	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,38	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Najas marina</i>	0,38	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,31	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Carex sp.</i>	0,08											
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,08	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	0,08	0	0	2	0	1	0	0	0	0,5	0	2
Richesse spécifique	13											
Diagnostic écologique		2,3	5,3	17,4	22,2	0,1	5,5	6,7	9,7	11,0	13,8	12,1

Tableau 5.2.10 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône de la Boussarde

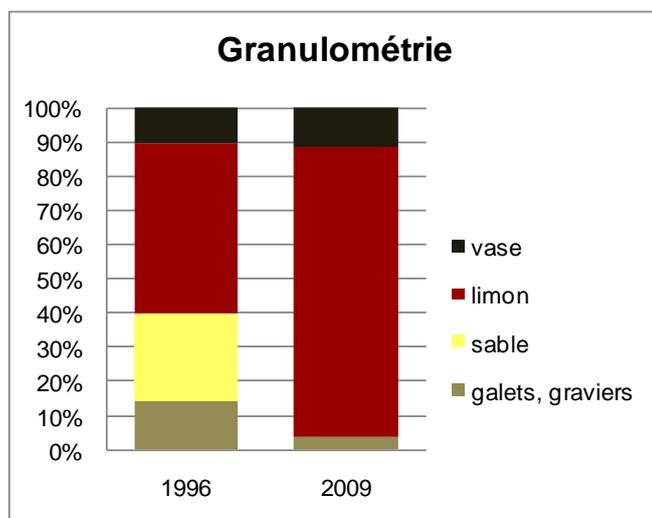


Figure 5.2.9 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de la Boussarde

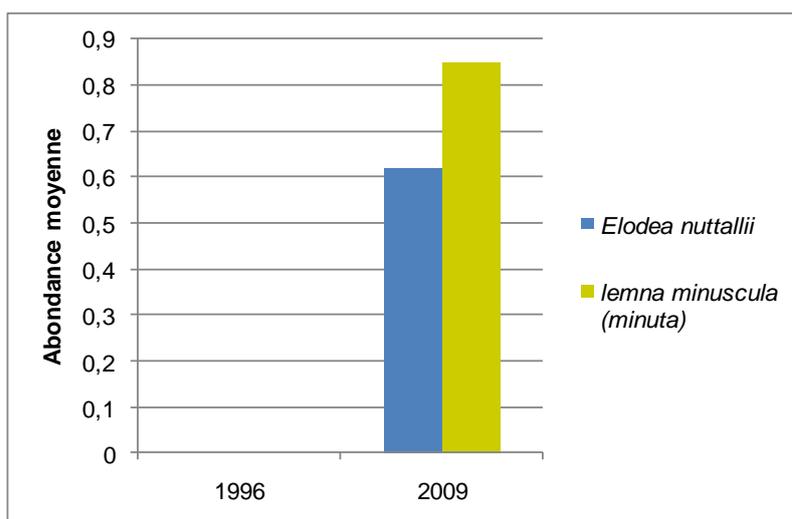


Figure 5.2.10 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône de la Boussarde

2.5.3.3 Secteur de Montélimar

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

Lône de la Barcasse

	1996		2009
<i>Lemna minor</i>	4,44	<i>Lemna minuscula (= minuta)</i>	2,65
<i>Lemna gibba</i>	0,78	<i>Lemna gibba</i>	1,82
		<i>Acer negundo</i>	0,06
		<i>Amorpha fruticosa</i>	0,06
		<i>Arundo donax</i>	0,06
		<i>Bidens tripartita</i>	0,06
		<i>Glyceria maxima</i>	0,06
Richesse spécifique	2		7
Nombre d'espèces protégées	0		0
Nombre d'espèces invasives	0		3

Tableau 2.5.11 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône de la Barcasse en 1996 et 2009

En 2009 :

- Richesse spécifique : 7
- espèces dominantes : *Lemna minuscula (minuta)*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions hyper-eutrophes** et **d'aucun apport phréatique**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations faible** et de l'absence de **processus d'alluvionnement**

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La lône de faible sinuosité, réduite à un plan d'eau alimenté par une station d'épuration, associée à l'absence d'hydrophytes fixées et d'hélophytes, ainsi que les caractéristiques des deux espèces non fixées rencontrées (*Lemna minor* et *Lemna gibba*), suggèrent un niveau trophique hyper-eutrophe et un niveau d'eau permanent, mais peu perturbée par les crues.

Henry & Amoros concluait qu'en l'absence d'apports d'eau souterraine, la durée de vie potentielle de ce plan d'eau et ses potentialités de restauration seraient faibles.

Analyse et discussion

Le peuplement dominant, composé principalement de 2 espèces non fixées (*Lemna minuscula* et *Lemna minor*) associé à l'absence d'hydrophytes fixées et d'hélophytes, témoigne principalement de conditions hyper-eutrophes (Tableau 2.5.11 & 2.5.12) et d'un niveau d'eau permanent. Rappelons que la lône est alimentée par le rejet d'une station d'épuration.

Du fait du faible nombre d'espèces descripteurs de la dynamique de la lône, l'analyse se base sur le profil granulométrique et la connaissance du terrain.

La lône garde le même fonctionnement qu'en 1996 en l'absence de restauration. De plus, on observe que la part de limon a diminué au profit de l'accumulation de vase (Figure 2.5.11), provoquée vraisemblablement par une forte production de matière organique et de l'absence d'auto-entretien par les crues.

Les potentialités de restauration et la durée de vie restent faibles.

L'espèce invasive *Lemna minuscula* est bien implantée (figure 2.5.12).

2009	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>Lemna minuscula</i>	2,65											
<i>Lemna gibba</i>	1,82	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Acer negundo</i>	0,06											
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,06											
<i>Arundo donax</i>	0,06											
<i>Bidens tripartita</i>	0,06	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Glyceria maxima</i>	0,06											
Richesse spécifique	7											
Diagnostic écologique		0,0	0,0	3,8	3,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	5,6	0,0

Tableau 2.5.12 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône de la Barcasse

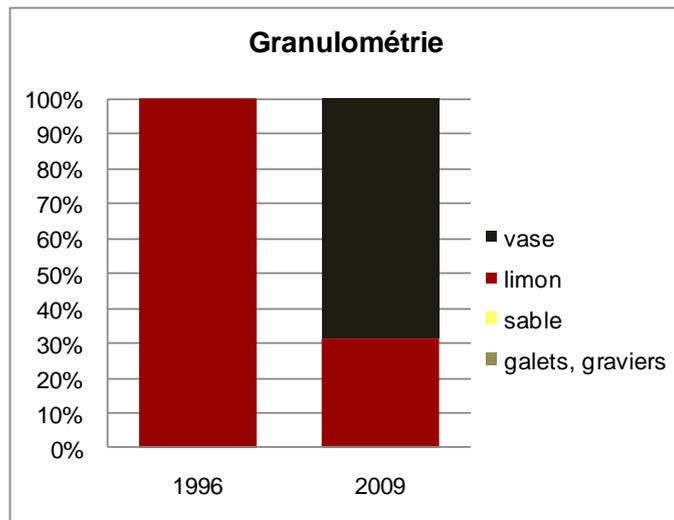


Figure 2.5.11 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de la Barcasse

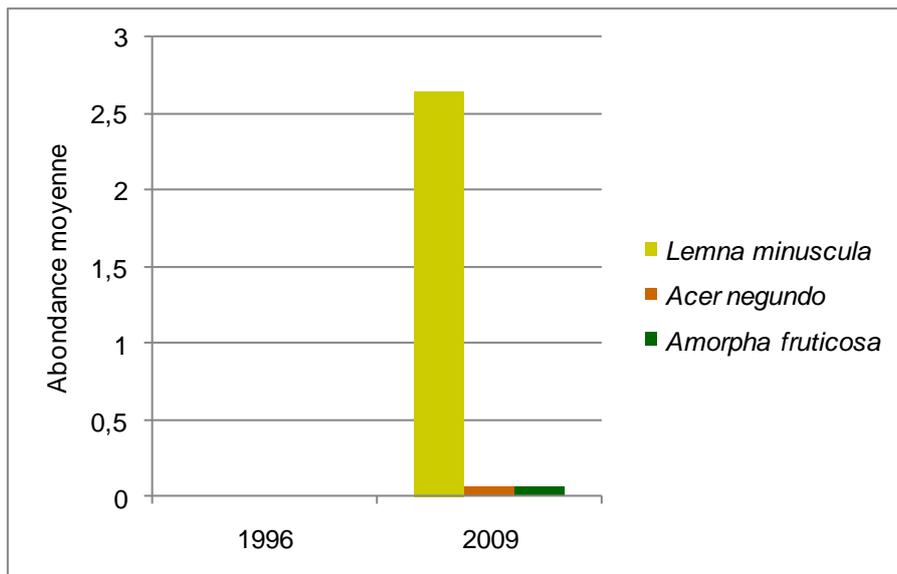


Figure 2.5.12 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône de la Barcasse

Lône de la Roussette

	1996		2009
<i>Lemna minor</i>	3,15	<i>Lemna minuscula (= minuta)</i>	2,13
<i>Ranunculus circinatus</i>	1,40	algues fil (<i>Spirogyra</i> sp.)	2,03
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,35	<i>Elodea nuttallii</i>	1,94
<i>Azolla filiculoides</i>	1,28	<i>Callitriche stagnalis</i>	0,61
<i>spirodela polyrrhiza</i>	1,25	<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,42
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1,10	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,19
algues filamenteuses (surf.)	0,73	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,16
<i>Callitriche</i> sp.	0,73	<i>Lemna minor</i>	0,16
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,60	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,16
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,53	<i>Polygonum hydropiper</i>	0,10
algues filamenteuses (bent.)	0,48	<i>potamogeton pectinatus</i>	0,10
<i>Sparganium emersum</i>	0,33	<i>Sparganium emersum</i>	0,06
<i>Myosotis scorpioides</i>	0,20	<i>Lysimachia nummularia</i>	0,03
<i>Lemna gibba</i>	0,15	<i>Lyhrum salicaria</i>	0,03
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,15		
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,13		
<i>Rorippa amphibia</i>	0,10		
<i>Nuphar lutea</i>	0,08		
<i>Eleodea canadensis</i>	0,05		
<i>Carex</i> sp.	0,03		
<i>Groenlandia densa</i>	0,03		
<i>Iris pseudacorus</i>	0,03		
<i>Potamogeton crispus</i>	0,03		
<i>Potamogeton pusillus</i>	0,03		
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	0,03		
Richesse spécifique	25		14
Nombre d'espèces protégées	1		1
Nombre d'espèces invasives	1		2

Tableau 2.5.13 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône de la Roussette en 1996 et 2009

En 2009 :

- Richesse spécifique : 14
- espèces dominantes : *Lemna minuscula (minuta)* et algues filamenteuses
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes à hyper-eutrophes** et **d'aucun apport phréatique**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum*, espèce protégée en région Rhône-Alpes

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La lône (divisée en 3 plans d'eau connectés entre eux) est en communication avec le Rhône court-circuité à l'aval mais isolée à l'amont par une grande portion de chenal exondée en étiage. La végétation indique une permanence des eaux, mais malgré un écoulement sensible en étiage, les sédiments sont presque exclusivement limoneux dans l'ensemble de la lône. Les espèces présentes suggèrent un milieu nettement eutrophe soumis aux processus d'alluvionnement lors des crues du fleuve (par reflux à l'aval de la lône, ou par débordement) et alimenté par des apports d'eau souterraine, en particulier à l'aval.

Grâce à la permanence de l'eau, la durée de vie potentielle du grand plan d'eau échantillonné dans cette lône est intermédiaire. Les potentialités de restauration seraient faibles à intermédiaires.

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009 on assiste à un changement de dominance en faveur de plantes invasives (*Lemna minuscula*, *Elodea nuttallii*), ainsi que d'une forte diminution de la richesse spécifique (Tableau 2.5.13). Le peuplement dominant indique un milieu eutrophe à hyper-eutrophe (Tableau 2.5.14), conditions favorisées par la déconnexion en amont, la formation de bouchon alluvial en aval, et de l'absence de renouvellement d'eau. La majorité des espèces témoignant d'apports phréatiques ont disparu (*Ranunculus circinatus*, *Azolla filiculoides*, *Myosotis scorpioides*, et *Sparganium emersum* est devenu sporadique, Tableau 2.5.13) aux profits d'un peuplement témoignant d'un milieu colmaté par des sédiments (Figure 2.5.13) et fortement perturbé par l'amplification des processus d'alluvionnement.

La chute de la diversité floristique, les forts processus d'alluvionnement, associés à la diminution de la hauteur d'eau moyenne de la lône (0,64 cm en 1996 et 0,25 cm en 2009) suggèrent un atterrissement progressif. En effet, plusieurs points du transect ne sont plus en eau et la déconnexion au fleuve accentue le comblement de la zone humide en supprimant l'action des crues décapantes.

Le potentiel de restauration serait toujours faible à intermédiaire et la durée de vie reste intermédiaire du fait de l'existence d'eau souterraine.

Les deux espèces exotiques dominantes à surveiller sont *Elodea nuttallii* et *Lemna minuscula* (Figure 2.5.14)

2009	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>Lemna minuscula</i>	2,13											
algues fil (<i>Spirogyra</i> sp.)	2,03											
<i>Elodea nuttallii</i>	1,94	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Callitriche stagnalis</i>	0,61											
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,42	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,19	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,16	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Lemna minor</i>	0,16	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,16	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,10	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,10	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Sparganium emersum</i>	0,06	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Lysimachia nummularia</i>	0,03	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Lythrum salicaria</i>	0,03	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
Richesse spécifique	14											
Diagnostic écologique		0,8	5,3	6,9	7,2	0,1	0,6	1,3	2,2	6,1	6,7	5,9

Tableau 2.5.14 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône de la Roussette

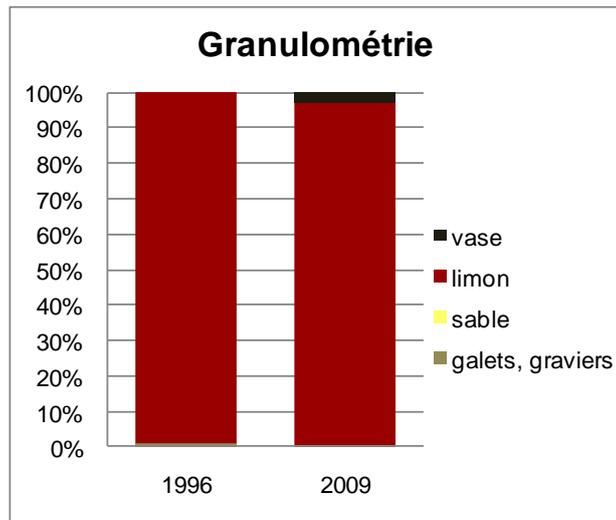


Figure 2.5.13 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de la Roussette

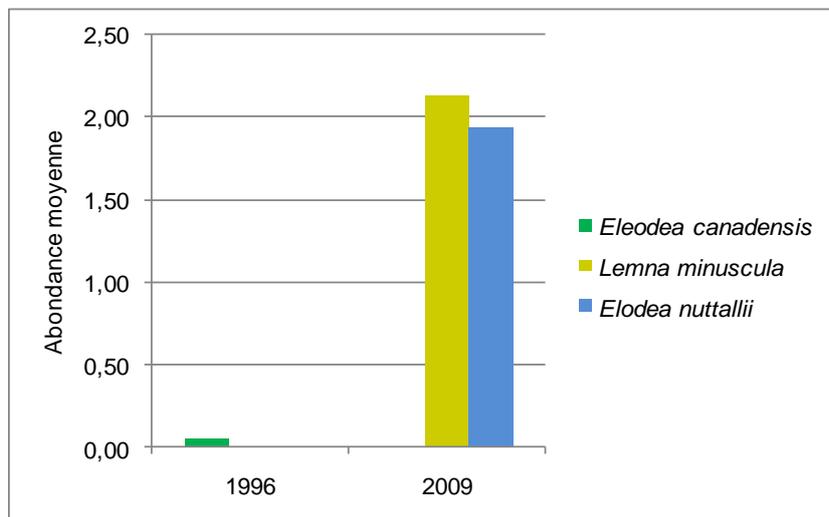


Figure 2.5.14 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône de la Roussette

2.5.3.4 Secteur de Donzère-Mondragon

La date de restauration des lônes de ce secteur est encore inconnue. L'échantillonnage réalisé en 2009 a pour objectif de caractériser l'état initial avant restauration.

Lône de Malaubert

En 2009 :

- Richesse spécifique : 35
- espèces dominantes : *Elodea nuttallii*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes à hyper-eutrophes et de faibles apports phréatiques**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Najas marina* et *Utricularia vulgaris* espèces protégées en région Rhône-Alpes

Rappel des conclusions du rapport de 1996

Cette lône, faiblement sinueuse, est déconnectée du Rhône court-circuité à l'extrémité amont par une digue longitudinale, mais connectée à l'extrémité aval par un ouvrage qui rehausse le niveau d'eau dans la lône. La dominance des sédiments limoneux ou localement vaseux, ainsi que la richesse et l'abondance faibles des plantes fixées (3 espèces non fixées dominant nettement dans pratiquement toute la partie en eau), ou encore le cortège floristique indiquent que cette lône correspond à un milieu eutrophe permanent et soumis à des processus d'alluvionnement lors des crues du fleuve. L'alimentation par la Berre, mais surtout par le fleuve par percolation sous la digue à l'extrémité amont, suggère des apports d'eau souterraine.

Malgré la remise en eau de la partie aval de la lône en 1993, Henry & Amoros concluaient d'une durée de vie potentielle intermédiaire et de potentialités de restauration faibles à intermédiaires.

	1996		2009
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2,85	<i>Elodea nuttallii</i>	1,66
<i>Lemna minor</i>	2,49	<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,43
<i>Potamogeton nodosus</i>	1,57	<i>potamogeton pectinatus</i>	0,88
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	1,36	<i>Ludwigia peploides</i>	0,81
algues filamenteuses (bent.)	1,09	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,79
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,85	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,61
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,81	algues fil. type <i>Cladophora</i>	0,58
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,53	<i>Lemna minuscula (= minuta)</i>	0,53
<i>Sparganium emersum</i>	0,51	<i>Sparganium emersum</i>	0,36
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,28	<i>Amorpha fruticosa</i>	0,28
<i>Chara sp.</i>	0,15	<i>Vallisneria spiralis</i>	0,16
<i>Typha latifolia</i>	0,15	<i>Callitriche stagnalis</i>	0,13
<i>Salix alba</i>	0,13	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0,11
<i>Sparganium erectum</i>	0,13	<i>Chara sp.</i>	0,09
<i>Iris pseudacorus</i>	0,11	algue cyano type <i>Oscillatoria</i>	0,07
<i>Lycopus europaeus</i>	0,11	<i>Lemna minor</i>	0,07
<i>Phragmites australis</i>	0,11	<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,07
<i>Callitriche sp.</i>	0,09	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,04
<i>Carex sp.</i>	0,08	<i>Berula erecta</i>	0,03
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,06	<i>Carex sp.</i>	0,03
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,06	<i>Iris pseudacorus</i>	0,03
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0,06	<i>Riccia fluitans</i>	0,03
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,04	<i>Utricularia vulgaris</i>	0,03
<i>Lythrum salicaria</i>	0,04	algues fil. type <i>Spirogyra</i>	0,02
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,04	<i>Lythrum salicaria</i>	0,02
<i>Najas marina</i>	0,04	<i>Najas marina</i>	0,02
<i>Nymphaea alba</i>	0,04	<i>Phalaris arundinacea</i>	0,02
<i>Zannichellia palustris</i>	0,04	<i>Phragmites australis</i>	0,02
<i>Berula erecta</i>	0,02	<i>Veronica beccabunga</i>	0,02
<i>Cyperus eragrostis</i>	0,02	<i>Bidens tripartita</i>	0,01
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0,02	<i>Leersia oryzoides</i>	0,01
<i>Nasturtium officinale</i>	0,02	<i>Mentha spicata</i>	0,01
<i>Potamogeton crispus</i>	0,02	<i>Nasturtium officinale</i>	0,01
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	0,02	<i>Polygonum hydropiper</i>	0,01
<i>Scrophularia auriculata</i>	0,02	<i>Potamogeton crispus</i>	0,01
Richesse spécifique	35		35
Nombre d'espèces protégées	4		4
Nombre d'espèces invasives	1		4

Tableau 2.5.15 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône de Malaubert en 1996 et 2009

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009, on assiste à un changement de dominance en faveur d'espèces invasives (*Elodea nuttallii*, *Ludwigia peploides*, Tableau 2.5.15) et d'espèces fixées. En revanche, les conditions trophiques semblent inchangées, le peuplement dominant témoignant toujours d'un niveau eutrophe à hyper-eutrophe (Tableau 2.5.16).

La diminution d'espèces caractéristiques d'échanges phréatiques (*Sparganium emersum* et disparition de *Ranunculus trichophyllus*) suggère un niveau de connexion faible avec les eaux souterraines. Le milieu semble toujours soumis à des processus d'alluvionnement pendant les crues, la part de limon ayant légèrement augmenté par rapport à 1996 (Figure 2.5.15), mais la part totale en substrat fin (vase et limon) a diminué au profit d'une granulométrie plus grossière (galet, gravier) témoin de zones où la vitesse du courant est plus importante.

Le fonctionnement de la lône ne semble pas avoir évolué en l'absence d'actions de restauration. En revanche, le milieu semble un peu plus courant, les espèces non fixées ayant disparu ou diminué en faveur d'espèces fixées caractéristiques de zones courantes soumises à un niveau de perturbation élevé (*Potamogeton pectinatus*, *Vallisneria spiralis*...).

Les conditions régnant actuellement dans la lône sont proches de celles existant en 1996, la durée de vie potentielle de cette lône reste alors intermédiaire, et ses potentialités de restauration sont faibles à intermédiaires.

Quatre espèces introduites sont bien présentes dans cette lône (dont la jussie) (Figure 2.5.16).

2009	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>Elodea nuttallii</i>	1,66	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,43	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,88	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Ludwigia peploides</i>	0,81											
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,79	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,61	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
algues fil. type <i>Cladophora</i>	0,58											
<i>Lemna minuscula (= minuta)</i>	0,53											
<i>Sparganium emersum</i>	0,36	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,28											
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,16	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Callitriche stagnalis</i>	0,13											
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0,11	0	0	2	2	1	0	3	0	0	0	0
<i>Chara sp.</i>	0,09											
algue cyano type <i>Oscillatoria</i>	0,07											
<i>Lemna minor</i>	0,07	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,07	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,04	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Berula erecta</i>	0,03	3	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	3	2
<i>Carex sp.</i>	0,03											
<i>Iris pseudacorus</i>	0,03	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Riccia fluitans</i>	0,03	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,03	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0
algues fil. type <i>Spirogyra</i>	0,02											
<i>Lythrum salicaria</i>	0,02	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>Najas marina</i>	0,02	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,02	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Phragmites australis</i>	0,02	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Veronica beccabunga</i>	0,02	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
<i>Bidens tripartita</i>	0,01	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Leersia oryzoides</i>	0,01											
<i>Mentha spicata</i>	0,01											
<i>Nasturtium officinale</i>	0,01	2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	0
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,01	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Potamogeton crispus</i>	0,01	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
Richesse spécifique	35											
Diagnostic écologique		2,8	9,2	14,2	15,7	1,0	3,2	3,0	6,2	9,8	13,3	13,6

Tableau 2.5.16 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône Malaubert

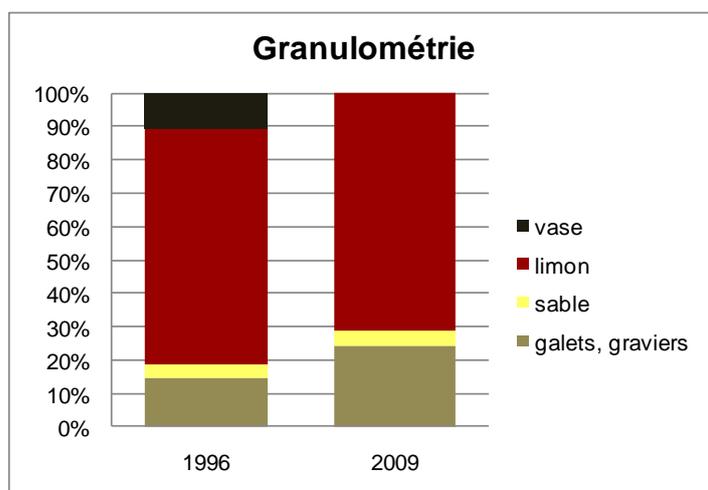


Figure 2.5.15 : Pourcentage de recouvrement du substrat sur la lône de Malaubert

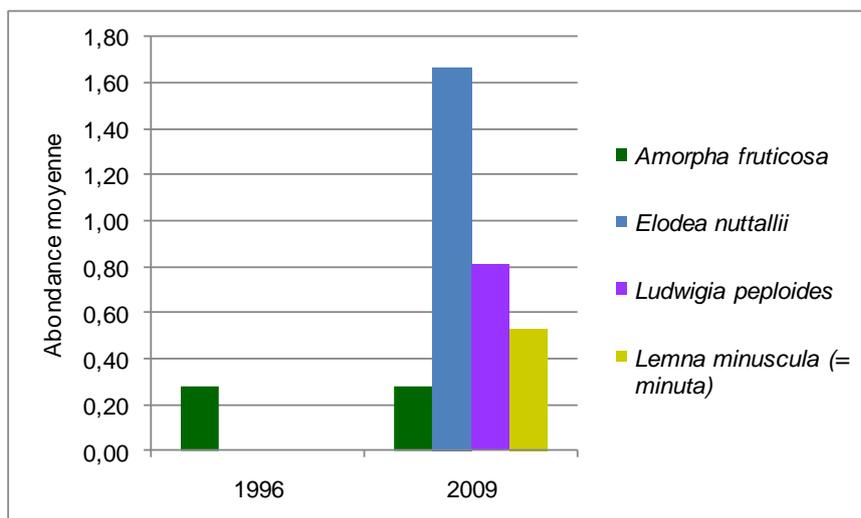


Figure 2.5.16 : Abondances moyennes des plantes invasives de la lône Malaubert

Bras secondaire de la lône Malaubert

En 2009 :

- Richesse spécifique : 6
- espèce dominante : *Elodea nuttallii*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes et de faibles apports phréatiques**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations intermédiaire à fort** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum*, *Najas marina* espèces protégées en région Rhône-Alpes

	1996		2009
<i>Lemna minor</i>	3,67	<i>Elodea nuttallii</i>	3,33
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	2,17	<i>Amorpha fruticosa</i>	1,67
<i>Polygonum hydropiper</i>	1,00	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,67
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,67	<i>Egeria densa</i>	0,33
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,33	<i>Najas marina</i>	0,33
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,33	<i>Sparganium emersum</i>	0,33
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,17		
<i>Lycopus europaeus</i>	0,17		
<i>Lysimachia vulgaris</i>	0,17		
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,17		
Richesse spécifique	10		6
Nombre d'espèces protégées	0		2
Nombre d'espèces invasives	1		3

Tableau 2.5.17 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans le bras secondaire de Malaubert en 1996 et 2009

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La très faible sinuosité de ce bras secondaire, constitué d'une petite anse de communication avec la lône par son extrémité amont, la présence de sédiments fins limoneux, ainsi que la richesse et l'abondance très faible des plantes fixées (1 seule espèce), alors que 2 espèces non fixées dominent nettement, indiquent que cette anse correspond à un milieu nettement eutrophe, sans apport d'eau souterraine, vraisemblablement soumis aux processus d'alluvionnement. La profondeur très faible et la présence d'une seule espèce d'hydrophyte à l'extrémité amont suggèrent que ce petit bras secondaire pourrait ne pas être permanent, malgré la remise en eau de la partie terminale de la lône Malaubert.

Si ce bras s'exonde périodiquement, sa durée de vie potentielle serait faible, et ses potentialités de restauration seraient faibles à intermédiaires.

Analyse et discussion

Il est difficile de comparer cette lône entre 1996 et 2009, car le linéaire prospecté est moins important en 2009 (70 m en 2009 et 180 m en 1996). Cependant, il est possible d'apporter quelques précisions concernant son fonctionnement.

Le milieu est représenté majoritairement par des plantes invasives (*Elodea nuttallii*, *Amorpha fruticosa*, et *Egeria densa*, Tableau 2.5.17 et Figure 2.5.18) et une espèce indique la présence probable de très faibles apports phréatiques (*Sparganium emersum*, Tableau 2.5.18). Le peuplement dominant indique un milieu perturbé principalement par des phénomènes d'alluvionnement et nettement eutrophes (*Ceratophyllum demersum*, *Najas marina*, Tableau 2.5.18). Le substrat dominant est de type limoneux (Figure 5.2.17).

Le peu d'espèces, aussi bien en fréquences qu'en abondances, ainsi que la forte domination d'*Elodea nuttallii* témoignent d'un milieu fortement perturbé. En l'état actuel des connaissances et en l'absence de données plus précises sur l'évolution du niveau de l'eau, on conservera les prédictions faites dans le rapport de 1996 concernant la durée de vie potentielle et les potentialités de restauration de la lône estimées respectivement de faibles et de faibles à intermédiaires.

2009	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>Elodea nuttallii</i>	3,33	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Amorpha fruticosa</i>	1,67											
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,67	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Egeria densa</i>	0,33											
<i>Najas marina</i>	0,33	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Sparganium emersum</i>	0,33	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
Richesse spécifique	6											
Diagnostic écologique		1,3	8,2	9,3	9,5	0,7	1,0	0,7	2,3	9,0	9,0	9,3

Tableau 2.5.18 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique du bras secondaire de la lône Malaubert

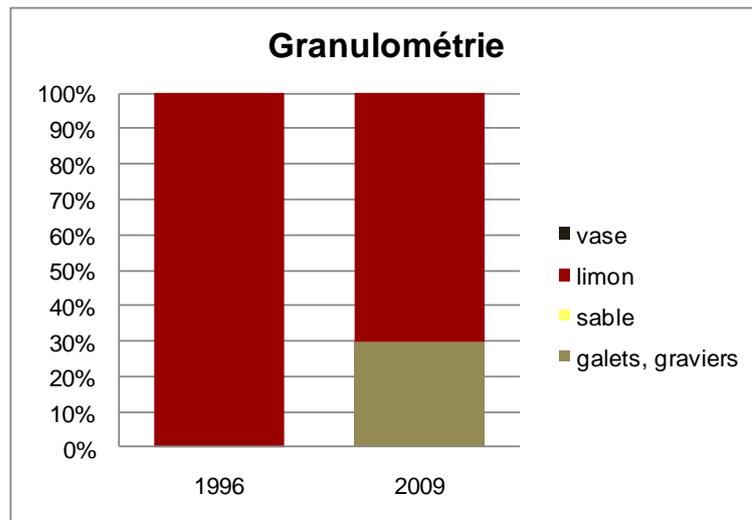


Figure 2.5.17 : Pourcentage de recouvrement du substrat du bras secondaire de la lône Malaubert

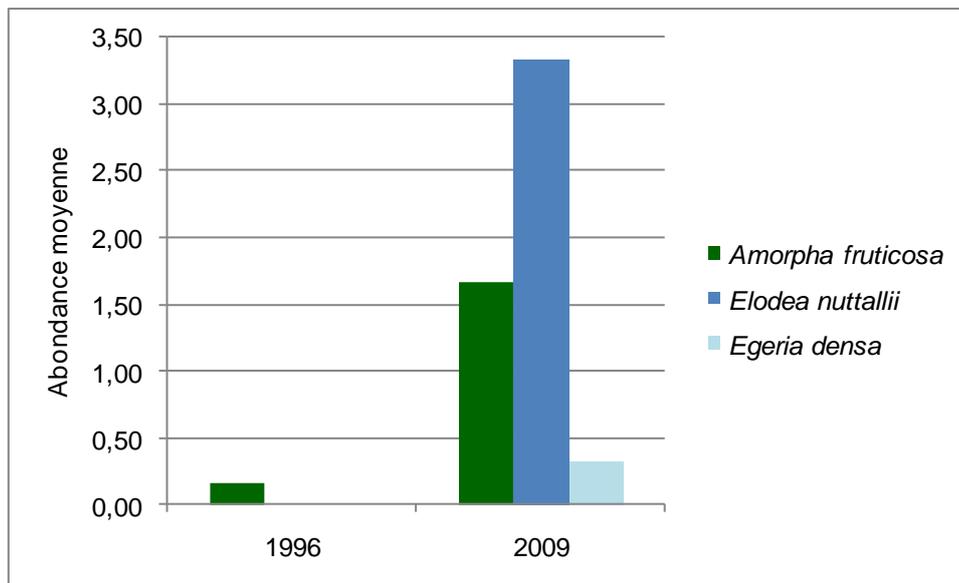


Figure 2.5.18 : Abondances moyennes des plantes invasives du bras secondaire de la lône Malaubert

Lône du Carré

En 2009 :

- Richesse spécifique : 22
- espèces dominantes : *Ludwigia peploides*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes à hyper-eutrophes et de l'absence d'apport phréatique**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- A noter la disparition de 3 espèces protégées en région Rhône-Alpes (*Najas marina*, *Najas minor* et *Sparganium emersum*)

	1996		2009
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,63	<i>Ludwigia peploides</i>	2,36
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,41	<i>Elodea nuttallii</i>	1,38
<i>Digitaria paspaloides</i>	0,26	<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,24
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,22	<i>Spirodela polyrhiza</i>	1,12
<i>Carex sp.</i>	0,19	<i>Lemna minuscula (= minuta)</i>	0,83
<i>Najas marina</i>	0,19	<i>Lemna minor</i>	0,81
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,19	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,21
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,15	<i>Egeria densa</i>	0,19
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,15	<i>Phalaris arundinacea</i>	0,17
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,11	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,14
<i>Lemna minor</i>	0,11	algues fil. type <i>Spirogyra</i>	0,12
<i>Elodea canadensis</i>	0,07	<i>Polygonum hydropiper</i>	0,10
<i>Groenlandia densa</i>	0,07	<i>Carex sp.</i>	0,07
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,07	<i>Leersia oryzoides</i>	0,07
<i>Potamogeton pusillus</i>	0,07	<i>potamogeton pectinatus</i>	0,05
algues filamenteuses (surf.)	0,04	<i>Vallisneria spiralis</i>	0,05
<i>Chara sp.</i>	0,04	<i>Bidens tripartita</i>	0,02
<i>Najas minor</i>	0,04	<i>Digitaria paspaloides</i>	0,02
<i>Sparganium emersum</i>	0,04	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,02
<i>Sparganium erectum</i>	0,04	<i>Lysimachia vulgaris</i>	0,02
		<i>Potamogeton crispus</i>	0,02
		<i>Riccia fluitans</i>	0,02
Richesse spécifique	20		22
Nombre d'espèces protégées	3		0
Nombre d'espèces invasives	1		4

Tableau 5.2.19 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône du Carré en 1996 et 2009

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La dominance des sédiments grossiers dans une grande partie de la lône, ainsi que la faible richesse, ou encore le cortège floristique observé où aucune espèce n'est vraiment abondante, indiquent que la lône échantillonnée correspond à un milieu eutrophe fréquemment et/ou intensément perturbé par les crues du fleuve (Tableau 5.2.19). Bien que l'on rencontre quelques petits bouchons alluviaux dans la partie aval de la lône, les zones échantillonnées sont en permanence en eau, connectée au Rhône court-circuité à l'amont par une brèche dans la digue longitudinale, et à l'Ardèche à l'aval. Plusieurs espèces indiqueraient des apports d'eau souterraine, vraisemblablement d'origine fluviale.

Au vu de ce fonctionnement, la durée de vie de la lône est élevée à très élevée, et il est donc inutile de considérer ses potentialités de restauration.

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009, un changement de dominance a eu lieu en faveur de plantes invasives (*Ludwigia peploides*, *Elodea nuttallii*, Figure 5.2.20). L'augmentation d'espèces non fixées (*Ceratophyllum demersum*, *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minuscule* et *Lemna minor*) ainsi que la régression d'espèces témoignant de l'influence de la dynamique fluviale (*Potamogeton pectinatus* et *Najas marina*) indique une diminution de l'intensité et/ou de la fréquence des perturbations par les crues du fleuve. Le niveau élevé de perturbations reflété par la population actuelle (tableau 5.2.20) est alors imputé aux processus d'alluvionnement qui semblent s'être accentués. On constate en effet que la part de substrat fin a augmenté de manière importante sur la lône (Figure 5.2.19).

Enfin, le peu d'espèces caractéristiques d'échanges phréatiques ont disparu (*Chara sp.*, *Groenlandia densa* et *Sparganium emersum*, Tableau 5.2.19) au profit d'espèces tolérant les conditions eutrophes du milieu.

La zone semble avoir subi une évolution de son fonctionnement et une colonisation par les plantes invasives (Figure 5.2.20). Le colmatage de la lône a vraisemblablement entraîné la disparition d'espèces indicatrices d'échanges phréatiques et favorisé le développement d'espèces indicatrices de conditions très eutrophes. Les phénomènes d'auto-entretien générés par les crues paraissent moins importants car ils ne limitent pas les processus d'alluvionnement. Il est toutefois prématuré de conclure quant au devenir de cette lône, certains phénomènes ne pouvant être que ponctuels ou liés aux variations des débits du Rhône.

Au vu de ces éléments, la durée de vie potentielle serait intermédiaire à élevée avec de fortes potentialités de restauration.

2009	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>Ludwigia peploides</i>	2,36											
<i>Elodea nuttalli</i>	1,38	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,24	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Spirodela polyrhiza</i>	1,12	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Lemna minuscula</i>	0,83											
<i>Lemna minor</i>	0,81	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,21	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Egeria densa</i>	0,19											
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,17	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,14	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
algues fil. type <i>Spirogyra</i>	0,12											
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,10	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
<i>Carex sp.</i>	0,07											
<i>Leersia oryzoides</i>	0,07											
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,05	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,05	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Bidens tripartita</i>	0,02	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Digitaria paspaloides</i>	0,02											
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,02											
<i>Lysimachia vulgaris</i>	0,02	0	0	0	0	0	0	2	3	0,5	0	3
<i>Potamogeton crispus</i>	0,02	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Riccia fluitans</i>	0,02	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
Richesse spécifique	22											
Diagnostic écologique		1,3	4,6	10,6	12,6	0,0	2,2	4,0	4,9	7,6	8,5	7,1

Tableau 5.2.20 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône du Carré

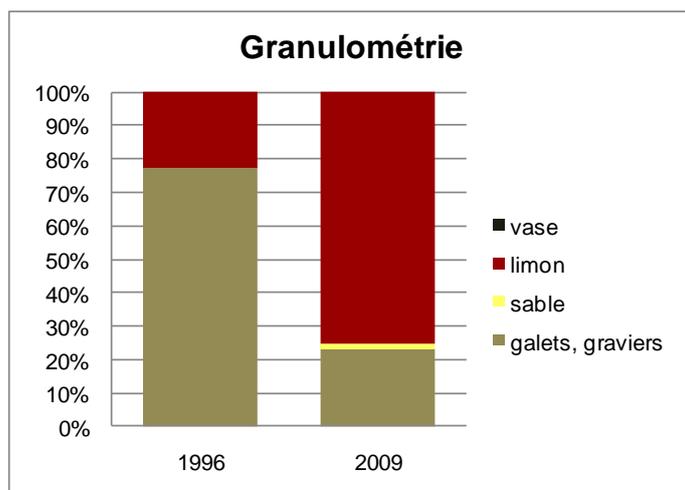


Figure 5.2.19 : Pourcentage de recouvrement du substrat dans la lône du Carré

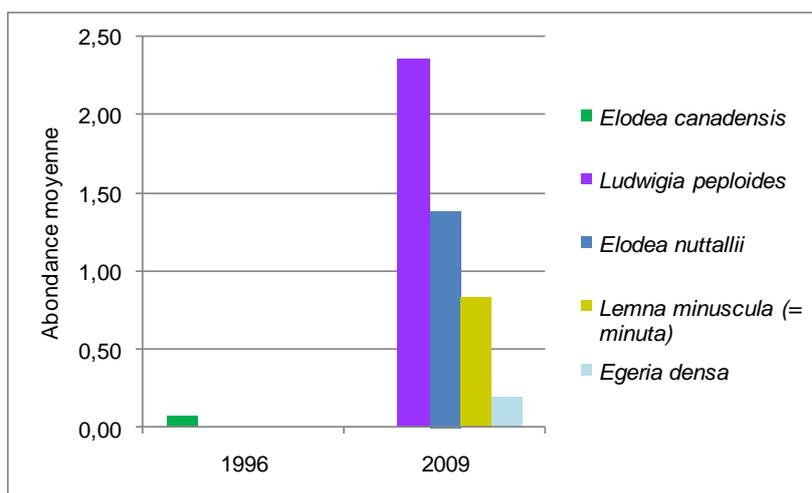


Figure 5.2.20 : Abondances moyennes des plantes invasives dans la lône du Carré

Lône de Malatras

	1996		2009
<i>Polygonum lapathifolium</i>	1	<i>Scirpus lacustris</i>	0,92
		<i>Typha latifolia</i>	0,28
		<i>Chara</i> sp. (épines)	0,2
Richesse spécifique	2		3
Nombre d'espèces protégées	0		0
Nombre d'espèces invasives	0		0

Tableau 5.2.21 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône de Malatras en 1996 et 2009

En 2009 :

- Richesse spécifique : 3
- espèce dominante : *Scirpus lacustris*
- le peuplement dominant témoigne d'un **milieu probablement eutrophe**

Rappel des conclusions du rapport de 1996

Le rapport diagnostiquait une lône pratiquement rectiligne, comblée de sédiments fins, totalement exondée en été et en partie colonisée par des plantes herbacées et des arbres, ce qui constituait un milieu eutrophe atterri. Les données végétales étaient insuffisantes pour établir un diagnostic fonctionnel (présence d'hélophytes uniquement dans la petite dépression échantillonnée).

Henry & Amoros concluait : la durée de vie potentielle de cette lône est faible et ses potentialités de restauration ne peuvent être estimées à partir des données fournies par la végétation aquatique, celle-ci étant absente du milieu. Elles doivent donc être estimées en ayant recours à d'autres descripteurs. Mais la restauration de cette lône est envisagée.

Analyse et discussion

Même si le milieu est en eau, le peuplement représenté uniquement par 3 espèces ne permet pas de réaliser un diagnostic complet du fonctionnement de cette lône restaurée en 2002-2003 (Tableau 5.2.21).

La part de substrats fins (42.5% pour le limon et 13.3% pour la vase, Figure 5.2.21), associée à la présence de *Typha latifolia* et *Scirpus lacustris* suggèrent toutefois un milieu peu perturbé à tendance eutrophe. La présence de *Chara* sp en amont peut indiquer de probables connexions phréatiques.

Cependant en l'absence d'espèces indicatrices, il est nécessaire d'attendre la prochaine campagne de relevés afin d'identifier les processus majeurs régissant l'évolution de la lône.

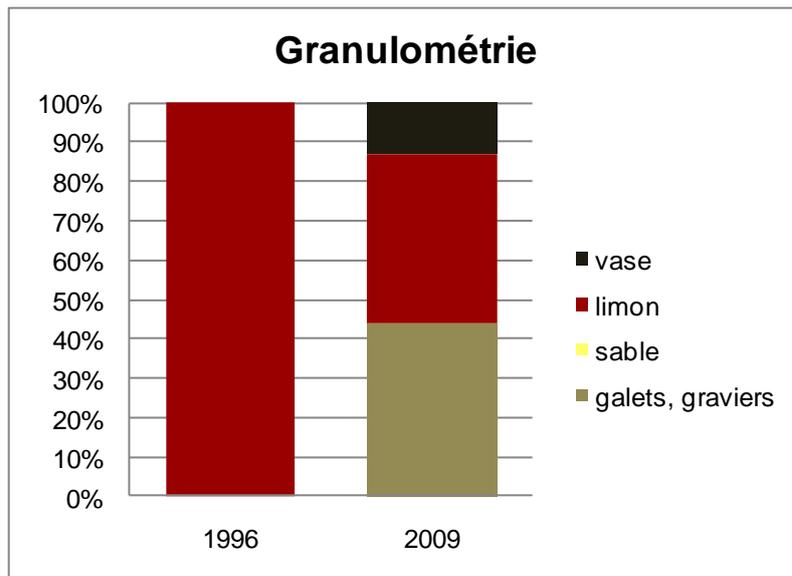


Figure 5.2.21 : Pourcentage de recouvrement du substrat dans la lône de Malatras

Lône des Joncs

	1996		2009
<i>Lemna minor</i>	0,69	<i>Phragmites australis</i>	0,43
<i>Phragmites australis</i>	0,46	<i>potamogeton pectinatus</i>	0,36
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,31	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,21
<i>Callitriche sp.</i>	0,08	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,14
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,08	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,07
		<i>Elodea nuttallii</i>	0,07
		<i>Polygonum hydropiper</i>	0,07
Richesse spécifique	5		7
Nombre d'espèces protégées	0		0
Nombre d'espèces invasives	0		1

Tableau 5.2.22 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône des Joncs en 1996 et 2009

En 2009 :

- Richesse spécifique : 7
- espèce dominante : *Phragmites australis*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes à hyper-eutrophes et de l'absence d'apport phréatique**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et de la présence de **processus d'alluvionnement**

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La lône est un bras très peu sinueux déconnecté du cours principal aux deux extrémités mais alimenté par un petit affluent (la petite Berre) où le substrat au point le plus profond est exclusivement vaseux. La granulométrie du substrat ainsi que la végétation peu abondante et peu diversifiée suggèrent un milieu eutrophe où la fréquence de perturbations reste plutôt faible ou soumis aux processus d'alluvionnement. L'affluent qui alimente la lône pourrait agir comme un vecteur important d'alluvions, mais l'eau du Rhône court-circuité reflue probablement aussi par l'extrémité aval lors des crues. Il semblerait donc qu'il se produise un alluvionnement important dans l'ensemble de la lône.

Grâce à la permanence supposée des eaux dues aux apports de l'affluent, la durée de vie potentielle de la lône paraît intermédiaire ou élevée, car même en cas de comblement par les sédiments fins, un chenal nécessaire à l'écoulement des eaux de la petite Berre devrait persister. Les potentialités de restauration seraient faibles à intermédiaires.

Analyse et discussion

La très faible richesse spécifique, le substrat composé dans la quasi-totalité d'un mélange de vase et de limon (Figure 5.2.22), ainsi que les espèces typiques de milieux perturbés associées au maintien de la population de *Phragmites australis* (Tableau 5.2.22), suggèrent un milieu eutrophe, voire hyper-eutrophe, fortement perturbé par les processus d'alluvionnement (Tableau 5.2.23).

La lône reste alimentée par la Petite Berre qui semble toujours être vecteur d'alluvions et apporte un flux d'eau permanent. L'abondance des espèces présentes est restée faible, témoins de conditions extrêmes régnant sur la lône.

En l'absence de données complémentaires, les conclusions sur sa durée de vie potentielle et ses potentialités de restauration restent les mêmes.

2009	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>Phragmites australis</i>	0,43	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,36	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,21	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,14	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,07											
<i>Elodea nuttalli</i>	0,07	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,07	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3
Richesse spécifique	7											
Diagnostic écologique		0,9	2,4	3,1	3,6	0,0	0,5	1,7	1,6	1,9	2,6	3,0

Tableau 5.2.23 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône des Joncs

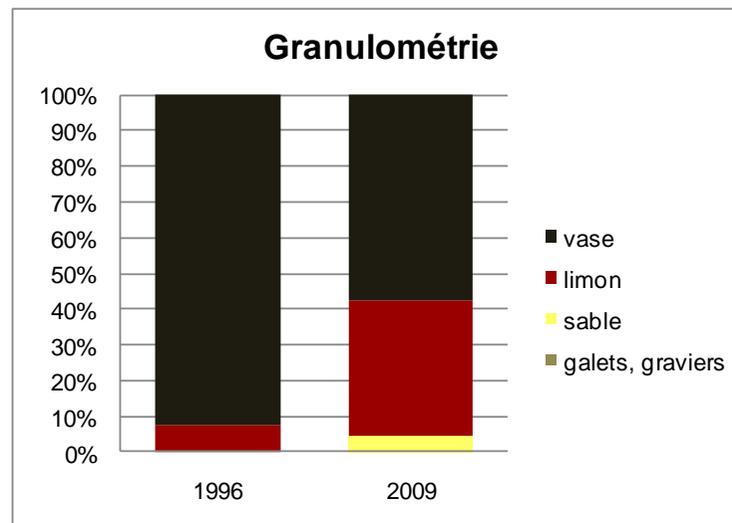


Figure 5.2.22 : Pourcentage de recouvrement du substrat dans la lône des Joncs

Lône de Caderousse

En 2009 :

- Richesse spécifique : 26
- espèce dominante : *Ludwigia peploides*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** et **d'apports phréatiques**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations faible** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum* espèce protégée en région Rhône-Alpes.

	1996		2009
<i>Mentha aquatica</i>	0,83	<i>Ludwigia peploides</i>	3,15
<i>Lemna minor</i>	0,74	<i>Iris pseudacorus</i>	0,85
<i>Phragmites australis</i>	0,70	<i>Lemna minuscula</i>	0,65
<i>Callitriche sp.</i>	0,65	<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,62
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,52	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,58
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,26	<i>Mentha aquatica</i>	0,42
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,26	<i>Sparganium emersum</i>	0,42
<i>Berula erecta</i>	0,22	<i>Carex sp.</i>	0,35
<i>Elodea canadensis</i>	0,17	<i>Lemna minor</i>	0,23
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,17	<i>Lycopus europaeus</i>	0,23
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,17	<i>Berula erecta</i>	0,19
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,13	<i>Sparganium erectum</i>	0,19
<i>Iris pseudacorus</i>	0,09	<i>Phragmites australis</i>	0,15
<i>Bidens tripartita</i>	0,04	<i>Bidens cernua</i>	0,12
<i>Chara sp.</i>	0,04	<i>Elodea nuttallii</i>	0,12
<i>Lysimachia vulgaris</i>	0,04	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,12
<i>Myosotis scorpioides</i>	0,04	<i>Polygonum hydropiper</i>	0,12
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,04	<i>Bidens tripartita</i>	0,08
<i>Potamogeton crispus</i>	0,04	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,08
<i>Sparganium emersum</i>	0,04	<i>Amorpha fruticosa</i>	0,04
		<i>Callitriche sp.</i>	0,04
		<i>Leersia oryzoides</i>	0,04
		<i>Lythrum salicaria</i>	0,04
		<i>Phalaris arundinacea</i>	0,04
		<i>Solanum dulcamara</i>	0,04
		<i>Vallisneria spiralis</i>	0,04
Richesse spécifique	20		26
Nombre d'espèces protégées	1		1
Nombre d'espèces invasives	2		4

Tableau 5.2.24 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône de Caderousse
En 1996 et 2009

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La très faible sinuosité de cette lône, alimentée par la lône Pascal, la domination de sédiments limoneux, ainsi que la faible diversité des plantes fixées rarement abondantes, et le cortège floristique observé, indiquent un milieu nettement eutrophe et peu perturbé par les crues du fleuve. Malgré la profondeur souvent faible, la présence de plusieurs espèces d'hydrophytes et les apports d'eau souterraine suggèrent que cette lône serait relativement permanente. A noter que les apports d'eau souterraine sont vraisemblablement d'origine fluviale donc sans doute chargés en nutriments.

Grâce aux apports d'eaux souterraines, la durée de vie potentielle de cette lône est intermédiaire, et ses potentialités de restauration seraient faibles à intermédiaires.

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009, on constate l'apparition de 3 nouvelles plantes invasives (*Elodea nuttallii*, *Lemna minuscula* et *Ludwigia peploides*, Figure 5.2.24) dont une est devenue largement dominante sur toute la zone humide (*Ludwigia peploides*). Son développement favorisé par un milieu eutrophe (Tableau 5.2.25) a entraîné la régression d'autres espèces (*Phragmites australis*, *Mentha aquatica*...) par exclusion compétitive. Cependant, les espèces témoignant d'apport d'eau souterraine se sont maintenues, voire développées (*Sparganium emersum*). La composition du substrat (limon et vase, Figure 5.2.23) associé à la présence d'hélophytes peu tolérants aux fortes perturbations suggèrent un milieu faiblement impacté par les crues du Rhône, ainsi que l'existence de phénomènes d'alluvionnement.

De manière générale, la présence d'hydrophytes fixées et non fixées indique un milieu permanent toujours alimenté par la lône Pascal. Le fonctionnement semble être proche de celui décrit en 1996. Cependant, la lône est colonisée par des plantes invasives monopolistes susceptibles d'appauvrir la diversité floristique ainsi que son fonctionnement (rétroaction positive sur les phénomènes d'eutrophisations et de colmatages). Il est donc important de continuer à suivre l'évolution de cette zone humide afin d'apporter des précisions sur son évolution probable.

Du fait du peu de connaissances actuelles, on conservera les conclusions de 1996, la durée de vie potentielle et ses potentialités de restauration restent respectivement intermédiaires et faibles à intermédiaires.

2009	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>Ludwigia peploides</i>	3,15												
<i>Iris pseudacorus</i>	0,85	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2	
<i>Lemna minuscula</i>	0,65												
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,62	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0	
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,58	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2	
<i>Mentha aquatica</i>	0,42	3	3	2	0,5	2	0	2	3	2	0,5	3	
<i>Sparganium emersum</i>	0,42	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2	
<i>Carex sp.</i>	0,35												
<i>Lemna minor</i>	0,23	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0	
<i>Lycopus europaeus</i>	0,23	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0	
<i>Berula erecta</i>	0,19	3	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	3	2	
<i>Sparganium erectum</i>	0,19	0	2	2	2	0	0	3	3	0	0	2	
<i>Phragmites australis</i>	0,15	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2	
<i>Bidens cernua</i>	0,12												
<i>Elodea nuttallii</i>	0,12	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,12	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2	
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,12	2	2	2	1	0	0	0,5	2	2	3	3	
<i>Bidens tripartita</i>	0,08	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0	
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,08	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2	
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,04												
<i>Callitriche sp.</i>	0,04												
<i>Leersia oryzoides</i>	0,04												
<i>Lythrum salicaria</i>	0,04	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3	
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,04	0	0	0	0	0	0	0,5	2	2	3	3	
<i>Solanum dulcamara</i>	0,04												
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,04	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0	
Richesse spécifique	26												
Diagnostic écologique		4,5	5,5	6,9	6,0	2,2	0,8	6,9	9,8	8,1	5,8	7,2	

Tableau 2.5.25 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône de Caderousse

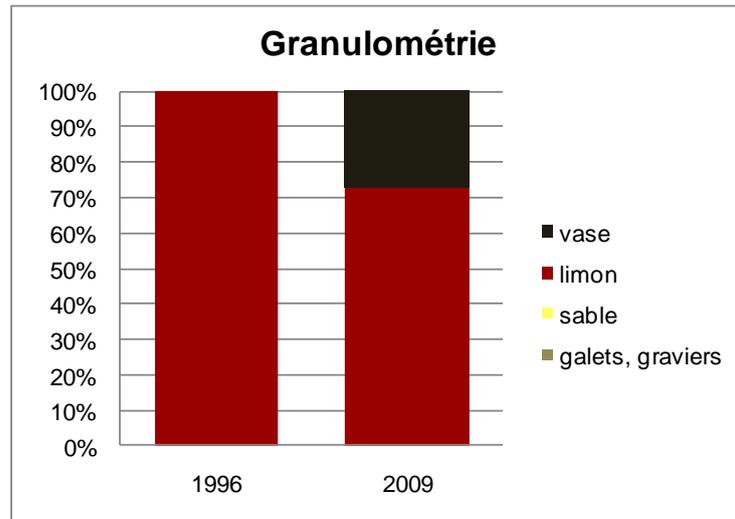


Figure 2.5.23 : Pourcentage de recouvrement du substrat dans la lône de Caderousse

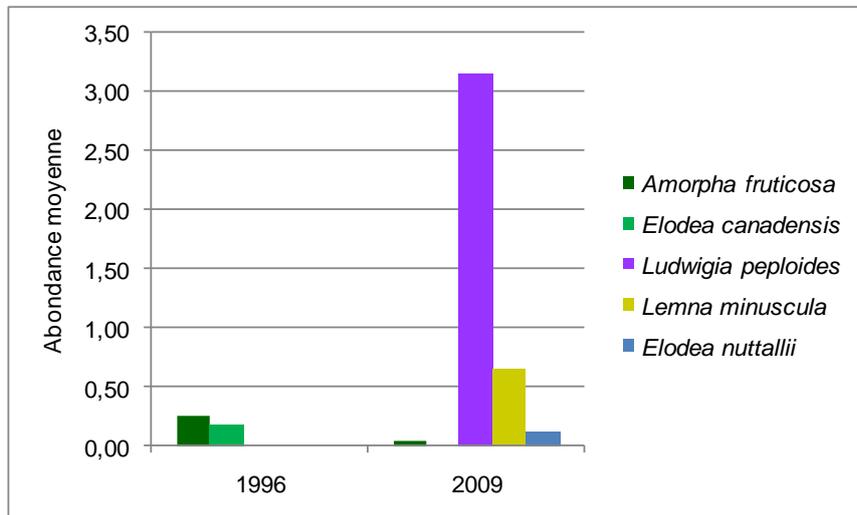


Figure 2.5.24 : Abondances moyennes des plantes invasives dans la lône de Caderousse

Lône de la Grange Ecrasée

En 2009 :

- Richesse spécifique : 27
- espèce dominante : *Egeria densa*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** et **d'apports phréatiques**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Najas marina*, *Sparganium emersum* et *Utricularia vulgaris* espèces protégées en région Rhône-Alpes

	1996		2009
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,88	<i>Egeria densa</i>	2,16
<i>Potamogeton nodosus</i>	1,73	<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,88
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1,58	<i>Ludwigia peploides</i>	1,8
<i>Potamogeton pectinatus</i>	1,23	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,68
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,85	<i>potamogeton pectinatus</i>	0,48
<i>Sparganium emersum</i>	0,69	characées (<i>Tolypella</i> sp. ?)	0,44
<i>Digitaria paspaloides</i>	0,50	<i>Najas marina</i>	0,4
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,46	<i>Vallisneria spiralis</i>	0,4
<i>Lemna minor</i>	0,27	<i>Sparganium emersum</i>	0,32
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,23	algues filamenteuses	0,28
<i>Najas marina</i>	0,19	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	0,28
<i>Lythrum salicaria</i>	0,15	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,24
<i>Salix purpurea</i>	0,15	<i>Ranunculus circinatus</i>	0,16
<i>Elodea canadensis</i>	0,12	<i>Callitriche</i> sp.	0,12
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0,12	<i>Phragmites australis</i>	0,12
<i>Callitriche</i> sp.	0,08	<i>Amorpha fruticosa</i>	0,08
<i>Carex</i> sp.	0,08	<i>Iris pseudacorus</i>	0,08
<i>Iris pseudacorus</i>	0,08	<i>Sparganium erectum</i>	0,08
<i>Mentha aquatica</i>	0,08	<i>Utricularia vulgaris</i>	0,08
<i>Nymphaea alba</i>	0,08	<i>Elodea nuttallii</i>	0,04
<i>Phragmites australis</i>	0,08	<i>Groenlandia densa</i>	0,04
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,08	<i>Lemna trisulca</i>	0,04
<i>Butomus umbellatus</i>	0,04	<i>Polygonum hydropiper</i>	0,04
<i>Chara</i> sp.	0,04	<i>Potamogeton crispus</i>	0,04
<i>Myosotis scorpioides</i>	0,04	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	0,04
<i>Rorippa amphibia</i>	0,04	<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,04
<i>Scirpus lacustris</i>	0,04	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0,04
Richesse spécifique	27		27
Nombre d'espèces protégées	6		3
Nombre d'espèces invasives	1		5

Tableau 2.5.26 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône de la Grange Ecrasée en 1996 et 2009

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La lône est déconnectée du cours principal aux deux extrémités par une digue qui rehausse le niveau d'eau, ce qui ralentit probablement l'écoulement des crues et favorise la sédimentation. La sinuosité plutôt faible, la dominance des sédiments limoneux, et le cortège floristique observé indiquent un milieu nettement eutrophe soumis à des processus d'alluvionnement lors des crues du fleuve. La profondeur, dépassant parfois 2 m, suggère que la zone en eau serait permanente. Plusieurs espèces indiqueraient des apports d'eau souterraine, vraisemblablement d'origine fluviale.

Le rapport concluait que la durée de vie potentielle de cette lône aménagée pour les pêcheurs était intermédiaire, et que ses potentialités de restauration seraient faibles à intermédiaires.

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009, on note l'apparition de 4 nouvelles plantes invasives (Figure 5.2.26) dont deux sont devenues dominantes sur toute la zone humide (*Egeria densa* et *Ludwigia peploides*, Tableau 5.2.26). Leur apparition et leur développement semblent avoir entraîné la régression d'autres espèces pourtant tolérantes aux mêmes conditions, (*Myriophyllum verticillatum*, *Myriophyllum spicatum*. Tableau 5.2.27).

Par ailleurs, le peuplement dominant témoigne de conditions trophiques et de perturbations proches de celles de 1996. L'alluvionnement, probablement dû au ralentissement de l'écoulement pendant les crues, est toujours le phénomène perturbateur de la lône, reflété par le cortège floristique d'une part (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*, *Najas marina* Tableau 5.2.27), et par l'augmentation du substrat fin d'autre part (limon, Figure 5.2.25). L'apparition de certaines hydrophytes présentes dans les zones plus courantes (*Vallisneria spiralis* et algues filamenteuses) est probablement dû à un apport par les crues du Rhône. En revanche, l'augmentation en abondance des Characées et le maintien d'espèces indicatrices d'apports d'eau souterraine confirment l'existence d'échanges phréatiques vraisemblablement d'origine fluviale.

La lône ne semble pas avoir évolué en termes de fonctionnement, seules des variations d'effectifs dans le peuplement et l'apparition d'autres espèces sont observées mais ne modifient pas le diagnostic initial. De plus, l'apparition de nombreuses plantes invasives est à surveiller (Figure 5.2.26).

En attendant, la durée de vie potentielle de cette lône reste intermédiaire et ses potentialités de restauration faibles à intermédiaires.

2009	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>Egeria densa</i>	2,16												
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,88	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2	
<i>Ludwigia peploides</i>	1,8												
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,68	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2	
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,48	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3	
characées (<i>Tolypella</i> sp. ?)	0,44												
<i>Najas marina</i>	0,4	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2	
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,4	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0	
<i>Sparganium emersum</i>	0,32	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2	
algues filamenteuses	0,28												
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	0,28												
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,24	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3	
<i>Ranunculus circinatus</i>	0,16	2	2	2	0	1	0	0	2	3	3	2	
<i>Callitriche</i> sp.	0,12												
<i>Phragmites australis</i>	0,12	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2	
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,08												
<i>Iris pseudacorus</i>	0,08	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2	
<i>Sparganium erectum</i>	0,08	0	2	2	2	0	0	3	3	0	0	2	
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,08	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	
<i>Elodea nuttallii</i>	0,04	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	
<i>Groenlandia densa</i>	0,04	2	3	0	0	2	0	0	2	3	3	2	
<i>Lemna trisulca</i>	0,04	0	2	2	2	1	0	2	3	2	0	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 perfoliatus</i>	0,04	0	0	2	0	1	0	0	0	0,5	0	2	
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,04	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0	
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0,04	3	2	1	1	2	0	0	2	2	1	2	
Richesse spécifique	27												
Diagnostic écologique		3,2	5,8	11,4	12,5	1,0	3,0	3,6	7,3	7,2	10,3	10,0	

Tableau 5.2.27 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône de la Grange Ecrasée

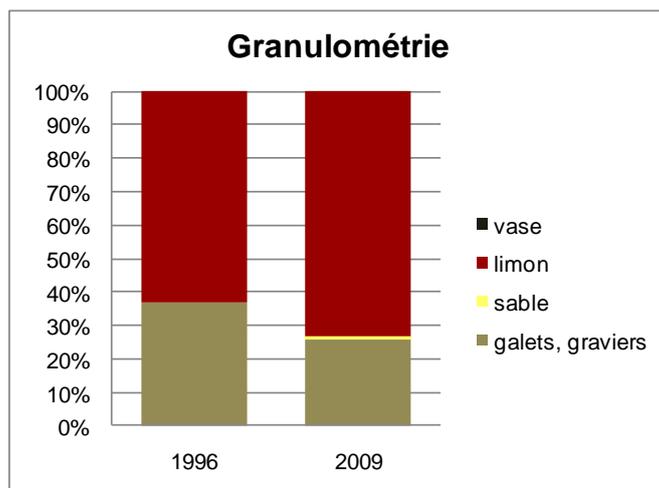


Figure 5.2.25 : Pourcentage de recouvrement du substrat dans la lône de la Grange Ecrasée

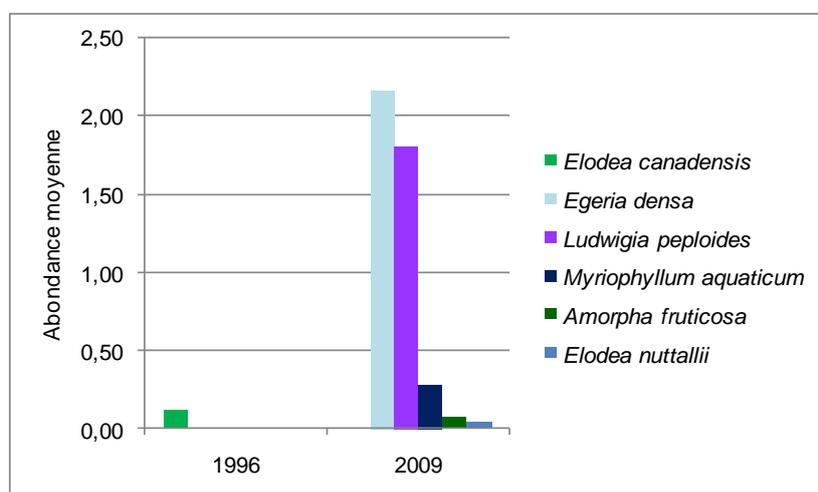


Figure 5.2.26 : Abondances moyennes des plantes invasives dans la lône de la Grange Ecrasée

Bras secondaire de la lône Grange Ecrasée

En 2009 :

- Richesse spécifique : 11
- espèce dominante : *Ludwigia peploides*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** et de **l'absence d'apports phréatiques**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations faible** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum* espèce protégée en région Rhône-Alpes

	1996		2009
<i>Ceratophyllum demersum</i>	3,13	<i>Ludwigia peploides</i>	3,33
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	2,06	<i>Sparganium emersum</i>	0,67
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	1,44	<i>Phragmites australis</i>	0,56
<i>Potamogeton nodosus</i>	1,06	<i>Elodea nuttallii</i>	0,44
<i>Phragmites australis</i>	0,50	algues filamenteuses	0,33
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,31	<i>Amorpha fruticosa</i>	0,33
<i>Digitaria paspaloides</i>	0,31	<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,22
<i>Sparganium emersum</i>	0,31	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,11
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,25	<i>Lemna minor</i>	0,11
<i>Carex sp.</i>	0,19	<i>Lemna minuscula</i>	0,11
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,06	<i>Lythrum salicaria</i>	0,11
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,06		
Richesse spécifique	12		11
Nombre d'espèces protégées	3		1
Nombre d'espèces invasives	1		4

Tableau 2.5.28 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans le bras secondaire de la lône de la Grange Ecrasée en 1996 et 2009

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La configuration de ce petit bras secondaire rectiligne, déconnecté du cours principal à l'amont mais connecté à la lône de la Grange Ecrasée à l'extrémité aval, la présence de sédiments limoneux dans la partie en eau, la dominance de 3 espèces non fixées, ou encore le cortège floristique observé, indiquent que ce bras correspond à un milieu très eutrophe et vraisemblablement peu perturbé par les crues du fleuve, qui s'écouleraient plutôt dans la lône de la Grange Ecrasée. Malgré la profondeur assez faible, la présence de plusieurs espèces fixées parfois abondantes suggère que la zone en eau serait permanente, mais les apports souterrains sont apparemment absents.

Le rapport concluait qu'en l'absence d'apports d'eau souterraine, la durée de vie potentielle de ce bras secondaire ainsi que ses potentialités de restauration seraient faibles.

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009, on assiste à l'apparition de 3 nouvelles espèces invasives (Figure 5.2.28) parmi lesquelles *Ludwigia peploides* qui est parvenue à supplanter plusieurs espèces, notamment *Ceratophyllum demersum* et *Hydrocharis morsus-ranae*. Le très faible niveau d'eau le jour du relevé (une seule zone avec 20 cm d'eau, le reste sans eau) peut expliquer la domination de cette espèce capable de se développer sur des zones humides sans eau permanente. La régression de toutes les hydrophytes regroupées dans le seul point en eau du transect, ainsi que la faible richesse spécifique, suggèrent une lône en cours d'atterrissement et peu soumise aux perturbations par les crues (la part de limon représentant 100% du substrat, Figure 5.2.27).

La lône semble évoluer vers un stade atterri en l'absence d'intervention de restauration. Une reconnexion par l'amont permettrait de retrouver un milieu en eau.

Une espèce laisse supposer la présence d'écoulements phréatiques (*Sparganium emersum*, Tableau 5.2.29), la durée de vie potentielle de la lône serait alors faible à intermédiaire, mais en l'absence d'informations supplémentaires, les potentialités de restauration resteraient faibles.

2009	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>Ludwigia peploides</i>	3,33											
<i>Sparganium emersum</i>	0,67	3	3	2	0,5	2	0	0	3	3	2	2
<i>Phragmites australis</i>	0,56	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Elodea nuttallii</i>	0,44	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
algues filamenteuses	0,33											
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,33											
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,22	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,11	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Lemna minor</i>	0,11	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lemna minuscula</i>	0,11											
<i>Lythrum salicaria</i>	0,11	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
Richesse spécifique	11											
Diagnostic écologique		2,9	4,4	4,4	4,1	1,3	0,2	2,6	3,9	4,7	3,4	3,9

Tableau 5.2.29 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique du Bras secondaire de la lône de la Grange Ecrasée

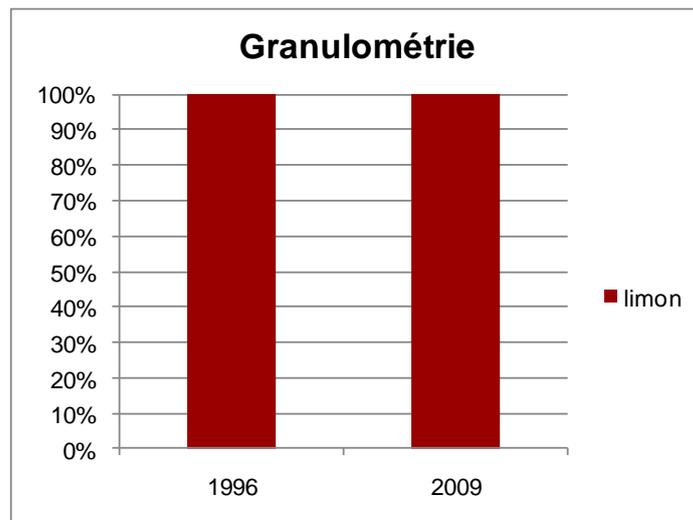


Figure 5.2.27 : Pourcentage de recouvrement du substrat dans le Bras secondaire de la lône de la Grange Ecrasée

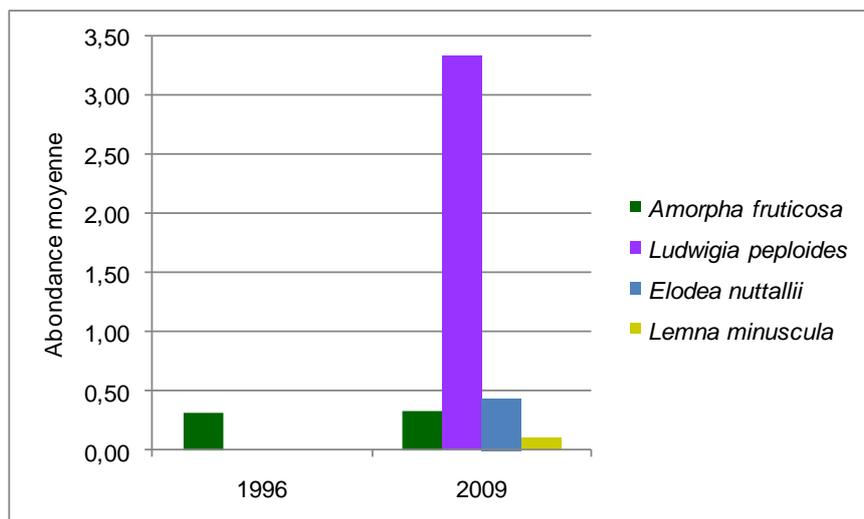


Figure 5.2.28 : Abondances moyennes des plantes invasives dans le Bras secondaire de la lône de la Grange Ecrasée

Lône de la République

En 2009 :

- Richesse spécifique : 21
- espèce dominante : *Ceratophyllum demersum*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes à hyper-eutrophes et de l'absence d'apports phréatiques**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations faible** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Najas marina*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Najas minor* et *Utricularia vulgaris*, espèces protégées en région Rhône-Alpes

Rappel des conclusions du rapport de 1996

La lône est constituée d'une série de casiers séparés par des épis transversaux plus ou moins comblés de sédiments fins et isolés du cours principal par une digue longitudinale entrecoupée par quelques brèches. La faible sinuosité, la dominance des sédiments limoneux, ainsi que la richesse et l'abondance faibles des plantes fixées, ou encore le cortège floristique observé, indiquent que les plans d'eau échantillonnés dans cette série de casiers correspondent à des milieux nettement eutrophes et soumis à des processus d'alluvionnement lors des crues du fleuve. La profondeur souvent voisine de 2 m dans les plans d'eau les plus grands suggère qu'ils seraient permanents, et malgré la présence de sédiments grossiers localement, ils ne seraient pas alimentés par des apports d'eau souterraine.

Le rapport concluait que malgré l'aménagement léger de la partie aval de la lône en 1993 pour améliorer sa qualité piscicole, la durée de vie potentielle de ces plans d'eau serait intermédiaire, et leurs potentialités de restauration seraient faibles à intermédiaires.

	1996		2009
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2,12	<i>Ceratophyllum demersum</i>	2,26
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	1,12	<i>Ludwigia peploides</i>	1,39
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,52	algues vertes filamenteuses	1,06
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,50	<i>Elodea nuttallii</i>	0,94
<i>Lemna minor</i>	0,48	<i>Spirodela polyrrhiza</i>	0,77
<i>Phalaris arundinacea</i>	0,48	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,68
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0,31	<i>Lemna minor</i>	0,29
<i>Polygonum hydropiper</i>	0,17	<i>Amorpha fruticosa</i>	0,26
<i>Najas marina</i>	0,14	<i>Najas marina</i>	0,23
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,10	<i>potamogeton pectinatus</i>	0,23
<i>Chara 1 sp.</i>	0,10	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,19
<i>Callitriche sp.</i>	0,07	<i>Azolla filiculoides</i>	0,10
<i>Groenlandia densa</i>	0,07	<i>Digitaria paspaloides</i>	0,06
<i>Phragmites australis</i>	0,07	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0,06
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,07	<i>Phragmites australis</i>	0,06
<i>Potamogeton pusillus</i>	0,07	<i>Vallisneria spiralis</i>	0,06
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,07	<i>Cyperus eragrostis</i>	0,03
<i>Digitaria paspaloides</i>	0,05	<i>Iris pseudacorus</i>	0,03
<i>Elodea canadensis</i>	0,05	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,03
<i>Chara 2 sp.(+petite)</i>	0,02	<i>Najas minor</i>	0,03
<i>Cyperus eragrostis</i>	0,02	<i>Utricularia vulgaris</i>	0,03
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,02		
<i>Leersia oryzoides</i>	0,02		
<i>Lythrum salicaria</i>	0,02		
<i>Nymphaea alba</i>	0,02		
<i>Potamogeton crispus</i>	0,02		
<i>Typha latifolia</i>	0,02		
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,02		
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0,02		
<i>Veronica beccabunga</i>	0,02		
Richesse spécifique	30		21
Nombre d'espèces protégées	4		4
Nombre d'espèces invasives	2		4

Tableau 2.5.30 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône de la République

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009, on observe l'apparition de 3 plantes invasives (*Ludwigia peploides*, *Elodea nuttallii*, et *Azolla filiculoides*) et la disparition d'*Elodea canadensis* (Figure 5.2.30). *Ceratophyllum demersum* est toutefois resté dominant sur la lône (Tableau 5.2.30), ce qui associé au peuplement dominant témoigne de conditions très eutrophes. Cependant nous ne pouvons pas conclure quant au degré d'alluvionnement de la lône, les données de végétation indiquant plutôt un fort alluvionnement alors que la granulométrie n'indique pas d'augmentation des phénomènes de comblement de 1996 à 2009 (Figure 5.2.29). De plus, même si le cortège floristique reflète un niveau de perturbations élevé (Tableau 5.2.31), la régression de certaines espèces (*Phalaris arundinacea*, *Potamogeton nodosus*...) laisse penser à un milieu faiblement perturbé par les crues.

La chute de la richesse spécifique du site pourrait alors s'expliquer en partie par sa forte trophie associée aux faibles perturbations par les crues du Rhône qui empêchent la mise en place d'un équilibre dynamique et le renouvellement des espèces.

En l'absence de changement des conditions trophiques, de crues décapantes et/ou d'apports d'eau souterraine, la durée de vie de la lône ne dépend que de la hauteur d'eau permanente. Ainsi, du fait de sa forte hauteur d'eau (régulièrement supérieur à 1 m) sa durée de vie reste intermédiaire, et ses potentialités de restauration faibles à intermédiaires.

2009	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>	2,26	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Ludwigia peploides</i>	1,39											
algues vertes filamenteuses	1,06											
<i>Elodea nuttallii</i>	0,94	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,77	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,68	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Lemna minor</i>	0,29	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Amorpha fruticosa</i>	0,26											
<i>Najas marina</i>	0,23	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,23	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,19	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Azolla filiculoides</i>	0,10	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Digitaria paspaloides</i>	0,06											
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0,06	0	0	2	2	1	0	3	0	0	0	0
<i>Phragmites australis</i>	0,06	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Vallisneria spiralis</i>	0,06	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Cyperus eragrostis</i>	0,03											
<i>Iris pseudacorus</i>	0,03	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,03	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Najas minor</i>	0,03	0	0,5	2	2	0	0	0	0	0	2	2
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,03	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0
Richesse spécifique	21											
Diagnostic écologique		1,8	5,4	12,8	15,5	0,2	3,2	5,0	6,4	8,2	10,0	9,8

Tableau 5.2.31 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône de la République

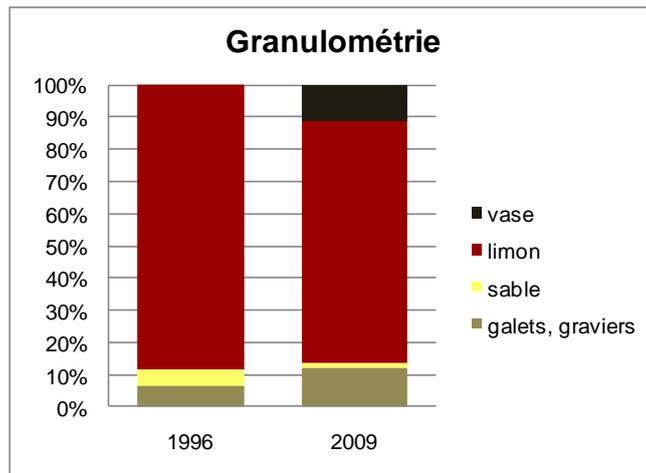


Figure 5.2.29 : Pourcentage de recouvrement du substrat dans la lône de la République

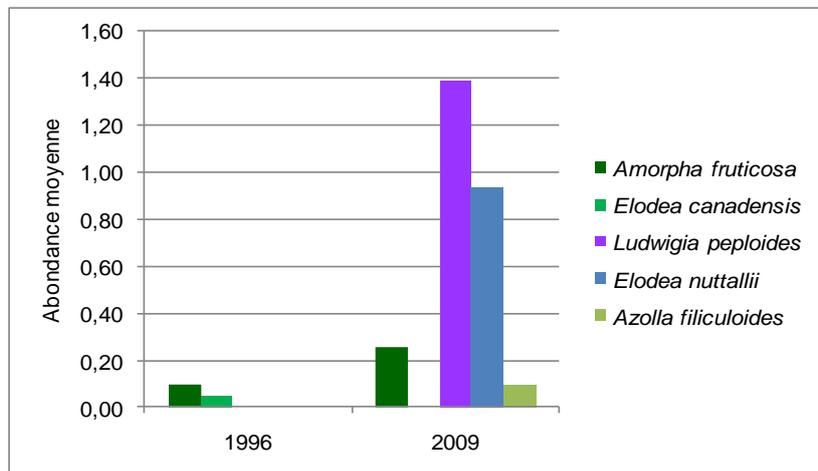


Figure 5.2.30 : Abondances moyennes des plantes invasives dans la lône de la République

Lône du Bayard

En 2009 :

- Richesse spécifique : 26
- espèce dominante : *Myriophyllum spicatum*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions eutrophes** et de **l'absence d'apports phréatiques**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations faible** et de la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Najas marina* et *Utricularia vulgaris*, espèces protégées en région Rhône-Alpes

	1996		2009
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,72	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,81
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1,44	<i>Myriopyllum verticillatum</i>	0,60
<i>Najas marina</i>	1,00	<i>Carex</i> sp.	0,58
<i>Phragmites australis</i>	0,68	<i>Najas marina</i>	0,42
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,52	<i>Berula erecta</i>	0,33
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,12	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,33
<i>Mentha aquatica</i>	0,08	<i>Mentha aquatica</i>	0,25
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,08	<i>Phragmites australis</i>	0,19
<i>Arundo donax</i>	0,04	<i>Chara</i> sp.	0,17
<i>Chara</i> sp.	0,04	<i>Lemna minor</i>	0,13
<i>Lemna minor</i>	0,04	<i>Lyhrum salicaria</i>	0,13
<i>Potamogeton crispus</i>	0,04	<i>potamogeton pectinatus</i>	0,13
		<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,13
		<i>Sparganium erectum</i>	0,10
		<i>Iris pseudacorus</i>	0,08
		<i>Ludwigia peploides</i>	0,08
		algues fil. type <i>Spirogyra</i>	0,06
		<i>Lycopus europaeus</i>	0,06
		<i>Potamogeton nodosus</i>	0,06
		<i>Utricularia vulgaris</i>	0,06
		<i>Scirpus lacustris</i>	0,04
		<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,02
		<i>Bidens tripartita</i>	0,02
		<i>Callitriche</i> sp.	0,02
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,02
		<i>Potamogeton crispus</i>	0,02
Richesse spécifique	12		26
Nombre d'espèces protégées	1		2
Nombre d'espèces invasives	0		1

Tableau 2.5.32 : Abondance moyenne des espèces végétales rencontrées dans la lône du Bayard

Rappel des conclusions du rapport de 1996

Cette lône déconnectée du cours principal à l'amont est manifestement alimentée par des apports d'eau souterraine (vraisemblablement d'origine fluviale), et est connectée à la lône Pascal à l'aval. Sa faible sinuosité, sa localisation à environ 2 km du Rhône court-circuité, la dominance des sédiments fins (vase et limon), ainsi que la richesse faible des plantes fixées, et la dominance d'une espèce non fixée, indiquent un milieu nettement eutrophe, probablement peu perturbé par les crues du fleuve. La profondeur souvent supérieure à 1,5 m dans le plan d'eau amont suggère que cette zone serait permanente.

Le rapport concluait que grâce aux apports d'eau souterraine, la durée de vie potentielle de cette lône serait intermédiaire, et ses potentialités de restauration seraient faibles à intermédiaires.

Analyse et discussion

Entre 1996 et 2009, la richesse spécifique augmente et on assiste à un changement de dominance en faveur de *Myriophyllum spicatum* (Tableau 5.2.32). Les espèces caractéristiques de conditions très eutrophes régressent (*Ceratophyllum demersum*, *Najas marina*, Tableau 5.2.33) mais restent dominantes et les espèces tolérant les conditions mésotrophes apparaissent (*Berula erecta*, *Mentha aquatica*). De plus, l'augmentation d'espèces indicatrices d'apports phréatiques (*Myriophyllum verticillatum*, *Berula erecta*, *Chara sp.*, *Mentha aquatica*) suggère une amélioration des connexions avec les eaux souterraines.

Si les processus d'alluvionnement sont toujours présents, il ne semble pas entraîner de comblement de la lône, mais celle-ci semble sujette à l'envasement (Figure 5.2.31).

Il est difficile de conclure quant au devenir de la lône, car malgré la forte richesse spécifique, les espèces rencontrées restent peu fréquentes et peu abondantes. Cependant, les apports phréatiques semblent maintenir le milieu en eau et permettent à des espèces préférant une meilleure qualité d'eau d'apparaître (*Berula erecta*, Tableau 5.2.33).

La durée de vie potentielle reste alors intermédiaire et les potentialités de restauration restent faibles à intermédiaires.

2009	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>Myriophyllum spicatum</i>	0,81	0,5	2	3	3	0	0	1	2	2	3	2
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,60	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	2
<i>Carex sp.</i>	0,58											
<i>Najas marina</i>	0,42	0	0,5	2	2	0	1	0	2	2	3	2
<i>Berula erecta</i>	0,33	3	3	0,5	0,5	2	0	2	3	3	3	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,33	0,5	0,5	2	3	0	1	1	1	1	1	2
<i>Mentha aquatica</i>	0,25	3	3	2	0,5	2	0	2	3	2	0,5	3
<i>Phragmites australis</i>	0,19	1	2	2	3	0	0	3	2	2	1	2
<i>Chara sp.</i>	0,17											
<i>Lemna minor</i>	0,13	0,5	0,5	2	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lythrum salicaria</i>	0,13	2	3	2	0,5	0	0	3	2	1	1	3
<i>potamogeton pectinatus</i>	0,13	0,5	2	3	3	0	1	0	0	0,5	3	3
<i>Spirodela polyrhiza</i>	0,13	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Sparganium erectum</i>	0,10	0	2	2	2	0	0	3	3	0	0	2
<i>Iris pseudacorus</i>	0,08	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0,5	2
<i>Ludwigia peploides</i>	0,08											
algues fil. type <i>Spirogyra</i>	0,06											
<i>Lycopus europaeus</i>	0,06	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0
<i>Potamogeton nodosus</i>	0,06	0	1	2	3	0	1	0	2	2	3	3
<i>Utricularia vulgaris</i>	0,06	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Scirpus lacustris</i>	0,04											
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0,02	0,5	3	2	0	0	0	1	3	2	1	2
<i>Bidens tripartita</i>	0,02	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
<i>Callitriche sp.</i>	0,02											
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,02											
<i>Potamogeton crispus</i>	0,02	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	0
Richesse spécifique	26											
Diagnostic écologique		3,0	5,3	6,8	6,7	1,8	1,1	6,0	8,4	6,9	6,5	7,5

Tableau 5.2.33 : Codage des profils écologiques des espèces et calcul du diagnostic écologique de la lône du Bayard

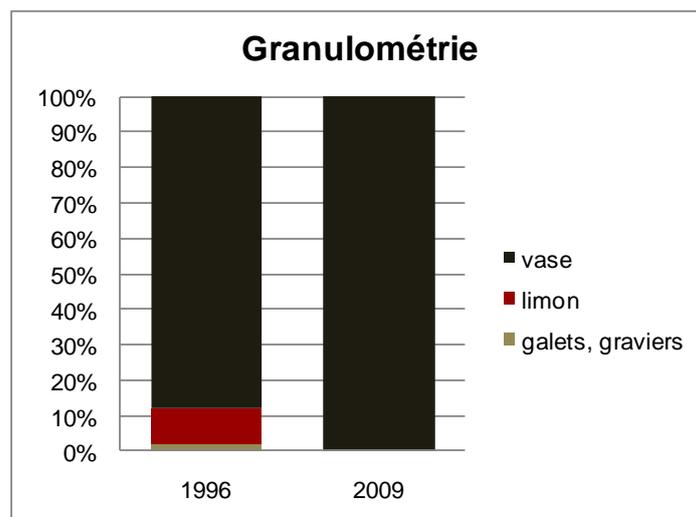


Figure 5.2.31 : Pourcentage de recouvrement du substrat dans la lône du Bayard

2.5.4 Bilan multi-sites et conclusion

Sur les lônes de **Belley**, le curage et la reconnexion avec le cours d'eau semblent avoir permis une régénération des communautés liées aux apports d'eau souterraine dans les 4 lônes. Cependant, ces apports ne paraissent pas suffisants pour limiter l'alluvionnement excepté dans la lône Fournier toujours soumise à de fortes contraintes hydrauliques.

En ce qui concerne les conditions trophiques, on observe une tendance d'évolution vers un stade plutôt méso-eutrophe pour Moiroud, Fournier et Béard ce qui résulte probablement de meilleures connexions phréatiques. Quant à la lône des Luisettes, les conditions mésotrophes se maintiennent, et son fonctionnement global ne semble pas avoir été modifié par le curage de la zone amont.

Comme formulé dans le rapport de 2003, le curage a favorisé l'installation de l'espèce monopoliste *Elodea nuttallii* dans toutes les zones humides à l'exception de la lône Béard où elle se trouve en légère régression. Son évolution future est à examiner avec beaucoup d'attention, mais les récents retours d'expériences (Pierre-Bénite) militent dans le sens d'une espèce rudérale, favorisée par l'alluvionnement, et peu compétitive sur le long terme.

Depuis 2007, le fonctionnement des lônes a peu évolué, et même si les apports phréatiques semblent être plus importants, ils peuvent résulter de périodes de hauts débits du fleuve (ce qui favorise les sous-écoulements fluviaux).

La lône Fournier a subi une forte évolution au sein du chenal recreusé en rive droite. Des dépôts importants de galets et de graviers se sont formés au niveau du seuil séparant la vasque amont de la partie aval initialement atterrie (état pré-restauration). Cette partie aval nouvellement recréée a tendance à se combler avec des sédiments fins. Cette lône se démarque donc très fortement des trois autres du fait de sa position par rapport aux écoulements de crues. L'évolution des trois autres lônes après curage montre que la très forte réduction de dynamique fluviale limite probablement le rajeunissement de ces milieux lors des crues importantes et compromet peut-être la pérennité de tout ou partie de ces lônes.

Mis à part la lône Fournier très perturbée, une augmentation de la richesse spécifique sur Moiroud et Béard est constatée. Cette tendance, liée au recrutement important d'espèces dans l'écosystème après restauration, n'est pas pérenne dans les lônes sur lesquelles le recul est suffisant (Pierre-Bénite). Cependant, il convient de suivre l'évolution de cette tendance fortement liée au fonctionnement écologique des lônes.

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

Cependant, l'absence de données entre 1996 et 2009 ne permet pas de conclure sur la dynamique de ces lônes.

Il est trop tôt pour établir un bilan définitif des restaurations sur le secteur de Belley. Toutefois, en s'aidant des premiers retours d'expériences sur Pierre-Bénite, il est possible de dégager quelques enseignements pour les restaurations qui pourraient être envisagées sur d'autres lônes (notamment Donzère-Mondragon). Au vu des problèmes d'alluvionnement présent dans la majeure partie des lônes, il est nécessaire d'éviter toute intervention susceptible de favoriser les dépôts d'alluvions (e.g. la réouverture des bouchons aval favorise le reflux d'eau fluviale dans les lônes et de ce fait l'alluvionnement). De même, l'étude des effets de l'augmentation de la fréquence de débordements par arasement de bouchons amont est essentielle si le milieu est soumis à des dépôts fréquents, car l'impact n'est pas favorable sur le fonctionnement de la lône. Dans ce cas, les principaux paramètres à prendre en compte sont la sinuosité et la capacité hydraulique de la lône. De plus, l'effet de ces arasements peut être accentué par le creusement du lit de la lône, ce qui en augmentant la capacité hydraulique contribue à diminuer la vitesse de l'eau lors des crues et favorise les phénomènes d'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 (cas de déconnexion ou de faible influence des crues).

2.6 Les communautés de macroinvertébrés de six lônes du Rhône dans le secteur de Brégnier-Cordon.

L'état d'avancement des suivis effectués ou traités en 2009 est le suivant :

Belley

Les campagnes de suivi (t+4) de 7 lônes de Belley (Luisettes, Moiroud, Fournier, Béard, Lucey, Yenne (En l'île) et Chantemerle) ont été effectuées les 31 mars, 6 et 7 avril 2009 (campagne de Printemps) et du 22 au 24 juillet 2009 (campagne d'Eté).

Les prélèvements sont triés à 80% (86 sur 108) et les déterminations faunistiques du matériel trié sont effectuées à 50%.

Péage de Roussillon

Les campagnes de prélèvement pré-restauration ont été effectuées en deux temps. Le « complexe » de la Lône de la Platière (Platière, Noyer Nord et Ilon) et la lône de la Sainte ont été échantillonnées en juillet 2007 et mai 2008. La lône de la Boussarde a été échantillonnée en septembre 2009 et avril 2010, suite à la décision d'inclure cette lône dans le programme de suivi.

Les 54 prélèvements de ces 5 lônes sont intégralement triés et les déterminations faunistiques sont effectuées à 75%.

Montélimar

Seule la lône de la Roussette a été retenue. Elle a été échantillonnée en juin et septembre 2009. A cette dernière date la station la plus amont de lône était asséchée.

Les 9 prélèvements sont intégralement triés et les déterminations faunistiques sont effectuées à 75%.

Donzère-Mondragon

A l'issue d'une visite du secteur menée les 25 et 26 mai 2009, 8 lônes ont été sélectionnées pour une étude pré-restauration : lône des Joncs, lône de Caderousse, lône Bayard, lône de Malaubert, lône de la République, lône du Carré, lône de Malatras, Grange Ecrasée. L'échantillonnage de ces 8 lônes a été mené en juin (1 au 5) et en septembre (7 au 11) 2009.

Les prélèvements sont triés à 50% (51 sur 99) et les déterminations faunistiques du matériel trié sont effectuées à 50%.

Les résultats du premier suivi post-restauration (année 2008) sont présentés ici.

2.6.1 Introduction

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, statut des espèces, diversité de leurs caractéristiques biologiques).

Les macroinvertébrés accomplissent des fonctions primordiales (et qui leur sont propres) dans la fragmentation et la décomposition de la matière organique. Les peuplements de

macroinvertébrés reflètent en outre la productivité des milieux et sont un maillon important de la chaîne trophique, particulièrement pour les poissons. Par des modifications du régime hydraulique, des habitats présents dans les lônes et de leur environnement immédiat (ripisylve par exemple), les travaux de restauration réalisés sur le Rhône entraînent potentiellement des modifications quantitatives et qualitatives des communautés d'invertébrés aquatiques.

Parmi les invertébrés aquatiques, plusieurs groupes permettent de porter un diagnostic sur la gamme complète d'habitats en contexte alluvial : des habitats lotiques (chenal principal) 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.

L'objectif du présent rapport est de décrire l'état des communautés d'invertébrés aquatiques dans six lônes du secteur de Brégnier-Cordon en 2008, soit environ deux années et demi après leur restauration lors de l'hiver 2004-05. Cette description est effectuée de façon à comparer cet état post-restauration avec celui décrit avant restauration (2003-05). Au-delà de l'objectif direct de description des états, un enjeu majeur à plus long terme réside dans notre capacité à faire la part entre les effets complexes et interactifs des fluctuations interannuelles "naturelles" de ces systèmes, des effets - manifestement déjà marqués (Daufresne et al., 2003, 2007 ; Mouthon & Daufresne, 2006) - des changements climatiques, de la pression de colonisation par des espèces aquatiques non-indigènes au Rhône (Fruget, 2003 ; Devin et al., 2005) et des effets propres aux actions de restauration, qui sont par ailleurs diversifiées selon les sites.

2.6.2 Stratégie d'échantillonnage.

2.6.2.1 Localisation des sites.

Les six lônes étudiées dans le présent rapport regroupent les quatre lônes qui avaient fait l'objet du rapport d'état avant travaux du secteur de Brégnier-Cordon (Olivier, 2005): la lône des Granges (GRAN), la lône des Molottes (MOLO), la lône de la Plaine (PLAI) et la lône Ponton (PONT). Y sont adjointes la lône Vachon (VACH) et la lône Mathan (MATH) qui avaient également fait l'objet d'une étude avant restauration (Tableau 2.6.1). La lône de la Plaine, initialement candidate à une restauration, n'a finalement fait l'objet d'aucuns travaux en raison de la présence d'*Anisus vorticulus*, espèce de mollusque patrimoniale listée en annexe de la Directive Habitats de l'Union Européenne. Cette lône peut donc être considérée comme un témoin dont le suivi permet d'évaluer les changements en milieu non restauré.

Le protocole d'étude des sites après restauration est identique à celui suivi avant restauration. La localisation géographique des sites étudiés est identique aux deux périodes, même lorsque des modifications ont été causées par les travaux de restauration. Deux sites d'échantillonnage sont sélectionnés à l'intérieur de chaque lône. Ces sites sont des zones géomorphologiquement homogènes et présentant généralement une unité du point de vue de la végétation aquatique. Ils représentent généralement les deux "pôles" caractéristiques de ces anciens chenaux de type parapotamique: un site amont (abrégé – m) représentant les secteurs les moins profonds (voire temporaires), déconnectés du Rhône en débit moyen, un site aval (abrégé – v), représentant les secteurs les plus profonds et généralement connectés au Rhône. A l'intérieur de chaque site, un tronçon de 30 mètres (selon l'axe amont-aval de la lône) a été choisi pour la réalisation des protocoles de description de l'habitat et d'échantillonnage de la macrofaune aquatique.

Tableau 5.6.1 - Dates d'échantillonnage faunistique des 6 lônes et types de modifications entraînées par la restauration.

lône		Pré-restauration, printemps	Pré-restauration, été	Post-restauration, printemps	Post-restauration, été	Modification par la restauration
Granges	GRAN	13.04.2005	20.07.2004	03.04.2008	16.07.2008	Recreusement du chenal
Molottes	MOLO	12.04.2005	18&20.07.2004	18&25.04.2008	17&18.07.2008	am: mouille non modifiée av: recreusement et connexion au Rhône
Plaine	PLAI	13.04.2005	17&19.07.2004	28.04.2008	15.07.2008	Pas de modifications
Ponton	PONT	13.04.2005	19.07.2004	28.04.2008	15.07.2008	am: mouille non modifiée av: recreusement
Mathan	MATH	02.04.2004	23.07.2003	25.04.2008	18.07.2008	Recreusement et reconnexion complète au Rhône
Vachon	VACH	02.04.2004	23.07.2003	06.05.2008	03.09.2008	am: recreusement et reconnexion au Rhône av: reconnecté au Rhône par l'amont

2.6.2.2 Description de l'habitat

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

2.6.2.3. Echantillonnage de la macrofaune

A l'intérieur de chacun des 4 points tirés au hasard (quadrat 50 x 50 cm), la macrofaune aquatique est échantillonnée de la façon la plus exhaustive possible à l'épuisette (ouverture 15 x 12 cm) à l'intérieur du quadrat. Le vide de maille est 0,5 mm. La limite de profondeur est d'environ 190 cm (manche de l'épuisette). Les échantillons sont effectués à pied ou en bateau gonflable léger selon l'accessibilité et la profondeur d'eau. Le matériel est fixé à l'alcool. Au laboratoire la fraction grossière des prélèvements est triée à vue sur une cuvette blanche, avec l'aide éventuelle d'une loupe de couturière. La fraction fine est triée sous une loupe binoculaire. Les invertébrés sont déterminés au niveau le plus fin permis par l'ouvrage de

Tachet et al. (2000), à l'exception des macrocrustacés, gastéropodes et insectes (autres que diptères et hétéroptères) dont la détermination est poussée à l'espèce dans la mesure du possible.

Les échantillonnages pré- et post-restauration ont été répétés à deux saisons: au début du printemps (Mars-Avril) et en été (Juillet-Août). Le calendrier des prélèvements est donné par le tableau 1. La présente analyse est basée sur l'exploitation de l'ensemble des échantillons prélevés dans les campagnes pré-restauration et sur 3 échantillons sur 4 par site pour les campagnes post-restauration.

2.6.3.4 Calcul des métriques

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 et l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux.
- (3) la richesse en mollusques gastéropodes. C'est le nombre d'espèces appartenant à ce groupe. Il diminue avec la permanence et l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux.

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

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

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 (Mars-Avril et Juillet-Août) pour une même situation (pré- ou post-restauration).

2.6.3.5 Analyse des données.

Des tests non-paramétriques (Wilcoxon) ont été utilisés pour comparer des lots de valeurs entre sites ou entre situations (pré- vs. post-restauration). Des analyses 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 Résultats.

2.6.3.1 Abondance des macroinvertébrés.

Les densités d'invertébrés par sites montrent globalement des valeurs plus élevées après restauration (Figure 2.6.1). Les augmentations sont particulièrement marquées dans les sites de GRAN, PONT (bien que PONTm n'ait pas été modifié) et MOLOv. La médiane des densités par quadrat pour l'ensemble des sites est de 1000 ind/m² avant restauration et de 2900 ind/m² après restauration. Cette différence est significative (Wilcoxon, $p < 0.0001$), de même que la différence des densités médianes par site entre les deux situations (Wilcoxon apparié, $p = 0.01$).

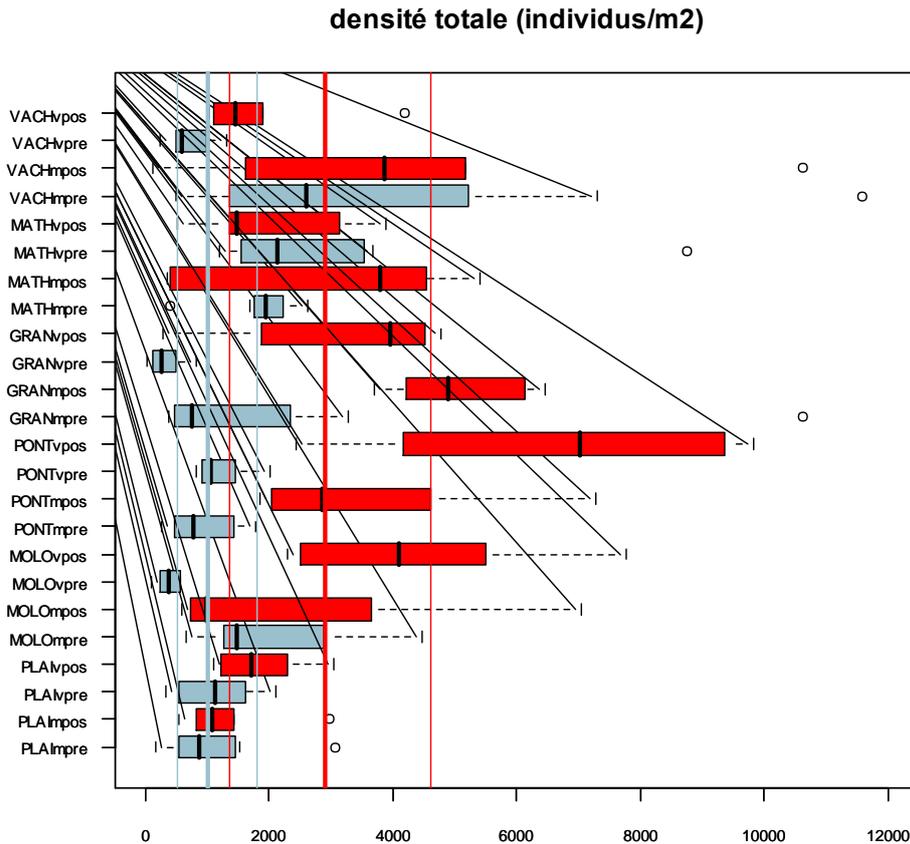
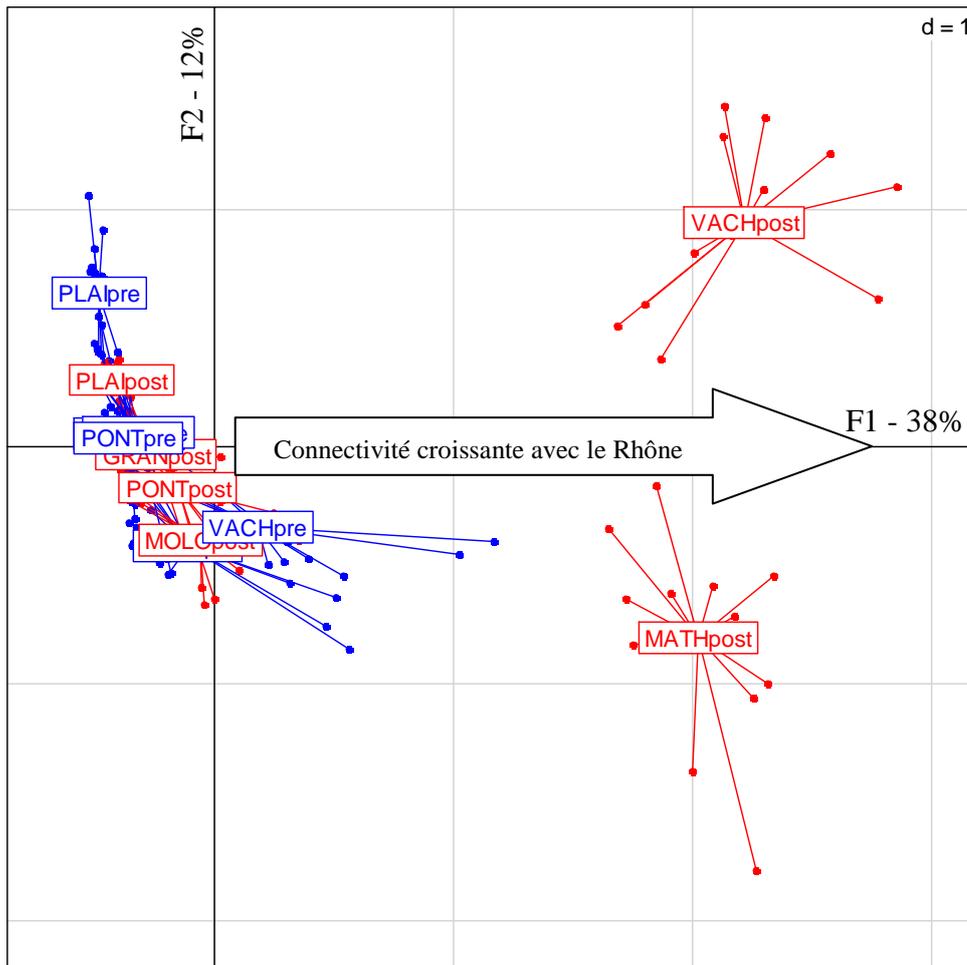


Figure 2.6.1 – Densités de macroinvertébrés par site. Les boîtes horizontales représentent l'intervalle interquartile (Q25-Q75) autour de la médiane des valeurs individuelles par quadrat. Les moustaches supérieures et inférieures indiquent les valeurs $Q75+1.5(Q75-Q25)$ et $Q25-1.5(Q75-Q25)$ au delà desquelles se situent les valeurs marginales. Les lignes verticales représentent les médianes et l'intervalle interquartile des valeurs pré- et post-restauration. Bleu : pré-restauration, rouge : post-restauration.

2.6.3.2 Composition des peuplements

L'analyse de la similarité des échantillons de macrofaune par des analyses factorielles des correspondances inter-classes montre un changement très important dans la composition taxonomique des lônes de Vachon (VACH) et de Mathan (MATH). L'ampleur de ce changement est bien supérieure à ceux qui se manifestent dans les autres lônes (Figure 2.6.2 et 2.6.3). La faune traduit un décalage d'ensemble des six lônes en direction du pôle de connectivité maximale avec le fleuve (droite du plan factoriel, Figures 2.6.2 et 2.6.3). Ce décalage est peu perceptible dans le cas de GRAN, il n'est pas moins marqué dans PLAI (non restaurée), que dans MOLO, GRAN ou PONT qui ont localement subi des modifications importantes lors de la restauration.

Malgré les forts changements dans VACH et MATH, les différences de composition faunistique entre lônes (13% de la variabilité totale, $p=10^{-4}$) sont quantitativement plus importantes que la différence globale entre les deux périodes d'étude (pré vs post-restauration) qui est faible mais cependant significative (3% de la variabilité totale, $p=10^{-4}$).



*Figure 2.6.2 – Ordination des échantillons de macrofaune de six lônes du secteur de Brégnier-Cordon par une analyses factorielles des correspondances inter-lônes*periode (120 taxons présents dans plus de deux des 168 échantillons élémentaires). Bleu : échantillons pré-restauration (2003-05), Rouge : échantillons post-restauration (2008).*

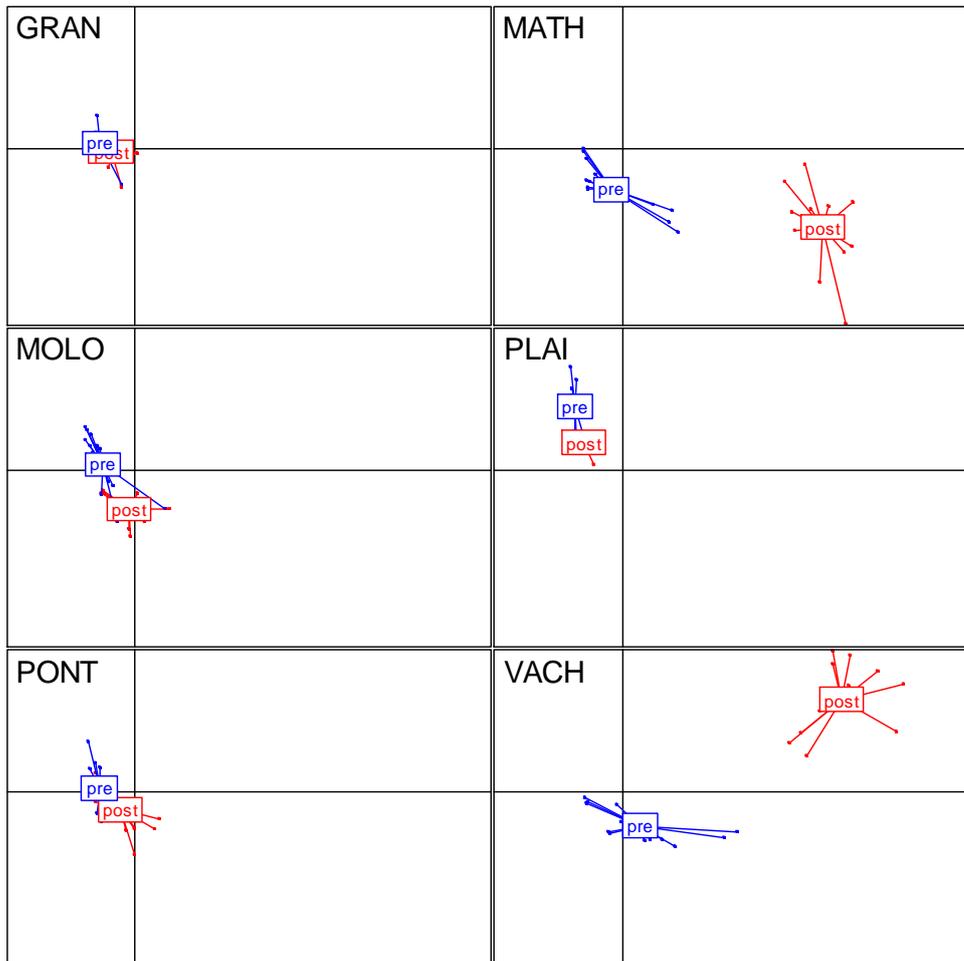


Figure 2.6.3 – Décomposition de la Figure 2.6.2 faisant apparaître le changement de composition taxonomique dans les six lône étudiées. Bleu : échantillons pré-restauration (2003-05), Rouge : échantillons post-restauration (2008).

Les tableaux qui suivent fournissent le détail par lône et par site des abondances (moyennes par sites exprimées en individus/m²) 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.

Lône des Granges (Tableau 2.6.2)

Après restauration, la lône des Granges connaît un fort enrichissement de sa communauté d'invertébrés. Ceci est frappant chez les mollusques gastéropodes et les trichoptères, particulièrement dans la station aval (7 espèces de trichoptères post-restauration contre 0 avant restauration, Tableau 2.6.2). L'augmentation de la connectivité avec le Rhône se traduit par l'installation de taxons à préférences plus lotiques (*Elmis*, *Caenis macrura*, *Goera pilosa*) et par l'arrivée de plusieurs espèces non-indigènes qui n'avaient pas été trouvées avant restauration (*Crangonyx pseudogracilis*, *Corbicula fluminea*, *Deissena polymorpha*, *Potamopyrgus antipodarum*)

Lône Vachon (Tab. 2.6.3)

La reconnexion permanente de la lône avec le Rhône par l'amont se traduit par un changement radical de la communauté d'invertébrés. La station amont qui fonctionnait comme une mouille stagnante (*Cloen dipterum*, *Planorbis carinatus*, coléoptères Dytiscidae et Hydrophillidae) hébergeant des taxons du fleuve amenés par les crues (*Gammarus*, *Caenis macrura*, *Potamanthus luteus*), possède maintenant la faune caractéristique d'un bras secondaire lotique (*Gammarus*, *Ancylus fluviatilis*, *Theodoxus fluviatilis*, *Serratella ignita*, *Potamanthus luteus*). La reconnexion par l'amont influence également la composition faunistique de la station aval qui voit les taxons lotiques augmenter en abondance (*Gammarus*, *Potamanthus luteus*) ou apparaître dans les prélèvements (*Ancylus fluviatilis*, *Theodoxus fluviatilis*, *Baetis*, *Serratella ignita*, *Heptagenia sulphurea*, *Goera pilosa*, *Silo nigricornis*). Les espèces invasives rhéophiles (*Dikerogammarus villosus*, *Potamopyrgus antipodarum*) apparaissent ou augmentent et remplacent les plus lénitophiles (*Gyraulus parvus*, *Physella acuta / heterostropha*). L'annélide polychète invasif *Hypania invalida* fait son apparition dans les deux sites de la lône (Tab. 2.6.9). C'est la première mention de cette espèce pour le secteur de Brégnier-Cordon.

Lône Mathan (Tab.2.6.4)

Comme la lône Vachon, la lône Mathan subit un changement radical de sa composition taxonomique. Avant restauration, les sites amont et aval sont deux mouilles stagnantes, proches d'un état temporaire (particulièrement la station aval). Le passage du Rhône en crue laissait à l'amont des taxons rhéophiles pouvant se maintenir au moins temporairement (*Gammarus*, *Elmis*, *Esolus*, *Limnius*, *Caenis macrura*, *Gomphus vulgatissimus*). Après restauration, la lône est un bras latéral courant connecté en permanence au Rhône. La communauté est dominée par les gammares, et les taxons rhéophiles indigènes (*Ancylus fluviatilis*, *Theodoxus fluviatilis*, coléoptères Elmidae, *Baetis*, *Torleya major*, *Goera pilosa*, *Silo nigricornis*, *Hydropsyche pellucidula*) et invasifs (*Dikerogammarus villosus*, *Potamopyrgus antipodarum*).

Lône des Molottes (Tab. 2.6.5)

Le site amont de la lône des Molottes n'a pas été modifié par les travaux de restauration. Les changements de composition taxonomique peuvent donc y être vus comme des témoins de variations « naturelles » dans une mouille de petite taille pouvant recevoir les eaux du fleuve lors des crues (milieu plésiopotamique). A l'exception de la disparition marquante des aselles, la communauté demeure dominée par un riche cortège de gastéropodes, de bivalves et de coléoptères. A l'aval par contre, la macrofaune traduit le passage d'un site temporaire très peu profond à un milieu profond reconnecté de façon permanente au fleuve, notamment à travers l'apparition d'un cortège d'odonates et de trichoptères. Les espèces invasives apparaissent ou augmentent en abondance (*Corbicula fluminea*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella acuta / heterostropha*, *Gyraulus parvus*).

Lône Ponton (Tab. 2.6.6).

Comme pour l'amont de la lône des Molottes, l'amont de la lône Ponton n'a pas été affecté par les travaux de restauration. Il représente donc un autre témoin de fluctuations naturelles en milieu plésiopotamique. La composition faunistique y demeure très proche entre les deux années. Dans la station aval par contre, la connectivité au fleuve est augmentée, mais sans reconnexion par l'amont. A l'image des changements observés à l'aval de la lône des

Molottes, on assiste à un enrichissement des cortèges d'odonates, de trichoptères et d'éphéméroptères et à l'apparition, ou à l'augmentation, de plusieurs invasives (*Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*, *Potamopyrgus antipodarum*).

Lône de la Plaine (Tab. 2.6.7).

La lône de la Plaine représente également, et dans son intégralité, un témoin de type plésiopotamique. Les changements observés, comme la baisse de richesse des coléoptères dans la partie amont ou des odonates dans la partie aval, peuvent être considérés comme faisant partie de fluctuations interannuelles pouvant être attendues. L'espèce patrimoniale *Anisus vorticulus* demeure présente dans les deux sites étudiés, à des niveaux de densité faibles (1 à 6 individus/m²). Le site amont reste exempt d'espèces non-indigènes (Tab. 2.6.9).

Tableau 2.6.2 - Lône des Granges. Moyennes des abondances par site (individus/m²) 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.

		GRAN	GRAN	GRAN	GRAN
		m	m	v	v
		pre	post	pre	post
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>		4.7		1.1
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	3.5	2.7		17.7
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	15	168		63.4
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>		0.7		
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>				2.3
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>	5	693.3		78.9
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	13	20.7	2	180
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>				1.1
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>	48.5	23.3	2	6.9
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>				125.7
Gasteropoda	<i>Galba truncatula</i>		0.7		1.7
Gasteropoda	<i>Lymnaea stagnalis</i>	5.5	1.3	0.5	
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>		75.3	4	4
Gasteropoda	<i>Radix balthica</i>		14.7		1.1
Gasteropoda	<i>Stagnicola sp.</i>	0.5			1.1
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>	3.5	3.3	2	
Gasteropoda	<i>Anisus vortex</i>	4	2		
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>	4	11.3	1	15.4
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>		31.3	59.5	
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>	3	5.3	0.5	6.3
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	5.5	169.3		28.6
Gasteropoda	<i>Valvata cristata</i>	13.5	26		2.3
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>	9	5.3		13.7
Coleoptera	<i>Pomatinus substriatus</i>		0.7		
Coleoptera	<i>Hyphydrus ovatus</i>	6		0.5	
Coleoptera	<i>Ilybius sp.</i>	1.5			
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>	7.5	0.7	1.5	4
Coleoptera	<i>Elmis sp.</i>		0.7		
Coleoptera	<i>Gyrinus substriatus</i>	1.5			
Coleoptera	<i>Haliplus sp.</i>	11	52.7	0.5	45.7
Coleoptera	<i>Peltodytes sp.</i>		1.3		0.6
Coleoptera	<i>Hydraena grp riparia</i>	0.5			
Coleoptera	<i>Helochares sp.</i>	1.5			
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	165	54.7	34.5	62.3
Ephemeroptera	<i>Baetis sp.</i>				
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>	1	1.3		16.6
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i>				1.7
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>				14.3
Ephemeroptera	<i>Caenis robusta</i>	0.5			
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>			0.5	
Odonata	Aeshnidac ind.	1		2	
Odonata	<i>Erythromma lindenii</i>		4.7		2.9
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	19	16	0.5	4
Odonata	<i>Erythromma viridulum</i>	2			
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>	2	0.7		
Odonata	<i>Lestes viridis</i>	4			0.6
Odonata	<i>Libellula depressa</i>			0.5	
Odonata	<i>Orthetrum sp.</i>		0.7		0.6
Odonata	<i>Sympetrum gr. striolatum</i>	0.5			
Odonata	<i>Platycnemis sp.</i>				1.1
Trichoptera	<i>Goera pilosa</i>				0.6
Trichoptera	<i>Hydroptila sp.</i>				0.6
Trichoptera	<i>Athripsodes sp.</i>	21	20.7		8
Trichoptera	<i>Mystacides sp.</i>		1.3		14.3
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa</i>		14		1.1
Trichoptera	<i>Halesus gr. radiatus</i>				0.6
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>		34		15.4

Tableau 2.6.3 - Lône Vachon. Moyennes des abondances par site (individus/m²) 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.

	Lône	VACH	VACH	VACH	VACH
	Site	m	m	v	v
	Quadrat	pre	post	pre	post
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	1910.5	3491.3	141.5	1568.7
Amphipoda	<i>Dikerogammarus villosus</i>		2.7		2.7
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	8	2	5	
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>	3	41.3	3.5	1.3
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>		0.7	0.5	
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>	2.5		0.5	
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	7.5		17.5	
Gasteropoda	<i>Ancylus fluviatilis</i>		48.7		20.7
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>	1		9	
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	1.5	256	6	22.7
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>				0.7
Gasteropoda	<i>Radix balthica</i>			0.5	
Gasteropoda	<i>Theodoxus fluviatilis</i>		1.3		2.7
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>	2			
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>	5.5	0.7	0.5	
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>	7.5			
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	19.5		0.5	
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>	1.5	0.7	5	0.7
Coleoptera	<i>Pomatinus substriatus</i>	0.5			0.7
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>	0.5			
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>	9		4	
Coleoptera	<i>Elmis sp.</i>		0.7		
Coleoptera	<i>Esolus sp.</i>	1		2.5	
Coleoptera	<i>Limnius sp.</i>	0.5			0.7
Coleoptera	<i>Gyrinus substriatus</i>	0.5			
Coleoptera	<i>Halipilus sp.</i>	36		5	
Coleoptera	<i>Helochares sp.</i>	0.5			
Coleoptera	<i>Laccobius sp.</i>	1			
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	966.5		9.5	
Ephemeroptera	<i>Baetis sp.</i>		1.3		8
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>	0.5		4	
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i>	0.5		2	
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>	23.5	1.3	8	0.7
Ephemeroptera	<i>Serratella ignita</i>		3.3		7.3
Ephemeroptera	<i>Ephemera sp.</i>			0.5	0.7
Ephemeroptera	<i>Ileptagenia sulphurea</i>		4		3.3
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>	2.5	26.7	4	20.7
Odonata	Aeshnidae ind.	2			
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>			1.5	
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>	0.5		0.5	
Odonata	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	0.5			
Odonata	<i>Libellula depressa</i>	0.5			
Odonata	<i>Orthetrum sp.</i>	2			
Odonata	<i>Platycnemis cf pennipes</i>	0.5		0.5	
Trichoptera	<i>Goera pilosa</i>		2		5.3
Trichoptera	<i>Silo nigricornis</i>		0.7		3.3
Trichoptera	<i>Athripsodes sp.</i>	1	2	2	
Trichoptera	<i>Mystacides sp.</i>	0.5		0.5	0.7
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa</i>				1.3
Trichoptera	<i>Halesus gr. radiatus</i>	1			
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>	0.5		0.5	
Trichoptera	<i>Neureclipsis bimaculata</i>	0.5		0.5	
Trichoptera	<i>Psychomyia pusilla</i>		0.7		

Tableau 2.6.4 - Lône Mathan. Moyennes des abondances par site (individus/m²) 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.

		Lône		MATH	
		Site		MATH	
		m	m	v	v
		pre	post	pre	post
Quadrat					
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	0.5			
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	494.5	2733.3		1800.7
Amphipoda	<i>Dikerogammarus villosus</i>		4		8
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	48.5			
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>	4.5	71.3		
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>		0.7		
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>	7		4.5	
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	35.5	0.7	410.5	
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>	3		1	
Gasteropoda	<i>Ancylus fluviatilis</i>		6.7		2
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>			402	
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>		32.7		22.7
Gasteropoda	<i>Galba truncatula</i>			6	
Gasteropoda	<i>Lymnaea stagnalis</i>	2		0.5	
Gasteropoda	<i>Radix balthica</i>			13	
Gasteropoda	<i>Stagnicola sp.</i>			7.5	
Gasteropoda	<i>Theodoxus fluviatilis</i>		27.3		0.7
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>	0.5		97.5	
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>	6		1.5	
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>		0.7		
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>	5		0.5	
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	5.5			
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>		2	57.5	
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>	19.5			
Coleoptera	<i>Elmis sp.</i>	0.5	4		0.7
Coleoptera	<i>Esolus sp.</i>	4	12		2
Coleoptera	<i>Limnius sp.</i>	1.5	2		0.7
Coleoptera	<i>Gyrinus substriatus</i>	0.5			
Coleoptera	<i>Haliphus sp.</i>	3.5		16.5	
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	196.5			
Ephemeroptera	<i>Baetis sp.</i>		7.3		5.3
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>	1.5			
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i>	22.5			
Ephemeroptera	<i>Caenis macrura</i>	10.5		3	0.7
Ephemeroptera	<i>Torleya major</i>		2		2
Ephemeroptera	<i>Ephemera sp.</i>	0.5			
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>	10	4	22	26.7
Odonata	Aeshnidae ind.	0.5			
Odonata	<i>Calopteryx splendens</i>	0.5			1.3
Odonata	<i>Erythromma lindenii</i>	1.5			
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	4.5			
Odonata	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	4			
Odonata	<i>Libellula depressa</i>	2.5			
Trichoptera	<i>Goera pilosa</i>		6.7		1.3
Trichoptera	<i>Silo nigricornis</i>		10		6
Trichoptera	<i>Hydropsyche pellucidula</i>		1.3		1.3
Trichoptera	<i>Hydroptila sp.</i>	0.5			0.7
Trichoptera	<i>Athripsodes sp.</i>	0.5	1.3		
Trichoptera	<i>Mystacides sp.</i>	3			
Trichoptera	<i>Glyphotaenius pellucidus</i>			0.5	
Trichoptera	<i>Halesus gr. radiatus</i>	1			1.3
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>			1	
Trichoptera	<i>Cyrnus trimaculatus</i>				0.7
Trichoptera	<i>Neureclipsis bimaculata</i>	0.5			
Trichoptera	<i>Psychomyia pusilla</i>	0.5	20.7		2.7

Tableau 2.6.5 - Lône Molottes. Moyennes des abondances par site (individus/m²) 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.

		Lône		MOLO		MOLO	
		Site		m		v	
		Quadrat		pre		post	
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	0.5	0.7				
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	3	8	18.5		235.3	
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	424.5					
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>						2
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>	3	20	2		6	
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	203	1457.3	1		119.3	
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>	16.5					
Gasteropoda	<i>Ancylus fluviatilis</i>						0.7
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>			5.5		18	
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>						50
Gasteropoda	<i>Galba truncatula</i>		19.3	5		73.3	
Gasteropoda	<i>Lymnaea stagnalis</i>		0.7	0.5			
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>						2.7
Gasteropoda	<i>Stagnicola sp.</i>		6				0.7
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>	0.5	88	2		100.7	
Gasteropoda	<i>Anisus vortex</i>	0.5					
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>	14	2.7	0.5			
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>		0.7	0.5		2	
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>	281.5	0.7				
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	278	10.7				
Gasteropoda	<i>Valvata cristata</i>	319.5	8				
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>	10					29.3
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>	2					
Coleoptera	<i>Hyphydrus ovatus</i>	92.5	23.3				
Coleoptera	<i>Ilybius sp.</i>	4.5		0.5			
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>	8.5		0.5		10.7	
Coleoptera	<i>Rhantus sp.</i>		1.3				
Coleoptera	<i>Elmis sp.</i>						
Coleoptera	<i>Esolus sp.</i>	0.5	0.7				
Coleoptera	<i>Linnius sp.</i>						
Coleoptera	<i>Gyrinus substriatus</i>		0.7				
Coleoptera	<i>Halipus sp.</i>	112.5	41.3			20	
Coleoptera	<i>Peltodytes sp.</i>						
Coleoptera	<i>Hydraena gr. riparia</i>		0.7				
Coleoptera	<i>Helochaers sp.</i>	0.5					
Coleoptera	<i>Laccobius sp.</i>						0.7
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	66	161.3	1.5		14.7	
Ephemeroptera	<i>Baetis sp.</i>		0.7				
Ephemeroptera	<i>Ephemera sp.</i>					27.3	
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>		3.3			3.3	
Odonata	Aeshnidae ind.	0.5					0.7
Odonata	<i>Erythronma lindenii</i>						0.7
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	1					
Odonata	<i>Lestes viridis</i>	2					
Odonata	<i>Libellula depressa</i>	2	1.3				
Odonata	<i>Platycnemis cf pennipes</i>	12					
Odonata	<i>Platycnemis sp.</i>						5.3
Trichoptera	<i>Hydroptila sp.</i>						0.7
Trichoptera	<i>Mystacides sp.</i>						0.7
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa</i>						0.7

Tableau 2.6.6 - Lône Ponton. Moyennes des abondances par site (individus/m²) 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.

	Lône	PONT	PONT	PONT	PONT
	Site	m	m	v	v
	Quadrat	pre	post	pre	post
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>	0.5	3.3	19	252.7
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	12	72.7	0.5	
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>				3.3
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>		1.3		1.3
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>	3	10.7	38.5	12.7
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	8	224	220.5	792.7
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>	3.5	12	1.5	2.7
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>	41.5	208	16	4.7
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>			0.5	78
Gasteropoda	<i>Galba truncatula</i>		1.3	1	1.3
Gasteropoda	<i>Lymnaea stagnalis</i>	6	0.7		
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>			1	
Gasteropoda	<i>Radix balthica</i>	1			
Gasteropoda	<i>Stagnicola sp.</i>	0.5		0.5	1.3
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>	20.5	14.7	23.5	13.3
Gasteropoda	<i>Ferrissia clessiniana</i>			1	
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>	24.5	208	9	8
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>	10		117	
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>	32	55.3	1.5	
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	0.5	4		
Gasteropoda	<i>Valvata cristata</i>	15	58		
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>	1.5	24.7	28.5	54
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>	2	0.7	0.5	
Coleoptera	<i>Hyphydrus ovatus</i>	16.5	2.7		
Coleoptera	<i>Ilybius sp.</i>	1.5			
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>	6.5	4.7	9.5	
Coleoptera	<i>Rhantus sp.</i>			0.5	
Coleoptera	<i>Haliphys sp.</i>	7.5	12.7	9.5	0.7
Coleoptera	<i>Peltodytes sp.</i>	1		0.5	
Coleoptera	<i>Hydraena grp riparia</i>		0.7		
Coleoptera	<i>Helochares sp.</i>	1.5			
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	132.5	69.3	21	6.7
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>				0.7
Ephemeroptera	<i>Caenis robusta</i>	1	12		
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>		0.7		8.7
Odonata	Aeshnidae ind.	3			
Odonata	<i>Calopteryx splendens</i>				0.7
Odonata	<i>Erythromma lindenii</i>				0.7
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	25	1.3	1.5	0.7
Odonata	<i>Erythromma viridulum</i>	0.5		0.5	
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>				0.7
Odonata	<i>Lestes viridis</i>	3.5	8		
Odonata	<i>Sympetrum gr. striolatum</i>	2	0.7		
Odonata	<i>Platynemis sp.</i>				0.7
Trichoptera	<i>Leptocerus sp.</i>	1.5		0.5	
Trichoptera	<i>Anabolia nervosa</i>				5.3
Trichoptera	<i>Glyphotaelius pellucidus</i>	2			
Trichoptera	<i>Halesus gr. radiatus</i>				0.7
Trichoptera	<i>Limnephilus gr. lunatus</i>		1.3	1	1.3
Trichoptera	<i>Cyrnus trimaculatus</i>				1.3

Tableau 2.6.7 - Lône de la Plaine. Moyennes des abondances par site (individus/m²) 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.

	Lône	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI
	Site	m	m	v	v
	Quadrat	pre	post	pre	post
Amphipoda	<i>Gammarus sp.</i>		0.7		1.3
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	442.5	12.7	0.6	
Bivalvia	<i>Musculium lacustre</i>	12.5	8	9.1	84
Bivalvia	<i>Pisidium sp.</i>	18.5	33.3	8.6	16.7
Bivalvia	<i>Sphaerium sp.</i>				0.7
Gasteropoda	<i>Ancylus fluviatilis</i>				0.7
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>	71	246.7	14.3	86
Gasteropoda	<i>Galba truncatula</i>			0.6	1.3
Gasteropoda	<i>Lymnaea stagnalis</i>		1.3		
Gasteropoda	<i>Radix auricularia</i>			4.6	17.3
Gasteropoda	<i>Stagnicola sp.</i>	0.5	1.3		
Gasteropoda	<i>Physella acuta</i>			41.1	44
Gasteropoda	<i>Anisus vorticulus</i>	5.5	4	0.6	2.7
Gasteropoda	<i>Ferrissia clessiniana</i>			1.7	
Gasteropoda	<i>Gyraulus albus</i>	4.5	1.3	2.9	
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>			178.9	38
Gasteropoda	<i>Hippeutis complanatus</i>	38.5	90.7	10.3	9.3
Gasteropoda	<i>Planorbis carinatus</i>	1	1.3	8.6	29.3
Gasteropoda	<i>Valvata cristata</i>	50	59.3	1.7	43.3
Coleoptera	<i>Hydroporus sp.</i>	4.5			
Coleoptera	<i>Hygrotus sp.</i>	20.5			
Coleoptera	<i>Hyphydrus ovatus</i>	7.5	0.7		
Coleoptera	<i>Ilybius sp.</i>	1.5			
Coleoptera	<i>Laccophilus sp.</i>				0.7
Coleoptera	<i>Halipus sp.</i>	91		10.3	4.7
Coleoptera	<i>Pelodytes sp.</i>				2.7
Coleoptera	<i>Hydraena grp riparia</i>	3			
Coleoptera	<i>Helochares sp.</i>	1			
Coleoptera	<i>Laccobius sp.</i>	0.5			
Ephemeroptera	<i>Cloëon dipterum</i>	198	18.7	22.9	56.7
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>				3.3
Ephemeroptera	<i>Caenis robusta</i>			172	178
Ephemeroptera	<i>Potamanthus luteus</i>				2
Odonata	Aeshnidae ind.		0.7	0.6	0.7
Odonata	<i>Coenagrion gr. puella</i>	3	0.7	4.6	3.3
Odonata	<i>Erythromma viridulum</i>			5.1	
Odonata	<i>Ischnura elegans</i>			1.1	1.3
Odonata	Corduliidae ind.	0.5		1.1	
Odonata	<i>Lestes viridis</i>		0.7		
Odonata	<i>Orthetrum sp.</i>			2.3	1.3
Odonata	<i>Sympetrum gr. striolatum</i>		2	0.6	
Trichoptera	<i>Leptocerus sp.</i>			79.4	
Trichoptera	<i>Glyptotaelius pellucidus</i>	1		0.6	
Trichoptera	<i>Limnephilus flavicornis</i>	0.5	2		

2.6.2.3 Métriques basées sur les richesses taxonomiques.

Le calcul de richesses raréfiées globales avant et après restauration, sur l'addition des échantillons, tous sites confondus (Figure. 2.6.3), conduit à des résultats partiellement différents de ceux qui avaient été obtenus dans l'étude du secteur de Belley après restauration. La richesse totale du peuplement baisse significativement après restauration (avant : 135.2 ± 0.9 taxons ; après : 118.7 ± 2.6 taxons). Par contre, on observe une augmentation très significative de la richesse des insectes EPT (+83%), attendus comme devant être favorisés par une augmentation de la connectivité (avant : 17.7 ± 1.9 taxons ; après : 32.7 ± 0.5 taxons). Les mollusques gastéropodes ne montrent pas de tendance significative (avant : 19.6 ± 0.6 taxons ; après : 19.0 ± 0.1 taxons), alors que leur richesse baissait à Belley.

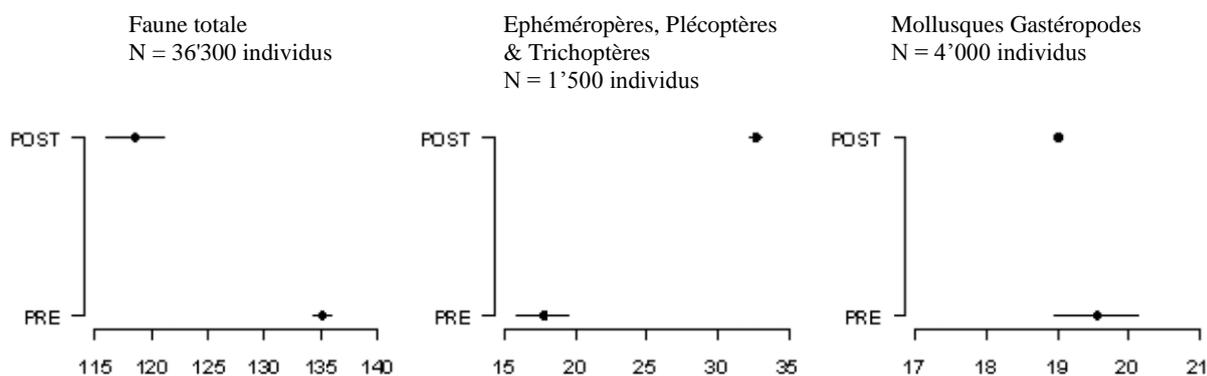


Figure 2.6.3 : Richesses taxonomiques raréfiées (± 1 erreur standard) calculées sur l'addition de tous les relevés disponibles pour les mêmes sites avant (pre) et après (post) restauration. Les effectifs servant au calcul diffèrent selon les assemblages taxonomiques considérés et sont basés sur l'effectif minimal disponible dans l'une des deux situations comparées.

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

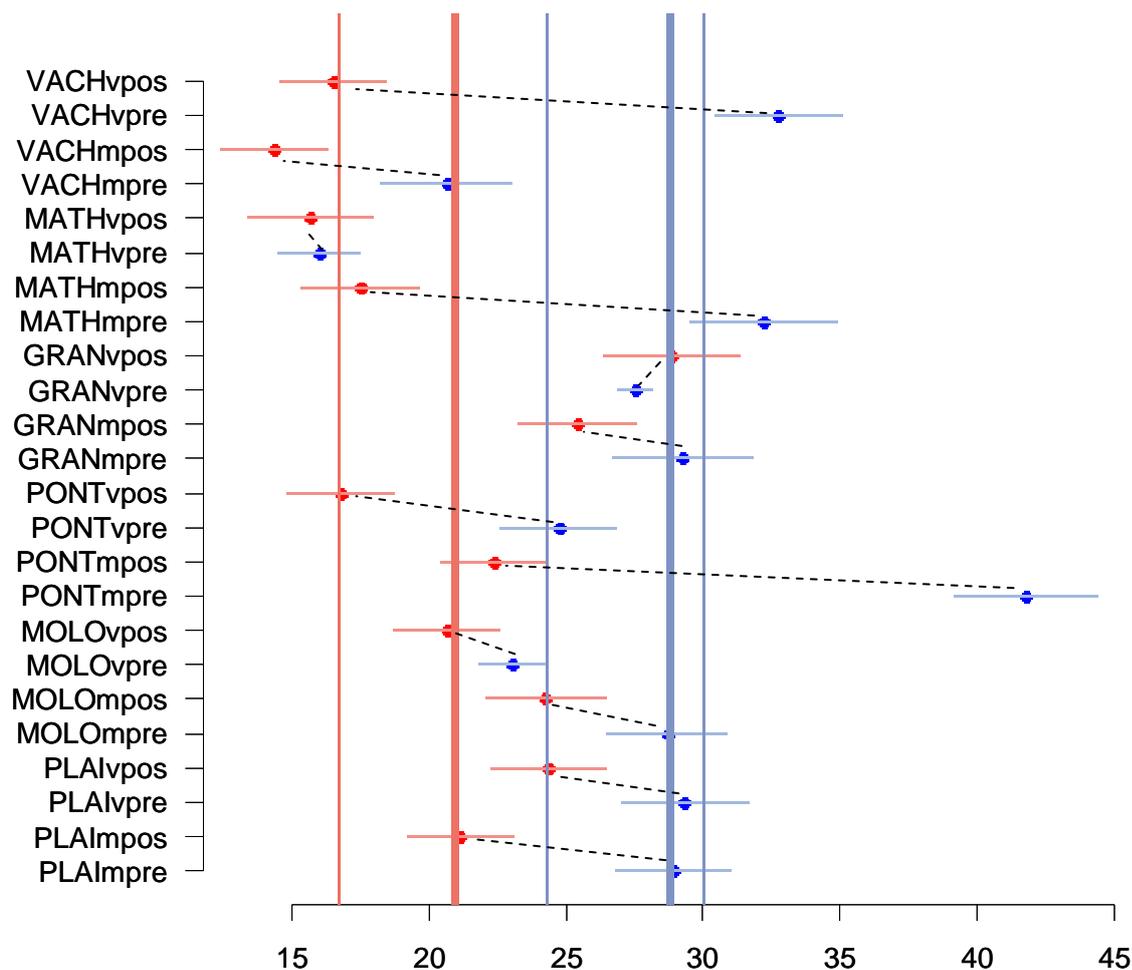


Figure 2.6.4 : Richesses taxonomiques totales raréfiées par sites (± 1 erreur standard), calculées pour 600 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site pré- et post-restoration. Bleu : pré-restoration, rouge : post-restoration. Les pointillés relient les états pré- et post-restoration d'un même site. La borne inférieure de l'intervalle interquartile pré-restoration est superposée à la borne supérieure de l'intervalle interquartile post-restoration. Les sites sont ordonnés de bas en haut en fonction de l'ordre de connectivité croissante des lônes avec le fleuve.

En ce qui concerne la richesse totale raréfiée (Figure 2.6.4), les valeurs par site montrent toutes une baisse post-restoration (à l'exception de GRAN aval pour lequel la différence n'est pas significative). La médiane des richesses raréfiées totales par site est significativement plus basse après restauration. (médiane pré-restoration : 28,8 taxons ; post-restoration : 20,9 taxons, test de Wilcoxon apparié $p=0.004$). Les baisses sont particulièrement marquées dans des sites comme VACHv, MATHm et PONTm où la réduction est de l'ordre de 50%. Ces baisses n'affectent donc pas que les sites modifiés

puisque les deux plus fortes baisses affectent PONT amont (non modifié) et VACH aval (non modifié morphologiquement). Les deux sites de la lône de la Plaine (témoin non modifié) connaissent également des baisses significatives de richesse raréfiée.

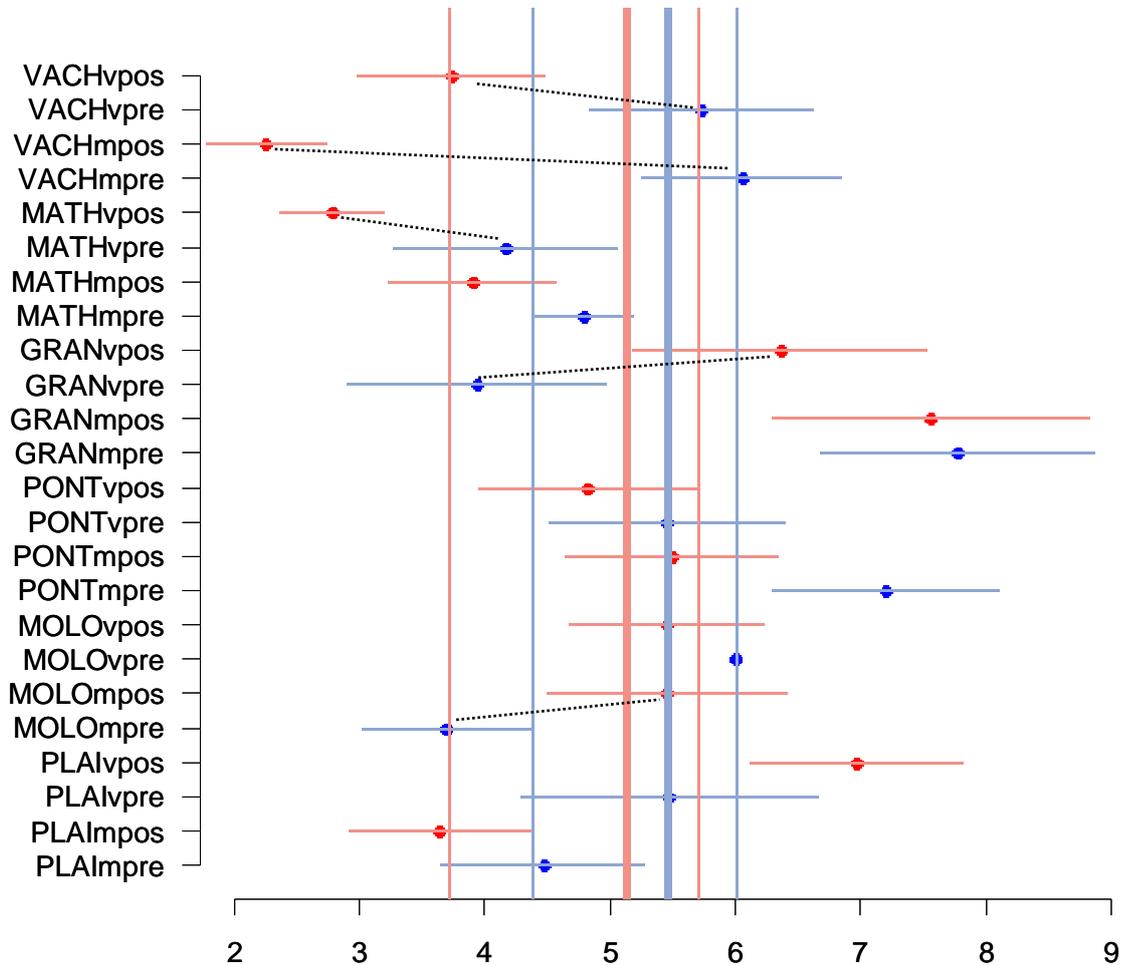


Figure 2.6.5 : Richesses taxonomiques raréfiées par sites (± 1 erreur standard) pour les mollusques gastéropodes, calculées pour 30 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site pré- et post-restauration. Bleu : pré-restauration, rouge : post-restauration. Les pointillés relient les états pré- et post-restauration d'un même site en cas de différence significative. 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 (Figure 2.6.5), les valeurs par site ne présentent pas de différences significatives, (médiane pré-restauration : 5.5 taxons ; post restauration : 5.1 taxons, test de Wilcoxon apparié $p=0.37$). Trois sites présentent un changement significatif, dans le sens d'une baisse. Deux d'entre eux étaient des mouilles stagnantes transformées en milieu lotique (VACHm, MATHv), le troisième (VACHv) a connu une augmentation d'hydraulicité du fait de sa reconnexion par l'amont. Deux sites présentent un changement significatif à la hausse : MOLOm qui n'a pas subi de changement et GRANv qui a été recreusé. Le témoin PLAI ne montre pas de changements significatifs.

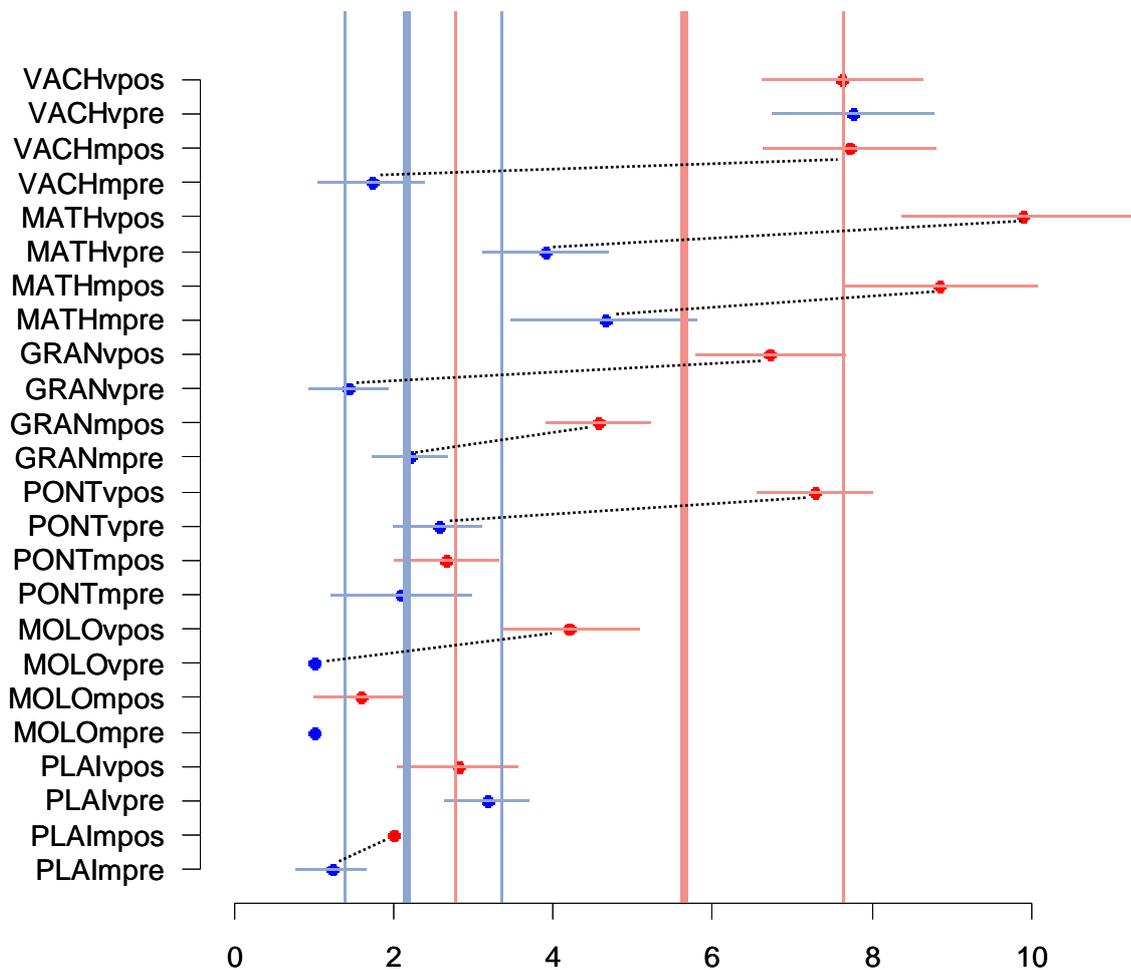


Figure 2.6.6 : Richesses taxonomiques raréfiées par sites (± 1 erreur standard) pour les insectes Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, calculées pour 30 individus. Les lignes verticales épaisses représentent les médianes et les lignes verticales fines l'intervalle interquartile des valeurs par site pré- et post-restauration. Bleu : pré-restauration, rouge : post-restauration. Les pointillés relient les états pré- et post-restauration d'un même site. 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 (Figure 2.6.6), augmentent significativement après restauration (médiane pré-restauration : 2.1 taxons ; post restauration : 5.6 taxons, test de Wilcoxon apparié $p=0.005$). Les sites peu ou pas modifiés ne présentent pas de différences significatives

(VACHv, PONTm, MOLOm, PLAIV) ou d'une ampleur très limitée (PLAI m). L'ampleur des augmentations est très significative pour les sites reconnectés (VACHm, MATH, MOLOv) ou recrusés (PONTv, GRAN).

2.6.3.4 Métriques basées sur le statut des espèces.

Le tableau 2.6.8 montre l'évolution des 12 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 PLAI amont demeure le seul exempt d'espèces non-indigènes. Les variations du pourcentage d'individus appartenant à des espèces non-indigènes ne sont pas homogènes entre les deux périodes d'étude. Des hausses notables se manifestent pour des sites reconnectés (MATHm, MOLOv, VACHm), mais également pour des sites non affectés (MOLOm). Des baisses sont également observables pour des sites recrusés (GRANv, PONTv) ou non affectés (PLAIv). Dans le cas de GRANv et PONTv, il s'agit du remplacement d'invasives lénitophiles, souvent très abondantes (comme *Gyraulus parvus*) par des invasives plus rhéophiles moins abondantes (Tableau 2.6.9). En valeur médiane, l'augmentation de 1 à 3,6 % de la proportion d'invasives par sites n'est pas significative (test de Wilcoxon apparié, $p=0.8$).

Le nombre d'espèces potentiellement patrimoniales montre une très faible tendance globale à la baisse (médiane pré-restauration : 3,5 espèces, post-restauration : 3 espèces), mais non significative (test de Wilcoxon apparié, $p=0.3$).

Tableau 2.6.8 - Pourcentage d'individus appartenant à des espèces non-indigènes et nombre d'espèces potentiellement patrimoniales dans 12 sites des îlons de Brégnier-Cordon, avant et après restauration.

	% sp non-indigènes		Nb sp "patrimoniales"	
	PRE	POST	PRE	POST
GRANm	0.2	0.8	4	2
GRANv	16.9	4.2	1	3
MATHm	0.3	3.6	4	2
MATHv	3.2	1.5	3	3
MOLOm	0	3.8	2	3
MOLOv	0.6	3.5	2	2
PLAI m	0	0	4	4
PLAIv	19	4.5	5	4
PONTm	3.4	0.5	3	3
PONTv	11.6	1.4	2	2
VACHm	0.4	12.2	4	3
VACHv	1.4	3.9	4	2
min	0	0	1	2
max	19	12.2	5	4
médiane	1	3.55	3.5	3

Tableau 2.6.9 - Densités (individus/m²) des 9 espèces non-indigènes et du gastéropode patrimonial *Anisus vorticulus* dans 12 sites des lônes de Brégnier-Cordon, avant et après restauration.

		GRANm	GRANm	GRANv	GRANv	MATHm	MATHm	MATHv	MATHv	MOLOm	MOLOm	MOLOv	MOLOv
		PRE	POST										
Polychaeta	<i>Hypania invalida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbellaria	<i>Dugesia tigrina</i>	-	-	-	0.6	-	0.7	-	-	-	-	-	0.7
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	-	4.7	-	1.1	0.5	-	-	-	0.5	0.7	-	-
Amphipoda	<i>Dikerogammarus villosus</i>	-	-	-	-	-	4	-	8	-	-	-	-
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	-	-	-	125.7	-	32.7	-	22.7	-	-	-	50
Gasteropoda	<i>Physella heterostropha / acuta</i>	3.5	3.3	2	-	0.5	-	97.5	-	0.5	88	2	100.7
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>	-	31.3	59.5	-	-	0.7	-	-	-	0.7	0.5	2
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>	-	0.7	-	-	4.5	71.3	-	-	-	-	-	2
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>	-	-	-	2.3	-	0.7	-	-	-	-	-	-
Gasteropoda	<i>Anisus vorticulus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

		PLAI m	PLAI m	PLAI v	PLAI v	PONT m	PONT m	PONT v	PONT v	VACH m	VACH m	VACH v	VACH v
		PRE	POST										
Polychaeta	<i>Hypania invalida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52.7	-	16
Turbellaria	<i>Dugesia tigrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	159.3	-	29.3
Amphipoda	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amphipoda	<i>Dikerogammarus villosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.7	-	2.7
Gasteropoda	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	-	-	-	-	-	-	0.5	78	1.5	256	6	22.7
Gasteropoda	<i>Physella heterostropha / acuta</i>	-	-	41.1	44	20.5	14.7	23.5	13.3	2	-	-	-
Gasteropoda	<i>Gyraulus parvus</i>	-	-	178.9	38	10	-	117	-	7.5	-	-	-
Bivalvia	<i>Corbicula fluminea</i>	-	-	-	-	-	-	-	3.3	3	41.3	3.5	1.3
Bivalvia	<i>Dreissena polymorpha</i>	-	-	-	-	-	1.3	-	1.3	-	0.7	0.5	-
Gasteropoda	<i>Anisus vorticulus</i>	5.5	4	0.6	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-

Comme dans le secteur de Belley, neuf espèces non-indigènes au Rhône sont maintenant répertoriées dans les six lônes suivies (un Annélide Polychète *Hypania invalida*, deux Crustacés Amphipodes *Crangonyx pseudogracilis* et *Dikerogammarus villosus*, une Planaire *Dugesia tigrina*, deux Mollusques Bivalves *Corbicula fluminea* et *Dreissena polymorpha* et trois Mollusques Gastéropodes *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella heterostropha / acuta* et *Gyraulus parvus*) (Tab. 2.6.9).

Trois de ces espèces n'avaient pas été trouvées dans ces lônes en 2003-05 (*H. invalida*, *D. villosus* et *D. tigrina*). Moins de quatre ans après sa première découverte dans le Rhône court-circuité de Belley (octobre 2004), *D. villosus* est présent en 2008 dans 4 des 12 sites étudiés à des densités comprises entre 2 et 8 individus/m²) (Tab. 2.6.9). Il fréquente les sites ayant un degré élevé de connexion au fleuve (MATH, VACH). L'Annélide ponto-caspien *H. invalida* trouvé pour la première fois dans le haut-Rhône dans la lône de Chantemerle en été 2007 a gagné le secteur de Brégnier-Cordon en 2009. Il n'est pour l'instant rencontré que dans la lône Vachon où il atteint localement des effectifs voisins de 50 individus/m².

Si la majorité de ces espèces non-indigènes sont clairement en voie d'expansion dans les lônes les plus connectées au Rhône, le petit gastéropode Planorbidae *G. parvus* montre, comme à Belley, des densités considérables dans des milieux ayant été recreusés (PONTv) ou non affectés par la restauration (PLAIv) où il peut atteindre des densités supérieures à 100 individus/m².

Le nombre d'espèces non-indigènes augmente dans l'ensemble des sites restaurés (tab. 9). Le nombre médian d'espèces non-indigènes par quadrats avant restauration est de 1 (intervalle interquartile 0 - 1), il est de 2 après restauration (intervalle interquartile 1 - 3). Cette différence est significative (test de Wilcoxon p=2x10⁻⁶). Cette augmentation est très marquée dans les sites reconnectés à l'amont (MATH, VACH, tab. 9). Avec 6 espèces non-

indigènes, VACHm et MATHm sont les plus riches des lônes étudiées. A l'opposé cette tendance n'est pas notable dans les sites non modifiés (PLAI, PONTm).

2.6.4 Synthèse et conclusions.

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

- Les changements post-restauration sont dominés par la transformation radicale des lônes Mathan et Vachon qui deviennent des chenaux secondaires où s'exerce un courant permanent. Leurs communautés d'invertébrés traduisent évidemment cette modification et sont maintenant composées d'invertébrés rhéophiles typiques du cours principal du Rhône. Face à ces modifications, les changements enregistrés dans les autres lônes sont d'un ordre de grandeur moindre mais ils peuvent également concerner des milieux non affectés par la restauration (témoins). Ceci avait également été observé à Belley avec un témoin lotique (lône de Chantemerle). C'est le cas à Brégnier avec des milieux à tendances plus lénitiques (plésiopotamons comme la lône de la Plaine). Comme dans le cas des lônes de Belley, la richesse des insectes EPT réagit positivement à l'augmentation de la connectivité au Rhône, avec des enrichissements très nets dans les lônes restaurées. La richesse des Mollusques Gastéropodes ne montre pas de baisse globale comme cela avait été vu à Belley. Cette stabilité est à mettre en relation avec l'existence, parmi les sites étudiés, de plusieurs milieux plésiopotamiques peu ou pas affectés par la restauration, mais aussi avec l'augmentation de richesse, ou au maintien de celle-ci, dans des milieux restaurés gardant un caractère stagnant (Lône des Granges).
- Comme cela avait été observé dans les lônes de Belley, la densité des peuplements d'invertébrés croît de façon significative. Cette augmentation est plus marquée dans des sites restaurés gardant un caractère stagnant, mais elle affecte aussi des sites non restaurés.
- La proportion d'individus appartenant à des espèces non-indigènes ne s'accroît pas significativement au sein des communautés, mais le nombre d'espèces de ce type augmente significativement dans les milieux restaurés. Les plus grands nombres d'espèces non-indigènes sont rencontrés dans les milieux les plus connectés au fleuve, qui est leur vecteur de dispersion. Toutefois, une espèce à stratégie manifestement différente (le mollusque *Gyraulus parvus*), colonise également en grande abondance les milieux stagnants, déconnectés et riches en végétation aquatique. Comme dans le secteur de Belley, l'apparition ou l'augmentation d'espèces à fort potentiel d'interaction avec les espèces indigènes est un phénomène marquant dont il conviendra de suivre le développement. C'est notamment le cas de *Dikerogammarus villosus*, un prédateur très efficace, ainsi que de *Corbicula fluminea* et *Hypania invalida* qui modifient les conditions d'habitat respectivement par le dépôt de leurs coquilles vides ou la construction de fourreaux limoneux.
- Mis à part les changements importants décrits ci-dessus pour les lônes Mathan et Vachon, les tendances observées confirment que, comme à Belley, des changements notables peuvent se manifester au sein des communautés de sites non-restaurés. De telles fluctuations inter-annuelles sont bien sûr attendues dans les écosystèmes étudiés. Elles incitent à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats et renforcent la

nécessité 1) d'utiliser des sites de référence pour estimer les changements induits par la restauration 2) d'effectuer des suivis à long terme. De plus, comme cela avait été souligné dans l'étude menée à Belley, certains sites (Mathan, Vachon) ont été échantillonnés avant restauration au cours de l'été 2003 et du printemps 2004. Bien que le changement hydrologique radical subi par ces deux lônes ne fasse aucun doute, il convient de ne pas négliger, dans l'analyse des suivis post-restauration, l'hypothèse d'interactions complexes entre les effets de la restauration (augmentation de l'influence du fleuve sur les lônes) et ceux des changements climatiques globaux.

- De même, s'il est clair que l'augmentation des connexions entre le fleuve et les lônes facilite l'introduction dans celles-ci des espèces non-indigènes propagées par le fleuve, cette portion du système rhodanien se situe aujourd'hui dans un contexte de flux croissant de ces espèces. En témoignent les résultats des prélèvements effectués dans les tronçons court-circuités. Il est donc difficile de faire la part entre la facilitation de ces espèces par la restauration et l'amplification contemporaine de leur flux liée à des causes plus globales.
- L'analyse de ces tendances sera précisée 1) par l'adjonction des résultats portant sur un plus large spectre de lônes de référence dans le secteur de Brégnier-Cordon, 2) par l'analyse des métriques fonctionnelles basées sur les traits biologiques des espèces qui sera réalisée conjointement sur les données post-restauration de Belley et de Brégnier-Cordon.

Remerciements

Nicolas Peru, et Fabrice Play ont participé au tri des échantillons faunistiques.

2.7 Peuplements de poissons des lônes.

L'objectif principal de la restauration est de re-créeer des annexes fluviales dans une plaine alluviale dans laquelle elles ont disparu à la suite de l'endiguement et de l'aménagement hydroélectrique du fleuve. Dans un système naturel, ces annexes participent au fonctionnement écologique du fleuve en ajoutant des fonctionnalités complémentaires de celles du chenal actif. Dans le cas des poissons, les caractéristiques de l'habitat physique (peu ou pas de contraintes hydrauliques, granulométrie du substrat, diversification des habitats, présence/absence de végétation aquatique et nature des végétaux....) confèrent à ces milieux des capacités d'accueil pour la reproduction et 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.

2.7.1 Objectifs et méthodologie

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

Une campagne d'échantillonnage était initialement prévue en automne tous les deux ans, mais 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 lône.

2.7.2 Echantillonnages

Dix sept lônes ont fait l'objet d'un échantillonnage en 2009 (tableau 2.7.1).

En 2009, en raison d'un étiage très marqué, la végétation aquatique (en particulier l'espèce invasive *Elodea nuttallii*) a colonisé la totalité de certaines lônes (lône des Molottes à Brégnier-Cordon, lône de l'Ilon à Péage-de-Roussillon) empêchant toute pêche électrique en bateau. La lône des Molottes a été échantillonnée très tard (novembre) avec beaucoup de difficultés de déplacement en bateau, la densité de végétation étant toujours importante. La lône de l'Ilon n'a pas été échantillonnée. La première pêche de l'état initial de la lône de la Roussette (Montélimar) a été effectuée en automne 2009, la seconde sera réalisée en 2010.

Les lônes du secteur de Donzère seront échantillonnées en 2010.

Date	Secteur	Station	Nombre de points
18/09/2009	Chautagne	Lône de la Malourdie	25
24/09/2009		Lône du Brotalet	25
17/09/2009	Belley	Lône des Luisettes	25
17/09/2009		Lône Moiroud	25
17/09/2009		Lône Béard	25
18/09/2009		Lône Fournier	25
17/09/2009		Anse de Yenne	25
22/09/2009		Brégnier-Cordon	Lône de Chantemerle
02/10/2009	Lône des Granges		25
02/10/2009	Lône Vachon		25
01/10/2009	Lône des Cerisiers		25
01/10/2009	Lône Mattant		25
19/11/2009	Lône des Molottes		25
01/10/2009	Lône du Ponton		25
29/09/2009	Lône Platière		30
29/09/2009	Péage de Roussillon	Lône Noyé nord	15
14/12/2009	Montélimar	Lône de la Roussette	25

Tableau 2.7.1 : plan d'échantillonnage des peuplements piscicoles des lônes en 2009.

2.7.3 Résultats

Les résultats bruts des pêches réalisées en 2009 dans les lônes sont présentés dans l'annexe A.2.7.1.

Secteur de Chautagne

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

La lône de la Malourdie est une annexe fluviale alimentée par la nappe phréatique et les eaux en provenance du contre-canal de rive gauche du canal d'amenée. Elle possède des eaux très claires et froides. La végétation aquatique immergée offre néanmoins 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. Les effectifs capturés sont généralement faibles et deux espèces dominent : l'épinoche et la loche franche qui est rencontrée essentiellement la partie amont et courante de la lône.

Les effectifs capturés, déjà relativement faibles les années précédentes, ont été exceptionnellement bas en 2009 (48 poissons, 4 espèces, chevaine, épinoche, loche franche et vairon). Les dérangements occasionnés par les travaux de construction de l'écluse sont peut-être en partie responsables de ce constat.

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

Après avoir enregistré des effectifs relativement importants en 2006 et 2007, les valeurs de 2008 et 2009 sont de 121 et 125 poissons échantillonnés, ce qui est relativement faible. De plus, le nombre d'espèces rencontrées en 2009 est relativement faible (7 contre 12 en 2008). Le brochet, déjà échantillonné en 2006, 2007 et 2008, 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 lénitophiles (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 2009 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Lône de la Malourdie	0	0	0	0
Lône du Brotalet	1	32	1	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	2009
Lône de la Malourdie	0%	2.8%	8%	0.8%	10%	0%
Lône du Brotalet	7%	26%	17%	12.2%	31%	27%

Le pourcentage calculé est nul dans la lône de la Malourdie. La lône du Brotalet renferme un mélange d'espèces caractéristiques des annexes fluviales (espèces cibles) et la fréquentation de cette annexe par les espèces phytophiles reste importante en 2009, ce qui témoigne de l'évolution progressive des caractéristiques de l'habitat au sein de cette lône.

Secteur de Belley

L'échantillonnage de la faune piscicole a été réalisé dans 5 lônes restaurées du secteur de Belley entre 2005 et 2009.

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

La **lône Moiroud** a été également curée, elle ne communique pas avec le chenal principal, la partie la plus amont est très peu profonde, le lit est constitué de sédiments fins. La sédimentation et la colonisation par la végétation aquatique sont relativement importantes mais l'évolution du contenu piscicole est peu marquée après restauration.

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

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

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

Le nombre d'espèces échantillonnées dans les lônes est très faible et varie en 2009, compris entre 1 (lône Moiroud) et 5 espèces (lône des Luisettes et Anse de Yenne)

Comme en Chautagne, les effectifs échantillonnés sont très faibles (les plus faible depuis le début du suivi post-restauration pour les lônes des Luisettes, Moiroud, Fournier et l'Anse de Yenne). Les effectifs de poissons dans la lône Béard sont toujours très faibles quelle que soit l'année. Cette situation est difficile à interpréter et l'échantillonnage des années futures permettra sans doute de statuer sur le caractère exceptionnel ou non de ces données.

Les abondances brutes des espèces cibles en 2009 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Luisettes	0	0	0	0
Moiroud	0	0	0	0
Béard	0	3	0	0
Fournier	0	0	0	0
Anse de Yenne	0	0	0	0

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

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

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

Ces pourcentages sont nuls pour trois des lônes du secteur de Belley. La valeur de 38% dans la lône Béard n'a pas de signification compte-tenu des très faibles effectifs capturés.

Secteur de Brégnier-Cordon

Les lônes suivies ont des caractéristiques morphologiques et hydrauliques différentes.

La **lône de Chantemerle** n'a pas été modifiée par le programme de restauration. Elle est alimentée par l'amont (débit faible), présente sur la majeure partie de son cours un faciès lenticule avec des berges limoneuses, et une colonisation irrégulière de végétaux aquatiques.

Avant sa réouverture par l'amont, elle était réputée pour sa richesse piscicole et très fréquentée par les pêcheurs. La création d'une entrée d'eau permanente à l'amont a probablement changé en profondeur ses caractéristiques écologiques et depuis, elle n'abrite plus des densités importantes de poissons.

La **lône Vachon et la lône Mattant** ont été ouvertes à l'amont et à l'aval et sont plus ou moins courantes (en fonction du débit réservé) sur tout leur linéaire. Les faibles effectifs échantillonnés et la faible richesse spécifique dans la lône Vachon sont difficilement attribuables à une cause particulière. Les espèces rencontrées dans la lône Mattant attestent du caractère **courant de ce bras secondaire** du Rhône : truite fario, spirilin, hotu, barbeau fluvial et chabot.

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

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

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

Le nombre d'espèces échantillonnées en 2009 varie entre 6 (lône des Granges) et 17 (lône Mattant) dans les lônes et est très variable d'une lône à l'autre (annexe A.2.7.1.) : 7 espèces dans la lône de Chantemerle, 11 dans la lône des Cerisiers, 14 dans la lône Vachon et celle du Ponton et 16 dans la lône des Molottes. Ces résultats diffèrent donc profondément de ceux obtenus dans le secteur de Belley.

Comme les années précédentes, les effectifs échantillonnés sont très différents d'une lône à l'autre. Les abondances dans la lône des Granges et la lône de Chantemerle sont les plus faibles (respectivement 16 et 22 poissons). Depuis le début du suivi post-restauration, les effectifs échantillonnés (ainsi que le nombre d'espèces) dans ces deux lônes n'ont jamais été élevés.

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.

Quatorze espèces (contre 6 en 2008 et 12 en 2007) ont été échantillonnées dans la **Lône Vachon**, et le nombre de poissons capturés est de 73 (contre 6 en 2008 et 51 en 2007). Les

espèces dominantes sont le chevaine (18%), le barbeau fluviatile (16%) et la vandoise (16%) ce qui atteste du caractère lotique de cette lône ouverte aux deux extrémités (présence également de la loche, du blageon, du spirlin et du chabot). Les résultats de l'année 2009 apparaissent comme encourageants suite aux résultats très pauvres des deux années précédentes.

Contrairement aux résultats de 2008, les données acquises dans la **Lône Mattant** en 2009 viennent confirmer les résultats obtenus après restauration. Ce bras secondaire courant abrite des espèces rhéophiles telles que le barbeau, la vandoise, le spirlin, la loche franche, le hotu, le vairon et le chabot, la truite fario, présente en 2007 et 2008 n'a pas été trouvée en 2009. Ce bras secondaire lotique possède des habitats peu profonds et courants qui conviennent aux jeunes stades de développement (1+ et 2+) des grandes espèces rhéophiles (hotu par exemple).

Les résultats obtenus lors de la pêche réalisée dans la **Lône des Cerisiers** en 2009 (180 poissons et 11 espèces), sans atteindre les valeurs de 2006 et 2007 (425 ind. et 13 espèces en 2006 et 248 ind. et 15 espèces en 2007) sont nettement plus en adéquation avec la capacité d'accueil de cette lône que ceux de 2008. La présence de différents faciès (lentiques et lotiques, zones plus profondes et radiers...) offrent des habitats pour différentes espèces et différentes classes d'âges. Depuis le début du suivi post-restauration, le pourcentage de juvéniles de l'année dans cette lône oscille autour de 50% et il est fréquent de capturer dans les embâcles des individus de grande taille (chevaines, barbeaux, vandoises). La présence de végétaux aquatiques offre également des habitats favorables aux jeunes poissons et aux espèces de petites tailles comme l'épinoche. En 2009, les espèces dominantes sont le goujon (67%), l'épinoche (40%), le chevaine (20%), le vairon (18%) et le barbeau (11%).

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 (16 espèces dans la lône de Molottes et 14 dans celle du Ponton, les effectifs capturés sont importants, 246 poissons dans la lône des Molottes - contre 411 en 2008 - et 300 dans celle du Ponton - contre 632 en 2008). C'est la bouvière (45% des effectifs) qui domine dans la lône des Molottes mais elle est accompagnée de la plupart des espèces lénitophiles (perche-soleil, tanche, brème commune, pseudorasbora, brochet, rotengle...) ainsi que de juvéniles d'espèces plus rhéophiles (chevaine, vairon, goujon). Dans la lône du Ponton, l'ablette représente 53% des captures, la brème commune 16%, viennent ensuite la bouvière (6%), le rotengle (5%), le gardon (5%).

Ces deux lônes constituent des milieux propices à la reproduction et à la croissance des juvéniles de nombreuses espèces (66% des effectifs capturés sont des juvéniles de l'année dans la lône des Molottes et 90% dans celle du Ponton).

Les abondances brutes des espèces cibles en 2009 sont :

Lônes	rotengle	tanche	bouvière	brochet
Chantemerle	0	5	0	1
Granges	1	5	0	0
Vachon	0	0	0	1
Cerisiers	0	2	0	0
Mattant	0	0	0	0
Molottes	4	15	110	6
Ponton	19	8	19	0

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

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

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

Ces pourcentages sont variables d'une année à l'autre mais restent importants dans les lômes des Molottes, Ponton, Granges et Cerisiers (sauf en 2009) 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 2009, comme celle de 2007 et 2008, s'inscrivent dans la définition de l'état initial avant restauration des lômes de Péage-de-Roussillon.

Le système « Platière » constitué de la Lôme de la Platière, de la Lôme du Noyé Nord et de la Lôme de l'Ilon a été échantillonné en octobre 2007, 2008 et 2009 (à l'exception de l'Ilon non échantillonnable en 2009). L'effort d'échantillonnage a été calibré en fonction de la superficie des différentes lômes. Le nombre d'espèces et les effectifs capturés sont très voisins de ceux de 2007 pour la Lôme de la Platière mais les effectifs sont deux fois moindres pour le Bras du Noyer Nord en 2009 par rapport à 2008.

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

La **lôme de la Platière** constitue un milieu faiblement courant, dont les fonds sont très souvent couverts de végétation. Cette lôme est très riche en habitats favorables pour les poissons. 16 espèces ont été échantillonnées, le gardon est l'espèce dominante (35% des effectifs), suivi du chevaine (31%). Les abondances relatives de chacune des autres espèces représentent moins de 7%. 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).

Dans la **lôme du Noyé Nord**, parmi les 10 espèces échantillonnées, le gardon représente 74% des 58 poissons capturés.

Secteur de Montélimar

La lôme de la Rousette a été échantillonnée pour la première fois en automne 2009 dans le cadre de l'établissement de l'état initial. La dimension de la lôme est relativement importante

mais la profondeur souvent faible et une grande partie de la surface de l'eau était colonisée par des lentilles d'eau. Les résultats de la pêche sont très pauvres : 1 anguille, 32 chevaines, 2 loches franches, 1 pseudorasbora et 2 tanches.

La restauration de la lône étant planifiée pour l'hiver 2010-2011, une seconde campagne d'échantillonnage sera réalisée en automne 2010 avant démarrage des travaux.

2.7.4 Bilan multi-sites

30 espèces de poissons ont été échantillonnées dans les différentes lônes en 2009.

Parmi elles, le chevaine est l'espèce dominante (16%), suivi de l'ablette (12%), de la bouvière (9%), du goujon, du gardon et de la loche franche (7%), puis de la brème commune et de la tanche (%). Les abondances relatives des autres espèces sont inférieures à 4%.

Pour les lônes restaurées (Haut-Rhône), la représentation de trois paramètres simples (effectifs totaux capturés par pêche soit 25 E.P.A. réalisés à une date donnée, pourcentages de juvéniles de l'année, pourcentages d'espèces litho-phytophiles et phytophiles) mesurés dans chacune des lônes échantillonnées permet de les comparer (tableau 2.7.2).

Les abondances absolues pour un même effort de pêche varient entre 4 individus (lône Béard – 2007) et 632 ind. (lône du Ponton – 2008). Six des 14 lônes échantillonnées possèdent des abondances moyennes supérieures à 100 ind./25 E.P.A. Dans ces lônes, les proportions de juvéniles de l'année sont toujours importantes (en moyenne 73%) mettant en lumière le rôle de site de reproduction et de grossissement de ces milieux pour les espèces rencontrées. Les variations temporelles après restauration sont également différentes d'une lône à l'autre et bien que la chronique soit relativement courte il est possible de mettre en évidence des groupes de lônes présentant des tendances similaires :

- la lône Moiroud et la lône des Luisettes ont des profils d'évolution temporelle similaires avec des abondances totales relativement faibles après 2006 et des proportions de juvéniles de l'année moyennes ; dans ces deux lônes, le pourcentage d'espèces phytophiles et litho-phytophiles a décliné au cours du suivi post-restauration,
- les abondances totales dans les lônes des Cerisiers et Chantemerle ont décliné au cours des 4 années de suivi,
- les abondances totales ont rapidement cru après restauration dans les lônes des Molottes et du Ponton et la proportion de juvéniles de l'année a toujours été très importante.
- La lône Mattant semble bien jouer son rôle d'annexe courante avec des effectifs de poissons assez importants, excepté en 2008.

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

Lônes	Effectif total						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Moyenne
Lône Malourdie	58	72	401	122	135	48	139
Lône Brotalet	500	160	210	262	121	125	230
Lône des Luisettes	-	58	156	68	41	19	68
Lône Moiroud	-	10	195	32	60	6	61
Lône Béard	-	178	13	4	12	8	43
Lône Fournier	-	142	69	89	69	58	85
Anse de Yenne	-	276	176	89	228	27	159
Lône de Chantemerle	-	-	192	56	25	22	74
Lône des granges	-	-	68	220	5	16	77
Lône Vachon	-	-	201	51	6	73	83
Lône des cerisiers	-	-	425	248	22	180	219
Lône Mattant	-	-	76	145	31	143	99
Lône des Molottes	-	-	68	513	411	246	310
Lône du Ponton	-	-	201	421	632	300	389
Lônes	Pourcentage d'esp. litho-phyto & phytophiles						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Moyenne
Lône Malourdie	0.00	0.03	0.08	0.01	0.10	0.00	0.04
Lône Brotalet	0.07	0.26	0.17	0.12	0.31	0.27	0.20
Lône des Luisettes	-	0.53	0.38	0.5	0.15	0.11	0.33
Lône Moiroud	-	0.50	0.34	0.25	0.02	0.00	0.22
Lône Béard	-	0.07	0.31	0.5	0.00	0.38	0.25
Lône Fournier	-	0.05	0.04	0.2	0.09	0.00	0.08
Anse de Yenne	-	0.09	0.2	0.02	0.01	0.00	0.07
Lône de Chantemerle	-	-	0.15	0.25	0.80	0.77	0.49
Lône des granges	-	-	0.45	0.2	0.20	0.31	0.29
Lône Vachon	-	-	0.19	0.12	0.00	0.19	0.13
Lône des cerisiers	-	-	0.05	0.21	0.14	0.08	0.12
Lône Mattant	-	-	0.16	0.03	0.03	0.14	0.09
Lône des Molottes	-	-	0.54	0.43	0.11	0.35	0.36
Lône du Ponton	-	-	0.61	0.24	0.64	0.82	0.58
Lônes	Pourcentage de 0+						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Moyenne
Lône Malourdie	0.86	0.69	0.76	0.71	0.6	0.83	0.74
Lône Brotalet	0.66	0.56	0.80	0.90	0.79	0.98	0.78
Lône des Luisettes	-	0.67	0.47	0.28	0.78	0.68	0.58
Lône Moiroud	-	0.30	0.58	0.44	0.72	0.83	0.57
Lône Béard	-	0.38	0.08	0.00	0.25	0.5	0.24
Lône Fournier	-	0.88	0.94	0.57	0.83	0.69	0.78
Anse de Yenne	-	0.92	0.93	0.24	0.41	0.7	0.64
Lône de Chantemerle	-	-	0.86	0.30	0.96	0.82	0.74
Lône des granges	-	-	0.76	0.49	0.6	0.31	0.54
Lône Vachon	-	-	0.79	0.27	0	0.53	0.40
Lône des cerisiers	-	-	0.49	0.56	0.5	0.57	0.53
Lône Mattant	-	-	0.48	0.28	0.35	0.2	0.33
Lône des Molottes	-	-	0.90	0.88	0.96	0.66	0.85
Lône du Ponton	-	-	0.86	0.71	0.99	0.9	0.87

Tableau 2.7.2 : Effectifs totaux capturés par pêche, proportion d'espèces phytophiles et litho-phytophiles et proportion de juvéniles de l'année (0+) dans chacune des lônes suivies après restauration. Les valeurs moyennes les plus importantes ont été surlignées.

Une première typologie des lômes après restauration en prenant en compte les trois paramètres cités précédemment a été réalisée en utilisant une analyse en composantes principales normée inter-lômes (Dolédéc et Chessel, 1989). Cette analyse permet de positionner les lômes les uns par rapport aux autres sur un gradient défini par la combinaison des valeurs des trois paramètres choisis (l'effet inter-lôme est significatif). L'essentiel de l'information est synthétisé par le premier facteur de l'analyse (62% de l'inertie) (figure 2.7.1). La proportion de juvéniles de l'année et l'abondance totale par pêche sont corrélées, montrant la contribution généralement importante de juvéniles dans les effectifs échantillonnés. La proportion d'espèces phytophiles et litho-phytophiles est moins bien corrélée aux deux autres variables. Le premier facteur de l'analyse ordonne les lômes (centre de gravité de chaque lôme) en fonction des valeurs des 3 variables (les coordonnées des lômes sont d'autant plus grandes que les valeurs des 3 variables sont élevées). La Lôme du Ponton et la lôme des Molottes apparaissent comme des annexes fluviales abritant des quantités importantes de poissons dont la plupart sont des juvéniles avec des proportions d'espèces phytophiles et litho-phytophiles plutôt élevées (plus élevées dans le Ponton que dans les Molottes). Vient ensuite la lôme du Brotalet, puis Chantemerle et Cerisiers, puis un autre groupe composé de Fournier, Malourdie, Anse de Yenne, Luisettes, Granges et Moiroud et dans lesquelles les effectifs échantillonnés et les proportions d'espèces phytophiles et litho-phytophiles ne sont pas très élevés mais où les proportions de juvéniles restent relativement importantes (>54%). Dans les autres lômes, les valeurs des trois paramètres sont généralement faibles (Vachon, Mattant et Béard).

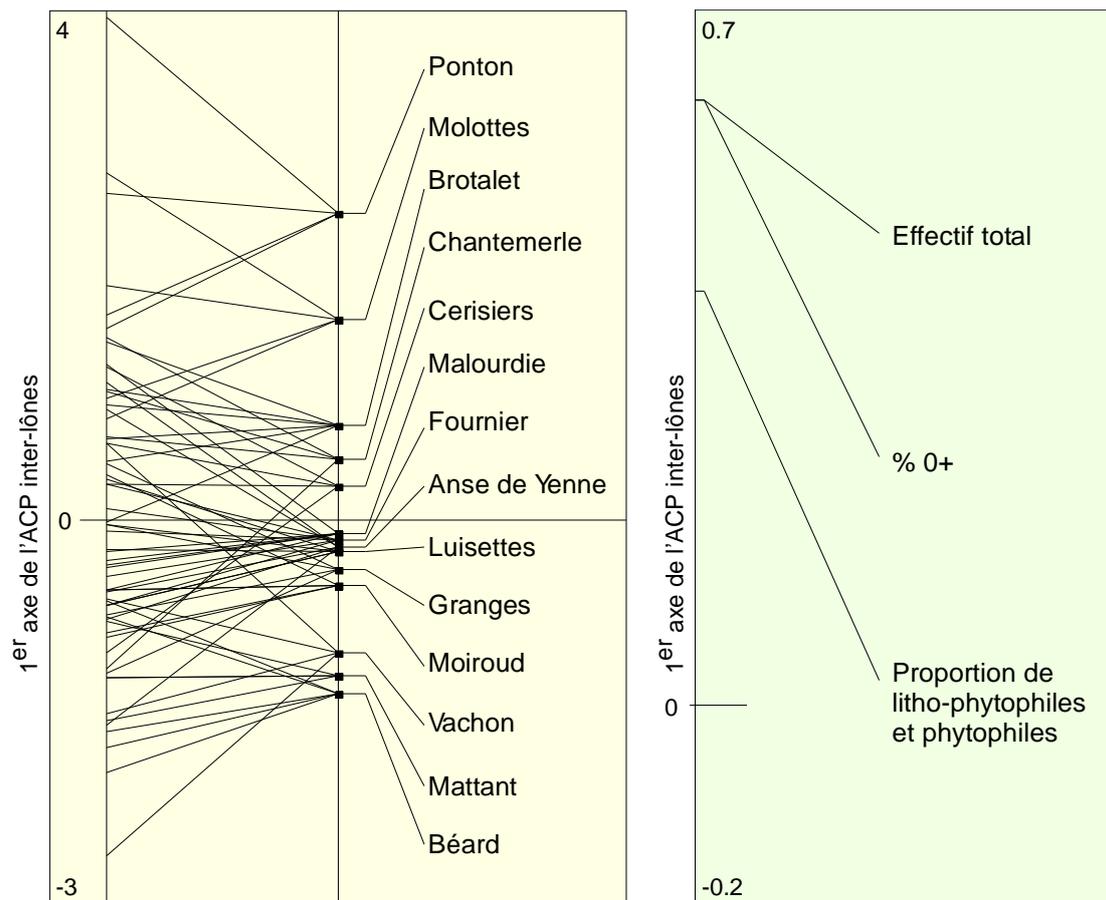


Figure 2.7.1 : ordination des lônes (à gauche) et des 3 variables retenues pour l'analyse (à droite) sur le premier axe de l'ACP normée inter-lônes du tableau comprenant les valeurs pour chacune des 3 variables des 14 lônes après restauration.

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

Les données des campagnes d'échantillonnage post-restauration montrent que les annexes abritent généralement des densités importantes (souvent des juvéniles de l'année, *cf.* plus haut) et que certaines d'entre elles, même quelques saisons après restauration (temps de réponse court) abritent des espèces caractéristiques (tanche, rotengle, brème, bouvière, brochet etc...) et présentent des densités de juvéniles très fortes. (cas des lônes du Brotalet, du Ponton et des Molottes).

Deux principaux facteurs expliquent les différences entre les caractéristiques piscicoles des lônes suivies : le fait que ces milieux soient ou non ouverts à l'amont, le fait qu'ils soient ou non alimentés de manière importante par des eaux d'origine souterraine. L'ouverture à l'amont confère le plus souvent un caractère plus ou moins courant aux milieux (lône Vachon, lône des Cerisiers, lône Mattant) et la faune piscicole associée est souvent très similaire à celle du chenal principal. Dans certains cas comme l'Anse de Yenne et l'aval de la lône des Cerisiers, les eaux restent 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 lithophylophiles) et à la croissance des juvéniles.

2.7.5. Conclusions

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

Les annexes fluviales sont des sites dans lesquels la production primaire et la production secondaire sont plus importantes que dans le chenal principal. Elles offrent des conditions de nutrition très favorables pour l'ensemble des classes d'âge des populations de poissons présentes, et en particulier pour les juvéniles qui trouvent là des aliments répondant à leurs exigences. Notons que sur le Bas-Rhône, ce rôle est également assuré par certains casiers « Girardon » en eau et partiellement connectés aux vieux-Rhône.

Parmi les 14 lônes suivies après restauration sur le Haut-Rhône, **trois d'entre elles (Brotalet, Molottes et Ponton) présentent des caractéristiques de zones annexes bénéfiques pour la reproduction et la croissance de nombreuses espèces de poissons**, qu'elles utilisent ou non la végétation comme substrat de ponte. A Péage-de-Roussillon, le système **Platière** joue également ce rôle.

Sur le Haut-Rhône, les bras secondaires reconnectés par l'amont et l'aval (Anse de Yenne, Cerisiers, Vachon, Mattant) ont connu des évolutions à court terme variables après restauration. L'Anse de Yenne a perdu son caractère lotique très rapidement et constitue actuellement une zone d'abris pour les poissons du chenal, les densités restent néanmoins assez faibles, cette lône ne constitue pas un site privilégié pour la reproduction et la croissance des juvéniles. Les caractéristiques piscicoles de la lône des Cerisiers n'ont pas été changées fondamentalement après restauration, le principal problème étant la sédimentation rapide (limons) dans la partie médiane de la lône. La lône Vachon, malgré son caractère lotique marqué (au moins dans la partie amont), ne semble pas très fréquentée par les poissons, les raisons de cette inadéquation apparente entre les conditions d'habitat et la quasi-absence de poissons restent problématique. **La lône Mattant a gardé ses caractéristiques de bras secondaire courant** et la faune piscicole est en adéquation avec ces conditions lotiques (truite, hotu, barbeau, spirin, loche franche, chabot...).

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

gardon...) est peut-être possible au cours des années à venir. L'évolution post-restauration de la lône Béard compromet fortement sa colonisation par les poissons (excepté l'épinoche).

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

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

Pour les sites candidats à la restauration, l'échantillonnage destiné à caractériser l'état initial sera poursuivi en 2010 et sera étendu au secteur de Donzère.

3. Approche géographique

3.1 Chautagne

Poissons

Au sein du chenal principal, la vitesse moyenne du courant a doublé après augmentation du débit minimum. Les résultats obtenus concernant les poissons sont variables à Chautagne depuis 2004. La tendance d'augmentation des espèces d'eau courante (de 11 à 22 %, notamment barbeau, ablette) se confirme néanmoins 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, de même que le hotu et la vandoise.

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.

Parmi les deux lônes échantillonnées (Malourdie et Brotalet), les caractéristiques de l'habitat piscicole dans la lône du Brotalet évoluent progressivement pour conférer à cette lône une très bonne qualité d'accueil pour la reproduction des espèces phytophiles et pour les juvéniles de nombreuses espèces rhodaniennes.

Macroinvertébrés du Vieux-Rhône.

Toutes campagnes confondues, 100 taxons sont recensés dans ce secteur. Le peuplement est dominé par les espèces de la famille des Baetidae, des Hydropsychidae, des Hydroptilidae, des Chironomidae, des Simuliidae et des Gammaridae. On remarque aussi que l'Ephéméroptère *Potamanthus luteus*, le Trichoptère *Psychomyia pusilla* ou le Mollusque *Ancylus fluviatilis* sont particulièrement bien représentés.



Psychomyia pusilla

Avant restauration, 80 taxons et 40222 individus par m² (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés. Au cours des campagnes post-restauration n+2, le nombre de taxons et les densités chutent de manière importante. Au cours des campagnes post-restauration n+4, les tendances sont complètement inversées. Les densités sont plus importantes qu'avant restauration et que 2 ans après restauration. Quatre années après restauration, 15 taxons nouveaux sont inventoriés par rapport aux observations pré-restauration (4 d'entre eux avaient

fait leur apparition deux ans après restauration). Parmi ces taxons, se distinguent notamment des espèces de Plécoptères : deux de la famille des Nemouridae et une espèce d'*Isoperla* (famille des Perlolidae). On note aussi l'apparition d'Ephémères plates de la famille des Heptageniidae telles que *Rhithrogena semicolorata*. Tous ces taxons oligo-meso-eutrophes témoignent d'exigences marquées pour une assez bonne qualité biologique des milieux. De plus, ces taxons sont sténothermes inféodés à des eaux dont les températures sont inférieures à 15°C. La baisse probable des températures moyennes annuelles de l'eau suite à l'augmentation des débits pourrait expliquer la présence de ces taxons au printemps et même en été, alors qu'avant restauration, ils n'avaient été observés que lors des campagnes d'hiver (e.g. *Nemoura* spp., *Isoperla* spp. ou *Rhithrogena semicolorata*).



Rhithrogena semicolorata

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

Globalement, on observe donc après restauration en accord avec nos attentes, une augmentation des taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) entre les campagnes n+2 et n+4. On note quatre années après restauration l'absence de 21 taxons qui faisaient partie du cortège faunistique avant restauration et pour certains qui étaient encore présents deux ans après restauration. La plupart de ces taxons sont limnophiles e.g. *Valvata cristata*, *Yola bicarinata*, *Mystacides* spp., *Sialis* spp. ou *Micronecta* spp. ou ubiquistes e.g. *Athripsodes* spp. ou *Glossiphonia complanata*. Enfin on notera dans ce secteur, la disparition inexplicable dans nos échantillons n+4 des deux taxons rhéophiles *Hydropsyche modesta* et *Limnius* spp. taxons dont les effectifs étaient non négligeables avant restauration (118 individus *H. modesta* récoltés avant restauration).



Hydropsyche modesta

Avant restauration, seules quatre espèces exogènes étaient présentes. Deux ans après restauration, on notait l'apparition de deux nouvelles espèces exogènes invasives : le prédateur *Dikerogammarus villosus* et le bivalve *Corbicula fluminea*. Quatre années après restauration apparaît une nouvelle espèce exogène: le Crustacé *Jaera istri* dont la voie de colonisation reste encore inexpliquée.

La comparaison des observations de terrain quatre années après restauration et les prédictions du modèle FSTress vont dans le même sens pour 36% des taxons abondants et pour lesquels des modèles de préférences hydrauliques pertinents existent. Ces pourcentages sont meilleurs quatre ans après restauration que deux ans après et on atteint 71 % des taxons si on ajoute les taxons pour lesquels les densités moyennes des relevés changent dans le sens attendu en n+4 par rapport à n+2. Cependant, l'absence de corrélations claires entre les observations et les prédictions avant et après restauration ne nous permet pas de valider les prédictions du modèle FSTress.

Sédimentation des lônes

Malourdie

Aucun relevé n'a été effectué avant les opérations de restauration. Ce bras mort possède un long bouchon amont, qui se retrouve totalement submergé pour un débit estimé à $640 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Les vitesses de sédimentation enregistrées les premières années après la restauration étaient assez exceptionnelles mais ont ensuite fortement diminué (de $44,9 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2004 à $9,6 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2009). L'embouchure aval de la lône forme un angle d'environ 90° avec le vieux-Rhône. Ces conditions de site ont facilité la mise en place rapide d'un bouchon alluvial sableux. L'isolement relatif qui en résulte explique la forte décroissance des vitesses de sédimentation moyennes observées depuis 2004. Les dépôts se caractérisent par un grain médian très fin (limons moyens²), une forte homométrie et une faible variabilité interannuelle. La sédimentation se structure de manière uniforme et homogène sur le fond, particulièrement en amont de l'ancien passage à gué.

Brotalet

Là encore nous ne disposons pas d'état initial avant restauration. Ce bras est déconnecté à l'amont et présente un débit de connexion estimé à $1390 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Aucun évènement débordant n'a encore été enregistré sur ce site depuis l'amont mais il est fort probable que des chenaux

² Selon la classification de Wentworth.

de crue plus fréquemment inondés alimentent la lône un peu plus à l'aval. Comme le site de Malourdie, il enregistre une forte diminution des rythmes de sédimentation depuis sa restauration (de 23,2 cm.an⁻¹ en 2004 à 9,6 cm.an⁻¹ en 2009). L'essentiel de la sédimentation se réalise dans la partie amont de la lône. L'intense reflux et le marnage induits par la proximité du canal de restitution jouent un rôle essentiel dans l'organisation des retours d'eau. Une élévation microtopographique se situant à la moitié du linéaire restauré influence les processus de dépôts : les deux tiers de la sédimentation se réalisent en effet en amont de cet élément structurant. Des processus érosifs ont été décelés sur la période « octobre 2006 - octobre 2007 », sans doute lié à l'alimentation des bras de crue latéraux. Les conditions granulométriques enregistrées en fond de lône sont marquées par une forte variabilité. La lône présente des fonds constitués essentiellement de sables fins avec une variabilité interstationnelle plutôt forte sur la période 2005-2007, alors qu'elle fonctionne davantage en décantation entre 2007 et 2009. Les dépôts sont plus fins (sables très fins) et beaucoup plus homogènes entre les stations de prélèvements. En 2009, environ 15 % du fond est constitué de graviers.

3.2 Belley

Poissons

L'évolution de la structure des communautés de poissons du chenal de Belley est contraire aux prédictions (diminution de 48% à 28% de la proportion des espèces d'eau courantes), avec une baisse importante des proportions de vandoises et d'ablettes. Ce résultat n'est pas lié au choix des stations de référence pour décrire l'état initial. Il 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 (ce qui reste peu probable), 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.

Le suivi de 5 lônes restaurées met en évidence qu'aucune d'entre elles ne constitue aujourd'hui une annexe fluviale favorable au développement d'importantes populations de poissons. La partie aval de la lône des Luisettes constitue un milieu de grande dimension difficile à échantillonner par pêche électrique, elle renferme des grands individus de tanche, brochet et gardons mais les densités ne semblent pas importantes.

Macroinvertébrés du Vieux-Rhône.

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



Serratella ignita

Avant restauration, 72 taxons et 41174 individus par m² (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Belley. Au cours des campagnes post-restauration n+2, le nombre de taxons et les densités chutent de manière importante. Au cours des campagnes post-restauration n+4, les tendances sont complètement inversées. Les densités sont plus importantes qu'avant restauration et que 2 ans après restauration. Dans ce secteur, 21 taxons

nouveaux sont observés en post-restauration n+4 dont 6 avaient fait leur apparition en n+2. Parmi ces taxons, se distinguent notamment des espèces de Plécoptères : deux de la famille des Nemouridae, une espèce d'*Isoperla* (famille des Perlolidae) et une du genre *Rhabdiopteryx* (famille des Taeniopterygidae). De plus, on note l'apparition d'Ephémères plates de la famille des Heptageniidae telles que *Rhithrogena semicolorata* et *Electrogena quadrilineata*. Dans ce secteur, on remarque aussi l'apparition du taxon *Habroleptoides* spp. (Ephéméroptère). Tous ces taxons oligo-meso-eutrophes témoignent d'exigences marquées pour une assez bonne qualité biologique des milieux. De plus, la plupart de ces taxons (exceptés *Rhabdiopteryx* sp., *Habroleptoides* spp. et *Electrogena quadrilineata*) sont sténothermes inféodés à des eaux dont les températures sont inférieures à 15°C. La baisse probable des températures moyennes annuelles de l'eau suite à l'augmentation des débits pourrait expliquer la présence de ces taxons au printemps et même en été, alors qu'avant restauration, ils n'avaient été observés que lors des campagnes d'hiver (e.g. *Nemoura* spp., *Isoperla* spp. ou *Rhithrogena semicolorata*). De plus, tous ces taxons mis à part *Habroleptoides* spp. et *Electrogena quadrilineata* ont des préférences marquées pour des eaux vives et trouveraient des conditions plus favorables après restauration. Après restauration, on rencontre aussi de nouveaux taxons de Trichoptères : deux de la famille des Leptoceridae (*Mystacides azurea* et *Oecetis* spp.), un Glossosomatidae (*Agapetus* spp.) et un de la famille des Goeridae (*Silo nigricornis*). Ces espèces de Trichoptères sont en général inféodées à des milieux lenticues ou présentant de faibles courants. On les retrouve dans des substrats de types pierres ou galets mais aussi abondamment dans les algues filamenteuses. Ce dernier type de substrat largement représenté dans les deux RCC apporte une abondante nourriture à ces mangeurs de microphytes ou macrophytes vivants. Globalement, on observe donc après restauration en accord avec nos attentes, une augmentation des taxons Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT). On note quatre années après restauration l'absence de 12 taxons qui faisaient partie du cortège faunistique avant restauration et pour certains qui étaient encore présents deux ans après restauration. La plupart de ces taxons sont limnophiles e.g. *Acentria ephemerella*, *Cleon dipterum*, *Hemiclepsis marginata*, *Bidessus* spp., *Hydraena* spp. ou ubiquistes e.g. *Valvata* spp. ou Pediciini.

Avant restauration, seules quatre espèces exogènes étaient présentes. Deux ans après restauration, on notait l'apparition de quatre nouvelles espèces exogènes invasives : le prédateur *Dikerogammarus villosus*, le bivalve *Corbicula fluminea*, le Polychète *Hypania invalida* (fortes densités sur ce secteur) et le Crustacé *Crangonyx pseudogracilis*. Quatre années après restauration apparaît une nouvelle espèce exogène : le Gastéropode *Gyraulus parvus*.



Hypania invalida

La comparaison des observations de terrain quatre années après restauration et les prédictions du modèle FStress vont dans le même sens pour 48% des taxons abondants et pour lesquels des modèles de préférences hydrauliques pertinents existent. Ces pourcentages sont meilleurs

quatre ans après restauration que deux ans après et on atteint 84% des taxons si on ajoute les taxons pour lesquels les densités moyennes des relevés changent dans le sens attendu en n+4 par rapport à n+2. Cependant, l'absence de corrélations claires entre les observations et les prédictions avant et après restauration ne nous permet pas de valider les prédictions du modèle FSTress.

Sédimentation dans les lônes

Luisettes

Avant restauration, ce système présentait des fonds graveleux et fonctionnait comme un bras secondaire semi permanent. En situation post-restauration, il sédimente. Le débit de connexion amont est estimé à $330 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A l'aval, un seuil artificiel limite les possibilités de reflux à partir du Séran. Le suivi est réalisé sur les 400 premiers mètres amont. Les vitesses de sédimentation ralentissent au cours du temps (de $12,6 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2006 à $3 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2009). La sédimentation y est discontinue et affecte majoritairement les 200 derniers mètres. Les dépôts sont essentiellement constitués de sables très fins à fins. Ces conditions se maintiennent dans le temps. Des processus de décapage ont été mis en évidence entre octobre 2006 et octobre 2007. La zone soumise à l'érosion correspond à l'arrivée d'un chenal de connexion secondaire situé à environ trois cent mètres en aval du bouchon amont.

Moiroud

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

Fournier

A l'instar des observations réalisées avant restauration, cet ancien chenal fonctionne actuellement comme un bras courant semi permanent. Le débit de connexion amont est estimé à moins de $110 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Immédiatement après les opérations (février et octobre 2006) quelques plaques de sédimentation fine étaient présentes dans l'axe médian du chenal. Depuis 2007 ces tâches ont disparu, aucune sédimentation n'est enregistrée. Seuls quelques dépôts sont observés à proximité des berges, dotées d'une rugosité plus importante.

Ile Béard

Avant restauration, les vitesses de sédimentation étaient très faibles ($0,7 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$). Les zones en eau résiduelles, situées dans la partie amont de la lône, présentaient des dépôts de

sédiments fins. Plus en aval le bras était totalement asséché et constitué d'un fond graveleux, parfois recouvert d'une matrice de sables fins. Immédiatement après les travaux de restauration, le fond de la lône se compose de sables moyens à très fins. En 2007 et 2009, les dépôts sont majoritairement constitués de limons grossiers. Le débit de connexion amont est estimé à $1050 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Un chenal de connexion intermédiaire, situé au niveau du premier tiers amont du système, permet une connexion avec le RCC pour des événements plus fréquents et joue un rôle structurant dans l'organisation des dépôts de fines. Les vitesses de comblement sont plus élevées qu'avant les travaux. Elles présentent une fluctuation interannuelle marquée (2,3 et 5,3 $\text{cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en février puis octobre 2006 ; 1,3 et 2 $\text{cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2007 puis 2009). L'essentiel des dépôts se réalise sur deux sections préférentielles : à l'amont du cinquième plan d'eau, puis au niveau de la dernière mouille dans la partie aval de la lône. Ce système est celui qui enregistre la plus forte amplitude de variabilité longitudinale du recouvrement du fond par les sédiments fins, et ce, tant en phase de décapage (oct. 2006 - oct. 2007) que d'accrétion des matériaux (mars 2006 - oct. 2006 ; oct. 2007 - août 2009). A ce titre, il possède les forces tractrices moyennes les plus élevées.

Lucey :

Ce bras est alimenté en amont *via* deux buses d'1 m de diamètre. A l'instar des conditions qui avaient été observées lors de l'état initial, le système est actuellement essentiellement graveleux. Au niveau des deux tiers amont de son linéaire, un passage à gué bétonné submersible et busé en fond de lône est présent. Les plaques sporadiques de sédiments fins observées après restauration se situent en amont immédiat de cet aménagement. Les « tâches » de fines sont peu représentatives de l'ensemble. On notera qu'elles persistent dans le temps, que leur localisation est stable et que leur granulométrie est par contre très variable (des sables fins aux limons grossiers).

En île - Anse de Yenne :

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

Végétation des lônes

Les caractéristiques des peuplements de macrophytes en 2009 sont les suivantes.

Lône Moiroud

- Richesse spécifique : 22 espèces
- Espèce dominante : *Elodea nuttallii*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions méso-eutrophes** et **d'apports phréatiques faibles**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations moyen** et de **la présence de processus d'alluvionnement**

Lône Fournier

- Richesse spécifique : 10 espèces
- espèce dominante : algues filamenteuses
- Le peuplement dominant témoigne de **conditions méso-eutrophes** et **d'apports phréatiques faibles**
- Le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations élevé** et de **processus d'alluvionnement très faibles** probablement limités aux berges.

Lône Béard

- Richesse spécifique : 37 espèces
- espèce dominante : *Lemna trisulca*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions méso-eutrophes** et des **apports phréatiques forts**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations faible à intermédiaire** et de **l'absence de processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum* et *Utricularia vulgaris*, espèces protégées en Région Rhône-Alpes

Lône des Luisettes

- Richesse spécifique : 26 espèces
- espèces dominantes : *Elodea nuttallii*
- le peuplement dominant témoigne de **conditions mésotrophes** et **d'apports phréatiques importants**
- le peuplement dominant témoigne d'un niveau de **perturbations moyen** et la présence de **processus d'alluvionnement**
- présence de *Sparganium emersum*, espèce protégée en région Rhône-Alpes.

Macroinvertébrés des lônes

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 a montré les tendances suivantes:

- d'un point de vue qualitatif, la composition globale du peuplement de macroinvertébrés après restauration n'a pas subi de changements radicaux par rapport à la situation de référence en 2003-04. La faune des cinq 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 Epheméroptères) 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 affecté par une crue décapante lors de la période d'étude après restauration, montre des niveaux de changement faunistique égaux ou supérieurs à ceux observés dans les milieux recreusés. Ces constatations incitent donc à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats et renforcent la nécessité d'utiliser d'autres lônes de référence pour estimer les changements induits par la restauration.
- Il apparaît ainsi que, même s'il est indéniable que la dérive des peuplements vers une composition plus rhéophile est un effet attendu de l'augmentation des débits réservés et des connexions entre le Rhône et les milieux alluviaux, l'augmentation concomitante et généralisée des densités observées et de la richesse des Odonates et de certains Trichoptères peut orienter l'interprétation vers l'effet des conditions climatiques de l'année 2003 qui se trouve être notre année de référence. Certaines des tendances observées pourraient ainsi résulter d'une interaction complexe entre les effets de la restauration (augmentation de l'influence du fleuve sur les lônes) et la "récupération" des conséquences thermiques et hydrologiques de l'année 2003.
- De même, s'il est clair que l'augmentation des connexions entre le fleuve et les lônes facilite l'introduction dans celles-ci des espèces non-indigènes propagées par le fleuve, cette portion du système rhodanien se situe aujourd'hui dans un contexte de flux croissant de ces espèces. Neuf espèces non-indigènes au Rhône sont donc maintenant répertoriées dans les cinq lônes suivies (un Annélide Polychète *Hypania invalida*, deux Crustacés Amphipodes *Crangonyx pseudogracilis* et *Dikerogammarus villosus*, un Crustacé Décapode *Orconectes limosus*, deux Mollusques Bivalves *Corbicula fluminea* et *Dreissena polymorpha* et trois Mollusques Gastéropodes *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella heterostropha / acuta* et *Gyraulus parvus*). Trois d'entre elles n'avaient pas été trouvées dans ces lônes en 2003-04 (*H. invalida*, *D. villosus* et *C. pseudogracilis*). Le nombre médian d'espèces non-indigènes par quadrats en 2003-04 était de 1 (intervalle interquartile 0 - 2), il est de 3 en 2007 (intervalle interquartile 2 - 5). Cette différence est significative (test de Wilcoxon $p=7 \times 10^{-12}$). Il est difficile de faire la part entre la facilitation de ces espèces par la restauration et l'amplification contemporaine de leur flux liée à des causes plus globales.

3.3 Brégner-Cordon

Poissons

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

Le site de Brégner-Cordon a toujours été considéré comme un secteur possédant une grande diversité de milieux en raison de la présence de nombreuses annexes fluviales. Une partie des annexes affectées par la mise en service de l'aménagement hydroélectrique a été restaurée en 2005-2006 et plusieurs types de milieux ont été recréés. Parmi eux les lônes Vachon et Mattant constituent actuellement des bras secondaires courants qui abritent des espèces de poissons rhéophiles et notamment des classes d'âges intermédiaires de hotus et de barbeaux, ainsi que des truitelles et des chabots. Les lônes des Molottes et celle du Ponton, recréées sur une partie de leur tracé, fonctionnent comme des zones de reproduction et de grossissement pour de nombreuses espèces de poissons. Elles jouent un rôle tout à fait complémentaire à celui du chenal courant.

Macroinvertébrés du chenal

Toutes campagnes confondues, 102 taxons sont recensés dans ce secteur. Le peuplement est dominé par les espèces de la famille des Dugesiiidae, des Elmidae, des Hydropsychidae, des Chironomidae et des Gammaridae. On remarque aussi que le Mollusque *Theodoxus fluviatilis* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont particulièrement bien représentés.



Theodoxus fluviatilis

Avant restauration, 87 taxons et 36719 individus par m² (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Brégner-Cordon. Malgré des densités plus faibles que dans les RCC de Chautagne et de Belley, ce secteur est le secteur le plus riche avant restauration parmi les 6 RCC pour lesquels des données sont actuellement disponibles. Au cours des campagnes post-restauration n+2, le nombre de taxons et les densités chutent de manière très importante.

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

Sédimentation dans les lônes

Chantemerle

Cette lône est située sur le Rhône total en aval de la restitution de Brens et a été restaurée au cours de l'Hiver 1993-1994. Bien que présentant une fréquence de connexion amont élevée (débit de connexion estimé à $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), la lône fonctionne principalement comme un bassin de décantation. En effet, les dépôts se caractérisent par une granulométrie relativement fine (limons moyens) associée à une très faible variabilité interannuelle. Toutefois la moitié du linéaire de ce système est graveleux. Ceci s'explique par la fréquence élevée des connexions amont. Les processus de décantation sont effectifs dès lors que le bras mort est déconnecté. Les vitesses de comblement sont stables au cours du temps (env. $2 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$).

Granges

Initialement la lône se trouvait perchée au dessus du chenal actif et était asséchée. Aucun dépôt de sédiments fins n'était observé. Après restauration, ce système sédimente selon des vitesses variées ($2,5 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2006, $1 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2007 et $1,6 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2009). Le débit de submersion du bouchon amont est estimé à $860 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La sédimentation s'organise longitudinalement dans des sections préférentielles : une mouille située dans le premier tiers amont du bras mort et à l'extrémité aval où les dépôts se réalisent en plaques sporadiques. Plus des deux tiers du linéaire de la lône est constitué d'un fond graveleux. Les dépôts de fines comportent une forte variabilité granulométrique interstationnelle. Ils se composent de sables moyens à très fins sur l'amont de la lône et de limons moyens sur la partie aval. La lône a enregistré une phase de décapage entre octobre 2006 et octobre 2007.

Vachon

Avant les opérations de restauration, aucune trace de sédimentation fine n'était observée. Le système fonctionnait comme un bras secondaire intermittent. A présent le bras est connecté à l'amont et à l'aval avec le vieux-Rhône de manière permanente. Ce fonctionnement courant empêche le dépôt des alluvions fines. La mise en place d'un bouchon alluvial amont et l'engravement de la lône sont à surveiller.

Cerisiers

Dans son état initial, ce bras mort enregistrerait des dépôts de granulométrie très variable se composant de sables moyens à fins ainsi que de limons moyens. Sa vitesse de comblement était alors relativement faible ($0,3 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$). En situation post-restauration le rythme de sédimentation est beaucoup plus soutenu, mais tend à ralentir au cours du temps ($7,6 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2006, $4,7 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2007 et $3,9 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2009). Ce système correspond à un bras courant semi permanent. Le débit de connexion est estimé à $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. L'essentiel de la sédimentation se réalise au sein d'une mouille localisée au droit de la confluence avec la Bièvre. Une seconde mouille se situant approximativement au deux tiers du linéaire total explique également une part non négligeable des dépôts. La granulométrie des dépôts en post restauration est similaire à celle observée dans les conditions initiales.

Mattant

Ce bras actif semi permanent est alimenté par la lône des graviers Grand Jean et se jette dans la lône de la Fonde. Le débit de connexion amont est estimé à $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Avant restauration, son rythme de comblement était faible et les dépôts se composaient majoritairement de sables moyens. Immédiatement après les travaux, le système a enregistré une tendance au comblement plus prononcée ($2,7 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2006), mais en 2009 la vitesse de sédimentation annuelle moyenne n'est plus que de $0,1 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$. Pour cette même année, une seule zone de sédimentation est observée et se situe au droit d'une berge ayant récemment fait l'objet d'une intervention en génie végétal. Ce dépôt est constitué de sables moyens. L'exhaussement du bouchon amont graveleux est à surveiller.

Molottes

Dans son état initial cette lône déconnectée à l'amont était dans un état de comblement avancé, même si la vitesse moyenne de sédimentation calculée sur le long terme était faible ($2,1 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2004). Les dépôts d'alluvions fines étaient constitués de limons moyens et se caractérisaient par leur forte homométrie, typique d'un fonctionnement en décantation. Seuls les 250 derniers mètres de la lône s'inscrivent dans le suivi sédimentologique. Après restauration, les vitesses de sédimentation mesurées sont très élevées mais l'intensité diminue au cours du temps ($28,5 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2006 ; $28 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2007 et $19,8 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2009). La propension de la lône à décanter a été exacerbée par le curage du fond. La sédimentation se réalise de manière uniforme et homogène sur le fond. La granulométrie des particules fines correspond à présent à la classe des limons fins. Le fort reflux en provenance de la lône de la Fonde et un angle de connexion aval proche de 90° sont les principaux facteurs explicatifs de cet état de fait.

Ponton

Avant restauration, ce bras mort fonctionnait comme un bassin de décantation. D'importants dépôts constitués de limons grossiers à fins étaient observés, mais la vitesse moyenne de sédimentation restait faible ($3,3 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2004). Après interventions, les dépôts de sédiments se composent de limons fins se caractérisant par leur homométrie et une variabilité interannuelle quasi inexistante. Seuls les 200 derniers mètres de la lône sont suivis. Les vitesses de sédimentation sont tout d'abord élevées, puis décroissent au cours du temps ($31,7 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2006 ; $26,7 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2007 ; $17,7 \text{ cm} \cdot \text{an}^{-1}$ en 2009). Le fond est recouvert d'une couche uniforme et homogène de sédiments fins, typique de dépôts issus d'une suspension uniforme. Là encore les retours d'eau intenses en provenance du vieux-Rhône et un angle de connexion aval proche de 90° sont en causes.

Végétation des lônes

Les caractéristiques des peuplements de macrophytes sont issues du suivi réalisé en 2008 et sont les suivantes.

Lône de Chantemerle

La lône Chantemerle n'a pas fait l'objet de mesures particulières de restauration physique depuis 2003 (fermeture partielle de la connexion amont). Les espèces présentes sont

indicatrices de milieux **eutrophes**, les **apports en eaux phréatiques sont inexistants** et les **processus d'alluvionnement semblent plus accentués que les années précédentes**.

Lône des Granges

La lône des Granges se caractérise après restauration par un niveau de trophie élevé, des apports phréatiques moyens (à confirmer par l'évolution future des communautés végétales), un niveau de perturbation élevé, des processus d'alluvionnement probables.

Lône des Molottes

La lône des Molottes après restauration est caractérisée par la présence d'espèces indicatrices de milieux **eutrophes** ou **hyper-eutrophes**, **l'absence d'espèces indicatrices d'apports d'eaux souterraines**, et l'existence de **processus d'alluvionnement importants**.

Lône du Ponton

La lône du ponton est caractérisée après restauration par des eaux eutrophes, un faible niveau de perturbation, une alimentation par les eaux souterraines très modérée et des processus d'alluvionnement relativement importants.

Lône de la Plaine

Cette lône n'a pas été restaurée.

La lône de la Plaine est caractérisée par des eaux eutrophes, un niveau de perturbation faible à très faible, une alimentation en eaux souterraines très faible.

Macroinvertébrés des lônes

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

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

sites restaurés gardant un caractère stagnant, mais elle affecte aussi des sites non restaurés.

- La proportion d'individus appartenant à des espèces non-indigènes ne s'accroît pas significativement au sein des communautés, mais le nombre d'espèces de ce type augmente significativement dans les milieux restaurés. Les plus grands nombres d'espèces non-indigènes sont rencontrés dans les milieux les plus connectés au fleuve, qui est leur vecteur de dispersion. Toutefois, une espèce à stratégie manifestement différente (le mollusque *Gyraulus parvus*), colonise également en grande abondance les milieux stagnants, déconnectés et riches en végétation aquatique. Comme dans le secteur de Belley, l'apparition ou l'augmentation d'espèces à fort potentiel d'interaction avec les espèces indigènes est un phénomène marquant dont il conviendra de suivre le développement. C'est notamment le cas de *Dikerogammarus villosus*, un prédateur très efficace, ainsi que de *Corbicula fluminea* et *Hypania invalida* qui modifient les conditions d'habitat respectivement par le dépôt de leurs coquilles vides ou la construction de fourreaux limoneux.
- Mis à part les changements importants décrits ci-dessus pour les lônes Mathan et Vachon, les tendances observées confirment que, comme à Belley, des changements notables peuvent se manifester au sein des communautés de sites non-restaurés. De telles fluctuations inter-annuelles sont bien sûr attendues dans les écosystèmes étudiés. Elles incitent à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats et renforcent la nécessité 1) d'utiliser des sites de référence pour estimer les changements induits par la restauration 2) d'effectuer des suivis à long terme. De plus, comme cela avait été souligné dans l'étude menée à Belley, certains sites (Mathan, Vachon) ont été échantillonnés avant restauration au cours de l'été 2003 et du printemps 2004. Bien que le changement hydrologique radical subi par ces deux lônes ne fasse aucun doute, il convient de ne pas négliger, dans l'analyse des suivis post-restauration, l'hypothèse d'interactions complexes entre les effets de la restauration (augmentation de l'influence du fleuve sur les lônes) et ceux des changements climatiques globaux.

De même, s'il est clair que l'augmentation des connexions entre le fleuve et les lônes facilite l'introduction dans celles-ci des espèces non-indigènes propagées par le fleuve, cette portion du système rhodanien se situe aujourd'hui dans un contexte de flux croissant de ces espèces. En témoignent les résultats des prélèvements effectués dans les tronçons court-circuités. Il est donc difficile de faire la part entre la facilitation de ces espèces par la restauration et l'amplification contemporaine de leur flux liée à des causes plus globales.

3.4 Miribel-Jonage

Poissons

Le peuplement de poissons échantillonnés dans le cadre de l'établissement de l'état initial apparaît comme très particulier en raison du très faible nombre « grands cyprinidés » tels que les hotus et barbeaux adultes. Les espèces de petite taille comme le vairon et le spiralin sont très abondants.

Macroinvertébrés

Avant restauration, 66 taxons et 27663 individus par m² (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Miribel. Ce secteur présente les densités et une richesse taxonomique les plus faibles parmi les secteurs du Haut-Rhône avant restauration. Ce secteur présente 21 taxons de moins que le secteur amont le plus proche (Brégnier-Cordon). Le peuplement est dominé par les espèces de la famille des Dugesidae, des Asellidae, des Baetidae, des Elmidae, des Hydropsychidae, des Chironomidae et des Gammaridae. On remarque aussi que le Mollusque *Corbicula fluminea* est particulièrement bien représenté.

Seules quatre espèces exogènes ont été recensées : *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*, *Dugesia tigrina* et *Potamopyrgus antipodarum*.

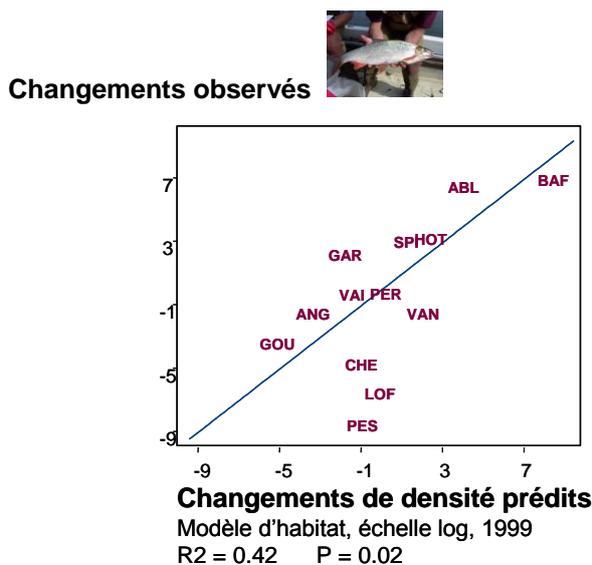


Corbicula fluminea

3.5 Pierre-Bénite

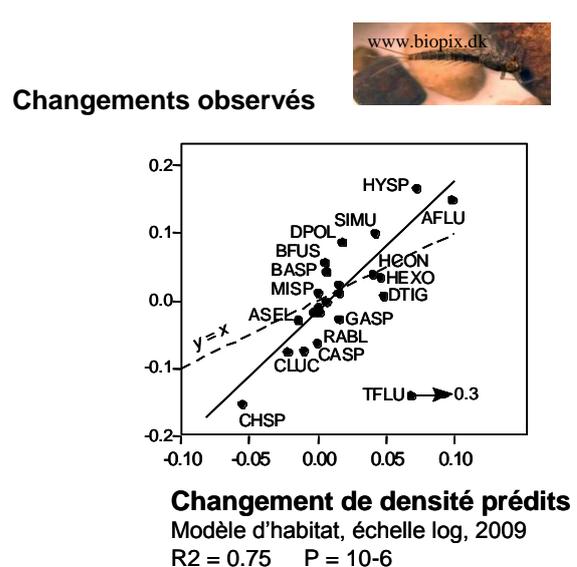
Au sein du chenal principal, la hauteur d'eau moyenne au débit minimum a doublé et la vitesse moyenne a été multipliée par cinq après augmentation du débit minimum. La structure des communautés de poissons a été fortement modifiée, conformément aux prédictions scientifiques réalisées sur le site : la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

Les modèles d'habitat les plus détaillés appliqués sur les sites du Rhône ont fourni des prédictions "à l'aveugle" particulièrement précises des changements de log-densités des taxons observés à Pierre-Bénite. 42% des changements de log-densités des espèces de poissons les plus communes, et 75% des changements de log-densités des principaux taxons invertébrés ont pu être prédits avec succès. Les prédictions comme leurs tests ont fait et feront l'objet de publications internationales.



Tests = Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberlat M., Chandesris A., Roger P. (2006) Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône River at Pierre-Bénite, France. *Freshwater Biology*, 51, 1730-1743.

Prédictions = 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.



Tests (unpublished yet) = Méricoux S., Fruget J.F., Lamouroux N., Statzner B. (in prep) Successful predictions of invertebrate community changes in a large river. *Journal of Applied Ecology*?

Prédictions = Méricoux 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.

Sédimentation des îlônes

Ciselande

Nous ne disposons pas d'état initial pour ce site. En situation post restauration, les vitesses moyennes de comblement de ce bras actif permanent (connecté amont-aval) présentent une forte variabilité interannuelle (0,2 cm.an⁻¹ en 2003 ; 2,1 cm.an⁻¹ en 2004 ; 1,4 cm.an⁻¹ en

2007 ; 0,9 cm.an⁻¹ en 2009). Les dépôts se réalisent principalement sur l'extrémité aval de son tracé dans une section élargie. Sur la période 2007-2009, ce système a enregistré une érosion des matériaux fins accumulés (passage de 30 % à 50 % de linéaire graveleux). Les processus érosifs se manifestent sur 30 à 90 % du linéaire total. La différence de temporalité dans le rythme des processus de décapage et d'accrétion comparativement aux lônes du Haut-Rhône est imputable au fait que les rythmes hydrologiques diffèrent en amont et en aval de la confluence du Rhône avec la Saône. La granulométrie des dépôts est clairement comprise dans la classe des sables moyens.

Jaricot

Nous ne disposons pas d'état initial pour ce site. Le bras mort n'est connecté en permanence au vieux-Rhône qu'en aval, par l'intermédiaire du bassin de joute, mais des apports latéraux issus des nappes de versant l'alimentent. Les vitesses moyennes de sédimentation diminuent au cours du temps (4,2 cm.an⁻¹ en 2003 ; 2,3 cm.an⁻¹ en 2007 ; 1,3 cm.an⁻¹ en 2009). Tout comme le bras actif de Ciselande, ce système enregistre une phase de décapage sur la période 2007-2009 (passage de 9 % à 30 % de linéaire graveleux). Les processus érosifs ont été effectifs à partir du premier tiers amont jusqu'au bassin de joute (non compris dans le suivi). Les dépôts sont relativement bien distribués sur l'ensemble de son tracé, mais en 2009 leur organisation est plus disparate. Les « tâches » possèdent une contribution à la sédimentation totale plus forte, laissant ainsi présager une redistribution interne des sédiments de l'amont vers l'aval.

Table-ronde

Nous ne disposons pas d'état initial pour ce site. Depuis les opérations de restauration, l'intensité annuelle moyenne de sédimentation décroît clairement au cours du temps (8,3 cm.an⁻¹ en 2003 ; 7,3 cm.an⁻¹ en 2006 ; 3,6 cm.an⁻¹ en 2007 ; 2,9 cm.an⁻¹ en 2009). Les épaisseurs cumulées augmentent de l'amont vers l'embouchure de la lône. L'angle de connexion entre l'aval du bras mort et le vieux-Rhône est proche de 90°. Ceci explique que l'exhaussement du bouchon alluvial aval ait été rapide. Il se compose de sables grossiers. Il contrôle l'organisation spatiale des dépôts au sein du site. La sédimentation se réalise par décantation des particules. Les limons fins constituent la classe granulométrique dominante. Ces dépôts se caractérisent par une forte homométrie relativement stable au fil des années.

Végétation des lônes

Les résultats sont issus de l'analyse de l'échantillonnage réalisé en 2007.

La Lône de la Table Ronde

Elle se caractérise par des conditions **eutrophes** et une **absence d'apports phréatiques**, **un niveau de perturbations élevé lié probablement aux processus d'alluvionnement**, le peuplement est constitué par des espèces compétitives d'eaux eutrophes, qui dominent de plus en plus fortement la communauté au cours du temps. Cette évolution s'accompagne d'une diminution progressive de la biodiversité. Cette diminution est probablement liée à la stabilisation des conditions d'habitat et au comblement progressif du milieu, deux facteurs

contribuant à favoriser l'exclusion compétitive et la dominance des peuplements par un petit nombre d'espèces.

La Lône de Ciselande

Elle se caractérise par des conditions **eutrophes** et **l'absence d'apports phréatiques, un niveau de perturbations élevé lié probablement aux processus d'alluvionnement**, les résultats obtenus en 2007 militent dans le sens d'une **stabilisation du fonctionnement** de la lône dans une situation très perturbée, les perturbations très fortes limitant la colonisation végétale (le recouvrement global de la végétation est faible en 2007). La lône aurait dans ce cas perdu son statut de zone humide et serait devenue un bras vif du Rhône.

La Lône de Jaricot

Elle se caractérise par des conditions **mésotrophes** et la présence d'apports phréatiques importants, un **niveau de perturbations faible et la présence d'un processus d'alluvionnement** ; l'évolution de la lône se traduit par un passage d'une zone humide eutrophe, très perturbée et ayant de faibles apports phréatiques à une zone humide mésotrophe (amélioration des conditions trophiques), peu perturbée et ayant d'importants apports phréatiques.

3.6 Péage-de-Roussillon

Poissons

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

Macroinvertébrés du vieux-Rhône

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

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



Potamopyrgus antipodarum



Ancylus fluviatilis

Sédimentation des lônes

Casiers d'Arcoules

Nous ne disposons que d'un état initial pour ce site. Un casier sur deux a été sondé en 2007. L'épaisseur moyenne des sédiments est de 73 cm ($\sigma = 67$ cm). Les casiers n°2, 6 et 14 sont atterris. La granulométrie des dépôts reste relativement homogène, elle s'étend dans la gamme des sables fins à très fins.

Platière

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

Noyer sud

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

Ilon

Nous ne disposons que d'un état initial pour ce site. Lors de la campagne de relevés de 2007 effectuée sur les 1000 premiers mètres de la lône, une seule zone en eau était observée (200 m. de long), le reste du linéaire prospecté étant exondé. L'épaisseur moyenne des sédiments fins mesurée en 2007 est de 55 cm ($\sigma = 32$ cm). On observe un gradient amont-aval des conditions hydrauliques, avec des sables fins en amont, des limons grossiers dans la partie centrale, puis des limons moyens sur la section aval.

Boussarde

Nous ne disposons que d'un état initial pour ce site. La lône est alimentée de manière semi permanente. Les relevés effectués en 2009 ont montré que le casier amont, tout comme le secteur de la lône situé en amont du point de connexion, se trouvent dans un état de comblement avancé (épaisseur moyenne de 102 cm pour ces deux zones aquatiques résiduelles ; $\sigma = 45$ cm). Le reste du linéaire est moins sensible à la sédimentation (ép. moy. = 39 cm ; $\sigma = 34$ cm). Les sédiments déposés dans le casier en amont de la lône et dans la partie amont du bras mort correspondent à des limons moyens. Dans la partie centrale du système les limons grossiers dominent. Des dépôts de sables fins se réalisent à l'extrémité aval de la lône.

Sainte

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

Végétation des lônes

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, la lône de la Boussarde a été échantillonnée en 2009.

Les caractéristiques des peuplements de macrophytes sont les suivantes :

- les **casiers d'Arcoules** sont des milieux très **eutroques**, 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 **eutroques à hyper-eutroques**. 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 **eutroques**.

- 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 **mésotroques à eutroques** et de niveau **de perturbation hydraulique faible à intermédiaire**.

- la richesse spécifique dans la lône de la Boussarde était de 13 espèces en 2009, l'espèce dominante était *Ceratophyllum demersum*, et le peuplement dominant témoignait de **conditions eutroques à hyper-eutroques, d'aucun apport phréatique** et d'un niveau de **perturbations élevé** et la présence d'important **processus d'alluvionnement**. On notait présence de *Najas marina*, espèce protégée en région Rhône-Alpes.

3.7 Montélimar

Poissons

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

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

Macroinvertébrés du vieux-Rhône

Avant restauration, 53 taxons et 27325 individus par m² (stades larvaires et/ou adultes) ont été récoltés dans le RCC de Montélimar. Ce secteur présente les densités et une richesse taxonomique les plus faibles parmi les secteurs du Bas-Rhône avant restauration. Ce secteur présente 21 taxons de moins que le secteur amont le plus proche (Péage-de-Roussillon). Le peuplement est dominé par les espèces de la famille des Baetidae, des Hydropsychidae, des Chironomidae et des Pontogammaridae. On remarque aussi que le Mollusque *Ancylus fluviatilis*, le Crustacé *Jaera istri* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla* sont particulièrement bien représentés. Un total de 11 espèces exogènes fait partie du cortège faunistique. Certaines sont très bien implantées comme par exemple *Dikerogammarus villosus*, *Hypania invalida* ou *Jaera istri*. (4163 indiv/m²).



Dikerogammarus villosus

Sédimentation des lônes

Roussette

Nous ne disposons que d'un état initial pour ce site. La lône est totalement atterrie sur les 1000 premiers mètres. Lors des observations de 2009, les 750 derniers mètres se décomposaient en 4 mares séparées par des sections exondées. L'épaisseur moyenne de la couche de fines observée sur l'ensemble de la lône est de 137 cm ($\sigma = 83$ cm). Les dépôts se

composent essentiellement de sables très fins dans le secteur amont et de limons grossiers en aval. Entre ces deux extrêmes, les limons moyens dominent.

Végétation des lînes

Parmi les deux lînes échantillonnées à Montélimar (état initial), la lîne de la Barcasse, alimentée par un effluent de station d'épuration présente des potentialités de restauration très faibles. Le peuplement de macrophytes de la lîne de la Roussette témoigne de conditions eutrophes à hyper-eutrophes et de l'absence d'apports phréatiques. La fréquence de passage des écoulements de crue est importante ainsi que les dépôts d'alluvions fins.

3.8 Donzère-Mondragon



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



Secteur aval (nombreux radiers marqués et bancs de galets)

Il s'agit d'un vieux Rhône diversifié dont la partie courante dépasse 20 kms de long, avec des radiers marqués. La moitié amont est marquée par l'affleurement de substratum stable tandis que le secteur aval contient d'importants bancs de galets mobiles. Les pêches 2008-2009 révèlent un peuplement très intéressant de poissons, avec relativement peu d'espèces échantillonnées mais d'importantes cohortes adultes d'espèces rhéophiles (hotu, barbeau, loche franche, spirilin).

L'échantillonnage des poissons des lônes sera effectué en septembre 2010.

Sédimentation des lônes

Bayard

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

Caderousse

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

Malaubert

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

Grange écrasée

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

Joncs

Nous ne disposons que d'un état initial pour ce site. La lône est totalement déconnectée. Globalement la hauteur d'eau et l'épaisseur sédimentaire décroissent de l'amont vers l'aval. L'épaisseur moyenne est de 158 cm en 2009 ($\sigma = 47$ cm), l'épaisseur maximale s'observe en amont du bras mort avec des valeurs dépassant trois mètres. *Ludwigia* est présente par endroits au niveau de la première moitié de la lône. Les conditions granulométriques sont variables, les limons moyens et fins sont dominants. Une station, localisée approximativement à la moitié du linéaire, enregistre un dépôt plus grossier (sables très fins).

Malatras

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

Carré

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

République

Nous ne disposons que d'un état initial pour ce site. Ce bras mort est atterri à l'amont et est déconnecté à l'aval. Lors des relevés de 2009, six zones en eau permanente ont été recensées. Les quatre premières zones aquatiques sont en cours de comblement et sont séparées par des bouchons intermédiaires fortement végétalisés. La dernière, située à l'amont d'un ancien casier, ne présente aucune trace de sédimentation fine. L'épaisseur sédimentaire moyenne observée sur le linéaire prospecté (zone exondée y compris) est de 40 cm ($\sigma = 45$ cm). La partie terrestre en amont de la lône présente des dépôts de sables fins, tout comme la cinquième zone en eau résiduelle. Dans les autres zones aquatiques, les éléments déposés se composent principalement de limons moyens.

Végétation des lînes

L'échantillonnage a été réalisé en 2009. Les principales caractéristiques des lînes du secteur de Donzère sont :

- **lîne Malaubert**_: conditions eutrophes à hyper-eutrophes, faibles apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues élevé et présence de processus d'alluvionnement,

- **lîne du Carré**_: conditions eutrophes à hyper-eutrophes, absence d'apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues élevé et présence de processus d'alluvionnement, milieu fortement colonisé par les espèces invasives, cette lîne constitue un chenal d'écoulement important lors des crues,

- **lîne de Malatras**_: milieu restauré récemment, l'espèce dominante est *Scirpus lacustris* et le milieu est probablement eutrophe,

- **lîne des Joncs**_: conditions eutrophes à hyper-eutrophes, absence d'apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues élevé et présence de processus d'alluvionnement, lîne alimentée par la Petite Berre, richesse spécifique très faible,

- **lîne de Caderousse**_: conditions eutrophes, apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues faible, présence de processus d'alluvionnement, milieu permanent toujours alimenté par la lîne Pascal,

- **lîne de la Grange écrasée**_: conditions eutrophes, apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues élevé, présence de processus d'alluvionnement,

- **lîne de la République**_: conditions eutrophes à hyper-eutrophes, absence d'apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues faible et présence de processus d'alluvionnement

- **lîne du Bayard**_: conditions eutrophes, absence d'apports phréatiques, niveau de perturbation par les crues faible et présence de processus d'alluvionnement, apparition d'espèces préférant des conditions mésotrophes et d'espèces indiquant quelques apports phréatiques.

Les données concernant les macroinvertébrés du vieux-Rhône et des lînes sont en cours d'acquisition.

4. Conclusion générale

Le suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône, débuté en 1995 sur le site de Pierre-Bénite et en 2002 sur le Haut-Rhône avait pour objectif de définir des méthodologies et des indicateurs du suivi de la restauration physique du Rhône. Ce travail a été mené initialement sur les sites non-restaurés du Haut-Rhône et également après restauration. Le travail de développement méthodologique est aujourd'hui très avancé et la plupart des métriques et des indicateurs ont été testés. La confrontation des prédictions et des observations issues du suivi post-restauration est donc en cours de réalisation (voir les résultats présentés dans ce rapport).

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

Pour les deux types de peuplements, les résultats les plus significatifs sont obtenus à Pierre-Bénite où la réponse des organismes à la modification du débit réservé (effectuée en septembre 2000) est en accord avec les prédictions des modèles. Sur les sites restaurés du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon), les résultats sont moins probants et les tendances demandent à être confirmées au cours des années à venir. Les densités des macroinvertébrés et la richesse taxonomique (notamment des Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères) augmentent après restauration, conformément aux attentes. Les tendances d'évolution de la structure des peuplements indiquent une réponse concordante avec les attentes, mais l'absence de corrélations claires entre les observations et les prédictions ne permet pas de valider les prédictions du modèle. Ces résultats, encore récents, mettent en évidence la complexité de la réponse des organismes et leur interprétation nécessite la prise en compte d'autres facteurs dont la variabilité climatique inter-annuelle et les variations de débit (et des variables associées) induites par la gestion des ouvrages hydroélectriques (en particulier les modalités de montée et de descente).

Dans ce cadre, il conviendra d'adopter les mesures nécessaires lors des prochaines opérations de chasses franco-suissees sur le Haut-Rhône.

La réhabilitation des lînes a conduit à la re-création artificielle de nouveaux milieux dans la plaine alluviale. Les modalités d'évolution et en particulier du point de vue sédimentaire sont en cours d'étude et les résultats sont novateurs. La mise en évidence des différents types de fonctionnement, à la fois du point de vue de la dynamique sédimentaire, de la caractérisation de l'hétérogénéité intra et inter-l nes, mais aussi des structures granulométriques associées sont fondamentales pour comprendre l'organisation et l'évolution des habitats au sein des annexes fluviales restaurées (en particulier estimer leur durée de vie potentielle).

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

rapides concernent les bras secondaires courants. L'ensemble des résultats montre que les changements doivent être évalués sur le moyen et/ou le long terme. Il démontre également la complexité de la réponse de ces systèmes aux actions de restauration et fournit des retours d'expérience précieux dans ce domaine où peu de résultats sont actuellement disponibles dans la littérature.

Les données acquises jusqu'à présent sur les sites restaurés mettent en évidence la nécessité de considérer le fonctionnement des secteurs étudiés dans leur ensemble (vieux-Rhône courants et annexes fluviales) même si le suivi est décomposé en fonction des types de restauration (augmentation des débits et réhabilitation des îles) et des thématiques scientifiques. En effet, la connectivité entre les différents types de milieux est un paramètre très important dans l'évolution post-restauration.

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

Ces résultats, acquis sur les sites nouvellement restaurés, doivent permettre de préciser les cahiers des charges des sites candidats à la restauration. Sur les sites du Bas-Rhône, la prise en compte de nouvelles modalités de remise en mouvement et de gestion des sédiments (Observatoire des sédiments) doit être intégrée dans la réflexion sur les modalités de réhabilitation de ces secteurs.

Enfin, ce programme de restauration du Rhône constitue une expérience ambitieuse et singulière. Les résultats obtenus doivent être intégrés dans la réflexion sur la définition des objectifs assignés aux différentes masses d'eau du Rhône dans le cadre de la mise en œuvre de la D.C.E. En effet, ce programme contribue notablement à l'amélioration des connaissances fondamentales sur l'écologie du Rhône.

5. Références bibliographiques

- 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.
- Besacier-Monbertrand A.L., Paillex A. & Castella E. (2009). Alien aquatic macroinvertebrates along the lateral dimension of a large floodplain. *Biol Invasions*.
- 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.
- Brtek J. (2003) *Jaera danubica* Sp. N. (Crustacea, Isopoda, Asellota) from the Danube in Bratislava. *Annotationes Zoologicae et Botanicae*, 225: 3-7.
- Chessel, D., A.-B. Dufour, & J. Thioulouse. 2004. The ade4 package-I- One-table methods. *R News* 4:5-10.
- Daufresne M., Roger M.C., Capra H. & Lamouroux N. (2003). Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River: effects of climatic factors. *Global Change Biology*. 10 : 124-140.
- Daufresne M., Bady P. & Fruget J.F. (2007). Impact of global changes and extreme hydroclimatic events on macroinvertebrate community structures in the French Rhône River. *Oecologia*. 151 : 544-559.
- Dessaix J. & Fruget J. F. (2008). Évolution des peuplements de crustacés du Rhône Moyen au cours des 20 dernières années, relation avec la variabilité hydroclimatique Long-term changes in the Crustaceans fauna of the Middle Rhône River consequently to hydroclimatic events. *Hydroécol. Appl.*, 16: 1-27.
- Devin S., Bollache L., Noël P.Y. & Beisel J.N. (2005a). Patterns of biological invasions in French freshwater systems by non-indigenous macroinvertebrates. *Hydrobiologia*. 551 : 137-146.
- Devin S., Beisel J.N., Usseglio-Polatera, P. & Moreteau, J.C. (2005b). Changes in functional biodiversity in an invaded freshwater ecosystem: the Moselle River. *Hydrobiologia*, 542: 113-120.
- Devin S., Akopian M., Fruget J.F., Di Michelle A. & Beisel J.N. (2006). Premières observations écologiques dans les hydrosystèmes français du Polychète d'eau douce *Hypania invalida* introduit en Europe occidentale. *Vie et Milieu*. 56(3) : 247-254.

- Dolédec, S. & Chessel, D. (1987) Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique I- Description d'un plan d'observations complet par projection de variables. *Acta Oecologica, Oecologia Generalis*, 8: 403-426.
- Dolédec, S. & Chessel, D. (1989) Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique II- Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. *Acta Oecologica, Oecologia Generalis*, 10: 207-232.
- Dolédec S, Lamouroux N., Fuchs U., & Méricoux S. (2007). Modelling the hydraulic preferences of benthic macroinvertebrates in small European streams. *Freshwater Biology*, 52, 145-164.
- Duelli P. (Ed.) (1994). Liste rouge des espèces animales menacées de Suisse. Office Fédéral de l'Environnement des Forêts et du Paysage, Berne. 97p.
- Fruget J.F. (2003). Changements environnementaux, dérives écologiques et perspectives de restauration du Rhône français : bilan de 200 ans d'influences anthropiques. *Vertigo* 4(3) : 1-17.
- Heck, K.L., 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.
- Holdich D. M. & Pöckl M. (2007). Invasive crustaceans in European inland waters Biological invaders, in *inland waters: Profiles, distribution, and threats*. F. Gherardi, Springer: 29–75.
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecological Monographs* 54, 187–211.
- Ihaka R., Gentleman R., 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5:299-314.
- Jedicke E. (Ed.) (1997). Die roten Listen. Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotoptypen in Bund und Ländern. Ulmer. 581p.
- Josens G., Bij de Vaate A., Usseglio-Polatera P., Cammaerts R., Chérot F., Grisez F., Verboonen P. & Vanden Bossche J.P. (2005). Native and exotic Amphipoda and other Peracarida in the River Meuse: new assemblages emerge from a fast changing fauna. *Hydrobiologia*, 542: 203–220.
- Krebs, C.J. (1999). Ecological methodology. Addison Wesley Longman, Inc. 620p.
- Kirkpatrick A. J., Gerhardt A., Dick J.T.A., Laming P. & Berges J.A. (2006). Suitability of *Crangonyx pseudogracilis* (Crustacea: Amphipoda) as an Early Warning Indicator in the Multispecies Freshwater Biomonitor. *Environ Sci Pollut Res*, 13: 242 – 250.

- Lamouroux N., Olivier J.M., Persat H., Pouilly M., Souchon Y., Statzner B. 1999. Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwater Biology* 42, 275-299.
- Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberblat M., Chandesris A. & Roger P. (2006) Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône River at Pierre-Bénite, France. *Freshwater Biology*, 51, 1730-1743.
- Mérigoux S., Lamouroux N., Olivier J.M. & Dolédec S. (2009) Invertebrate hydraulic preferences and predicted impacts of changes in discharge in a large river. *Freshwater Biology*, 54, 1343–1356.
- Mouthon J. & Daufresne M. (2006). Effects of the 2003 heatwave and climatic warming on mollusc communities of the Saône : a large lowland river and of its two main tributaries (France). *Global Change Biology*. 12 : 441-449.
- Olivier J.M., André S., Dolédec S., Lamouroux N., Mérigoux S. 2004a - Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, Vieux-Rhône et 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., Carron G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Levrat J., MacCrae D., Malet E., Massé C., Mérigoux S, Michalkova M., Paillex A., Piégay H., Rivoire E., Terrier A. (2005) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Vieux Rhône et lônes de Brégnier-Cordon. Caractérisation de l'état initial (2004-2005). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.
- Olivier J.M., 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., Lamouroux N., Malet E., Massé C., Michalkova M., Piégay H. (2006) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. RCC de Chautagne et Belley (2005). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS – Université Lyon 1.
- Olivier, JM., Lamouroux N., Bornette G., Castella E., Mérigoux S., Piégay H. (2007) : analyse fonctionnelle des systèmes restaurés, développement de modèles prédictifs utilisables en restauration fluviale. Suivi scientifique du Programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, période 2003-2006. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Compagnie Nationale du Rhône, la Délégation de Bassin Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes.
- Olivier, JM., Lamouroux N., Bornette G., Castella E., Mérigoux S., Piégay H. (2007) : analyse fonctionnelle des systèmes restaurés, développement de modèles prédictifs utilisables en restauration fluviale. Suivi scientifique du Programme décennal de

restauration hydraulique et écologique du Rhône, période 2003-2006. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Compagnie Nationale du Rhône, la Délégation de Bassin Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes.

Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. (2006) *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie*. 2nd corrected CNRS éditions, Paris.

Annexes thématiques

A.2 Les poissons du chenal

code - Vieux Rhône	Station	Position	groupes_pêches	an_début	an_fin	nb_pêches	
AIN - Rivière d'Ain	AIN	Pt Blyes à confluence	AIN	1991	1995	2	
ARD - Rivière Ardèche	ARD	Vogué à Lanas	ARD	1990	2009	9	
CE - Chautagne	CHAUC	aval barrage	CHAUC_a	1985	1985	1	
			CHAUC_b	1999	2003	4	
			CHAUC_c	2004	2009	6	
	CHAUD	Malourdie	CHAUD_a	1985	1995	9	
			CHAUD_b	1996	2003	8	
			CHAUD_c	2004	2009	6	
	CHAUE	aval RCC	CHAUE_a	1985	1995	9	
			CHAUE_b	1996	2003	8	
			CHAUE_c	2004	2009	6	
	CHAUI	Mathy	CHAUI_b	1999	2003	4	
			CHAUI_c	2004	2009	6	
			BELLD_a	1985	1997	8	
	BY - Belley	BELLM	aval Lucey 1	BELLM_a	1985	1997	8
		BELLO	amont Lucey 2	BELLO_b	2003	2004	2
				BELLO_c	2005	2009	5
BELLP		aval Lucey 2	BELLP_b	2003	2004	2	
			BELLP_c	2005	2009	5	
BC - Brégnier-Cordon	BREGD	amont Molottes 1	BREGD_a	1985	1997	13	
	BREGJ	aval Molottes 1	BREGJ_a	1985	1997	13	
	BREGV	amont Molottes 2	BREGV_b	2004	2005	2	
			BREGV_c	2006	2009	4	
	BREGW	aval Molottes 2	BREGW_b	2004	2005	2	
			BREGW_c	2006	2009	4	
MI - Miribel-Jonage	JONS	ensemble de 4 sites	MI_a	1995	1995	1	
			MI_b	2007	2009	3	
PB - Pierre Bénite	PBE	ensemble	PBE_b	1995	1999	5	
			PBE_c	2001	2009	9	
			PEAGD_a	1985	1995	22	
PR - Péage de Roussillon	PEAGD	amont	PEAGD_b	1996	2009	24	
			PEAGH_b	2007	2009	3	
			RHO_b	2006	2009	4	
MO - Montélimar	RHO	ensemble	RHO_b	2006	2009	4	
DM - Donzère-Mondragon	DM	ensemble	DM_b	2008	2009	2	

A.2 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.

A.3 Invertébrés du Chenal

Annexe A.3.1 Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Chautagne** au cours des campagnes d'échantillonnage pre-restauration (2002) et post-restauration (n+2 : 2006 et n + 4 : 2008).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R n+2			Post -R n+4			
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	
Plathelminthes												
Turbellaria												
Tricladida												
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	DLAC	62	7	69		2	2			
	Dugesiiidae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	11	23	34		3	3		1	1
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	52	1293	1345		35	35	15	45	60
		<i>Dugesia</i> spp.	DUSP					4	4		1	1
	Planariidae	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	PONT	52	15	67		4	4	3		3
Annelida												
Hirudinea												
Arhynchobdellida												
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	8	4	12		1	1		3	3
		<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP								1	1
Rhynchobdellida												
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM	10		10						
		<i>Helobdella stagnalis</i>	HSTA				1		1		13	13
	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	PGEO	2		2						
Mollusca												
Bivalvia												
Veneroidea												
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU				1	19	20	4	13	17
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	148	110	258	11	180	191	62	29	91
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP	1	5	6	1	1	2		1	1
		<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP	10		10					1	1
		Sphaeriidae	SPHA		57	57	1		1			
Gastropoda												
Ectobranchia												
	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	VCRI	9	2	11	2		2			
		<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS		2	2						
		<i>Valvata</i> spp.	VASP	10	3	13						
Neotaenioglossa												
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	BTEN	1	2	3						
		<i>Bithynia</i> sp.	BITH	2		2		1	1			
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	68	6	74	30	58	88	89	298	387
Neritopsina												
	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	TFLU					2	2	2	7	9
Pulmonata												
	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	102	593	695	8	43	51	1198	1002	2200
	Lymnaeidae	<i>Radix balthica-labiata</i>	RABL	2	3	5	1		1			
		<i>Radix</i> spp.	RASP	9	1	10					72	72
	Physidae	<i>Physella acuta</i>	PACU	45	7	52		1	1		95	95
		Physidae	PHYS	1	1	2		1	1	1	4	5
	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	GALB	1	1	2						
		<i>Gyraulus</i> spp.	GYSP				1	9	10			
		Planorbidae	PLAN	3	4	7		2	2			
		Gastropoda ind.									253	253
Arthropoda												
Arachnida												
	Acaria	Hydracarina	ACAR	61	27	88	1	38	39	8	44	52
Crustacea												
Amphipoda												
	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	111	485	596	3	6	9	16	77	93
		<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	113	224	337	1	5	6	15	30	45
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	1457	1278	2735	2	3	5	53	10	63
	Pontogammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL				221	88	309	155	90	245
		Gammaridae-Pontogammaridae juv	GAPO				155	94	249	297	231	528
Isopoda												
	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	21	6	27	1	1	2		2	2
		Asellidae	ASEL								4	4
	Janiridae	<i>Jaera istri</i>	JIST								9	9
Insecta												
Coleoptera												
	Dryopidae	<i>Dryops</i> spp.	DRSP	2	1	3	38	14	52	4	11	15
	Dytiscidae	<i>Bidessus</i> spp.	BIDE		1	1						
		<i>Bidessus</i> spp. a	BIDEa		1	1	2		2			
		<i>Yola bicarinata</i> a	YBICa	1		1						
	Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	ELSP	3	17	20	2	2	4	6	8	14
		<i>Elmis</i> spp. a	ELSPa	1	1	2						
		<i>Esolus</i> spp.	ESSP	225	162	387	18	66	84	20	44	64
		<i>Esolus</i> spp. a	ESSPa	5	1	6	1		1	2		2
		<i>Limnius</i> spp.	LISP	11	33	44		1	1			
		<i>Riolus</i> spp.	RISP	1		1				2		2
	Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i>	OVIL		107	107	1	35	36		29	29
	Haliplidae	<i>Haliplus</i> spp.	HASP	1		1						

Annexe A.3.1 (suite) Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Chautagne** au cours des campagnes d'échantillonnage pre restauration (2002) et post restauration (n+2 : 2006 et n+4: 2008).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R n+2			Post -R n+4		
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
Diptera											
Athericidae	<i>Atrichops crassipes</i>	ACRA		3	3					2	2
Anthomyidae	Anthomyidae	ANTH							1		1
Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	CERA	77	5	82	2	7	9	6	2	8
	Dasyheleinae	DASY							2		2
Chironomidae	Forcipomyiinae	FORC								2	2
	Chironomini	CHSP	662	229	891	42	9	51	669	424	1093
	Orthoclaadiinae	ORTH	21746	5189	26935	9155	6676	15831	29953	26359	56312
	Tanyodinae	TANY	2026	224	2250	29	23	52	53	42	95
Culicidae	Tanytarsini	TASP	4216	741	4957	34	67	101	398	940	1338
	<i>Anopheles</i> spp.	ANSP								1	1
Dixidae	<i>Dixa</i> spp.	DISP							2		2
Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI	2		2						
Empididae	Clinocerinae	CLIN	6		6	1		1		4	4
	Hemerodromiinae	HEME	27	128	155	6	16	22	42	185	227
Limoniidae	Empididae	EMPI		1	1						
	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT	1	6	7	1	3	4	54	24	78
	<i>Dicranota</i> sp.	DICR		1	1						
	Eriopterini	ERIO	1		1						
	Hexatoma	HEXA	1		1						
Psychodidae	Psychodidae	PSSP		2	2				1		1
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	2422	279	2701	61	918	979	1307	993	2300
Tabanidae	Tabanidae	TABA	1	24	25	4	3	7		1	1
Tipulidae	Tipulidae	TIPU	4		4		1	1	2	3	5
	Diptera ind.	DIPT								1	1
Ephemeroptera											
Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	1941	685	2626	179	729	908	208	387	595
	<i>Baetis rhodani</i>	BRHO		4	4				4		4
	<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR	595	396	991	8	80	88	84	123	207
	<i>Baetis</i> spp.	BASP	1652	2059	3711	84	510	594	697	4113	4810
	Baetidae	BAET				8		8	52	8	60
Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	64	377	441	32	199	231	8	12	20
	<i>Caenis rivulorum</i>	CRIV	38		38	9		9	6		6
	<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	CALM							14		14
	<i>Caenis</i> spp.	CASP	14	366	380	10	463	473		686	686
Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	921	1	922	457	3	460	166	1	167
Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>helveticus</i>	EHEL	1		1						
	<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	532	1542	2074	1	255	256	55	100	155
	<i>Heptagenia</i> spp.	HESP	1	117	118	1	73	74	9	344	353
	<i>Rhithrogena semicolorata</i>	RSEM							1		1
	<i>Rhithrogena</i> spp.	RHPS		1	1						
Leptophlebiidae	Heptageniidae	HEPT	1		1		23	23			
	<i>Habrophlebia lauta</i>	HLAU	1		1	1		1			
Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	854	3003	3857	18	3567	3585	115	357	472
	Ephemeroptera ind.	EPHE		2	2						
Heteroptera											
Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	MISP		4	4	2		2			
Hydrometridae	<i>Hydrometra</i> sp.	HYDRO				1		1			
Megaloptera											
Sialidae	<i>Sialis</i> spp.	SISP	2		2						
Odonata											
Calopterygidae	<i>Calopteryx splendens</i>	CSPL		3	3		1	1			
	<i>Calopteryx</i> spp.	CALO								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	20	27	47
	Leuctridae	LEUC				14		14	1		1
Nemouridae	<i>Amphinemura</i> spp.	AMSP							2	2	4
	<i>Protonemura</i> spp.	PRSP							2		2
	Plecoptera ind.	PLEC							4		4
Trichoptera											
Glossosomatidae	<i>Glossosoma boltoni</i>	GBOL	3		3				2	24	26
	<i>Glossosoma</i> spp.	GLSP	2	1	3				18	26	44
Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	GPIL	1	5	6	1	1	2		2	2
	<i>Silo nigricornis</i>	SNIG								1	1
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche angustipennis</i>	HANG					3	3			
	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	52	1141	1193	3	957	960	336	893	1229
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	129	1130	1259	27	530	557	74	159	233
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC	23	171	194	8	104	112	61	47	108
	<i>Hydropsyche modesta</i>	HMOD	2	116	118		25	25			
	<i>Hydropsyche siltalai</i>	HSIL	29	498	527	2	4	6	8		8
Hydroptilidae	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSP	3253	5196	8449	28	4796	4824	226	4961	5187
	<i>Allotrichia pallicornis</i> .	APAL							1		1
	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	26	167	193	3	299	302	77	584	661

Annexe A.3.1 (suite) Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Chautagne** au cours des campagnes d'échantillonnage pre restauration (2002) et post restauration (n+2 : 2006 et n + 4: 2008).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R n+2			Post -R n+4			
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot	
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				8		8	
	<i>Ceraclea</i> spp.	CESP	16	26	42		49	49	1		1	
	<i>Mystacides</i> spp.	MYSP		1	1							
	<i>Oecetis notata</i>	ONOT								1	1	
	<i>Oecetis testacea</i>	OTES	1		1							
	<i>Oecetis</i> spp.	OESP		2	2							
	<i>Setodes punctatus</i>	SPUN		1	1		23	23		11	11	
	<i>Setodes</i> spp.	SETO		1	1							
Leptoceridae	Leptoceridae	LEPT	1	25	26		9	9	4	11	15	
Limnephilidae	<i>Limnephilus germanus-lunatus</i>	LIGL							1		1	
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	PFLA		98	98		1	1	1	1	2	
	<i>Polycentropus</i> spp.	POSP		12	12							
	Polycentropodidae	POLY	11	69	80							
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	276	6560	6836	120	4692	4812	1833	2114	3947	
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	RHSP	442	271	713	5	26	31	19	95	114	
	Rhyacophilidae	RHYA	148		148	20	27	47	34	7	41	
Sericostomatidae	<i>Sericostoma personatum-flavicorne</i>	SEPF							1		1	
	<i>Sericostoma</i> sp.	SESP		1	1							
	Trichoptera ind.	TRIC								1	1	
	Richesse taxonomique		67	65	80	48	56	65	55	58	74	
	Abondance		45048	35396	80444	10898	25918	36816	38595	46510	85105	
	Densité par m²		45048	35396	40222	10898	25918	18408	38595	46510	42553	

Annexe A.3.2 Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Belley** au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration (2002) et post-restauration (n+2 : print 2008 et été 2007 ; n + 4: print et été 2009).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-R			Post-R n+2			Post -R n+4				
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot		
athelminthes													
Turbellaria													
Tricladida													
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	DLAC	16	90	106				29		29	
	Dugesiidae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	31	61	92		1	1	2	2	4	
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	149	1038	1187	5	98	103	52	3384	3436	
		<i>Dugesia</i> spp.	DUSP				2	4	6				
	Planariidae	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	PONT	13	24	37				1	1	2	
annelida													
Hirudinea													
Arhynchobdellida													
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	3	5	8		1	1	6	29	35	
		<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP		3	3					14	14	
Rhynchobdellida													
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM		3	3					2	2	
		<i>Hemiclepsis marginata</i>	HMAR	1		1							
		<i>Theromyzon tessulatum</i>	TTES								1	1	
Polychaeta													
	Ampharedidae	<i>Hypania invalida</i>	HINV					45	45	391	1115	1506	
molusca													
Bivalvia													
Veneroidea													
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU					12	60	72	132	172	304
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	82	14	96	5	2	7	2	10	12	
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP	4		4	2		2	2		2	
		<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP							1	6	7	
		<i>Sphaeriidae</i>	SPHA		3	3							
	Bivalvia		BIVA							25	61	86	
Gastropoda													
Ectobranchia													
	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	VCRI								1	1	
		<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS	2		2							
		<i>Valvata</i> spp.	VASP	8		8	1	1	2				
Neotaenioglossa													
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	9		9	56	40	96	276	1757	2033	
Neritopsina													
	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	TFLU	9	6	15	6	30	36	25	125	150	
Pulmonata													
	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	43	271	314	30		30	48	524	572	
	Lymnaeidae	<i>Radix balthica-labiata</i>	RABL	2		2							
		<i>Radix</i> spp.	RASP	3	1	4	1		1		1	1	
	Physidae	<i>Physa</i> sp.	PHSP				1		1				
		<i>Physella acuta</i>	PACU	3	2	5				1	4	5	
	Planorbidae	<i>Gyraulus parvus</i>	GPAR							7		7	
		<i>Gyraulus</i> spp.	GYPSP	3		3							
	Planorbidae		PLAN	7		7							
	Gastropoda ind.		GAST	2		2				1	1	110	
											4850	4960	
arthropoda													
Arachnida													
	Acaria	Hydracarina	ACAR	5	1	6	2	6	8	4	22	26	
Crustacea													
Amphipoda													
	Crangonyctidae	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	CPSE					1	1		1	1	
	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	2266	3523	5789	1309	99	1408	996	531	1527	
		<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	67	68	135	89	32	121	40	13	53	
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	17999	20561	38560	100	123	223	82	41	123	
	Pontogammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL				159	51	210	177	201	378	
		Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO				3565	263	3828	3361	953	4314	
Isopoda													
	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	160	7	167	4	6	10				
			ASEL	23		23				1		1	
Insecta													
Coleoptera													
	Dryopidae	<i>Dryops</i> spp.	DRSP	1	2	3	1		1				
		<i>Dryops</i> spp.a	DRSPa	1		1					1	1	
	Dytiscidae	<i>Bidessus</i> spp.a	BIDEa	6		6							

Annexe A.3.2 (suite) Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Belley** au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration (2002) et post-restauration (n+2 : print 2008 et été 2007 ; n + 4: print et été 2009).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-R			Post-R n+2			Post -R n+4		
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	ELSP	34	26	60		1	1	5	20	25
	<i>Elmis</i> spp.a	ELSPa	1	1	2	1	1	2			
	<i>Esolus</i> spp.	ESSP	1058	505	1563	15	221	236	62	269	331
	<i>Esolus</i> spp.a	ESSPa	84	1	85	2	10	12	1	1	2
	<i>Limnius</i> spp.	LISP	63	35	98	1	4	5		6	6
	<i>Oulimnius</i> spp.	OUSP							1		1
	<i>Riolus</i> spp.	RISP	3	1	4					13	13
	<i>Riolus</i> spp.a	RISPa							2	2	
Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i>	OVIL		48	48		6	6	2	33	35
Halipidae	<i>Haliplus</i> spp.	HASP							1	1	
	<i>Haliplus</i> spp.a	HASPa		1	1						
Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp.a	HYDRAa		1	1						
Diptera											
Athericidae	<i>Atrichops crassipes</i>	ACRA	1	1	2					2	2
Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	CERA	12	4	16	1	1	2	6	3	9
	Dasyheleinae	DASY								1	1
Chironomidae	Chironomini	CHSP	35	35	70	1206	99	1305	78	81	159
	Orthoclaidiinae	ORTH	12698	9153	21851	39035	15376	54411	43299	22156	65455
	Tanytopodinae	TANY	1116	10	1126	126	143	269	70	21	91
	Tanytarsini	TASP	505	73	578	1225	177	1402	141	796	937
	Clinocerinae	CLIN	3		3				1	1	2
Empididae	Hemerodromiinae	HEME	40		40	6	39	45	18	26	44
	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT	2	5	7		1	1	1		1
Limoniidae	<i>Dicranota</i> sp.	DICR							1		1
	Eriopterini	ERIO					1	1			
	Hexatoma	HEXA				17		17			
	Pediciini	PESP		1	1						
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	224	460	684	318	369	687	263	1656	1919
Tabanidae	Tabanidae	TABA	3	3	6						
Tipulidae	Tipulidae	TIPU	5	4	9	4	2	6	1		1
	Diptera ind.	DIPT							1		1
Ephemeroptera											
Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	328	863	1191	484	281	765	16	600	616
	<i>Baetis rhodani</i>	BRHO	21	3	24	10	5	15	30		30
	<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR	36	107	143	1	1	2	20	4	24
	<i>Baetis</i> spp.	BASP	379	1754	2133	327	237	564	289	1629	1918
	<i>Centroptilum luteolum</i>	CLUT				1		1			
	<i>Cloeon dipterum</i>	CDIP		2	2						
	Baetidae	BAET	4		4						
	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	24	1	25	2	24	26	13	16	29
Caenidae	<i>Caenis macrura</i>	CMAC				8		8			
	<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	CALM				4		4	2	6	8
	<i>Caenis rivulorum</i>	CRIV	7		7	3	5	8	1	1	2
	<i>Caenis</i> spp.	CASP	42	8	50	3	11	14		4	4
	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	2190	2	2192	482	3	485	2119		2119
Ephemerellidae	Ephemerellidae	EPHEM					1	1			
Heptageniidae	<i>Electrogena quadrilineata</i>	EQUA							1		1
	<i>Epeorus</i> sp.	EPSP		1	1						
	<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	175	75	250	66	82	148	275	130	405
	<i>Heptagenia</i> spp.	HESP		7	7	11	469	480	107	280	387
	<i>Rhithrogena semicolorata</i>	RSEM							2		2
Heptageniidae	HEPT		3	3							
Leptophlebiidae	<i>Habroleptoides</i> spp.	HAPS					1	1	1		1
	<i>Habrophlebia</i> spp.	HAPS					1	1			
Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	767	239	1006	415	2702	3117	963	1197	2160
	Ephemeroptera ind.	EPHE					1	1			
Heteroptera											
Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	MISP	10	10	20	1		1		18	18
Gerridae	<i>Gerris</i> sp.	GESP		1	1						
Mesovelidae	<i>Mesovelia</i> spp.	MESP	1		1						
Lepidoptera											
Crambidae	<i>Acentria ephemerella</i>	AEPH		1	1						
Odonata											
Calopterygidae	<i>Calopteryx</i> spp.	CALO								1	1
Coenagrionidae	Coenagrionidae	COEN		2	2						
Gomphidae	<i>Onychogomphus</i> sp.									1	1
	Odonata ind.	ODON									

Annexe A.3.2 (suite) Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Belley** au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration (2002) et post-restauration (n+2 : print 2008 et été 2007 ; n + 4: print et été 2009).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-R			Post-R n+2			Post -R n+4		
			P	E	Tot	P	E	Tot	P	E	Tot
Ecoptera											
Leuctridae	<i>Leuctra</i> spp.	LESP	214	2	216	34	5	39	25	14	39
Nemouridae	<i>Nemoura</i> spp.	NESP							1		1
	<i>Protonemura</i> spp.	PRSP							2		2
Nemouridae		NEMO	1		1						
Perlodidae	<i>Isoperla</i> sp.	ISSP							2		2
Taeniopterygidae	<i>Rhabdiopteryx</i> sp.								1		1
	Plecoptera ind.	PLEC	1		1	1	3	4	2	1	3
Trichoptera											
Glossosomatidae	<i>Agapetus</i> spp.	AGAP					3	3	1		1
	<i>Glossosoma boltoni</i>	GBOL	32	1	33		18	18	1		1
	<i>Glossosoma</i> spp.	GLSP	45	1	46	14	37	51	1	6	7
Goeridae	<i>Silo nigricornis</i>	SNIG					5	5		14	14
	Goeridae	GOER				1	1	2		1	1
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	69	43	112	44	303	347	47	116	163
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	68	51	119	2	8	10	9	23	32
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC	1	1	2		1	1	3	9	12
	<i>Hydropsyche modesta</i>	HMOD	30	17	47					1	1
	<i>Hydropsyche siltalai</i>	HSIL	12	1	13		14	14	3	546	549
	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSP	252	141	393	20	854	874	14	664	678
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	9	306	315	24	36	60	141	1437	1578
Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	AALB	20		20	1		1	2	3	5
	<i>Athripsodes cinereus</i>	ACIN	1		1						
	<i>Athripsodes</i> spp.	ATSP	1		1		1	1		118	118
	<i>Ceraclea dissimilis</i>	CDIS	33		33	1		1	1	1	2
	<i>Ceraclea</i> spp.	CESP	5	1	6				4	25	29
	<i>Mystacides azurea</i>	MAZU								1	1
	<i>Oecetis</i> spp.	OESP								3	3
	Leptoceridae	LEPT		5	5					35	35
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	PFLA		1	1						
	<i>Polycentropus</i> spp.	POSF		1	1						
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	42	730	772	83	500	583	404	4327	4731
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	RHSP	235	44	279	21	6	27	6	16	22
	Rhyacophilidae	RHYA				6	5	11		1	1
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> spp.	SESP					3	3			
	Trichoptera ind.	TRIC	10	1	11						
Richesse taxonomique			61	60	72	50	50	61	64	62	81
Abondance			41870	40477	82347	49422	22896	72318	54232	50158	104390
Densité par m²			41870	40477	41174	49422	22896	36159	54232	50158	52195

Annexe A.3.3 Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Brégner-Cordon** au des campagnes d'échantillonnage pre-restauration (2002) et post-restauration (n+2 : été 2008 et n + 3: print 2009)

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R		
			P	E	Tot	P	E	
Plathelminthes								
Turbellaria								
Tricladida								
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	DLAC	22	19	41	94	5
	Dugesiiidae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	450	85	535		7
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	128	334	462	131	606
		<i>Dugesia</i> spp.	DUSP	12	3	15		
	Planariidae	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	PONT	3	2	5	6	8
Annelida								
Hirudinea								
Arhynchobdellida								
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	8	27	35	23	31
		<i>Erpobdella testacea</i>	ETES	2	1	3		
		<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP	2	1	3	1	23
Rhynchobdellida								
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM	74	11	85	1	
		<i>Glossiphonia heteroclita</i>	GHET		1	1		1
		Glossiphoniidae	GLOS	7		7		
		<i>Helobdella stagnalis</i>	HSTA	4	28	32		
		<i>Hemiclepsis marginata</i>	HMAR	1		1		
Polycheata								
	Ampharedidae	<i>Hypania invalida</i>	HINV				29	9
Mollusca								
Bivalvia								
Veneroida								
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU	112	108	220	50	134
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	1		1		
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP	37		37	4	
		<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP				1	4
		Sphaeriidae	SPHA	57	9	66		
Gastropoda								
Ectobranchia								
	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	VCRI				2	2
		<i>Valvata piscinalis</i>	VPIS					3
		<i>Valvata</i> spp.	VASP	9		9	3	4
Neotaenioglossa								
	Bithyniidae	<i>Bithynia</i> sp.	BITH		1	1		
	Hydrobiidae	<i>Bithynella</i> sp.	BISP		1	1		
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	265	79	344	49	45
Neritopsina								
	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	TFLU	381	386	767	375	814
Pulmonata								
	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	4580	361	4941	23	23
	Lymnaeidae	<i>Radix balthica-labiata</i>	RABL	2		2		
		<i>Radix</i> spp.	RASP	1	1	2		
	Physidae	<i>Physa fontinalis</i>	PFON	1		1		
		<i>Physella acuta</i>	PACU	3		3		
	Planorbidae	<i>Hippeutis complanatus</i>	HCOM				1	1
		Planorbidae	PLAN				1	
		Gastropoda ind.	GAST				1	17
Arthropoda								
Arachnida								
	Acaria	Hydracarina	ACAR				1	12
Crustacea								
Amphipoda								
	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	4243	6323	10566	2055	1504
		<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	70	19	89	40	57
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	75496	16857	92353	451	228
	Pontogammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL				134	12
		Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO				6993	909

Annexe A.3.3 suite Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Brégnier-Cord** cours des campagnes d'échantillonnage pre restauration (2002) et post restauration (n+2 : été 2008 et n + 3: print 2009).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R		
			P	E	Tot	P	E	
Decapoda								
	Cambaridae	<i>Orconectes limosus</i>	OLIM		1	1		
	Isopoda							
	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	6		6	3	4
	Asellidae		ASEL				1	
Insecta								
Coleoptera								
	Dryopidae	<i>Dryops</i> spp.	DRSP	1		1	1	
	Dytiscidae	<i>Hydroporus</i> sp.	HYDRO	1		1		
	Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	ELSP	268	115	383	43	134
		<i>Elmis</i> spp.a	ELSPa	20	2	22	1	3
		<i>Esolus</i> spp.	ESSP	1159	759	1918	160	297
		<i>Esolus</i> spp.a	ESSPa	27	29	56		6
		<i>Limnius</i> spp.	LISP	94	64	158	22	30
		<i>Oulimnius</i> spp.	OUSP	34	3	37	1	3
		<i>Oulimnius</i> spp.a	OUSPa		1	1		
		<i>Riolus</i> spp.	RISP	10		10	1	
	Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i>	OVIL		26	26	3	3
	Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp.	HYDRAa	1		1		
		Coleoptera ind.	COLE		3	3	1	
Diptera								
	Anthomyiidae	Anthomyiidae	ANTH		1	1		
	Athericidae	<i>Atherix</i> sp.	ATHE	4		4		
		<i>Atrichops crassipes</i>	ACRA					1
	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	CERA	40	5	45	2	1
		Dasyheleinae	DASY	1		1		
	Chironomidae	Chironomini	CHSP	1370	98	1468	184	29
		Orthocladiinae	ORTH	24839	1747	26586	38141	1359
		Tanypodinae	TANY	69	2	71	28	3
		Tanytarsini	TASP	975	70	1045	38	1
	Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI	2		2		
	Empididae	Clinocerinae	CLIN	5		5		2
		Hemerodromiinae	HEME	63	110	173	19	51
	Limoniidae	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT	52	7	59	11	10
		<i>Dicranota</i> sp.	DICR	4		4		1
		Eriopterini	ERIO	1	1	2		
		Pediciini	PESP		1	1		
		Limoniidae	LIMO				4	
	Psychodidae	Psychodidae	PSSP	2		2		
	Simuliidae	Simuliidae	SIMU	381	49	430	66	36
	Tabanidae	Tabanidae	TABA	1	1	2		
	Tipulidae	Tipulidae	TIPU	14	3	17		
Ephemeroptera								
	Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	118	309	427	15	37
		<i>Baetis rhodani</i>	BRHO	73	24	97	8	10
		<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR	99	12	111	7	2
		<i>Baetis</i> spp.	BASP	240	340	580	72	63
		Baetidae	BAET				2	
	Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	3	1	4	1	1
		<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	CALM				3	
		<i>Caenis rivulorum</i>	CRIV	7		7	1	
		<i>Caenis</i> spp.	CASP	12	1	13		5
	Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	314	17	331	63	
		<i>Torleya major</i>	TMAJ				6	9
		<i>Ephemera lineata</i>	ELIN	5		5		
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i> gp. <i>venosus</i>	EVEN	2	4	6	1	4
		<i>Ecdyonurus</i> spp.	ECSP		11	11	4	1
		<i>Epeorus</i> sp.	EPSP					1
		<i>Heptagenia</i> spp.	HESP		15	15	34	51
		<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	28	12	40	123	39
		<i>Rhithrogena beskidensis-savoienensis</i>	RHBV	29		29		
		<i>Rhithrogena semicolorata</i>	RSEM				90	28

Annexe A.3.3 suite Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Brégnier-Cordon** au cours des campagnes d'échantillonnage pré restauration (2002) et post restauration (n+2 : été 2008 et print 2009).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pre-R			Post-R	
			P	E	Tot	P	E
	<i>Rhithrogena</i> spp.	RHPS	4	58	62	75	131
	Heptageniidae	HEPT		13	13	1	
Leptophlebiae	<i>Habrophlebia lauta</i>	HLAU	1		1		
	<i>Habrophlebia</i> spp.	HAPS				1	
Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	105	257	362	148	149
	Ephemeroptera ind.	EPHE					
Heteroptera							
Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	MISP	139	64	203		
Mesovelidae	<i>Mesovelia</i> spp.	MESP	2		2		
Plecoptera							
Leuctridae	<i>Leuctra</i> spp.	LESP	202	4	206	80	2
	Leuctridae	LEUC		3	3		
Nemouridae	<i>Nemoura</i> spp.	NESP		2	2	1	
	Nemouridae	NEMO		1	1		
Perlidae	<i>Dinocras cephalotes</i>	DCEP	1		1		
	<i>Dinocras</i> sp.	DISP	2		2		
Perlodidae	Perlodidae	PERLO	1	1			
	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	1	17
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	2	1	3		
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC	5	7	12	3	15
	<i>Hydropsyche modesta</i>	HMOD	16	9	25		
	<i>Hydropsyche siltalai</i>	HSIL	108		108	1	
	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSP	143	17	160		30
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	12	47	59	24	11
Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	AALB	48		48	5	5
	<i>Athripsodes</i> spp.	ATSP	3	3	6	3	25
	<i>Oecetis notata</i>	ONOT				1	
	<i>Setodes punctatus</i>	SPUN	1		1	1	1
	Leptoceridae	LEPT		1	1		
Limnephilidae	<i>Limnephilus germanus-lunatus</i>	LIGL				1	
	Limnephilidae					1	
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	113	244	357	229	594
	<i>Tinodes dives</i>	TDIV	1		1		
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	RHSP	122	4	126	13	13
	Rhyacophilidae	RHYA	37		37		2
	Trichoptera ind.	TRIC	1		1		
Richesse taxonomique			78	61	87	59	56
Abondance			117583	29291	146874	50217	7690
Densité par m2			58792	14646	36719	33478	5127

Annexe A.3.4 Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Péage-de-Roussillon** au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration (2007-2008).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-restauration			
			print 2008	été 2007	Tot	
Plathelminthes						
Turbellaria						
Tricladida						
	Dugesiidae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	1	3	4
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	17	162	179
		<i>Dugesia</i> spp.	DUSP	1		1
Annelida						
Hirudinea						
Arhynchobdellida						
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	35	80	115
		<i>Erpobdella testacea</i>	ETES		1	1
		<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP	183	50	233
	Rhynchobdellida					
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	GCOM	58	21	79
	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	PGEO	2		2
Polycheata						
	Ampharedidae	<i>Hypania invalida</i>	HINV	200		200
Mollusca						
Bivalvia						
Veneroidea						
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU	112	800	912
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	20	54	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	19	129	148
		<i>Valvata</i> spp.	VASP	4	24	28
Neotaenioglossa						
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	BTEN	19	117	136
		<i>Bithynia</i> sp.	BITH		4	4
	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	LNAT		6	6
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	637	662	1299
Pulmonata						
	Ancyliidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	1638	299	1937
	Lymnaeidae	<i>Radix</i> spp.	RASP	17	3	20
	Physidae	<i>Physa</i> sp.	PHSP		1	1
		<i>Physella acuta</i>	PACU	1		1
	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	GALB	4		4
		<i>Hippeutis complanatus</i>	HCOM		1	1
		Planorbidae	PLAN	1	1	2
		Gastropoda ind.	GAST	1	2	3
Arthropoda						
Arachnida						
	Acaria	Hydracarina	ACAR	6	28	34
Crustacea						
Amphipoda						
	Corophiidae	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	CCUR	247	55	302
	Crangonyctidae	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	CPSE		2	2
	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS	10	1	11
		<i>Gammarus pulex</i>	GPUL		11	11
		<i>Gammarus tigrinus</i>	GTIG	2	7	9
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	3	33	36

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

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-restauration			
			print 2008	été 2007	Tot	
	Pontogammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL	859	306	1165
		Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO	848	521	1369
Decapoda						
	Atyidae	<i>Atyaephyra desmarestii</i>	ADES		1	1
Isopoda						
	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	AAQU	10	11	21
		Asellidae	ASEL	4		4
Insecta						
Coleoptera						
	Elmidae	<i>Elmis</i> spp.	ELSP	3		3
		<i>Esolus</i> spp.	ESSP	6	8	14
		<i>Esolus</i> spp.a	ESSPa	2	2	4
		<i>Oulimnius</i> spp.	OUSP		1	1
		<i>Oulimnius</i> spp.a	OUSPa		1	1
		<i>Riolus</i> spp.	RISP	1		1
Diptera						
	Ceratopogonidae	Forcipomyiinae	FORC		1	1
	Chironomidae	Chironomini	CHSP	2880	112	2992
		Orthocladiinae	ORTH	36234	6105	42339
		Tanypodinae	TANY	42	11	53
		Tanytarsini	TASP	2623	1200	3823
	Empididae	Hemerodromiinae	HEME		2	2
	Limoniidae	Eriopterini	ERIO	5		5
	Simuliidae	Simuliidae	SIMU	685	70	755
Ephemeroptera						
	Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	84	124	208
		<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR		3	3
		<i>Baetis</i> spp.	BASP	280	71	351
		<i>Proclleon bifidum</i>	PBIF	1	26	27
		Baetidae	BAET		2	2
	Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	238	504	742
		<i>Caenis macrura</i>	CMAC	2		2
		<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	CALM	51		51
		<i>Caenis</i> spp.	CASP	26	1366	1392
	Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	8		8
		Ephemerellidae	EPHEM	23		23
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i> spp.	ECSP		3	3
		<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	19	48	67
		<i>Heptagenia</i> spp.	HESP	70	195	265
		Heptageniidae	HEPT	2		2
	Polymitarcyidae	<i>Ephoron virgo</i>	EVIR	1		1
	Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	9		9
Megaloptera						
	Sialidae	<i>Sialis</i> spp.	SISP		1	1
Odonata						
	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i> spp.	CALO		1	1
	Gomphidae	<i>Onychogomphus forcipatus</i>	OFOR	1		1
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i> sp.	PLSP	2		2
		Odonata ind.	ODON		2	2
Planipenna						
	Sisyridae	<i>Sisyra</i> sp.	SISY	1		1
Plecoptera						
	Leuctridae	<i>Leuctra</i> spp.	LESP	1	1	2
		Leuctridae	LEUC	10		10
		Plecoptera ind.	PLEC	2		2

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

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-restauration		
			print 2008	été 2007	Tot
Trichoptera					
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	ETEN	1		1
Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	GPIL		2	2
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	12	152	164
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	57	237	294
	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSP	2324	654	2978
Hydroptilidae	<i>Agraylea</i> spp.	AGRA		4	4
	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	383	218	601
	<i>Orthotrichia</i> sp.	ORSP		1	1
Leptoceridae	Hydroptilidae	HYPS	4		4
	<i>Athripsodes</i> spp.	ATSP		2	2
	<i>Ceraclea albimacula-albogutatta</i>	CEAA	1		1
	<i>Ceraclea dissimilis</i>	CDIS	3		3
	<i>Ceraclea</i> spp.	CESP	1		1
	<i>Mystacides azurea</i>	MAZU		2	2
	<i>Mystacides</i> spp.	MYSP	1	2	3
Leptoceridae		LEPT	2		2
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	PFLA		1	1
	Polycentropodidae	POLY		2	2
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	885	1227	2112
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	RHSP	1		1
	Trichoptera ind.	TRIC	16	5	21
Richesse taxonomique			54	53	74
Abondance			51970	15767	67737
Densité par m2			34647	10511	22579

Annexe A.3.5 Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Montélimar** au cours des campagnes d'échantillonnage pré-restauration (2008).

E/C/O/F	Taxons	Code	Pré-restauration 2008		
			print	été	Tot
Plathelminthes					
Turbellaria					
Tricladida					
	Dugesiidae	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	DUPL	1	1
		<i>Dugesia tigrina</i>	DTIG	7	43
Annelida					
Hirudinea					
Arhynchobdellida					
	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	EOCT	13	2
		<i>Erpobdella</i> spp.	ERSP	34	1
Rhynchobdellida					
	Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>	HSTA	1	1
	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	PGEO	5	33
Polycheata					
	Ampharedidae	<i>Hypania invalida</i>	HINV	47	135
Mollusca					
Bivalvia					
Veneroidea					
	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	CFLU	6	24
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	DPOL	1	1
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> spp.	PISP	1	4
		<i>Sphaerium</i> spp.	SPSP		15
		Bivalvia	BIVA		15
Gastropoda					
Neotaenioglossa					
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	PANT	86	346
Pulmonata					
	Ancyliidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	AFLU	588	1279
	Lymnaeidae	<i>Radix</i> spp.	RASP	6	6
	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	GALB		1
		Gastropoda ind.	GAST	101	801
Arthropoda					
Crustacea					
Amphipoda					
	Corophiidae	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	CCUR	5	1
	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i>	GFOS		1
		<i>Gammarus pulex</i>	GPUL	1	1
		<i>Gammarus roeselii</i>	GROE	2	2
		<i>Gammarus tigrinus</i>	GTIG	1	1
		<i>Gammarus</i> spp.	GASP	1	1
	Pontogammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	DVIL	842	467
		Gammaridae-Pontogammaridae	GAPO	522	606
Isopoda					
	Janiridae	<i>Jaera danubica</i>	JDAN	21	44
		<i>Jaera istri</i>	JIST	2180	6145
Insecta					
Coleoptera					
	Dryopidae	<i>Dryops</i> spp.	DRSP	5	1
	Elmidae	<i>Esolus</i> spp.	ESSP	2	2
Diptera					
	Chironomidae	Chironomini	CHSP	77	90
		Orthocladinae	ORTH	11514	7715
		Tanypodinae	TANY	8	3
		Tanytarsini	TASP	267	380
	Empididae	Clinocerinae	CLIN	1	1
		Hemerodromiinae	HEME	20	20

Annexe A.3.5 (suite) Abondance, densité et richesse des invertébrés du chenal dans le secteur de **Montélimar** au cours des campagnes d'échantillonnage pré restauration (2008).

		Pré restauration 2008			
E/C/O/F	Taxons	Code	print	été	Tot
Limoniidae	<i>Antocha vitripennis</i>	AVIT		1	1
	Eriopterini	ERIO		1	1
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	36	74	110
Ephemeroptera					
Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	BFUS	75	366	441
	<i>Baetis vardarensis</i>	BVAR	1		1
	<i>Baetis</i> spp.	BASP	33	1207	1240
	Baetidae	BAET	2	3	5
	<i>Proclleon bifidum</i>	PBIF	8		8
Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CLUC	84	20	104
	<i>Caenis luctuosa-macrura</i>	CALM	33	9	42
	<i>Caenis</i> spp.	CASP		27	27
Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	SIGN	1		1
Heptageniidae	<i>Heptagenia sulphurea</i>	HSUL	3	70	73
	<i>Heptagenia</i> spp.	HESP	9	68	77
Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	PLUT	8		8
Heteroptera					
Corixidae	<i>Micronecta</i> spp.	MISP		1	1
Plecoptera					
Leuctridae	<i>Leuctra</i> spp.	LESP	4		4
Trichoptera					
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	ETEN		3	3
Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche lepida</i>	CLEP	19	13	32
	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	HCON	32	179	211
	<i>Hydropsyche exocellata</i>	HEXO	60	87	147
	<i>Hydropsyche incognita</i>	HINC	1	16	17
	<i>Hydropsyche</i> spp.	HYSP	1769	824	2593
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.	HDSP	5	103	108
Leptoceridae	<i>Athripsodes cinereus</i>	ACIN		1	1
	<i>Ceraclea</i> spp.	CESP	1	1	2
	Leptoceridae	LEPT		1	1
Polycentropodidae	<i>Holocentropus dubius</i>	HDUB	1		1
Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	PPUS	3662	11204	14866
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. stricto spp.	RHSP		1	1
Richesse taxonomique			44	39	53
Abondance			22213	32436	54649
Densité par m²			22213	32436	27325

Annexe A.3.6 Catégories de rhéophilie des différents taxons rencontrés dans l'ensemble des échantillons "lône" et "chenal" du suivi scientifique du programme de restauration du Rhône. Les données qui ont permis d'affecter les catégories sont issues 1) de publications (Dolédec et al. 2007 ou Méricoux et al. 2009), 2) d'ouvrage (Tachet et al. 2006), et/ou 3) des données acquises dans le cadre du programme dans les lônes ou dans le chenal. Les catégories sont détaillées dans le tableau 2.3.6.

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

Annexe A.3.6 (suite)

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

Annexe A.3.6 (suite)

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

Annexe A.3.6 (suite)

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

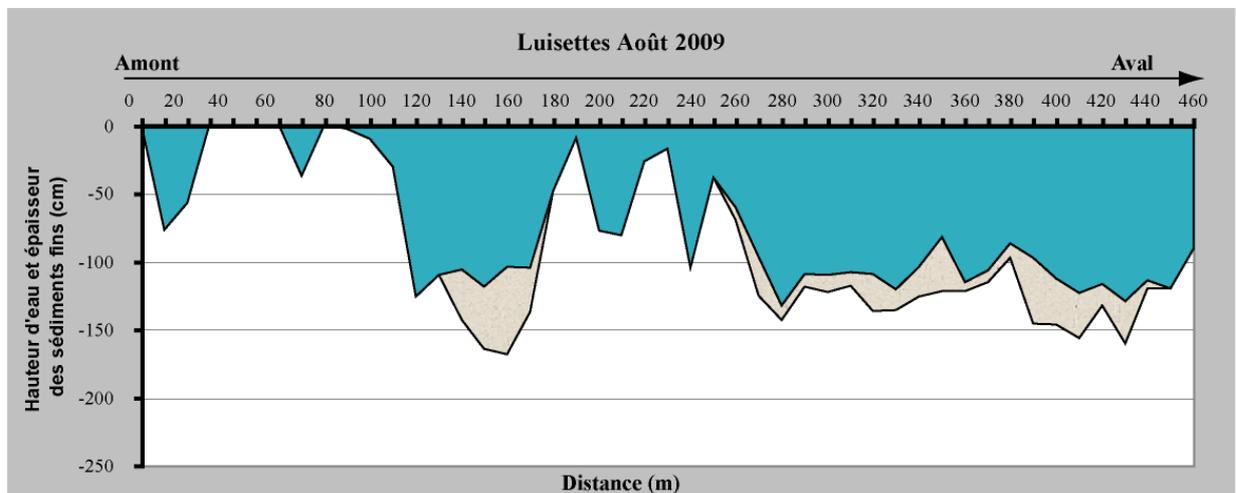
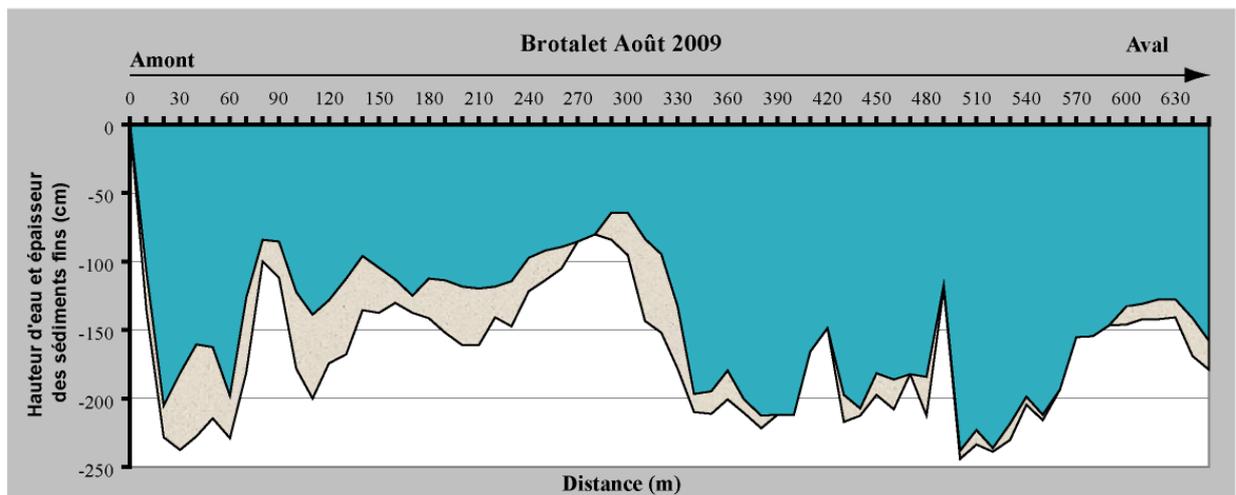
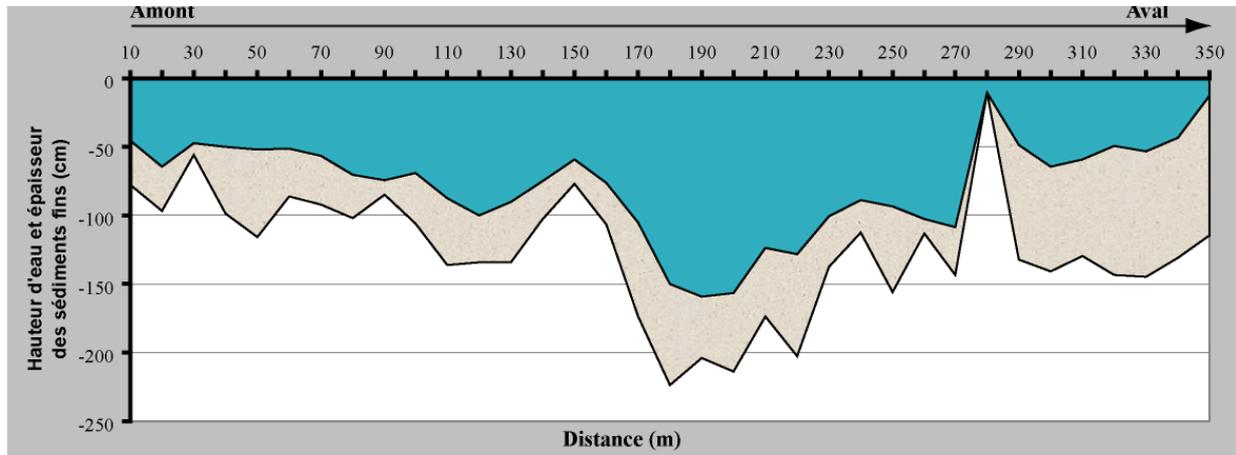
Annexe A.3.7 Prédications et observations dans les secteurs de Belley et Chautagne des densités des taxons communs aux deux secteurs et présentant des préférences hydrauliques marquées (Olivier et al. 2007 et Méricoux et al. 2009). Avec ad : adultes; Abond et Occ: abondances et occurrences observées dans l'ensemble des campagnes ; Densités : densités moyennes des relevés pré- et pos-restauration n+2 et n+4 ; ΔHV : variations des valeurs d'habitat prédites par FSTress pour les débits réservés d'hiver pré et post-restauration; Δobs : variations des densités moyenne des relevés (N.indiv/dm² transformées en ln abondance +1) des campagnes pré et post-restauration n+2 et n+4. En **jaune** : taxons dont les Δobs montrent les tendances attendues ; **en bleu** : les taxons dont les densités montrent les tendances attendues en n+4 par rapport aux densités n+2 (bleu foncé si pas très clair) et en **violet** : les taxons dont les densités continuent à montrer les tendances contradictoires aux prédictions du modèle FSTress.

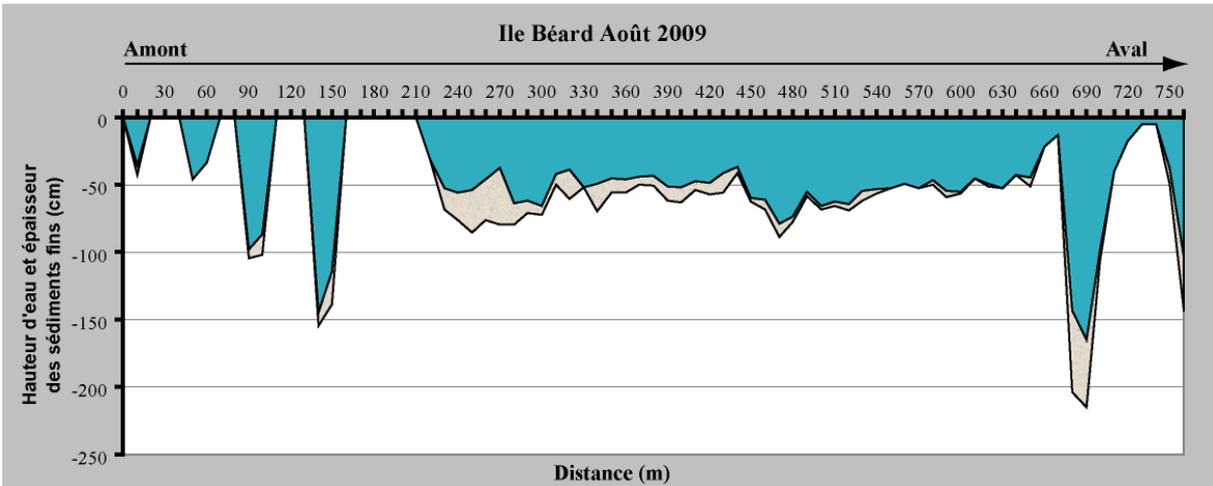
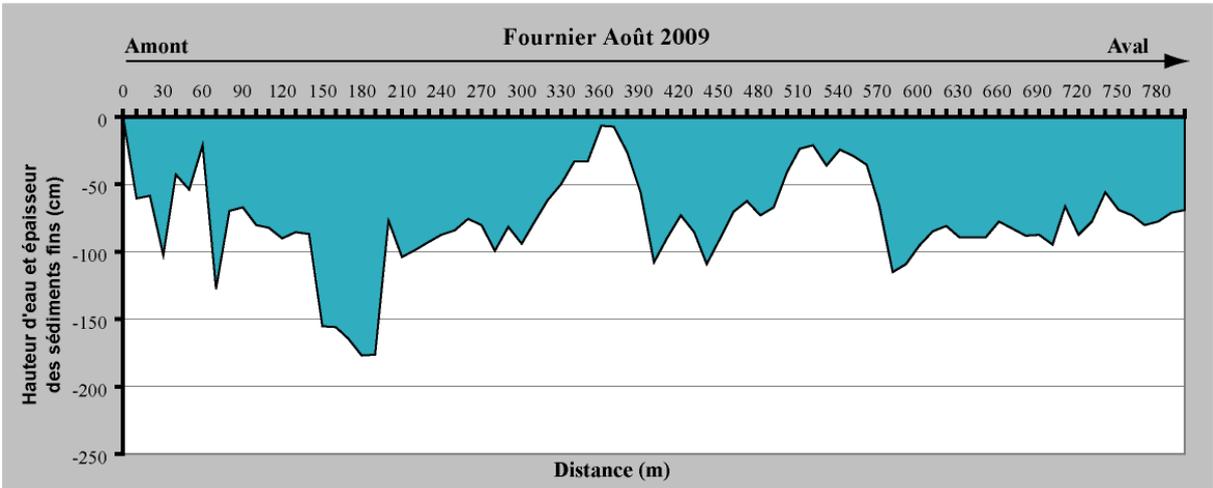
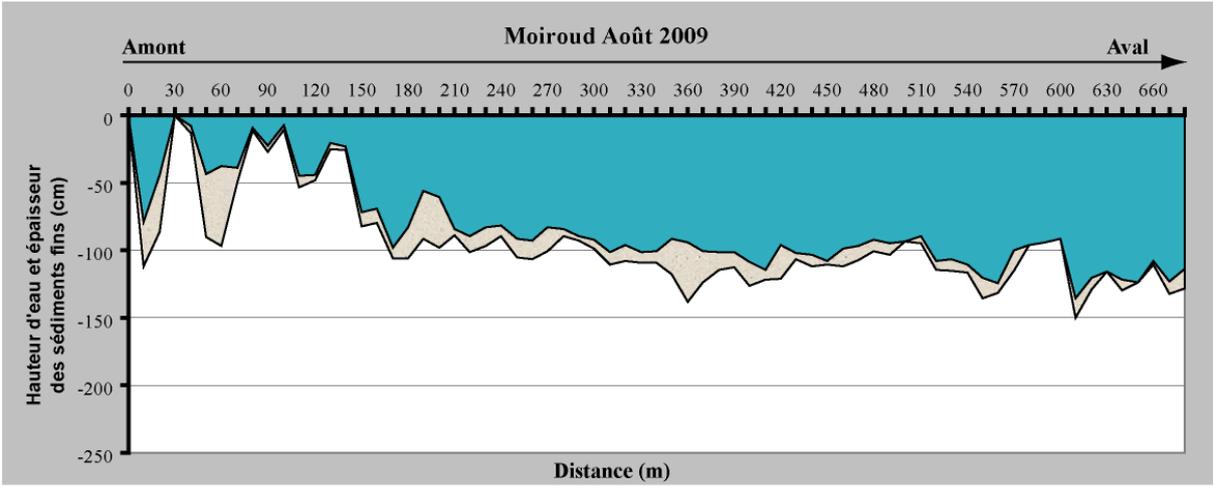
Belley Taxons	Densités										Chautagne Taxons	Densités									
	Abond	occ	Pr	Post n+2	Post n+4	R2tax	ΔHV	Δobs n+2	Δobs n+4	Abond		occ	Pr	Post n+2	Post n+4	R2tax	ΔHV	Δobs n+2	Δobs n+4		
<i>Ancylus fluviatilis</i>	916	52	0.34	0.09	0.76	0.42	0.09	-0.25	0.43	<i>Ancylus fluviatilis</i>	2946	85	0.87	0.18	1.65	0.42	0.26	-0.69	0.78		
<i>Asellus aquaticus</i>	177	20	0.28	0.04	0.00	0.10	-0.03	-0.24	-0.28	<i>Asellus aquaticus</i>	31	16	0.10	0.01	0.01	0.10	-0.02	-0.09	-0.09		
<i>Baetis</i> spp.	4615	111	2.55	1.59	2.04	0.20	0.24	-0.96	-0.51	<i>Baetis</i> spp.	14538	120	3.43	1.70	2.70	0.20	0.39	-1.73	-0.72		
<i>Baetis vardarensis</i>	169	31	0.38	0.01	0.09	0.51	0.11	-0.37	-0.29	<i>Baetis vardarensis</i>	1286	74	1.34	0.27	0.45	0.51	0.43	-1.07	-0.89		
<i>Caenis luctuosa</i>	80	40	0.10	0.10	0.12	0.42	-0.01	0.00	0.02	<i>Caenis luctuosa</i>	692	71	0.84	0.58	0.07	0.42	-0.17	-0.26	-0.76		
<i>Caenis</i> spp.	68	34	0.29	0.22	0.18	0.18	-0.02	-0.07	-0.11	<i>Caenis</i> spp.	2298	120	1.26	1.05	0.54	0.18	-0.10	-0.21	-0.73		
Chironomini	1534	68	0.19	1.10	0.39	0.38	-0.02	0.91	0.20	Chironomini	2035	68	1.20	0.14	0.88	0.38	-0.21	-1.06	-0.32		
<i>Dreissena polymorpha</i>	115	34	0.31	0.03	0.05	0.25	0.08	-0.28	-0.27	<i>Dreissena polymorpha</i>	540	73	0.63	0.50	0.28	0.25	0.18	-0.14	-0.36		
<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	97	31	0.31	0.00	0.02	0.13	0.05	-0.31	-0.29	<i>Dugesia polychroa-lugubris</i>	38	19	0.12	0.01	0.00	0.13	0.02	-0.11	-0.12		
<i>Dugesia tigrina</i>	4726	91	1.52	0.25	1.74	0.15	0.22	-1.27	0.21	<i>Dugesia tigrina</i>	1440	53	1.21	0.10	0.19	0.15	0.20	-1.11	-1.03		
<i>Elmis</i> spp.	86	48	0.24	0.00	0.10	0.49	0.07	-0.24	-0.14	<i>Elmis</i> spp.	38	22	0.08	0.02	0.06	0.49	0.02	-0.06	-0.02		
<i>Esolus</i> spp.	2130	97	1.91	0.55	0.73	0.32	0.32	-1.35	-1.18	<i>Esolus</i> spp.	535	81	0.88	0.27	0.23	0.32	0.17	-0.61	-0.65		
<i>Heptagenia sulphurea</i>	803	93	0.68	0.87	1.37	0.24	0.12	0.19	0.69	<i>Heptagenia sulphurea</i>	3030	120	1.90	0.64	0.89	0.24	0.39	-1.25	-1.00		
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	622	94	0.39	0.64	0.47	0.36	0.07	0.25	0.08	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	3382	93	1.31	1.13	1.62	0.36	0.25	-0.18	0.30		
<i>Hydropsyche exocellata</i>	161	52	0.40	0.04	0.12	0.24	0.06	-0.36	-0.28	<i>Hydropsyche exocellata</i>	2049	97	1.52	0.90	0.58	0.24	0.27	-0.62	-0.95		
<i>Hydropsyche modesta</i>	48	20	0.18	0.00	0.00	0.15	0.03	-0.18	-0.18	<i>Hydropsyche modesta</i>	143	29	0.34	0.09	0.00	0.15	0.05	-0.25	-0.34		
<i>Hydropsyche siltalai</i>	576	29	0.06	0.05	0.46	0.32	0.02	-0.01	0.41	<i>Hydropsyche siltalai</i>	541	32	0.63	0.03	0.03	0.32	0.20	-0.61	-0.60		
<i>Hydropsyche</i> spp.	1945	90	1.23	1.15	1.28	0.21	0.17	-0.07	0.05	<i>Hydropsyche</i> spp.	24992	120	3.67	2.21	2.65	0.21	0.56	-1.46	-1.03		
<i>Hydroptila</i> spp.	1942	81	0.64	0.19	1.66	0.13	-0.04	-0.45	1.02	<i>Hydroptila</i> spp.	1156	86	0.49	0.62	1.07	0.13	-0.05	0.13	0.58		
<i>Leuctra</i> spp.	294	48	0.50	0.13	0.14	0.41	0.13	-0.37	-0.36	<i>Leuctra</i> spp.	207	120	0.37	0.08	0.17	0.41	0.11	-0.29	-0.20		
<i>Limnius</i> spp.	109	41	0.36	0.02	0.03	0.19	0.08	-0.34	-0.33	<i>Limnius</i> spp.	45	16	0.15	0.00	0.00	0.19	0.04	-0.15	-0.15		
Orthoclaadiinae	141717	120	4.58	5.15	5.63	0.10	0.21	0.58	1.06	Orthoclaadiinae	99078	119	4.55	4.07	5.50	0.10	0.25	-0.48	0.95		
<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	39	22	0.15	0.00	0.01	0.14	-0.02	-0.15	-0.14	<i>Polycelis nigra-tenuis</i>	74	21	0.20	0.02	0.01	0.14	-0.05	-0.19	-0.19		
<i>Potamanthus luteus</i>	6283	119	1.54	2.33	2.24	0.10	0.22	0.79	0.70	<i>Potamanthus luteus</i>	7914	104	2.35	1.73	1.00	0.10	0.36	-0.62	-1.34		
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2138	68	0.04	0.34	1.39	0.14	0.00	0.30	1.36	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	549	74	0.21	0.30	0.80	0.14	-0.02	0.09	0.59		
<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	328	58	0.67	0.11	0.09	0.30	0.13	-0.56	-0.58	<i>Rhyacophila s. stricto</i> spp.	858	80	1.32	0.12	0.36	0.30	0.30	-1.20	-0.95		
Simuliidae	3290	93	0.90	0.81	1.28	0.48	0.25	-0.09	0.38	Simuliidae	5980	97	1.68	1.01	1.45	0.48	0.51	-0.67	-0.23		

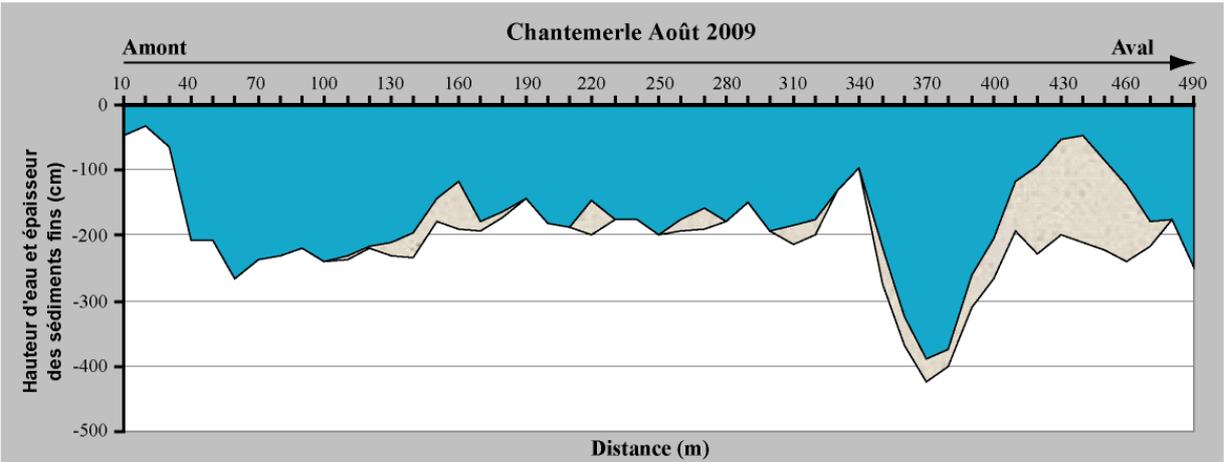
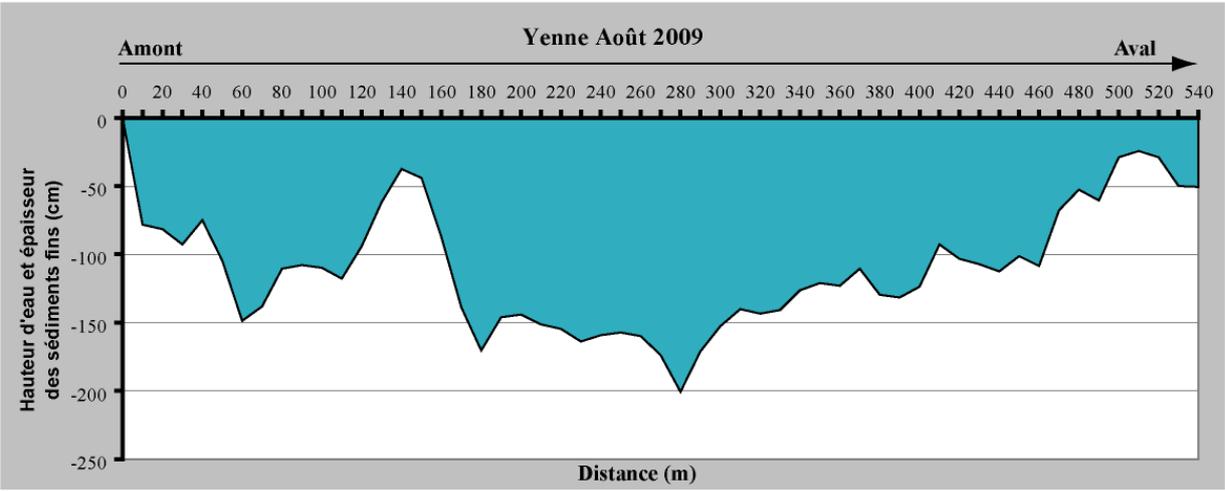
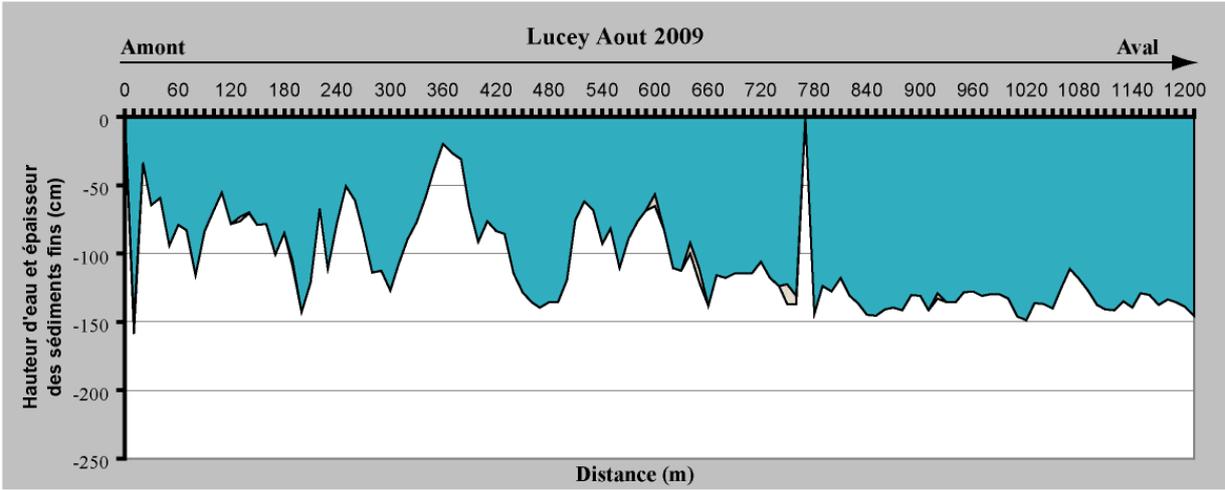
A.4 Sédimentation des lômes

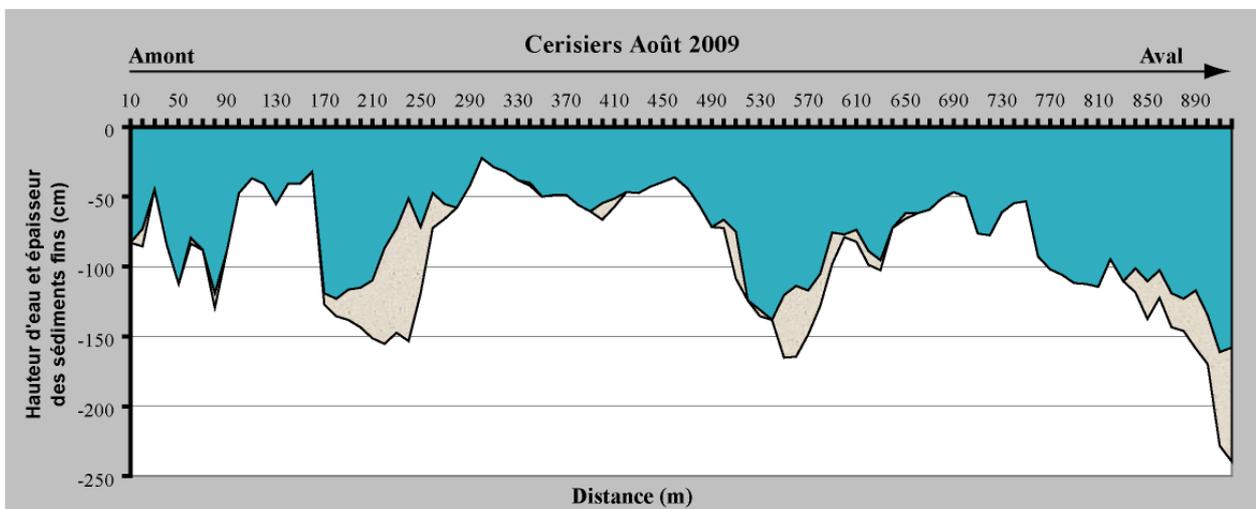
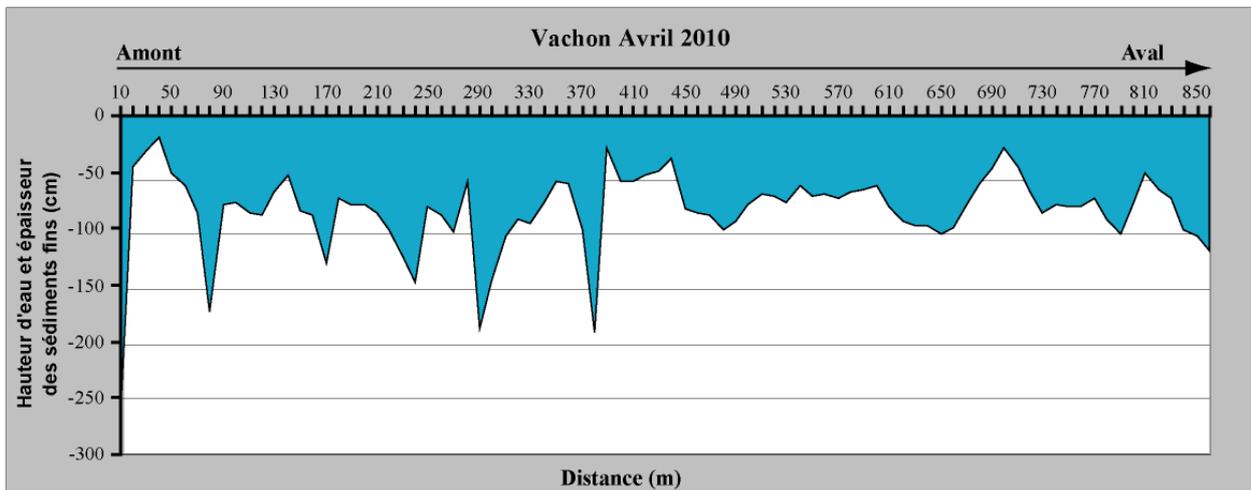
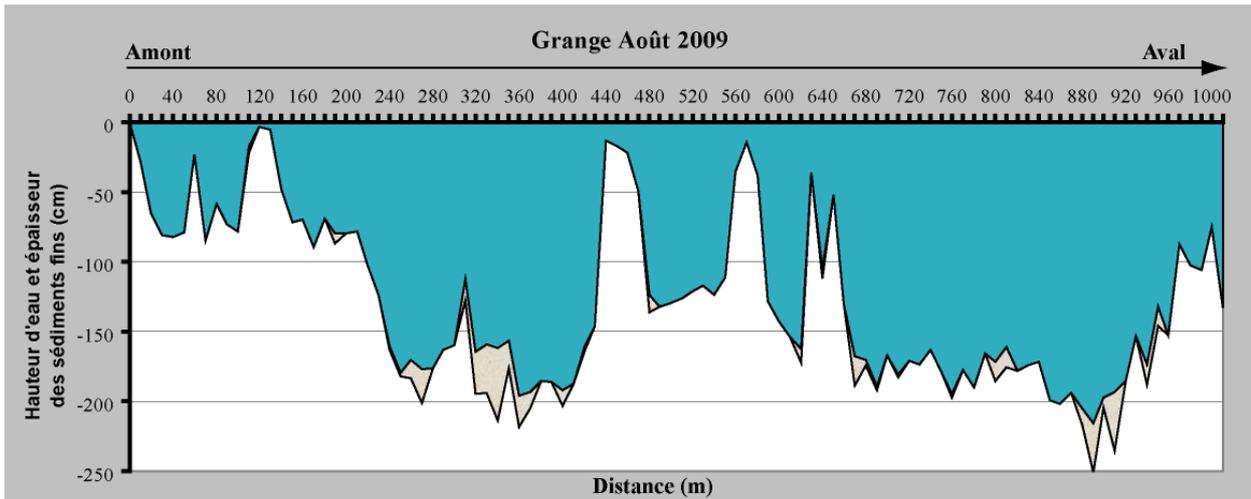
ANNEXE 4.4.1

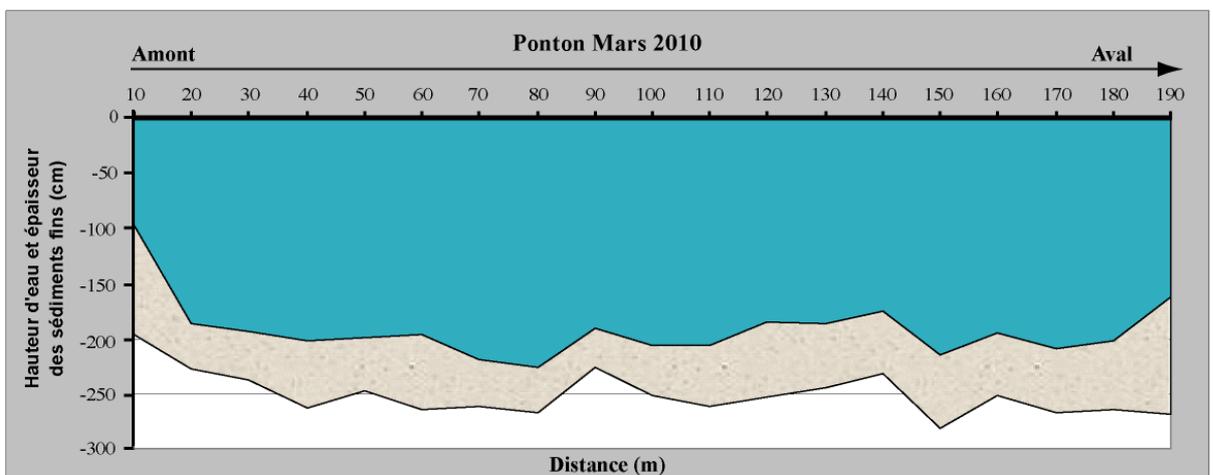
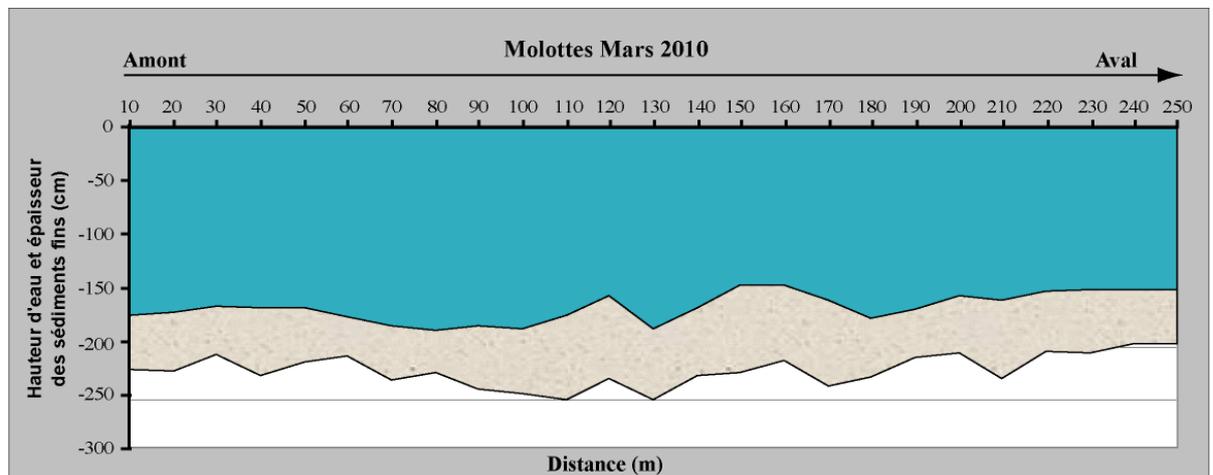
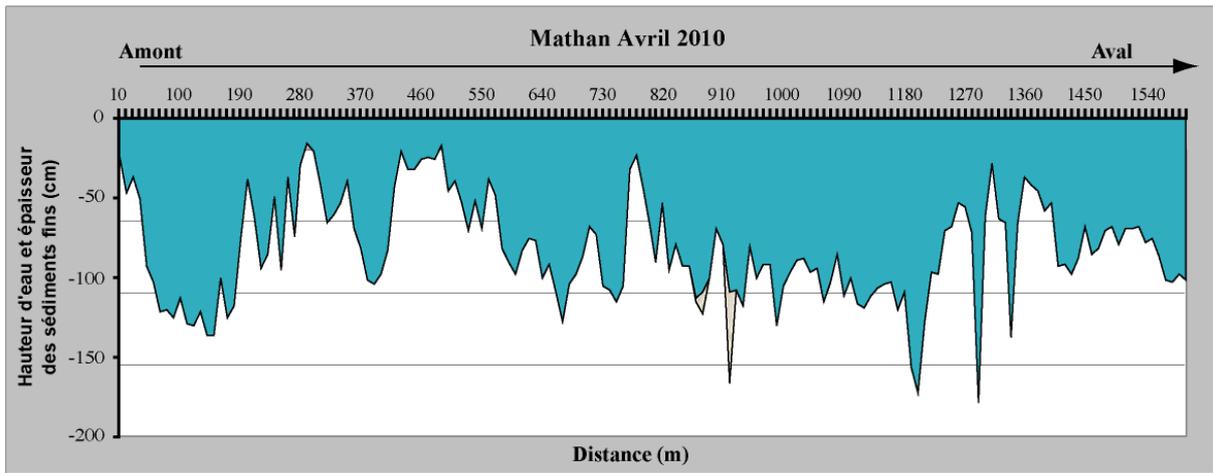
PROFILS LONGITUDINAUX DES BRAS MORTS (HAUTEURS D'EAU ET EPAISSEURS DE SEDIMENT OBSERVES EN 2009)

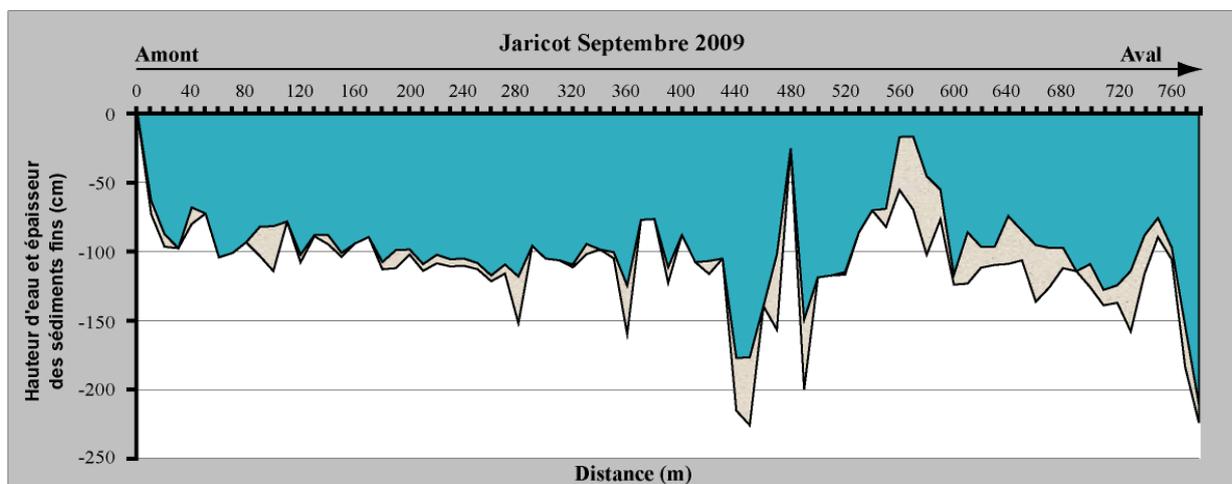
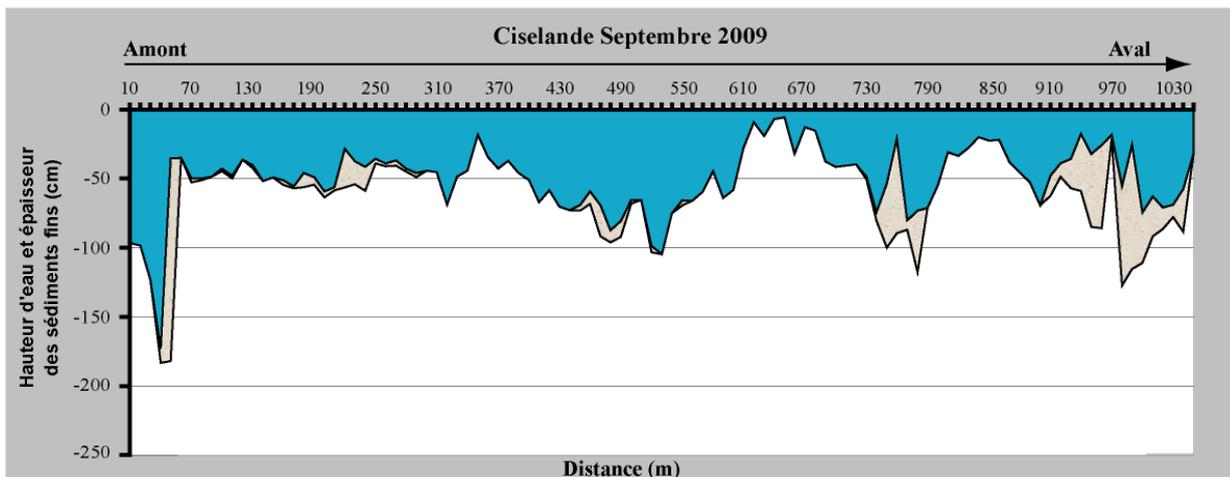
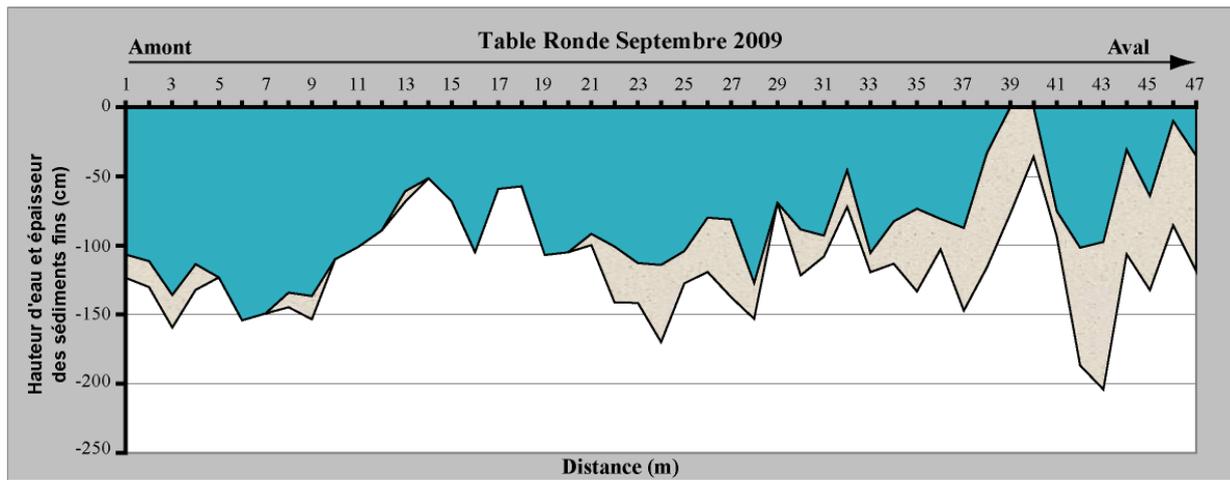


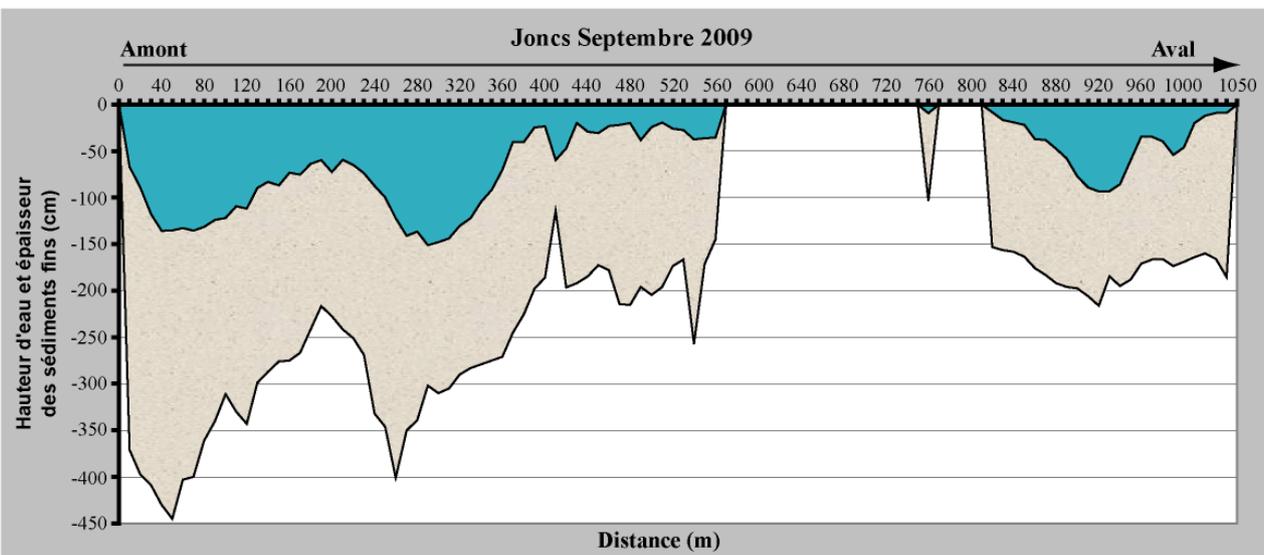
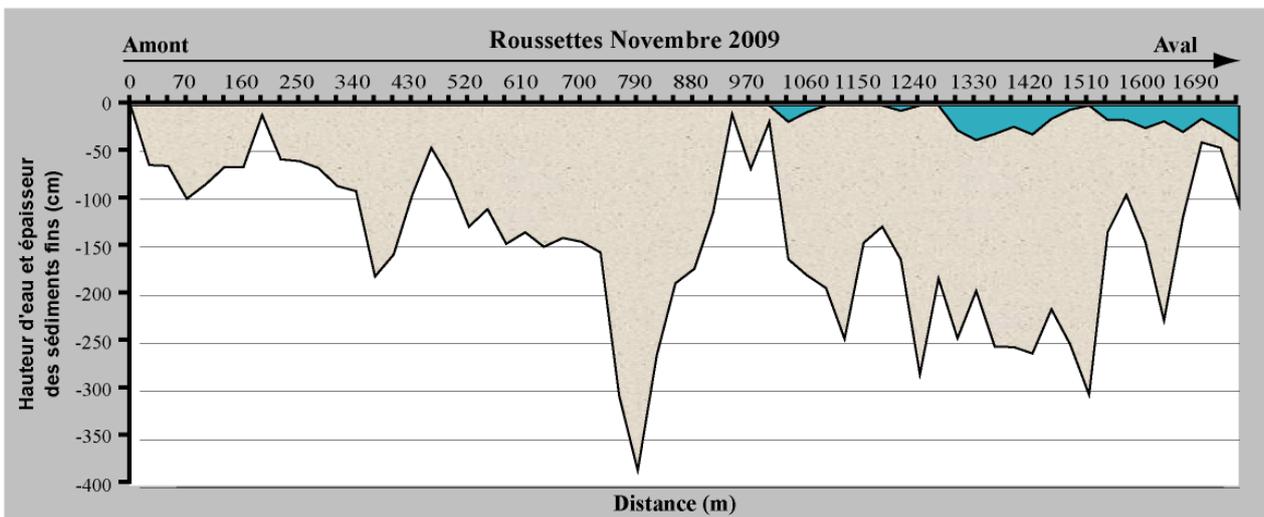
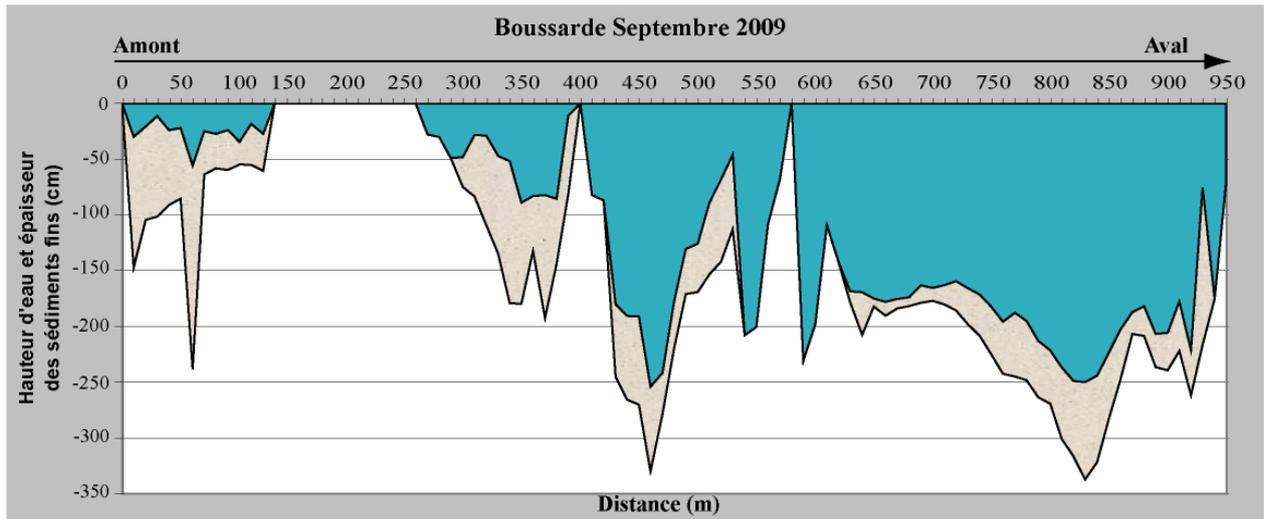


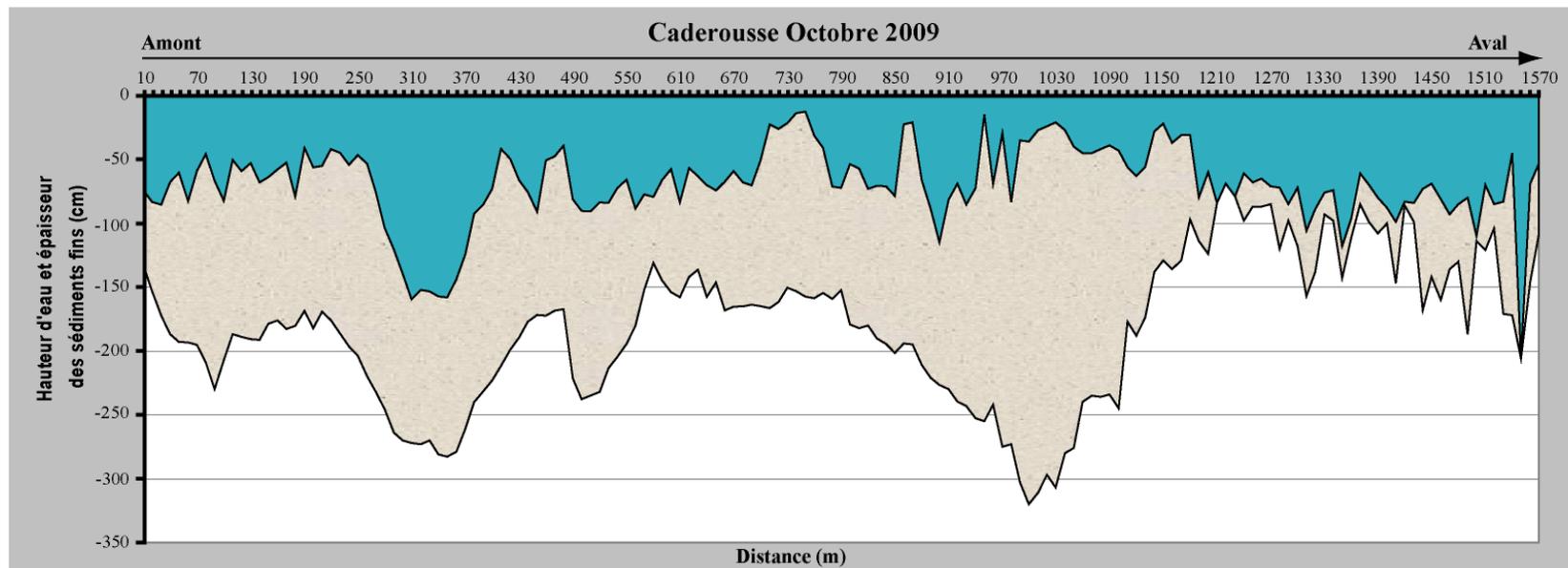
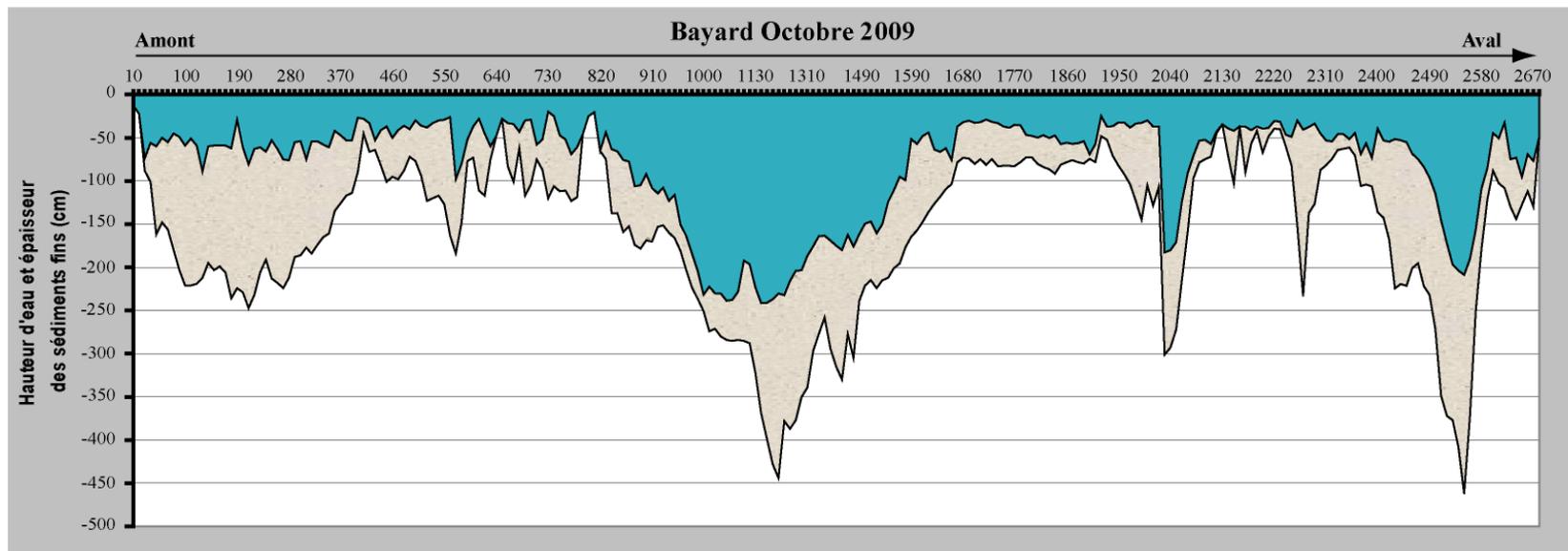


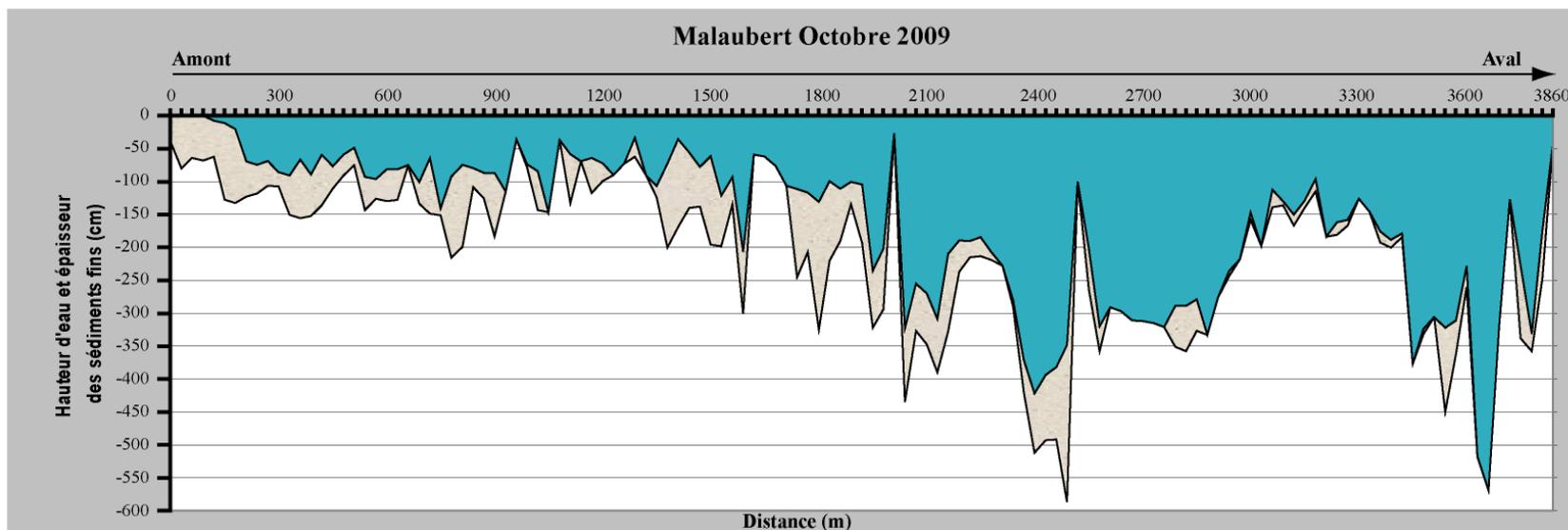
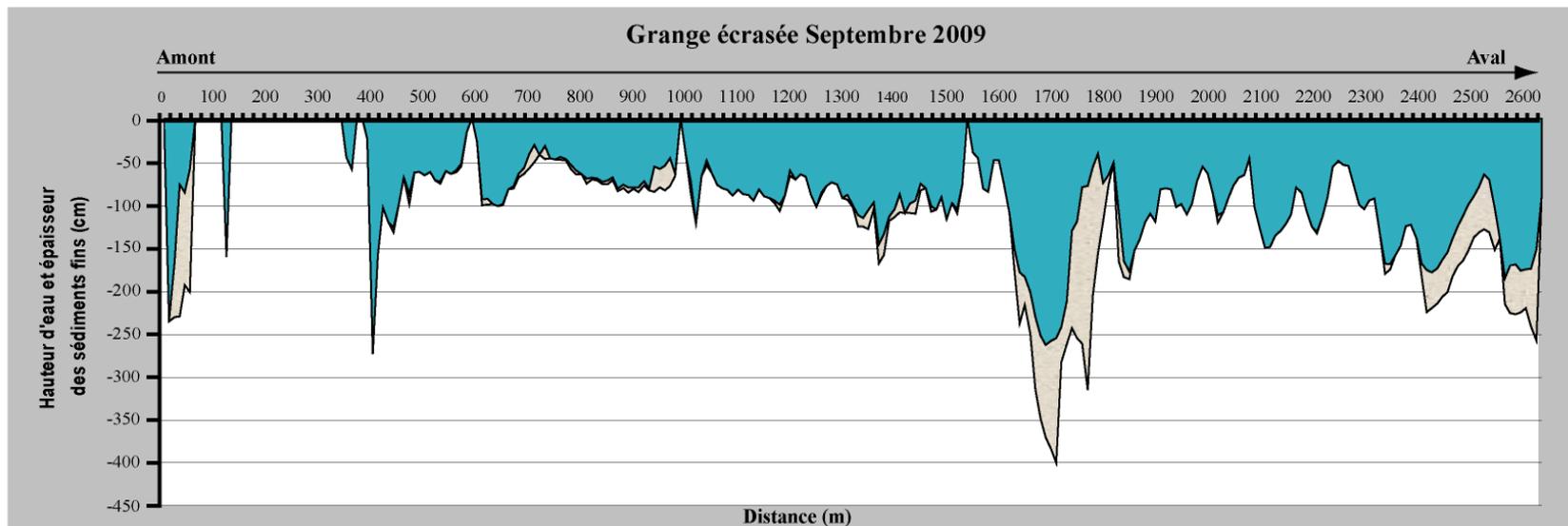


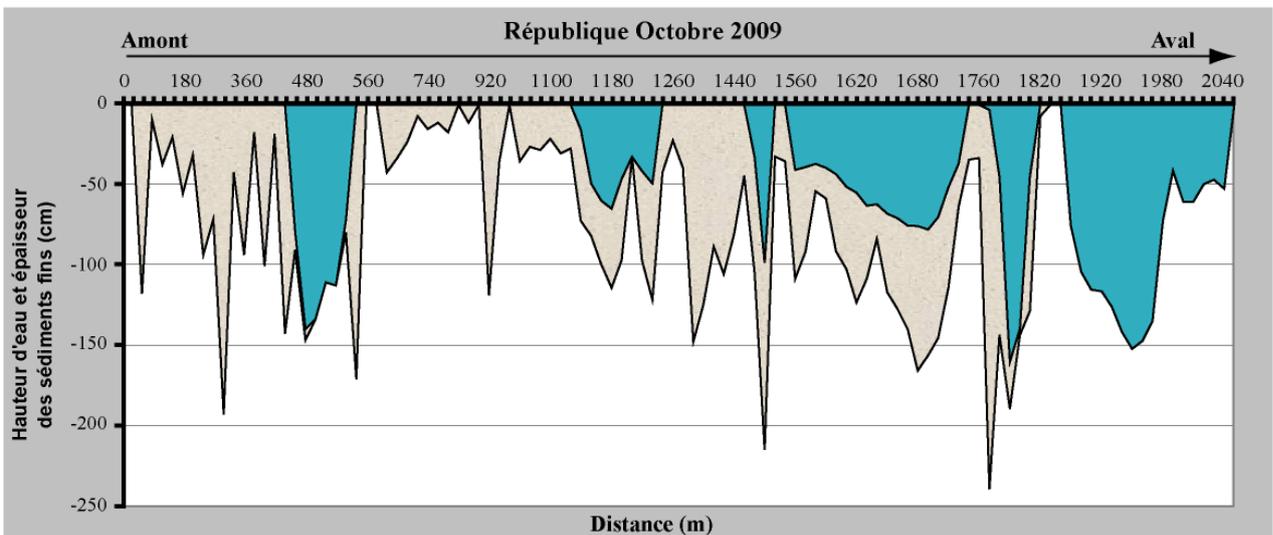
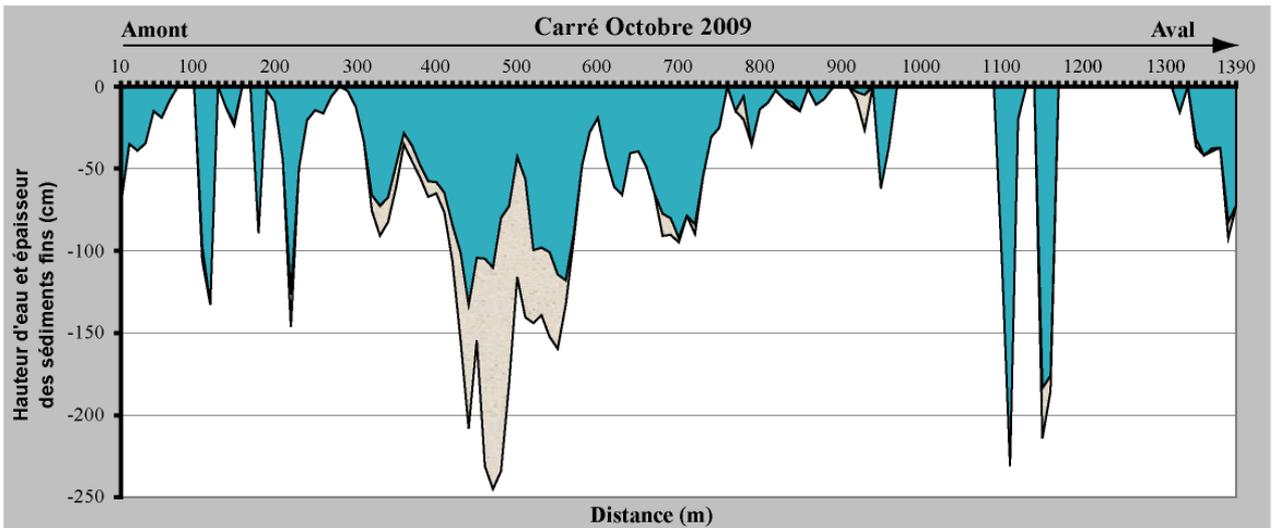
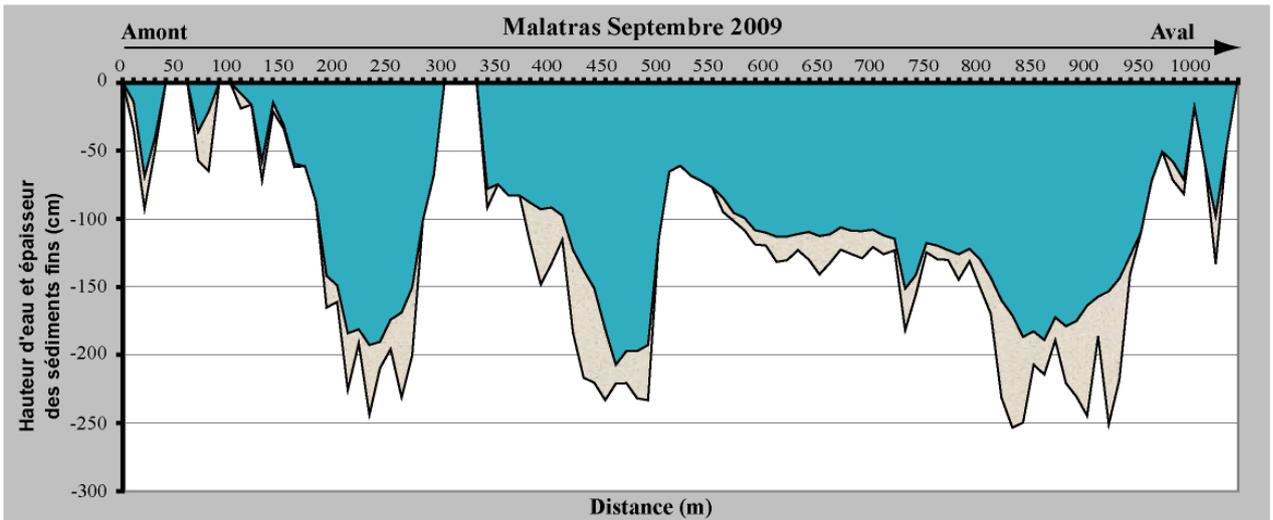






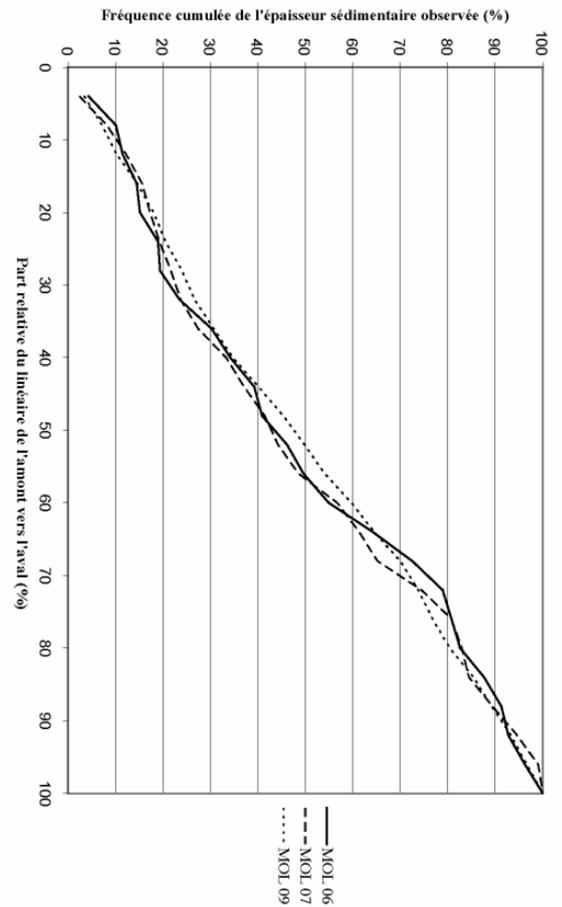
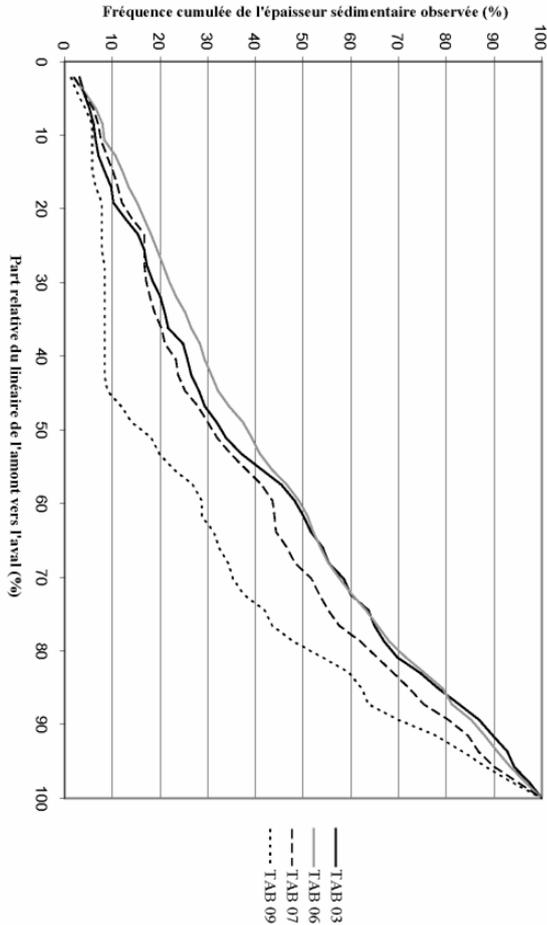
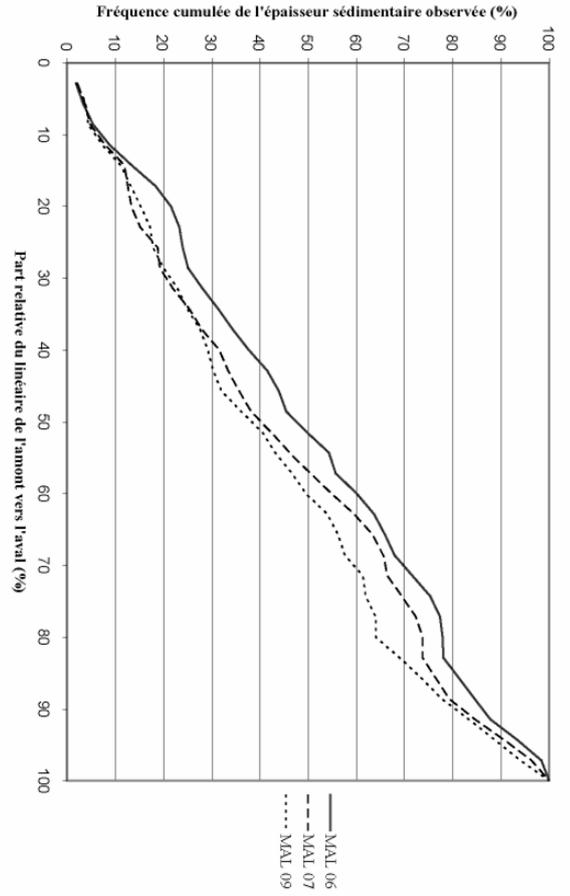
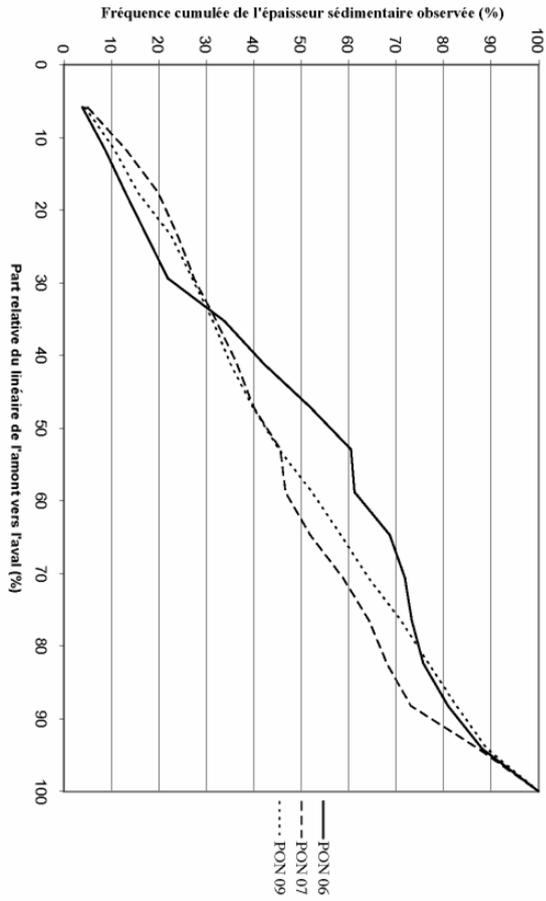


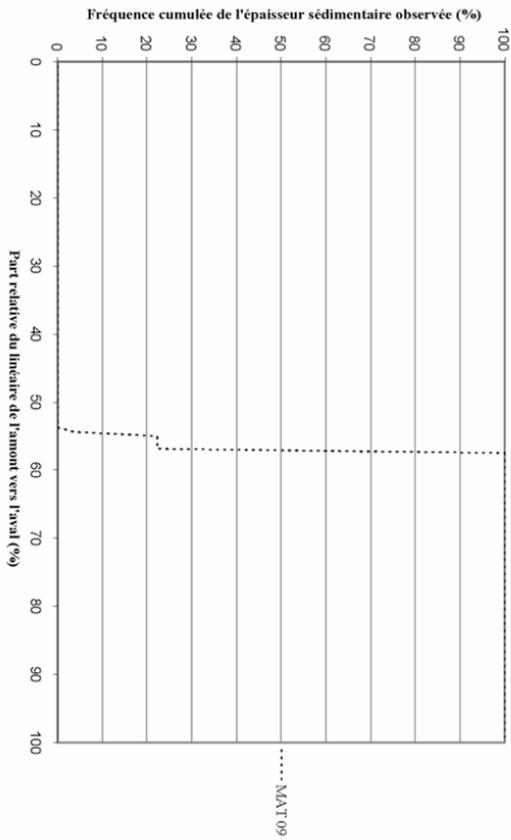
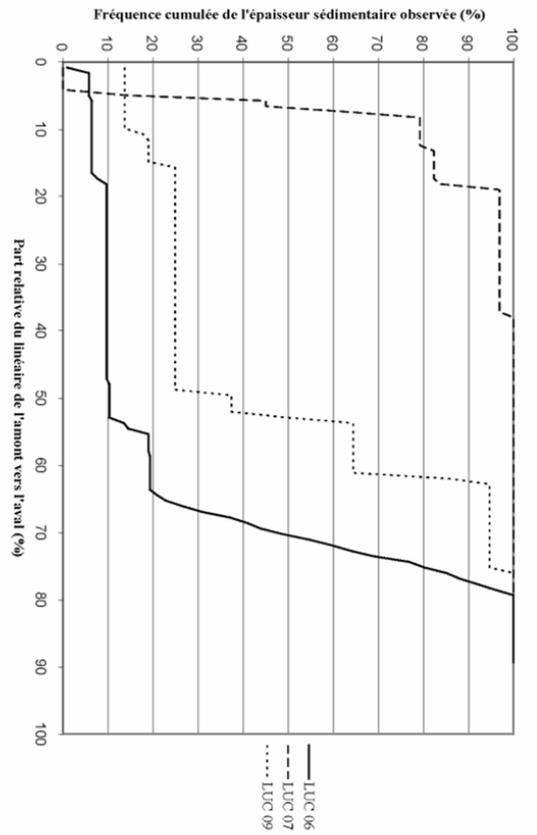
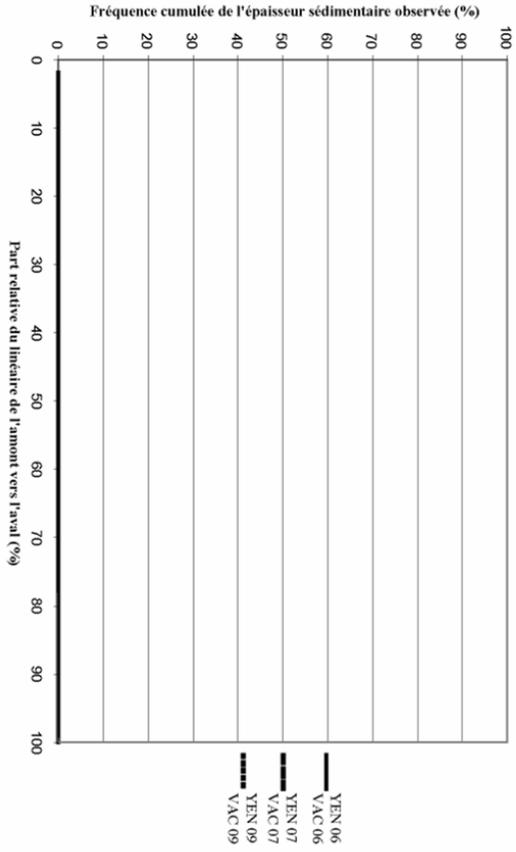
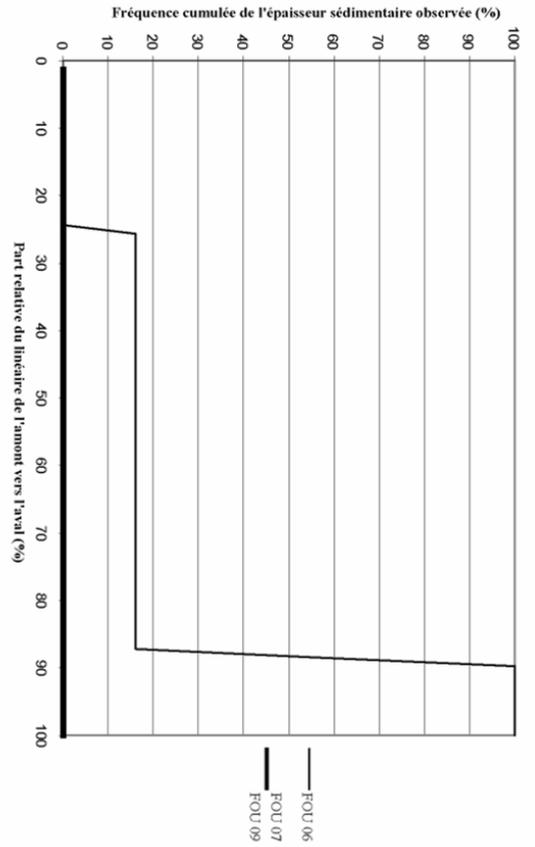


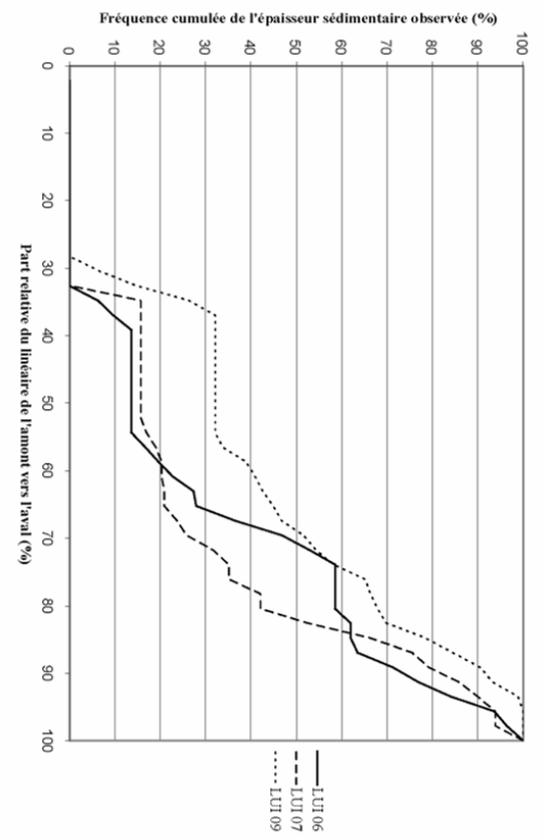
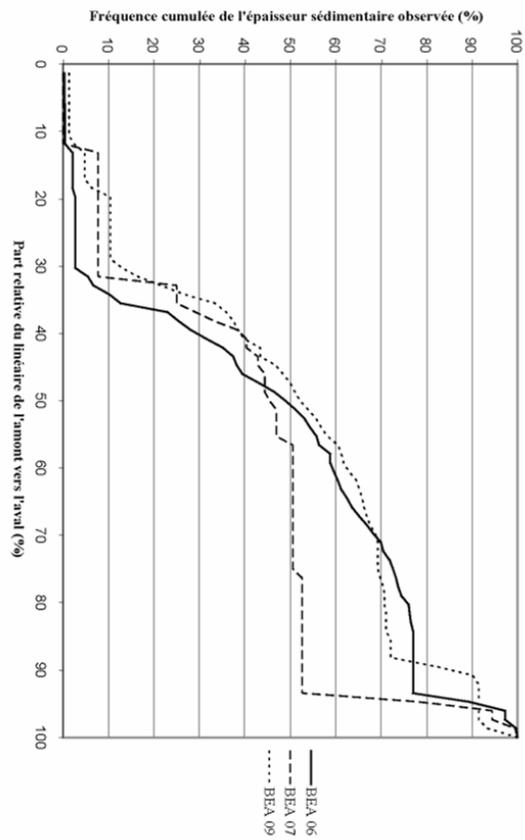
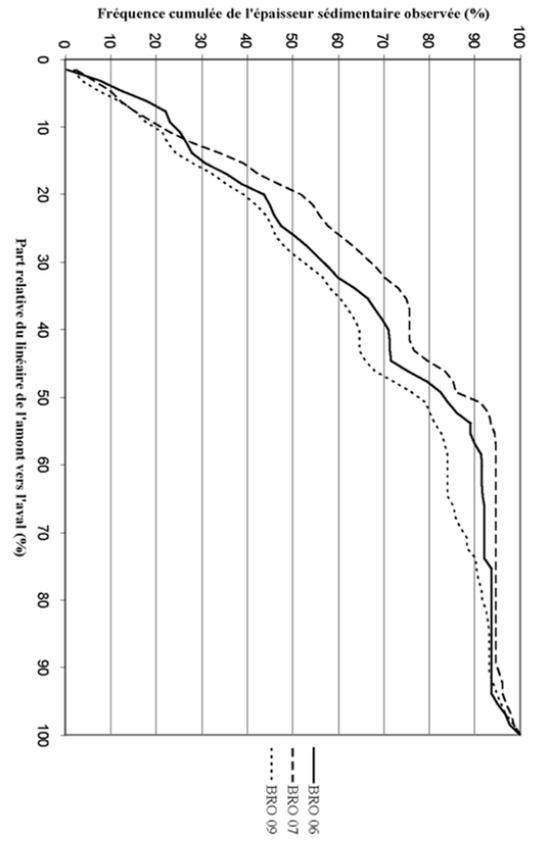
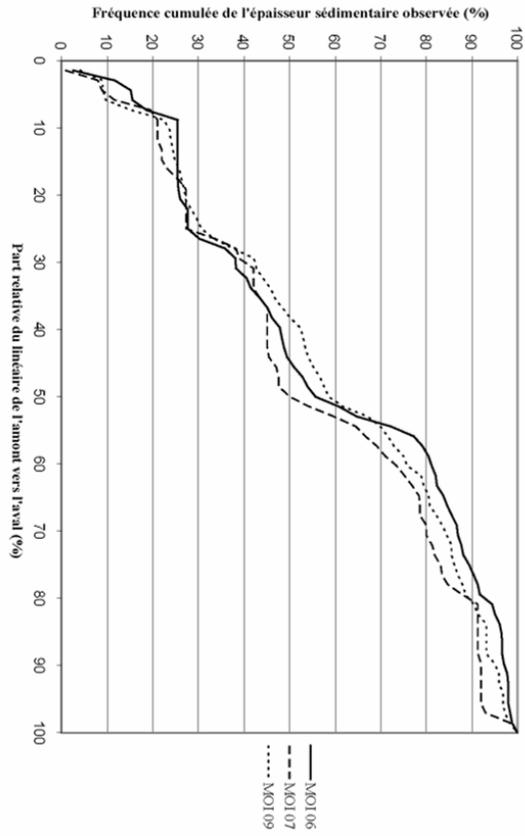


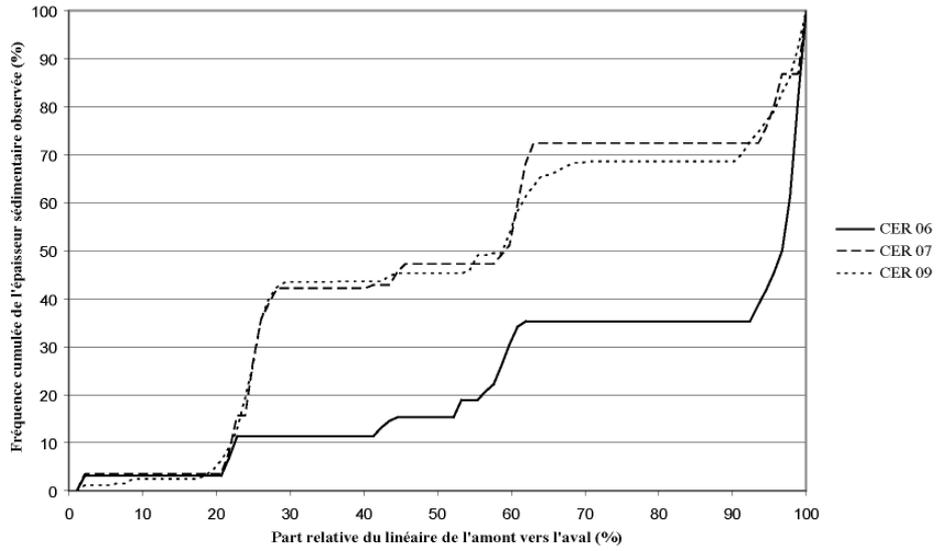
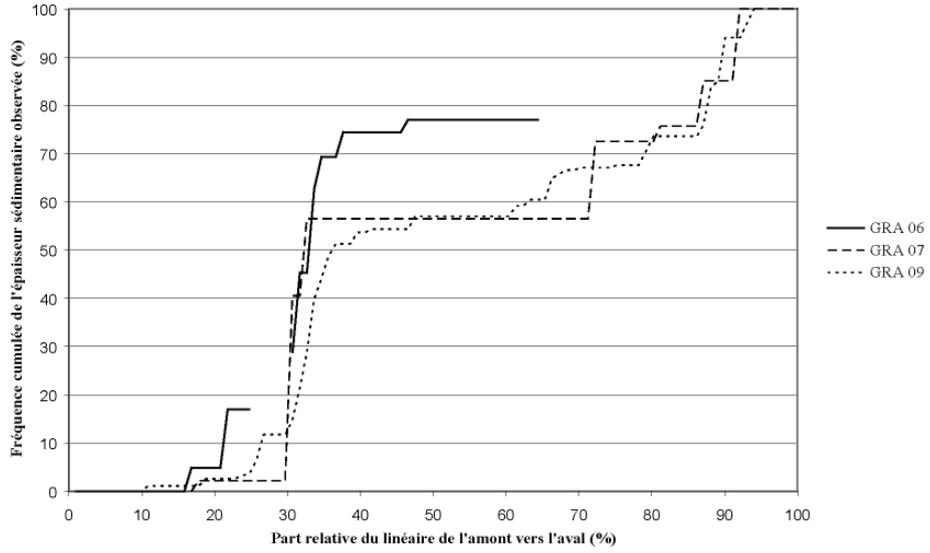
ANNEXE 4.4.2

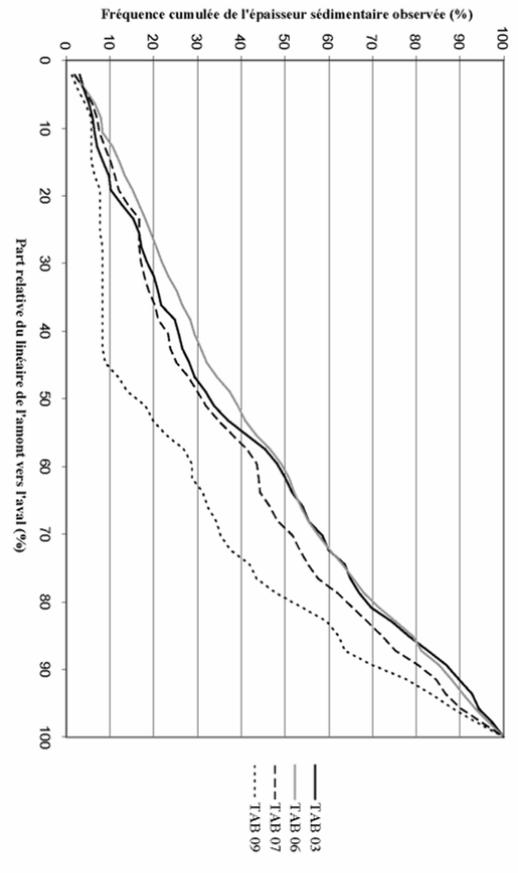
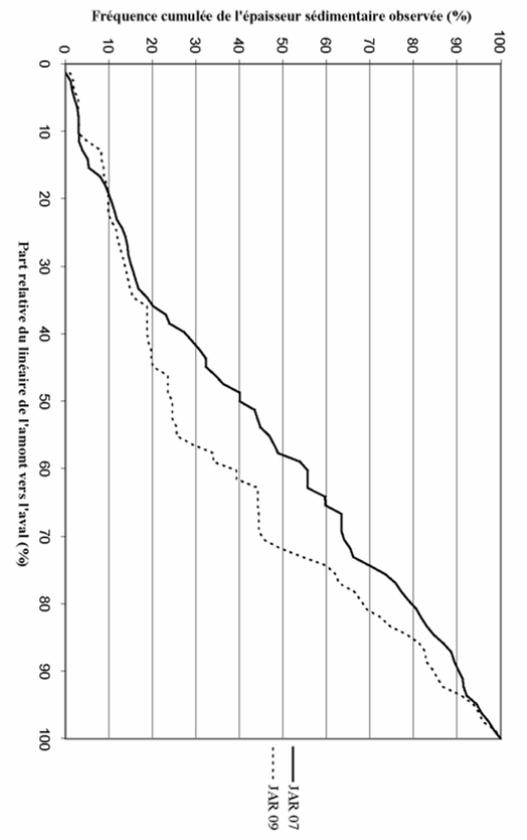
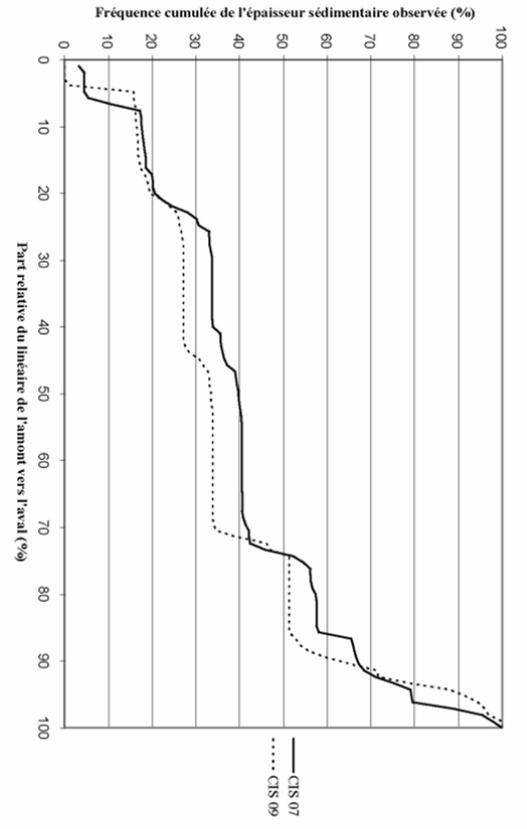
VARIABILITE LONGITUDINALE DE L'ÉPAISSEUR SEDIMENTAIRE (EN DISTANCE ET ÉPAISSEUR CUMULÉE RELATIVES POUR TOUTES LES ANNEES OBSERVEES)







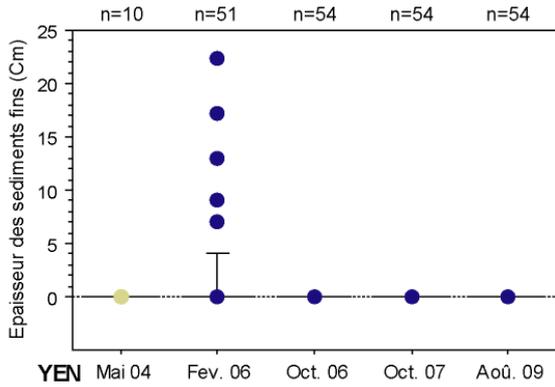
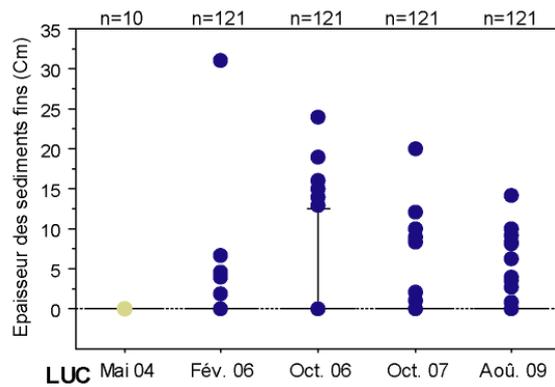
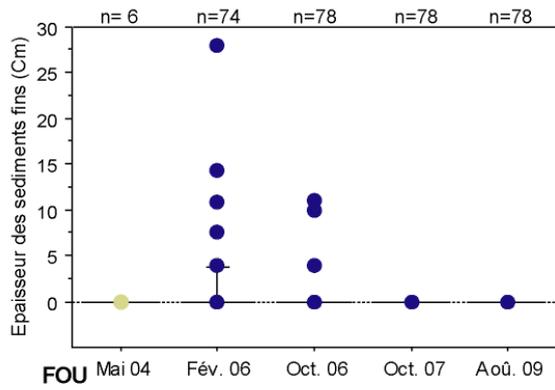
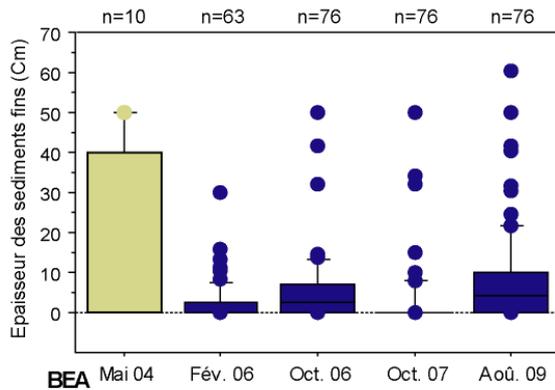
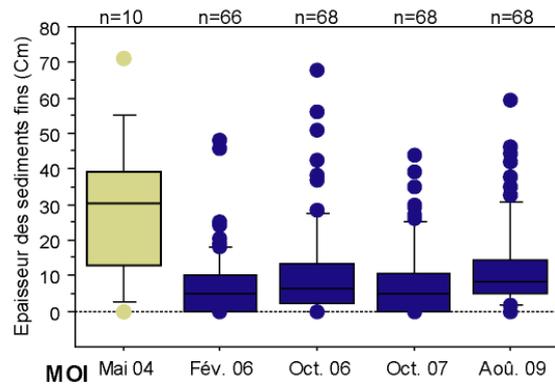
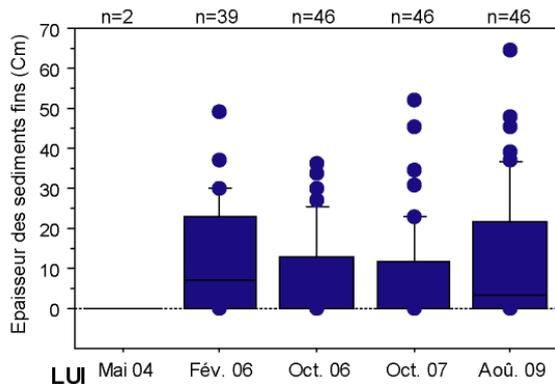
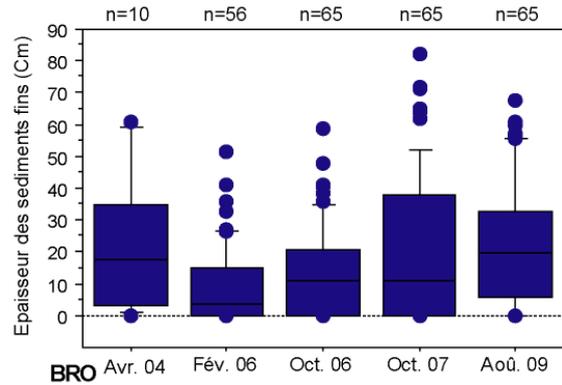
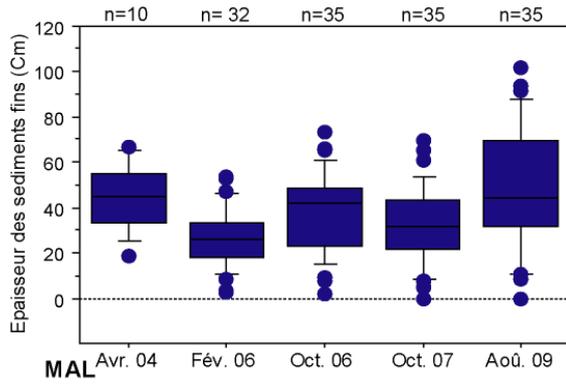


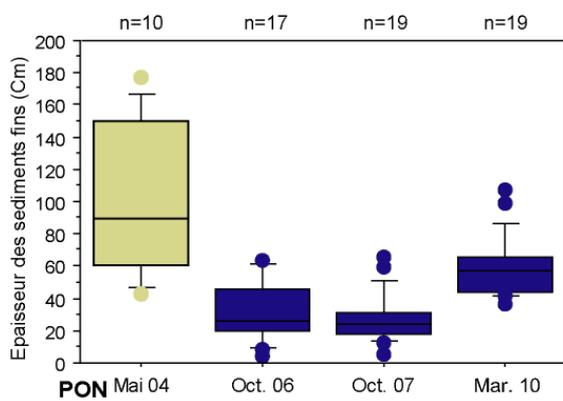
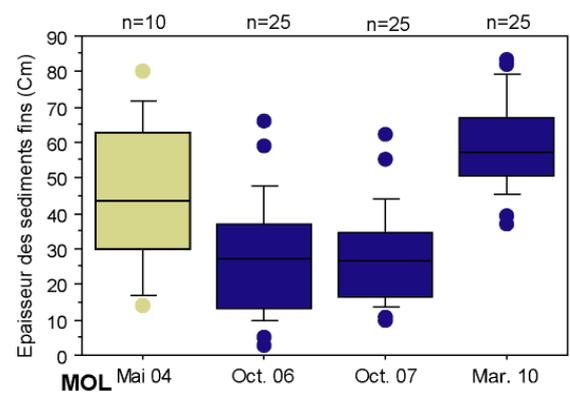
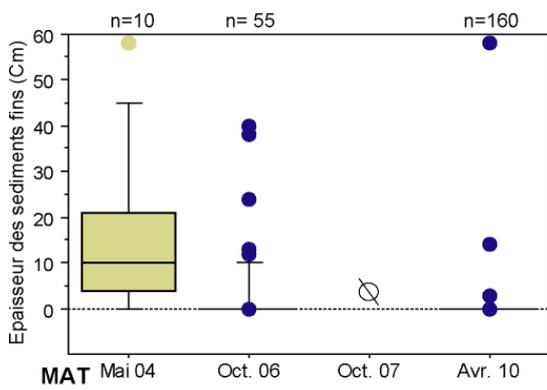
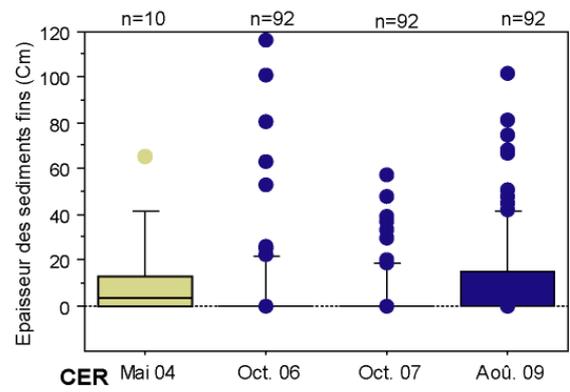
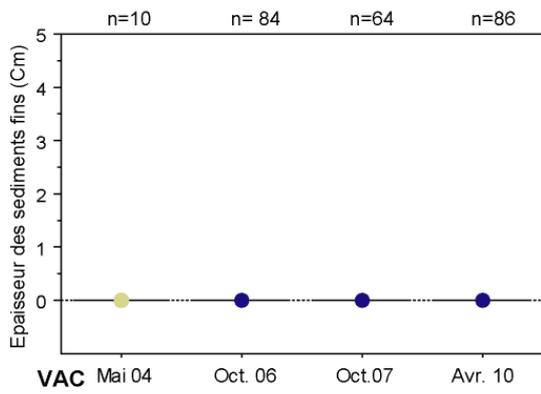
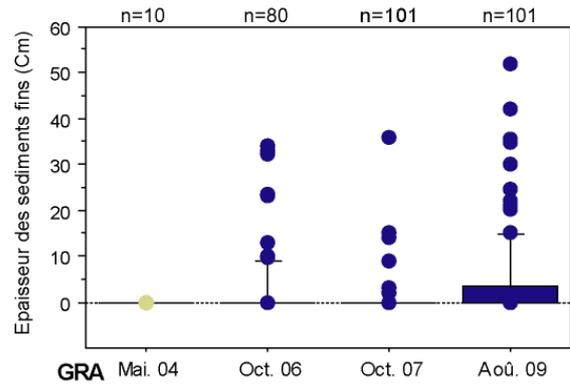
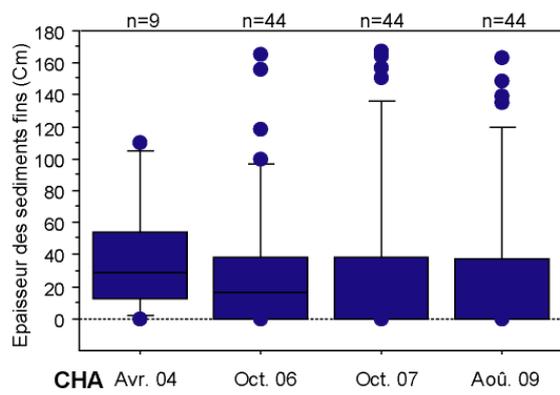


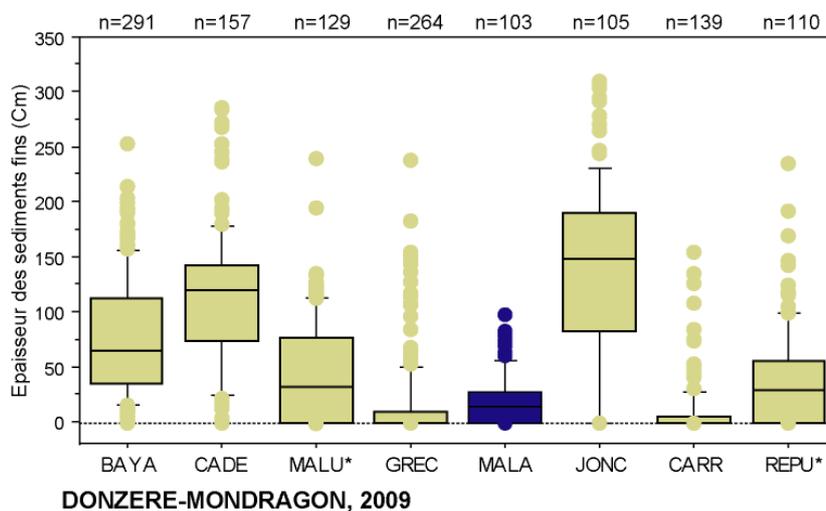
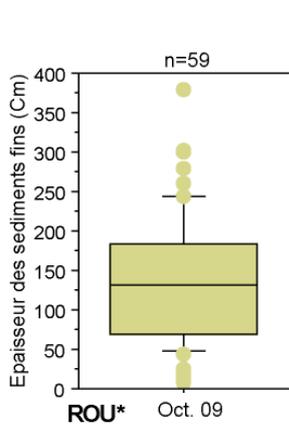
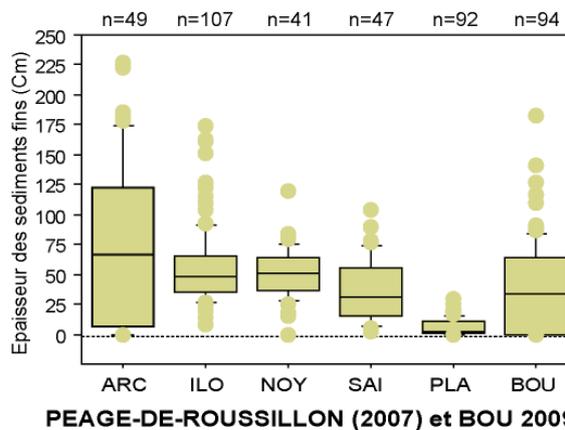
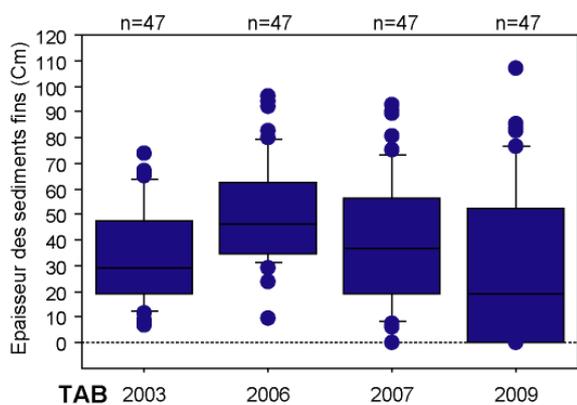
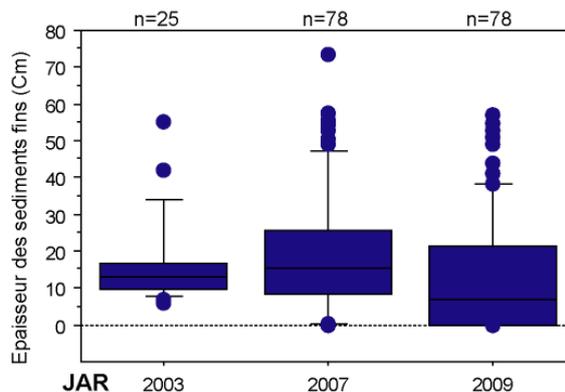
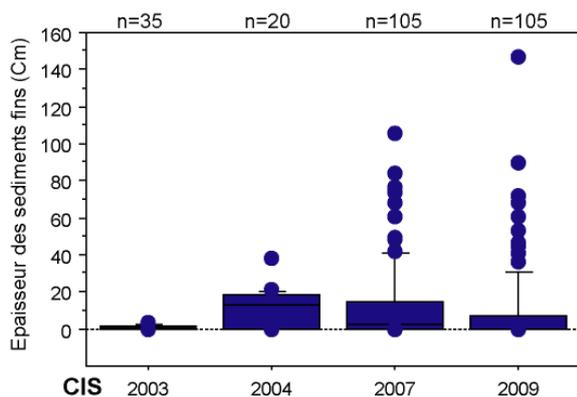
ANNEXE 4.4.3

SUIVI DU COMBLEMENT SEDIMENTAIRE INTRA-LONES ENSEMBLE DES CAMPAGNES DE 2003 A 2009

EN JAUNE OBSERVATION AVANT RESTAURATION, EN BLEU, OBSERVATIONS APRES





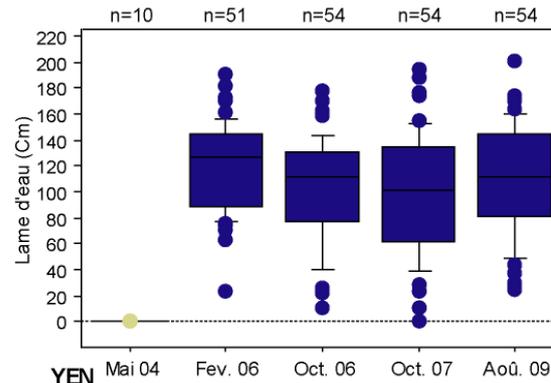
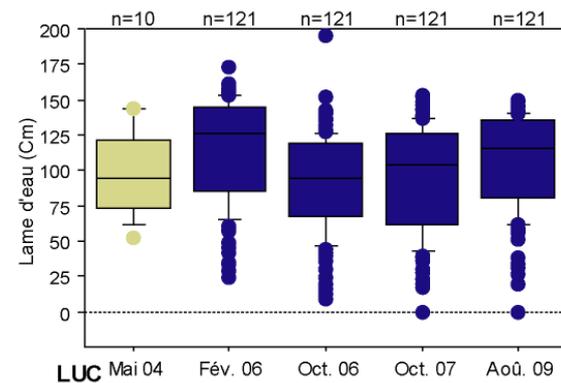
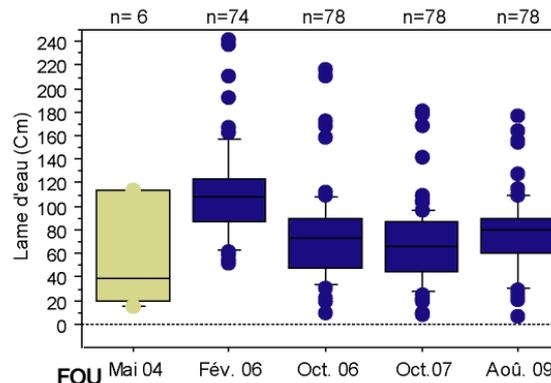
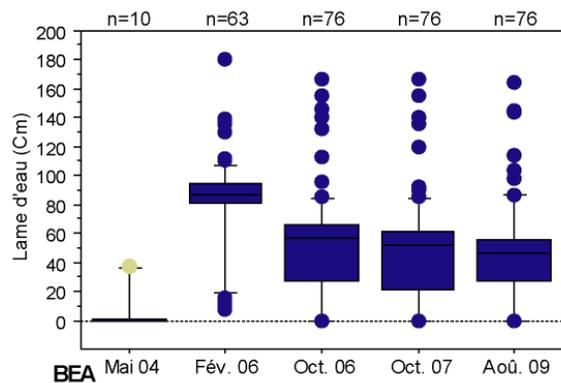
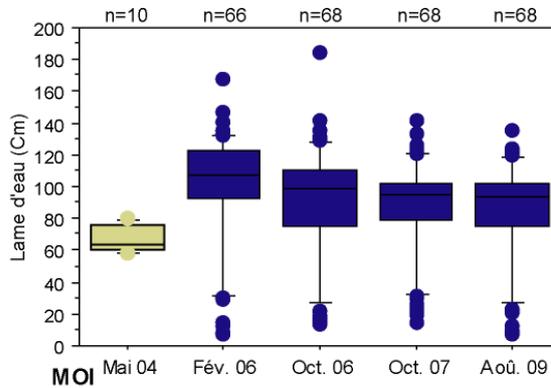
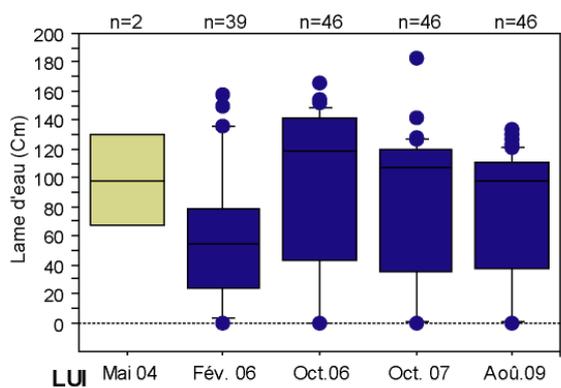
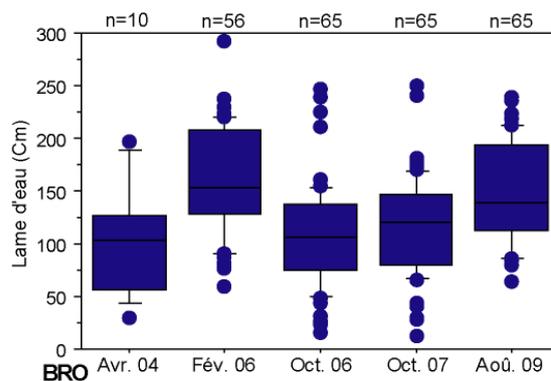
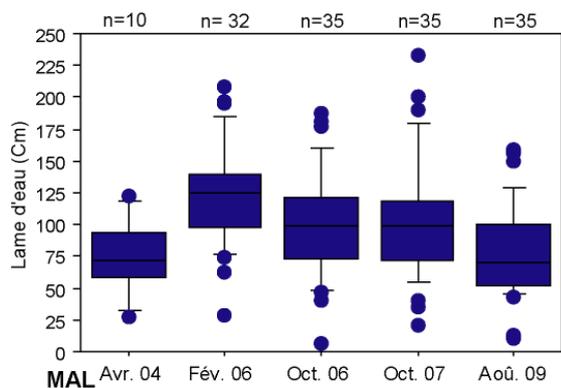


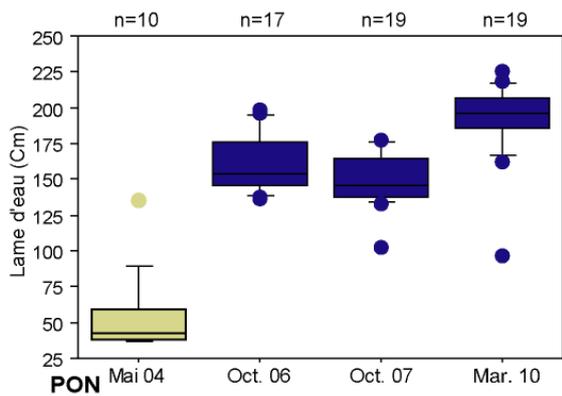
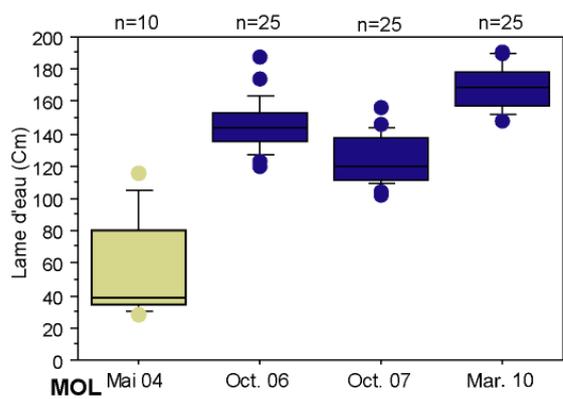
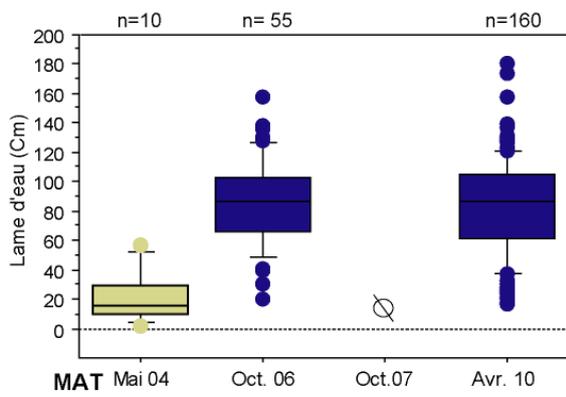
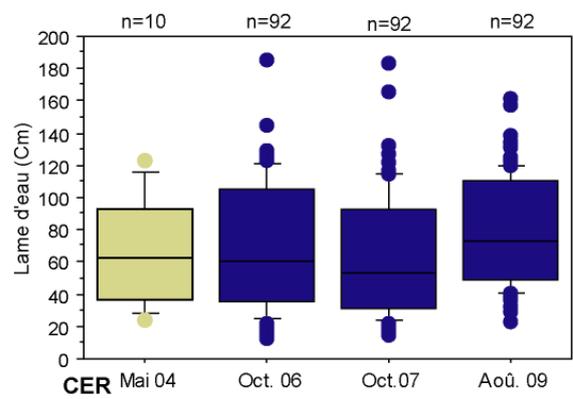
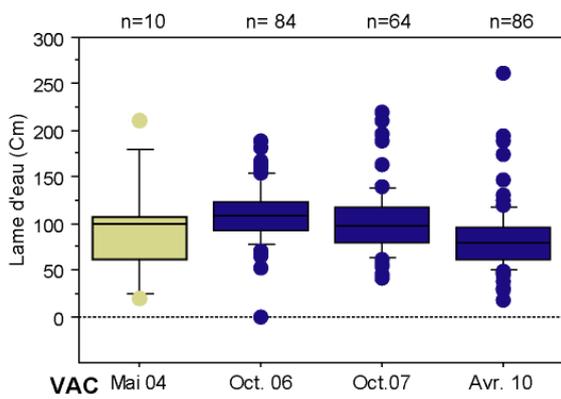
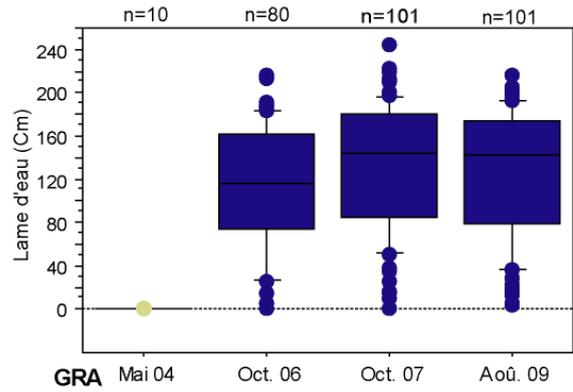
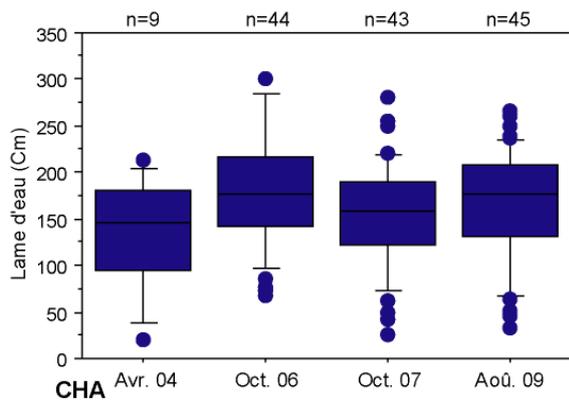
* Les relevés prennent en compte des secteurs exondés, sondés à la carrière.

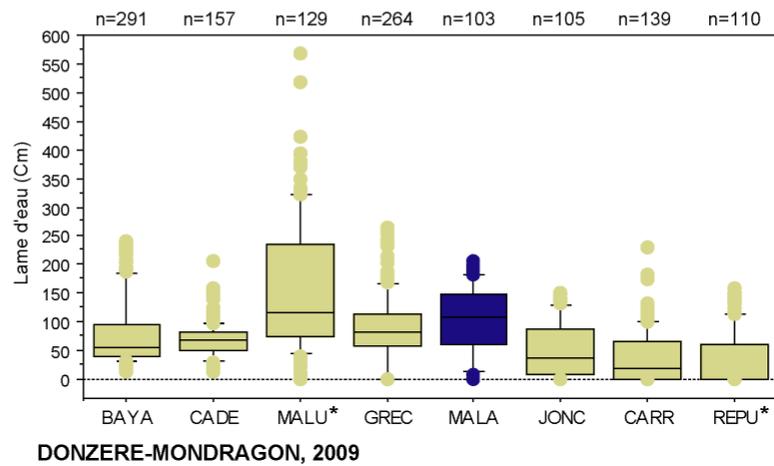
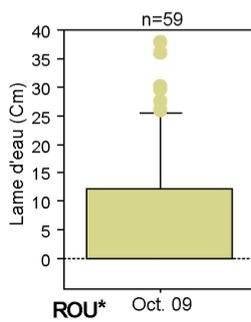
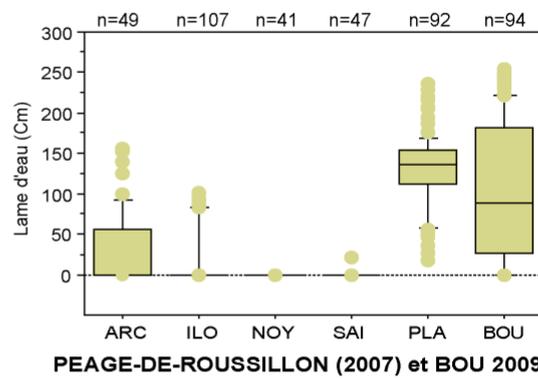
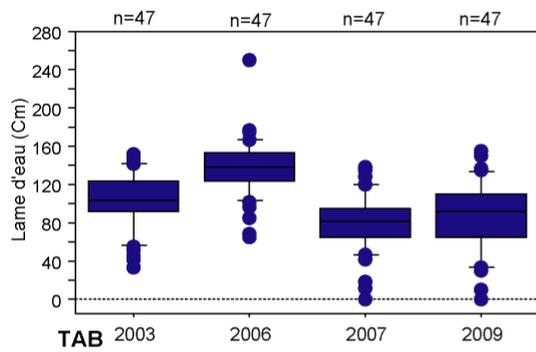
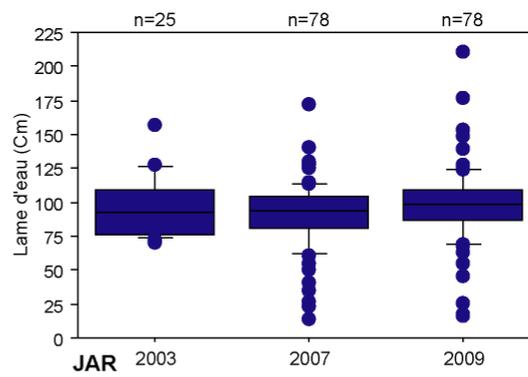
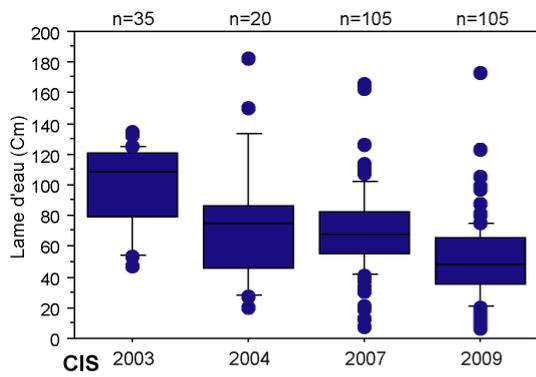
ANNEXE 4.4.4

SUIVI DE LA LAME D'EAU INTRA-LONES ENSEMBLE DES CAMPAGNES DE 2003 A 2009

EN JAUNE OBSERVATION AVANT RESTAURATION, EN BLEU, OBSERVATIONS APRES





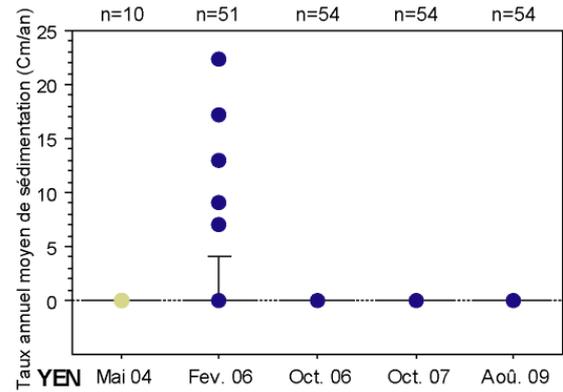
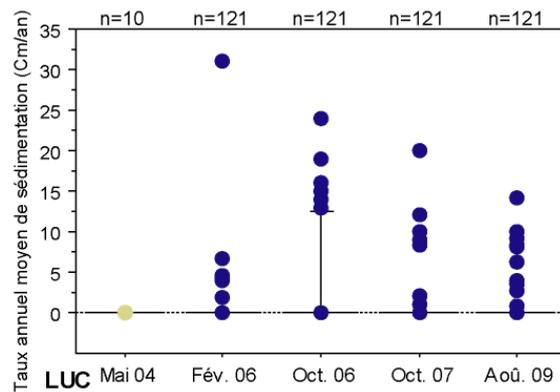
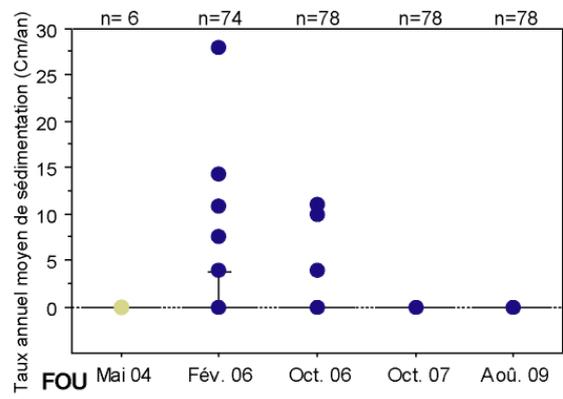
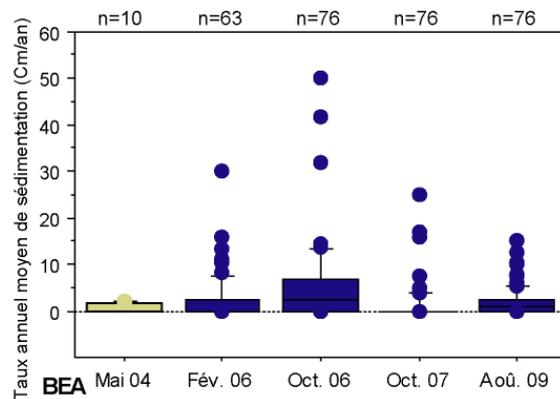
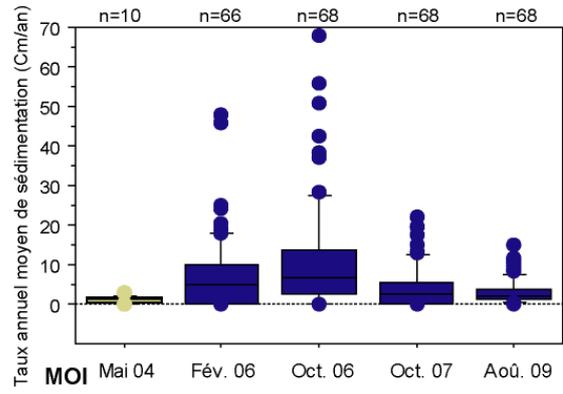
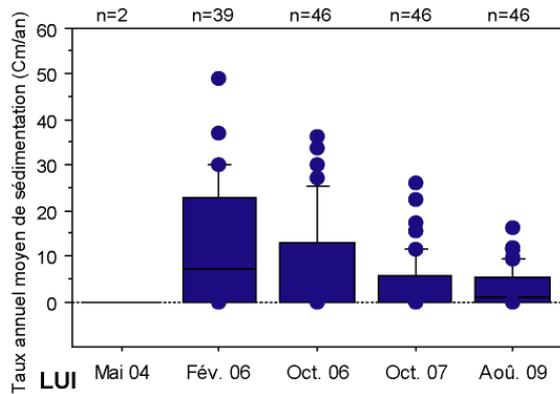
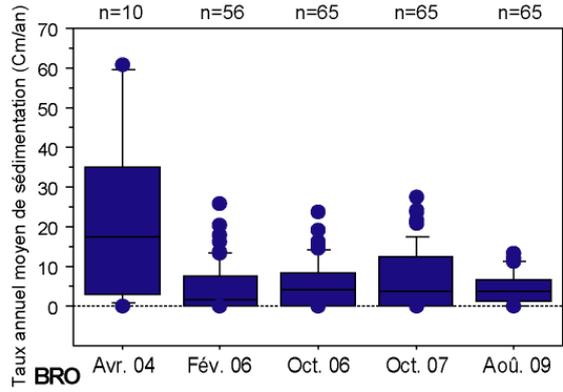
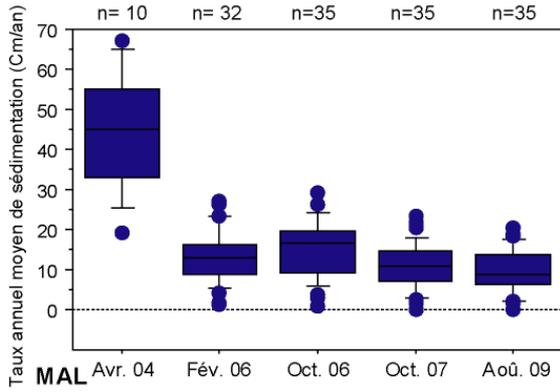


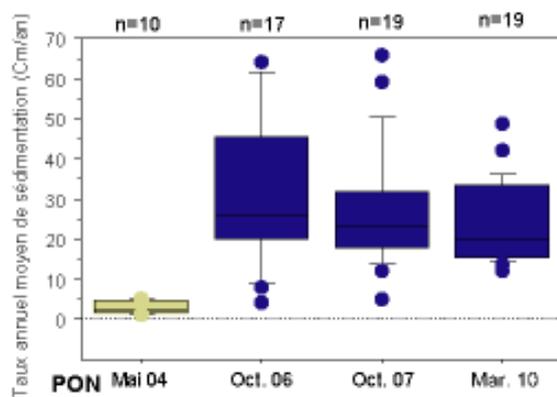
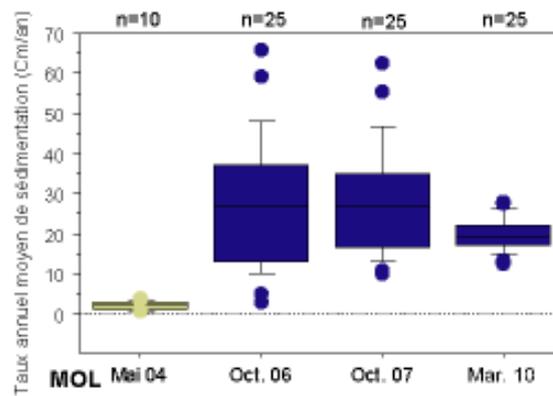
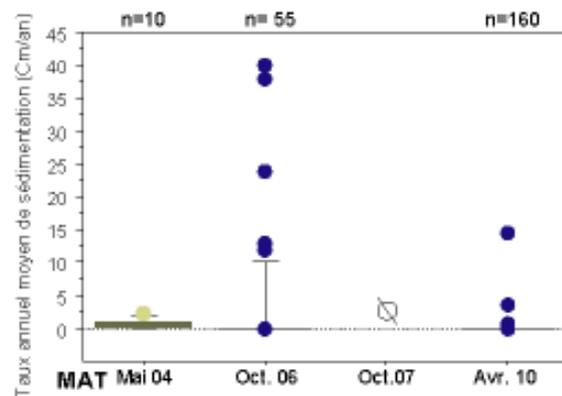
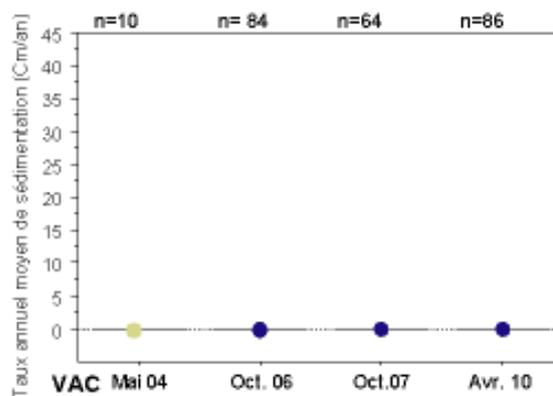
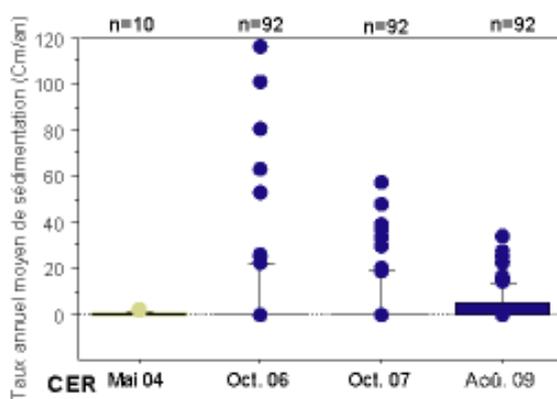
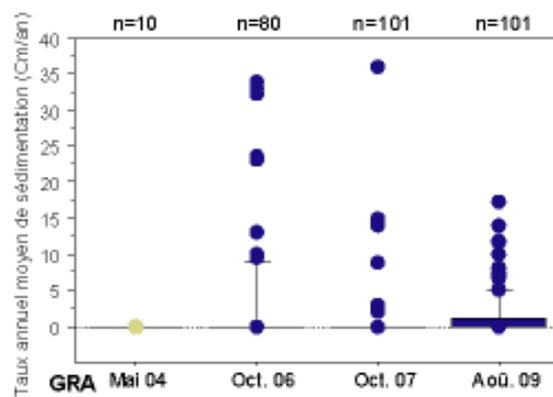
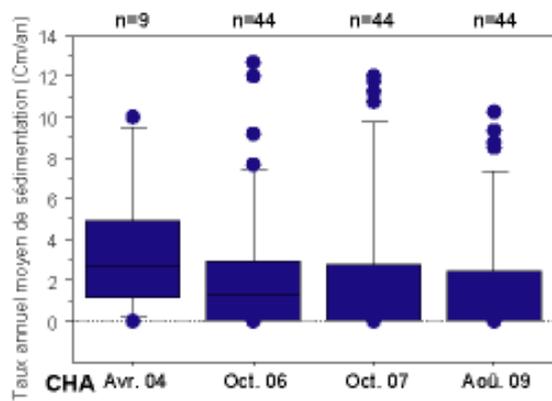
* Les relevés prennent en compte des secteurs exondés, sondés à la tarière.

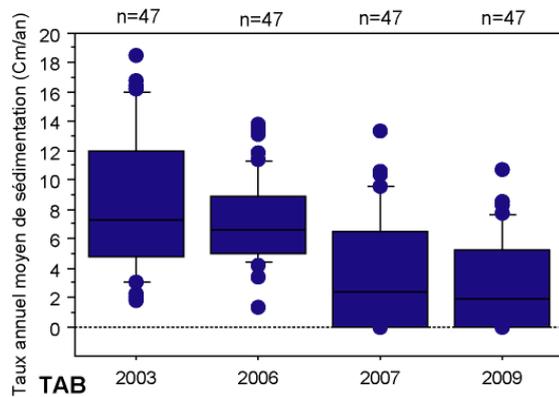
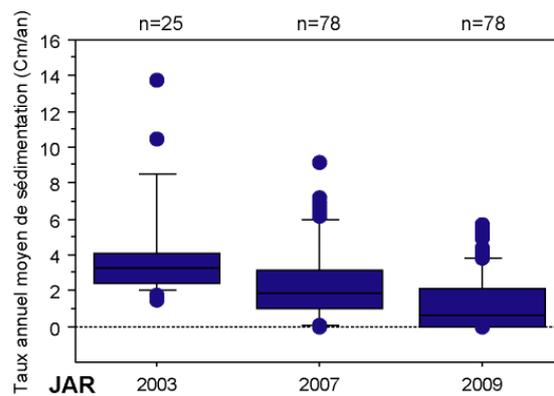
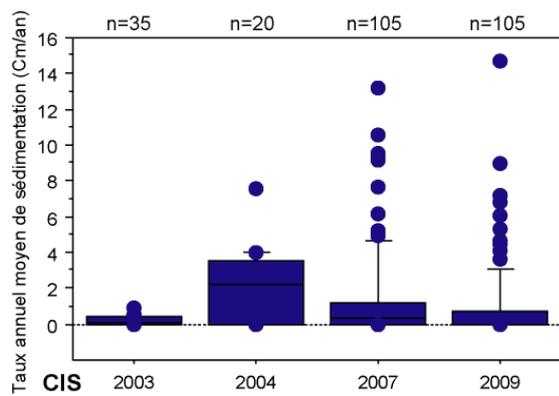
ANNEXE 4.4.5

ÉVOLUTION DU TAUX DE SEDIMENTATION DES BRAS REHABILITES DU HAUT-RHONE ET DE PIERRE-BENITE - ENSEMBLE DES CAMPAGNES DE 2003 A 2009

EN JAUNE OBSERVATION AVANT RESTAURATION, EN BLEU, OBSERVATIONS APRES







A.7 Les poissons des l nes

Lônes	Date	ABL	ANG	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAG	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LPP	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	
Lône de la Malourdie	18/09/2009												3	36					8												1		48	4
Lône du Brotalet	24/09/2009					1			2				36										1						32	52		125	7	
Lône des Luisettes	17/09/2009												1	15				1													1		19	5
Lône Moiroud	17/09/2009													6																			6	1
Lône Béard	17/09/2009													4										1								8	3	
Lône Fournier	18/09/2009			1									3	11					43														58	4
Anse de Yenne	17/09/2009			1									23			1			1												1		27	5
Lône de Chantemerle	22/09/2009	1							1				6		6								2	1							5		22	7
Lône des Granges	02/10/2009												3	4					1										5	2		16	6	
Lône Vachon	02/10/2009			12	1			1	1			1	13	5		5		4	8			6	1					3			12	73	14	
Lône des Cerisiers	01/10/2009			11			4				1		20	40		67			6			4							2	18	7	180	11	
Lône Mattant	01/10/2009	4	2	17			1					1	31		5	23	1	4	24	1		4				2		12		4	7	143	17	
Lône des Molottes	19/11/2009	12				110		12	6				20	2	3	2					5	13	25	11	4				15	5	1	246	16	
Lône du Ponton	01/10/2009	159				19	8	47					9	2	15	7						3	3	3	16				8		1	300	14	
Lone Platière	29/09/2009	1		1		3	8	7	1				37		42	3			10			2	1	1	1		2		1			121	16	
Lone Noyé nord	29/09/2009	3					5	1	1	1			6		34				5			1					1						58	10
Lone de la Roussette	14/12/2009		1										32						2					1									38	5
Total		180	3	43	1	133	26	68	12	1	1	2	243	125	105	108	2	8	108	1	5	36	33	16	23	2	3	15	73	83	29	1488	30	

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