

Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et lônes de Brégnier-Cordon. Caractérisation de l'état initial. Années 2004-2005.

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Emmanuel Malet, Sylvie Mérigoux, Sylvain Dolédec, Emmanuel Castella, Amael Paillex, Gilles Carron, David Mac Crae, Aurélie Terrier, et al.

▶ **To cite this version:**

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Emmanuel Malet, Sylvie Mérigoux, Sylvain Dolédec, et al.. Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et lônes de Brégnier-Cordon. Caractérisation de l'état initial. Années 2004-2005.. [Rapport de recherche] CEMAGREF; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 3; EZUS - Université Lyon 1. 2005. ⟨halshs-04557950⟩

HAL Id: halshs-04557950

https://shs.hal.science/halshs-04557950v1

Submitted on 24 Apr 2024

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

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



HAL Authorization

Maitrise d'ouvrage :

Compagnie Nationale du Rhône

Réalisation :

Cemagref

Département Gestion des milieux aquatiques

UR Biologie des Ecosystèmes aquatiques

Groupement de Lyon

LEHF

EZUS

Laboratoire d'écologie des hydrosystèmes fluviaux

UMR CNRS 5023 - Université Lyon 1

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



Vieux Rhône et lônes de Brégnier-Cordon

Caractérisation de l'état initial

Années 2004 - 2005

date de rédaction : décembre 2005

Contrat de prestations n°DPE-F 03-0093
CNR / EZUS-Université Lyon1

agence de l'eau rhône-méditerranée & corse

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
DIREN - Délégation de Bassin
Rhône Méditerranée Corse

RHÔNE-ALPES LA RÉGION

SAVOIE CONSEIL GENERAL

isère Conseil Général

REALISATION DU RAPPORT

- Partie Poissons chenal et lônes : **Jean-Michel OLIVIER** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1) et **Nicolas LAMOUROUX** (CEMAGREF – Lyon), **Emmanuel MALET** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1).

- Partie Invertébrés chenal : **Sylvie MERIGOUX** et **Sylvain DOLEDEC** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1).

- Partie Invertébrés lônes : **Emmanuel CASTELLA** (responsable scientifique), **Amael PAILLEX**, **Gilles CARRON, David MacCRAE**, **Aurélie TERRIER** (rédacteurs) (Laboratoire d'écologie et de biologie aquatique de l'Université de Genève).

- Partie Végétation et Physico-chimie : **Gudrun BORNETTE** (responsable scientifique) et **Emilie RIVOIRE** (redacteur) (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1).

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

Coordination scientifique générale : **Jean-Michel OLIVIER :** UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1

Coordination technique, Mise en forme du rapport: **Corinne MASSE** : EZUS-Université Lyon 1

Les données de physico-chimie des lônes, des synthèses de débits et de niveau piezométrique sont fournies par la CNR.

TABLE DES MATIERES

1 RESUME 6

1.1 Indicateurs et métriques utilisés : 8

1.2 Peuplement piscicole : 9

1.3 Peuplement d'invertébrés du chenal : 10

1.4 Peuplement d'invertébrés des lônes : 11

1.5 Végétation aquatique et physico-chimie des lônes : 12

1.6 Géomorphologie : 13

2 CONTEXTE GENERAL DU SUIVI DU PROGRAMME DECENNAL RHONE ... 14

3 PEUPLEMENT PISCICOLE 21

3.1 Rappel du contexte et des objectifs 21

3.2 Stratégie d'échantillonnage 21
3.2.1 Stations d'étude 21
3.2.2 Protocole et effort d'échantillonnage 22

3.3 Résultats 25
3.3.1 Liste faunistique et composition du peuplement 25
3.3.2 Caractérisation du peuplement du RCC dans le chenal et dans les lônes 32
3.3.2.1 Peuplement piscicole du chenal 32
3.3.2.2 Peuplement piscicole des lônes 34
3.3.3 Simulation de la qualité de l'habitat. Situation Brégnier-Cordon 36
3.3.4 Indicateurs hydrauliques synthétiques et comparaisons entre vieux Rhône. 38

3.4 Bilan et Perspectives 39

4 PEUPLEMENT D'INVERTEBRES DU CHENAL 41

4.1 Rappel du contexte et des objectifs 41

4.2 Méthodologie 41
4.2.1 Modèle d'habitat statistique 42
4.2.2 Protocole d'échantillonnage 42
4.2.2.1 Sites d'étude et campagnes d'échantillonnage 42
4.2.2.2 Echantillonnage à l'échelle locale 43
4.2.2.3 Echantillonnage à l'échelle du tronçon 44
4.2.2.4 Courbes de préférence hydraulique des taxons 44

4.3 Etat de référence pour les invertébrés du chenal du RCC de Brégnier-Cordon 45
4.3.1 Données faunistiques 45
4.3.1.1 Densité 45
4.3.1.2 Richesse taxonomique 45
4.3.1.3 Espèces exotiques 46
4.3.1.4 Classes de taille des individus 47
4.3.2 Données hydrauliques à l'échelle locale 47
4.3.2.1 Force de cisaillement 47
4.3.2.2 Vitesse du courant 48
4.3.2.3 Taille du substrat 49

4.3.2.4 Profondeur 50
4.3.3 Données hydrauliques à l'échelle du tronçon 50
4.3.4 Couplage des données faunistiques et hydrauliques 50
4.3.4.1 Taxons présentant des préférences hydrauliques attendues 51
4.3.4.2 Taxons présentant des préférences hydrauliques contradictoires 52

4.4 Discussion sur l'etat de référence actuel 54

4.5 Bilan et Perspectives 56

5 PEUPLEMENT D'INVERTEBRES DES LONES 57

5.1 Contexte 57

5.2 Stratégie d'échantillonnage. 58
5.2.1 Localisation des sites. 58
5.2.2 Description de l'habitat 58
5.2.3 Echantillonnage de la macrofaune 58
5.2.4 Calcul des métriques 59
5.2.4.1 Métriques basées sur les richesses taxonomiques et le statut des espèces. 59
5.2.4.2 Métriques basées sur les caractéristiques biologiques et écologiques des taxons (traits). 60
5.2.5 Analyse des données. 61

5.3 Résultats. 62
5.3.1 Abondance des macroinvertébrés. 62
5.3.2 Diversité des peuplements à l'échelle des sites et des lônes. 62
5.3.3 Métriques basées sur les richesses taxonomiques. 66
5.3.4 Métriques basées sur le statut des espèces. 69
5.3.5 Métriques basées sur les caractéristiques fonctionnelles des taxons. 70
5.3.6 Affinité potamique des communautés. 72

5.4 Synthèse et conclusions. 73

5.5 Remerciements 75

6 VEGETATION AQUATIQUE ET PHYSICO-CHIMIE DES LONES 76

6.1 Rappel du contexte et des objectifs 76

6.2 Stratégie d'échantillonnage 77
6.2.1 Stations d'étude 77
6.2.2 Protocole et effort d'échantillonnage 77

6.3 Résultats 78
6.3.1 Caractéristiques physico-chimiques des zones humides 78
6.3.2 Diagnostic écologique des zones humides, état initial et conséquences probables des restaurations. 79
6.3.2.1 Lone de Chantemerle 79
6.3.2.2 Lônes des Molottes 83
6.3.2.3 Lône du Ponton 88
6.3.2.4 Lône de la Plaine 90
6.3.2.5 Lône des Granges 93

6.4 Conclusion 96

7 GEOMORPHOLOGIE DES LONES 97

7.1 Rappel du contexte et des objectifs 97

7.2 Méthodologie (méthode d'échantillonnage, méthode d'analyse des données) 97
7.2.1 Espérance de vie des lônes restaurées 97

7.2.2 Caractéristiques granulométriques des lônes 98

7.3 Résultats 98
7.3.1 Espérance de vie des lônes restaurées / présentation des données brutes acquises 98
7.3.2 Présentation des données brutes acquises - sédimentation 99

7.4 Bilan et perspectives 101

8 NIVEAU DE LA NAPPE ALLUVIALE 103

9 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CITEES 104

Annexe I : Modèle d'habitat statistique FSTress appliqué aux invertébrés 109
Annexe II : Correspondances entre les tailles granulométriques du substrat et l'échelle Phi (d'après Gordon et al. 1992 : p.192) 110
Annexe III : Description et calcul des variables hydrauliques 111
Annexe IV : Protocole de mesures des paramètres physiques du modèle FSTress à l'échelle du tronçon 112
Annexe V : Réalisation des courbes de préférences hydrauliques 113
Annexe VI : Abondance par taxon pour les 3 campagnes d'échantillonnage 115
Annexe VII : Abondance de chaque taxon pour chaque échantillon de la campagne de printemps. *cf Annexe VI* pour la signification des codes des taxons 117
Annexe VIII : Abondance de chaque taxon pour chaque échantillon de la campagne d'été. *cf Annexe VI* pour la signification des codes des taxons 118
Annexe IX : Abondance de chaque taxon pour chaque échantillon de la campagne d'hiver. *cf Annexe VI* pour la signification des codes des taxons 119
Annexe X : Caractéristiques hydrauliques et écologiques des principaux taxons rencontrés à Brégnier-Cordon. FST opt : FST optimum calculé à partir des paramètres b et c du modèle (cf Annexes V et XI). Les traits écologiques proviennent de l'ouvrage de Tachet et al. (2000). 120
Annexe XI : Courbes de préférences des taxons dominants du RCC de Brégnier-Cordon. (La description du modèle non linéaire utilisé est donnée en Annexe V). 121
Annexe XII: Abondances par taxon et par quadrat de prélèvement 50 x 50 cm). 134
Annexe XIII : Physico-chimie des lônes : données statistiques 136
Annexe XIV : Localisation des lônes de Brégnier-Cordon 137
Annexe XV : Localisation des sondages sédimentaires 139
Annexe XVI : Localisation des piézomètres. 142
Annexe XVII : Photos des lônes de Bregnier-Cordon…….…….. ……140

1 RESUME

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

Janvier, février, mars : 80 $m^3.s^{-1}$
Avril, mai : 100 $m^3.s^{-1}$
Juin, juillet, août : 150 $m^3.s^{-1}$
Septembre, octobre : 100 $m^3.s^{-1}$
Novembre, décembre : 80 $m^3.s^{-1}$

Le programme de restauration prévoit de garder les mêmes modulations de débits avec un débit minimum de 65 $m^3.s^{-1}$ en amont de la confluence avec le Guiers au lieu de 25 $m^3.s^{-1}$ actuellement. Le présent rapport constitue le descriptif de l'état initial (avant travaux et augmentation de débit).

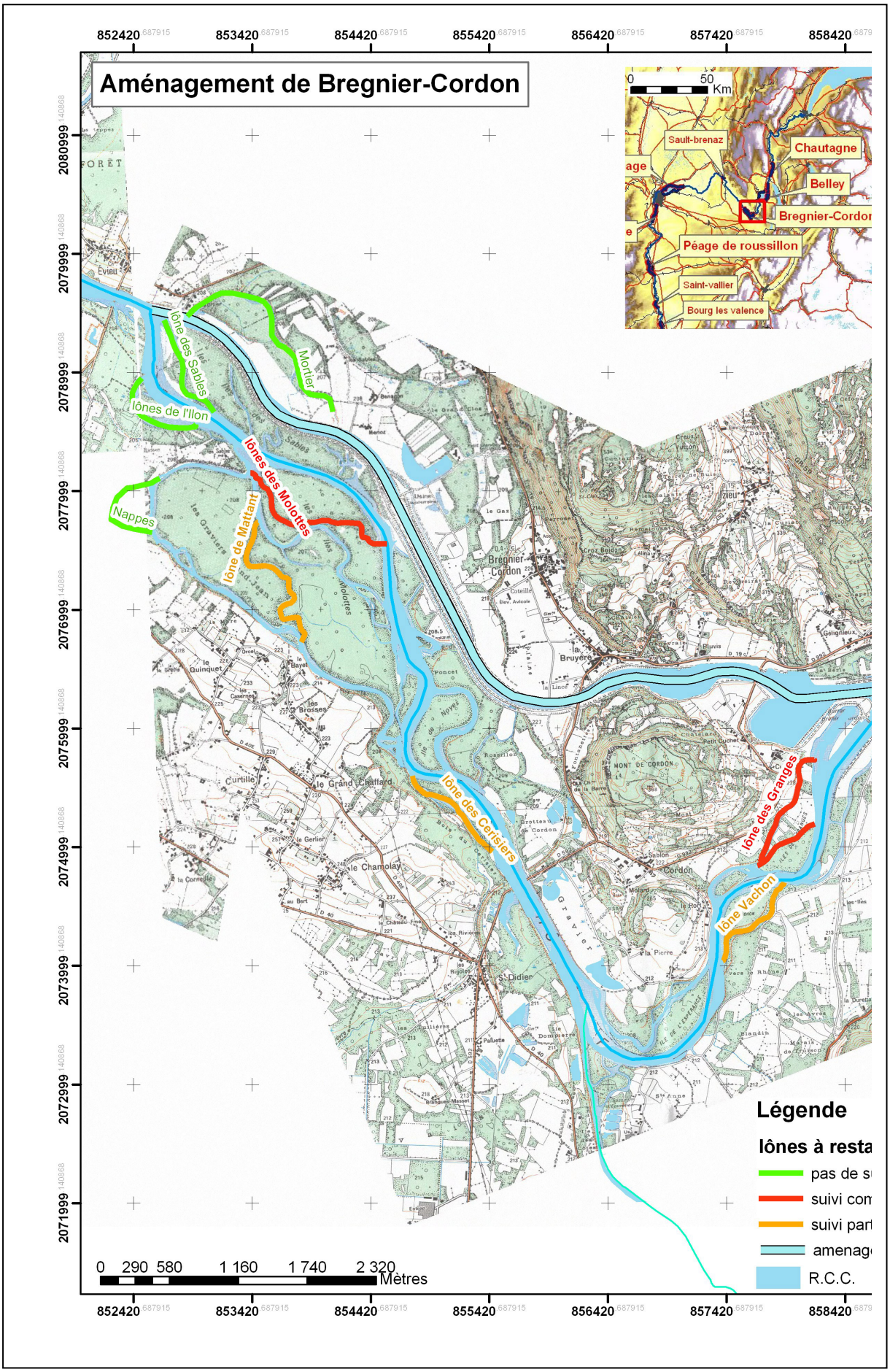
Parmi les lônes faisant l'objet d'un projet de réhabilitation huit sont intégrées au suivi écologique du programme de restauration (lône de Chantemerle, lône Vachon, lône des Cerisiers, lône des Granges, lône de la Plaine, lône du Ponton, lône Mattant, lône des Molottes). La description de l'état initial porte donc sur le Vieux-Rhône *sensu-stricto* (chenal actif) et les 8 annexes retenues. Les thématiques retenues dans le Vieux Rhône concernent les poissons et les macro-invertébrés ; dans les lônes, elles concernent la géomorphologie, la végétation aquatique, les macro-invertébrés et le peuplement piscicole (carte de localisation page 7).

Le chenal présente des caractéristiques typiques des grandes rivières de piémont avec une dominance des substrats grossiers et une mosaïque d'habitats offrant aussi bien des faciès très courants que des faciès calmes. La faune (poissons et invertébrés benthiques) rencontrée est caractéristique de ces habitats. La faune d'invertébrés témoigne d'une eutrophisation modérée du Vieux-Rhône (malgré une légère accumulation de matière organique et le développement d'algues filamenteuses).

Parmi les lônes suivies, la lône de Chantemerle présente des caractéristiques très particulières en raison de sa localisation et de son histoire récente (ouverture à l'amont en 1993). Les lônes incluses dans la section court-circuitée sont de deux types : des lônes connectées en permanence au chenal actif (Cerisiers et Vachon) et des lônes déconnectées en débit réservé (Granges, Molottes et Mattant). Les peuplements d'invertébrés et de poissons de ces différents types d'annexes diffèrent en fonction des habitats disponibles, de leur qualité et du degré de connexion avec le chenal. Les deux lônes de la Plaine et du Ponton, situées en aval de l'aménagement présentent un degré de connexion moindre avec le Rhône, la lône de la Plaine constitue un milieu aquatique permanent relativement typique, bien qu'assez pauvre en poissons, la lône du Ponton est atterrie sur une grande partie de son linéaire.

Le secteur de Brégnier-Cordon a toujours été considéré comme un milieu exceptionnel en raison de la grande diversité des milieux annexes et de ce fait les attendus du Programme de restauration sont ambitieux.

Le suivi mis en place a pour objectif de mesurer l'influence de l'augmentation de débit réservé sur les communautés de poissons et d'invertébrés du chenal et des travaux de réhabilitation des lônes sur les taux de sédimentation et les communautés aquatiques des 5 lônes choisies.



N.B : Les lônes Plaine & Ponton et Chantemerle sont hors carte.

1.1 Indicateurs et métriques utilisés :

Peuplement piscicole

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

Peuplement d'invertébrés du chenal (Les données sur les indicateurs utilisés seront affinées dans la cadre du suivi de niveau 2)

Indicateurs	Code métrique	Métriques
Proportion espèces eaux vives	Cl1	Effectifs des espèces fréquentant les radiers
Proportions espèces eaux courantes	Cl2	Effectifs des espèces fréquentant les zones profondes et /ou rapides

Peuplement d'invertébrés des lônes

Indicateurs	Code métrique	Métriques
Richesse taxonomique et statut des espèces	Ll1	Richesse taxonomique totale
	Ll2	Richesse spécifique des taxons EPT
	Ll3	Richesse spécifique des mollusques gastéropodes
	Ll4	Nombre d'espèces à statut de protection ou de vulnérabilité documenté
	Ll5	% d'individu appartenant à des espèces non-indigènes
Caractéristiques biologiques et écologiques des taxons	Ll6	% broyeurs / collecteurs
	Ll7	% collecteurs filtreurs / autres collecteurs
	Ll8	% prédateurs / autres groupes trophiques
	Ll9	% taxons > 1 génération par an / taxons < 1 génération par an
	Ll10	% taxons se déplaçant à la surface du substrat
	Ll11	% taxon à dérive comportementale
	Ll12	% espèces typiques du fleuve

Végétation aquatique des lônes

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

Géomorphologie des lônes

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

1.2 Peuplement piscicole :

- 28 espèces de poissons ont été échantillonnées lors des deux campagnes de pêches réalisées en 2004, dont 2 espèces de salmonidés (truite fario et ombre commun) et 17 espèces de cyprinidés ; ces espèces sont pour la plupart très communes dans le Haut Rhône. Le sandre et la lote, échantillonnés lors de pêches réalisées entre 1989 et 1997, n'ont pas été trouvés en 2004-2005. Le Pseudorasbora (espèce introduite à la fin des années 1980 dans le bassin du Rhône) a été trouvé pour la première fois à Brégnier-Cordon en octobre 1994.
- Les espèces les plus fréquemment capturées dans le RCC de Brégnier-Cordon sont : le chevaine, le goujon et le barbeau fluviatile. Le chevaine est l'espèce qui présente la plus forte fréquence d'occurrence dans tous les milieux prospectés.
- Les données collectées en 2004 et 2005 n'ont pas révélé de différences fondamentales au sein du peuplement entre l'amont et l'aval du seuil des Molottes, ce qui témoigne probablement de la capacité des poissons à circuler au sein du Vieux-Rhône.
- Les quatre espèces les plus abondantes après le chevaine sont le goujon (13.4%), le barbeau (9.5%), le spirlin (8.9%) et le hotu (6.3%) mais les effectifs capturés sont plus faibles qu'il y a une dizaine d'années en regard de la capacité d'accueil du Vieux-Rhône.
- Les espèces limnophiles (bouvière, épinoche, tanche) sont également présentes en amont et en aval du seuil mais avec des effectifs très faibles.
- Il semblerait que la détérioration de la qualité du peuplement soit postérieure à 1994. La présence du seuil des Molottes a probablement induit une augmentation de la sédimentation dans le secteur sous influence de ce seuil (effet négatif sur la qualité des habitats fréquentés habituellement par les espèces rhéophiles (hotu, truite, ombre commun, barbeau)).
- Huit lônes ont été prospectées dans le cadre de l'établissement de l'état initial avant restauration (lône de Chantemerle, lône Vachon, lône des Cerisiers, lône des Granges, lône de la Plaine, lône du Ponton, lône Mattant, lône des Molottes).
- La lône de Chantemerle, située en amont de la retenue de l'aménagement de Brégnier-Cordon est un milieu très pauvre d'un point de vue piscicole.
- Parmi les lônes situées dans la section court-circuitée, la lône des Cerisiers est la plus riche (18 espèces) et celle qui présente les effectifs échantillonnés les plus importants. La richesse spécifique et les abondances sont très faibles dans la lône Vachon. La lône des Granges ne possédant que quelques mares en eau n'abrite que très peu de poissons. Les deux lônes partiellement en eau (Molottes et Mattant) ne présentent pas suffisamment de surfaces en eau pour accueillir une faune piscicole abondante et ne renferment que quelques individus de petites tailles.
- La lône de la Plaine abrite quelques poissons dans sa partie aval, principalement des poissons-chats et des perches-soleils, espèces d'eau calmes introduites dont la valeur écologique est négligeable.
- Les surfaces en eau dans la lône du Ponton sont très réduites et la capacité d'accueil pour les poissons est de ce fait très limitée.
- Les simulations de la qualité de l'habitat des poissons dans le Vieux Rhône ont été actualisées à l'aide de la méthode des 'microhabitats' *via* le logiciel Estimhab. Les

modélisations de qualité de l'habitat indiquent que l'augmentation du débit favorise les espèces vivant dans des conditions rapides et/ou profondes (ombre, barbeau, ablette, hotu, vandoise) par rapport aux autres. Cependant, l'indice lié à la morphologie est intermédiaire à Brégnier-Cordon et le nombre de radiers marqués, favorables aux espèces rhéophiles (notamment en période de reproduction) est moins important qu'en Chautagne ou à Belley.

1.3 Peuplement d'invertébrés du chenal :

L'état initial du peuplement d'invertébrés benthiques du chenal du Rhône court-circuité de Brégnier-Cordon a été réalisé en effectuant 3 campagnes d'échantillonnage de la faune et des conditions hydrauliques locales en 2002 (printemps et été) et 2003 (hiver).

Peuplement d'invertébrés :

- Au cours de ces campagnes, **102 taxons** ont été échantillonnés alors que **120 taxons** avaient été récoltés dans le secteur de Chautagne et **91** à Belley au cours de la même période.

- Le peuplement **typique d'un épipotamon**[1] présente une faune mixte de taxons spécifiques des grandes rivières (e.g. *Potamanthus luteus*) et de taxons rencontrés sur de plus petits cours d'eau (e.g. *Leuctra*, *Baetis*) **très fortement dominée par les espèces ubiquistes du genre *Gammarus*.**

- Comme dans le secteur de Chautagne et de Belley, les taxons dominants présentent une forte **affinité pour des habitats à substrat grossier recouvert d'algues filamenteuses,** ces types d'habitat étant largement rencontrés dans les trois secteurs. Certains taxons de Brégnier-Cordon peuvent présenter en outre, une forte affinité pour des habitats **avec accumulation de matière organique** (e.g. *Gammarus* spp.).

- La plupart des taxons rencontrés dans ce secteur sont eurythermes et donc capables de **supporter des variations importantes de température de l'eau**.

- Pour l'essentiel, les taxons sont **oligotrophes** ou **mésotrophes**[2] témoignant d'une **assez bonne qualité biologique** du secteur.

- On peut souligner la présence de **6 espèces exotiques** dans le secteur de Brégnier-Cordon (4 à Chautagne et à Belley). Les espèces invasives ***Corbicula fluminea*** et ***Orconectes limosus*** sont rencontrées uniquement à Brégnier-Cordon. Le bivalve est **bien implanté** dans ce secteur alors que l'écrevisse américaine ainsi que la moule zébrée, ***Dreissena polymorpha*** ne sont rencontrées qu'une fois dans nos échantillons.

- La composition du peuplement des invertébrés de Brégnier-Cordon présente des similitudes avec celui de Belley, mais diffère fortement avec celui de Chautagne avec notamment une richesse taxonomique et une proportion de taxons rhéophiles plus faibles à Brégnier-Cordon.

[1] Partie amont de la zone potamique qui correspond elle-même au cours d'eau inférieur à courant lent.
[2] Taxons que l'on retrouve dans des eaux oligotrophes ou mésotrophes présentant des caractéristiques chimiques particulières et notamment des teneurs en azote et phosphore faibles (oligotrophes) ou intermédiaires (mésotrophes).

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

- Ces contraintes hydrauliques sont fortement dépendantes des conditions hydrologiques instantanées et/ou passées et toute modification du régime hydrologique aura un impact sur ces variables et donc sur la faune benthique.

1.4 Peuplement d'invertébrés des lônes :

- Les invertébrés aquatiques (mollusques, crustacés, insectes, ″vers″) ont été étudiés dans quatre lônes du Rhône dans le secteur de Brégnier-Cordon afin de fournir un état de référence sur la diversité biologique de ces milieux avant les opérations de restauration hydraulique et écologique du fleuve.

- Les invertébrés aquatiques ont un rôle crucial dans les chaînes alimentaires (décomposition de la matière organique, proies pour les poissons et certains oiseaux). Ils fournissent des informations sur la qualité, le fonctionnement et les modifications des milieux aquatiques.

- Les lônes retenues (lônes des Granges, des Molottes, de la Plaine et du Ponton) ont été étudiées en été 2004 et au printemps 2005. La faune aquatique a été échantillonnée en suivant un protocole standardisé basé sur la répétition d'échantillons réalisés à l'épuisette sur une surface délimitée. Dans chaque lône l'échantillonnage a porté sur un site amont et un site aval proche de la connexion avec le Rhône.

- Après tri et dénombrement des invertébrés, les données récoltées ont été analysées pour calculer des indices (appelés ″métriques″) utilisés pour rendre compte de la richesse biologique du milieu (nombres d'espèces présentes, quantités d'espèces potentiellement envahissantes ou menacées) et de certains aspects de son fonctionnement (types de ressources à disposition de la faune).

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

- Les informations obtenues à partir des invertébrés aquatiques des quatre lônes fournissent une image instantanée de l'état de ces milieux avant la restauration du Rhône. En portant sur des systèmes alluviaux différents, elles enrichissent les données déjà acquises dans le secteur de Belley. L'objectif suivant est d'évaluer les modifications de cette image au cours des années qui suivront la restauration, afin de mesurer ses impacts quantitatifs et qualitatifs.

1.5 Végétation aquatique et physico-chimie des lônes :

Le diagnostic écologique des lônes est basé en partie sur l'analyse des communautés floristiques couplée à des descriptions morphologiques des zones humides fluviales. Cette méthode permet d'identifier les caractéristiques fonctionnelles des zones humides en utilisant :

- la composition et la structure des communautés végétales (végétaux supérieurs),
- la connaissance des exigences écologiques des espèces végétales,
- des descripteurs environnementaux simples (texture du sédiment, degré de recouvrement de la végétation, forme et dimensions du chenal).

Le diagnostic établi sur les 5 lônes échantillonnées en 2004 avant restauration est le suivant :

1. La lône de Chantemerle est fortement soumise à la dynamique fluviale et aux processus d'alluvionnement (substrat limoneux). Les communautés végétales rencontrées sont caractéristiques des milieux mésotrophes et eutrophes (riches en éléments nutritifs, qualité physico-chimique de l'eau similaire à celle du Rhône). Cette lône a été ouverte à l'amont en 1993 Les apports en eaux souterraines sont nuls.
2. La lône des Molottes peut être découpée en trois zones : amont, intermédiaire et aval.
    a. La zone amont est un milieu eutrophe qui présente la plus forte diversité floristique, depuis 1996 cette partie subit un processus d'alluvionnement, dans cette zone les apports en eaux souterraines sont nuls.
    b. La partie intermédiaire est colonisée par des hélophytes de grande taille (Phragmites et Impatiens) traduisant l'atterrissement de la zone, la richesse spécifique est très faible. Il n'y a pas d'alimentation en eaux souterraines et les exondations sont fréquentes.
    c. La zone aval est également une zone eutrophe, subissant des processus d'alluvionnement en progression depuis 1996, et de rares exondations.
3. La lône des Granges est entrecoupée de nombreux bouchons alluviaux. Le peuplement floristique des mouilles est assez homogène et les espèces traduisent des conditions méso-eutrophes et n'indique pas d'apports en eaux souterraines. Cette lône subit des processus d'érosion importants (substrat grossier).
4. Le peuplement de la lône Ponton est constitué d'une seule zone floristique peu diversifiée (3 à 6 espèces par transect). Il est dominé par *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis* et *Polygonum hydropiper*. Le milieu est eutrophe, des apports en eaux souterraines existent, les exondations sont très fréquentes.
5. La lône de la Plaine présente un niveau de trophie méso-eutrophe, les perturbations (hydrologiques) sont peu fréquentes et les apports en eaux souterraines existent et leur intensité est faible, cette lône ne contient pas l'espèce exotique *Elodea nuttallii*.

Les incidences de la restauration de ces milieux annexes seront analysés au cours du suivi post-restauration.

1.6 Géomorphologie :

- La hauteur d'eau est assez variable d'une lône à l'autre. Pourtant on peut distinguer trois types de comportements :

  - les lônes asséchées (Mattant, Granges),
  - les lônes disposant d'un niveau d'eau intermédiaire du fait d'un comblement avancé (Ponton et Plaine, Molottes, Cerisiers)
  - les lônes encore profondes et fonctionnant comme des bras secondaires intermittents (Vachon dont la profondeur max. est voisine de 2,10 m ; Cerisiers).

- Les épaisseurs de sédiments sont également très variables d'une lône à l'autre. Deux lônes drainent le plancher alluvial et ne sédimentent pas (Granges, Vachon), deux autres enregistrent une très faible sédimentation (10-15 cm). Seules Plaine & Ponton et Molottes se caractérisent véritablement par une dynamique de comblement,

- Il est possible de mettre en évidence 3 comportements sédimentaires très différents :
  a) Lônes des Granges et Vachon : sédimentation fine nulle, ces lônes se comportent comme des bras secondaires parcourus par des écoulements rapides lors des crues,
  b) Lônes des Cerisiers et Mattant : la sédimentation est faible en moyenne, avec un gradient amont-aval bien marqué, les maximas de sédimentation s'observant ainsi à l'aval,
  c) Lônes de la Plaine et Ponton ainsi que Molottes : forte sédimentation avec un gradient inverse des précédentes, aval-amont.

2 CONTEXTE GENERAL DU SUIVI DU PROGRAMME DECENNAL RHONE

Le programme d'accompagnement scientifique du Programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône a été scindé en deux niveaux méthodologiques :

- Le niveau 1, qui fait l'objet du présent rapport, est basé sur une **approche descriptive** des effets de la restauration sur les communautés et milieux. Il s'agit d'une proposition de **suivi minimum et cohérent** d'un site à l'autre, nécessaire pour mesurer de manière rigoureuse et efficace les effets potentiels des actions de restauration à l'échelle du chenal et des annexes fluviales prises individuellement ou dans un contexte géographique plus vaste. Il s'agit d'un suivi mis en œuvre au **niveau local** (Haut-Rhône, Miribel-Jonage etc...)

- Le niveau 2 répond aux critères d'analyse d'une réponse fonctionnelle des systèmes restaurés en fonction :
  - des procédures de restauration appliquées,
  - des milieux concernés (chenal ou annexes fluviales),
  - des thématiques ciblées (hydraulique, géomorphologie, espèces animales et/ou végétales).

Si le niveau 1 vise à répondre strictement aux objectifs d'évaluation du programme décennal, le niveau 2 relève quant à lui de la recherche : le but 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.**

Afin d'évaluer les impacts écologiques positifs de l'augmentation des débits réservés et des travaux sur les lônes, le **suivi scientifique de niveau 1** a été mis en place sur la période 2003-2008. Il doit permettre de contrôler l'objectif assigné aux travaux de restauration à savoir l'augmentation de la diversité des milieux et par là, l'augmentation de la richesse patrimoniale tant en terme de milieu que d'espèce.

Le contenu du suivi scientifique a été élaboré par le laboratoire d'écologie des hydrosystèmes fluviaux de l'université de Lyon 1 dans le cadre d'une convention passée avec la DIREN-délégation de bassin Rhône-Méditerranée & Corse. Ce suivi a fait l'objet d'une validation par le SIPBBRS, pilote institutionnel du projet de réhabilitation du Haut Rhône lors du comité de pilotage réuni à Yenne le 9 avril 2003.

La CNR maître d'ouvrage des opérations d'augmentation des débits réservés et de restauration des lônes assure également la maîtrise d'ouvrage du suivi scientifique de niveau 1. Ce suivi est financé par la CNR, l'Agence de l'Eau RMC, l'Etat, la Région, les départements de la Savoie et de l'Isère.

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 précédant les travaux de restauration des lônes, **de l'état écologique initial** du site au travers de ses deux compartiments :

- abiotique : qualité des eaux, évolution morphologique des lônes, hydraulique des nappes,
- biologique : végétation aquatique, peuplements d'invertébrés aquatiques et piscicoles.

La seconde phase interviendra après l'augmentation des débits réservés, prévue après les travaux de restauration des lônes pour mettre en évidence, sur une période de 6 ans, les **évolutions des** mêmes **composantes écologiques**.

Le présent rapport entre dans le cadre de la première phase et s'attache donc à décrire l'état initial du R.C.C. de Bregnier-Cordon, troisième site restauré (après le site de Chautagne et de Belley) dans le cadre du programme décennal Rhône.

En respect du cahier des charges, la description de l'état initial du R.C.C. de Bregnier-Cordon s'inscrit dans le suivi de niveau 1 et est réalisée au travers des compartiments **faune piscicole** et **faune d'invertébrés aquatiques pour le chenal** et **faune piscicole, faune d'invertébrés aquatiques, végétation aquatique, physicochimie et géomorphologie pour les lônes**.

Pour les invertébrés, l'aspect modélisation de la réponse biologique aux changements de conditions hydrauliques sera évoqué dans les parties « méthodologie » et « perspectives » mais fera l'objet des travaux futurs du suivi de niveau 2.

Tableau 1 : Contenu du suivi scientifique du Haut-Rhône

		Poissons	Invertébrés	Végétation	Sédimentation
Chautagne	Chenal	X	X		
	Lône de Malourdie	X			
	Lône de Brotalet	X			
Belley	Chenal	X	X		
	Lône des Luisettes	X	X	X	X
	Lône Moiroud	X	X	X	X
	Lône Béard	X	X	X	X
	Lône Fournier	X	X	X	X
	Anse de Yenne (lône d'en l'île)	X			
Brégnier-Cordon	Chenal	X	X		
	Lône Chantemerle	X	X	X	X
	Lônes Plaine et Ponton	X	X	X	X
	Lône des Granges	X	X	X	X
	Lône des Molottes	X	X	X	X
	Lône Vachon	X			
	Lône Mattant	X			
	Lône des Cerisiers	X			

Les données présentées dans ce rapport sont visualisables sur le tableau de bord du suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Il s'agit d'un outil de lecture actualisé et dynamique du suivi scientifique, le tableau de bord permet de consulter les dernières évolutions des données, métriques et indicateurs présentés dans ce rapport au moyen d'une interface cartographique conviviale. Cet outil offre d'intéressantes possibilités de comparaisons géographiques ou temporelles qui illustreront et complèteront l'information figée du présent rapport.

Le programme décennal de restauration, en raison des moyens mis en œuvre et de son ampleur géographique, constitue une opération de restauration originale, au moins à l'échelle des grands cours d'eau médio-européens. De ce fait, la communauté scientifique n'ayant jusqu'alors abordé ces questions que de manière très partielle, les connaissances scientifiques concernant les effets de telles mesures de restauration sur le fonctionnement des cours d'eau sont assez limitées. Il s'agit donc d'exprimer (de formaliser) les problématiques scientifiques liées aux effets des procédures de restauration sur les écosystèmes concernés, d'aborder les problèmes méthodologiques spécifiques liés à ces problématiques et de proposer *in fine* des métriques et des indicateurs permettant de répondre à cet objectif. Dans un tel cadre, les études entreprises ne seront pas systématiquement réalisées sur l'ensemble des compartiments concernés par la restauration (chenal ou lônes) ni sur l'ensemble des thématiques. Des objectifs particuliers seront sélectionnés et seuls les sites les plus appropriés pour aborder ces questions seront retenus.

Dans le cadre du suivi de niveau 2 les problématiques suivantes ont été retenues :

- modélisation des réponses des communautés de macroinvertébrés et de poissons aux variations de contraintes hydrauliques dans les chenaux soumis à augmentation du débit réservé,

- étude de l'effet de l'augmentation des débits réservés et des travaux de réhabilitation des lônes sur des populations de poissons « cibles »,

- modélisation de l'évolution de la biodiversité (macrophytes) dans les lônes en relation avec la trophie des milieux, l'intensité des perturbations hydrauliques dans ces milieux et les caractéristiques sédimentaires,

- essai de prédiction de la durée de vie des bras restaurés et recherche de géométries fluviales particulières qui répondent sur un long terme à des attentes écologiques fixées initialement,

- établissement de modèles prédictifs de la richesse faunistique (macro-invertébrés) en fonction des caractéristiques écologiques (qualité des eaux, degré de connexion avec le chenal, diversité d'habitats…) des lônes,

- analyse synthétique des relations trophiques dans les annexes fluviales, intégrant les résultats des autres thématiques (en particulier l'analyse de la qualité de l'eau, de la structure des communautés végétales et invertébrés, et de l'abondance et de la diversité des peuplements de juvéniles de poissons),

- gestion du tableau de bord et la restitution des résultats sous différentes formes.

Sur le plan pratique, la démarche a consisté, en **concertation** étroite avec les **organismes gestionnaires**, à fournir des protocoles et des méthodes permettant d'établir au mieux, et selon des méthodes scientifiques, un état initial du système (structure et fonctionnement) et un tableau de bord du dispositif de suivi à mettre en place. En juillet 2002, une convention a été établie entre la DIREN Délégation de Bassin Rhône-Méditérranée & Corse pour un an et les partenaires scientifiques de la Zone Atelier Bassin du Rhône avec pour objectifs :

- de réaliser un bilan des données disponibles utilisables dans le cadre de la définition des états initiaux des milieux destinés à être restaurés,
- de définir les problématiques majeures liées à l'évaluation des effets des opérations de restauration,

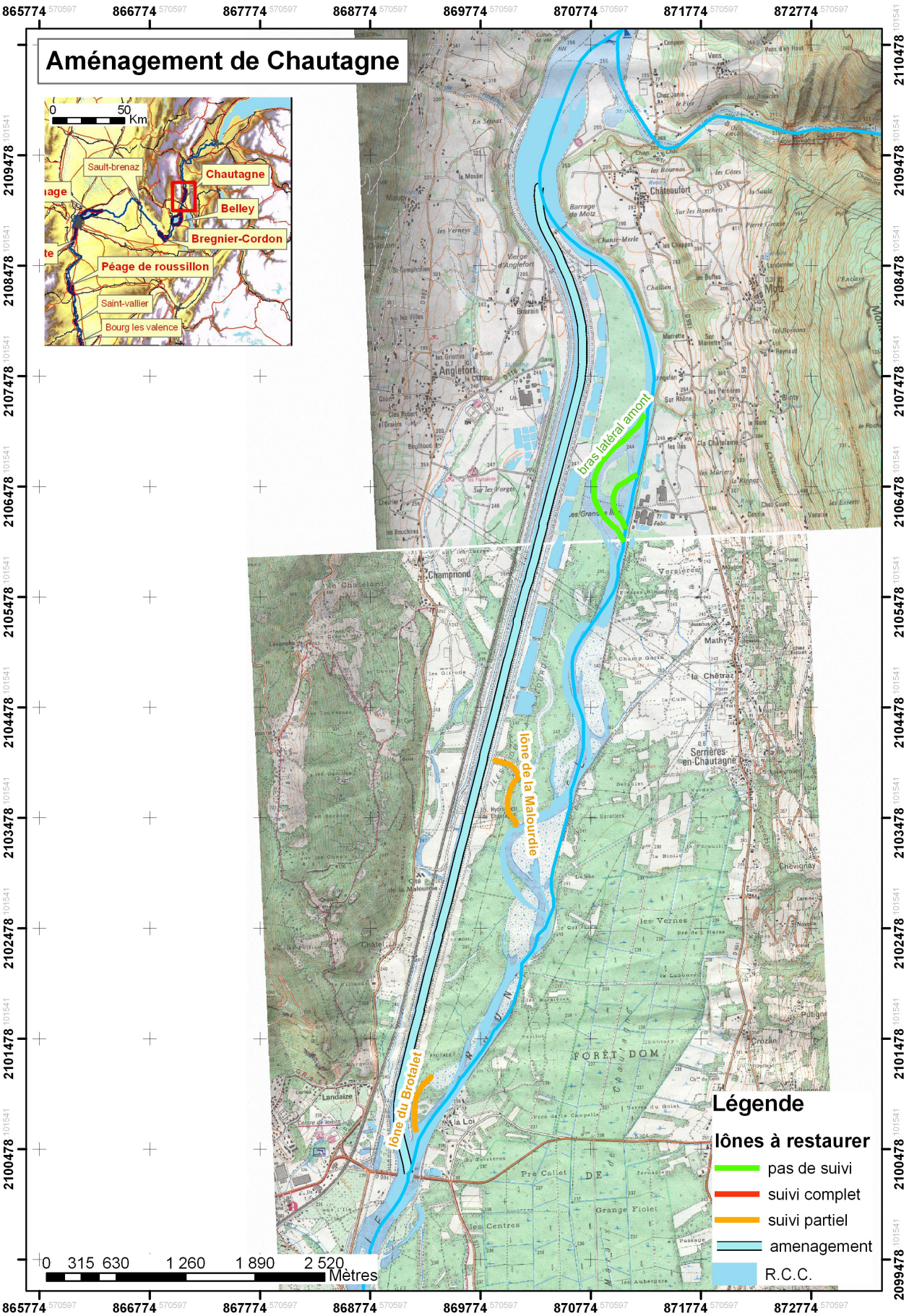
- de définir des plans et des protocoles d'échantillonnage à mettre en œuvre avant et après restauration,
- de définir un ensemble de **métriques** et d'**indicateurs** de la restauration telle qu'elle est envisagée : augmentation de débit réservé dans les sections court-circuitées et réhabilitation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

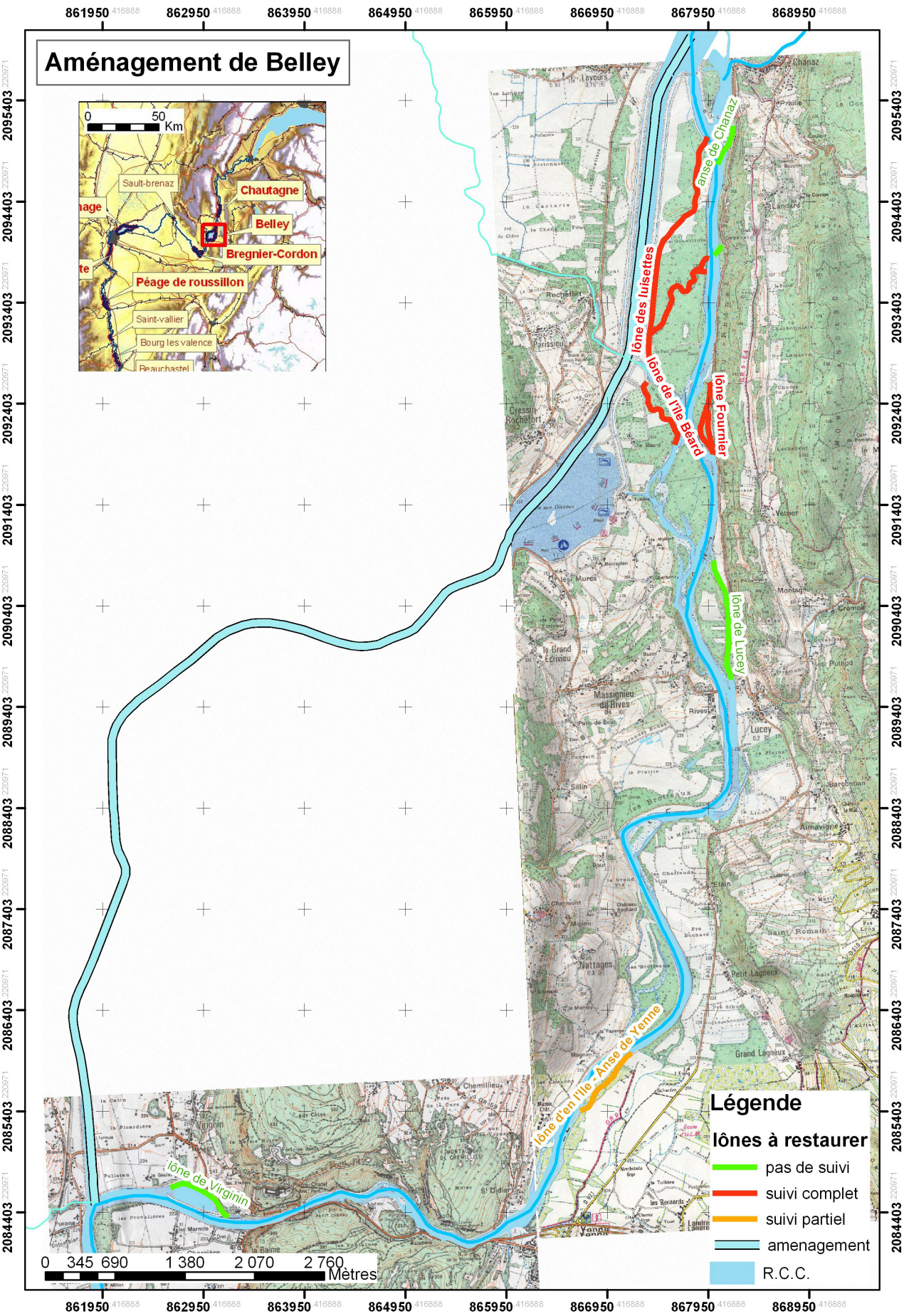
L'ensemble du projet est conçu comme une étude pluridisciplinaire dont les objectifs sont regroupés par thématique. Par exemple, plusieurs études concernant les peuplements de macro-invertébrés ou de poissons dans les chenaux court-circuités ont pour objectif d'évaluer l'impact du changement de débit sur les peuplements *via* l'analyse des changements de caractéristiques hydrauliques liées au débit. Dans un autre contexte, l'analyse de l'impact de la réhabilitation des lônes sur la biodiversité est abordée à l'aide de plusieurs descripteurs incluant les organismes animaux et végétaux et leurs caractéristiques biologiques.

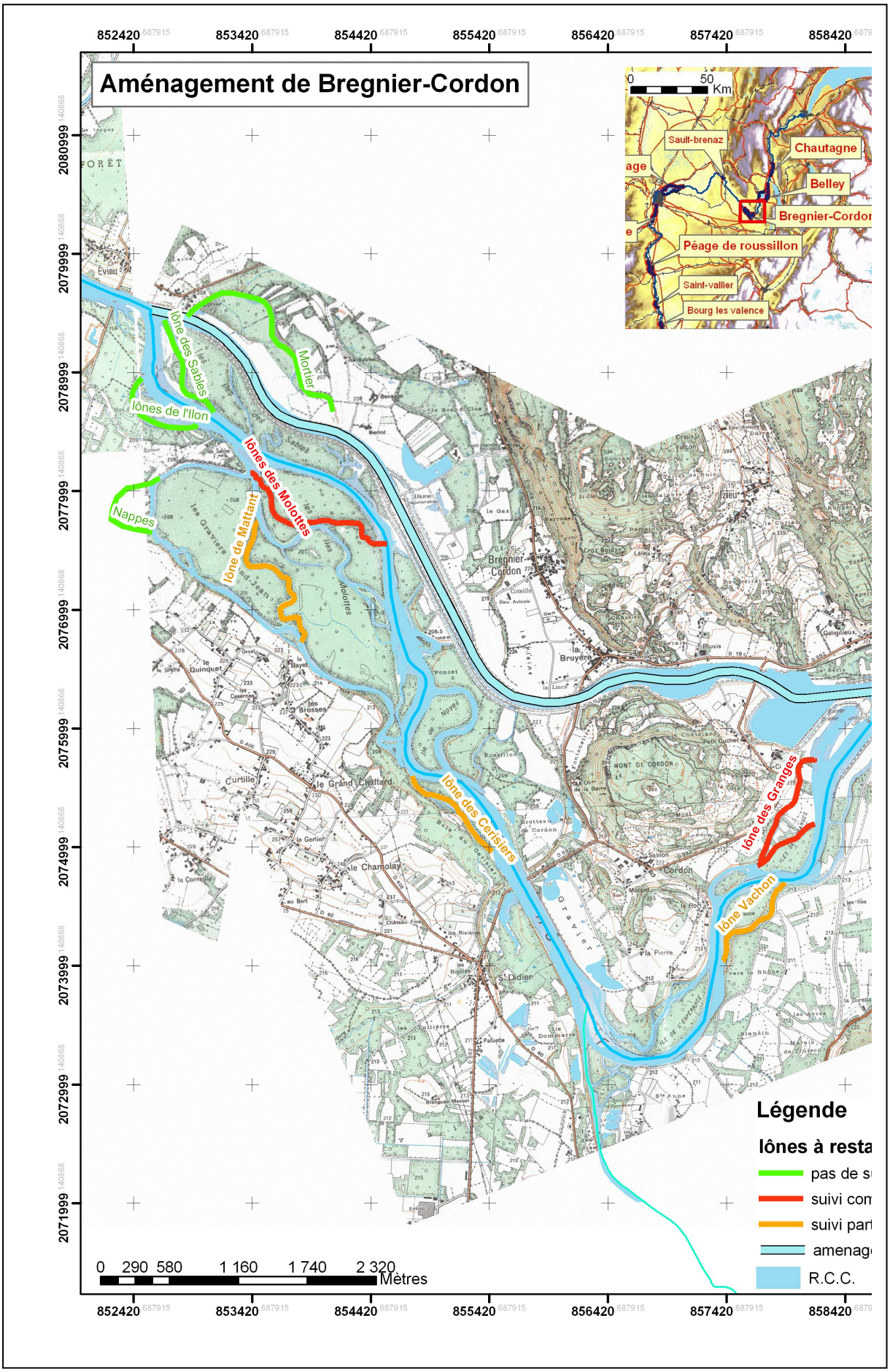
La **réhabilitation écologique et hydraulique** des Vieux Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon s'appuie sur deux opérations essentielles que sont :

- l'augmentation des débits réservés,
- la restauration écologique de 24 lônes.

Il s'agit là d'opérations dont les enjeux écologiques et économiques sont très importants à l'échelle du Rhône puisque intégrée au plan décennal de restauration hydraulique et écologique du fleuve et transposable aux autres chutes et à l'échelle locale, pour le SHR (Syndicat du Haut Rhône) qui regroupe les communes des trois départements concernés : l'Ain, la Savoie et l'Isère.


Aménagement de Chautagne
0 50 Km
Sault-brenaz
Chautagne
Belley
Bregnier-Cordon
Péage de roussillon
Saint-vallier
Bourg les valence
Bras latéral amont
Ile de la Malourdie
Ile du Brotalet
Légende
Ilônes à restaurer
pas de suivi
suivi complet
suivi partiel
amenagement
R.C.C.
0 315 630 1 260 1 890 2 520
Mètres
865774
866774
867774
868774
869774
870774
871774
872774
2110478
2109478
2108478
2107478
2106478
2105478
2104478
2103478
2102478
2101478
2100478
2099478


Aménagement de Belley
0 50 Km
Sault-brenaz
Chautagne
Belley
Bregnier-Cordon
Péage de roussillon
Saint-vallier
Bourg les valence
Beauchastel
861950
862950
863950
864950
865950
866950
867950
868950
2095403
2094403
2093403
2092403
2091403
2090403
2089403
2088403
2087403
2086403
2085403
2084403
Ile des Iuisettes
Ile de l'Ile Béard
Ile Fournier
anse de Chanaz
Ile de Lucey
Ile d'en Ille - Anse de Yenne
Ile de Virginin
0 345 690 1 380 2 070 2 760
Mètres
Légende
Iônes à restaurer
pas de suivi
suivi complet
suivi partiel
amenagement
R.C.C.



N.B : Les lônes Plaine & Ponton et Chantemerle sont hors carte.

3 PEUPLEMENT PISCICOLE

3.1 Rappel du contexte et des objectifs

Le peuplement de poissons du R.C.C. de Brégnier-Cordon a été suivi à la suite de la mise en service de l'aménagement hydro-électrique puis de manière irrégulière. Les pêches réalisées ont alors été effectuées dans le contexte du suivi des effets des chasses triennales du Haut-Rhône (1990, 1993, 1997). De ce fait, le jeu de données disponible sur ce Vieux-Rhône est plus hétérogène que celui utilisé dans le cadre de la réalisation de l'état initial dans le Vieux-Rhône de Chautagne. Les dernières campagnes de pêches électriques réalisées dans ce R.C.C. datent de 1997. Elles ne permettent pas d'établir un bilan objectif et actuel du fonctionnement du peuplement piscicole du Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. Afin de dresser un état du peuplement deux campagnes de pêches électriques automnales ont été effectuées en 2004 et 2005. Les caractéristiques hydrauliques du secteur ont été couplées aux modèles de préférence d'habitat des poissons afin d'établir des estimations de surfaces utiles en fonction des valeurs de débit.

3.2 Stratégie d'échantillonnage

3.2.1 Stations d'étude

Deux stations ont été échantillonnées dans le Vieux - Rhône en 2004 et 2005 (cf carte *Figure 1*).

- une station située entre le barrage de Champagneux et le seuil des Molottes et incluant la lône des noyés et la confluence avec le Guiers ;
- une station située entre le seuil des Molottes (à l'amont) et l'aval de la confluence avec la lône Graviers-Grand-Jean (à l'aval), cette station inclus la lône dans sa moitié aval

Huit lônes ont également été prospectées avant restauration :

- Lône de Chantemerle,
- Lône Vachon,
- Lône des Cerisiers,
- Lône des Granges,
- Lône de la Plaine,
- Lône du Ponton,
- Lône Mattant,
- Lône des Molottes.

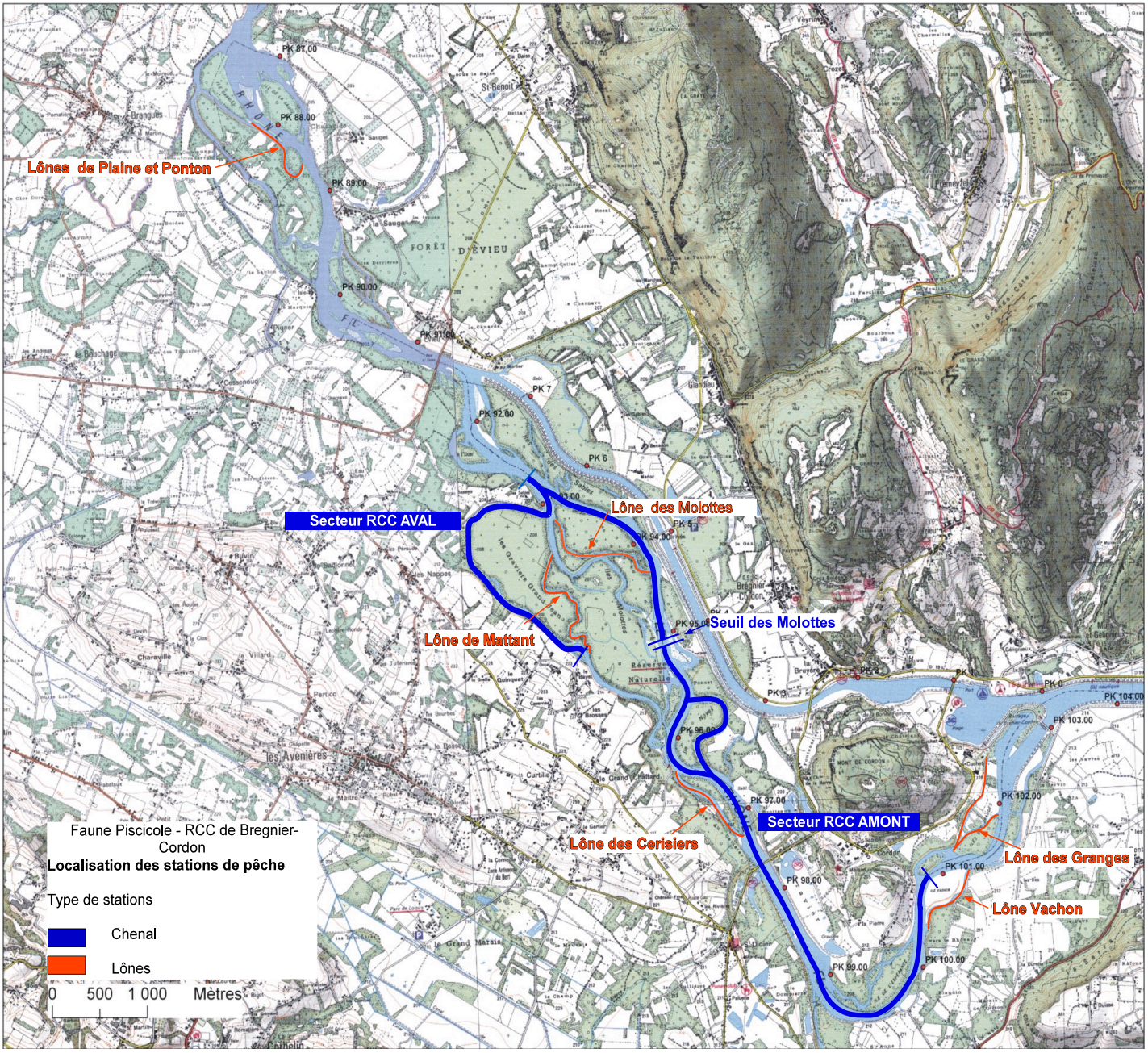


Figure 1 : Carte de localisation des stations piscicoles sur le RCC de Brégnier-Cordon.

3.2.2 Protocole et effort d'échantillonnage

La méthode d'échantillonnage utilisée est celle des échantillons ponctuels d'abondance (E.P.A.) (Nelva et al., 1979; Persat et Olivier, 1991). Une campagne de pêche est constituée d'un ensemble de points réalisés à une date donnée.

A chaque point d'échantillonnage, les poissons sont identifiés, mesurés et remis à l'eau.

Dans le Vieux-Rhône (chenal) 130 E.P.A. ont été effectués dans la station amont et 75 dans la station aval en octobre 2004 et septembre 2005, soit un total de 400 E.P.A. Ces deux campagnes de pêches n'étaient pas prévues initialement dans la convention de suivi, elles ont été réalisées à l'initiative de l'UMR CNRS 5023.

Dans les lônes, la configuration, la taille et la disposition des zones en eau diffèrent selon les sites et l'effort d'échantillonnage a été adapté à ces paramètres :

Tableau 2 : Effort de pêche sur les stations du RCC de Bregnier-Cordon

Stations\dates	Octobre 2004	Octobre 2005
Lône de Chantemerle	25	25
Lône Vachon	25	25
Lône des Cerisiers	25	25
Lône des Granges	15	17
Lône de la Plaine	0	17
Lône du Ponton	0	4
Lône Mattant	0	25
Lône des Molottes	0	3

La *Figure 2* présente les dates des campagnes de prélèvement de la faune piscicole et des invertébrés dans le chenal ainsi que le débit journalier du Haut Rhône.



Figure 2 : Débit moyen journalier du Haut Rhone mesuré à Pont de Cordon (en bleu) et Pont de Groslée (en vert) sur la période 2002-2005. Les dates de prélevement de la faune piscicole et invertébré sont indiquées par une fléche (orange pour les invertébrés et violette pour la faune piscicole).

3.3 Résultats

3.3.1 Liste faunistique et composition du peuplement

Les 28 espèces échantillonnées au cours des deux campagnes de pêches réalisées en 2004 et 2005 sont répertoriées dans le *Tableau 3*.

Le peuplement piscicole du R.C.C. de Brégnier-Cordon (lônes comprises) renferme un grand nombre d'espèces (28 parmi les 36 répertoriées sur le Haut-Rhône), par rapport au Vieux Rhône de Belley, il manque la lote et la blénnie fluviatile. Lors des campagnes de pêches réalisées entre 1989 et 1997 dans le Vieux-Rhône, le sandre et la lote avaient été répertoriés. Ces deux espèces n'ont pas été rencontrées en 2004 et 2005.

Parmi ces 28 espèces, deux ne sont présentes que dans le chenal *sensu-strico* : l'ombre commun et la grémille.

La carpe commune, le pseudorasbora et le rotengle n'ont été rencontrés que dans les lônes (*Tableau 4* et *Tableau* 5).

Les *Figure 3* et *Figure* 4 présentent l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des 28 espèces (nombre de points d'échantillonnage dans lesquels une espèce a été rencontrée) dans le chenal et dans les lônes. Les lônes de la Plaine et du Ponton, situées en aval de la restitution, ne sont pas prises en considération sur ces figures. Les données collectées dans les lônes situées dans la section court-circuitée ont été agglomérées. La lône de Chantemerle située an amont de l'aménagement hydro-électrique de Brégnier-Cordon a été traitée séparément.

Dans le chenal du Vieux-Rhône des poissons ont échantillonnés dans 67% des E.P.A. effectués. Les espèces présentant les fréquences d'occurrence les plus élevées sont (données de 2004 et 2005 confondues) :

- Chevaine 39.4%
- Goujon 20.3%
- Barbeau fluviatile 17.4%
- Spirlin 12.6%
- Perche fluviatile 11.8%
- Vandoise 9.2%
- Hotu 7.5%
- Ablette 7%
- Gardon 6.5%

Les 16 autres espèces ont des fréquences d'occurrence inférieures à 5%.

Dans les lônes en communication avec le Vieux-Rhône (Granges, Vachon, Cerisier, Molottes, Mattant), les espèces dont les fréquences d'occurrence sont les plus élevées sont les suivantes :

- Chevaine 20.6%
- Loche franche 11.3%
- Perche-soleil 10.6%
- Gardon 10.6%
- Épinoche 10.6%
- Ablette 10.6%
- Tanche 9.4%
- Goujon 7.5%

Les 14 autres espèces ont des fréquences d'occurrence inférieures à 5%. Dans ces milieux, seuls 47.5% des points d'échantillonnage réalisés contenaient des poissons.

La lône de Chantemerle constitue un site à part, situé en amont de la retenue de Brégnier-Cordon. Dans cette lône, des poissons ont été échantillonnés dans 62% des E.P.A. et les espèces les plus fréquemment rencontrées sont le chevaine (occurrence de 30%), la perche fluviatile (22%) et le goujon (18%).

Le chevaine est l'espèce qui présente la plus forte fréquence d'occurrence dans tous les milieux prospectés, cette espèce euryèce semble donc dominer le peuplement.

Parmi les deux espèces de salmonidés, la truite fario est assez peu représentée, elle a été échantillonnée essentiellement dans le chenal principal et dans la lône des Cerisiers (juvéniles de l'année). L'ombre commun n'a été capturé qu'une seule fois dans un seuil proche de la confluence avec le Guiers.

L'allure des graphiques présentant les fréquences d'occurrence montre que le peuplement du chenal est très largement dominé par le chevaine et que les autres espèces les plus fréquemment échantillonnées sont des espèces rhéophiles (spirlin, barbeau, vandoise et hotu) ou souvent associées à des vitesses de courant faibles à moyennes (goujon, perche, ablette et même gardon). Le peuplement des lônes comporte d'avantage d'espèces lénitophiles (perche-soleil, épinoche, tanche) bien que les effectifs capturés soient toujours faibles.

Tableau 3 : Liste des espèces échantillonnées en 2004. Pour chaque espèce (exceptée l'anguille qui se reproduit en mer) figure son appartenance à une guilde de reproduction (une guilde est un ensemble d'espèces qui utilisent le même type de support de reproduction). Lithophile : qui dépose ses œufs sur un substrat grossier (blocs, galets, graviers), psammophile : qui dépose ses œufs sur du sable, phytophile qui dépose ses œufs sur la végétation, phyto-lithophile : qui dépose ses œufs sur de la végétation ou un substrat dur, voir sur du bois immergé, ostracophile : qui dépose ses œufs dans une moule d'eau douce (genre *Unio* ou *Anodonta*), nest-guarder : espèces qui construisent et qui gardent un nid dans lequels sont déposés les œufs. Ces données sont extraites de Balon (1975). Il est important de noter que la truite et l'ombre enfouissent leurs œufs dans le substrat.

Famille	Espèce			Guilde de
	Nom vernaculaire	Nom latin	Code	reproduction
Salmonidés				
	Truite fario	*Salmo trutta fario (L., 1758)*	TRF	lithophile (œufs enfouis)
	Ombre commun	*Thymallus thymallus (L. 1766)*	OBR	lithophile (œufs enfouis)
Esocidés				
	Brochet	*Esox lucius (L., 1758)*	BRO	phytophile
Cyprinidés				
	Gardon	*Rutilus rutilus (L., 1758)*	GAR	phyto-lithophile
	Blageon	*Leuciscus soufia (Risso, 1826)*	BLN	lithophile
	Vandoise	*Leuciscus leuciscus (L., 1758)*	VAN	lithophile
	Chevaine	*Leuciscus cephalus (L., 1758)*	CHE	lithophile
	Vairon	*Phoxinus phoxinus (L., 1758)*	VAI	lithophile
	Rotengle	*Scardinius erythrophthalmus (L., 1758)*	ROT	phytophile
	Tanche	*Tinca tinca (L., 1758)*	TAN	phytophile
	Ablette	*Alburnus alburnus (L., 1758)*	ABL	phyto-lithophile
	Spirlin	*Alburnoides bipunctatus (Bloch, 1782)*	SPI	lithophile
	Brème bordelière	*Blicca bjoerkna (L., 1758)*	BRB	phytophile
	Brème commune	*Abramis brama (L., 1758)*	BRE	phyto-lithophile
	Hotu	*Chondrostoma nasus (L., 1758)*	HOT	lithophile
	Bouvière	*Rhodeus sericeus (Bloch, 1785)*	BOU	ostracophile
	Goujon	*Gobio gobio (L., 1758)*	GOU	psammophile
	Pseudorasbora	*Pseudorasbora parva (Chlegel, 1842)*	PSR	phyto-lithophile
	Barbeau fluviatile	*Barbus barbus (L., 1758)*	BAF	lithophile
	Carpe commune	*Cyprinus carpio (L., 1758)*	CCO	phytophile
Balitoridés				
	Loche franche	*Barbatula barbatula (L., 1758)*	LOF	lithophile
Ictaluridés				
	Poisson-chat	*Ameiurus melas (Rafinesque, 1820)*	PCH	nest-guarder
Anguillidés				
	Anguille	*Anguilla anguilla (L., 1758)*	ANG	
Gastérostéidés				
	Epinoche	*Gasterosteus aculeatus (L., 1758)*	EPI	nest-guarder
Centrarchidés				
	Perche-soleil	*Lepomis gibbosus (L., 1758)*	PES	nest-guarder (subst. Indif.)
Percidés				
	Perche fluviatile	*Perca fluviatilis (L., 1758)*	PER	phytophile
	Grémille	*Gymnocephalus cernua (L., 1758)*	GRE	phyto-lithophile
Cottidés				
	Chabot	*Cottus gobio (L, 1758)*	CHA	nest gurder (speleophile)

Tableau 4 : Effectifs bruts capturés par station et par date.

Nom Station	Lône des Cerisiers		Lône des Granges		Lône des Molottes	Lône Mattant	RCC Amont		RCC aval		Lône de Chantemerle		Lône Vachon		Lônes Plaine et Ponton	Total
Date	**17/11/04**	**29/08/05**	**18/11/04**	**30/08/05**	**30/08/05**	**30/08/05**	**25/10/04**	**06/09/05**	**16/11/04**	**05/09/05**	**14/10/04**	**29/08/05**	**18/11/04**	**31/08/05**	**31/08/05**	
ABL	151	1		4			5	28		25	23	4		14	5	264
ANG							2	1	2	2	1					9
BAF		1					79	64	22	31		4				201
BLN							2	1	1	2						6
BOU	7	66					5	10	9	2	2	1			10	112
BRB	3	5					5	6	9	16		1		2	4	51
BRE	33						4			2	2		1			42
BRO							6				4	1			1	14
CCO		1										1			1	3
CHA							1		2	1						4
CHE	50	35	5	1		13	230	301	84	115	32	38		2	3	912
EPI	16	51					8	6	2	1		1				85
GAR	61	4		1			13	36		29	23		6	7	1	181
GOU	32	41					88	91	38	51	23	9				376
GRE							5	3	1	5	3					18
HOT	53	2					52	28	4	41						180
LOF	27	44					11	16					1			99
OBR							1									1
PCH	1								1						30	32
PER	2	2		1			29	14	13	5	13	7	1			87
PES	5	4	6	3			5	1	9	1	6	2	1	6	13	62
PSR				1										1	3	5
ROT		2	1											1		4
SPI	2						67	33	27	42						171
TAN	7	7	2	6	1	1	2	3	2	1	1	4		5	7	49
TRF	2	1					8	1	5	2						19
VAI	3	6					30	15	2	4						60
VAN	6	11	1				8	50	1	27	1		2	1		108
Total	461	284	15	17	1	14	666	708	234	405	134	73	12	39	78	3155
Nb points	25	25	15	17	3	25	130	131	75	78	25	25	25	25	21	
Nb esp	18	18	5	7	1	2	24	20	19	21	13	12	6	9	11	

Tableau 5 : Abondance relative par station et par date.

Nom Station	Lône des Cerisiers		Lône des Granges		Lône des Molottes	Lône Mattant	RCC Amont		RCC aval		Lône de Chantemerle		Lône Vachon		Lônes Plaine et Ponton	
Date	**17/11/04**	**29/08/05**	**18/11/04**	**30/08/05**	**30/08/05**	**30/08/05**	**25/10/04**	**06/09/05**	**16/11/04**	**05/09/05**	**14/10/04**	**29/08/05**	**18/11/04**	**31/08/05**	**31/08/05**	**Total**
ABL	0,33	0,00		0,24			0,01	0,04		0,06	0,17	0,05		0,36	0,06	264
ANG							0,00	0,00	0,01	0,00	0,01					9
BAF		0,00					0,12	0,09	0,09	0,08		0,05				201
BLN							0,00	0,00	0,00	0,00						6
BOU	0,02	0,23					0,01	0,01	0,04	0,00	0,01	0,01			0,13	112
BRB	0,01	0,02					0,01	0,01	0,04	0,04		0,01		0,05	0,05	51
BRE	0,07						0,01			0,00	0,01		0,08			42
BRO							0,01				0,03	0,01			0,01	14
CCO		0,00										0,01			0,01	3
CHA							0,00		0,01	0,00						4
CHE	0,11	0,12	0,33	0,06		0,93	0,35	0,43	0,36	0,28	0,24	0,52		0,05	0,04	912
EPI	0,03	0,18					0,01	0,01	0,01	0,00		0,01				85
GAR	0,13	0,01		0,06			0,02	0,05		0,07	0,17		0,50	0,18	0,01	181
GOU	0,07	0,14					0,13	0,13	0,16	0,13	0,17	0,12				376
GRE							0,01	0,00	0,00	0,01	0,02					18
HOT	0,11	0,01					0,08	0,04	0,02	0,10						180
LOF	0,06	0,15					0,02	0,02					0,08			99
OBR							0,00									1
PCH	0,00								0,00						0,38	32
PER	0,00	0,01		0,06			0,04	0,02	0,06	0,01	0,10	0,10	0,08			87
PES	0,01	0,01	0,40	0,18			0,01	0,00	0,04	0,00	0,04	0,03	0,08	0,15	0,17	62
PSR				0,06										0,03	0,04	5
ROT		0,01	0,07											0,03		4
SPI	0,00						0,10	0,05	0,12	0,10						171
TAN	0,02	0,02	0,13	0,35	1,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,05		0,13	0,09	49
TRF	0,00	0,00					0,01	0,00	0,02	0,00						19
VAI	0,01	0,02					0,05	0,02	0,01	0,01						60
VAN	0,01	0,04	0,07				0,01	0,07	0,00	0,07	0,01		0,17	0,03		108
Total	461	284	15	17	1	14	666	708	234	405	134	73	12	39	78	3155
Nb points	25	25	15	17	3	25	130	131	75	78	25	25	25	25	21	
Nb esp	18	18	5	7	1	2	24	20	19	21	13	12	6	9	11	

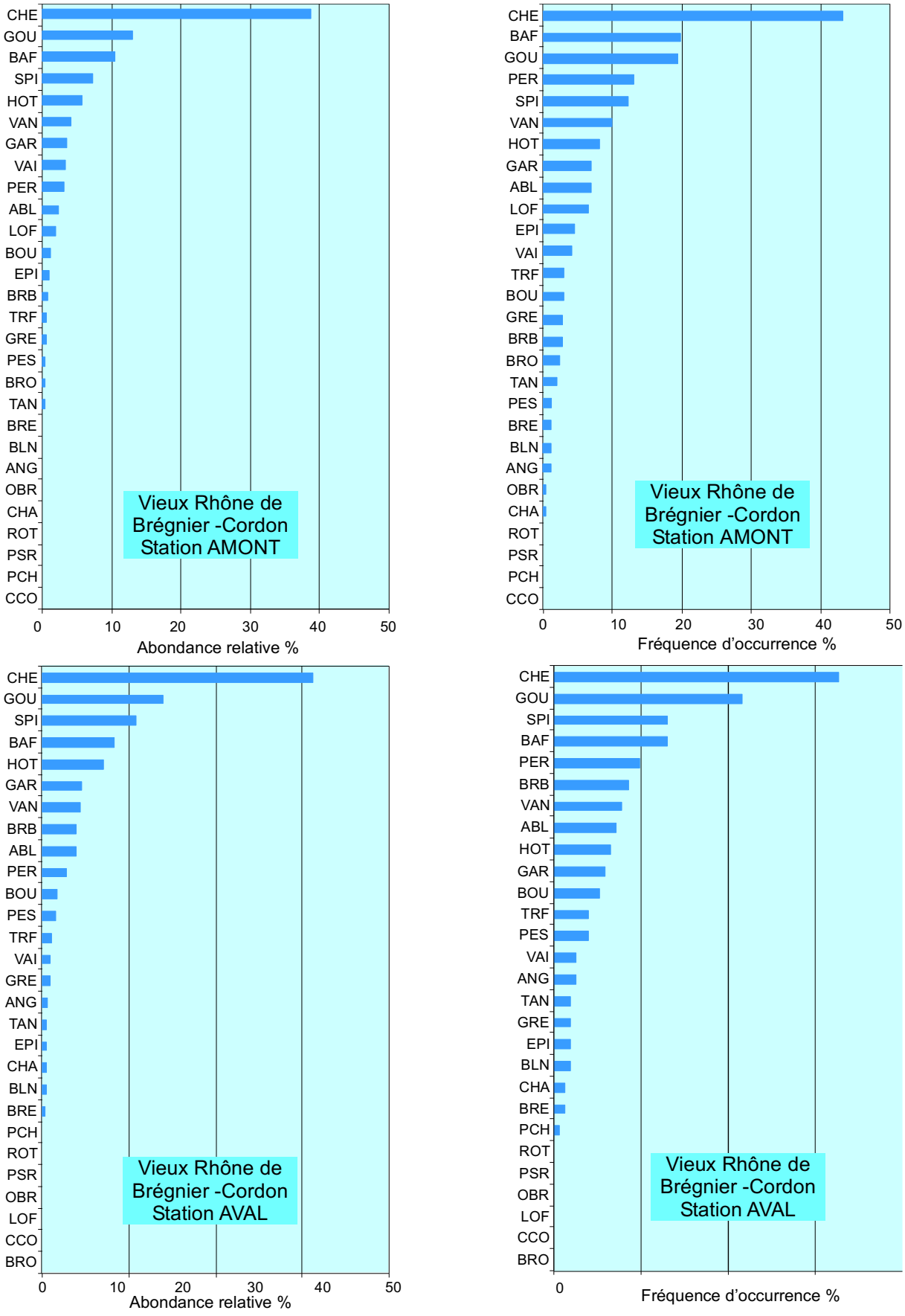


Figure 3 : Abondances relatives et fréquences d'occurrence des différentes espèces capturées dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon en automne 2004 et 2005.

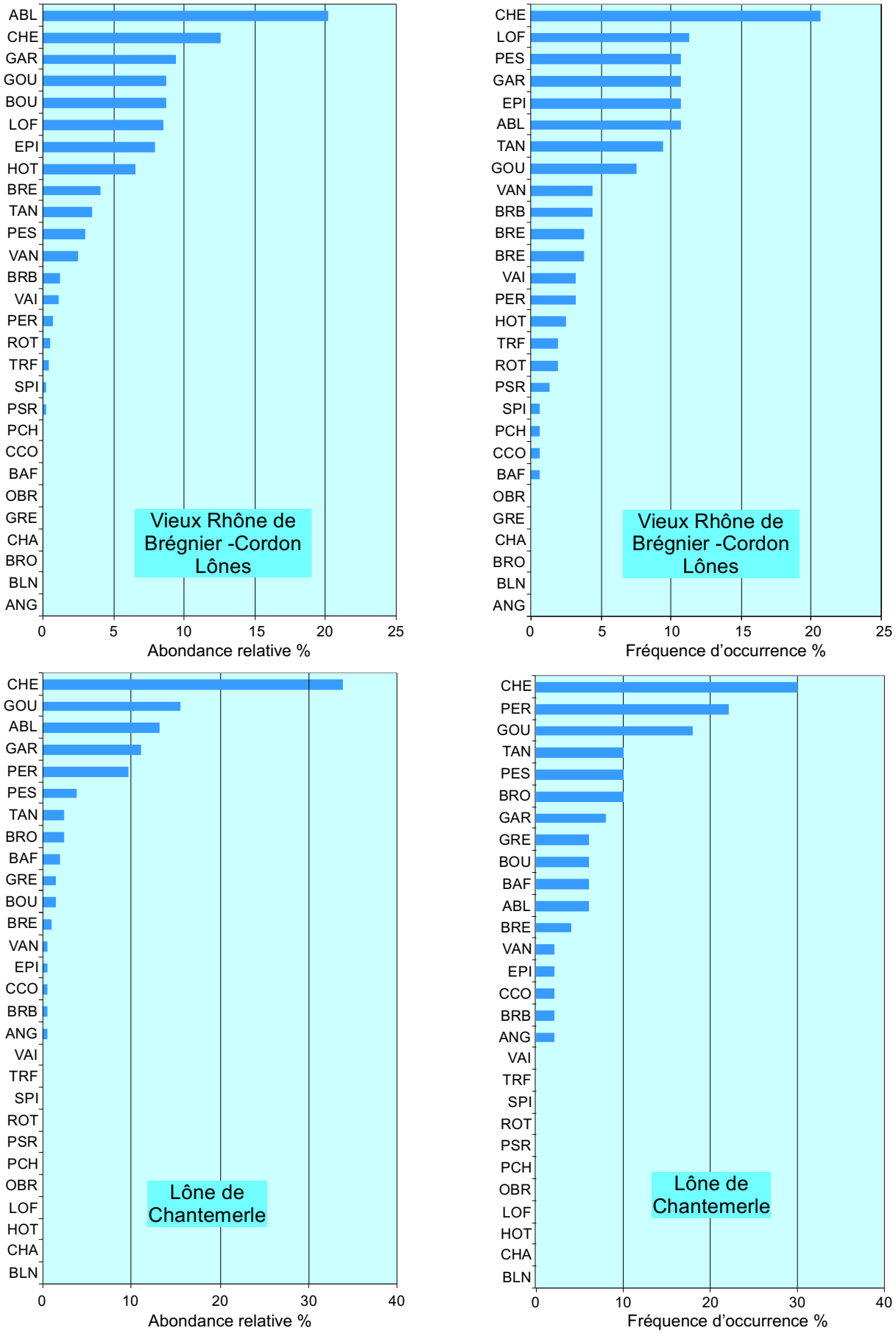


Figure 4 : Abondances relatives et fréquences d'occurrence des différentes espèces capturées dans les lônes du Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon (en haut) et dans la lône de Chantemerle (en bas) en automne 2004 et 2005.

3.3.2 Caractérisation du peuplement du RCC dans le chenal et dans les lônes

3.3.2.1 Peuplement piscicole du chenal

La *Figure 5* montre l'abondance absolue des différentes espèces dans les deux stations échantillonnées (moyenne calculée sur les deux séries de pêches effectuées en automne 2004 et 2005).

Les principaux résultats sont :

- pour un effort d'échantillonnage équivalent, les effectifs capturés sont à peu près équivalents en amont et en aval du seuil des Molottes ;
- la structure du peuplement est quasiment identique dans les deux stations ce qui autorise à considérer le peuplement du chenal du Vieux-Rhône comme une entité ;
- le chevaine domine largement dans le peuplement avec des effectifs capturés beaucoup plus importants que ceux des autres espèces ;
- les quatre espèces les plus abondantes après le chevaine sont le goujon (13.4%), le barbeau (9.5%), le spirlin (8.9%) et le hotu (6.3%) mais les effectifs capturés sont relativement faibles en regard de la capacité d'accueil du Vieux-Rhône ;
- pour un effort d'échantillonnage identique, l'ordre de grandeur des effectifs capturés toutes espèces confondues représente la moitié des effectifs échantillonnés dans le Vieux-Rhône de Belley en automne 2004 ;
- les effectifs échantillonnés en 2004-2005 sont voisins de ceux enregistrés lors des dernières campagnes de pêches réalisées en 1996 et 1997 (*Figure 6*). L'évolution des abondances exprimée sur la *Figure 6* repose sur les résultats de pêches réalisées par l'UMR CNRS « Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux » de l'Université Lyon1 dans le cadre du suivi piscicole du Rhône entre 1989 et 1997. Les données correspondent à 4 stations (2 en amont du seuil des Molottes et 2 en aval), les surfaces pêchées étaient moins importantes que lors de la prospection de 2004 et 2005. Néanmoins, le graphique montre une très nette diminution des abondances après 1994. Les pêches de 1993 et 1995 ayant été réalisées en fin d'automne à la suite de crues, le nombre de poissons capturés était alors très faible. Les raisons de cette baisse n'ont pas été identifiées, il se pourrait que la qualité du milieu ait été altérée (colmatage du substrat en amont du seuil des Molottes, qualité de l'eau (?)) ;
- les espèces limnophiles (d'eau stagnante) sont également présentes en amont et en aval du seuil mais avec des effectifs très faibles ;
- Le *Tableau 6* renseigne sur le pourcentage de juvéniles de l'année (poissons nommés 0+) dans les échantillons réalisés dans le RCC. Pour le chevaine les valeurs sont variables mais supérieures à 60%. Les goujons capturés appartiennent à plusieurs classes d'âges, ce qui témoigne de l'existence d'une structure de population bien établie. Il en est de même pour le barbeau et le spirlin. Pour les autres espèces, les effectifs échantillonnés sont faibles et le pourcentage de 0+ est souvent très élevé, mettant en évidence la difficulté d'échantillonner les poissons de grandes tailles, très probablement en raison de leurs faibles densités.

Ces résultats laissent donc apparaître que le peuplement piscicole du Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon est relativement pauvre avec une abondance très importante de chevaine,

espèce très tolérante, et de goujon, espèce qui trouve probablement des conditions de substrat et d'écoulement favorables dans ce vieux-Rhône. Par contre, les espèces rhéophiles comme le hotu, l'ombre commun et la truite semblent avoir subi un déclin suite à l'aménagement hydro-électrique et à l'évolution des caractéristiques physico-chimiques du Vieux-Rhône (colmatage du substrat). La baisse des effectifs échantillonnés après 1994 est révélatrice de ce phénomène.

Le pourcentage d'espèces « d'eaux vives » (espèces fréquentant préférentiellement les radiers) (*cf.* § 3.3.3) dans le RCC est de 20.4%. Le pourcentage d'espèces « d'eaux courantes » (espèces fréquentant préférentiellement le chenal) dans le RCC est de 32.2%. La pente du secteur de Brégnier-Cordon et la présence du seuil des Molottes favorisent les zones profondes et courantes, ce qui explique la forte proportion des espèces dites « d'eaux courantes ».

Les espèces cibles dans le chenal de Brégnier-Cordon sont principalement représentées par la truite et l'ombre commun dont les effectifs capturés en 2004 et 2005 sont très faibles.

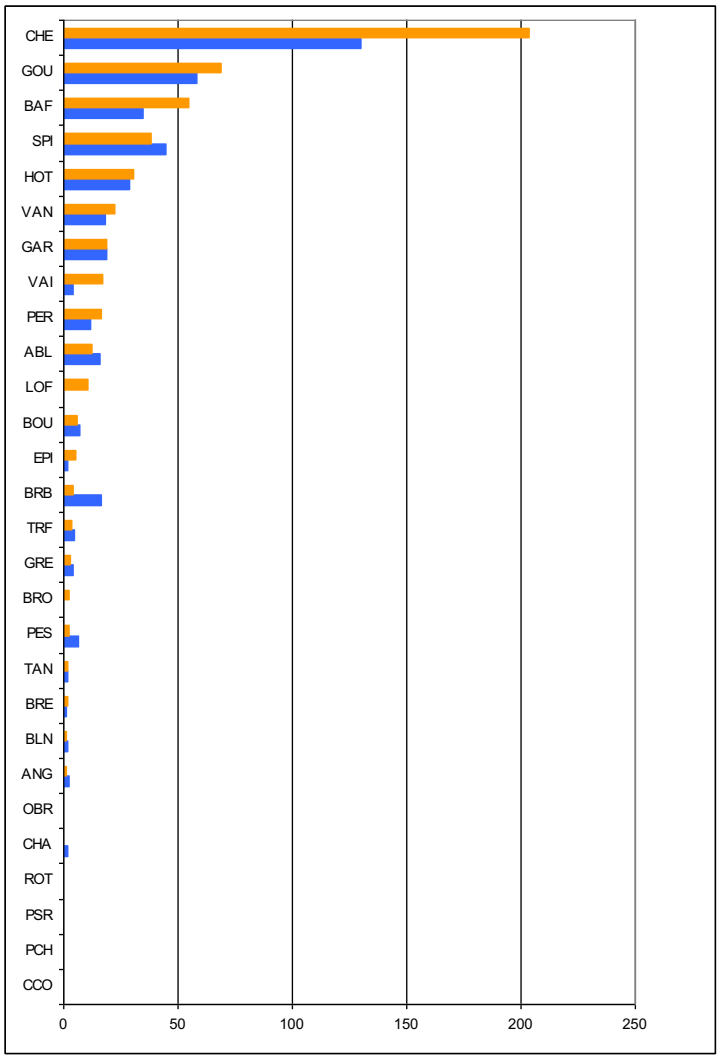


Figure 5 : Abondance absolue des différentes espèces capturées dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. Les valeurs représentées correspondent à une valeur moyenne calculée sur les deux campagnes de 2004 et 2005 pour un effort d'échantillonnage de 100 E.P.A. En orange : station amont du seuil des Molottes ; en bleu : station aval du seuil des Molottes.

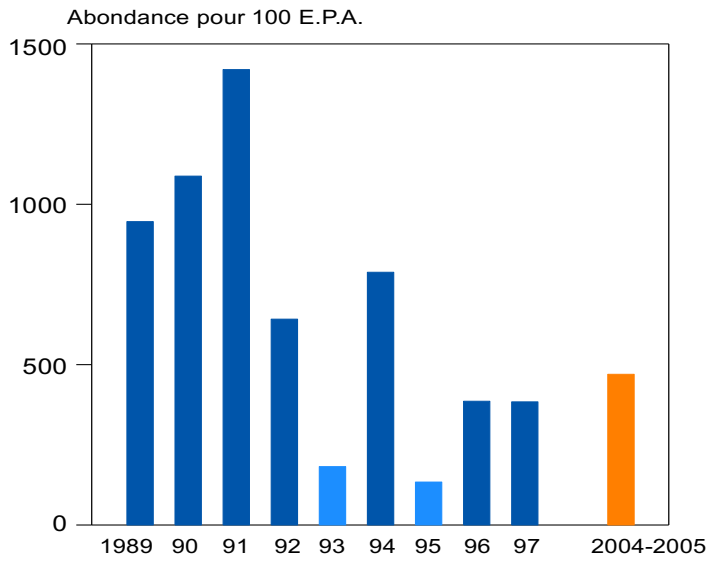


Figure 6 : Abondance de poissons toutes espèces confondues calculée pour un effort d'échantillonnage de 100 E.P.A. dans le Vieux Rhône de Brégnier-Cordon en amont et en aval du seuil des Molottes, la valeur indiquée pour 2004-2005 est une abondance moyenne calculée sur les deux années et pour 100 E.P.A. réalisés.

Tableau 6 : Pourcentage de juvéniles de l'année (0+) de 14 espèces dans les pêches réalisées en 2004 et 2005 dans le chenal du Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon

espèces	RCC amont 25/10/2004	RCC amont 06/09/2005	RCC aval 16/11/2004	RCC aval 05/09/2005
ABL	100	78.6	-	20
BAF	40.5	59.4	13.6	77.4
BOU	40	50	22.2	50
BRB	80	83.3	33.3	62.5
BRE	100	-	-	50
CCO	-	-	-	-
CHE	69.1	72.4	70.2	61.7
GAR	100	100.0	-	37.9
GOU	39.8	36.3	18.4	47.1
HOT	88.5	67.9	100	90.2
ROT	-	-	-	-
SPI	64.2	66.7	74.1	16.7
TAN	0	33.3	100	0
TRF	87.5	0	80	100
VAN	37.5	82	100	66.7

3.3.2.2 Peuplement piscicole des lônes

22 espèces ont été échantillonnées dans les lônes connectées de manière permanente ou temporaire au Vieux-Rhône, les espèces présentes dans le RCC et absentes dans ces lônes sont l'anguille, le blageon, le brochet, le chabot, la grémille et l'ombre commun (*Tableau 4* et *Tableau* 5). Parmi ces lônes, la lône des Cerisiers est la plus riche (18 espèces) et celle qui présente les effectifs échantillonnés les plus importants. La diversité d'habitats dans cette lône et sa connexion amont avec le RCC et avec la Bièvre maintenant un léger courant dans la lône permettent certainement d'expliquer ces observations.

La richesse spécifique et les abondances sont très faibles dans la lône Vachon.

Les deux lônes partiellement en eau (Molottes et Mattant) ne renferment que très peu de poissons.

La lône des Granges ne possédant que quelques mares en eau est également très pauvre en poissons.

La lône de Chantemerle constitue un milieu un peu à part à cause de sa localisation et de sa configuration. C'est un milieu pauvre d'un point de vue piscicole dans lequel 17 espèces ont été rencontrées lors des deux campagnes de pêche (poisson-chat, tanche, ablette, perche-soleil, bouvière, brème bordelière, chevaine, pseudorasbora, brochet, carpe, gardon). Les effectifs échantillonnés sont très faibles (*Tableau 4* et *Tableau* 5).

Les lônes de la Plaine et du Ponton, localisées en aval de la restitution de l'aménagement hydro-électrique ont été visitées en 2004 et 2005. Les débits très bas en octobre 2004 ont entraînés une baisse importante de niveau dans ces deux lônes, rendant impossible l'échantillonnage par pêche électrique. En 2005, 17 E.P.A. ont été effectués dans la lône de la Plaine et 4 dans des mares isolées de la lône du Ponton. Les résultats ont été regroupés (*Tableau 4* et *Tableau* 5). La majorité des poissons capturés l'ont été dans la lône de la Plaine, dans sa partie aval en eau permanente, seules deux ablettes et une tanche ont été échantillonnées dans la lône du Ponton. Le poisson-chat et la perche-soleil représentent 55% des poissons capturés.

Les espèces cibles des lônes sont le rotengle, la tanche, la bouvière et le brochet. 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 effectifs de ces espèces sont consignés dans le *Tableau 4* .

La tanche est l'espèce présente dans la totalité des lônes prospectées avant réhabilitation, le rotengle et le brochet sont beaucoup plus rares ; la bouvière est surtout abondante dans la lône des Cerisiers et dans les lônes de Plaine et Ponton.

Abondance relative des espèces phytophiles et phyto-lithophiles :

- Lône des Cerisiers : 37%
- Lône des Granges : 50%
- Lône des Molottes : une tanche capturée
- Lône Mattant : 7%
- Lône de Chantemerle : 42%
- Lône Vachon : 75%
- Lônes de la Plaine et Ponton : 28%.

On notera que l'abondance relative des espèces phytophiles et phyto-lithophiles est très variable d'une lône à l'autre. Ces proportions renseignent sur la présence d'espèces considérées généralement comme plutôt typiques des milieux stagnants et présentant une bonne adaptation aux annexes fluviales.

Les juvéniles de l'année constituent la majorité des poissons capturés dans les lônes (*Tableau 7*).

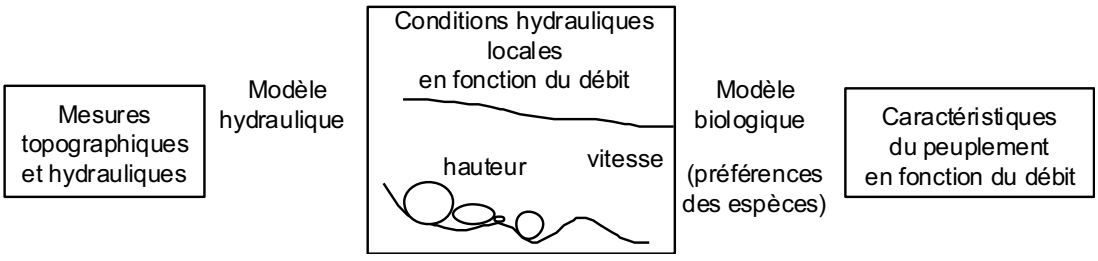
Tableau 7 : Pourcentage de juvéniles de l'année (0+) de 14 espèces dans les pêches réalisées en 2004 et 2005 dans les lônes de Brégnier-Cordon.

espèces	Lône des Cerisiers 17/11/2004	Lône des Cerisiers 29/08/2005	Lône de Chantemerle 14/10/2004	Lône de Chantemerle 29/08/2005	Lône Vachon 18/11/2004	Lône Vachon 31/08/2005
ABL	82.1	0.0	100.0	100.0	-	100.0
BAF	-	100.0	-	100.0	-	-
BOU	71.4	95.5	0.0	100.0	-	-
BRB	100.0	80.0	-	100.0	-	100.0
BRE	97.0	-	100.0	-	0.0	-
CCO	-	100.0	-	100.0	-	-
CHE	76.0	28.6	56.3	78.9	-	0.0
GAR	100.0	100.0	100.0	-	0.0	100.0
GOU	59.4	90.2	60.9	33.3	-	-
HOT	100.0	0.0	-	-	-	-
ROT	-	100.0	-	-	-	100.0
SPI	100.0	-	-	-	-	-
TAN	100.0	14.3	0.0	75.0	-	20.0
TRF	100.0	100.0	-	-	-	-
ABL	0.0	0.0	-	-	-	-
BAF	100.0	0.0	0.0	-	0.0	100.0

3.3.3 Simulation de la qualité de l'habitat. Situation Brégnier-Cordon

Les simulations de la qualité de l'habitat des poissons sur le Vieux Rhône ont été actualisées à l'aide de la méthode des 'microhabitats' via le logiciel Estimhab (http://www.lyon.cemagref.fr/bea/lhq/lhq.html, Lamouroux et Capra 2002, Lamouroux et Souchon 2002). Estimhab est un modèle peu coûteux pour estimer les impacts écologiques de la gestion hydraulique des cours d'eau (modification des débits minimums, ajout/suppression de seuils). Il donne des résultats quasi-similaires à ceux fournis par les modèles classiques des 'microhabitats' (logiciels Phabsim, Evha), à partir de variables d'entrée simplifiées (mesures de largeurs et hauteurs à deux débits).

Les modèles 'microhabitats' classiques (logiciels Phabsim, Evha) décrivent les conditions physiques dans un cours d'eau à l'aide d'un modèle hydraulique, puis estiment l'habitat potentiel des espèces à l'aide de leurs modèles de préférence pour les conditions physiques. Les prédictions sont exprimées en terme de valeur d'habitat (note entre 0 et 1) ou en terme de surface utilisable (valeur d'habitat * surface mouillée) pour chacune des espèces considérées.



Ces modèles de qualité de l'habitat ont été essentiellement utilisés pour les salmonidés, et sont relativement lourds à mettre en œuvre localement (relevés topographiques et hydrauliques précis). En l'état, il semblait donc difficile de les appliquer sur de nombreux sites ou à l'ensemble d'un bassin versant. Afin de remédier à ce type de limites, Estimhab utilise les résultats de la recherche autour de trois points :

Le développement de courbes de préférence pour un grand nombre d'espèces de poisson.

Ceci a été fait pour 24 espèces de poissons (à différents stades de développement) du sud de la France, en prenant soin de définir des modèles 'moyens' sur différents cours d'eau des bassins de la Loire, du Rhône et de la Garonne. Ces développements permettent d'appliquer les modèles d'habitat dans tous les types de cours d'eau.

La simplification des variables d'entrée des modèles.

L'analyse de l'application des modèles d'habitat sur plusieurs dizaines de sites a permis d'identifier quelles caractéristiques hydrauliques moyennes des tronçons de cours d'eau (débit, hauteur, largeur, taille du substrat ...) gouvernent la valeur d'habitat ou surface utilisable par différentes espèces. On peut alors simplifier les variables d'entrée nécessaires pour estimer les modifications de qualité de l'habitat. Estimhab utilise ces variables d'entrée simplifiées.

La validation biologique des simulations.

Sur les cours d'eau à truite comme sur les cours d'eau plus larges, multispécifiques, plusieurs prédictions des modèles ont été validées (par confrontation avec des données issues de pêches). Ces validations multi-sites, obtenues sur le bassin du Rhône comme à l'étranger, ont montré la pertinence biologique des modèles.

Comme 'Phabsim' ou 'Evha', versions classiques des méthodes 'des microhabitats', Estimhab prédit l'évolution avec le débit d'une note de qualité de l'habitat (variant entre 0 et 1), ou d'une surface utilisable (note de qualité de l'habitat * surface de la station).

Sur le Vieux Rhône de Brégnier-Cordon, les données d'entrée d'Estimhab (lois hauteur-débit et largeur-débit moyennes) ont été estimées par superposition de profils en travers et de lignes d'eau fournies par la Compagnie Nationale du Rhône (cf. Lamouroux et al. 1999). Le tronçon modélisé est un tronçon courant, situé à l'aval du de la confluence avec le Guiers, non influencé hydrauliquement par les seuils en travers du Vieux Rhône (pk 92.5-94). Les simulations réalisées sur ce tronçon pourront être comparées à des simulations faites sur d'autres tronçons du secteur lors de la phase d'évaluation de la restauration.

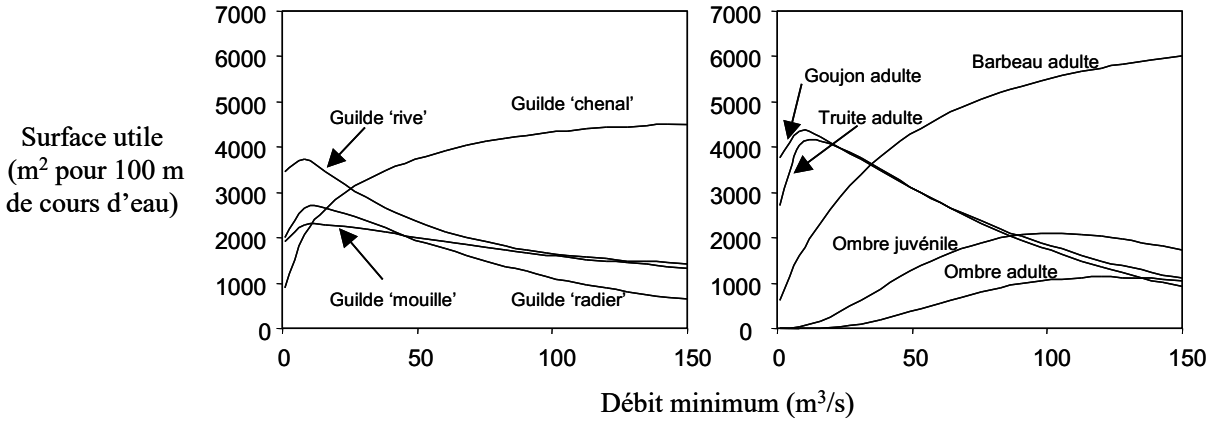


Figure 7 : Evolution des surfaces utiles pour des guildes de poissons (groupes d'espèces, à gauche) et quelques espèces (à droite) en fonction du débit minimum sur le Vieux Rhône de Brégnier-Cordon. La guilde 'chenal' indique la valeur d'habitat moyenne des espèces vivant dans des conditions rapides et/ou profondes (ex : ombre, barbeau adulte, ablette, hotu, vandoise). Les autres guildes sont :

berge (ex : goujon, blageon juvénile, chevesne juvénile, vairon) ; radier (ex : loche, chabot, barbeau juvénile) ; mouille (ex : anguille, perche soleil, perche, gardon, chevesne adulte). Le débit minimum de Brégnier-Cordon sur la station étudiée (80 m^3/s) correspond à une surface utile importante pour les espèces d'eaux courantes de la guilde 'chenal', comme l'ombre et le barbeau. La valeur d'habitat des poissons vivant le long des berges ou dans les radiers (ex : goujon) diminue avec le débit en liaison avec l'augmentation de la profondeur.

Les modélisations de qualité de l'habitat (*Figure 7*) indiquent que le débit minimum de 80 m^3/s est satisfaisant pour les espèces vivant dans des conditions rapides et/ou profondes (ombre, barbeau, ablette, hotu, vandoise). Les validations biologiques de ces modèles (exemple de Pierre-Bénite) nous indiquent clairement que la position relative des courbes est pertinente (les proportions relatives des espèces répondent de façon comparable). Par contre, les difficultés d'échantillonnage en habitat profond font 'descendre' artificiellement toutes les courbes à fort débit, notamment en grands fleuves. Il ne faut donc pas s'inquiéter de la décroissance des surfaces utiles des guildes 'radier' et 'rive' pour les forts débits. La modélisation indique juste que leur proportion sera réduite par rapport à celles des espèces de la guilde 'chenal'.

3.3.4 Indicateurs hydrauliques synthétiques et comparaisons entre vieux Rhône.

Les résultats d'Estimhab sont fidèlement reflétés 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 RE, 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 extrêmement 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 sensible par exemple 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, chabot).

RE 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 RE augmente la valeur d'habitat relative des espèces typiques d'eau courante (ombre, barbeau, ablette, hotu, toxostome, vandoise). Noter que certaines espèces rhéophiles comme le barbeau sont favorisées à la fois par de fortes valeurs de FR et RE.

En pratique, $FR50 = Q50 / (g^{0.5} * H50^{1.5} * L50)$ et $RE = QM / (\nu * LM)$ où Q50, H50, L50 sont le débit, la hauteur et la largeur mouillée médians ; g est l'accélération gravitationnelle ; QM et LM sont le débit minimum et la largeur correspondante ; ν est la viscosité dynamique de l'eau.

L'indicateur de débit (RE) atteint à Brégnier-Cordon la valeur la plus haute du Rhône. Brégnier-Cordon est le Vieux Rhône le plus original de ce point de vue. En revanche, l'indice lié à la morphologie est intermédiaire à Brégnier-Cordon. Les Vieux-Rhône de Chautagne et Belley sont plus vifs, avec de nombreux radiers marqués (*Figure 8*).

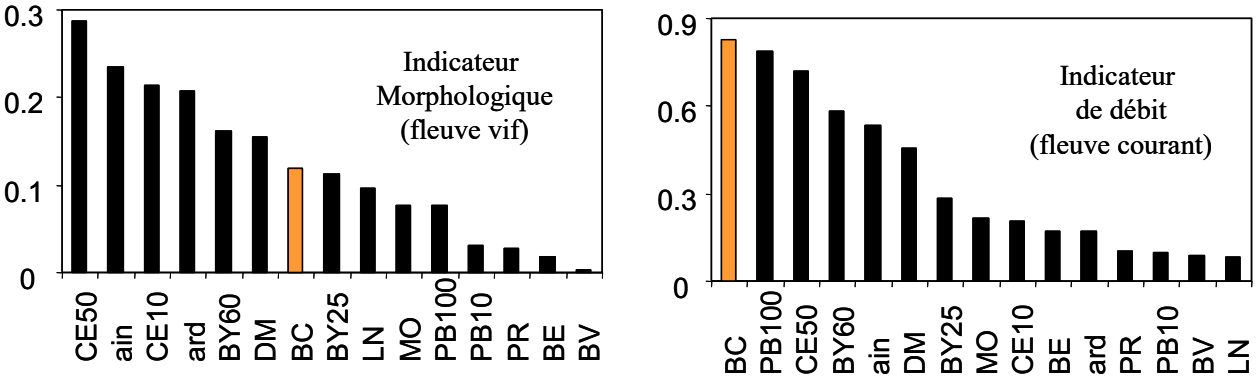


Figure 8 : Valeurs de FR50 (indicateur morphologique) et RE (indicateur de débit) sur les différents Vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône, sur l'Ain et l'Ardêche. CE10 et CE50 reflètent respectivement la situation du Vieux Rhône de Chautagne avant et après modification du débit minimum. Idem pour BY25 et BY60 sur Belley, PB10 et PB100 sur Pierre-Bénite. Les autres Vieux Rhône sont : Brégnier-Cordon BC, Péage-de-Roussillon PR, Bourg-les-Valence BV, Logis-Neuf LN, Montélimar MO, Donzère-Mondragon DM, Beauchastel BE.

Rappelons toutefois que la définition d'indicateurs synthétiques pour caractériser le fonctionnement hydraulique et écologique du fleuve ne doit pas masquer la complexité de ce fonctionnement. L'utilisation d'indices synthétiques nous semble pertinente pour avoir une vision globale, comparative entre sites, de l'effet de la restauration du fleuve. La cohérence entre indices hydrauliques et biologiques, aussi bien entre sites qu'avant/après restauration (Pierre-Bénite), est particulièrement encourageante. Cela dit, ces indices ne reflètent qu'en partie la complexité du fonctionnement hydraulique du fleuve (colmatage éventuel, stabilité du lit, hétérogénéité hydraulique) ou des dynamiques des populations. L'utilisation d'indices synthétiques doit donc faciliter la décision et l'évaluation, mais ne se substitue pas à une étude détaillée de l'écosystème.

3.4 Bilan et Perspectives

Les données utilisées pour cette synthèse de l'état initial du peuplement de poissons ont permis de mettre en évidence les principales caractéristiques du peuplement du Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. Par rapport aux tronçons court-circuités de Chautagne et de Belley, celui de Brégnier-Cordon reçoit un débit réservé nettement supérieur. Il est également caractérisé par la présence d'un grand nombre de lônes plus ou moins connectées au chenal principal et dont certaines sont en voie d'atterrissement. Cependant, les deux campagnes de pêches réalisées en automne 2004 et 2005 ont révélé l'existence d'un peuplement piscicole appauvri, avec des effectifs capturés relativement faibles et un peuplement dominé par le chevaine, espèce assez peu exigeante. Il semblerait que la détérioration de la qualité du peuplement soit postérieure à 1994. Les causes de ce phénomène n'ont pas été étudiées dans le détail. La présence du seuil des Molottes a certainement induit une augmentation de la sédimentation dans le secteur sous influence de ce seuil, ce colmatage partiel du substrat ayant certainement eu des conséquences sur la qualité des habitats fréquentés habituellement par les espèces rhéophiles (hotu, truite, ombre commun, barbeau). Les bras connectés comme la lône des Cerisiers abritent une faune piscicole relativement diversifiée et constituent des milieux favorables au développement des juvéniles. Le programme de restauration à Brégnier-Cordon concerne principalement la remise en eau de certaines lônes ou parties de lônes, le suivi

ultérieur aura pour objectif de montrer si la création de nouvelles annexes avec des modalités de connexion diverses avec le chenal actif aura des répercussions bénéfiques sur la dynamique et l'évolution du peuplement de poissons. La simulation de la qualité de l'habitat des poissons réalisée avec la méthode des 'microhabitats' (logiciel Estimab) a permis de calculer l'évolution des surfaces utiles pour des guildes de poissons et quelques espèces comme l'ombre commun, qui, comme le barbeau fluviatile, devrait bénéficier de l'augmentation du débit réservé. Cependant, l'indice lié à la morphologie est intermédiaire à Brégnier-Cordon et le nombre de radiers marqués, favorables aux espèces rhéophiles (notamment en période de reproduction) est moins important qu'en Chautagne ou à Belley.

L'enjeu du suivi futur sera de mesurer l'évolution du peuplement après restauration des lônes et augmentation du débit réservé.

4 PEUPLEMENT D'INVERTEBRES DU CHENAL

4.1 Rappel du contexte et des objectifs

Toutes modifications naturelles ou anthropiques des conditions hydrauliques d'un cours d'eau sont susceptibles d'avoir un impact sur les assemblages d'espèces de macroinvertébrés benthiques dont le cycle de vie se déroule en partie (Insectes) ou entièrement (e.g. Crustacés, Mollusques ou certains Insectes) en milieu aquatique.

Au cours des trois dernières décennies, de nombreux travaux ont été initiés sur les invertébrés du Rhône dans le cadre de la mise en place ou de suivis des aménagements hydroélectriques (e.g. Perrin J.F., 1978, Dessaix et al., 1995 ou Dolédec et al., 1996). Les objectifs de ces études et les protocoles d'échantillonnage étaient variés et les données ainsi obtenues sont hétérogènes. Les comparaisons quantitatives de ces jeux de données deviennent alors difficiles et ne permettent pas d'établir une situation de référence intégrant l'hydraulique avant l'augmentation des débits des Rhône Court-circuités (RCC) prévue dans le programme décennal de restauration. De plus, il n'existe pas de données simultanées de la faune et des conditions hydrauliques locales. Ces données sont pourtant nécessaires pour connaître les préférences hydrauliques des taxons afin de prédire l'impact éventuel des modifications des conditions hydrauliques sur ces taxons.

Aussi, notre étude initiée au cours de l'année 2002, vise à établir un état de référence pour les invertébrés des trois RCC concernés par la restauration des débits (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon). Dans une première phase (niveau 1) nous décrirons les peuplements d'invertébrés en place dans le chenal de ces 3 RCC et la relation de ces organismes vis à vis des conditions hydrauliques locales. Dans un deuxième temps (suivi de niveau 2), nous établirons, à partir de cet état de référence, des scénarios de modifications biocénotiques en fonction des changements hydrauliques associés aux augmentations de débit dans les RCC en utilisant un modèle d'habitat statistique (FSTress). **Le fait que les invertébrés benthiques soient inféodés aux sédiments et que la répartition de ces organismes dépende largement des conditions hydrauliques font de ces organismes un matériel de choix pour répondre aux hypothèses concernant les effets des changements de valeurs de débit réservés**.

Le présent rapport porte sur la description des peuplements d'invertébrés et de poissons du RCC de Brégnier-Cordon et de leur répartition en fonction des conditions hydrauliques locales (niveau 1). Pour les invertébrés, l'aspect modélisation sera évoqué dans les parties « méthodologie » et « perspectives » mais fera l'objet des travaux futurs du suivi de niveau 2.

4.2 Méthodologie

La stratégie d'échantillonnage des variables hydrauliques suit le protocole recommandé pour l'utilisation du modèle d'habitat statistique adapté aux invertébrés benthiques, FSTress[3] (*cf. Annexe I*). Même si le présent rapport a pour objectif de dresser un état écologique du

[3] Lamouroux, 1997, http://www.lyon.cemagref.fr/bea/lhq/stathab.htm

peuplement des invertébrés benthiques du RCC de Brégnier-Cordon, nous présentons rapidement, dans cette partie méthodologique, le modèle qui sera utilisé pour les 3 secteurs (Chautagne, Belley et Brégnier-cordon) dans le suivi de niveau 2 ainsi que la démarche d'échantillonnage requise par ce modèle.

4.2.1 Modèle d'habitat statistique

Le modèle FSTress implique le couplage de deux types de modèles : des modèles biologiques établis à une échelle locale (microhabitat) et des modèles hydrauliques statistiques établis à l'échelle du tronçon (typiquement long de 15 à 30 fois la largeur afin de couvrir une à plusieurs séquences de type radier-mouille, lorsqu'elles existent). Les détails de ces deux types de modèles sont donnés en *Annexe I*.

4.2.2 Protocole d'échantillonnage

4.2.2.1 Sites d'étude et campagnes d'échantillonnage

Les invertébrés et les paramètres hydrauliques ont été échantillonnés dans 3 tronçons représentatifs de 3 sections court-circuitées du Haut Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon, *Tableau 8*).

Tableau 8 : Localisation des tronçons échantillonnés

RCC	PK
Chautagne	141-142
Belley	aval du seuil de Lucey
Brégnier-cordon	96-97 et 93-94

Un total de 20 microhabitats a été choisi au hasard dans chacun de ces tronçons court-circuités. La faune et les paramètres hydrauliques locaux (*cf 4.2.2.2.1*) de ces microhabitats ont été échantillonnés à 3 saisons différentes (*Tableau 9*). Un total de **180 échantillons** a ainsi été obtenu.

Tableau 9 : Dates des campagnes d'échantillonnage

	Campagnes		
RCC	**printemps 2002**	**été 2002**	**hiver 2003**
Chautagne	5 juin	13 septembre	24 janvier
Belley	30 mai	28 août	23 janvier
Brégnier-cordon	6 juin	28 et 29 août	20 et 21 janvier

En plus de ces échantillons, 20 échantillons supplémentaires ont été récoltés aux 3 mêmes saisons dans le tronçon court-circuité de Brégnier-Cordon dont le débit sera le moins modifié par la restauration. Ces échantillons ont été choisis de manière à obtenir **toute la gamme de conditions hydrauliques du tronçon** : l'objectif est donc de récolter au moins un échantillon pour chaque classe de forces de cisaillement afin de calculer les courbes de préférences hydrauliques pour chaque taxon.

4.2.2.2 Echantillonnage à l'échelle locale

4.2.2.2.1 Travail de terrain

A **l'échelle locale**, nous avons échantillonné **les invertébrés** et **les paramètres hydrauliques** sur les mêmes points d'échantillonnage.

Les invertébrés ont été récoltés avec un cylindre de Hess muni d'un filet de maille de 200µm. Les premiers centimètres de substrat et la faune associée ont été collectés sur une surface de 0.05 m^2.

Le filet a été rincé et nettoyé. Les pierres et les galets récoltés ont été brossés dans un bac pour les débarrasser des organismes.

Les sédiments de taille supérieure à 8 mm ont été mesurés (cf. ci-dessous) puis remis dans la rivière. Le reste des sédiments ainsi que les organismes ont été conservés dans une solution formolée (6 %) pour leur identification ultérieure au laboratoire.

Nous avons utilisé la **méthode des hémisphères FST** (Statzner & Müller, 1989) pour mesurer les contraintes hydrauliques locales au fond de la rivière au niveau du point d'échantillonnage de la faune. La force mesurée intègre les contraintes longitudinales, latérales et verticales qui s'exercent localement au fond du lit de la rivière. **Cette mesure synthétique correspond aux contraintes hydrauliques locales que subissent les organismes benthiques.** Un jeu d'hémisphères comporte 24 hémisphères de même taille mais qui diffèrent par leur densité. Les hémisphères sont placés sur une plaque lestée posée horizontalement au fond de la rivière. L'hémisphère le plus lourd qui quitte la plaque donne la valeur de la contrainte. Des courbes de calibration permettent de traduire chaque numéro d'hémisphère par une force de cisaillement en $N.m^{-2}$ (Statzner et al. 1991). **Ces forces induisent le remaniement des sédiments et peuvent déloger les invertébrés benthiques de leurs abris** et sont donc **de bons indicateurs de perturbation** (Townsend et al., 1997).

A l'échelle locale, la vitesse du courant, la taille du substrat et la profondeur ont également été mesurées. Ces paramètres n'interviennent pas dans l'utilisation du modèle FSTress mais permettront d'approfondir l'analyse des relations entre les facteurs hydrauliques et la faune (*cf. 4.2.2.2.2*).

La **vitesse du courant** est mesurée à l'aide d'un courantomètre à hélice de marque OTT à 40% de la profondeur, ce qui correspond à la vitesse moyenne dans la colonne d'eau (*cf.* Gordon et al., 1992). Cette valeur est généralement bien corrélée avec la vitesse benthique et exprime donc **la composante longitudinale des contraintes hydrauliques** qui s'exercent sur les organismes benthiques.

La taille des éléments composant le **substrat** de chaque point d'échantillonnage a été mesurée à l'aide d'un gabarit (plaque de PVC percée de trous de différentes tailles permettant de classer les grains selon une échelle Phi). La transformation Phi représente le logarithme négatif (en base 2) du diamètre en mm de la particule (*cf. Annexe II*). Nous avons dénombré le nombre de particules appartenant à chaque classe granulométrique de taille supérieure à 8 mm (*cf 4.2.2.2.3* pour les particules plus fines).

La **profondeur** a été mesurée à l'aide d'une tige graduée (en cm).

4.2.2.2.2 Calcul de variables hydrauliques

Des variables hydrauliques calculées à partir de nos mesures hydrauliques (vitesse du courant, profondeur et taille du substrat) et connues pour être déterminantes dans la structuration des assemblages des invertébrés benthiques ont été considérées. Il s'agit de **la rugosité de substrat**, du **nombre de Froude**, de **la vitesse de cisaillement** et du **nombre de Reynolds au fond** (*cf Annexe III* pour un détail de ces variables et les formules permettant de les calculer).

4.2.2.2.3 Travail de laboratoire

Afin de prendre en compte l'effet des conditions hydrauliques sur la répartition des différents stades de développement nous avons utilisé, au laboratoire, 5 tamis de vide de maille différent (2000, 1000, 630, 400 & 200µm) pour séparer les organismes par classe de taille. Le tri et la détermination (au niveau de l'espèce si possible sauf pour les plus petits individus et les Diptères) ont été réalisés pour chacune de ces fractions. Les Annélides Oligochètes n'ont pas été pris en compte.

Les particules du substrat de tailles inférieures à 8 mm non mesurées sur le terrain, ont été triées mécaniquement au laboratoire à l'aide de tamis de mailles différentes (8000, 4000, 1000, 500 & 200µm). Ces différentes fractions ont ensuite été pesées après 48h de séchage à l'étuve (110°C).

4.2.2.3 Echantillonnage à l'échelle du tronçon

A l'échelle du tronçon, nous avons réalisé des mesures de **largeurs et de profondeurs** afin d'obtenir une moyenne pour chacun de ces paramètres correspondant aux deux variables d'entrée nécessaires pour le modèle FSTress (*cf. Annexe IV* pour le détail des mesures).

4.2.2.4 Courbes de préférence hydraulique des taxons

Les courbes de préférences hydrauliques sont élaborées à l'aide du logiciel SYSTAT10, à partir du modèle non linéaire utilisé par Schmedtje (1995). L'équation de ce modèle ainsi que la description de ses paramètres sont données en *Annexe V*. Les modèles ont été élaborés pour chaque taxon et pour chaque campagne si le taxon considéré présentait au moins 50 individus pour la campagne donnée.

4.3 Etat de référence pour les invertébrés du chenal du RCC de Brégnier-Cordon

4.3.1 Données faunistiques

4.3.1.1 Densité

Au total, **171750 individus**[4] ont été dénombrés et identifiés dans le RCC de Brégnier-Cordon au cours des 3 campagnes d'échantillonnage. Parmi ces individus, 74.4% sont récoltés au cours de la campagne de printemps 2002, 17,5 en été 2002 et 8.1 en hiver 2003 (*Annexe VI*).

Pour l'ensemble des 3 campagnes, une grande majorité des individus sont représentés par des **Crustacés** (63% du genre *Gammarus*) et des **Insectes** (32% représentés essentiellement par les stades larvaires) (*cf. Annexe VI à IX*). Les taxons dominants dans le RCC de Brégnier-Cordon pour les 3 campagnes sont dans un ordre décroissant, ***Gammarus* spp., Orthocladiinae, *Gammarus fossarum, Ancylus fluviatilis,* Chironomini , *Esolus* sp., Tanytarsini , *Psychomyia pusilla, Theodoxus fluviatilis*** et **Simuliidae**. (*Tableau 10*, *Annexe VI*). A noter que tous ces taxons présentent une affinité pouvant être forte pour des habitats à substrat grossier recouvert d'algues filamenteuses et/ou avec accumulation de matière organique et sont plutôt caractéristiques de milieux oligotrophes à mésotrophes (*Annexe X*).

Tableau 10 : Nombre d'individus et classement des 25 taxons les plus abondants (3 campagnes d'échantillonnage séparées et cumulées).

Rang	Printemps		Eté		Hiver		Total	
1	*Gammarus* spp.	75503	*Gammarus* spp.	16863	Orthocladiinae	5430	*Gammarus* spp.	94498
2	Orthocladiinae	33561	*Gammarus fossarum*	6323	*Gammarus fossarum*	2690	Orthocladiinae	40997
3	*Ancylus fluviatilis*	4580	Orthocladiinae.	2006	*Gammarus* spp.	2132	*Gammarus fossarum*	13256
4	*Gammarus fossarum*	4243	*Esolus* sp.l	950	Chironomini	1137	*Ancylus fluviatilis*	4952
5	Chironomini	1409	*Baetis* spp.	398	*Esolus* sp.l	437	Chironomini	2649
6	*Esolus* sp.l	1159	*Theodoxus fluviatilis*	386	*Polycelis nigra-tenuis*	284	*Esolus* sp.l	2546
7	Tanytarsini	1090	*Ancylus fluviatilis*	362	*Psychomyia pusilla*	210	Tanytarsini	1253
8	Simuliidae	744	*Dugesia tigrina*	334	Hemerodromiinae	152	*Psychomyia pusilla*	1064
9	*Psychomyia pusilla*	603	*Baetis fuscatus*	309	*Theodoxus fluviatilis*	151	*Theodoxus fluviatilis*	918
10	*Dugesia polychroa-lugubris*	451	*Potamanthus luteus*	278	*Potamanthus luteus*	123	Simuliidae	913
11	*Theodoxus fluviatilis*	381	*Psychomyia pusilla*	251	*Corbicula fluminea*	117	*Baetis* spp.	798
12	*Serratella ignita*	341	*Corbicula fluminea*	122	Simuliidae.	112	*Dugesia polychroa-lugubris*	551
13	*Potamopyrgus antipodarum*	322	*Elmis* spp.l	118	*Rhithrogena semicolorata*	105	*Potamanthus luteus*	507
14	*Elmis* spp.l	313	Hemerodromiinae.	114	*Baetis* spp.	99	*Dugesia tigrina*	483
15	*Baetis* spp.	301	Chironomini	103	Tanytarsini	80	*Elmis* spp.l	476
16	*Hydropsyche* spp.	208	*Dugesia polychroa-lugubris*	85	Bivalva.	55	*Potamopyrgus antipodarum*	460
17	*Leuctra* spp.	202	*Potamopyrgus antipodarum*	84	*Potamopyrgus antipodarum*	54	*Baetis fuscatus*	428
18	*Micronecta* spp.	139	Tanytarsini.	83	*Baetis rhodani*	51	*Serratella ignita*	368
19	*Dugesia tigrina*	128	Sphaeriidae ind.	76	*Limnius* sp.l	50	*Corbicula fluminea*	351
20	*Rhyacophila s. stricto* sp.	122	Bivalva	75	*Elmis* spp.l	45	Hemerodromiinae	330
21	*Baetis fuscatus*	118	*Limnius* sp.l	68	*Rhithrogena* spp.	37	*Polycelis nigra-tenuis*	289
22	*Corbicula fluminea*	112	*Micronecta* spp.	67	Limoniidae	24	*Hydropsyche* spp.	232
23	*Hydropsyche siltalai*	108	*Rhithrogena* spp.	59	Sphaeriidae ind.	21	*Leuctra* spp.	221
24	*Potamanthus luteus*	106	Simuliidae	57	*Dugesia tigrina*	21	*Limnius* sp.l	211
25	*Baetis lutheri*	99	*Hydroptila* spp.	51	*Brachyptera* sp.	20	*Micronecta* spp.	206

4.3.1.2 Richesse taxonomique

Sur les **102 taxons** rencontrés dans le chenal de Brégnier-Cordon, 82, 62 et 75 ont été récoltés au cours des campagnes de printemps, d'été et d'hiver respectivement. Parmi ces

[4]Sans compter les Oligochètes, les Nématodes et les nymphes d'Insectes

taxons, **50 sont identifiés à l'espèce**. A noter que pour les plus petits individus (tamis 200 µm) seuls 8 taxons ont pu être déterminés à l'espèce alors que pour les plus gros individus (tamis 2000 µm) 44 taxons ont été identifiés à ce niveau taxonomique.

Parmi les groupes les mieux représentés, les espèces du genre *Gammarus,* les Orthocladiinae*,* les Chironomini ou les *Ancylus fluviatilis* sont rencontrés au cours des 3 campagnes d'échantillonnage. En ce qui concerne les taxons moins abondants, les Annélides Hirudinea (sangsues) sont essentiellement échantillonnés au printemps et en été, avec certaines espèces telles que *Haementeria costata* et *Hemiclepsis marginata* uniquement rencontrées au printemps et *Glossiphonia heteroclita* uniquement rencontrée en été. Les Hétéroptères sont également essentiellement rencontrés au cours des campagnes de printemps et d'été. Parmi les taxons de Plécoptères, les Leuctridae et les Perlidae se rencontrent essentiellement ou uniquement au printemps, mais les Perlodidae et les Taeniopterygidae ont été échantillonnés uniquement en hiver (*cf. Annexe VI*).

Les différentes campagnes présentent des taxons spécifiques en nombre varié. Ainsi, si on considère par exemple, les taxons d'Insectes Coléoptères, Ephéméroptères, Hétéroptères, Plécoptères et Trichoptères, 11, 1 et 8 taxons sont spécifiques aux campagnes de printemps, d'été et d'hiver respectivement), *Tableau 11*.

Tableau 11 : Taxons spécifiques d'une des 3 campagnes d'échantillonnages.

Ordres	Taxons	Camp1	Camp2	Camp3
Coléoptères	*Hydroporus* sp.l	*		
	Normandia sp.l			*
Ephéméroptères	*Caenis rivulorum*	*		
	Ephemera lineata	*		
	Habrophlebia lauta	*		
	Rhithrogena beskidensis-savoiensis	*		
	Rhithrogena semicolorata			*
	Torleya major			*
Hétéroptères	*Mesovelia* spp.	*		
Plécoptères	*Amphinemura spp.*			*
	Dinocras cephalotes	*		
	Isoperla sp.			*
	Perlodes microcephala			*
	Brachyptera sp.			*
Trichoptères	*Athripsodes albifrons*	*		
	Goera pilosa		*	
	Hydropsyche angustipennis	*		
	Setodes punctatus	*		
	Silo nigricornis			*
	Tinodes dives	*		

4.3.1.3 Espèces exotiques

Un total de 6 espèces exotiques (dont l'origine n'est pas propre au système rhodanien) ont été identifiées dans nos 3 campagnes d'échantillonnage (*Tableau 12*). On remarque la bonne implantation de l'espèce nord-américaine thermophile ***Dugesia tigrina*** très bien représentée notamment en été, du bivalve ***Corbicula fluminea*** présent toute l'année et de du gastéropode ***Potamopyrgus antipodarum*** rencontré fréquemment au printemps. On note dans ce secteur que certaines de ces espèces exotiques sont plus fréquemment rencontrées (*Potamopyrgus antipodarum)* que dans les secteurs de Chautagne et de Belley (cf rapports de Chautagne, Mai 2003, et de Belley, Décembre 2004) ou sont uniquement rencontrées dans ce secteur *(Corbicula fluminea)*. Au contraire, ***Dreissena polymorpha*** assez bien implantée

notamment dans le secteur de Chautagne n'a été rencontrée qu'une seule fois au cours de notre échantillonnage dans le secteur de Brégnier-Cordon.

Tableau 12 : Espèces exotiques rencontrées dans le secteur de Brégnier-Cordon en 2002 et 2003 (nombre d'individus).

	Espèces	Origine	Camp1	Camp2	Camp3	Total
Turbellariés	*Dugesia tigrina*	Amérique du Nord	128	334	21	483
Bivalves	*Corbicula fluminea*	Asie (1993*)	112	122	117	351
	Dreissena polymorpha	Région Ponto-caspienne	1			1
Gastéropodes	*Potamopyrgus antipodarum*	Nouvelle Zélande	322	84	54	460
	Physella acuta	Amérique du Nord	1		1	2
Crustacés	*Orconectes limosus*	Amérique du Nord		1		1

* **Première capture dans le Rhône**

4.3.1.4 Classes de taille des individus

Au cours des campagnes d'échantillonnage d'hiver et de printemps, on observe une forte proportion de petits individus (respectivement 62 et 67% des individus rencontrés dans les classes de taille correspondant aux tamis de 200, 400 et 630 µm) (*Tableau 13*). Au contraire en été, 59% des individus sont des grands individus (tamis 1000 et 2000 µm, *Tableau 13*).

Tableau 13 : Pourcentage d'individus pour chacune des classes de tailles définies par les 5 tamis utilisés pour le tri et la détermination (200, 400, 630, 1000 et 2000 µm) pour chacune des 3 campagnes d'échantillonnage

	Tamis				
	200	**400**	**630**	**1000**	**2000**
Printemps	7.95	21.57	37.91	20.12	12.44
Eté	2.58	13.19	24.86	29.08	30.30
Hiver	14.39	21.23	26.78	13.47	24.12

4.3.2 Données hydrauliques à l'échelle locale

4.3.2.1 Force de cisaillement

Le gradient hydraulique échantillonné s'étend sur les hémisphères numéro 0 à 16 dans le tronçon du RCC de Brégnier-Cordon (*Figure 9*). Ce gradient correspond à des forces de cisaillement de 7.71 10^{-2} à 4.48 N m^{-2} (Statzner et al. 1991).

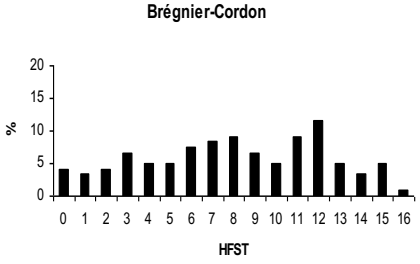


Figure 9: Pourcentages des différents hémisphères échantillonnés dans le RCC de Brégnier-Cordon (n=120) .

Cette gamme de contraintes au fond est retrouvée pour les 3 campagnes d'échantillonnage (*Figure 10*).

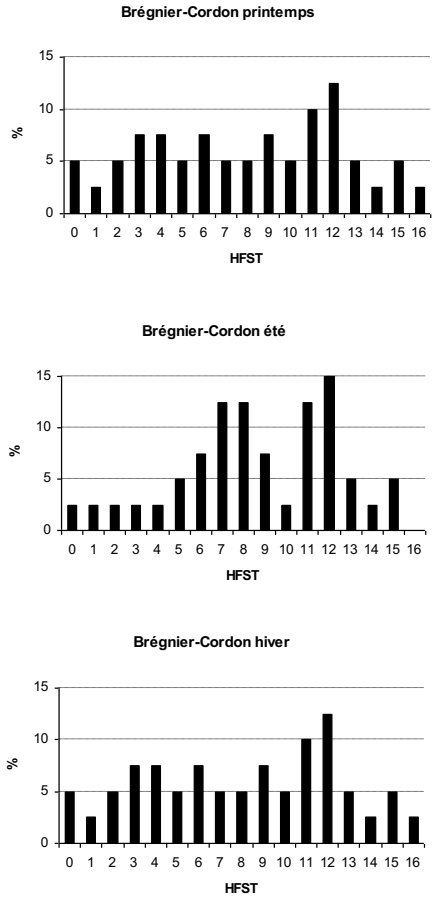


Figure 10 : Pourcentages des différents hémisphères échantillonnés à chacune des 3 campagnes de prélèvement (n=40) dans le RCC de Brégnier-Cordon .

Ces résultats montrent bien que **toute la gamme de contraintes hydrauliques** locales disponible a été échantillonnée et permettent donc l'élaboration de courbes de préférences hydrauliques fiables.

4.3.2.2 Vitesse du courant

La gamme de vitesses de courant moyennes dans nos échantillons couvre l'intervalle de 0.04 à 2.1 m.s^{-1} (*Figure 11*).

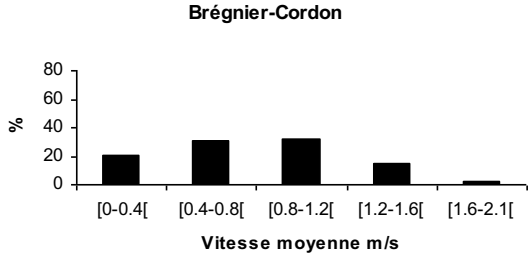


Figure 11 : Pourcentages des 5 classes de vitesses de courant moyennes rencontrées dans le RCC de Brégnier-Cordon (n=120).

4.3.2.3 Taille du substrat

Le substrat des 120 échantillons de Brégnier-Cordon montre une dominance des graviers grossiers, très grossiers et des petits galets qui représentent à eux seuls près de 75% du total du poids en substrat (*Figure 12*).

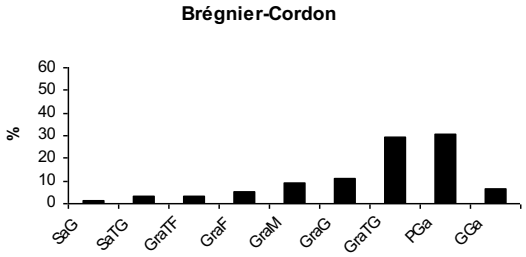


Figure 12 : Pourcentages des différentes catégories de substrat représentées dans les échantillons (n=120) avec SaG : sables grossiers, SaTG : sables très grossiers, GraTF : graviers très fins, GraF : graviers fins, GraM : graviers moyens, GraG : graviers grossiers, GraTG : graviers très grossiers, Pga : petits galets, Gga : gros galets.

La dominance de ces 3 classes de substrat s'exprime dans les échantillons des trois campagnes d'échantillonnage prises séparément (*Figure 13*) et montre sensiblement les mêmes caractéristiques que les échantillons du secteur de Chautagne et de Belley (cf rapports de Chautagne, Mai 2003, et de Belley, Décembre 2004).

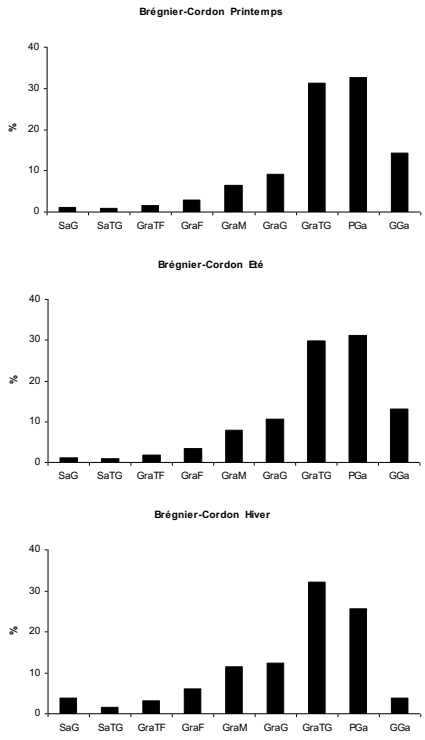


Figure 13 : Pourcentages des différentes catégories de substrat représentées dans les échantillons des 3 campagnes d'échantillonnage (n=40) avec SaG : sables grossiers, SaTG : sables très grossiers, GraTF : graviers très fins, GraF : graviers fins, GraM : graviers moyens, GraG : graviers grossiers, GraTG : graviers très grossiers, Pga : petits galets, Gga : gros galets.

4.3.2.4 Profondeur

De même que pour les échantillons des secteurs de Chautagne et de Belley (cf rapports de Chautagne, Mai 2003, et de Belley, Décembre 2004), la profondeur au niveau des microhabitats échantillonnés à Brégnier-Cordon n'excède pas 70 cm et la plupart des échantillons se situent dans des profondeurs de 20 à 60 cm (*Figure 14*).

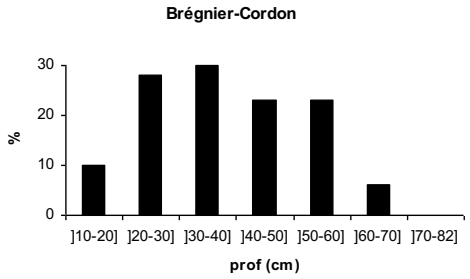


Figure 14 : Pourcentages des différentes catégories de profondeurs représentées dans les 120 échantillons.

→ Ces résultats montrent une très **grande similarité des paramètres hydrauliques des échantillons du secteur de Brégnier-Cordon avec ceux des secteurs de Chautagne et de Belley.**

4.3.3 Données hydrauliques à l'échelle du tronçon

A l'échelle du tronçon, les mesures de largeurs et de profondeurs ont été réalisées à deux débits différents suivant le protocole requit pour l'utilisation du modèle d'habitat statistique FSTress (*cf 4.2.1, Tableau 14*).

Tableau 14 : Largeurs et profondeurs moyennes pour deux débits moyens journaliers dans le tronçon du RCC de Brégnier-Cordon étudié.

Date	Débit (m^3s^{-1})	Largeur (m)	Profondeur (cm)
20/08/03	172	136	156.7
19/04/04	128	129	140

Le modèle hydraulique utilisé dans FSTress a été mis au point pour des cours d'eau de faible largeur et de débit inférieur à 50 $m^3.s^{-1}$. Sa validation pour les grands cours d'eau fera l'objet d'une partie du travail du suivi du niveau 2.

4.3.4 Couplage des données faunistiques et hydrauliques

De nombreuses études ont souligné l'importance de la force de cisaillement pour expliquer la distribution des invertébrés benthiques en milieux lotiques (e.g. Statzner et al., 1988, Mérigoux & Dolédec, 2004). De plus, cette variable est la variable considérée dans le modèle d'habitat statistique FSTress (*cf. 4.2.1*). Nous avons donc étudié les relations entre l'abondance des taxons dans le RCC de Brégnier-Cordon et les forces de cisaillement (exprimées ici par le numéro d'hémisphère FST) et ainsi construit des courbes de préférences hydrauliques pour les taxons bien représentés dans ce secteur.

4.3.4.1 Taxons présentant des préférences hydrauliques attendues

→ Les résultats montrent des préférences de contraintes hydrauliques nettes pour certains taxons (*Annexe X et Annexe XI*).

De nombreux taxons tels que les espèces du genre *Dugesia*, les Gastéropodes, *Theodoxus fluviatilis* et *Ancylus fluviatilis*, les Coléoptères Elmidae, les Diptères Orthocladiinae et Simuliidae, les espèces d'Ephéméroptères du genre *Baetis, les Plécoptères* du genre *Leuctra,* ainsi que les Trichoptères du genre *Hydropsyche* et *Rhyacophila s. stricto* sont essentiellement retrouvés dans des **contraintes fortes** (**FST optimum ≥ 9**) ou même très fortes (FST optimum ≥ 16) (*Figure 15* pour 4 exemples et *Annexe XI* pour l'ensemble des résultats). Ces taxons sont en effet connus pour être typiquement **rhéophiles** ou **rhéobiontes** (*Annexe X*).

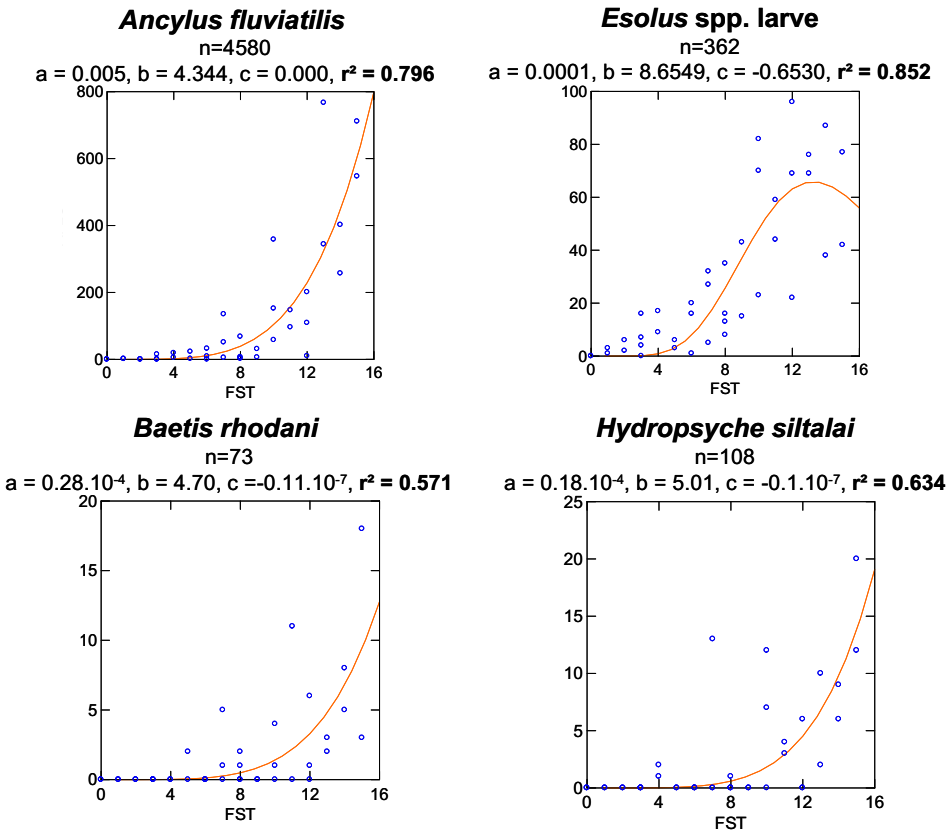


Figure 15 : Exemples de courbes de préférence hydraulique pour 4 taxons rhéophiles ou rhéobiontes au cours de la campagne de printemps (*cf Annexe V* pour les détails concernant les modèles).

Certains taxons sont au contraire retrouvés préférentiellement dans des **contraintes faibles, FST optimum < 6** (*Corbicula fluminea, Potamopyrgus antipodarum*, Chironomini et *Athripsodes albifrons* (*Figure 16* pour 2 exemples et *Annexe XI* pour l'ensemble des résultats)). Ces taxons sont en effet connus pour être typiquement **limnophiles** (*Annexe X*).

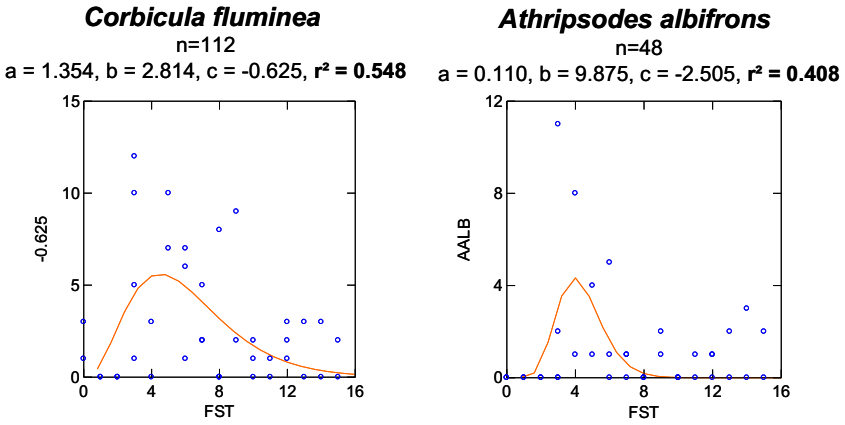


Figure 16 : Exemples de courbes de préférence hydraulique pour 2 taxons limnophiles au cours de la campagne de printemps (*cf Annexe V* pour les détails concernant les modèles).

4.3.4.2 Taxons présentant des préférences hydrauliques contradictoires

→ Les résultats montrent aussi des préférences de contraintes hydrauliques contradictoires pour certains taxons

- soit par rapport à ce qui est généralement **décrit dans la littérature** pour d'autres variables hydrauliques
- soit entre les différentes saisons (variations saisonnières des préférences hydrauliques).

4.3.4.2.1 Résultats contredisant la littérature

Les deux espèces *Psychomyia pusilla* et *Serratella ignita* généralement connues pour être inféodées à des habitats à courant lent ou moyen (Tachet et al. 2000) présentent, dans le secteur de Brégnier-Cordon des affinités pour des contraintes hydrauliques fortes (*Figure 17* et *Annexe XI*).

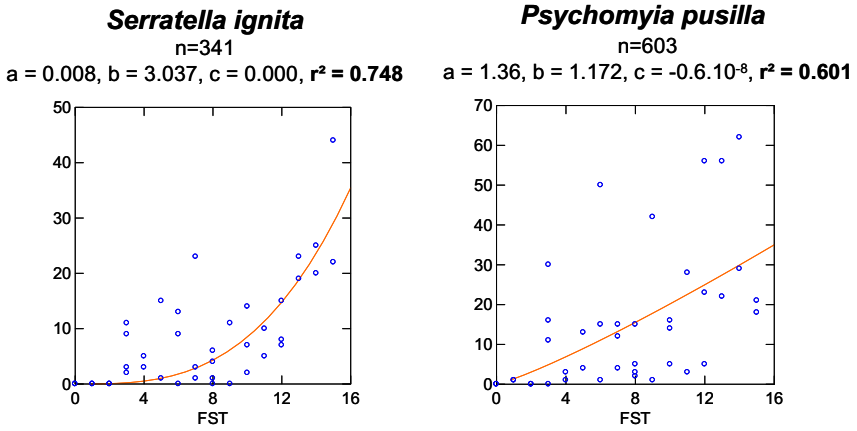


Figure 17 : Exemples de courbes de préférence hydraulique pour 2 espèces décrites comme « limnophiles » dans la littérature.

4.3.4.2.2 Variations saisonnières des préférences hydrauliques

L'éphéméroptère *Potamanthus luteus* est plutôt limnophile au cours de la campagne de printemps, alors qu'en été et en hiver l'espèce est plutôt rhéophile (*Figure 18*). La répartition en classes de taille de cette espèce au cours des trois campagnes montre que plus de 80% des individus de la campagne de printemps inféodés à de faibles contraintes sont de grands individus (tamis 2000 µm, *Figure 18*) et qu'au contraire les individus des deux autres campagnes, inféodés à de fortes contraintes, sont des petits individus (plus de 80% dans les tamis 200, 400 et 630µm). Ces résultats confirment les tendances observées pour cette espèce dans le secteur de Belley et de Chautagne (cf rapports de Chautagne, Mai 2003, et de Belley, Décembre 2004).

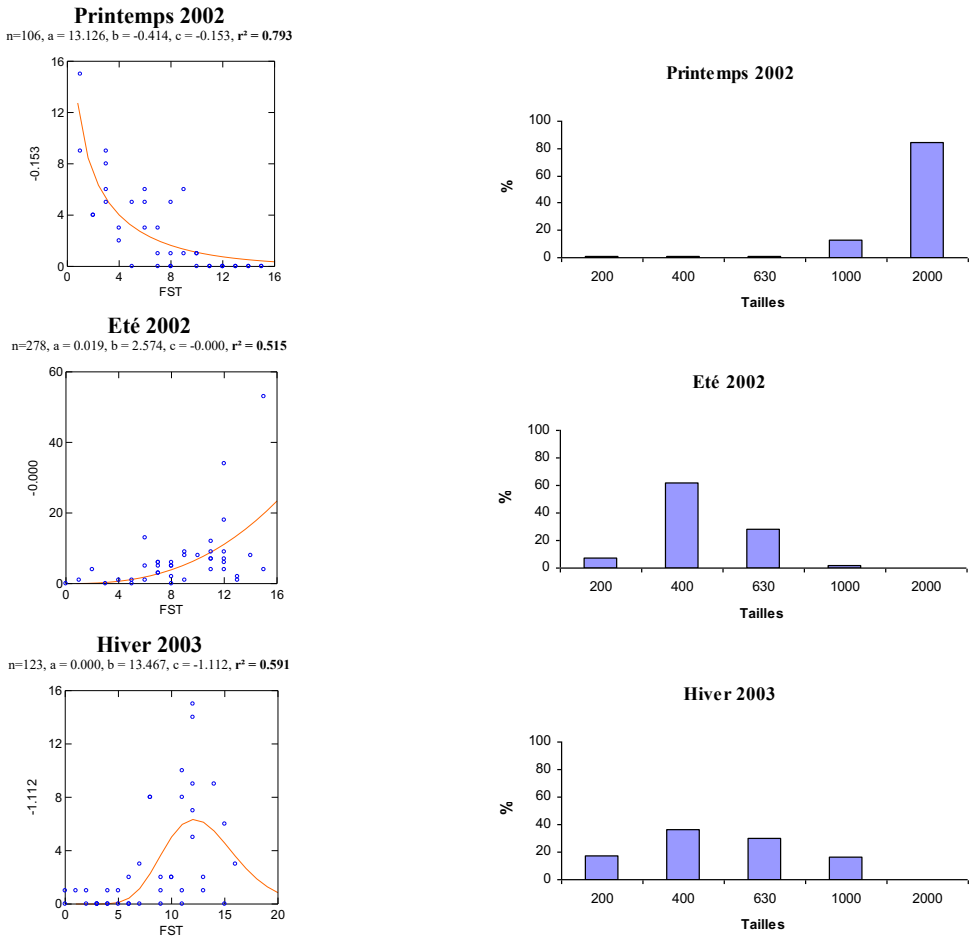


Figure 18 : Préférences hydrauliques et proportions des 5 classes de taille de *Potamanthus luteus* pour les 3 campagnes d'échantillonnage. Les classes de taille correspondent aux mailles des 5 tamis utilisés pour le tri et la détermination (200 à 2000µm).

→ Ces résultats semblent traduire des changements de préférences hydrauliques au cours de la croissance. Ceux-ci peuvent expliquer les variations saisonnières pour un même taxon et pourraient aussi expliquer les préférences peu claires ou contradictoires parfois observées dans la littérature. Cependant, tous les taxons ne montrent pas de changement de préférence hydraulique au cours de leur développement et certains résultats différents entre saisons soulignent **le caractère ubiquiste de ces taxons pour ce paramètre hydraulique (**exemple : les espèces du genre ***Gammarus*****,** *cf Annexe XI***).**

4.4 Discussion sur l'etat de référence actuel

Notre échantillonnage a permis récolter **102 taxons** dans le secteur de Brégnier-Cordon qui peuvent être comparés aux **120** et aux **91 taxons** récoltés dans le secteur de Chautagne et de Belley respectivement (rapports de Chautagne, Mai 2003, et de Belley, Décembre 2004).

Les Crustacés du genre *Gammarus* dominent fortement le peuplement du secteur de **Brégnier-Cordon** avec 63% des effectifs totaux. Le reste du peuplement est représenté par **32% d'Insectes** dont **presque 75% sont des Diptères Orthocladiinae**, **6%** des **Coléoptères** (notamment des Elmidae), **5% des Ephéméroptères** (Baetidae, Potamanthidae et Ephemerellidae), **4% des Trichoptères** (Psychomyiidae et Hydropsychidae) et 0.5% des Plécoptères (Leuctridae) auxquels on peut adjoindre les Mollusques (Ancylidae) avec 4% du peuplement global et les Planaires Turbellariés (0.8%). **Les taxons dominants** dans le RCC de Brégnier-Cordon pour les trois campagnes sont dans un ordre décroissant, les *Gammarus* **spp.** (55%), **Orthocladiinae** (24%), *Gammarus fossarum* (8%), *Ancylus fluviatilis* (3%), *Esolus* **sp**. (1.9%), et *Chironomini* (1.5%).

A noter que suivant le cycle biologique des différents taxons, leur dominance varie au cours des saisons et on peut souligner par exemple l'importance du nombre d'individus de ***Serratella ignita*** ou de **Tanytarsini** au printemps, de ***Baetis fuscatus*** ou de ***Potamanthus luteus*** en été. De même, on remarque la bonne implantation de l'espèce nord-américaine thermophile ***Dugesia tigrina*** très bien représentée en été. De plus, certaines espèces telles que ***Rhithrogena semicolorata***, espèce très rhéophile, ou les Plécoptères ***Brachyptera* sp**., ***Isoperla* sp**. ou ***Perlodes microcephala***, sont uniquement rencontrés en hiver.

Le peuplement de Brégnier-Cordon, mis à part les taxons très ubiquistes tels que *Gammarus* sp. ou Orthocladiinae., **est typique d'un épipotamon**. D'un point de vue spécifique, ***Potamanthus luteus*** ou ***Serratella ignita*****,** deux espèces potamiques par excellence, prédominent au sein des Ephéméroptères. De même, les Ephéméroptères *Baetis fuscatus* et *Baetis lutheri* sont fréquemment trouvées en association dans les épipotamons présentant une bonne qualité biologique (ex. Ardèche).

Comme dans les secteurs de Chautagne et de Belley, les taxons dominants présentent une forte **affinité pour des habitats à substrat grossier recouvert d'algues filamenteuses,** ces types d'habitat étant largement rencontrés dans les trois secteurs. Les taxons dominants de Brégnier-Cordon peuvent présenter (e.g. *Gammarus* spp.) en outre, une forte affinité pour des habitats **avec accumulation de matière organique**. De plus, la plupart de ces taxons dominants sont **oligo-mésotrophes** (e.g. *Gammarus* spp., Orthocladiinae ou *Ancylus fluviatilis)* témoignant d'une **eutrophisation modérée du secteur**.

Le peuplement du secteur **Brégnier-Cordon largement dominé par les taxons du genre *Gammarus*, ressemble au peuplement du secteur de Belley mais diffère fortement du secteur de Chautagne**. La dominance des espèces du genre *Gammarus* peut s'expliquer notamment par **le caractère ubiquiste de ces espèces vis à vis des préférences d'habitat physique mais aussi vis à vis de leur mode d'alimentation**. Ces espèces sont peu exigeantes vis à vis des vitesses de courant et colonisent aussi bien des habitats à granulométrie grossière, des macrophytes, des algues filamenteuses mais aussi des racines ou de la litière. De même, ces broyeurs peuvent aussi bien se nourrir de débris, de plantes ou d'invertébrés vivants. Une fois les populations de gammares en place, **des phénomènes de compétition interspécifique limiteraient l'implantation forte d'autres taxons**. Ceci pourrait donc expliquer **une richesse spécifique plus forte dans le secteur de Chautagne par rapport aux deux autres secteurs d'étude**.

De plus, les espèces **typiquement rhéophiles** sont **moins bien implantées** dans le secteur de Brégnier-Cordon par rapport au secteur de Chautagne. Par exemple, 84% des Ephéméroptères sont typiquement rhéophiles à Chautagne (e.g. *Baetis* spp., *Heptagenia* sp. et *Rhithrogena* spp.) contre 65% à Brégnier-Cordon. De même, 59% des Trichoptères sont typiquement rhéophiles à Chautagne (*Hydropsyche* spp., *Glossossoma* spp. et Rhycophilidae) contre 36% à Brégnier-Codron.

On peut souligner que **6 espèces exotiques** sont rencontrées dans le secteur de Brégnier-Cordon (4 à Chautagne et à Belley). Les espèces invasives ***Corbicula fluminea*** et ***Orconectes limosus*** sont rencontrées uniquement à Brégnier-Cordon. Le bivalve est **bien implanté** dans ce secteur alors que l'écrevisse américaine n'est rencontrée qu'une fois dans nos échantillons. Par contre, la moule zébrée, ***Dreissena polymorpha*** même si elle est rencontrée dans les trois secteurs est plus abondante dans les deux secteurs amont (Chautagne et Belley).

Nos résultats montrent des **préférences de contraintes hydrauliques nettes** pour certains taxons. On peut distinguer **deux groupes** de taxons : **1) des taxons limnophiles ou limnobiontes inféodés à des contraintes faibles** (FST optimum < 6, e.g. *Corbicula fluminea, Potamopyrgus antipodarum*, Chironomini et *Athripsodes albifrons*) et **2) des taxons rhéophiles ou rhéobiontes qu'on retrouve essentiellement dans des contraintes fortes ou très fortes** (FST optimum ≥ 9, e.g. *Theodoxus fluviatilis*, *Ancylus fluviatilis*, Coléoptères Elmidae, Diptères Orthocladiinae et Simuliidae, Ephéméroptères *Baetis, Plécoptères Leuctra,* ainsi que les Trichoptères du genre *Hydropsyche* et *Rhyacophila s. stricto*).

Nos résultats soulignent aussi des **variations saisonnières** de ces préférences hydrauliques pour certains taxons. Ces variations pourraient s'expliquer par des **différences d'habitat hydraulique disponible** en fonction des débits mais peuvent aussi s'expliquer par des **différences de taille**, les individus d'une même espèce pouvant changer de préférence hydraulique au cours de la croissance (Sagnes & Mérigoux, in prep). Les différences d'habitat hydraulique disponible ou ces différences de taille pourraient aussi expliquer les résultats peu clairs ou contradictoires avec les données de la littérature obtenus pour certains taxons (e.g. *Psychomyia pusilla* et *Serratella ignita).*

Enfin, tous les taxons ne montrent pas de changement de préférence hydraulique au cours du développement et certains résultats contradictoires entre saisons soulignent le **caractère ubiquiste de ces taxons pour ce paramètre hydraulique** (exemple les espèces du genre *Gammarus*).

Au final, le peuplement observé au cours de ces campagnes présente **une faune mixte de taxons spécifiques des grandes rivières (e.g. *Potamanthus luteus*) et de taxons rencontrés sur de plus petits cours d'eau (e.g. *Leuctra*, *Baetis*) très fortement dominée par les espèces ubiquistes du genre *Gammarus***. Pour l'essentiel, les taxons sont **oligotrophes** ou **mésotrophes témoignant d'une assez bonne qualité biologique du secteur**. On note également que pour une bonne part, ces taxons présentent une **tolérance pour les variations thermiques de l'eau**. Du point de vue du substrat, ce peuplement se trouve principalement **sur sédiment minéral d'assez grande taille accompagné de débris organiques grossiers et d'algues filamenteuses et/ou avec accumulation de matière organique**. **La plupart des taxons échantillonnés présentent des préférences hydrauliques marquées.** Cependant, certains taxons **ne montrent pas de préférences hydrauliques** ou montrent **des résultats contradictoires entre saison** soulignant 1) soit leur caractère ubiquiste pour ce paramètre hydraulique, 2) soit un changement de leur préférences hydrauliques au cours de leur développement ou en fonction de l'habitat disponible.

Enfin, on note des **différences au niveau de la composition du peuplement** des invertébrés de ce secteur par rapport à celui de Chautagne avec notamment **une richesse taxonomique et une proportion de taxons rhéophiles plus faibles à Brégnier-Cordon.** Le peuplement de Brégnier-Cordon avec notamment une très forte dominance des taxons du genre *Gammarus* présente des similitudes avec le peuplement d'invertébrés du secteur de Belley.

4.5 Bilan et Perspectives

Les trois campagnes d'échantillonnage réalisées en 2002 et 2003 dans un tronçon représentatif du RCC de Brégnier-Cordon ont permis d'établir un état de référence avant restauration à partir de jeux de données faunistiques et hydrauliques solides. Nos résultats, en complément de ceux obtenus dans le secteur de Chautagne et de Belley, **confirment l'importance des contraintes hydrauliques pour déterminer la distribution des taxons mais soulignent aussi l'importance de combiner ces facteurs hydrauliques au fond avec les variables intégrant la nature et la structure du substrat** (exprimées par exemple par la vitesse de cisaillement ou le nombre de Reynolds au fond, cf. Rapport de Chautagne Mai 2003). **Toutes ces variables hydrauliques sont fortement dépendantes des conditions hydrologiques instantanées et/ou passées et toute modification du régime hydrologique aura un impact sur ces variables et donc sur la faune benthique.**

Nos résultats dans le RCC de Brégnier-Cordon nous a permis d'élaborer des **courbes de préférences hydrauliques fiables** pour de nombreux taxons mais a souligné aussi un **effet saisonnier** dans les préférences hydrauliques de certaines espèces. Les données récoltées dans les deux autres secteurs montrent que certaines espèces présentent aussi des différences de préférence hydraulique inter secteurs soulignant un **effet spatial** sur ces préférences. Dans le niveau 2, un effort particulier sera porté sur ces effets pour élaborer les modèles biologiques qui seront insérés dans le modèle d'habitat statistique. Ces modèles devront donc intégrer les effets saisonniers et spatiaux, c'est à dire qu'ils devront être élaborés à partir des données récoltées dans les 3 RCC du Haut Rhône afin d'obtenir pour chaque taxon **un seul modèle généralisable**. Un travail particulier sera aussi effectué sur les préférences hydrauliques en fonction de la taille pour chaque taxon. Enfin, il reste à valider le modèle statistique hydraulique (cf. 4.3.3) pour les grands cours d'eau puisque pour l'instant ce modèle n'a été validé que dans des petits cours d'eau. Il s'agit donc d'étudier le décalage éventuel entre la distribution en fréquence des conditions hydrauliques au fond mesurées sur le terrain et celles prédites par le modèle statistique hydraulique. Ce travail sera réalisé dans le cadre du suivi de niveau 2.

5 PEUPLEMENT D'INVERTEBRES DES LONES

5.1 Contexte

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

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

Parmi les invertébrés aquatiques, plusieurs groupes permettent de porter un diagnostic sur la gamme complète d'habitats en contexte alluvial : des habitats lotiques (chenal principal) aux semi-aquatiques. Ils fournissent donc une « vision de site » et permettent entre autre de diagnostiquer les conséquences biotiques des modifications de communication entre les lônes et le chenal principal.

L'objectif de ce rapport est de présenter l'état avant travaux des communautés d'invertébrés benthiques de quatre lônes du secteur de Brégnier-Cordon. Cet état "de référence″ devra permettre d'évaluer et de qualifier les changements provoqués par les actions de restauration du fleuve et de ses annexes. L'état initial de ces systèmes sera décrit d'une part à l'aide de métriques basées sur la richesse taxonomique et le statut des communautés, d'autre part à partir de métriques basées sur certaines caractéristiques fonctionnelles des taxons. Ce second groupe de métriques est basé sur les travaux de Merritt & Cummins (1996) et Merritt et al., (1999, 2002). Il est rendu possible par la publication de bases de données contenant le codage d'informations écologiques et biologiques relatives aux invertébrés aquatiques (entre autres : Moog, 1995; Colling, 1996; Tachet et al., 2000; De Crespin De Billy & Usseglio-Polatera, 2002).

Ce rapport fait suite à celui décrivant l'état initial du secteur de Belley (Olivier, 2004). Il en reprend la structure en ce qui concerne l'analyse des invertébrés des lônes, afin de rendre possible une comparaison des résultats obtenus dans les deux secteurs.

5.2 Stratégie d'échantillonnage.

5.2.1 Localisation des sites.

Quatre lônes ont été retenues dans cette étude correspondant au premier niveau du programme de suivi: la lône des Granges (GRAN), la lône des Molottes (MOLO), la lône de la Plaine (PLAI) et la lône du Ponton (PONT) (*Tableau 15*). Deux sites d'échantillonnage ont été 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 ont été choisis pour représenter les deux ″pôles″ classiquement caractéristiques de ces anciens chenaux: un site amont (abrégé _AM) représentant généralement les secteurs les moins profonds (voire temporaires), déconnectés du Rhône en débit moyen et un site aval (abrégé _AV), représentant généralement les secteurs les plus profonds et les plus récemment déconnectés du Rhône. Contrairement à certaines lônes étudiées à Belley, celles couvertes par la présente étude ne présentent pas de connexion permanente avec le fleuve.

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 15 : Caractéristiques hydrologiques des quatre lônes (données CNR) et dates de leur échantillonnage faunistique.

Lône	Fréquence de passage des crues	Ecoulement	Débit de déversement	Echantillonnage faunistique, printemps	Echantillonnage faunistique, été
GRAN	faible	stagnant	500 m^3/s	13.04.2005	20.07.2004
MOLO	faible	stagnant	?	12.04.2005	18-20.07.2004
PLAI	faible	stagnant	?	13.04.2005	17-19.07.2004
PONT	faible	stagnant	?	13.04.2005	19.07.2004

5.2.2 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 30 m) 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 à l'intérieur d'un quadrat de 50 x 50 cm, selon un protocole standardisé. Ces données de description d'habitat sont destinées à la phase de modélisation prévue dans le second niveau du programme de suivi scientifique.

5.2.3 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.

Seuls 3 des 4 échantillons prélevés par site sont exploités dans la présente analyse (niveau 1 du suivi scientifique). L'exploitation du 4ème échantillon de chaque site est prévue dans le cadre du suivi de niveau 2.

L'échantillonnage (habitat et faune) a été répété à deux saisons: au début du Printemps (Mars-Avril) et en été (Juillet). Le calendrier des prélèvements est donné par le *Tableau 15*.

5.2.4 Calcul des métriques

Douze métriques ont été retenues pour décrire l'état actuel des communautés de macroinvertébrés aquatiques dans les lônes concernées et servir de référence pour le suivi de leurs changements potentiels.

5.2.4.1 Métriques basées sur les richesses taxonomiques 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 EPTCM. C'est le nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux éphéméroptères, plécoptères, trichoptères, Coléoptères et Mégaloptères pour lesquels un niveau de détermination plus homogène est obtenu. C'est un indicateur de diversité biologique classiquement utilisé dans l'évaluation des systèmes aquatiques.

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 d'abondances égales 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. Le tirage est répété 10000 fois et fournit une médiane et un intervalle de confiance à 95% pour la richesse estimée, dite ″raréfiée″. Les calculs ont été faits avec le logiciel EcoSim (Gotelli & Entsminger, 2005). Les richesses raréfiées ont une valeur comparative entre sites et non une valeur absolue. Elles sont fournies parallèlement aux valeurs de richesse brutes.

Deux métriques ont été consacrées à singulariser parmi les taxons échantillonnés, ceux possédant un statut de protection ou de menace (espèces potentiellement ″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 aux niveaux 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 entrant 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. Les espèces listées en annexe de la Directive Habitat européenne ont également été utilisées. A l'exception du mollusque gastéropode *Anisus vorticulus*, elles ne concernent que marginalement les communautés échantillonnées ici.

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 pour l'instant exclusivement aux groupes des macrocrustacés (amphipodes, décapodes) et des mollusques, bivalves ou gastéropodes.

5.2.4.2 Métriques basées sur les caractéristiques biologiques et écologiques des taxons (traits).

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 d'entre elles ont été employées ici :

6. le rapport des broyeurs par rapport aux collecteurs est utilisé pour traduire les formes de stockage de la matière organique (matière grossière/ matière fine).

7. le rapport des collecteurs filtreurs par rapport aux autres collecteurs exprime l'importance relative de la matière organique en suspension.

8. le rapport des prédateurs sur les autres groupes trophiques exprime l'intensité du contrôle des prédateurs sur les proies.

9. le rapport des taxons plurivoltins (pouvant accomplir plus d'un cycle de développement par an) sur les taxons accomplissant un cycle par an ou moins exprime la proportion d'espèces potentiellement pionnières à développement rapide.

10. le rapport des taxons se déplaçant à la surface du substrat sans mode de fixation spécifique (″sprawlers″ ou taxons épibenthiques) sur les taxons ayant un autre type de relation au substrat exprime la disponibilité en proies pour les oiseaux et les poissons à alimentation benthique.

11. le rapport des taxons à dérive comportementale par rapport aux taxons à dérive accidentelle exprime la disponibilité en proies pour les poissons se nourrissant dans la colonne d'eau.

Ces six 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.

12. le pourcentage d'individus appartenant à des taxons à affinité potamique (fluviale) a été calculé à partir du codage proposé par Colling (1996) de l'affinité des taxons pour les milieux d'eau courante (crénon, rhithron, potamon) ou stagnante. Ce pourcentage est calculé par rapport au nombre d'individus appartenant à des taxons déterminés majoritairement à l'espèce ou au genre (macrocrustacés, mollusques, insectes non diptères). Cette métrique est destinée à suivre après restauration l'évolution potentielle des communautés vers un caractère plus potamique.

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.

5.2.5 Analyse des données.

Des tests non-paramétriques (Wilcoxon, Kruskall-Wallis) ont été utilisés pour comparer des lots de valeurs entre sites, lônes ou dates. 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-lônes, inter-sites, inter-dates). La majorité des calculs et représentations graphiques ont été effectués avec les logiciels Splus 6.2 (Insightful Corp. 2002) et ADE-4 (Thioulouse et al., 1997).

5.3 Résultats.

Les résultats bruts complets des échantillonnages faunistiques sont fournis en *Annexe XII.*

5.3.1 Abondance des macroinvertébrés.

Les valeurs médianes de densité d'invertébrés par lônes se situent entre 450 et 1100 individus/m² (*Figure 19*). Il n'existe pas de différence significative de densité entre lônes (Kruskall-Wallis p=0.3). Dans deux cas (GRAN et MOLO), une hétérogénéité des densités entre les zones amont et aval est notable, les densités étant plus élevées à l'amont (Wilcoxon p<0.01). La densité médiane par site est maximale à MOLO_amont (1522 ind/m²). Les différences de densité par site entre les deux dates d'échantillonnage ne sont globalement pas significatives (Wilcoxon apparié, p=0.64). Quelques valeurs extrêmes de densité ont pu être observées localement (2655 individus dans un quart de m² à l'amont de GRAN au Printemps 2005).

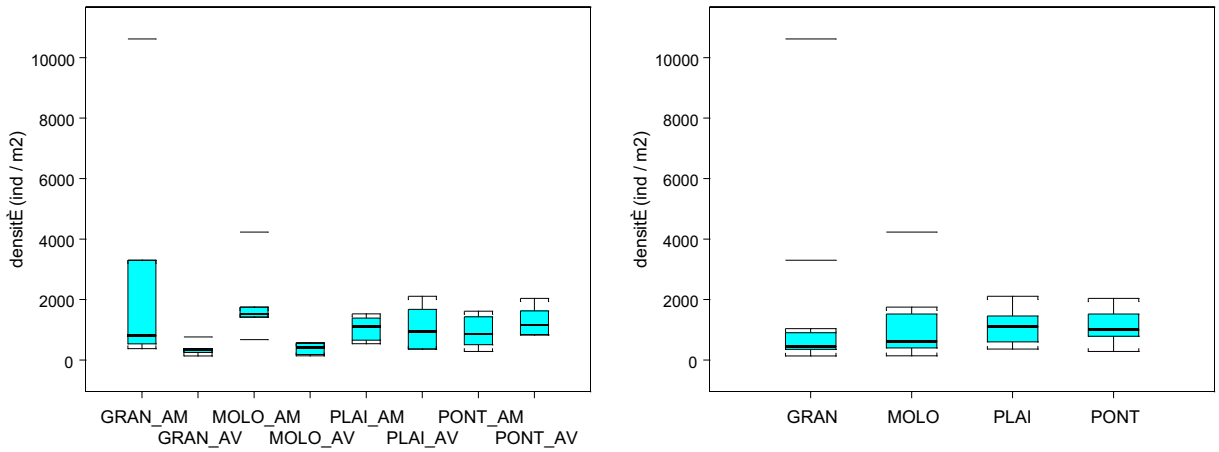


Figure 19 : Densités de macroinvertébrés (nombres d'individus par m²) par site (à gauche) et par lône (à droite). Les boîtes verticales représentent l'intervalle inter-quartile (Q25-Q75) autour de la médiane des valeurs individuelles par quadrat. Les moustaches supérieures et inférieures indiquent les valeurs Q75+1.5 (Q75-Q25) et Q25-1.5 (Q75-Q25) au delà desquelles se situent les valeurs marginales.

5.3.2 Diversité des peuplements à l'échelle des sites et des lônes.

L'analyse de la similarité des 48 échantillons de macrofaune (4 lônes x 2 sites x 2 dates x 3 quadrats) par des analyses factorielles des correspondances inter-classes montre une structuration significative des données par rapport au plan d'expérience (*Figure 20*) :

- 38 % de la variabilité faunistique est associée aux différences entre sites (p=0),
- 15.5 % de la variabilité faunistique est associée aux différences entre lônes (p=0.005),
- 6.7% de la variabilité faunistique est associée aux différences entre dates (p=0.03).

Les quatre lônes sont globalement dominées par une faune d'invertébrés d'eau calme et riche en végétation aquatique (constance entre lônes des gastéropodes *Gyraulus albus*,

Valvata cristata, *Bithynia tentaculata*, de l'éphéméroptère *Cloeon dipterum* et du crustacé *Asellus aquaticus*). Sur ce "fond commun", chacune des lônes est bien individualisée. Les plus dissemblables sont PLAI et GRAN. GRAN se distingue par le gastéropode *Anisus vortex*, le trichoptère *Athripsodes aterrimus* et le coléoptère *Gyrinus substriatus*. PLAI se singularise des trois autres lônes par un cortège comprenant les gastéropodes *Anisus vorticulus* et *Ferrissia clessiniana*, le trichoptère *Leptocerus tineiformis*, l'éphéméroptère *Caenis robusta* et le coléoptère *Hygrotus*. Des taxons communs aux trois autres lônes en sont absents comme l'odonate *Lestes viridis*, et trois taxons associés à un renouvellement de l'eau ou des contacts avec le Rhône : *Valvata piscinalis* (gastéropode), *Gammarus* sp (crustacé) et *Laccophilus hyalinus* (coléoptère). Ce dernier groupe est particulièrement bien représenté dans PONT, y indiquant la présence épisodique de courant. La communauté échantillonnée dans MOLO traduit bien une situation de mouilles isolées à tendance temporaire : bonne représentation de *Lestes viridis* (odonate) et *Galba truncatula* (gastéropode), sous représentation des autres espèces d'odonates, concentration de certains gastéropodes (*Valvata cristata*) et coléoptères (*Ilybius*, *Haliplus*, *Hyphydrus*).

L'analyse réalisée à l'échelle des sites (*Figure 20* et *Tableau 16*) montre une divergence faunistique importante entre les sites amont et aval à l'intérieur de chaque lône. Cette divergence tend à opposer les sites aval à forte représentation des gastéropodes non-indigènes *Gyraulus parvus* et *Physella heterostropha* / *acuta*, aux sites amont caractérisés globalement par un autre cortège de gastéropodes (*Hippeutis complanatus*, *Valvata cristata* et la très forte abondance du crustacé *Asellus aquaticus* et de l'éphéméroptère *Cloeon dipterum*. La divergence est maximale au sein de la lône de la Plaine PLAI, dont les sites amont et aval sont décrits par la faune comme les plus dissemblables des 8 sites comparés. En position centrale dans l'ordination des sites (*Figure 20*), PONT_amont est remarquable par la richesse de sa communauté qui comprend 70% des taxons représentés par plus de 2 individus dans l'ensemble des lônes étudiées et qui associe des taxons caractéristiques des zones amont (*Hyphydrus*, *Valvata cristata*) et des zones aval (*Gyraulus parvus*; *Physella heterostropha* / *acuta*) (*Tableau 16*).

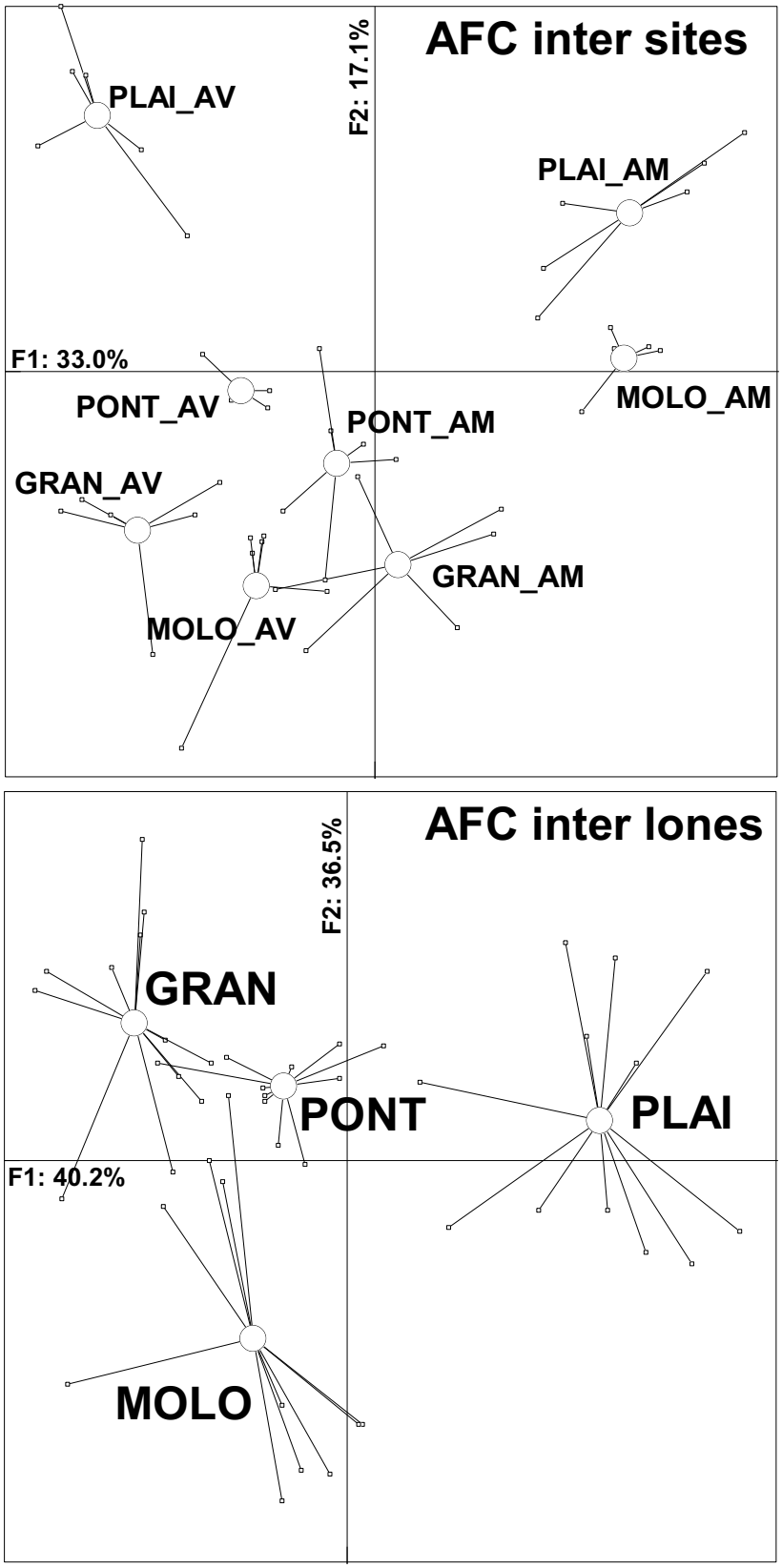


Figure 20 : Ordination des échantillons de macrofaune de quatre lônes du secteur de Brégnier-Cordon par des analyses factorielles des correspondances inter-sites et inter-lônes (66 taxons représentés par plus de 2 individus, 48 échantillons, logarithme des valeurs d'abondance).

Tableau 16 : Tableau faunistique réorganisé en fonction des coordonnées factorielles des taxons et des sites sur l'axe F1 de l'analyse factorielle des correspondances inter-sites. Taxons représentés par plus de 2 individus. Les valeurs sont les sommes des abondances dans les six échantillons prélevés par site (6 x 0.25 m^2).

		PLAI_AV	GRAN_AV	PONT_AV	MOLO_AV	PONT_AM	GRAN_AM	MOLO_AM	PLAI_AM
Planorbidae	*Ferrissia clessiniana*	3							
Caenidae	*Caenis robusta*	267				1	1		
Leptoceridae	*Leptocerus sp*	68		1		2			
Lymnaeidae	*Radix auricularia*	7	7	2					
Ephydridae	Gen. sp.		2		1				
Planorbidae	*Gyraulus parvus*	275	101	162	1	13			
Corixidae	*Micronecta sp.*	10		5		1			
Physidae	*Physella heterostropha / acuta*	71	4	28	4	26			
Lymnaeidae	*Galba truncatula*	1		2	10				
Hydrachnidia	Hydrachnidia	56	72	17		39	12		7
Coenagrionidae	Gen. sp.	2	33			27	34		
Naucoridae	*Ilyocoris cimicoides*	1				2			
Coenagrionidae	*Ischnura elegans*	2					2		
Coenagrionidae	*Erythromma viridulum*	5		1		1	4		
Limoniidae	Gen. sp.		2		1		2		
Aeshnidae	*Gen. Sp.*	1	1			1	2		
Corduliidae	*Cordulia aenea*	2							1
Chironomidae	Gen. sp.	341	161	885	331	614	3389	183	41
Gammaridae	*Gammarus sp.*			20	3		7	2	
Sialidae	*Sialis cf. lutaria*	4		49	1	1	1	9	1
Ceratopogonidae	Gen. sp.	268	43	211	113	138	55	33	63
Tabanidae	Gen. sp.	1		16	3			2	2
Crambidae	*Cataclysta lemnata*				3	1	4		
Hydraenidae	*Ochthebius minimus*					4			
Velidae	*Microvelia sp.*					4			
Dytiscidae	*Laccophilus*		1	13	1	8	6	6	
Oligochaeta	Oligochaeta	34	90	24	42	86	27	78	137
Lymnaeidae	*Lymnaea stagnalis*				1	8	4		
Coenagrionidae	*Coenagrion puella / pulchellum*	8	1	3		27	37	1	6
Bithyniidae	*Bithynia tentaculata*	24	2	29	11	46	74		96
Corixidae	Corixinae Gen. sp.	1		2		3	3		3
Planorbidae	*Gyraulus albus*	5		11	1	34	6	9	5
Sphaeriidae	*Musculium lacustre*	16		50	3	4	6	5	24
Limnephilidae	*Glyphotaelius pellucidus*	1				4			2
Baetidae	*Cloëon dipterum*	39	20	29	3	119	171	121	186
Valvatidae	*Valvata piscinalis*			31		2	18	15	
Glossiphoniidae	Gen. sp. (autres sp.)		1	4	2	9	1	2	7
Culicidae	Gen. sp.	5	3		16	9	5	28	5
Sphaeriidae	*Pisidium sp.*	15	3	282	2	15	25	308	36
Stratiomyidae	Gen. sp.	1	1		3		3	5	
Gyrinidae	*Gyrinus substriatus*						3		
Leptoceridae	*Athripsodes aterrismus*						31		
Chaoboridae	*Chaoborus sp.*		1		3	18	50	16	2
Gerridae	*Gerris sp.*					4			1
Libellulidae	*Orthetrum cancellatum*	1						3	
Muscidae	Gen. sp.		2	1			4	9	
Lestidae	*Lestes viridis*					7	7	4	
Haliplidae	*Haliplus*	17		12		13	10	196	57
Planorbidae	*Anisus vortex*						8	1	
Planorbidae	*Hippeutis complanatus*	17	1	2		45	6	68	75
Glossiphoniidae	*Helobdella stagnalis*			1		1	24	1	16
Planorbidae	*Planorbis carinatus*	15				1	8	478	1
Dytiscidae	*Ilybius*				1	2	3	9	1
Dytiscidae	*Hydroporus*			1		4		4	7
Hydrophilidae	*Helochares*					3		1	2
Valvatidae	*Valvata cristata*	2		9		20	16	470	81
Planorbidae	*Anisus vorticulus*	1							11
Hydrometridae	*Hydrometra sp.*					1		2	1
Hydraenidae	*Hydraena gr. riparia / assimilis*						1		4
Turbellaria	*Gen.sp.*					1		3	1
Dytiscidae	*Hyphydrus*					6	6	121	8
Asellidae	*Asellus aquaticus*	1		1		2	27	557	570
Nepidae	*Nepa sp.*						1	10	
Erpobdellidae	Gen. sp.					2	1	14	67
Dytiscidae	*Hygrotus*								37
Tipulidae	Gen. sp.								11

5.3.3 Métriques basées sur les richesses taxonomiques.

Les valeurs de richesse taxonomique totale par quadrat sont significativement différentes entre lônes (Kruskall-Wallis, p=0.049 (*Figure 21*). PLAI (médiane 18.5 taxons par quadrat) est significativement plus riche que GRAN (médiane 11 taxons par quadrats) (Wilcoxon, p=0.007) et que MOLO (médiane 12.5 taxons) (Wilcoxon, p=0.026). PONT (médiane 18.5 taxon) est significativement plus riche que GRAN (Wilcoxon, p=0.036).

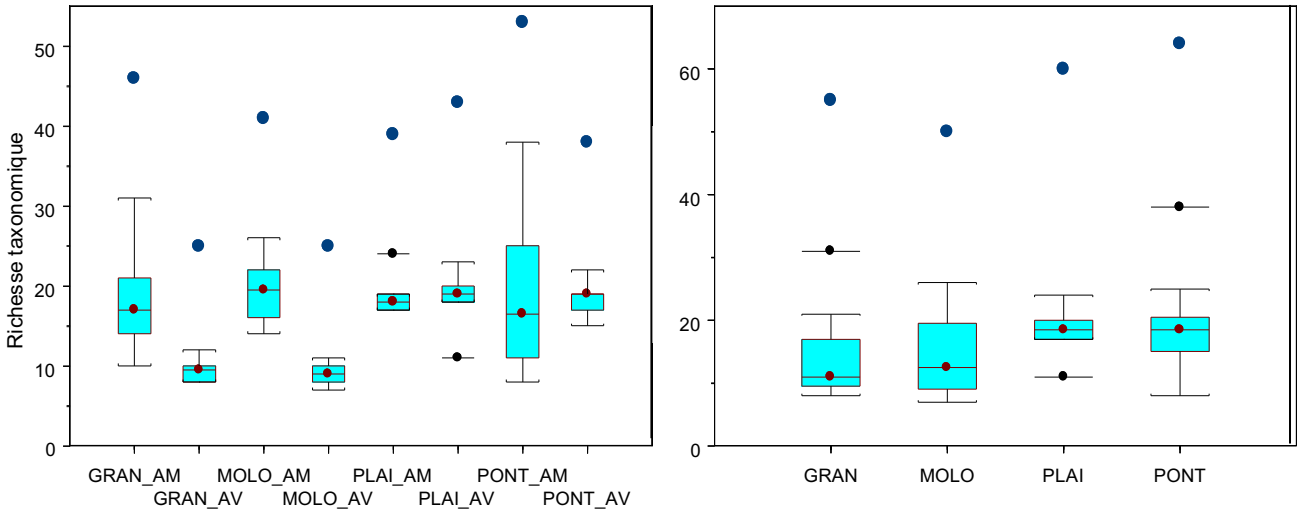


Figure 21 : Richesses taxonomiques totales par sites (à gauche) et par lônes (à droite). Les boîtes verticales représentent l'intervalle inter-quartile (Q25-Q75) autour de la médiane des valeurs individuelles par quadrat. Les moustaches supérieures et inférieures indiquent les valeurs Q75+1.5 (Q75-Q25) et Q25-1.5 (Q75-Q25) au delà desquelles se situent les valeurs marginales. Les points non traversés par une barre horizontale indiquent les valeurs de richesse cumulées par site ou par lône.

Les richesses totales par quadrat sont homogènes entre sites (médianes entre 16.5 taxons en PONT_amont et 19.5 taxons en MOLO_amont), à l'exception de GRAN_aval (médiane 9.5 taxons), significativement inférieur à GRAN_amont (médiane 17 taxons) (Wilcoxon, p=0.006), et de MOLO _aval (médiane 9 taxons), significativement inférieur à MOLO_amont (Wilcoxon, p=0.003).

Les richesses totales cumulées par sites montrent (*Figure 21*) qu'à l'exception le la lône de la Plaine, les zones aval ont une richesse nettement inférieure à celle des zones amont (différences de 15 (PONT) à 21 (GRAN) taxons).

Les richesses taxonomiques totales raréfiées (*Figure 22*) qui permettent des comparaisons non biaisées par les différences d'abondance entre sites ou lônes, distinguent deux groupes de lônes : les ″riches″ (PLAI et PONT, avec PONT significativement plus riche que PLAI) et les ″pauvres″ (GRAN et MOLO). Au niveau des sites, l'analyse singularise fortement PONT_amont par sa richesse élevée (significativement supérieure à celle de 6 des 7 autres sites).

Les richesses des groupes d'insectes EPTCM (*Figure 23* et *Figure* 24) sont très corrélées aux richesses totales (au niveau des quadrats, Spearman r=0.83, p=0 et au niveau des sites, Spearman r=0.80, p=0.04). Cette métrique confirme, en les accentuant, les informations apportées par les richesses totales :

Au niveau des lônes : opposition des richesses (*Figure 23*) entre PLAI / PONT (plus riches) et GRAN / MOLO (plus pauvres) ; singularisation de PONT par sa richesse raréfiée significativement supérieure à celle des trois autres lônes (*Figure 24*), et de PLAI par sa richesse par quadrat supérieure à celle de MOLO et de GRAN (Wilcoxon, $p<0.02$) (*Figure 23*).

Au niveau des sites : richesses des sites amont systématiquement supérieures à celles des sites aval (richesses totales, *Figure 23* et richesses raréfiées, *Figure 24*) ; très faible richesse des sites GRAN_aval et MOLO_aval ; valeurs maximales en PONT_amont.

La médiane des richesses EPTCM par quadrat dans les quatre lônes étudiées à Brégnier-Cordon (3 taxons) est inférieure à la moitié de celle observée dans les cinq lônes suivies à Belley (7 taxons).

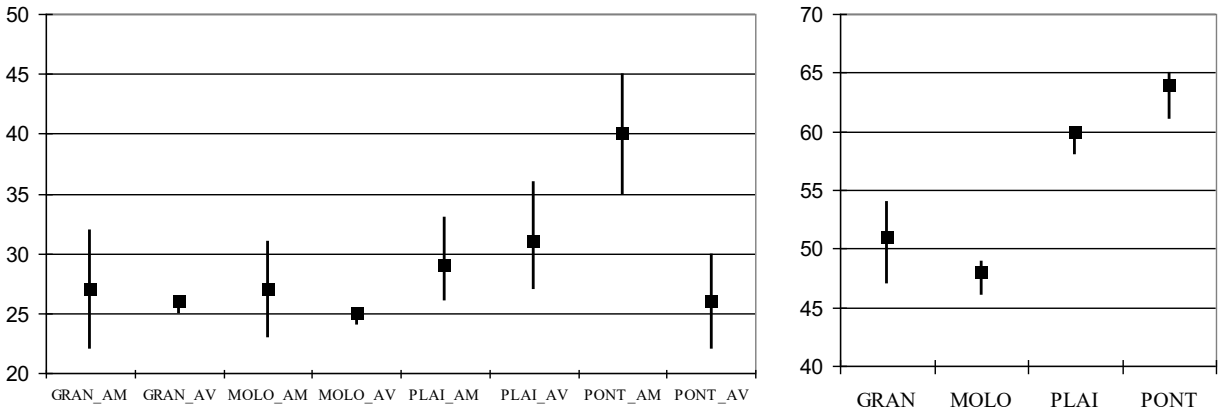


Figure 22 : Médianes des richesses taxonomiques totales raréfiées par sites (sur 550 individus, à gauche) et par lônes (sur 3100 individus, à droite) accompagnées de leur intervalle de confiance à 95%.

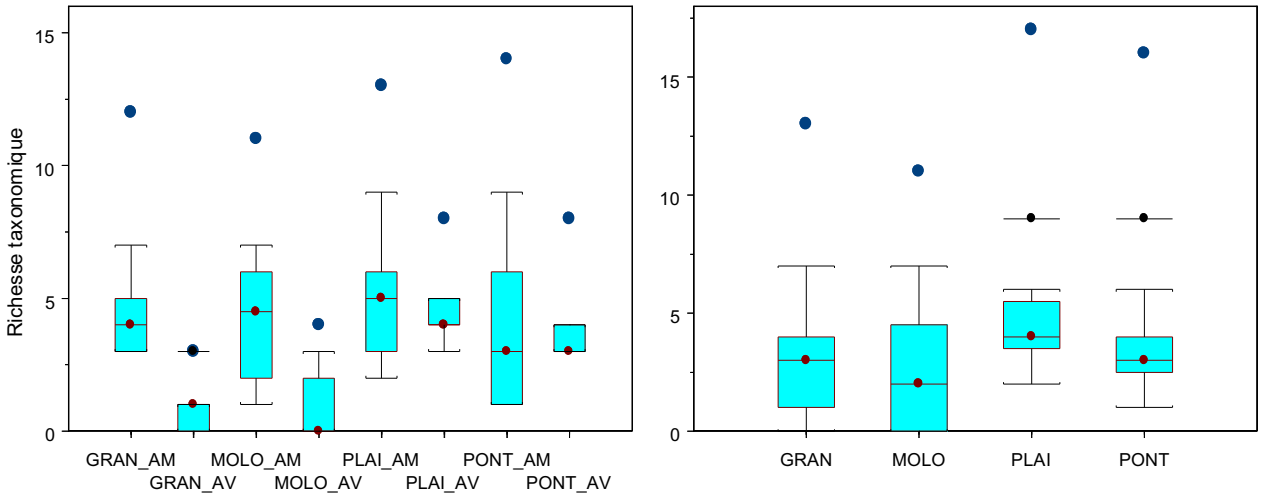


Figure 23 : Richesses taxonomiques des groupes EPTCM par sites (à gauche) et par lônes (à droite). Les boîtes verticales représentent l'intervalle inter-quartile (Q25-Q75) autour de la médiane des valeurs individuelles par quadrat. Les moustaches supérieures et inférieures indiquent les valeurs Q75+1.5 (Q75-Q25) et Q25-1.5 (Q75-Q25) au delà desquelles se situent les valeurs marginales. Les points non traversés par une barre horizontale indiquent les valeurs de richesse cumulées par site ou par lône.

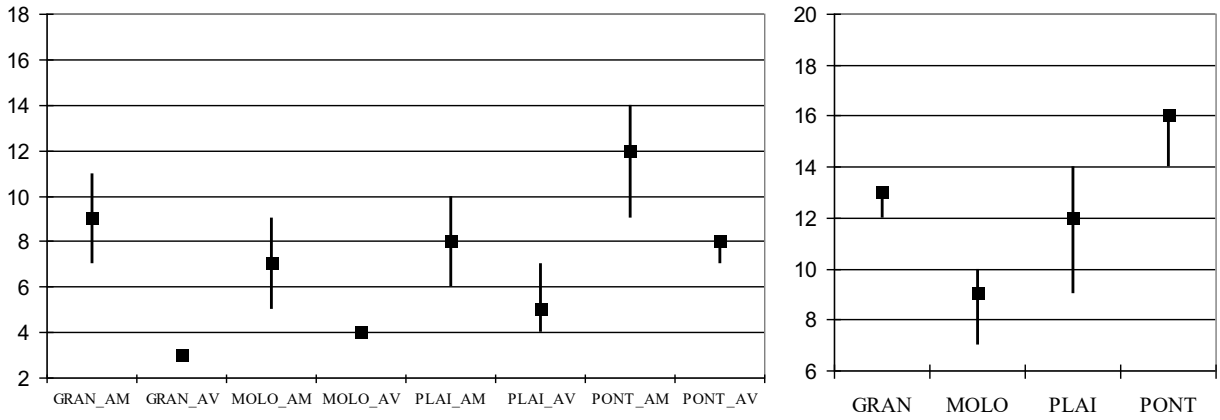


Figure 24 : Médianes des richesses raréfiées des taxons EPTCM, par sites (sur 100 individus à gauche) et par lônes (sur 250 individus à droite) accompagnées de leur intervalle de confiance à 95%.

Les richesses en mollusques gastéropodes (*Figure 25* et *Figure* 26) sont également bien corrélées aux richesses totales au niveau des quadrats (Spearman r=0.73, p=0), mais pas au niveau des sites (Spearman r=0.63, p=0.1). Elles ne sont pas redondantes avec les richesses EPTCM (au niveau des quadrats : Spearman r=0.49, p=0.0008 ; au niveau des sites : Spearman r=0.34, p=0.39). Cette métrique distingue essentiellement les deux sites de la lône MOLO, ainsi que GRAN_aval et PLAI_amont par leur plus faible richesse en gastéropodes.

La médiane des richesses en gastéropodes par quadrat dans les quatre lônes étudiées à Brégnier-Cordon (4 taxons) est le double de celle observée dans les cinq lônes suivies à Belley (2 taxons).

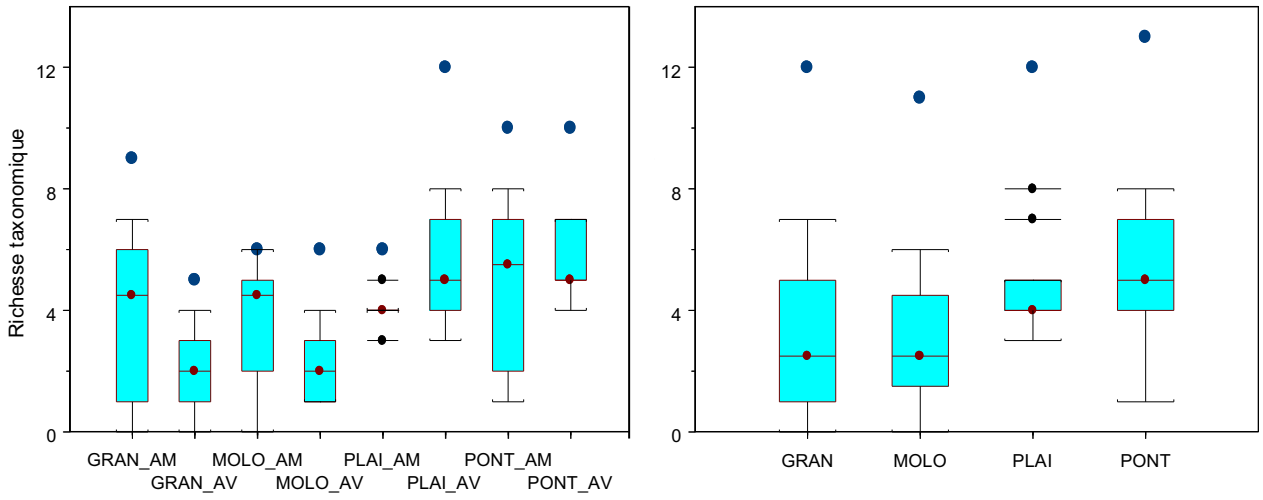


Figure 25 : Richesses taxonomiques des gastéropodes par sites (à gauche) et par lônes (à droite). Les boîtes verticales représentent l'intervalle inter-quartile (Q25-Q75) autour de la médiane des valeurs individuelles par quadrat. Les moustaches supérieures et inférieures indiquent les valeurs Q75+1.5 (Q75-Q25) et Q25-1.5 (Q75-Q25) au delà desquelles se situent les valeurs marginales. Les points non traversés par une barre horizontale indiquent les valeurs de richesse cumulées par site ou par lône.

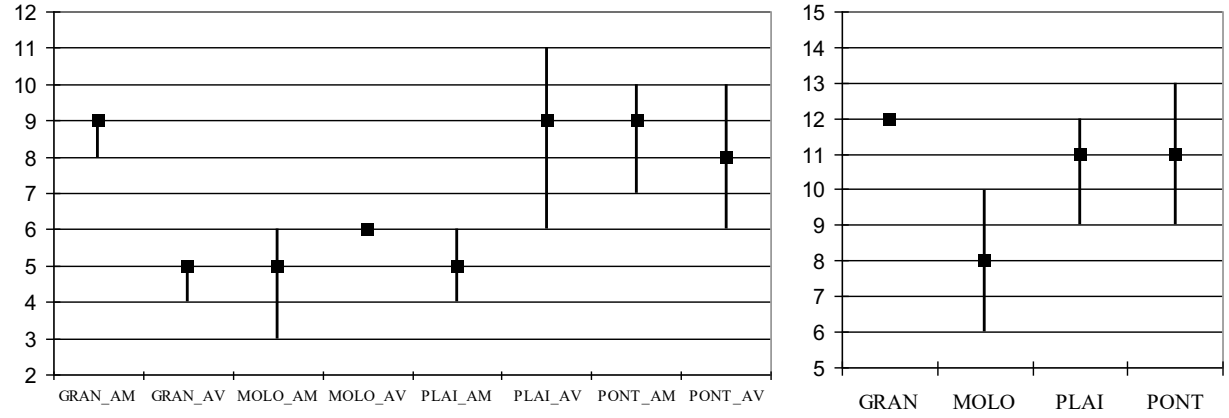


Figure 26 : Médianes des richesses raréfiées des mollusques gastéropodes, par sites (sur 110 individus, à gauche) et par lônes (sur 250 individus, à droite) accompagnées de leur intervalle de confiance à 95%.

5.3.4 Métriques basées sur le statut des espèces.

Parmi les taxons récoltés, 9 espèces ont été considérées comme potentiellement ″patrimoniales″ au sens défini plus haut et 4 sont des espèces non-indigènes (*Tableau 17*). Dix espèces ″patrimoniales″ et six non-indigènes avaient été observées à Belley.

Tableau 17 : Espèces non-indigènes et espèces potentiellement patrimoniales échantillonnées dans 4 lônes du secteur de Brégnier-Cordon. Les valeurs sont les sommes des abondances dans les six échantillons prélevés par site (6 x 0.25 m^2).

			GRAN_AM	GRAN_AV	MOLO_AM	MOLO_AV	PLAI_AM	PLAI_AV	PONT_AM	PONT_AV
Espèces non-indigènes										
Amphipoda	Crangonyctidae	*Crangonyx pseudogracilis*			1					
Gasteropoda	Hydrobiidae	*Potamopyrgus antipodarum*								1
Gasteropoda	Physidae	*Physella heterostropha / acuta*		4		4		71	26	28
Gasteropoda	Planorbidae	*Gyraulus parvus*		101		1		275	13	162
Espèces potentiellement patrimoniales										
Bivalvia	Sphaeriidae	*Musculium lacustre*	6		5	3	24	16	4	50
Bivalvia	Unionidae	*Unio tumidus*								1
Gasteropoda	Acroloxidae	*Acroloxus lacustris*						2		
Gasteropoda	Physidae	*Physa fontinalis*	1							
Gasteropoda	Planorbidae	*Anisus vorticulus*					11	1		
Gasteropoda	Planorbidae	*Ferrissia clessiniana*						3		
Gasteropoda	Planorbidae	*Planorbis carinatus*	8		478		1	15	1	
Lepidoptera	Crambidae	*Cataclysta lemnata*	4			3			1	
Odonata	Libellulidae	*Orthetrum albistylum*						1		

Les pourcentages d'abondance d'espèces non-indigènes par site varient de 0% (sites amont des lônes GRAN, PLAI et MOLO) à 21.6% (PLAI_aval). Les pourcentages de richesse en espèces potentiellement patrimoniales varient de 0% (GRAN_aval) à 16.7% (PLAI_aval). Ces valeurs permettent essentiellement de singulariser les sites PLAI_aval (forte proportion d'individus appartenant à des espèces non-indigènes et d'espèces potentiellement patrimoniales) et GRAN_aval (forte proportion d'individus appartenant à des espèces non-indigènes, aucune espèce potentiellement patrimoniale) (*Figure 27*).

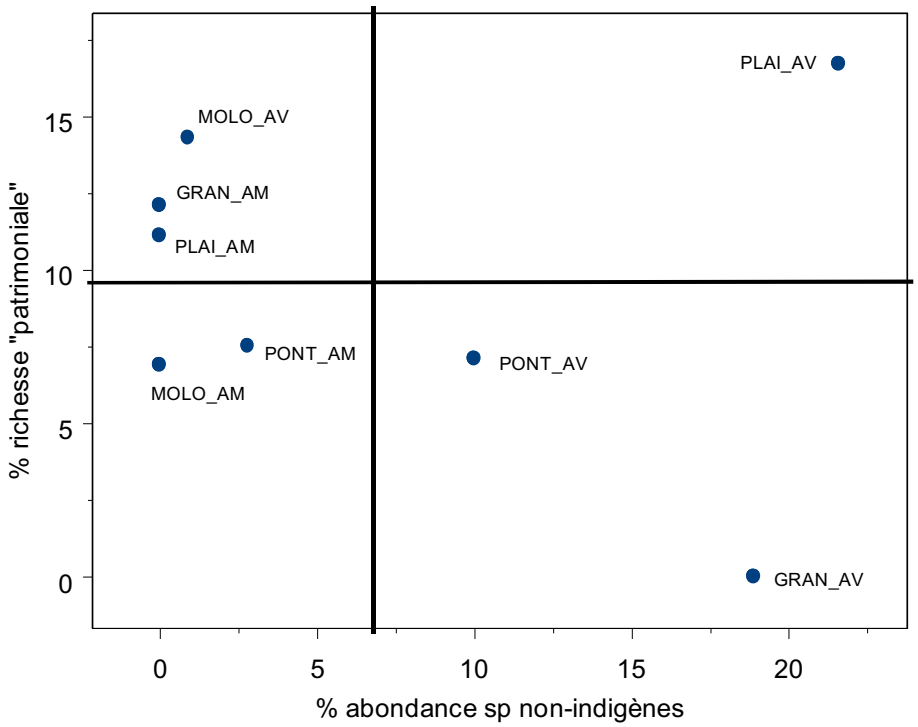


Figure 27 : Positionnement des 8 sites d'étude en fonction de la richesse en espèces potentiellement patrimoniales et de l'abondance en espèces non-indigènes. Les axes verticaux et horizontaux indiquent la moyenne des valeurs.

A l'exception d'un individu du crustacé *Crangonyx pseudogracilis* trouvé à l'amont de la lône des Molottes, toutes les espèces non-indigènes rencontrées sont des mollusques gastéropodes qui sont nettement plus abondants dans les sites aval (GRAN, PLAI, PONT). La majorité des individus appartiennent au planorbidae lénitophile invasif *Gyraulus parvus*, qui avait été mentionné par Pellaud (2004) dans des lônes isolées du secteur de Brégnier-Cordon. Il peut atteindre des densités importantes (162 individus dans un quadrat (1/4 de m^2) à PLAI_aval en juillet 2004).

Parmi les espèces ″patrimoniales″, la plus remarquable est certainement le gastéropode Planorbidae *Anisus vorticulus*. Ce mollusque a été listé en annexes II et IV de la Directive Habitats de l'Union Européenne au printemps 2004. Trouvé dans la lône de la Plaine, exclusivement en avril 2005 (11 individus dans la mouille PLAI_amont, un individu dans la partie aval), sa densité moyenne estimée en PLAI_amont en avril est de 14 à 15 individus par m^2. La lône de la Plaine est le sixième site connu depuis 2002 pour héberger l'espèce dans le secteur de Brégnier-Cordon (Castella et al., 2005). Les prélèvements d'avril 2005 analysés dans ce rapport permettent donc de confirmer la présence de cette espèce dans la lône de la Plaine, puisqu'un seul individu y avait été rencontré auparavant lors d'une campagne de prospection en septembre 2004 et que les prélèvements de juillet 2004 en étaient dépourvus.

5.3.5 Métriques basées sur les caractéristiques fonctionnelles des taxons.

Les six métriques basées sur les caractéristiques biologiques des espèces et calculées d'après Merritt et al. (2002) sont représentées à la *Figure 28*. Les valeurs seuils données par ces auteurs pour interpréter les métriques sont également représentées à titre indicatif.

Le rapport ″broyeurs / collecteurs″ est indicateur de la disponibilité relative en matière organique grossière (exploitée par les broyeurs) et fine (exploitée par les collecteurs). Les valeurs se situent majoritairement en dessous des seuils fixés par les auteurs et indiquent donc une prédominance de la matière fine et un faible impact de la matière organique grossière provenant de la ripisylve. Seules les stations MOLO_amont et PLAI_amont dépassent le seuil de 0.25 indiquant un impact plus important de la matière organique grossière provenant de la ripisylve.

Le rapport ″filtreurs / autres collecteurs″ témoigne de la contribution relative de la matière organique fine en suspension. Les valeurs, hétérogènes entre sites, sont globalement inférieures ou proches du seuil de 0.5 et indiquent la prédominance de la forme benthique de la matière organique fine, à l'exception du site PONT_aval où l'indice témoigne de l'importance de la fraction organique en suspension.

Le rapport ″prédateurs / autres groupes trophiques″ indique l'intensité du contrôle prédateurs / proies (parmi les macroinvertébrés). Il fluctue ici entre 0.11 et 0.33 (moyenne 0.2) et est donc proche du seuil de 0.15 indiqué par les auteurs, en dessous duquel le contrôle est considéré comme ″normal″.

Le rapport des invertébrés à cycle plurivoltin (pouvant généralement produire deux générations par saison), sur les autres taxons, fluctue entre 0.6 et 1.3 (moyenne 0.9). Il est globalement inférieur aux valeurs mesurées pour le secteur de Belley (moyenne 2.0) et indique une proportion plus importante de taxons univoltins caractéristiques de milieux moins influencés par les crues du fleuve.

Les rapports ″invertébrés épibenthiques / autres″ et ″à dérive comportementale / autres″ renseignent sur les potentialités trophiques offertes par les macroinvertébrés pour les poissons ou les oiseaux. Les valeurs observées ici sont très hétérogènes entre sites et se situent majoritairement en dessous des seuils proposés par Merritt et al. (2002). Toutefois, les sites MOLO_amont, PLAI_amont et PLAI_aval offrent de bonnes disponibilités en invertébrés épibenthiques (rapport > 0.6). La faiblesse des taxons à dérive comportementale est normale dans des milieux très largement stagnants.

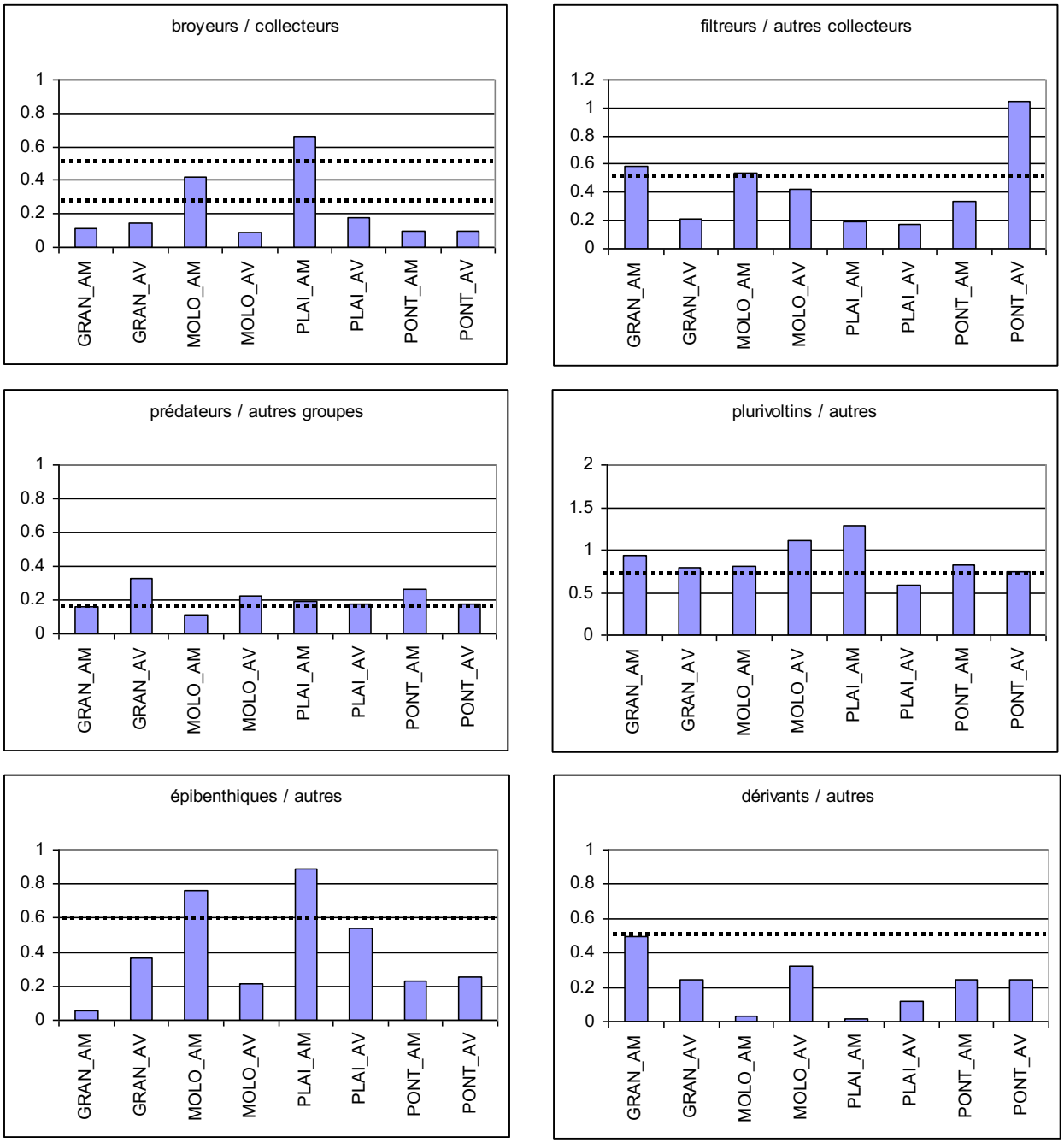


Figure 28 : Métriques basées sur les caractéristiques fonctionnelles des taxons : groupes fonctionnels trophiques, relation avec le substrat, nombre de cycles de reproduction et aptitude à la dérive comportementale. Les rapports sont calculés à partir des nombres totaux d'individus par station. Les lignes horizontales pointillées indiquent les valeurs seuil proposées par Merritt et al. (2002) pour l'interprétation de ces rapports.

5.3.6 Affinité potamique des communautés.

Le pourcentage d'individus ayant une affinité potamique (*Figure 29*) varie de 13% (GRAN_aval) à 40 % (MOLO_amont). Les valeurs des sites compris entre ces deux extrêmes sont très proches autour de la moyenne des sites (26.5%). Cette moyenne est équivalente à celle observée sur les lônes de Belley (26.9%).

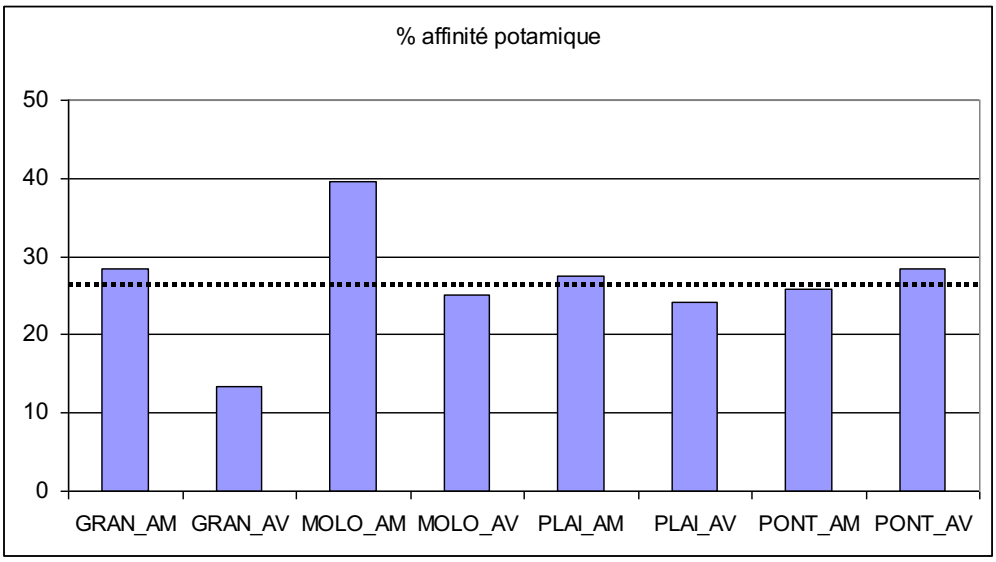


Figure 29 : Pourcentage d'individus à affinité potamique dans les 8 sites d'étude. Les pourcentages sont exprimés par rapport à l'ensemble des macrocrustacés, mollusques et insectes non-diptères. La ligne horizontale épaisse indique la moyenne des valeurs (26.5%).

5.4 Synthèse et conclusions.

Les communautés d'invertébrés aquatiques étudiées dans quatre lônes du Rhône à Brégnier-Cordon indiquent globalement des tendances beaucoup plus stagnantes et une influence du Rhône moins grande que dans les lônes étudiées de la même façon dans le secteur de Belley. Les variations de composition taxonomique révèlent néanmoins un niveau de différenciation élevé entre lônes et entre les secteurs amont et aval à l'intérieur de celles-ci. Les facteurs déterminant cette hétérogénéité semblent essentiellement correspondre à la taille et au degré de permanence des plans d'eau.

- La lône du Ponton (PONT) se singularise par ses richesses élevées (valeurs maximales pour 4 des 6 indicateurs de richesse taxonomique). Sa partie amont (mouille PONT_amont) est remarquable par sa richesse taxonomique (valeurs maximales pour 5 des 6 indicateurs) et la diversité de la composition du peuplement. Sa partie aval (PONT_aval) est le site présentant la plus forte connectivité au Rhône parmi les 8 étudiés.
- La lône de la Plaine (PLAI) est la plus riche en espèces de mollusques gastéropodes, particulièrement dans sa partie aval qui est le plus vaste des plans d'eau étudiés ici. Cette lône associe la présence remarquable d'*Anisus vorticulus* (espèce de la Directive Habitats) et une forte représentation de l'invasif *Gyraulus parvus*, ainsi qu'une proportion maximale d'espèces potentiellement patrimoniales, dans sa partie aval. Cette association singulière a par ailleurs déjà été observée dans la Morte de Glandieu (Pellaud, 2004).
- Les lônes des Molottes (MOLO) et des Granges (GRAN) sont décrites comme plus pauvres, particulièrement dans leur partie aval. Les raisons des faibles richesses observées associent vraisemblablement un caractère temporaire marqué (particulièrement évident pour MOLO_aval) et l'influence du passage d'engins entre les campagnes de relevés de l'été 2004 et du printemps 2005 pour la lône des Granges. Cette tendance n'exclut pas l'occurrence locale de communautés plus riches

(mollusques gastéropodes en GRAN_amont) ou originales, comme en MOLO_amont où les espèces indiquent une bonne connectivité avec le milieu aquatique interstitiel (*Esolus*, *Crangonyx*) et l'influence temporaire d'une connexion avec le Rhône (subsistance des Gammares).

- D'un point de vue fonctionnel, les sites MOLO_amont et PLAI_amont se distinguent par leur proportion élevée d'invertébrés exploitant la matière organique grossière et à mode de vie épibenthique.

Les métriques calculées à partir de ces données faunistiques (*Tableau 18* et *Tableau* 19) fournissent une photographie de l'état des communautés d'invertébrés aquatiques des quatre lônes étudiées en 2004-2005 dans le secteur de Brégnier-Cordon. Elles devront permettre de mesurer les changements qualitatifs et fonctionnels qui pourront affecter les milieux après les opérations de restauration du Rhône et de sa zone alluviale. La mise en relation de ces données avec les variables de milieu constitue un des objectifs du suivi scientifique de niveau 2.

Dans l'état des lônes avant restauration, les métriques basées sur les caractéristiques biologiques des taxons tendent à décrire un ensemble de lônes plus hétérogène du point de vue fonctionnel que les milieux étudiés à Belley. Cette diversification est à mettre en relation avec l'homogénéité hydrologique et géomorphologique plus grande des milieux étudiés à Belley. De plus, certains milieux étudiés à Brégnier peuvent être considérés comme temporaires, ce qui constitue un facteur important de divergence de la composition taxonomique.

Les espèces exogènes, essentiellement des mollusques, sont moins fréquentes que dans les lônes étudiées à Belley, une observation à relier également à leur plus faible degré de connectivité avec le Rhône.

Tableau 18 : Valeurs des métriques calculées à l'échelle des sites pour 4 lônes du secteur de Brégnier-Cordon (2004-2005) à partir des peuplements de macroinvertébrés aquatiques. (1) : métriques calculées à partir des macrocrustacés, mollusques et insectes non diptères uniquement.

	GRAN_AM	GRAN_AV	MOLO_AM	MOLO_AV	PLAI_AM	PLAI_AV	PONT_AM	PONT_AV	MIN	MOY	MAX
richesse totale	46	25	41	25	39	43	53	38	**25**	**38.8**	**53**
richesse totale raréfiée (550 individus)	27	26	27	25	29	31	40	26	**25**	**28.9**	**40**
richesse EPTCM	12	3	11	4	13	8	14	8	**3**	**9.1**	**14**
richesse EPTCM raréfiée (100 individus)	9	3	7	4	8	5	12	8	**3**	**7**	**12**
richesse Gastéropodes	9	5	6	6	6	12	10	10	**5**	**8**	**12**
richesse Gastéropodes raréfiée (110 individus)	9	5	5	6	5	9	9	8	**5**	**7**	**9**
% richesse potentiellement patrimoniale (1)	12.1	0	6.9	14.3	11.1	16.7	7.5	7.1	**0**	**9.5**	**16.7**
% abondance d'espèces non-indigènes	0	18.9	0	0.9	0	21.6	2.8	10	**0**	**6.8**	**21.6**
broyeurs / collecteurs	0.11	0.15	0.42	0.09	0.66	0.18	0.09	0.1	**0.09**	**0.2**	**0.66**
filtreurs / autres collecteurs	0.58	0.21	0.53	0.42	0.19	0.17	0.33	1.04	**0.17**	**0.4**	**1.04**
prédateurs / autres	0.16	0.33	0.11	0.22	0.2	0.18	0.27	0.18	**0.11**	**0.2**	**0.33**
plurivoltins / autres	0.93	0.79	0.81	1.11	1.28	0.59	0.82	0.74	**0.59**	**0.9**	**1.28**
épibenthiques / autres	0.06	0.37	0.76	0.21	0.89	0.54	0.23	0.25	**0.06**	**0.4**	**0.89**
taxons à dérive comportementale / autres	0.5	0.24	0.03	0.32	0.01	0.12	0.24	0.25	**0.01**	**0.2**	**0.5**
% individus à affinité potamique (1)	28.4	13.3	39.6	25.1	27.6	24.1	25.8	28.4	**13.3**	**26.5**	**39.6**

Tableau 19 : Valeurs des métriques calculées pour 4 lônes du secteur de Brégnier-Cordon (2004-2005) à partir des peuplements de macroinvertébrés aquatiques. (1) : métriques calculées à partir des macrocrustacés, mollusques et insectes non diptères uniquement.

	GRAN	MOLO	PLAI	PONT	MIN	MOY	MAX
richesse totale	55	50	60	64	**50**	**57.3**	**64**
richesse totale raréfiée (3100 individus)	51	48	60	64	**48**	**55.8**	**64**
richesse EPTCM	13	11	17	16	**11**	**14.3**	**17**
richesse EPTCM raréfiée (250 individus)	13	9	12	16	**9**	**12.5**	**16**
richesse Gastéropodes	12	11	12	13	**11**	**12**	**13**
richesse Gastéropodes raréfiée (250 individus)	12	8	11	11	**8**	**10.5**	**12**
% richesse potentiellement patrimoniale (1)	10	8.6	12.8	8.3	**8.3**	**9.9**	**12.8**
% abondance d'espèces non-indigènes	2.2	0.2	10.9	7	**0.2**	**5.1**	**10.9**
broyeurs / collecteurs	0.11	0.35	0.4	0.1	**0.1**	**0.2**	**0.4**
filtreurs / autres collecteurs	0.54	0.51	0.18	0.7	**0.18**	**0.5**	**0.7**
prédateurs / autres	0.18	0.13	0.19	0.21	**0.13**	**0.2**	**0.21**
plurivoltins / autres	0.92	0.86	0.87	0.77	**0.77**	**0.9**	**0.92**
épibenthiques / autres	0.09	0.64	0.7	0.24	**0.09**	**0.4**	**0.7**
taxons à dérive comportementale / autres	0.46	0.07	0.06	0.24	**0.06**	**0.2**	**0.46**
% individus à affinité potamique (1)	24.3	39.3	26.1	27.4	**24.3**	**29.3**	**39.3**

Une attention particulière devra être portée à l'expansion du Planorbidae non-indigène *Gyraulus parvus* dont la dispersion et l'écologie sont actuellement quasiment inconnues. Dans les milieux qu'il colonise, la régression de l'espèce indigène con-générique *Gyraulus albus* méritera d'être suivie. Le devenir de la population d'*Anisus vorticulus* de la lône de la Plaine constitue également un fort enjeu de suivi, en lien avec les autres populations remarquables de cette espèce protégée, dans l'ensemble du secteur de Brégnier-Cordon (Castella et al., 2005). Une étude en cours (Terrier, en préparation) devra permettre de préciser les conditions écologiques dans lesquelles *A. vorticulus* se développe.

Il paraît ainsi judicieux, à l'issue de cette étude, de recommander qu'aucune modification ne soit faite du site de la lône de la Plaine et que les actions éventuelles menées à l'amont de la lône du Ponton ne modifient pas les mouilles isolées qui occupent actuellement son tracé et qui hébergent une diversité élevée d'invertébrés aquatiques.

5.5 Remerciements

Nicolas Peru a trié l'ensemble des échantillons faunistiques. Pablo Tirado a contribué à la campagne de terrain du Printemps 2005.

6 VEGETATION AQUATIQUE ET PHYSICO-CHIMIE DES LONES

6.1 Rappel du contexte et des objectifs

Ce rapport est structuré en deux parties. Une première partie concerne l'analyse comparée et l'interprétation des caractéristiques physico-chimiques des zones humides du secteur de Brégnier-Cordon ainsi que celle de Chantemerle (secteur de Belley), destinées à être le siège d'une opération de restauration en 2005/2006. La deuxième partie regroupe les fiches-diagnostic des zones humides, dans lesquelles sont présentés :

- Le diagnostic écologique réalisé sur chaque zone humide grâce aux données collectées en 2004.

Le diagnostic écologique est élaboré à partir des données floristiques et environnementales collectées sur la zone humide en 2004, et utilise la méthode mise au point par Bornette et al. (1996). L'intérêt de cette méthode est de fournir un diagnostic intégré du fonctionnement des zones humides, qui permettra de mesurer l'efficacité de la restauration à modifier les caractéristiques écologiques de l'écosystème dans le sens d'une action plus significative de la dynamique fluviale, et/ou d'une meilleure qualité des eaux.

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

1) Les relevés floristiques collectés sur l'ensemble de la zone humide permettent de la découper éventuellement en zones floristiques. Cette zonation est basée sur l'identification de modifications significatives de la composition des communautés végétales.

2) Les exigences écologiques des espèces dominantes de chacune des zones floristiques de l'écosystème sont ensuite recherchées dans les tables des exigences écologiques des espèces (Bornette et al. rapport non publié, 1996, Amoros et al., 2000).
Les critères pris en compte sont la tolérance des espèces végétales à la charge des eaux en nutriments (essentiellement phosphates et ammoniaque), leur tolérance au décapage ou au dépôt de sédiments lors des crues (degré de perturbation), et leur association préférentielle aux milieux alimentés par les eaux souterraines.

- La méthode range les espèces en 3 classes de charge en nutriments des eaux : oligotrophe (A), mésotrophe (B), eutrophe (C).
- De la même manière, elle range les espèces selon cinq classes de niveau de perturbations, traduisant des décapages nuls (1) à élevés (4), la classe 4' correspond aux milieux fréquemment connectés au fleuve, dans lesquels les processus d'alluvionnement dominent.
- L'abondance relative d'hélophytes dans le peuplement (plantes ripariales, ou tolérantes aux exondations) permet d'évaluer le degré de permanence des eaux.

Les deux premiers critères permettent de définir les types fonctionnels, l'alimentation par les eaux souterraines et la permanence des eaux interviennent plutôt dans l'estimation de la durée de vie des chenaux et de leurs potentialités de restauration.

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

6.2 Stratégie d'échantillonnage

6.2.1 Stations d'étude

Les 5 lônes étudiées sont : la lône de Chantemerle, la lône des Molottes, la lône du Ponton, la lône de la Plaine et la lône des Granges.

6.2.2 Protocole et effort d'échantillonnage

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

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

- Les espèces dominantes de chacune des zones floristiques de l'écosystème sont ensuite recherchées dans les tables des exigences écologiques des espèces (Bornette et al. rapport non publié, 1996, Amoros *et al.* 2000). Les critères pris en compte sont la **tolérance des espèces végétales à la charge des eaux en phosphates et ammoniaque**, **leur tolérance au décapage ou au dépôt de sédiments lors des crues** (degré de perturbation), et **leur association aux milieux alimentés par les eaux souterraines**. L'abondance relative d'hélophytes dans le peuplement (plantes ripariales, ou tolérantes aux exondations) permet d'évaluer le degré de permanence des eaux. Les deux premiers critères permettent de définir les types fonctionnels, les deux derniers interviennent plutôt dans l'estimation de la durée de vie des chenaux et de leurs potentialités de restauration.

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

Le suivi de la qualité des eaux concerne les paramètres suivants à raison de 4 campagnes de relevés annuels dans chaque zone humide :

Température : des eaux stables thermiquement indiquent l'existence d'une bonne alimentation phréatique

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

Conductivité : caractérise l'origine des eaux souterraines (une forte conductivité est habituellement indicatrice des aquifères de versant calcaire)

pH : indique une influence des eaux superficielles fluviales, à pH généralement plus élevé que les eaux des lônes.

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

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

Ammoniac : issu en particulier de la nitrification des nitrates dans le cycle de l'azote, son accumulation est favorisée par des conditions anoxiques et un substrat riche en carbone organique. Phytotoxique, il inhibe la germination des diaspores, provoque des lésions de l'appareil végétatif chez les espèces sensibles, et augmente la demande en oxygène des racines, provoquant à terme leur mort. Il constitue un paramètre essentiel de l'eutrophisation et de la dégradation des systèmes aquatiques, et conduit à la disparition de la végétation aquatique en cas de fortes accumulations, même temporaires.

6.3 Résultats

6.3.1 Caractéristiques physico-chimiques des zones humides

Les données physico-chimiques collectées sur un cycle annuel de 2004 à 2005 (2003-2004 pour Chantemerle, et chenal BE2) sont résumées dans l'*Annexe XIII*.

L'ACPn réalisée sur ces données, ainsi que sur les stations du secteur de Belley (*Annexe XIII*) organise les stations de prélèvement principalement sur l'axe F1 (70% d'inertie).

Le déplacement vers les valeurs négatives de cet axe correspond à l'augmentation du pH, des teneurs en sulfates, nitrates et oxygène dissous. Les stations de prélèvement localisées sur le fleuve se retrouvent à l'extrémité gauche de cet axe, ainsi que la zone humide de Chantemerle, connectée de manière permanente au fleuve à son extrémité amont. La proximité des stations de Molottes, Luisettes, Fournier des stations du Rhône et de Chantemerle suggère que le fleuve influence fortement ces zones humides.

Le déplacement vers les valeurs positives de l'axe correspond à l'augmentation de l'alcalinité et de la conductivité moyennes des sites. A cette extrémité de l'axe, on retrouve la station de prélèvement dans la nappe souterraine. Les zones humides de la Plaine, des Granges, Moiroud, Ponton et Béard, situées sur les valeurs positives de l'axe F1 sont probablement plus influencées par les eaux souterraines. Les caractéristiques physico-chimiques de cette nappe (forte conductivité, faible teneur en sulfates, en particulier) suggère que cette nappe n'est pas la nappe alluviale.

- La lône de Chantemerle présente des caractéristiques physico-chimiques très proches des stations de prélèvement sur le Rhône BE1 et BE2 (campagne d'échantillonnage du secteur de Belley). Elle se distingue des autres stations par ses fortes concentrations en sulfates et oxygène dissous et par un pH élevé. Le fleuve est caractérisé par de fortes teneurs en sulfates et pH dans le secteur (Bornette et al. 1994).
- La lône des Molottes est celle qui se rapproche le plus des stations de prélèvements sur le Rhône BC1 et BC2. Des teneurs élevées en oxygène dissous et en nitrates la différencient des autres lônes du secteur de Brégnier-Cordon, et traduisent une connexion fréquente avec le fleuve.
- Les lônes des Granges, de la Plaine et du Ponton sont plus proches de la station piézométrique en termes de caractéristiques physico-chimiques. Elles présentent des faibles concentrations en oxygène dissous et nitrates, et une conductivité supérieure, surtout pour Plaine et Ponton. Il faut noter que si la lône des Granges est effectivement alimentée par des eaux souterraines, il ne s'agira pas de la même nappe car celle-ci est sur l'autre rive et plus en amont que le piézomètre 163. La restauration ne devrait pas conduire, par conséquent, à un rapprochement qualitatif de la lône et du piézomètre 163, sauf si les nappes présentent des caractéristiques similaires sur les deux rives.
- Dans la nappe souterraine, dont le prélèvement se situe à proximité de l'île du grand Brotteau, la conductivité et l'alcalinité sont élevées, la concentration en sulfates est nulle. Ceci a tendance à militer en faveur d'apports de versants plutôt que de sous-écoulements fluviaux.

L'axe F2, traduit plutôt le gradient de trophie, le déplacement vers les valeurs positives correspond à l'augmentation des concentrations en ammoniaque et phosphates.
Sur cet axe, les lônes des Granges et de la Plaine se distinguent par leurs plus faibles concentrations en ammoniaque, et en phosphates pour la lône de la Plaine. Les autres lônes et les stations sur le Rhône présentent des valeurs très élevées en ammoniaque, correspondant à un niveau eutrophe. Les eaux de la nappe sont globalement de bonne qualité. La concentration élevée d'ammoniaque est probablement corrélée au très faible taux d'oxygène, et à des apports de matière organique importants, la teneur en nitrates est par ailleurs nulle, de même que celle en phosphates.

6.3.2 Diagnostic écologique des zones humides, état initial et conséquences probables des restaurations

6.3.2.1 Lone de Chantemerle

6.3.2.1.1 Données

Tableau 20 : Données floristiques de la lône de Chantemerle (9/11/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	50	100	150	140G	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Elodea nuttallii	2.2	2.4	2.3			1.1	1.1					1.1	1.1				1.3	1.1	2.3	1.1	2.3	1.2
Myriophyllum spicatum	1.2	1.1	1.1	2.5		1.2	1.1	2.5	1.1		1.1	1.1	1.1					1.1			1.1	
Phalaris arundinacea						1.1			1.1		1.1					1.1			1.1			1.1
Phragmites australis																						1.1
Potamogeton crispus											1.1											
Potamogeton nodosus	1.1																					
Veronica beccabunga												1.1										

Tableau 21 : Données environnementales de la lône de Chantemerle (9/11/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	50	100	150	140G	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
profondeur (m)	2,10	1,70	1,85	1,20	0,05	0,90	1,80	2,60	1,50	1,95	1,00	1,30	0,50	3,50	1,55	1,80	1,80	1,40	2,00	2,20	1,80	1,25
largeur (m)	50	40	50	30	2	40	40	40	30	30	50	30	30	30	20	15	15	15	15	15	15	10
vit. courant	faible	faible	faible	rn	0	faible	faible	faible	faible	faible	faible	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
galets, grav. (%)				50		70	80	80	80	85	95						70	30		30	70	90
sable (%)	10	40	40																			
limon (%)	90	60	60	50	100	30	20	20	20	15	5	100	100	100	100	100	30	70	100	70	30	10
vase (%)																						
tourbe (%)																						
transparence (m)	1,20	1,20	1,20	1,20	>0,05	>0,90	1,20	1,20	1,20	1,20	>1,00	1,20	>0,50	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
ombre projet˜e (%)	<5	<5	>5	<5	>75	<5	>5	>5	>5	>5	<5	>5	>5	<5	>25	>50	>75	>50	>5	>50	>50	0
haut. ripisylve (m)	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	0

Tableau 22 : Données floristiques de la petite lône aval (9/11/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
Alisma plantago-aquatica								x.1			
Callitriche platycarpa				1.1					1.1		
Elodea nuttallii				3.5	3.4						
Equisetum hiemale								1.1	1.1		
Phalaris arundinacea							3.5				
Phragmites australis						1.2	1.2				
Polygonum hydropiper							1.1				

Tableau 23 : Données environnementales de la petite lône aval (9/11/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
profondeur (m)	0,05	0,10	0,15	0,02	0,02	0,01	0,05	0,00	0,01	0,05	0,02
largeur (m)	5	5	5	4	4	4	2	5	5	4	2
vit. courant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
galets, grav. (%)											
sable (%)											
limon (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
vase (%)											
tourbe (%)											
transparence (m)	>0,05	>0,10	>0,15	>0,02	>0,02	>0,01	>0,05	-	>0,01	>0,05	>0,02
ombre projet˜e (%)	>75	>75	>75	>25	>75	>5	<5	>75	>75	>75	>75
haut. ripisylve (m)	>16	>8	>8	>8	>8	>8	>16	>16	>16	>16	>16

6.3.2.1.2 Diagnostic fonctionnel

6.3.2.1.2.1 Lône principale

La lône de Chantemerle, bien que longue de 1 km, a un contenu floristique homogène, caractérisé par une faible richesse spécifique (7 espèces au total) et un faible recouvrement des espèces, *Tableau 20*. Certains transects sont même dépourvus de végétation aquatique. Du fait de la date tardive de la campagne de relevés (novembre 2004), il convient cependant de prendre ces valeurs avec précaution.

Les espèces les plus représentées dans la zone humide sont *Elodea nuttallii* et *Myriophyllum spicatum, Tableau 24*. Ces deux espèces sont associées à des conditions méso-eutophes, voire plutôt eutrophes pour *Myriophyllum spicatum*. *Potamogeton crispus* et *Potamogeton nodosus* présents de façon sporadique, sont également liés aux conditions eutrophes. Aucune des espèces présentes ne traduit l'existence d'apports d'eau souterraine. Ces deux tendances sont confirmées par l'analyse des données physico-chimiques, qui a en effet mis en évidence que l'eau de la lône est très riche en nutriments et très similaire à celle du Rhône Les espèces dominantes témoignent d'une forte influence de la dynamique fluviale et probablement de processus d'alluvionnement, suggérés par la présence en abondance

d'*Elodea nuttallii*. Le substrat est majoritairement dominé par les limons sauf dans la zone localisée entre les transects 200 et 450 (influencée part une communication latérale avec le Rhône), où le sédiment grossier domine. Ceci traduit l'existence de processus érosifs localisés, mais les phénomènes d'alluvionnement prédominent. La hauteur d'eau est importante (1,6 m en moyenne).

Tableau 24 : Diagnostic floristique de la lône de Chantemerle (2004)

	ab.moy.	trophie	perturbations	eau sout.	hélophytes
Elodea nuttallii	0,86	BC	34'		
Myriophyllum spicatum	0,71	BC	12344'		
Phalaris arundinacea	0,29	ABC	2344'		*
Phragmites australis	0,05	ABC	12344'		*
Potamogeton crispus	0,05	C	1234		
Potamogeton nodosus	0,05	C	234		
Veronica beccabunga	0,05	BC	234		*

Dynamique du milieu depuis 1996

Cette lône a subi une première restauration en 1993, le bouchon alluvial amont ainsi que les obstacles à l'écoulement dans le lit ont été éliminés. Depuis 1994, la lône est toujours en eau, et alimentée en permanence par les eaux du Rhône à l'amont (Henry et Amoros, 1997).

La lône n'abritait en 1996 que 5 espèces (*Tableau 25*), et environ la moitié des transects étaient dépourvus de végétation. Les espèces principales, *Myriophyllum spicatum* et *Phalaris arundinacea*, témoignant d'un milieu eutrophe perturbé, se sont maintenues. Par contre *Elodea nuttallii* est apparue et domine désormais le peuplement, comme cela est fréquemment observé pour les écosystèmes très connectés au Rhône. Sa présence ainsi que le développement du substrat limoneux au détriment du substrat grossier (62% graviers en 1996) indique la progression des processus d'alluvionnement qui étaient plus localisés en 1996. L'apparition de *Potamogeton nodosus* au niveau de la confluence aval peut traduire la progression de ces processus d'alluvionnement, et le début de constitution d'un bouchon alluvial.

Tableau 25 : Evolution du peuplement de la lône de Chantemerle (1996-2004)

espèces 1996	ab.moy.	espèces 2004	ab.moy.
Myriophyllum spicatum	1,00	*Elodea nuttallii*	0,86
Phalaris arundinacea	0,39	*Myriophyllum spicatum*	0,71
Polygonum hydropiper	0,09	*Phalaris arundinacea*	0,29
Veronica beccabunga	0,09	*Phragmites australis*	0,05
Phragmites australis	0,04	*Potamogeton crispus*	0,05
		Potamogeton nodosus	0,05
		Veronica beccabunga	0,05
RS moy par relevé	1,1 ± 1,3		1,7 ± 1,0

Diagnostic lône de Chantemerle :

- Trophie : eutrophe.
- Perturbations : processus d'alluvionnement dominants, en progression depuis 1996, processus d'érosion localisés.
- Apports d'eau souterraine : inexistants.
- Eaux permanentes.

6.3.2.1.2.2 Mortes

Les deux mortes présentent probablement les mêmes conditions trophiques et le même type d'alimentation que la lône principale. La morte en rive droite (RD) est dépourvue de végétation aquatique, ce qui ne permet pas de fournir un diagnostic de son fonctionnement. La morte en rive gauche (RG) est envahie par *Elodea nuttallii* (recouvrement de plus de 50%), ce qui témoigne d'un statut trophique élevé et de processus d'alluvionnement importants. Toutes deux ont un substrat limoneux, confirmant ces processus. La morte RD est quasiment asséchée, la morte RG a une hauteur d'eau faible, mais les eaux sont probablement permanentes, car *Elodea nuttallii* ne supporte pas les exondations.

Ces deux mortes ont été surcreusées à l'aval lors de la restauration de 1993, et présentent depuis une connexion permanente avec le bras principal. Elles étaient dépourvues de végétation en 1996 et le substrat témoignait déjà de processus d'alluvionnement. Les dépôts d'alluvions ont sans doute progressé, favorisant ainsi la progression de *Elodea nuttallii* dans la morte en rive gauche.

6.3.2.1.2.3 Petite lône aval

Le peuplement de la petite lône aval est très discontinu, avec là encore peu d'espèces (7 au total), celles-ci ne se développant que sur un ou deux transects avec en général un faible recouvrement,

Tableau 22. Les espèces les plus représentées sont *Elodea nuttallii* sur les transects 75 et 100 et *Phalaris arundinacea* sur le transect 150.

Elodea nuttallii indique des conditions méso-eutrophes (*Tableau 26*) et des processus d'alluvionnement. *Phalaris arundinacea* tolère également ces processus et le substrat est complètement limoneux. Quant aux exondations, elles sont sans doute fréquentes à en juger par le développement des hélophytes et la hauteur d'eau faible. La zone située au niveau des transects où se développe *Elodea nuttallii* doit cependant rester en eau permanente.

Tableau 26 : Diagnostic floristique de la petite lône aval de Chantemerle (2004)

	ab.moy.	trophie	perturbations	eau sout.	hélophytes
Elodea nuttallii	0,55	BC	34'		
Phalaris arundinacea	0,27	ABC	2344'		*
Callitriche platycarpa	0,18	BC	234	*	
Equisetum hiemale	0,18				*
Phragmites australis	0,18	ABC	12344'		*
Alisma plantago-aquatica	0,09	BC	1234		*
Polygonum hydropiper	0,09	BC	2344'		*

Dynamique du milieu depuis 1996

La petite lône aval a été surcreusée sur les deux tiers aval de sa longueur en 1993, et elle est depuis alimentée en permanence par les reflux du Rhône.

En 1996, le recouvrement de la végétation était très faible avec seulement deux espèces (*Tableau 27*), très indicatrices d'un système eutrophe, de plus les eaux étaient très turbides. Le milieu était fortement soumis à l'alluvionnement. Même si le fonctionnement de la lône reste identique, les espèces présentes en 1996 ont disparu. Les espèces qui les ont remplacées sont plus tolérantes aux exondations. Ceci s'explique par la forte diminution de la hauteur d'eau (55 cm en moyenne en 1996 contre 4 cm en 2004). Cette diminution de la lame d'eau est due

au comblement de la lône par les sédiments fins (observation par Henry C. en 2004). En effet, on peut supposer que le niveau d'eau est relativement stable du fait de la position de la lône. Celle-ci est située à l'extrémité amont de la retenue de l'aménagement hydro-électrique de Bregnier-Cordon. *Elodea nuttallii* s'est installée depuis 1996, elle a certainement été transportée par les reflux du Rhône dans la lône.

Tableau 27 : Evolution du peuplement de la petite lône aval de Chantemerle (1996-2004)

espèces 1996	ab.moy.	espèces 2004	ab.moy.
Ceratophyllum demersum	0,50	*Elodea nuttallii*	0,55
Myriophyllum spicatum	0,40	*Phalaris arundinacea*	0,27
		Callitriche platycarpa	0,18
		Equisetum hiemale	0,18
		Phragmites australis	0,18
		Alisma plantago-aquatica	0,09
		Polygonum hydropiper	0,09
RS moy par relevé	0,9 ± 0,7		1,0 ± 1,1

Diagnostic petite lône aval :

- Trophie : méso-eutrophe.
- Perturbations : processus d'alluvionnement, comblement de la lône très avancé (curage en 1993).
- Apports d'eau souterraine inexistants.
- Exondations fréquentes.

6.3.2.2 Lônes des Molottes

6.3.2.2.1 Données

Tableau 28 : Données floristiques de la lône des Molottes (21/07/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	627
Callitriche platycarpa														
Ceratophyllum demersum					1.1				2.2		1.1			
Echinochloa crus-galli					1.3									1.1
Elodea canadensis														
Elodea nuttallii				5.5					5.5					
Impatiens glandulifera				1.1								2.2	1.1	5.5
Lemna minor	4.5	5.5	1.1	3.3	1.1	5.5	x.1	1.1	5.5		1.3			
Phalaris arundinacea					1.2									
Phragmites australis								3.4		5.5		5.5	5.5	
Polygonum hydropiper	1.1	1.1	1.1	1.1	2.3	1.1	1.2	1.1	1.2		1.1			
Potamogeton pusillus											1.1			
Riccia fluitans														
Urtica dioica														2.2

distance depuis l'aval (m)	645	665	780	855	870	900	930	990	1090	1140	1405
Callitriche platycarpa				1.2					1.1		
Ceratophyllum demersum				1.1	2.3		1.1	2.2	5.5		5.5
Echinochloa crus-galli			1.1			1.2	2.5	1.1	1.1	1.1	1.2
Elodea canadensis				2.3	1.2						
Elodea nuttallii								5.5	2.2		
Impatiens glandulifera			1.1	1.1		1.1					
Lemna minor			1.2	2.2	1.1	1.1	x.1	1.1	1.1	1.1	5.5
Phalaris arundinacea						1.2					
Phragmites australis											
Polygonum hydropiper			1.1			1.1			1.1		1.2
Potamogeton pusillus			1.1	2.3	1.1				1.1		2.2
Riccia fluitans			x.1								
Urtica dioica											

Tableau 29 : Données environnementales de la lône des Molottes (21/07/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	627
profondeur (m)	0,10	0,25	0,30	0,40	0,15	0,20	0,20	0,20	0,40	0,00	0,60	0,00	0,05	0,00
largeur (m)	5	6	5	8	5	8	6	4	8	5	8	10	10	10
vit. courant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
galets, grav. (%)														
sable (%)														
limon (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
vase (%)														
tourbe (%)														
transparence (m)	>0,10	>0,25	>0,30	>0,40	>0,15	>0,20	>0,20	>0,20	>0,40	-	>0,60	-	>0,05	-
ombre projet˘e (%)	>75	>50	>75	>25	>25	>75	>75	>50	>5	>5	>75	>5	>5	>50
haut. ripisylve (m)	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16

distance depuis l'aval (m)	645	665	780	855	870	900	930	990	1090	1140	1405
profondeur (m)	0,00	0,05	0,15	0,30	0,20	0,05	0,05	0,20	0,30	0,20	0,40
largeur (m)	4	2	5	6	5	2	1,5	6	6	5	5
vit. courant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
galets, grav. (%)				20	30						50
sable (%)											
limon (%)	100	100	100	80	70	100	100	100	100	100	50
vase (%)											
tourbe (%)											
transparence (m)	-	>0,05	>0,15	>0,30	>0,20	>0,05	>0,05	>0,20	>0,30	>0,20	>0,40
ombre projet˘e (%)	>50	>75	>75	>75	>50	>75	>25	>25	>75	>75	>75
haut. ripisylve (m)	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16

6.3.2.2.2 Diagnostic fonctionnel

La lône des Molottes longue de 1,4 km peut être découpée en plusieurs zones floristiques. On peut ainsi distinguer une zone médiane, située entre les transects 450 et 665 (distance depuis l'aval), *Tableau 28*. Celle-ci se caractérise par l'absence d'hydrophytes (sauf sur un transect), l'abondance élevée de *Phragmites australis,* et la présence en abondance d'*Impatiens glandulifera*. Cette zone présente une richesse spécifique très faible, et certains relevés sont dépourvus de végétation. Les zones situées en amont et en aval de cette portion présentent des peuplements relativement contrastés, notamment par la plus forte richesse spécifique observée à l'amont, la présence de *Potamogeton pusillus* et le plus fort recouvrement de *Ceratophyllum demersum*.

6.3.2.2.2.1 Zone amont

La zone amont est dominée par *Ceratophyllum demersum* et *Lemna minor*. *Echinochloa crus-galli, Elodea nuttallii* et *Potamogeton pusillus* sont également très abondantes. Cette portion de chenal présente la plus forte diversité (3 à 7 espèces par transect), *Tableau 28*.

Ceratophyllum demersum et *Lemna minor* indiquent des conditions eutrophes, *Tableau 30*. Ces espèces sont indifférentes au niveau des perturbations. *Potamogeton pusillus*, qui se développe uniquement dans cette zone, est associé à des perturbations élevées. La granulométrie plus grossière du sédiment et la présence ponctuelle de galets et graviers traduisent l'existence de perturbations décapantes. Cependant, la présence d'*Elodea nuttallii* et la part encore importante des limons dans le sédiment témoignent de processus d'alluvionnement significatifs. Aucune espèce dominante n'est associée aux eaux souterraines, ce qui milite dans le sens d'un faible drainage phréatique. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la lône sont peu distinctes de celles du Rhône. La teneur en ammoniaque est très élevée. La lône ne semble pas, par conséquent, recevoir d'apports d'eau d'origine souterraine. La hauteur d'eau est faible (0.05 à 0.4 m), mais *Ceratophyllum*

demersum et *Elodea nuttallii* suggèrent une relative permanence des eaux, au moins sur une partie de la zone.

Tableau 30 : Diagnostic floristique de la zone amont des Molottes (2004)

	ab.moy.	trophie	perturbations	eau sout.	hélophytes
Ceratophyllum demersum	1,78	C	12344'		
Lemna minor	1,56	C	12344'		
Echinochloa crus-galli	0,89				*
Elodea nuttallii	0,78	BC	34'		
Potamogeton pusillus	0,78	BC	234		
Polygonum hydropiper	0,44	BC	2344'		*
Elodea canadensis	0,33	BC	234	*	
Impatiens glandulifera	0,33				*
Callitriche platycarpa	0,22			*	
Phalaris arundinacea	0,11				*
Riccia fluitans	0,11				*

Dynamique du milieu depuis 1996

Les données collectées en 1996, indiquaient un milieu eutrophe, vraisemblablement alimenté par des sous-écoulements fluviaux. *Potamogeton pusillus,* majoritaire en 1996, et associée aux perturbations érosives, a fortement régressé, *Tableau 31*. Cette évolution, combinée au recul de *Phalaris arundinacea* et à la diminution de la part de galets/graviers dans le sédiment, indique une diminution des processus érosifs au profit des processus d'alluvionnement. Ceci est confirmé par l'apparition d'*Elodea nuttallii*. De plus, la disparition de *Chara major,* indicatrice d'une alimentation par des eaux souterraines, est sans doute liée à l'augmentation du colmatage du substrat (l'épaisseur de limons a probablement augmenté, mais en l'absence de mesure, nous ne pouvons l'affirmer).

Tableau 31 : Evolution du peuplement de la zone amont des Molottes (1996-2004)

espèces 1996	ab.moy.	espèces 2004	ab.moy.
Potamogeton pusillus	2,50	*Ceratophyllum demersum*	1,78
Elodea canadensis	2,00	*Lemna minor*	1,56
Ceratophyllum demersum	1,75	*Echinochloa crus-galli*	0,89
Polygonum hydropiper	0,75	*Elodea nuttallii*	0,78
Chara sp.	0,63	*Potamogeton pusillus*	0,78
Phalaris arundinacea	0,63	*Polygonum hydropiper*	0,44
Potamogeton crispus	0,50	*Elodea canadensis*	0,33
Myriophyllum spicatum	0,38	*Impatiens glandulifera*	0,33
Lemna minor	0,13	*Callitriche platycarpa*	0,22
Sparganium emersum	0,13	*Phalaris arundinacea*	0,11
		Riccia fluitans	0,11
RS moy par relevé	4,8 ± 1,8		4,7 ± 1,6

Diagnostic zone amont:

- Trophie : eutrophe.
- Perturbations : processus d'érosion en régression depuis 1996, progression de l'alluvionnement.
- Apports d'eau souterraine : ne sont plus apparents en 2004.
- Eaux permanentes

6.3.2.2.2.2 Zone centrale

La zone centrale est principalement colonisée par *Phragmites australis* et *Impatiens glandulifera*. Elle présente une richesse spécifique très faible (0 à 4 espèces par transect), *Tableau 29*.

Les espèces dominantes ne nous permettent pas de conclure sur le statut trophique, mais ce dernier est probablement élevé (présence de *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor*), *Tableau 32*. *Phragmites australis* est habituellement associé à des milieux peu perturbés. La colonisation par des hélophytes de grande taille, et la très faible profondeur (0 à 0.05 m sauf sur un relevé) traduisent l'atterrissement de la zone, résultat de l'alluvionnement (substrat limoneux minéral). Cette zone se situe à proximité du chenal permanent s'écoulant au sud. Elle est probablement soumise à une alimentation par débordement par ce chenal lors des crues. Cette zone de confluence est probablement de ce fait le siège de processus d'alluvionnement accélérés (constitution d'un bouchon alluvial secondaire).

Tableau 32 : Diagnostic floristique de la zone centrale des Molottes (2004)

	ab.moy.	trophie	perturbations	eau sout.	hélophytes
Phragmites australis	2,14	ABC	12 344'		*
Impatiens glandulifera	1,14				*
Urtica dioica	0,29				*
Ceratophyllum demersum	0,14	C	12344'		
Echinochloa crus-galli	0,14				*
Lemna minor	0,14	C	12344'		
Polygonum hydropiper	0,14	BC	2344'		*
Potamogeton pusillus	0,14	BC	234		

Dynamique du milieu depuis 1996

L'atterrissement a progressé sur 150 mètres vers l'aval et la profondeur est plus faible qu'en 1996.

La végétation de la zone centrale traduit l'atterrissement croissant du milieu (dominance des hélophytes de grande taille), le milieu est même complètement terrestre sur 100 m entre cette zone et la zone amont. *Phragmites australis* reste bien développé dans la zone, et l'espèce envahissante *Impatiens glandulifera* s'est bien implantée. *Elodea candensis* a disparu et les autres espèces d'hydrophytes ont fortement régressé (elles ne sont présentes que sur 1 transect sur les 7 réalisés dans cette zone), *Tableau 33*.

Tableau 33 : Evolution du peuplement de la zone centrale des Molottes (1996-2004)

espèces 1996	ab.moy.	espèces 2004	ab.moy.
Phragmites australis	2,20	*Phragmites australis*	2,14
Elodea canadensis	2,00	*Impatiens glandulifera*	1,14
Potamogeton pusillus	1,60	*Urtica dioica*	0,29
Polygonum hydropiper	0,80	*Ceratophyllum demersum*	0,14
Ceratophyllum demersum	0,60	*Echinochloa crus-galli*	0,14
Lemna minor	0,40	*Lemna minor*	0,14
Callitriche platycarpa	0,20	*Polygonum hydropiper*	0,14
		Potamogeton pusillus	0,14
RS moy par relevé	4,0 ± 2,2		1,7 ± 1,5

Diagnostic zone centrale:

- Trophie : eutrophe.
- Perturbations : faibles, milieu très atterri, progression de l'atterrissement depuis 1996.
- Apports d'eau souterraine inexistants
- Exondations très fréquentes.

6.3.2.2.2.3 Zone aval

Le peuplement de la zone aval est caractérisé par *Lemna minor*, présente en continu avec des recouvrements pouvant dépasser 75% et *Polygonum hydropiper*. *Elodea nuttallii* est très abondante localement. La richesse spécifique est faible (2 à 5 espèces par transect), *Tableau 28*.

Lemna minor est très indicatrice de conditions eutrophes, *Polygonum hydropiper* et *Elodea nuttallii* se développent également dans ces conditions, *Tableau 34*. Les espèces ne témoignent pas d'apports d'eau souterraine. *Lemna minor* et *Polygonum hydropiper* se retrouvent indifféremment à tous les niveaux de perturbations. *Elodea nuttallii* est caractéristique de milieux fortement perturbés par la dynamique fluviale, et soumis à des processus d'alluvionnement. Le substrat limoneux minéral traduit ces processus. Les exondations totales doivent être peu fréquentes car les hydrophytes se maintiennent dans le peuplement (*Ceratophyllum demersum, Elodea nuttallii)*. La présence de *Lemna minor* ne permet pas de conclure quant à la permanence des eaux, car cette espèce est apte à produire des hibernacles résistantes à l'assec.

Tableau 34 : Diagnostic floristique de la zone aval des Molottes (2004)

	ab.moy.	trophie	perturbations	eau sout.	hélophytes
Lemna minor	2,89	C	12344'		
Polygonum hydropiper	1,44	BC	2344'		*
Elodea nuttallii	1,11	BC	34'		
Ceratophyllum demersum	0,33	C	12344'		
Phragmites australis	0,33	ABC	12344'		*
Echinochloa crus-galli	0,11				*
Impatiens glandulifera	0,11				*
Phalaris arundinacea	0,11	ABC	2344'		*

Dynamique du milieu depuis 1996

Le cortège floristique de la zone aval a significativement changé entre 1996 et 2004, s'accompagnant d'une baisse significative de la richesse spécifique, *Tableau 35*. Le changement majeur est le remplacement d'*Elodea canadensis* par *Elodea nuttallii*. C'est une observation fréquente sur les lônes du Rhône fortement connectées au fleuve, qui témoigne probablement d'une intensification des processus d'alluvionnement. *Lemna minor* a fortement progressé et est devenue l'espèce majoritaire de la zone humide, ce qui montre l'accentuation du statut eutrophe du milieu. *Phragmites australis*, qui colonisait ponctuellement des petits bouchons alluviaux, a fortement régressé. Les espèces témoignant de conditions perturbées (*Phalaris arundinacea*, *Potamogeton pusillus*) ont régressé, voire disparu. Ceci est sans doute lié au développement du bouchon central végétalisé, qui limite l'action des crues décapantes dans la portion aval de la lône.

Tableau 35 : Evolution du peuplement de la zone aval des Molottes (1996-2004)

espèces 1996	ab.moy.	espèces 2004	ab.moy.
Elodea canadensis	1,75	*Lemna minor*	2,89
Phragmites australis	1,25	*Polygonum hydropiper*	1,44
Ceratophyllum demersum	1,00	*Elodea nuttallii*	1,11
Potamogeton pusillus	0,83	*Ceratophyllum demersum*	0,33
Lemna minor	0,67	*Phragmites australis*	0,33
Phalaris arundinacea	0,67	*Echinochloa crus-galli*	0,11
Polygonum hydropiper	0,58	*Impatiens glandulifera*	0,11
Sparganium emersum	0,50	*Phalaris arundinacea*	0,11
Callitriche platycarpa	0,25		
Potamogeton crispus	0,09		
Glyceria fluitans	0,08		
Impatiens glandulifera	0,08		
Myriophyllum spicatum	0,08		
Myriophyllum verticillatum	0,08		
RS moy par relevé	4,7 ± 2,8		2,9 ± 1,2

Diagnostic zone aval:

- Trophie : eutrophe.
- Perturbations : processus d'alluvionnement en progression depuis 1996.
- Apports d'eau souterraine inexistants
- Exondations peu fréquentes.

6.3.2.3 Lône du Ponton

6.3.2.3.1 Données

Tableau 36 : Données floristiques de la lône du Ponton (20/07/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	425
Callitriche platycarpa								4.5		1.1
Carex sp.							2.5			
Ceratophyllum demersum			1.1		2.2	4.4				
Elodea canadensis					1.2					
Elodea nuttallii					2.3	3.3				
Iris pseudacorus								1.1		
Myosotis scorpioides								1.1		
Myriophyllum spicatum	1.1			1.3	1.1					
Phalaris arundinacea	1.3	1.3	2.5	1.2	2.5	1.2		4.5	1.1	1.2
Phragmites australis	1.1	2.5	1.2	1.2		1.3	3.5		4.5	1.2
Polygonum hydropiper	1.1	1.2		1.1	1.1	2.5	1.1	3.3	2.2	1.1
Rorippa amphibia							1.1			

Tableau 37 : Données environnementales de la lône du Ponton (20/07/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	425
profondeur (m)	0,30	0,45	0,35	0,60	0,25	0,35	0,20	0,20	0,10	0,10
largeur (m)	10	4	5	6	4	6	4	1	3	3
vit. courant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
galets, grav. (%)										
sable (%)										
limon (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
vase (%)										
tourbe (%)										
transparence (m)	>0,30	>0,45	>0,35	>0,60	>0,25	>0,35	>0,20	>0,20	>0,10	>0,10
ombre projet˘e (%)	<5	>5	<5	<5	>5	<5	<5	0	>50	>75
haut. ripisylve (m)	>16	>16	>16	>16	>16	>4	>16	>8	>8	>16

6.3.2.3.2 Diagnostic fonctionnel

Le peuplement de la lône Ponton est constitué d'une seule zone floristique peu diversifiée (3 à 6 espèces par transect). Il est dominé par *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis* et *Polygonum hydropiper, Tableau 36*.

Polygonum hydropiper témoigne de conditions méso-eutrophes, et *Ceratophyllum demersum* de conditions eutrophes. Les espèces majoritaires ne témoignent pas d'apports d'eau souterraine, mais *Callitriche platycarpa* et *Elodea canadensis*, présentant ponctuellement un fort recouvrement (>50%), sont généralement liées à ces apports, *Tableau 38*. Des apports d'eau souterraine sont par conséquent probables. L'analyse des données physico-chimiques a également mis en évidence l'influence d'apports d'eaux souterraines. En effet, les eaux présentent les valeurs de conductivité et d'alcalinité les plus élevées, ce qui témoigne potentiellement d'apports d'une aquifère de versant. La plus forte teneur en sulfates observée dans la lône par rapport à la nappe (piézomètre), traduit cependant l'influence probable du Rhône. La teneur en ammoniaque est très élevée.

Tableau 38 : Diagnostic floristique de la lône du Ponton (2004)

	ab.moy.	trophie	perturbations	eau sout.	hélophytes
Phalaris arundinacea	1,40	ABC	2344'		*
Phragmites australis	1,40	ABC	12344'		*
Polygonum hydropiper	1,30	BC	2344'		*
Ceratophyllum demersum	0,70	C	12344'		
Callitriche platycarpa	0,50	BC	234	*	
Elodea nuttallii	0,50	BC	34'		
Elodea canadensis	0,40	BC	234	*	
Myriophyllum spicatum	0,30				
Carex sp.	0,20				*
Iris pseudacorus	0,10				*
Myosotis scorpioides	0,10			*	*
Rorippa amphibia	0,10				*

La coexistence de *Phalaris arundinacea* et *Phragmites australis*, habituellement associées à des niveaux de perturbations contrastés (respectivement élevés et faibles), milite en faveur de l'existence de processus d'alluvionnement. Ces processus sont également indiqués par *Elodea nuttallii*, ainsi que par les caractéristiques du substrat, limoneux et majoritairement minéral (95 % du sédiment sec). Le milieu est en effet alimenté par des reflux à l'aval, et le bouchon amont est très élevé et densément boisé (Henry et Amoros, 1997), ce qui limite les débordements et réduit les vitesses. De plus, la lône est relativement sinueuse, ce qui, en réduisant la vitesse du courant, contribue également à favoriser l'alluvionnement.

Les exondations partielles du milieu sont probablement fréquentes car les espèces les plus abondantes sont des hélophytes.

Dynamique du milieu depuis 1996

Le fonctionnement actuel de la lône est le même qu'en 1996. Lorsque l'on compare les deux années, on constate que le contenu floristique a peu varié, mis à part la progression de *Phragmites australis* et la disparition de *Potamogeton pusillus*. On peut noter que le recouvrement par les hélophytes a augmenté, ce qui traduit probablement des exondations plus fréquentes. On observe une fois encore, l'apparition de l'espèce invasive *Elodea nuttallii*, *Tableau 39*.

Tableau 39: Evolution du peuplement de la lône du Ponton (1996-2004)

espèces 1996	ab.moy.	espèces 2004	ab.moy.
Polygonum hydropiper	1,30	*Phalaris arundinacea*	1,40
Ceratophyllum demersum	1,20	*Phragmites australis*	1,40
Phalaris arundinacea	0,90	*Polygonum hydropiper*	1,30
Elodea canadensis	0,80	*Ceratophyllum demersum*	0,70
Myriophyllum spicatum	0,80	*Callitriche platycarpa*	0,50
Potamogeton pusillus	0,50	*Elodea nuttallii*	0,50
Phragmites australis	0,30	*Elodea canadensis*	0,40
Callitriche platycarpa	0,20	*Myriophyllum spicatum*	0,30
Rorippa amphibia	0,20	*Carex sp.*	0,20
Iris pseudacorus	0,10	*Iris pseudacorus*	0,10
		Myosotis scorpioides	0,10
		Rorippa amphibia	0,10
RS moy par relevé	4,6 ± 1,6		4,1 ± 1,0

Diagnostic lône du Ponton:

- Trophie : eutrophe.
- Perturbations : processus d'alluvionnement.
- Apports d'eau souterraine : significatifs.
- Exondations fréquentes (probablement plus qu'en 1996)

6.3.2.4 Lône de la Plaine

6.3.2.4.1 Données

Tableau 40 : Données floristiques de la lône de la Plaine (21/07/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	25	50	100	150	200	250	300	350
Alisma plantago-aquatica				1.1					
Callitriche platycarpa		1.1	1.1	1.1					
Carex sp.	1.2		1.1	1.2	1.1			1.1	1.1
Ceratophyllum demersum	4.5	5.5	3.3	3.5	5.5	4.4	5.5	5.5	1.1
Elodea canadensis	1.1	2.2	4.5	4.4	1.2		1.1		4.4
Hydrocharis morsus-ranae	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.3	1.3	1.2	2.3
Iris pseudacorus				1.1					
Lemna minor	1.1		1.1			1.1		1.1	
Lysimachia vulgaris				1.1					
Phalaris arundinacea	1.1	1.3	1.1	1.2					1.2
Polygonum hydropiper	1.1	1.3	1.3	3.4	1.1				1.2
Potamogeton pusillus		2.2					1.1		

Tableau 41 : Données environnementales de la Plaine (21/07/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	25	50	100	150	200	250	300	350
profondeur (m)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,60	0,90	0,60	0,60	0,10
largeur (m)	10	25	25	25	25	25	25	25	10
vit. courant	0	0	0	0	0	0	0	0	0
galets, grav. (%)									
sable (%)									
limon (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
vase (%)									
tourbe (%)									
transparence (m)									
ombre projet˜e (%)									
haut. ripisylve (m)									

6.3.2.4.2 Diagnostic fonctionnel

La lône de la Plaine est identifiée comme une seule zone floristique. La richesse spécifique du peuplement végétal est faible à intermédiaire (3 à 10 espèces par transect). Le peuplement est largement dominé par *Ceratophyllum demersum* accompagné par *Elodea canadensis* et *Hydrocharis morsus-ranae, Tableau 40*.

Ceratophyllum demersum est une espèce de milieu eutrophe. Son fort recouvrement (pouvant dépasser 75 %) en association avec *Hydrocharis morsus-ranae* et *Lemna minor*, confirme le statut eutrophe du milieu. *Elodea canadensis*, espèce bien représentée et *Callitriche platycarpa,* pourraient témoigner d'apports d'eau souterraine, *Tableau 42*. Cependant les autres espèces, notamment *Ceratophyllum demersum* et *Lemna minor* n'apprécient pas, en général, cette alimentation en eau souterraine car celle-ci engendre une stabilité thermique qui limite les réchauffements estivaux qu'elles affectionnent. Or la petite taille de la zone humide (350 m) favorise ces réchauffements et peut masquer l'effet d'éventuels apports d'eau souterraine. L'analyse des données physico-chimiques a cependant mis en évidence des apports d'eaux souterraines dans la lône. Ceux-ci proviennent potentiellement d'un aquifère de versant. Les concentrations en phosphates et en ammoniaque sont plus faibles que dans les autres lônes, et correspondraient à un niveau méso-eutrophe. *Ceratophyllum demersum* est peu indicatrice du niveau de perturbations. *Elodea canadensis*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Carex* sp. témoignent d'une influence modérée de la dynamique fluviale. Enfin les exondations sont probablement peu fréquentes malgré la faible hauteur d'eau, car le milieu est fortement colonisé par des hydrophytes intolérantes aux assecs (e.g. *Ceratophyllum demersum, Elodea canadensis, Hydrocharis morsus-ranae)*.

Tableau 42 : Diagnostic floristique de la lône de la Plaine (2004)

	ab.moy.	trophie	perturbations	eau sout.	hélophytes
Ceratophyllum demersum	3,89	C	12344'		
Elodea canadensis	1,89	BC	23 4	*	
Hydrocharis morsus-ranae	1,11	C	123		
Polygonum hydropiper	0,89	BC	2344'		*
Carex sp.	0,67				*
Phalaris arundinacea	0,56	ABC	2344'		
Lemna minor	0,44	C	12344'		
Callitriche platycarpa	0,33			*	
Potamogeton pusillus	0,33				
Alisma plantago-aquatica	0,11				*
Iris pseudacorus	0,11				*
Lysimachia vulgaris	0,11			*	*

Dynamique du milieu depuis 1996

En 1996, le type fonctionnel était globalement le même, soit un milieu eutrophe, peu perturbé, alimenté par des eaux souterraines. L'organisation du peuplement a changé, mais on retrouve globalement les mêmes espèces. *Elodea canadensis* et *Hydrocharis morsus-ranae* se maintiennent parmi les espèces dominant la zone humide, *Tableau 43. Ceratophyllum demersum* a fortement progressé, au détriment de *Potamogeton pusillus* et *Callitriche platycarpa*, ce qui pourrait être un signe d'une influence moindre des eaux souterraines, ou d'une plus faible influence des crues sur la période. Il est intéressant de noter qu'il n'y a pas d'introduction notable de nouvelles espèces et notamment de l'espèce envahissante *Elodea nuttallii* (seul cas sur les 5 lônes présentées). Ceci s'explique par l'isolement de la lône dans un milieu très boisé, et aussi par la faible influence du Rhône (situé à 300 m).

Tableau 43 : Evolution du peuplement de la lône de la Plaine (1996-2004)

espèces en 1996	ab.moy.	espèces en 2004	ab.moy.
Potamogeton pusillus	3,11	*Ceratophyllum demersum*	3,89
Elodea canadensis	2,89	*Elodea canadensis*	1,89
Callitriche platycarpa	1,78	*Hydrocharis morsus-ranae*	1,11
Lemna minor	1,44	*Polygonum hydropiper*	0,89
Hydrocharis morsus-ranae	1,11	*Carex sp.*	0,67
Myriophyllum verticillatum	0,89	*Phalaris arundinacea*	0,56
Polygonum hydropiper	0,78	*Lemna minor*	0,44
Carex sp.	0,33	*Callitriche platycarpa*	0,33
Ceratophyllum demersum	0,33	*Potamogeton pusillus*	0,33
Potamogeton lucens	0,33	*Alisma plantago-aquatica*	0,11
Phalaris arundinacea	0,22	*Iris pseudacorus*	0,11
		Lysimachia vulgaris	0,11
RS moy par relevé	7,2 ± 1,7		6,0 ± 2,2

Diagnostic lône de la Plaine:

- Trophie : mésotrophe à eutrophe.
- Perturbations : faibles.
- Apports d'eau souterraine : significatifs, en régression probable depuis 1996.
- Exondations peu fréquentes .

6.3.2.5 Lône des Granges

6.3.2.5.1 Données

Tableau 44 : Données floristiques de la lône des Granges (20/07/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	350	450	500	510	605	630	655	755	780	800	810	830	860	1110
Alisma plantago-aquatica		1.1					1.1							1.1	
Callitriche platycarpa							1.2	4.5	1.2						
Carex sp.	1.3														
Ceratophyllum demersum							1.1	1.1							
Chara sp.		1.1													
Echinochloa crus-galli		1.2	1.1	1.1			1.2	1.1		1.3					
Elodea nuttallii		5.5					3.5	5.5	3.3	5.5	5.5		4.5		5.5
Galium palustre			1.1												
Glyceria fluitans					1.1				1.1				1.1		
Impatiens glandulifera			1.1	1.1		1.1									
Lemna minor		1.1					2.2	2.2	1.1	1.1	1.1		x.1		2.2
Lysimachia nummularia				1.1	1.1		1.1								
Myriophyllum spicatum	1.2						1.1	1.1							
Phalaris arundinacea	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1			1.2		1.2	1.3	1.2	1.1	
Polygonum hydropiper		1.1	5.5	5.5	1.3	5.5	1.3	1.3	1.2		1.2	5.5	2.5	5.5	1.3
Potamogeton pusillus		1.1			1.1		3.5	2.2	1.1	1.1	1.1				
Scirpus lacustris									1.1						
Sparganium emersum					1.1										
Typha latifolia		1.2								1.1					
Utricularia vulgaris		2.5			1.1	1.1	1.1			1.1	1.1		1.1		
Veronica beccabunga								1.1							

Tableau 45 : Données environnementales des Granges (20/07/2004)

distance depuis l'aval (m)	0	350	450	500	510	605	630	655	755	780	800	810	830	860	1110
profondeur (m)	1,30	1,25	0,20	0,10	0,50	0,30	0,70	0,65	0,60	1,30	0,70	0,40	0,80	0,40	0,80
largeur (m)	20	15	4	15	6	10	15	15	15	15	12	4	10	5	10
vit. courant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
galets, grav. (%)	60	50	100	100	100	100	80	50	100	80	60	100	95	95	
sable (%)															
limon (%)	40	50					20	50		20	40		5	5	100
vase (%)															
tourbe (%)															
transparence (m)	1,00	0,50	>0,20	>0,10	>0,50	>0,30	>0,70	>0,65	>0,60	>1,30	>0,70	>0,40	>0,80	>0,40	>0,80
ombre projet˘e (%)	<5	<5	<5	>5	>5	>50	>5	>50	>5	>25	<5	>25	>5	>25	>5
haut. ripisylve (m)	>16	>8	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>16	>4	>8	>16	>16

6.3.2.5.2 Diagnostic fonctionnel

La lône est entrecoupée de nombreux bouchons alluviaux qui, comme le bouchon alluvial amont, sont peu élevés, constitués de galets, graviers et limons, et colonisés par une végétation herbacée, quelques buissons et de petits arbres (Henry et Amoros, 1997). La distance parfois élevée entre les relevés, traduit l'existence de ces bouchons, notamment entre 0 et 350 m, 350 et 450 m, 510 et 605 m, 655 et 755 m, 860 et 1110 m.

Le peuplement des mouilles restantes est assez homogène. Il est dominé par *Elodea nuttallii* et *Polygonum hydropiper*, chacune présentant des recouvrements importants lorsque l'autre est moins abondante. *Lemna minor*, *Phalaris arundinacea* et *Potamogeton pusillus* sont également bien implantées dans la lône. La richesse spécifique est faible à intermédiaire (2 à 11 espèces par transect), *Tableau 44*.

Les espèces présentes sont associées à des conditions méso-eutrophes, *Lemna minor* indique plutôt un milieu eutrophe. Les espèces dominantes n'indiquent pas d'apports d'eau souterraine. L'analyse des données physico-chimiques montre que les eaux de la lône ont des caractéristiques physico-chimiques qui se rapprochent de celles des eaux souterraines. Cependant, la teneur en ammoniaque est relativement faible. Cette faible teneur peut traduire des processus d'oxydation de l'ammoniaque particulièrement efficaces dans cette lône au substrat grossier, dépourvu de matière organique. Ceci est corroboré par le taux d'oxygène

dissous très faible. Le niveau trophique de la lône peut par conséquent être considéré comme mésotrophe au regard de la teneur en ammoniaque.

Elodea nuttallii est en général présente dans les zones humides très influencées par la dynamique fluviale. *Phalaris arundinacea* et *Potamogeton pusillus* témoignent d'un niveau de perturbations élevé. Le substrat, constitué majoritairement de galets/graviers, témoigne également de processus d'érosion importants. Les bouchons intermédiaires ne ralentissent probablement pas de manière significative l'écoulement de l'eau lors les crues. La hauteur d'eau est faible à moyenne (0,10 à 1,30 m). L'occurrence des hydrophytes intolérantes aux exondations (*Elodea nuttallii, Myriophyllum spicatum, Ceratophyllum demersum*) suggère que la lône conserve des zones en eau permanente.

Deux espèces protégées en Rhône-Alpes, *Sparganium emersum* et *Utricularia vulgaris*, sont présentes dans cette zone humide.

Tableau 46 : Diagnostic floristique de la lône des Granges (2004)

	ab.moy.	trophie	perturbations	eau sout.	hélophytes
Elodea nuttallii	2,33	BC	34'		
Polygonum hydropiper	2,27	BC	234 4'		*
Lemna minor	0,73	C	12344'		
Phalaris arundinacea	0,73	ABC	234 4'		*
Potamogeton pusillus	0,67	BC	234		
Utricularia vulgaris	0,53				
Callitriche platycarpa	0,40			*	
Echinochloa crus-galli	0,40				*
Alisma plantago-aquatica	0,20				*
Glyceria fluitans	0,20				*
Impatiens glandulifera	0,20				*
Lysimachia nummularia	0,20				*
Myriophyllum spicatum	0,20				
Ceratophyllum demersum	0,13				
Typha latifolia	0,13				*
Carex sp.	0,07				*
Chara sp.	0,07			*	
Galium palustre	0,07				*
Scirpus lacustris	0,07				*
Sparganium emersum	0,07			*	
Veronica beccabunga	0,07				*

Dynamique du milieu depuis 1996

Les données collectées en 1996 révélaient un milieu méso-eutrophe à eutrophe, qui recevait probablement des sous-écoulements fluviaux indiqués par le développement important de Charophytes, *Tableau 47*. Les espèces dominantes témoignaient de perturbations élevées. Le substrat traduisait une alternance de phases d'érosion et de dépôts, avec une légère dominance de l'érosion dans les zones à plus faible capacité hydraulique. La présence de zones assez profondes (0,60 à 1,50 m) garantissaient le maintien du milieu aquatique.

Les bouchons alluviaux aux extrémités de la lône, un bouchon à l'aval (entre 20 et 300 m), et un à l'amont (entre 840 et 1000 m), sont déjà observés en 1996 par Henry & Amoros, avec une partie basse colonisée par *Phalaris arundinacea,* et une partie haute colonisée par des arbustes.

Le peuplement floristique de 1996 témoigne du même niveau trophique qu'actuellement. On observe, comme dans de nombreux hydrosystèmes très connectés au Rhône, la forte progression de l'espèce invasive *Elodea nuttallii* entre 1996 et 2004. Cette dernière, présente uniquement en aval en 1996, a colonisé depuis l'ensemble de la lône (plus d'1 km) remplaçant ainsi *Elodea canadensis*. La plus forte abondance de *Polygonum hydropiper*, et surtout la part plus importante de galets/graviers (80% du sédiment de la lône contre 60% en 1996), traduit l'augmentation probable des perturbations érosives. La régression des Charophytes ne permet pas de conclure à la disparition des apports d'eau souterraine (comme le montre les données physico-chimiques), mais plutôt à cette augmentation des processus d'érosion.

Tableau 47 : Evolution du peuplement de la lône des Granges(1996-2004)

espèces 1996	ab.moy.	espèces 2004	ab.moy.
Potamogeton pusillus	1,65	*Elodea nuttallii*	2,33
Polygonum hydropiper	1,40	*Polygonum hydropiper*	2,27
Chara sp.	1,10	*Lemna minor*	0,73
Ceratophyllum demersum	1,00	*Phalaris arundinacea*	0,73
Phalaris arundinacea	0,90	*Potamogeton pusillus*	0,67
Elodea canadensis	0,75	*Utricularia vulgaris*	0,53
Myriophyllum verticillatum	0,65	*Callitriche platycarpa*	0,40
Lemna minor	0,60	*Echinochloa crus-galli*	0,40
Echinochloa crus-galli	0,50	*Alisma plantago-aquatica*	0,20
Elodea nuttallii	0,45	*Glyceria fluitans*	0,20
algues filamenteuses	0,25	*Impatiens glandulifera*	0,20
Alisma plantago-aquatica	0,25	*Lysimachia nummularia*	0,20
Glyceria fluitans	0,25	*Myriophyllum spicatum*	0,20
Myriophyllum spicatum	0,20	*Ceratophyllum demersum*	0,13
Utricularia vulgaris	0,20	*Typha latifolia*	0,13
Alopecurus geniculatus	0,15	*Carex sp.*	0,07
Potamogeton crispus	0,15	*Chara sp.*	0,07
Callitriche platycarpa	0,10	*Galium palustre*	0,07
Nasturtium officinale	0,10	*Scirpus lacustris*	0,07
Potamogeton pectinatus	0,10	*Sparganium emersum*	0,07
Impatiens glandulifera	0,05	*Veronica beccabunga*	0,07
Lysimachia nummularia	0,05		
Riccia fluitans	0,05		
RS moy par relevé	6,5 ± 2,3		5,9 ± 2,7

Diagnostic lône des Granges:

- Trophie : méso-eutrophe.
- Perturbations : élevées, les processus d'érosion ont progressé depuis 1996.
- Apports d'eau souterraine : significatifs. La lône contribue probablement à leur épuration.
- Exondations peu fréquentes .

6.4 Conclusion

Les conséquences des projets de restauration envisagés seront analysées lors du suivi programmé.

Cependant, l'observation du fonctionnement des zones humides sur ces huit dernières années, ainsi que l'expérience concernant la restauration de Chantemerle, nous apportent des informations sur la dynamique probable de ces écosystèmes après restauration. Les lônes fortement connectées au Rhône subissent une colonisation forte par *Elodea nuttallii*, qui avait déjà été constatée sur les lônes du secteur de Belley. D'autre part, les processus d'alluvionnement sont souvent intensifiés en cas de connexions très fréquentes ou permanentes.

7 GEOMORPHOLOGIE DES LONES

7.1 Rappel du contexte et des objectifs

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

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

- La restauration modifie-t-elle les conditions d'habitat dans la lône? Ces conditions d'habitat dépendent de l'écoulement et des caractéristiques granulométriques du lit. L'objectif est ici de déterminer si les conditions d'habitat sont modifiées par rapport aux conditions initiales et si ces nouvelles conditions vont se maintenir durablement. Ce travail doit être réalisé en étroite relation avec l'étude de la végétation. Pour caractériser cette évolution, un suivi de la granulométrie moyenne et de la variabilité granulométrique intra-lône sera réalisé.

7.2 Méthodologie (méthode d'échantillonnage, méthode d'analyse des données)

7.2.1 Espérance de vie des lônes restaurées

Dans le cadre du projet de restauration des lônes du Haut Rhône, un suivi de la sédimentation doit être mis en place, avec 5 points de contrôle par lône, situés au centre du chenal. Pour les lônes de niveau 1, un suivi quinquennal doit être réalisé. Il sera effectué par la perche de sondage. Les points seront marqués au moyen d'un DGPS (précision centimétrique) permettant de les retrouver aisément. Une campagne de sondages doit être réalisée immédiatement à la fin des travaux pour savoir si le curage a été réalisé jusqu'au toit du galet ou si une couche de sédiments est toujours présente. Il suffira alors de soustraire les valeurs T0 (année de la restauration) aux valeurs T+5. Il s'agit de comparer l'état restauré avec l'état avant restauration afin d'évaluer l'impact des travaux réalisés en terme de durée. Deux opérations successives sont donc réalisées :

- Evaluer l'espérance de vie avant restauration. La connaissance de l'accumulation des sédiments (sables et limons de débordement) à l'origine du comblement à T-1 est indispensable. Cinq à dix points de mesures (selon la longueur de la lône) seront distribués longitudinalement afin de mesurer l'épaisseur des sédiments fins déposés. La sédimentation moyenne annuelle sera calculée comme le rapport entre l'épaisseur moyenne observée et l'âge

de la lône (période de temps séparant la date de recoupement d'aujourd'hui). En faisant le produit de la profondeur moyenne de la zone en eau par ce taux de sédimentation, on dispose de son espérance de vie.

- Evaluer le comblement et l'espérance de vie après la restauration. Sur chaque lône, trois à cinq placettes minimum seront positionnées de manière à prendre en compte la variabilité spatiale des dépôts. Une campagne de prélèvements sera alors réalisée tous les 5 ans avec une mesure de l'épaisseur de sédiments et un prélèvement massique pour une analyse granulométrique plus fine. Là encore, la sédimentation moyenne annuelle sera calculée comme le rapport entre l'épaisseur moyenne observée et la durée de l'observation (5 ans). En faisant le produit de la profondeur moyenne de la zone en eau par ce taux de sédimentation, on disposera de son espérance de vie.

Pour cette campagne, conformément au protocole indiqué ci-avant, dix points d'observation par lône ont été réalisés en mai 2004 afin de déterminer la hauteur d'eau et l'épaisseur des sédiments fins.

7.2.2 Caractéristiques granulométriques des lônes

Afin de suivre la variabilité longitudinale des conditions granulométriques au cours du temps et évaluer la modification des conditions d'habitat suite aux travaux de restauration, 5 prélèvements de sédiments seront réalisés sur chacun des sites à position fixe et à T-1, T+1 T+3, T+6, T+9 (en années, T0 étant l'année de la restauration). La position de ces prélèvements sera établie à T-1, leur localisation devra rendre compte des conditions sur l'ensemble du linéaire et des ensembles floristiques. Les prélèvements seront effectués dans le fond du lit sur les 5 premiers cm ; on établira pour chacun d'eux la courbe granulométrique classée afin de disposer des centiles suivants : D16, D50, D84 permettant de rendre compte des conditions médianes et de la dispersion.

7.3 Résultats

7.3.1 Espérance de vie des lônes restaurées / présentation des données brutes acquises

Dans le cadre d'un suivi scientifique du programme décennal de restauration du Rhône, six lônes ont été étudiées sur le Vieux Rhône de Brégnier-Cordon, trois relèvent du niveau 1 et trois du niveau 2. Il s'agit de l'état avant-travaux. Dix points d'observation ont été réalisés par Julien Levrat en mai 2004 au sein de chacune des lônes, afin de déterminer la hauteur d'eau et l'épaisseur des sédiments fins. Les cartes de leur localisation se trouvent en *Annexe XV*.

La hauteur d'eau est assez variable d'une lône à l'autre. Pourtant on peut distinguer trois types de comportements, *Tableau 48* :

- les lônes assèchées ou très atterries (Mathan, Granges),
- les lônes disposant d'un niveau d'eau intermédiaire du fait d'un comblement avancé (Ponton et Plaine, Molottes, Cerisiers)
- les lônes encore profondes et fonctionnant comme des bras secondaires intermittents (Vachon dont la profondeur max. est voisine de 2,10 m ; Cerisiers).

Tableau 48 : Répartition longitudinale de la hauteur d'eau (cm); (Levrat, 2004)

	N1	N1	N1	N2	N2	N2
Hauteur d'eau (cm)	**Ponton et Plaine Non rest.**	**Granges**	**Molottes**	**Vachon**	**Mathan**	**Cerisiers**
T1 / Amont	60	0	28	100	20	52
T2	55	0	37	30	2	33
T3	135	0	49	20	57	24
T4	42	0	34	150	28	39
T5	38	0	80	210	29	73
T6	38	0	116	61	7	93
T7	37	0	95	105	12	36
T8	43	0	36	100	10	72
T9	55	0	32	85	11	109
T10 / Aval	37	0	41	106	48	123
Moyenne	54	0	54,8	96,7	22,4	65,4

Les épaisseurs de sédiments sont également très variables d'une lône à l'autre. Deux lônes drainent le plancher alluvial et ne sédimentent pas (Granges, Vachon), deux autres enregistrent une très faible sédimentation (10-15 cm). Seules Plaine & Ponton et Molottes se caractérisent véritablement par une dynamique de comblement, *Tableau 49*.

Tableau 49 : Répartition longitudinale de l'épaisseur des sédiments fins (cm)

	N1	N1	N1	N2	N2	N2
Epaisseur de sédiments fins (cm)	**Ponton et Plaine Non rest.**	**Granges**	**Molottes**	**Vachon**	**Mathan**	**Cerisiers**
T1/Amont	150	0	60	0	0	0
T2	177	0	63	0	5	0
T3	49	0	80	0	4	0
T4	160	0	34	0	21	7
T5	90	0	63	0	32	0
T6	77	0	44	0	0	18
T7	82	0	43	0	10	0
T8	126	0	14	0	11	10
T9	43	0	20	0	10	13
T10/Aval	55	0	30	0	58	65
Moyenne	100,9	0	45,1	0	15,1	11,3

Il convient encore d'analyser les cartes et des photographies aériennes anciennes afin de déterminer la date de l'abandon des différents bras et calculer ainsi le taux annuel moyen de sédimentation sur la période et l'espérance de vie avant travaux de ces bras.

7.3.2 Présentation des données brutes acquises - sédimentation

Parmi les 4 lônes (Ponton et Plaine séparément) de niveau 1, seule la lône de Plaine a enregistré une importante sédimentation fine avec plus que 64% des limons fins et plus de 20% d'argiles. Plus d'un tiers des sédiments de la lône Ponton sont des limons fins. Dans les deux autres cas (Granges et Molottes), les sédiments sont plutôt limoneux (2-50 µm) avec un

taux de 30% de sables fins. Dans le cas des Granges, les teneurs en matière organique sont assez faibles (3.1 à 6%) indiquant des écoulements relativement fréquents, renouvelant le sédiment. Pour les trois autres lônes, les taux de matières organiques sont plus élevés (jusqu'à 16% pour Plaine), *Tableau 50*.

Tableau 50 : Granulométrie et part de la matière organique dans les sédiments fins déposés dans les lônes de Ponton, Plaine, Granges et Molottes

Lônes	Prélèvements	distance depuis l'aval (m)	Matières Organiques (%)		Matières Minérales (%)		argiles (<2 µm)	limons fins (2-20 µm)	limons grossiers (20-50 µm)	sables fins (50-200 µm)	sables grossiers (200 µm - 2 mm)
			sur brut	sur sec	sur brut	sur sec					
Ponton	P1	0	1,67	2,7	60,13	97,3	8	6,6	24,2	49,9	1,4
	P2	50	2,18	4	52,22	96	14,3	35,3	19,5	22,9	8
	P3	100	1,38	2,2	61,42	97,8	6,8	9,5	6,7	31,2	45,9
	P4	150	1,63	2,8	56,57	97,2	11	25,5	10	41,6	11,9
	P5	200	2,3	6,4	33,6	93,6	14,4	33,5	13,8	28,4	9,9
	P6	250	2,61	5,9	41,69	94,1	15,6	52,7	13,5	9	9,2
	P7	300	2,82	7,2	36,28	92,8	13,1	51,8	16,1	15,5	3,4
	P8	350	2,39	4,6	49,51	95,4	8,6	27,3	13,2	37,3	13,7
	P9	400	2,33	6,9	31,47	93,1	14	60	20,3	5	0,6
	P10	425	2,64	6,9	35,56	93,1	18,8	59,6	18,4	2,8	0,5
Plaine	PL1	25	3,18	9,8	29,22	90,2	20,3	65,5	12,2	1,2	0,6
	PL2	50	4,54	16	23,86	84	15,1	70,7	10,1	2	2,1
	PL3	150	2,6	7,4	32,6	92,6	23	64,2	10,3	1,6	0,9
	PL4	250	2,43	10	21,87	90	23,9	60,5	12,3	2,4	0,9
	PL5	350	2,96	5,4	51,84	94,6	22,8	60,5	12,9	2,9	0,9
Granges	G1	0	2,21	3,1	69,09	96,9	5,2	14,3	14,6	23,8	42,2
	G2	350	2,42	4,4	52,48	95,6	10,5	25,7	26,5	32,5	4,8
	G3	630	2,57	4,8	51,03	95,2	11	24	17,1	27,2	20,6
	G4	780	2,69	4,9	52,11	95,1	8	23,5	23,5	35,6	9,4
	G5	1110	3,1	6	48,5	94	9,7	27,3	26	35,4	1,6
Molottes	M1	100	2,78	5,3	49,62	94,7	14	36,9	26,2	15,9	7
	M2	300	4,06	7,4	50,74	92,6	12,4	33,7	36,9	16,4	0,6
	M3	500	3,64	7,7	43,66	92,3	11,2	28,3	28,4	21,9	10,2
	M4	780	3,84	10,8	31,76	89,2	8,1	19,5	24,5	37,3	10,6
	M5	855	2,82	5,7	46,68	94,3	12,7	31,7	21,1	20	14,4
	M6	870	4,78	11,1	38,32	88,9	14,2	34,4	23,7	19,5	8,2
	M7	930	2,01	3,6	53,79	96,4	8,1	18,6	29,6	42,7	0,9
	M8	990	2,84	7,4	57,66	95,3	8,4	15,7	24,1	48,4	3,3
	M9	1090	2,49	4,3	55,51	95,7	8,7	17,7	21,2	47,9	4,5
	M10	1140	2,89	4,8	57,41	95,2	7,7	16,1	18,6	41,4	16,2

La *Figure 30* permet de souligner 3 comportements sédimentaires très différents :

- Granges et Vachon où la sédimentation fine est nulle et qui se comportent comme des bras secondaires parcourus par des écoulements rapides lors des crues,
- Cerisiers et Mathan où la sédimentation est faible en moyenne, avec un gradient amont –aval bien marqué, les maximas de sédimentation s'observant ainsi à l'aval,

- Plaine & Ponton ainsi que Molottes caractérisées par une forte sédimentation avec un gradient inverse des précédentes, aval-amont.

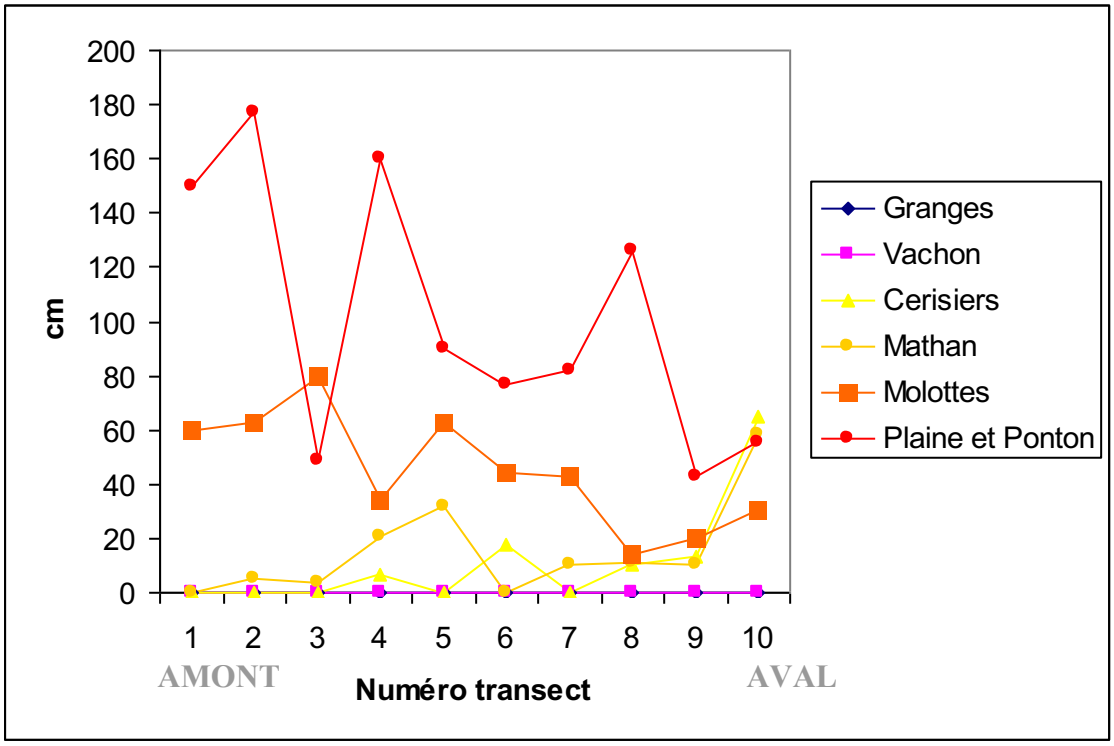


Figure 30 : Répartition longitudinale de l'épaisseur des sédiments dans les différentes lônes du secteur de Brégnier avant les travaux de restauration (mai 2004)

7.4 Bilan et perspectives

Suivant la morphologie des lônes, trois types d'intervention ont été programmés en fonction de l'espace disponible et des caractères écologiques observés au cours des études d'avant-projet:

1. Lônes ouvertes : lorsque le fond de la lône est suffisamment large, le projet prévoit un aménagement ouvert cantonné au fond de lône sans retouche des berges existantes. La lône Vachon (N2) est dans ce cas.
2. Lônes étroites sans agrandissement de l'emprise : lorsque le creusement de la lône ne peut se faire sans élargissement, les pentes fortes des berges sont alors confortées par des ouvrages en génie biologique. Les travaux sont plus complexes, cette formule engendre des contraintes supplémentaires. Ce profil concerne principalement les lônes des Granges (N1) et de Mathan (N2).
3. Lônes ne faisant pas l'objet de travaux de restauration à ce stade de l'étude : Il s'agit de la lône de la Plaine (N1) et du Ponton (N1). L'absence de travaux sur ces lônes se justifie par la présence d'espèces remarquables compte tenu des conditions morphologiques qui y prévalent.

- Géomorphologie des lônes -

Dans le cadre des travaux de restauration, une diversité écologique maximale est recherchée d'une part entre les lônes afin de maximiser cette diversité à l'échelle du tronçon et d'autre part au sein de chaque lône afin de maximiser cette fois la diversité locale. Ceci se traduit par une hétérogénéité morphologique interne :

- des milieux de pleines eaux : eau vive et/ou stagnante, mares permanentes, hauteur d'eau minimale comprise entre 1 et 2 m,
- des habitats humides où fluctue le niveau des eaux entre 0 et 30 cm,
- des berges – sous l'eau pendant les crues –enherbées et plantées.

Parmi les trois sites de restauration qui étaient concernés par le niveau 1 à Brégnier-Cordon, deux ont une histoire morpho-sédimentaire assez semblable, à savoir Molottes et Plaine et Ponton qui enregistrent une dynamique de comblement assez marquée. La première étant curée et la seconde étant finalement préservée en l'état, leurs conditions de milieu vont ainsi être partiellement distinctes. Il convient de calculer l'espérance de vie de Molottes avant travaux afin de déterminer le nombre d'années gagné grâce au curage. Inéluctablement, cette lône est néanmoins soumise à un comblement par sédimentation. Dans le cas des Granges, aujourd'hui atterrie et caractérisée par des écoulements intermittents et rapides, aucune sédimentation ne devrait être observée et cette lône devrait maintenir sa géométrie et le stade successionnel qui lui est associé sur un laps de temps beaucoup plus long.

Plusieurs actions sont programmées à l'issue des travaux de restauration :
- un suivi post-travaux de la hauteur d'eau et de l'épaisseur de la sédimentation avec installation des placettes de suivi du comblement
- un suivi post-travaux de la granulométrie des 5 bras au moment des relevés de végétation
- l'installation de capteurs de hauteur d'eau (pour le suivi de niveau 2)

Une analyse de données complémentaires sera effectuée également au printemps 2006 (cartes anciennes, photographies aériennes, enquête auprès des élus) afin de déterminer la date d'abandon des bras et déterminer ainsi l'espérance de vie des lônes avant leur restauration.

		Suivi Comblement			
	Lônes	Fréquence	Outils	Granulométrie	Sondes hydrologiques
Niveau 1	Granges Plaine et Ponton Molottes	Tous les 5ans	Sondages manuels	Tous les deux ans	oui
Niveau 2	Vachon Mattant Cerisiers	Annuel	Placettes	Tous les deux ans	oui
		5 points par lône		5 points par lône	

Figure 31 : Programme du suivi hydrologique et sédimentaire

8 NIVEAU DE LA NAPPE ALLUVIALE

Le suivi du battement de la nappe alluviale est réalisé à partir des données issues des piézomètres de la CNR. Le *Tableau 51* présente l'ensemble des données disponibles. En raison du pas de temps des mesures effectuées, ces données ne permettent pas une analyse pertinente des relations entre le débit du fleuve (dans et en dehors de la section court-circuitée) et le niveau de la nappe. Des données collectées avec un pas de temps plus court (journalier) permettraient de mieux comprendre l'influence du débit du fleuve sur le niveau piézométrique tant dans le temps que dans l'espace, ce paramètre pouvant se révéler très important dans la détermination de la quantité et de la qualité de l'eau dans les lônes.

Tableau 51 : Nombre de point de mesures relevé par piézeométres au cours d'une année pour la période 1979-2005. La localisation des piézomètres est présentée en *Annexe XVI*

	Code Piezo	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Aoste-Avenière	**BC3P108**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	21
	BC3P116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	21
	BC3P203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	21
	BC3P90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	21
Cordon	**BC3P193**	0	0	0	0	0	0	22	52	19	34	48	19
	BC3P194	0	0	0	0	0	0	22	52	19	34	48	19
Champagneux	**BCP40**	0	0	0	0	0	0	0	0	9	40	5	4
	BCP46	53	52	52	52	52	52	30	48	48	41	5	4
	BC3P51	0	0	0	0	0	39	0	0	12	41	1	1
	BC3P55	53	52	52	52	52	52	30	50	48	40	5	4
	BC3P66	53	52	52	52	52	52	30	50	48	41	5	4

		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Aoste-Avenière	**BC3P108**	3	3	3	2	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
	BC3P116	3	3	3	2	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
	BC3P203	3	3	3	2	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
	BC3P90	3	3	3	2	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
Cordon	**BC3P193**	3	6	6	3	3	4	5	4	4	4	3	4	4	5	4
	BC3P194	3	6	6	3	3	4	5	4	4	4	3	4	4	5	4
Champagneux	**BCP40**	4	6	3	2	2	4	4	4	4	4	3	4	4	3	3
	BCP46	5	7	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	1
	BC3P51	5	7	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3
	BC3P55	5	1	0	3	0	2	4	1	1	2	3	4	4	2	3
	BC3P66	5	7	2	3	2	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3

9 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CITEES

Amoros C., Bornette G., et Henry C. 2000. A vegetation-based method for ecological diagnosis of riverine wetlands. Environnemental Management vol. 25, no.2: 211-227.

Balon, E.K. 1975. Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. J. Fish. Res. Board Can. 82: 821-864.

Bornette, G., Amoros, C. et Collilieux, G. 1994. Role of seepage supply in the aquatic vegetation dynamics in former river channels : prediction testing using a hydroelectric construction. Environmental Management 18(2) : 223-234.

Bornette, G., Amoros, C., Henry, C.P., et Chiarello E. 1996. Diagnostic des potentialités évolutives des zones humides fluviales du Rhône. Rapport à la Compagnie Nationale du Rhône. 50 pages + annexes.

Castella E., Terrier A., Pellaud M. & Paillex A. 2005. Distribution d'Anisus vorticulus (Troschel 1834) dans la plaine alluviale du Haut-Rhône français. Un Gastéropode Planorbidae listé en annexe de la "directive habitats". Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon. 74: 255-269.

Colling, M. 1996. Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna - Inf.-Ber. bayer. Landesamt Wasserwirtsch., 543 pp. München.

De Crespin De Billy V. & Usseglio-Polatera P. 2002. Traits of brown trout prey in relation to habitat characteristics and benthic invertebrate communities. Journal of Fish Biology. 60 : 687-714.

Dessaix, J., Fruget, J.F., Olivier, J.M., Beffy, J.L. 1995. Changes of the macroinvertebrate communities in the dammed and by-passed sections of the French Upper Rhone after regulation. Regulated Rivers: Research & Management, 265-279.

Dolédec, S. & Chessel, D. 1987. Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique I- Description d'un plan d'observations complet par projection de variables. Acta Œcologica, Œcologia Generalis, 8: 403-426.

Dolédec, S. & Chessel, D. 1989. Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique II- Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. - Acta Œcologica, Œcologia Generalis, 10: 207-232.

Duelli P. (Ed.). 1994. Liste rouge des espèces animals menaces de Suisse. Office Fédéral de l'Environnement des Forêts et du Paysage, Berne. 97p.

Gordon, N.D., McMahon T.A. & Finlayson B.L. 1992. Stream hydrology, John Wiley, New York, 526 pp.

Gotelli, N.J. & Entsminger G.L. 2005. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. http://garyentsminger.com/ecosim.htm.

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.

Jedicke E. (Ed.). 1997. Die roten Listen. Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotoptypen in Bund und Ländern. Ulmer. 581p.

Krebs, C.J. 1999. Ecological methodology. Addison Wesley Longman, Inc. 620p.

Lamouroux N. 1997. Hydraulique statistique et prédiction de caractéristiques du peuplement piscicole : modèles pour l'écosystème fluvial. Thèse de Doctorat, UCB Lyon 1.

Lamouroux N., Capra H. 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. Freshwater Biology, 47, 1543-1556.

Lamouroux N., Souchon Y. 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams. Freshwater Biology, 47, 1531-1542.

Lamouroux, N., Doutriaux, E., Terrier, C., & Zylberblat, M. 1999a. Modélisation des impacts de la gestion des débits réservés du Rhône sur les peuplements piscicoles. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 352, 45-61.

Lamouroux, N., Olivier, J.M., Persat, H., Pouilly, M., Souchon, Y., & Statzner, B. 1999b. Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. Freshwater Biology, 42, 275-299.

Mérigoux S. & Dolédec S. 2004. Hydraulic requirements of stream communities: a case study on invertebrates. Freshwater Biology, 49, 600-613.

Merritt R.W. & Cummins K.W. 1996. Trophic relations of macroinvertebrates. In F.R. Hauer & G.A. Lamberti. Methods in Stream Ecology. Academic Press. 453-474.

Merritt R.W., Higgins M.J., Cummins K.W. & Vandeneeden B. 1999. The Kissimmee river-riparian marsh ecosystem, Florida. Seasonal differences in invertebrate functional feeding group relationships. In D.P. Batzer, R.B. Rader & S.A. Wissinger (Eds) Invertebrates in freshwater wetlands of North America : ecology and management. John Wiley & Sons. 55-79.

Merritt, R.W., Cummins K.W., Berg M.B., Novak J.A., Higgins M.J., Wessell K.J. & Lessard J.L. 2002. Deveopment and application of a macroinvertebrate functional-group approach in the bioassessment of remnant river oxbows in southwest Florida. J.N. Am. Benthol. Soc. 21(2): 290-310.

Moog, O. (ed.). 1995. Fauna Aquatica Austriaca. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

Nelva A., Persat H. & Chessel D. 1979. Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel

d'abondance. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 289 D : 1295-1298.

Olivier J.M. (coordinateur). 2004. 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.

Pellaud, M. 2004. Diversité des macroinvertébrés aquatiques dans la plaine alluviale du Haut-Rhône (Brégnier-Cordon, France). Diplôme en Sciences Naturelles de l'Environnement n°102, Université de Genève. 110p.

Persat H & Olivier J.M., 1991 - The point abundance sampling, a fishing strategy for large rivers: short presentation of the concept, its appliance and some results. Pages 104-113 *in* Penaz M. (ed), Biological monitoring of large rivers, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno, and Slovak Academy of Sciences, Bratislava, publishers.

Sagnes P. & Mérigoux S. Ontogenetic shifts in near-bed hydraulic preferences for larvae of five insect species (In prep).

Schmedtje, U. 1995. Beziehungen zwischen der sohlnahen Strömung, dem Gewässerbett und dem Makrozoobenthos in Fließgewässern – Ökologischen Grundlagen für die Beurteilung von Ausleitungsstrecken, Dissertation, Institut für Zoologie und Limnologie, Universität Innsbruck, 231.

Statzner B. & Müller R. 1989. Standard hemispheres as indicators of flow characteristics in lotic benthos research. Freshwater Biology, 21, 445-459.

Statzner B., Gore J.A. & Resh V.H. 1988. Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. Journal of the North American Benthological Society, 7, 307-360.

Statzner B., Kohmann F. & Hildrew A.G. 1991. Calibration of FST-hemispheres against bottom shear stress in a laboratory flume. Freshwater Biology, 26, 227-231.

Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. 2000. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS éditions, Paris.

Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. 2000. Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, Paris. 588p.

Terrier A. Distribution et préférences écologiques d'Anisus vorticulus (Troschel, 1834) (Mollusque gastéropode) dans la zone alluviale du Rhône. Application à la gestion des milieux. Mémoire de Diplôme en Sciences Naturelles de l'Environnement. Université de Genève. En préparation.

Thioulouse, J., Chessel, D., Dolédec, S. & Olivier, J. M. 1997. ADE 4: A multivariate analysis and graphical display software. Statistics and Computing, 7: 75-83.

Townsend, C.R., Scarsbrook, M.R. & Dolédec, S. 1997. Quantifying disturbance in streams: alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrate species

traits and species richness. Journal of the North American Benthological Society., 16, 531-544.

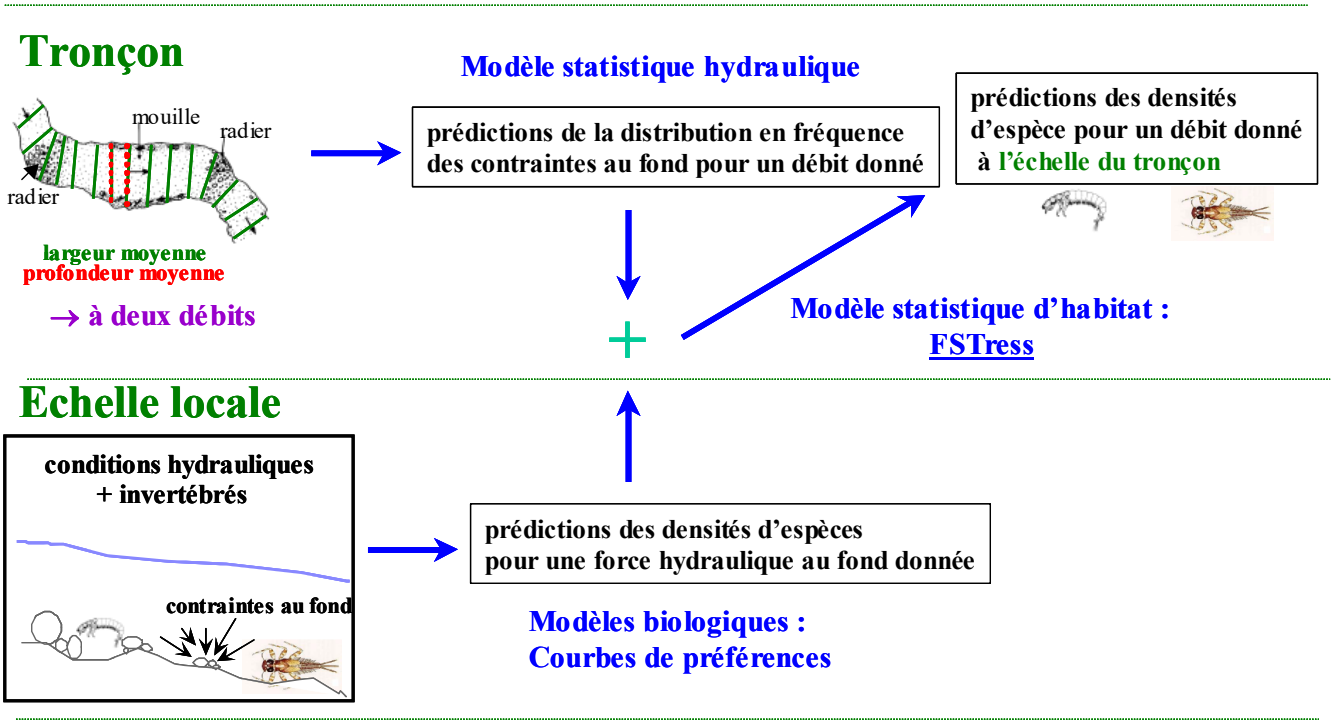
Annexes

Annexe I : Modèle d'habitat statistique FSTress appliqué aux invertébrés

- A **l'échelle du tronçon**, le modèle statistique hydraulique nécessite une valeur de profondeur et de largeur moyenne à deux débits différents. Ces données d'entrée très simples permettrent de prédire la distribution en fréquences des contraintes au fond pour un débit donné (cf. Figure ci dessous).

- A **l'échelle locale**, les modèles biologiques requièrent l'échantillonnage d'invertébrés et des mesures de contraintes hydrauliques exercées au fond du lit de la rivière. Ces données permettent de prédire la densité des espèces pour une force hydraulique au fond donnée. Ces modèles biologiques permettrent, en outre, de déterminer ou de confirmer les conditions hydrauliques critiques pour ces organismes (et leurs différents stades de développement) à cette échelle d'observation (cf. Figure ci dessous).

- Le **couplage des deux types de modèles** abouti à un modèle dit « d' habitat statistique » qui permet de prédire des densités d'espèces et de différents stades larvaires à un débit donné à l'échelle du tronçon (cf. Figure ci dessous).



Annexe II : Correspondances entre les tailles granulométriques du substrat et l'échelle Phi (d'après Gordon et al. 1992 : p.192)

Type de substrat	Diamètre (mm)	Phi
Gros Galets	256-128	-8 à -7
Petits Galets	128 - 64	-7 à -6
Graviers très grossiers	64 - 32	-6 à -5
Graviers grossiers	32 - 16	-5 à -4
Graviers moyens	16 - 8	-4 à -3
Graviers fins	8 - 4	-3 à -2
Graviers très fins	4 - 2	-2 à -1
Sables très grossiers	2 - 1	-1 à 0
Sables grossiers	1 - 0,5	0 à 1

Annexe III : Description et calcul des variables hydrauliques

La **rugosité du substrat** (k_v) a été calculée suivant la formule de Statzner et al. (1988):

$$k_v = (5C_1 + 3C_2 + C_3) \div 9$$

où C_1, C_2 et C_3 représentent les proportions de la première, seconde et troisième classe de substrat la plus abondante respectivement.

Le **nombre de Froude** (*Fr*), est un nombre adimensionnel qui représente le rapport entre les forces d'inertie et de gravité. Ce nombre est un bon indicateur du stress hydraulique rencontré par les animaux benthiques. Ce nombre dépend de la vitesse du courant et de la profondeur.

$$Fr = V \div \sqrt{g \times D}$$

Avec V (m s^{-1}) la vitesse moyenne mesurée à 40% de la profondeur, g, l'accélération due à la gravité = 9.8 m s^{-2} et D (m), la profondeur.

La **vitesse de cisaillement** (U_*) en cm s^{-1} dépend de la vitesse du courant, de la profondeur et de la rugosité de substrat et se calcule suivant la formule :

$$U_* = U \div \log_{10}(12D / k_v)$$

avec U, la vitesse moyenne mesurée à 40% de la profondeur, D, la profondeur et k_v, la rugosité du substrat.

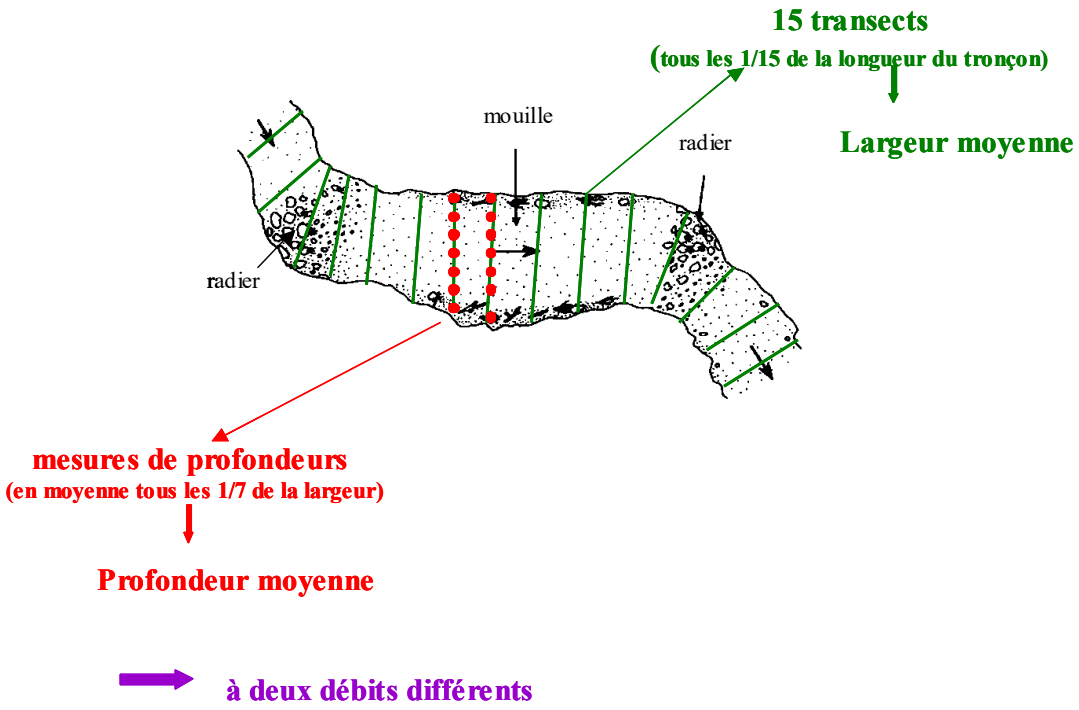
Le **nombre de Reynolds fond** (Re_*) est un nombre adimensionnel qui intègre la vitesse de cisaillement, U_*, la rugosité k_v et la viscosité cinématique de l'eau (ν).

$$\mathrm{Re}_* = U_* * k_v \div \nu$$

Annexe IV : Protocole de mesures des paramètres physiques du modèle FSTress à l'échelle du tronçon

A l'échelle du tronçon, le modèle FSTress requière des mesures **de largeur et profondeur moyennes.** Ces mesures doivent être réalisées à **deux débits**, les plus différents possibles et inférieurs au débit de plein bord. Le temps passé entre les deux campagnes de mesures a peu d'importance. A l'échelle du tronçon, **15 transects** séparés par une distance de L/15 (où L est la longueur du tronçon) ont été réalisés. Sur ces transects la largeur a été mesurée et en moyenne **7 mesures** de profondeur (en fonction de la largeur du transect) ont été effectuées à l'aide d'une tige graduée (cf. Figure ci dessous).

.



Annexe V : Réalisation des courbes de préférences hydrauliques

1. Présentation du modèle non linéaire utilisé

Les courbes de préférences hydrauliques sont élaborées à l'aide du logiciel de calculs statistiques SYSTAT 10, à partir du modèle non linéaire suivant (U. Schmedtje, 1995):

$$N(FST) = a * FST^{b} * e^{c*FST}$$

Dans l'expression, N est le nombre d'individus trouvés sur une surface S donnée (S = 0,05 m² ici). Ensuite, a, b, et c sont les 3 paramètres du modèle avec a > 0 et c < 0. Suivant la valeur des paramètres, les courbes présentent des allures différentes qui permettent d'assigner les invertébrés à une catégorie (voir figure cidessous).
Ainsi, le paramètre **a** caractérise le niveau **d'abondance** du taxon alors que les paramètres **b** et **c** caractérisent les **préférences hydrauliques** du taxon considéré.
Plus précisément :

→si **b < 0**, la courbe de préférence ne présente **aucun maximum** et **diverge vers l'infini en 0**. Ceci correspond à un taxon **limnobionte**, c'estàdire préférant les très faibles contraintes hydrauliques.

→si **b > 0**, en revanche, on peut **définir un maximum de densité**, qui est atteint pour $FST = -b/c$. Ainsi, contrairement à ce que présente U. Schmedtje, ce n'est pas la valeur de b seule qui détermine la préférence du taxon, mais plutôt celle du rapport $-b/c$. Si ce rapport reste inférieur à 24 (limite de l'échelle de numéros d'hémisphères FST), le sommet est visible sur la courbe. Ce cas de figure indique un caractère limnophile ou rhéophile du taxon suivant respectivement que $-b/c$ est plus proche de 0 ou de 24.

On peut considérer les intervalles suivants :

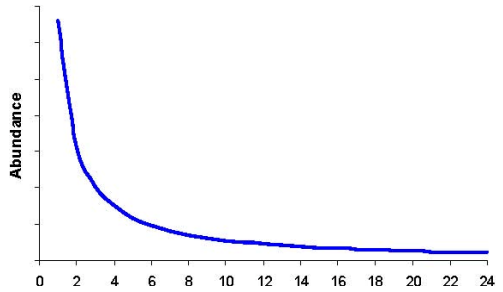
- $0 < -b/c < 6$: taxon limnophile
- $6 < -b/c < 9$: peu rhéophile
- $9 < -b/c < 15$: rhéophile
- $15 < -b/c < 24$: très rhéophile

→Si $-b/c > 24$, seule apparaît la partie croissante de la courbe, ce qui met en évidence un caractère **rhéobionte** (aimant les très fortes contraintes hydrauliques) pour le taxon considéré. Dans ce cas, la valeur optimale des contraintes hydrauliques est considérée égale à 24.

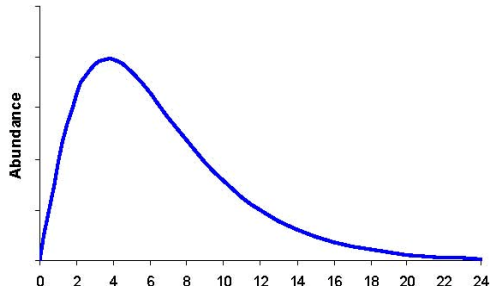
L'aplatissement plus ou moins prononcé de la courbe donne quant à lui une indication de la tolérance de l'espèce ou du genre examiné : plus la courbe est aplatie, plus le taxon présente une tolérance pour un large éventail de contraintes hydrauliques.

2. Allure des courbes de préférences suivant les valeurs des paramètres b et c

Taxon **limnobionte** ($b < 0$)

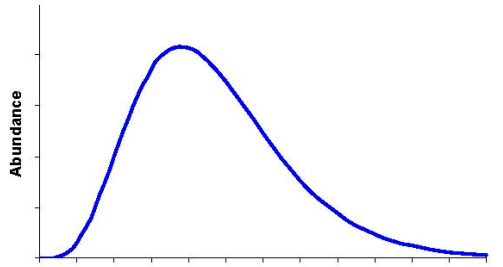


Taxon **limnophile** $b > 0, -b/c = 4$

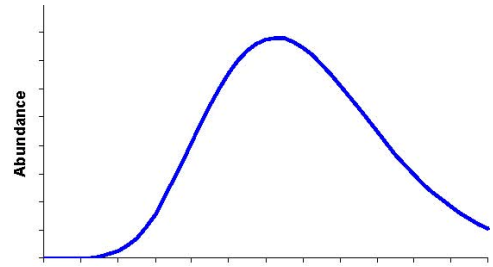


FST

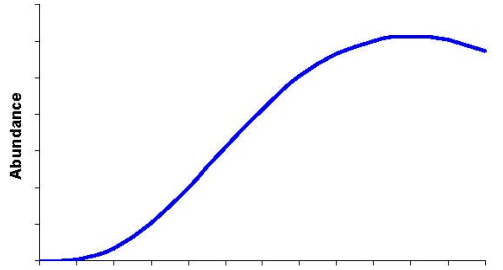
Taxon **peu rhéophile**, $b > 0, -b/c = 8$



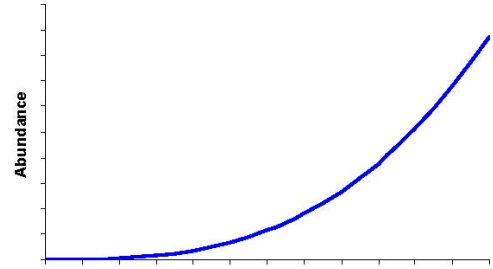
Taxon **rhéophile**, $b > 0, -b/c = 13$



Taxon **très rhéophile**, $b > 0, -b/c = 20$



Taxon **rhéobionte** $-b/c = 24$



3. Détermination des paramètres

Les paramètres a, b et c sont déterminés suivant l'approximation des moindres carrés : il s'agit de minimiser la somme des écarts quadratiques entre les valeurs expérimentales et théoriques. Cette somme est une fonction des paramètres cherchés a, b et c : $S(a,b,c) = \sum_i (N\exp_i - Nthéo_i)^2$

La méthode choisie pour résoudre le problème et trouver les valeurs de a, b et c minimisant S est une méthode itérative de Gauss Newton, préprogrammée dans le logiciel de SYSTAT. Il est donc nécessaire de prendre des valeurs arbitraires des paramètres pour initialiser le problème, et de fixer des seuils de convergence (ici 0,001) à partir desquels on considère qu'une solution a été trouvée, ainsi qu'un nombre maximal d'itérations(ici 1000). En guise de sortie, le modèle donne les valeurs de S, a, b et c pour chaque itération, les valeurs finales des 3 paramètres, ainsi que la valeur du coefficient de détermination, $R^2 = 1 - \frac{S}{\sum N\exp_i^2}$ qui permet de juger de la capacité de la solution trouvée à expliquer les valeurs observées expérimentalement : plus le coefficient est élevé, mieux la représentation théorique permet d'expliquer les observations expérimentales. Nous considérons que si $R^2 > 0.5 >$ que la solution trouvée était valable et reflète la réalité des préférences hydrauliques du taxon concerné.

Annexe VI : Abondance par taxon pour les 3 campagnes d'échantillonnage

Avec : Camp1 : printemps 2002, Camp2 : été 2002 et Camp3 : hiver 2003, codes suivis d'un «a » : individus au stade adulte.

E/Cl/sCl/0	Famille	Genre	Code	Taxons	Camp1	Camp2	Camp3	Total
Bryozoa								
Ectoprocta								
	Cristatellidae	Cristatella	CMUC	*Cristatella mucedo*		1	1	2
		Plumatella	PLSP	*Plumatella* sp.			1	1
Cnidaire								
Hydrozoa								
Hydroide	Hydridae	Hydra	CNID	*Hydra* spp.	2		9	11
Plathelminthes								
Turbellaria								
Tricladida	Dendrocoelidae	Dendrocoelum	DLAC	*Dendrocoelum lacteum*	22	19		41
	Dugesiidae	Dugesia	DUPL	*Dugesia polychroa-lugubris*	451	85	15	551
			DUSP	*Dugesia* spp.	12	7	5	24
			DTIG	*Dugesia tigrina*	128	334	21	483
			DUGE	Dugesiidae ind.	9			9
	Planariidae	Polycelis	PONT	*Polycelis nigra-tenuis*	3	2	284	289
Annelida								
Hirudinea								
Arhynchobdellida	Erpobdellidae	Erpobdella	EOCT	*Erpobdella octoculata*	8	27	9	44
			ETES	*Erpobdella testacea*	2	1		3
			ERSP	*Erpobdella* spp.	2			2
			ERPO	Erpobdellidae.		2		2
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	Glossiphonia	GCOM	*Glossiphonia complanata*	38	11	6	55
			GHET	*Glossiphonia heteroclita*		1		1
			GLOS	Glossiphoniidae	7			7
		Haementeria	HCOS	*Haementeria costata*	39			39
		Helobdella	HSTA	*Helobdella stagnalis*	1	29	2	32
		Hemiclepsis	HMAR	*Hemiclepsis marginata*	1			1
Mollusca								
Bivalvia								
Veneroidea	Corbiculidae	Corbicula	CFLU	*Corbicula fluminea*	112	122	117	351
	Dreissenidae	Dreissena	DPOL	*Dreissena polymorpha*	1			1
	Sphaeriidae	Pisidium	PISP	*Pisidium* sp.	37			37
			SPHA	Sphaeriidae ind.	64	76	21	161
			BIVA	Bivalvia		75	55	130
Gasteropoda								
Ectobranchia	Valvatidae	Valvata	VASP	*Valvata* spp.	9	3		12
Neotaenioglossa	Bithyniidae	Bithynia	BITH	*Bithynia* sp.		1	5	6
	Hydrobiidae	Bithynella	BISP	*Bithynella* sp.		1		1
		Potamopyrgus	PANT	*Potamopyrgus antipodarum*	322	84	54	460
Neritopsina	Neritidae	Theodoxus	TFLU	*Theodoxus fluviatilis*	381	386	151	918
Pulmonata	Ancylidae	Ancylus	AFLU	*Ancylus fluviatilis*	4580	362	10	4952
	Lymnaeidae	Radix	RABL	*Radix balthica-labiata*	2			2
			RASP	Radix spp.	1	1		2
	Physidae	Physa	PFON	*Physa fontinalis*	1			1
			PHYS	Physidae	2			2
	Planorbidae	Gyraulus	GALB	*Gyraulus albus*			1	1
			PLAN	Planorbidae ind.			1	1
			PACU	*Physella acuta*	1		1	2
			GAST	Gastropoda ind.			2	2
Arthropoda								
Arachnida								
Acaria			ACAR	Hydracarina	2			2
Crustacea								
Amphipoda	Gammaridae	Gammarus	GFOS	*Gammarus fossarum*	4243	6323	2690	13256
			GPUL	*Gammarus pulex*	70	19	1	90
			GASP	*Gammarus* spp.	75503	16863	2132	94498
Decapoda	Cambaridae	Orconectes	OLIM	*Orconectes limosus*		1		1
Isopoda	Asellidae	Asellus	AAQU	*Asellus aquaticus*	5		1	6
			ASSP	*Asellus* spp.	1			1
Insecta								
Coleoptera	Dryopidae	Dryops	DRSP	*Dryops* spp.l	1		1	2
	Dytiscidae	Hydroporus	HYDRO	*Hydroporus* sp.l	1			1
	Elmidae	Elmis	ELSP	*Elmis* spp.a	20	2		22
			ELSP	*Elmis* spp.l	313	118	45	476
		Esolus	ESSP	*Esolus* spp.a	27	29	6	62
			ESSP	*Esolus* spp.l	1159	950	437	2546
		Limnius	LISP	*Limnius* spp.a	1			1
			LISP	*Limnius* spp.l	93	68	50	211
		Normandia	NOSP	*Normandia* sp.l			1	1
		Oulimnius	OUSP	*Oulimnius* spp.a		1		1
			OUSP	*Oulimnius* spp.l	34	3	1	38
		Riolus	RISP	*Riolus* spp.l	11		2	13
	Gyrinidae	Orectochilus	OVIL	*Orectochilus villosus* l		26	6	32
	Hydraenidae	Hydraena	HYDRA	*Hydraena* sp.a	1			1
			COLE	Coleoptera ind.		4		4
Diptera	Anthomyidae		ANTH	Anthomyidae		1		1
	Athericidae	Atherix	ATHE	*Atherix* sp.	4		2	6
	Ceratopogonidae		CERA	Ceratopogoninae	40	5	11	56
			DASY	Dasyheleinae	1			1

E/Cl/sCl/0	Famille	Genre	Code	Taxons	Camp1	Camp2	Camp3	Total
	Chironomidae		CHSP	Chironomini	1409	103	1137	2649
			ORTH	Orthocladiinae	33561	2006	5430	40997
			TANY	Tanypodinae	70	2	18	90
			TASP	Tanytarsini	1090	83	80	1253
	Dolichopodidae		DOLI	Dolichopodidae	2			2
	Empididae		CLIN	Clinocerinae	5		9	14
			HEME	Hemerodromiinae	64	114	152	330
	Limoniidae	Antocha	AVIT	*Antocha vitripennis*	33			33
		Dicranota	DICR	*Dicranota* sp.	3			3
			ERIO	Eriopterini	1	1	2	4
			LIMO	Limoniidae	18	5	24	47
			LIMS	Limoniini	5	2	6	13
			PESP	Pediciini		1	4	5
	Psychodidae		PSSP	Psychodidae	2		1	3
	Simuliidae		SIMU	Simuliidae	744	57	112	913
	Tabanidae		TABA	Tabanidae	1	1	2	4
	Tipulidae		TIPU	Tipulidae	14	3	1	18
Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	BFUS	*Baetis fuscatus*	118	309	1	428
			BLUT	*Baetis lutheri*	99	12	7	118
			BRHO	*Baetis rhodani*	73	24	51	148
			BASP	*Baetis* spp.	301	398	99	798
			BAET	Baetidae	1			1
	Caenidae	Caenis	CLUC	*Caenis luctuosa*	3	1	2	6
			CRIV	*Caenis rivulorum*	7			7
			CASP	*Caenis* spp.	13	1	2	16
	Ephemeridae	Ephemera	ELIN	*Ephemera lineata*	5			5
	Leptophlebidae	Habrophlebia	HLAU	*Habrophlebia lauta*	1			1
	Potamanthidae	Potamanthus	PLUT	*Potamanthus luteus*	106	278	123	507
	Heptageniidae	Ecdyonurus	EVEN	*Ecdyonurus* gp. *venosus*	2	4	4	10
			ECSP	*Ecdyonurus* spp.		11	3	14
		Heptagenia	HESP	*Heptagenia* spp.		18		18
			HSUL	*Heptagenia sulphurea*	28	12	3	43
		Rhithrogena	RHBV	*Rhithrogena beskidensis-savoiensis*	29			29
			RSEM	*Rhithrogena semicolorata*			105	105
			RHPS	*Rhithrogena* spp.	4	59	37	100
			HEPT	Heptageniidae		16	19	35
	Ephemerellidae	Serratella	SIGN	*Serratella ignita*	341	17	10	368
		Torleya	TMAJ	*Torleya major*			1	1
			EPHE	Ephemeroptera ind.	1	1	1	3
Heteroptera	Mesoveliidae	Mesovelia	MESP	*Mesovelia* spp.	2			2
	Corixidae	Micronecta	MISP	*Micronecta* spp.	139	67		206
Plecoptera	Leuctridae	Leuctra	LESP	*Leuctra* spp.	202	4	15	221
			LEUC	Leuctridae		4	13	17
	Nemouridae	Amphinemura	AMSP	*Amphinemura* spp.			2	2
		Nemoura	NESP	*Nemoura* spp.		2	4	6
			NEMO	Nemouridae		1	1	2
	Perlidae	Dinocras	DCEP	*Dinocras cephalotes*	1			1
			DISP	*Dinocras* sp.	2			2
	Perlodidae	Isoperla	ISSP	*Isoperla* sp.			6	6
	Perlodidae	Perlodes	PMIC	*Perlodes microcephala*			2	2
			PERLO	Perlodidae		1	1	2
	Taeniopterygidae	Brachyptera	BRSP	*Brachyptera* sp.			20	20
			PLEC	Plecoptera ind.		2	1	3
Trichoptera	Leptoceridae	Athripsodes	AALB	*Athripsodes albifrons*	48			48
			ATSP	*Athripsodes* spp.	3	3	4	10
	Glossosomatidae	Glossosoma	GBOL	*Glossosoma boltoni*	75	4	5	84
			GLSP	*Glossosoma* sp.	31	1		32
	Goeridae	Goera	GPIL	*Goera pilosa*		4		4
			GOER	Goeridae	94		1	95
	Hydropsychidae	Hydropsyche	HANG	*Hydropsyche angustipennis*	1			1
			HCON	*Hydropsyche contubernalis*	46	45	6	97
			HEXO	*Hydropsyche exocellata*	2	1		3
			HINC	*Hydropsyche incognita*	5	7	1	13
			HMOD	*Hydropsyche modesta*	16	9		25
			HSIL	*Hydropsyche siltalai*	108		8	116
			HYSP	*Hydropsyche* spp.	208	23	1	232
	Hydroptilidae	Hydroptila	HDSP	*Hydroptila* spp.	40	51	14	105
	Leptoceridae		LEPT	Leptoceridae		1	2	3
	Psychomyiidae	Psychomyia	PPUS	*Psychomyia pusilla*	603	251	210	1064
	Rhyacophilidae	Rhyacophila	RHSP	*Rhyacophila* s. *stricto* spp.	122	4	15	141
			RHYA	Rhyacophilidae	40			40
	Leptoceridae	Setodes	SPUN	*Setodes punctatus*	1			1
	Goeridae	Silo	SNIG	*Silo nigricornis*			1	1
	Psychomyiidae	Tinodes	TDIV	*Tinodes dives*	1			1
			TRIC	Trichoptera ind.	35			35
Total					127747	30067	13936	171750
Richesse taxnomique					**82**	**62**	**75**	**102**

Annexe VII : Abondance de chaque taxon pour chaque échantillon de la campagne de printemps. *cf Annexe VI* pour la signification des codes des taxons

code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
AALB	1	2	1				2	4		11					1					1	1				1	1	2	3	1	5	1	8							
AAQU			1	1						1											2																		
ACAR																							2																	
AFLU	23	6	5	2	7		15	2	1		10	51	4	58	201	96	68	358	152	135	5	712	258	768	109	147	547	344	402	31	32	9	19			1		2		
AMSP																																								
ANTH									1																															
ASSP								1										1		2																			
ATHE										1					1			1																					
ATSP						1	2	1		8					1				2	4			2	2		1	3	1	2		2		1						
AVIT		1																																					
BAET				1	3	4	10	7	4	12	3	6	4	4	6	6	1	7	9	11	1	15	12	26	4	5	75	22	28	8	1	5					1		
BASP	1			1		3	6	12	5	10		4		6	5	13	1	1	2	4		12	4	4	3	1	8	3	7	1			1						
BFUS																																							
BISP																																							
BITH																																							
BIVA								3			2				7	4		3	8	3		11		25		5	22	3	3										
BLUT								2			1	1	1	4	6	11	2		1	5		18	5	2			3	3	8										
BRHO																																							
BRSP																																							
CASP		1					2		1									1							1					1	1	5							
CERA				1	2	2	1	3	1	3		1		1				2		3	1				4	3	2	1	1		3		1	1	1		1	1		
CFLU	10	9	5		8	1	12	7	10	5	1	2		1	3			2		2				3	2	1	2		3	2	7	6	3	3	1				1
CHIRn				13		8		90	39		13		10	12	21											4		4	24											1
CHOR								0																															
CHSP	60	13	7	5	8	35	35	87	182	73	9	2	4	7	14	7	2	1		1	5		3	3	1	3	2	1	5	1	2	8	15	335	265	56	22	71	43	16
CLIN			1																			1		1			1	1											
CLUC	1						1	1																															
CMUC																																							
CNID													1															1											
COLE																																							
CRIV						1	1		5																														
DASY										1																													
DCEP																						1																	
DICR							2			1																													
DIPTn	31	15	27	3	17	27	27	2		21		24	6	1	4	17	5	17	26	41	38	32	30	51	19	25	67	40	8	36	40	57	20	22	2	2	2	2	5	
DISP																								1	1															
DLAC	2	2						1		2	2					1						2		1	2			1			1				1			3	1
DOLI																																		2					
DPOL																													1										
DRSP																							1																
DTIG		15	3	2	5		1	1			7	3		2	3	7	5	13	6	2		7	4	5	5	2	6	6	13	1	2								2
DUGE																																						9	
DUPL	1						2				20	1	1	1	2	2	1	17	4	67	1	61	35	17	1	1	18	2	178								1	15	2
DUSP																						12																	
ECSP																																							
ELIN							1	1	1	1		1																												
ELSP	1	1	2	1				5	3	12	2	2	2	7	12	11	3	10	12	4	3	33	15	21	22	18	56	14	24	6	3	4	2	1			1		
ELSPa																				1		3	1	6			7		2										
EOCT						1		1							2			2	1	1																			
EPHE																																	1						
ERIO		1																																					
ERPO																																							
ERSP									1			1																											
ESSP	3	15	5	8	13		7	6	4	16	22	27	16	23	96	59	35	82	70	32	9	77	38	76	69	44	42	69	87	43	16	20	17			1	2	3	6	1
ESSPa			1	1							8				4	1	1		2						3		3		2		1								
ETES												1		1																									
EVEN							2																																
GALB																																							
GASP	1034	1289	1694	1891	1052	500	2119	2298	1211	1297	1503	2161	2420	1569	6369	6465	1773	1431	1606	5432	1326	3413	1601	3484	1805	918	1984	586	1758	3173	2118	1878	679	6	1	880	927	753	1166	1933
GAST																																							
GBOL	2		21	5	14						1				2				1	1		1	2	1			1	2	2		19								
GCOM								1	31																												1		5
GFOS	30	45	25	49	46	151	150	150	132	66	150	189	150	203	184	190	109	61	84	150	39	179	94	133	45	44	140	22	143	123	50	35	60		5	133	176	146	197	165
GHET																																							
GLOS																								7															
GLSP	3		17	1	4						1																		2	1	2								
GOER	5				1	19	11	2	1	2	6	1		1		1		1	1	2			2	1	1	2	3	2	1	4	5	5				2	10		2
GPIL																																							
GPUL		1		1		6	4	3	6		1	6	13	1						1	3		3		2	1					4		1		1	5	4	3	
HANG																							1																
HCON		2	2	4	3			1	1	2		3	1	2	1	1			4	1		2	1	1	3	1		2	4	1	3								
HCOS		4										5			1					11		1		2				2		2			10	1					
HDSP			1	1	1	1	4	7	1		1			1		1		2	1	2			1	5			5	2		2		1							
HEME	6		3	1	3	1	7	1		3				1	1		1	1	2	2			3				2	3	3	5	8	4				3			
HEPT																																							
HESP																																							
HEXO																				1										1									
HINC							1								1				1								1		1										
HLAU											1																												
HMAR			1																																				
HMOD				1						1								1	2	3		1	1	2		1	1	1	1										
HSIL				1											6	4		7	12	13	1	12	6	10		3	20	2	9				2						
HSTA							1																																
HSUL														3					1	3		6	2	1	1		7	1	3										
HYDRAa											1																												
HYDRO						1																																	
HYSP	2	1		2		5	1	5	10	17	13	3	6	4	4	2	2	3	10	8	1	15	5	7	3	11	21	9	17	10	3	8							
HYPSn																																							
ISSP																																							
LEPT																																							
LESP		1	2	1		1					31	2			18	3	5	38	7	9	2	6	7	6	14	2	16	9	14	2	1	2				1	1	1	
LEUC																																							
LIMO			1	1				8		3		1		1	1										1		1												
LIMS																					1		2	2															
LISP	1		2					2	3	4	1	2		1	1	6	1	4	8	4	1	8	1	2	7	4	4	3	11	2	3	2	3				1		1
LISPa											1																												
MESP											1																										1		
MISP						5					1																		1				2	18	2	58	4	45	2	1
NEMO																																							
NESP																																							
NOSP																																							
OLIM																																							
ORTH	798	310	480	631	723	1019	1188	2105	1407	1903	629	550	291	680	905	677	330	1090	1325	1779	684	1347	870	1896	446	938	1476	1515	770	810	1084	1166	575	723	244	69	34	39	32	23
OUSP							1								3	2	1	3	1	2		3		3	1	1	1	4	1	1	1	4				1				
OUSPa																																							
OVIL																																							
PACU									1																														
PANT	15	2	2		2	10	44	12	44	8		4		2							23					1			1	5	9	28	99	7		2			1	1
PERLO																																							
PESP																																							
PFON						1																																	
PHYS							1		1																														
PISP						5	17		4											1														7	1			2		
PLAN																																							
PLEC																																							
PLSP																																							
PLUT		2			1	6	9	5	5	8		3	5	1					1	1	3								6	6	5	2	1	1	15	4	9	4	3
PMIC																																							
PONT							2								1																								
PPUS	4	1	4	15	5		16	13	11	30	56	12	2	5	23	3	3	14	16	15	1	18	62	22	5	28	21	56	29	42	15	50	3			1		1		1
PSSP																				1				1															
RABL																																		2						
RASP																																		1						
RHBV				2							15	1						3				3		1	1	1		1	1										
RHPS			1																1									1	1										
RHSP		1	1	1			1	2		2	18	1	1		3	1	2	7	5	5		17	4	12	5	1	16	9	7										
RHYA							2	1		1	23				1	2		2		2			1		2	1	1			1									
RISP										1					1	1							1		2		3	1			1								
RSEM																																							
SIGN	1		1	4	6	3	2	15	9	11	15	3		2	7	5	1	7	14	23	5	22	20	23	8	10	44	19	25	11	9	13	3						
SIMU	4	9	3	21	3		1				48	6	1		54	29	11	13	84	6		42	51	123	12	14	74	65	62	5	2	1							
SIMUn														20					1								2		1										
SNIG																																							
SPHA		1						3	52	5					1																		2						
SPUN								1																															
TABA									1																														
TANY	2	1	4	1	2			3	1	1		1			3		1	3	1	1				1	3		7	1		2	4	4	2	19	1	1				
TASP	17	5	56	24	8	2	4	59	41	83	3	16	10	3	11	3	2	1	13	27	18	10	30	43	15	17	56	44	37	14	34	44	31	89	52	53	30	67	17	1
TDIV																												1											
TFLU			1								4	15		17	17	40	11	15	8	37		45	16	25	9	5	32	24	20	21	8	5	1				2			3
TIPU										1		1	3		1	1				1	2		1													1		2		
TMAJ																																							
TRIC				1					1	9					22								1														1			
TRICn	8	4	11	4	6		2	5	6	15	10	7		2	7	7		9	6	11		8	5	14	5	10	18	3	7	3	6	9	15						
VASP												1												8															
Total	2066	1760	2390	2702	1943	1819	3714	4936	3244	3652	2634	3121	2952	2647	8038	7679	2377	3234	3512	7876	2173	6160	3200	6850	2642	2274	4823	2906	3731	4379	3511	3382	1578	1236	578	1276	1217	1160	1507	2163

Annexe VIII : Abondance de chaque taxon pour chaque échantillon de la campagne d'été. *cf Annexe VI* pour la signification des codes des taxons

code	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
AALB																																							
AAQU																																							
ACAR																																							
AFLU	2	2					1	1					9	2	4	4	56	11	2	10	3	11	15	9	12	8	3	4	1	3	1	2		2	1	148	5	6	17	7
AMSP																																								
ANTH							1																																	
ASSP																																							
ATHE																																							
ATSP																													1											2
AVIT																																							
BAET																																							
BASP	6	6	1	2	7	7	3		6	6	7	6	10	17	5	8	18	14	11	25	12	22	17	19	5	4			7	18	3	14	13	12	1	34	8	36	5	3
BFUS	9	9		1	7	1	1	2	7	8	2	13	1	9	9		27	5	1	7	23	15	4	23	16	2	6	16	13		4	3	11	6	1	21	2	12	6	6
BISP																																	1							
BITH										1																														
BIVA									6							5			14	3			4		12	6	10			3			8					4		
BLUT																				1	2		1													1		7		
BRHO														2			1	1	1	2	8	5	1	1						1			1							
BRSP																																								
CASP																		1																						
CERA																					1													2			1	1		
CFLU						1	13		2		1	1	3	1			2		17	6	1	6	7	3		2	6	7	12	6	1		10	1	4	1	2		2	4
CHIRn																																								
CHOR																																								
CHSP	3	2	3	9	4	4	11	1	1	7	1			2	4		1		1	1			1						1	3	3	35	1	2		2				
CLIN																																								
CLUC				1																																				
CMUC																																			1					
CNID																																								
COLE															1						3																			
CRIV																																								
DASY																																								
DCEP																																								
DICR																																								
DIPTn		1			2	2	6		3	5	1	1	2	4	1	1	4	1	1	2	8		7	1	1	1	2		1	1		6	7			5	1	7	2	1
DISP																																								
DLAC		1		1	2				1				1	1		1				1		2		1		1	2	1								2		1	
DOLI																																								
DPOL																																								
DRSP																																								
DTIG	7	5	2	3	2	4	18	3	2	2	3	2	31	21	2	3		27	25	32	16	14	6	7	12	5	10	1	6	9		1	17	7		7	7	7	7	1
DUGE																																								
DUPL		1		1		1							1	4	1		1	3	4	13	16	2	1				1		1	2		8	10	1		1	9	1	2	
DUSP																			4						1								2							
ECSP										1				1			2				1		1													5				
ELIN																																								
ELSP	1	2	1							3	1		4	5	4	1	1	5	9	3	7	4	10	5	6	2	1	6	4	2	2		3	1		9	5	4	5	2
ELSPa																	1						1																	
EOCT	1	1		4		1	1			2	2	1	1		2				2	1											1	2	3				1	1	
EPHE					1																																			
ERIO																			1																					
ERPO																1				1																				
ERSP																																								
ESSP	2	1	3	3	2	6		2	4	2	4	1	17	25	17	9	25	18	172	55	100	88	29	9	109	1	11	10	11	21	7	1	10	138	2	1	13	10	3	8
ESSPa		1											3	1			1	4			6	3	2	1						1	1		1	4						
ETES							1																															1		
EVEN	1													2																								1		
GALB																																								
GASP	672	536	371	313	243	200	233	1560	296	397	1363	331	314	268	583	485	876	611	589	375	665	365	405	338	561	171	542	394	293	330	166	117	26	280	61	153	122	517	284	457
GAST																																								
GBOL																				1					1						2									
GCOM		1								1	2		2							1								1							1		2			
GFOS	202	215	119	195	131	490	151	200	38	164	176	155	212	131	212	176	170	161	175	118	155	216	147	185	257	89	181	203	143	110	70	28	6	107	25	181	108	178	165	178
GHET					1																																			
GLOS																																								
GLSP																			1																					
GOER																																								
GPIL						1												1																				1		1
GPUL							2				1	1			1	3	1		1						1		1	2							1	1	2	2
HANG																																								
HCON	1		2	1	1	1		1	1		1		1	2			1		1	3	1	1	6	4	1				1	1	2		2		4		1	2	2
HCOS																																								
HDSP	1	2	1	1			4			3		1	2	3	1			3				2	4	2			3	1		1			2			7	1	3		3
HEME		2	2	2	1					2	2		4	3	5		3	5	5	7	4	4	12	4	4	4	5	2	8	10			5	4			3	1	1
HEPT		1	1						1	1			1							3	1	1								1	3		1			1			
HESP		1	2			3		1							1			3		1	1			1				1	1						1		1		
HEXO																		1																					
HINC								1				1						1	1	1			1				1												
HLAU																																							
HMAR																																							
HMOD								1									2				1			1										1		2				1
HSIL																																								
HSTA	1	1					12																								1	9	2	3						
HSUL						1				1		1		1			5		1		1		1																	
HYDRAa																																								
HYDRO																																								
HYSP	1												1		2		2		1	1	1	2	2	1	1			1	2			1			1	1	1	1	
HYPSn													1																											
ISSP																																								
LEPT																																			1					
LESP																			2		1													1					
LEUC									1				1							1			1																
LIMO													1											2	1										1				
LIMS																							1										1							
LISP					1	1		3		1	1	1	1	4			1	3	8	12	5	5	2		1				4	2	2		2	2			2	1	2	1
LISPa																																								
MESP																																								
MISP			5	1			61																																	
NEMO																							1																	
NESP																						1			1														
NOSP																																								
OLIM																		1																					
ORTH	43	41	24	23	19	27	34	4	42	56	18	19	53	71	81	27	85	80	53	64	67	34	191	150	65	12	32	12	14	72	16	62	74	23	6	97	29	113	18	55
OUSP																	1												1				1							
OUSPa																1																								
OVIL													1	2	1		1		1	1	2		2						3				1			5	3	3		
PACU																																								
PANT				1		5	67		1							1							1		1					1				4					2
PERLO																								1																
PESP																												1											
PFON																																								
PHYS																																								
PISP																																								
PLAN																																								
PLEC																														2										
PLSP																																								
PLUT	4	1	1	6	6	5		2	1	3	5	13	18	4	9		7	8	34	8	9	7	4	8	7	1	5	3	5	9	2		12	53		1	4	6	1	6
PMIC																																								
PONT	1			1																																				
PPUS	4	10	3	1	1	3		2		1	3		9	7	1	1	8	6	9	11	11	6	13	11	9		4	5	1	6		4	5	5		34	10	33	7	7
PSSP																																								
RABL																																								
RASP										1																														
RHBV																																								
RHPS									1		1		4	12					5	4	3		1	2	1		1			2	3	4	4	4		1	2	1	2	1
RHSP	1													1					1														1							
RHYA																																								
RISP																																								
RSEM																																								
SIGN		1			1		1		1	3	1			1			1				1		2								1	1		1			1		
SIMU	12	5	1		1									7				4	2	7	2		5	1	2				1		1		1		2	2	1		
SIMUn																																								
SNIG																																								
SPHA		16	5	5			15			4		2						1	1		2	3					22													
SPUN																																								
TABA																																				1				
TANY																													1					1						
TASP	1	3	3		2	2	26		2	3			1		2		1		1			3	6	1	1		1	1		1	1	6	7		2	2		1	2	1
TDIV																																								
TFLU			1						5	2	4	3	21	10			1	6	16	49	19	11	4	1	9		33	15	32	18	3		5	8	2	33	32	12	25	6
TIPU																1	1																							1
TMAJ																																								
TRIC																																								
TRICn						1	1				2		1				1						6	3	1										4		5		2	
VASP										2																1														
Total	976	868	551	575	435	767	663	1784	422	682	1602	553	733	623	949	728	1308	985	1172	831	1159	833	925	795	1099	310	883	687	564	636	294	272	286	674	117	761	382	968	572	759

Annexe IX : Abondance de chaque taxon pour chaque échantillon de la campagne d'hiver. *cf Annexe VI* pour la signification des codes des taxons

code	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
AALB																																							
AAQU																									1														
ACAR																																							
AFLU																							8							1			1						
AMSP																							1																	1
ANTH																																							
ASSP																																							
ATHE																													1									1	
ATSP																							1												2		1		
AVIT																																							
BAET																																							
BASP					1							1	1		7	2	1	6			1	7	15	5	3	2	4	2	1	4	2	8	4	6	3	4	3	4	1	1
BFUS																		1																						
BISP																																							
BITH		1																						1								1		2						
BIVA	10						1	1	2		2	4		2	2	2		2	2	2			4						3				2	3	1	2	1	6	1	
BLUT															1							1		1								1	2					1	
BRHO		1	1						1		2						3	1	1			2	9	4	1	1		1	1	2		1	4	1	3	2		1	4
BRSP																								2	3	2				1		1	2	2		1	4	2		
CASP																																	1		1					
CERA						1										1								1		1			1					1		1	3	1		
CFLU	3	10	3	5	3		5		3	2	1	8		1	10	5	1		1	1		4	1				3	1	4	2	4	5	7	2	2	5	5	8		2
CHIRn																																							
CHOR																																							
CHSP	101	50	59	163	30	98	18	48	34	28	52	89	5	5	3	34	36	18	19	2		4	12	1		1		3	12	14	20	11	8	33	13	32	19	15	17	30
CLIN																							2								7									
CLUC																																2							
CMUC																						1																		
CNID							2	1		1				2		1				1														1						
COLE																																							
CRIV																																							
DASY																																							
DCEP																																							
DICR																																							
DIPTn											4	4	2		20	2				1	1	1	12	3	1		1	1	6	4	4	5	4	15	7	8	6	3	2	1
DISP																																							
DLAC																																							
DOLI																																							
DPOL																																							
DRSP												1																												
DTIG						1						1			2											1			2	2	1		1	2		1	1	6		
DUGE																																							
DUPL														1	1							1		2		1		1			2	1		1	1	2				1
DUSP									1			1				1								1												2				
ECSP																								1										1					1	
ELIN																																							
ELSP												1			1							2	11	2		2			4	2	1	3		2	8	3		2	1	
ELSPa																																							
EOCT						1									2					1										1					2		2			
EPHE																		1																						
ERIO																	2																							
ERPO																																							
ERSP																																							
ESSP	1		3				1	4			1	3	1	1			1		2		1	40	58	12	4	2	2	7	42	20	35	14	4	25	21	35	11	58	21	7
ESSPa													1									2			2											1				
ETES																																							
EVEN																	1							1															2
GALB																														1									
GASP	55	129	33	23	62	127	156	39	37	42	64	99	18	57	225	62	20	15	39	38		24	58	21	71	21	34	7	11	8	2	63	84	37	15	19	46	6	11	254
GAST																			1																	1				
GBOL																						1									1		1	2					
GCOM	1																				1	1										2		1					
GFOS	175	200	162	47	90	106	128	35	106	55	69	191	212	10	145	90	154	33	33	39	1	14	20	3	13	2	1	2	1	6		43	205	12	10	5	22	3	9	238
GHET																																							
GLOS																																							
GLSP																																							
GOER																																			1				
GPIL																																							
GPUL																																1							
HANG																																							
HCON	1																					1													4				
HCOS																																							
HDSP																						2	1	1					1	1				3	1	4			
HEME	1	2	7	2	1			4	1	1			2	1	6		2	1	1	1	1	5	14		1		3	1	20	7	9	6	3	8	11	14	7	5	1	3
HEPT														2								1	3		1	2			1		2		1		2			1	
HESP																																							
HEXO																																							
HINC												1																											
HLAU																																							
HMAR																																							
HMOD																																							
HSIL																							1	1	3									1		1			1	
HSTA																								1											1					
HSUL																										2	1													
HYDRAa																																							
HYDRO																																							
HYSP	1																																						
HYPSn																																							
ISSP																							1				1	1						1	2				
LEPT					1																													1					
LESP										1												1	2	1	2	1					1		1	1	1				2
LEUC	1														1		1					2	1					1	2			2	1					1	
LIMO																						1		1								3	2	5	2	8		1	1	
LIMS																							3						3										
LISP	2		1						1				1									2	6		3				2	5	3		1	4	6	2	3	4	3	1
LISPa																																							
MESP																																							
MISP																																							
NEMO																							1																
NESP															2																					1		1		
NOSP																							1																
OLIM																																							
ORTH			5	6	4	2	6	5		79	112	116	9	21	471	51	27	16	40	25	112	187	515	354	80	139	88	180	256		89	308	128	622	226	353	310	165	210	113
OUSP																																				1				
OUSPa																																							
OVIL																									1							2	1		1			1	
PACU																																1							
PANT	3	8	3	3	1		3	1		1	1	1			12						1								1		1	1	2	2		4	1	2	2
PERLO																			1																				
PESP																													1		1					2			
PFON																																							
PHYS																																							
PISP																																							
PLAN	1																																						
PLEC								1																															
PLSP																									1														
PLUT				1			1	1	1	2		3			2					1	2	10	15		2	3	1	6	9	1	14	8	2	8	8	7	9	5	1	
PMIC																																1		1					
PONT																													284										
PPUS															3						1	10	14	3		1		2	34	3	4	8	5	17	23	41	5	33	2	1
PSSP																															1								
RABL																																							
RASP																																							
RHBV																																							
RHPS										2				1								2	1	1		1	6	8		3				1	2	1		4	2	2
RHSP												1		1							1	1	3			1		1	1	1				2		1		1		
RHYA																																							
RISP																																			1				1
RSEM														2				1			1	4	12	3	18	6	9	2	5	5	9	1	1	4	4	6		9	2	1
SIGN				1						1														1							2		3				1	1	
SIMU											1	2	2	3	35	1					1	1	10	12	8	3	10	2	3	4		2	1	3	2	4		1	1	
SIMUn																																							
SNIG																																		1					
SPHA		2	6	1	2		3		1							1	1	1					1											1		1			
SPUN																																							
TABA						1																								1								
TANY								1						4	1	3						1	2		2		2						1				1		
TASP	5	2	1	2			1		2	1		1		2	11	4	1		2			3	4	2	3	1	1	2	6	1	3	4	1	4		5	2	1	1	1
TDIV																																							
TFLU																						3	9	54	2	1		3	9	1	4	19	1	9	7	10	2	6	10	1
TIPU								1																															
TMAJ																												1										
TRIC																																							
TRICn																						2																	
VASP																																							
Total	361	405	284	254	195	337	325	142	190	216	309	528	254	112	966	260	252	96	142	112	125	344	832	494	226	198	167	235	443	384	220	528	478	858	387	591	468	357	312	669

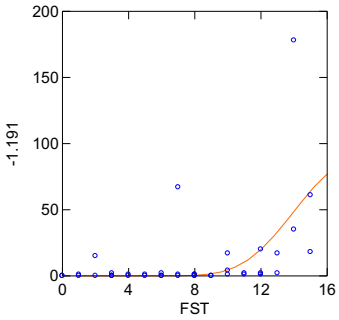
Annexe X : Caractéristiques hydrauliques et écologiques des principaux taxons rencontrés à Brégnier-Cordon. FST opt : FST optimum calculé à partir des paramètres b et c du modèle (cf Annexes V et XI). Les traits écologiques proviennent de l'ouvrage de Tachet et al. (2000).

Taxons	FST opt Print	FST opt Eté	FST opt Hiver	Courant	Mode d'alimentation	Type de nourriture	Répartition longitudinale	Répartition tranversale		Microhabitat		Degrè de trophie
								Chenal	Rives	Substrat grossier	Macrophytes Algues filamenteuses	
Ctfdrlì onkedhgqo, klftadr	17.8	22.2		Nul ou lent	Prédateur	macroinvretébrés vivants	Métarhithron à métapotamon	+	+++	++	+	Meso-eutrophe
Ctfdrlì slfqhnì	13	12.5										
Ctfdrlì roo-	18.4	12.5										
Onkedhdkr nlfq`, sdnt hr			nc	Nul à moyen	Prédateur	macroinvretébrés vivants	Epirhithron à Hyporhithron	+	++	++	++	Meso
Bnqslbt kẽ ekt l hnt`	4.5	nc	6.5	Nul ou lent	Filtreur	Plancton	Epipotamon à estuaire	+	++	- (sable)	-	Meso-eutrophe
Ons`l nosxftr `nslonc`qfl	nc	nc		Nul à moyen	Broyeur, racleur, brouteur	Débris végétaux	Epipotamon à estuaire	+	++	++	++	Meso-eutrophe
Sgdncnntr ekt uli`slkkr	24	24	(10.5)	Lent à fort	Racleur, brouteur	Débris végétaux > 1 mm, microphytes	Hyporhithron à estuaire	+	++	+++	+	Oligo-meso
@nbxskr ekt uli`slkkr	24	(13)		Nul à fort, **moyen/fort**	Racleur, brouteur	Microphytes vivants	**Rhithron** potamon	++	++	+++	+	Oligo-meso
F`l l `qfr enrr`qfl	nc	nc	4.1	Nul à fort, mais surtout lent/moyen	Broyeur	Débris végétaux > 1 mm	Ubiquiste	++	++	+++	++	Oligo-meso
F`l l `qfr otkdw	2.1											
F`l l `qfr roo-sns`k	14.9	6.7	4.1									
Dlk hr roo- kẽqudr	24	11.6	(11.6)	Lent à fort	Racleur, brouteur	Microphytes vivants	Rhithron	++	++	++	++	Oligo-meso
Drnkr roo-kẽqudr	13.3	14.5	(12)	Lent à moyen (fort)	Racleur, brouteur	Microphytes vivants	Rhithron	++	++	+	+	Oligo-meso
Klt nkr roo-kẽqudr	24	15.8	(11.5)	Lent à fort	Racleur, brouteur	Microphytes vivants	Rhithron	++	++	++	++	Oligo-meso
Bglqnmnl hnh	nc	nc	4.7	**nul** à lent	varié (mangeurs de sed fins)	Petits débris	Epipotamon à estuaire	+	+++	+++	+++	Meso-eutrophe
Gdl dqnc qnl hnì d	(5)	10.5	12.1	Lent à **fort**	Prédateur	Macroinvertébrés vivants	Crénon à Hyporhithron	+	++	++	++	Meso
Nqgnbkẽc hnì d	24	11.6	10.2	Ubiquiste	Racleur, brouteur	Micrphytes	Ubiquiste	-	++	++	++	Oligo-meso
Rlk tkkr `dr	13.9	nc	(10.7)	moyen à fort	Filtreur	Petits débris	Ubiquiste	+++	+	++	++	Meso
S`nsxnc hnì d	nc			moyen à fort	Prédateur	Invertébrés vivants (macro et micro)	Ubiquiste	-	++	+	++	Meso-eutrophe
S`nss`qhnh	nc	nc	12.9	Nul à moyen	Mangeur débris fins, broyeur, racleur, brouteur	Petis débris, microphytes	Ubiquiste	-	++	++	++	Oligo-meso
A`dshr etrb`str	24	10.7		Lent à fort	Racleur, brouteur	Débris, microphytes vivants	Crénon à métapotamon	++	++	+++	+++	Ubiquiste
A`dshr ksgdqh	24											
A`dshr qgnc`nh	24		(13.6)									
A`dshr roo-Sns`k	24	12	10.4									
Ons`l `ngtr kstdtr	0	24	12.11	Nul à moyen, parfois fort	Broyeur	Débris	Epipotamon et métapotamon	+	++	++	-	Meso-eutrophe
Qghgqnfdnì rdl hnkaq`s`			nc	Moyen/fort	Racleur, brouteur	Microphytes vivants	Crénon à épipotamon	++	+	+++	-	**Oligo**-meso
Rdqj`sdkẽ lfnkr	24			Lent ou moyen	Broyeur, racleur, brouteur	Micro- et macrophytes vivants	Epirhithron à épipotamon	++	++	++	+++	Oligo-meso
Kdt bsq` roo-	12.3			Lent à fort	Broyeur	Micro- et macrophytes vivants	Crénon à épipotamon	+++	++	+++	+++	**Oligo**-meso
@sghornc dr `kahqnmr	(4)			Lent	Broyeur	Macrophytes vivants	métarhithron à **métapotamon**	-	++	+++	+	Meso
Fkrrrnrnl ` ankanrh	nc			Lent/moyen	Racleur, brouteur	Microphytes vivants	Rhithron	++	+	+++	-	Oligo
Fkrrrnrnl ` ro-	nc											
Gxc qnorxbgd bnnst adqnì kr	8.7	12.8		Moyen (lent à fort)	Filtreur	Débris, microphytes vivants	Crénon à métapotamon	+++	++	+++	++	**Meso-**eutrophe
Gxc qnorxbgd rlk`kẽh	24											
Gxc qnorxbgd roo-Itu	24											
Gxc qnorxbgd ro-sns	24	12.3										
Gxc qnoskẽ roo-	(24)	nc		Lent/moyen	Perceur (algivore)	Macrophytes vivants	Crénon à métapotamon	++	++	++	+++	Oligo-**meso**
Orxbgnl xkì ot rlkkẽ	24	13	(12.3)	Lent/moyen	Racleur, brouteur/filteur	Microphytes vivants	Crénon à estuaire	++	++	+++	++	Meso
Qgx`bnoghkẽ r-rsqhbsn roo-	24			Moyen/fort	Prédateur	Macroinvertébrés vivants	Crénon à hyporhithron	++	+	+++	(+)	**Oligo-**meso

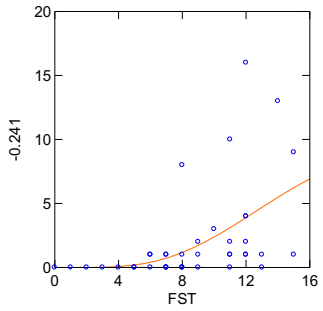
Annexe XI : Courbes de préférences des taxons dominants du RCC de Brégnier-Cordon. (La description du modèle non linéaire utilisé est donnée en Annexe V).

Dugesia polychroa-lugubris

Brégnier-Cordon 1
n=451
a = 0.000, b = 21.250, c = -1.191
r² = 0.371

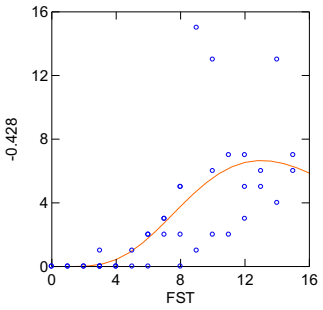


Brégnier-Cordon 2
n=85
a = 0.000, b = 5.347, c = -0.241
r² = 0.430

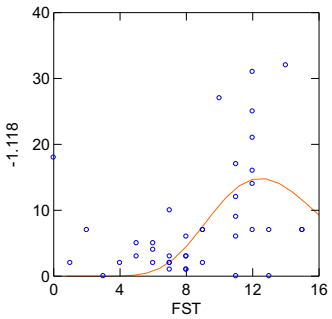


Dugesia tigrina

Brégnier-Cordon 1
n=128
a = 0.000, b = 5.571, c = -0.428
r² = 0.697

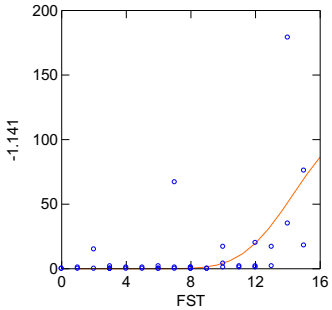


Brégnier-Cordon 2
n=334
a = 0.000, b = 13.945, c = -1.118
r² = 0.610

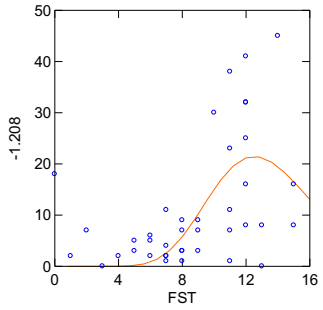


Dugesia spp.

Brégnier-Cordon 1
n=591
a = 0.000, b = 20.983, c = -1.141
r² = 0.398

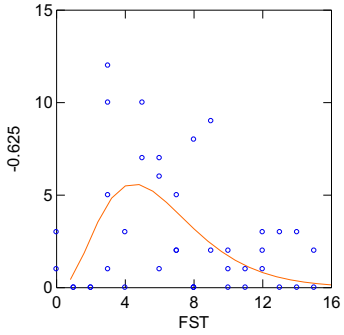


Brégnier-Cordon 2
n=426
a = 0.000, b = 15.127, c = -1.208
r² = 0.640

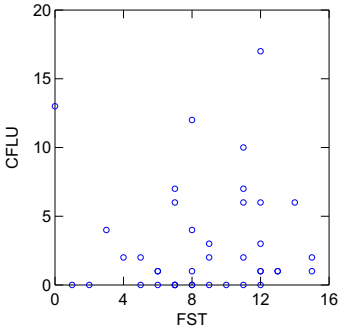


Corbicula fluminea

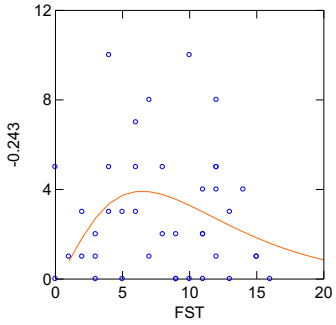
Brégnier-Cordon 1
n=112
a = 1.354, b = 2.814, c = -0.625,
r² = 0.548



Brégnier-Cordon 2
Problème de convergence
n=122

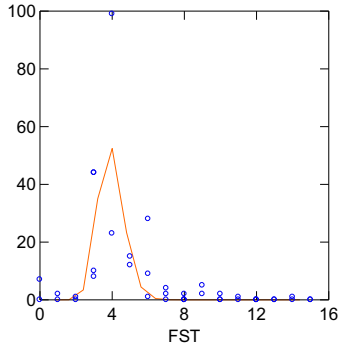


Brégnier-Cordon 3
n=117
a = 1.015, b = 1.567, c = -0.243,
r² = 0.546

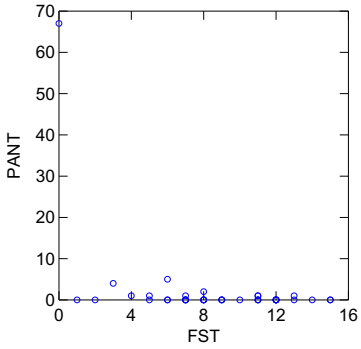


Potamopyrgus antipodarum

Brégnier-Cordon 1
Problème de convergence
n=322

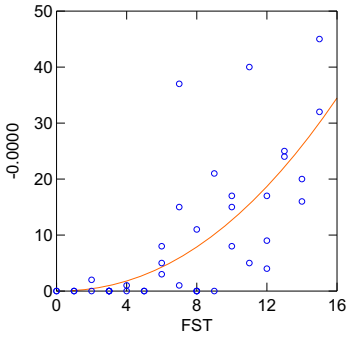


Brégnier-Cordon 2
Problème de convergence
n=84

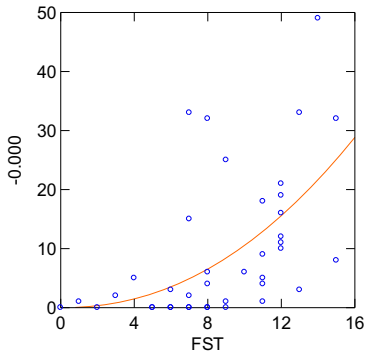


Theodoxus fluviatilis

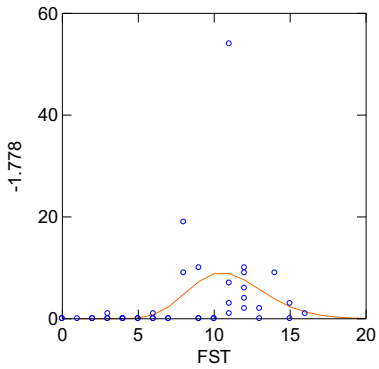
Brégnier-Cordon 1
n=381
a = 0.0936, b = 2.1314, c = -0.000,
r² = 0.695



Brégnier-Cordon 2
n=386
a = 0.076, b = 2.141, c = -0.000,
r² = 0.568



Brégnier-Cordon 3
n=151
a = 0.000, b = 18.662, c = -1.778,
r² = 0.280

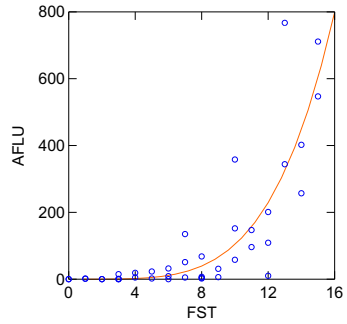


Ancylus fluviatilis

Brégnier-Cordon 1

n=4580

a = 0.005, b = 4.344, c = 0.000, **r² = 0.796**



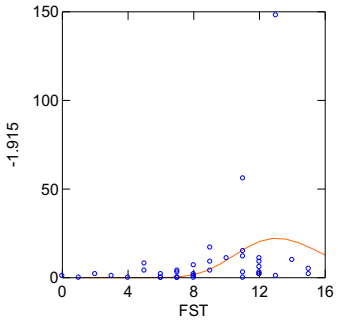
Brégnier-Cordon 2

Problème de convergence

n=362

a = 0.000, b = 25.004, c = -1.915

r² = 0.193

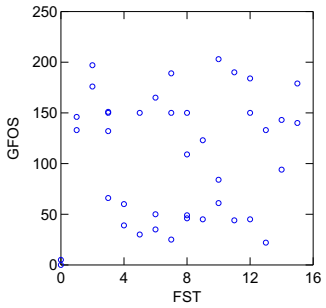


Gammarus fossarum

Brégnier-Cordon 1

n=4243

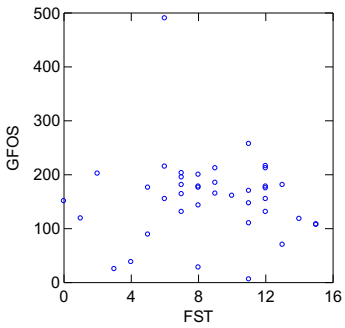
Problème de convergence



Brégnier-Cordon 2

n=6323

Problème de convergence

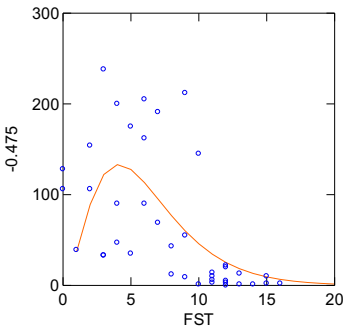


Brégnier-Cordon 3

n=2690

a = 59.873, b = 1.946, c = -0.475,

r² = 0.608



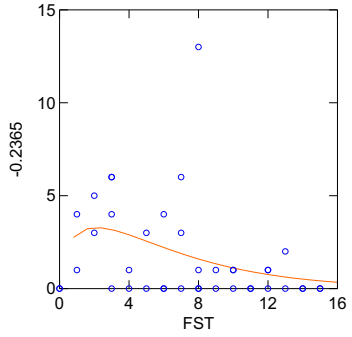
Gammarus pulex

Brégnier-Cordon 1

n=70

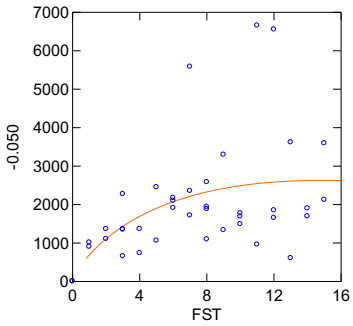
a = 3.7191, b = 0.5017, c = -0.2365,

r² = 0.403

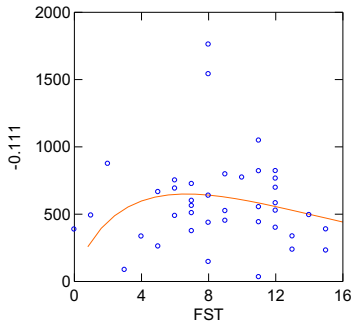


Gammarus spp. tot

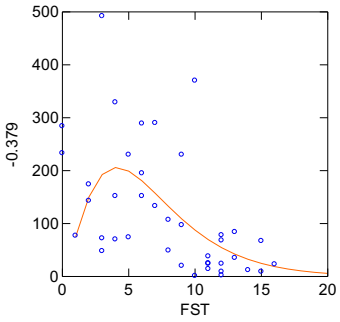
Brégnier-Cordon 1
n=79946
a = 734.956, b = 0.746, c = -0.050,
r² = 0.732



Brégnier-Cordon 2
n=23205
a = 333.009, b = 0.743, c = -0.111,
r² = 0.758

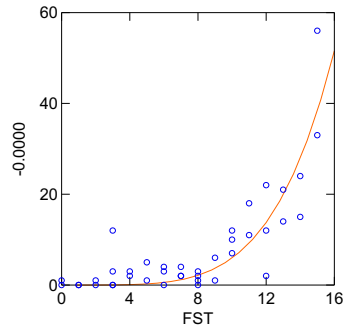


Brégnier-Cordon 3
n=4822
a = 109.672, b = 1.547, c = -0.379,
r² = 0.572

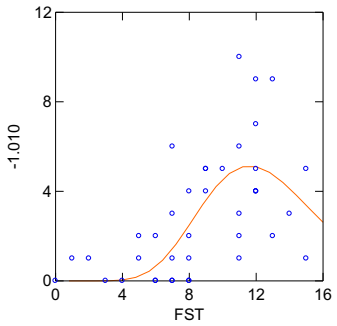


Elmis spp. Larves

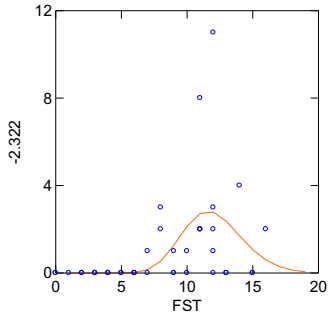
Brégnier-Cordon 1
n=313
a = 0, b = 4.592, c = -0.125.10^{-8},
r² = 0.845



Brégnier-Cordon 2
n=118
a = 0.000, b = 11.717, c = -1.010,
r² = 0.735

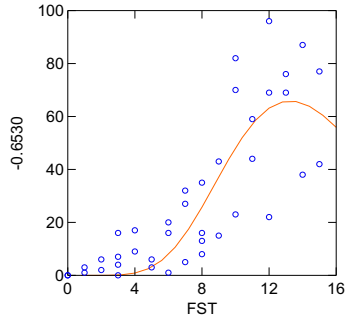


Brégnier-Cordon 3
Problème de convergence
n=45
a = 0.000, b = 26.924, c = -2.322,
r² = 0.381

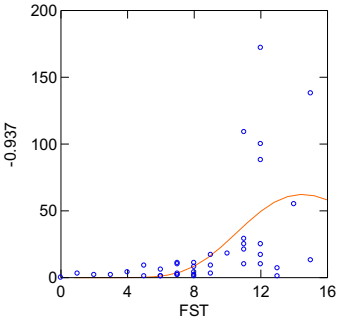


Esolus spp. Larves

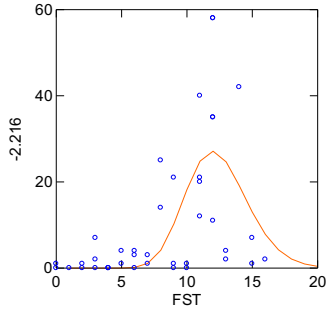
Brégnier-Cordon 1
n=362
a = 0.0001, b = 8.6549, c = -0.6530,
r² = 0.852



Brégnier-Cordon 2
n=362
a = 0.000, b = 13.567, c = -0.937,
r² = 0.496

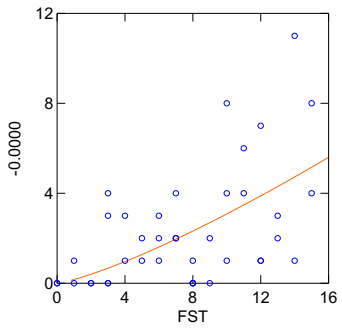


Brégnier-Cordon 3
Problème de convergence
n=362
a = 0.000, b = 26.488, c = -2.216,
r² = 0.385

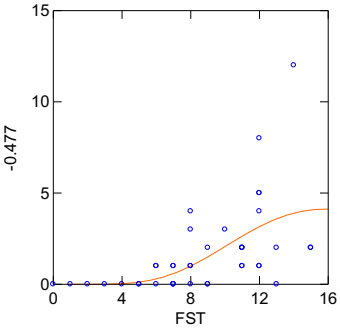


Limnius spp. Larves

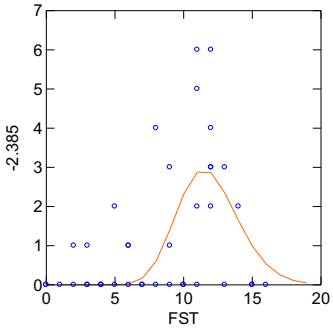
Brégnier-Cordon 1
n=93
a = 0.166, b = 1.270, c = -0.12.10^{-7},
r² = 0.612



Brégnier-Cordon 2
n=68
a = 0.000, b = 7.558, c = -0.477,
r² = 0.542

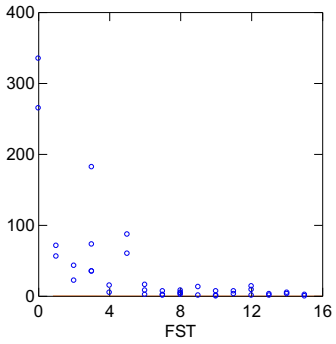


Brégnier-Cordon 3 :
Problème de convergence
n=50
a = 0.000, b = 27.331, c = -2.385,
r² = 0.422

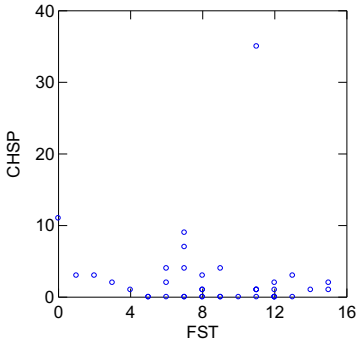


Chironomini spp.

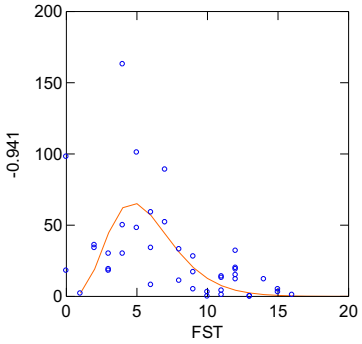
Brégnier-Cordon 1
n=1409
ne convergence pas



Brégnier-Cordon 2
n=103
ne convergence pas

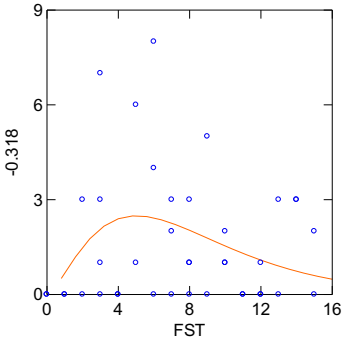


Brégnier-Cordon 3
n=1137
a = 5.887, b = 4.416, c = -0.941
r² = 0.575

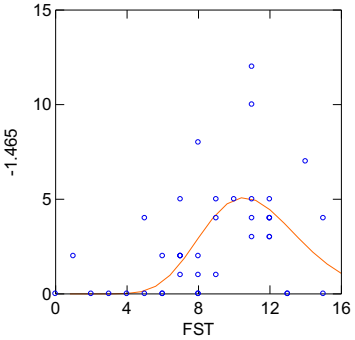


Hemerodromiinae spp.

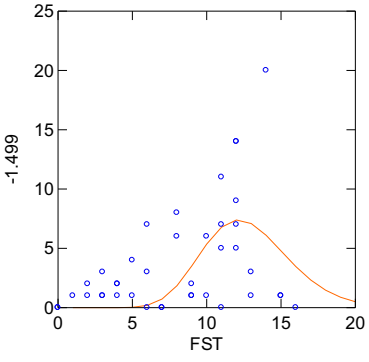
Brégnier-Cordon 1
n=64
a = 0.936, b = 1.596, c = -0.318,
r² = 0.440



Brégnier-Cordon 2
n=114
a = 0.000, b = 15.447 , c = -1.465,
r² = 0.647

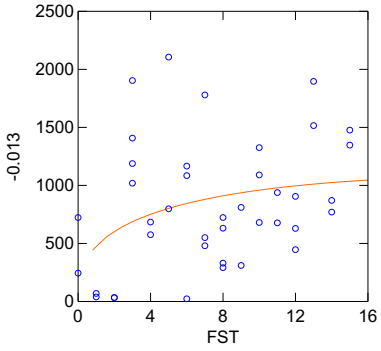


Brégnier-Cordon 3
n=152
a = 0.000, b = 18.203, c = -1.499,
r² = 0.544

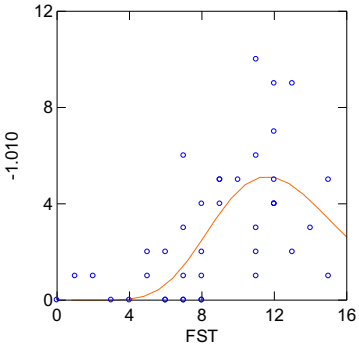


Orthocladiinae spp.

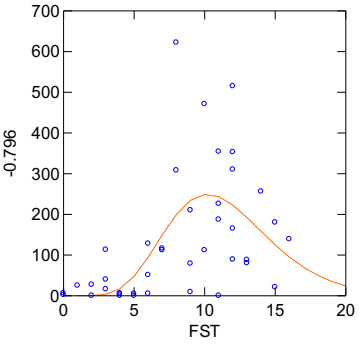
Brégnier-Cordon 1
n=33561
a = 484.996, b = 0.354, c = -0.013
r² = 0.724



Brégnier-Cordon 2
n=2006
a = 0.000, b = 11.717, c = -1.010
r² = 0.735

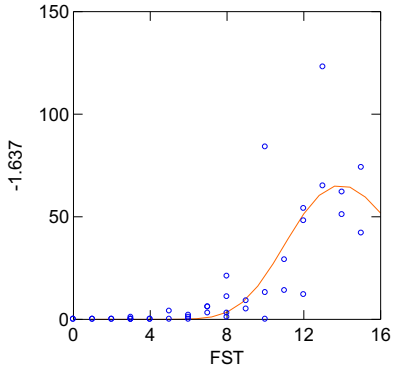


Brégnier-Cordon 3
n=5430
a = 0.005, b = 8.121, c = -0.796
r² = 0.632

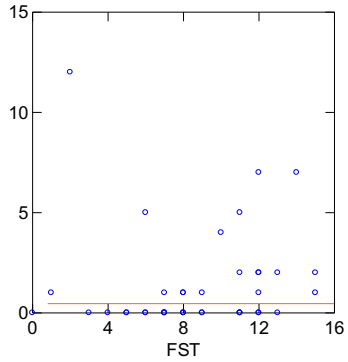


Simuliidae spp.

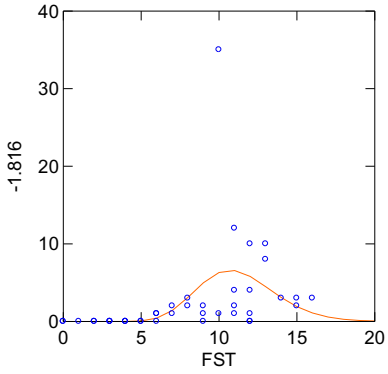
Brégnier-Cordon 1
n=744
a = 0.000, b = 22.781, c = -1.637
r² = 0.757



Brégnier-Cordon 2
n=57
ne converge pas

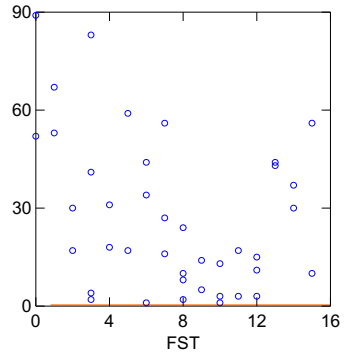


Brégnier-Cordon 3
n=112
a = 0.000, b = 19.452, c = -1.816,
r² = 0.334

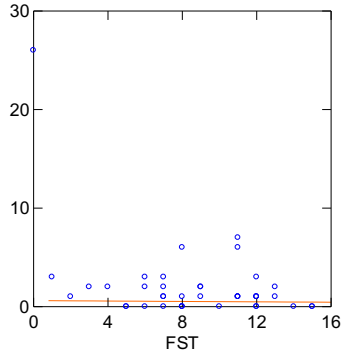


Tanytarsini spp.

Brégnier-Cordon 1
n=1090
Problème de convergence

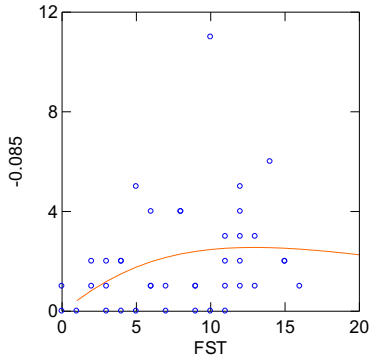


Brégnier-Cordon 2
n=83
ne converge pas



Brégnier-Cordon 3
n=80

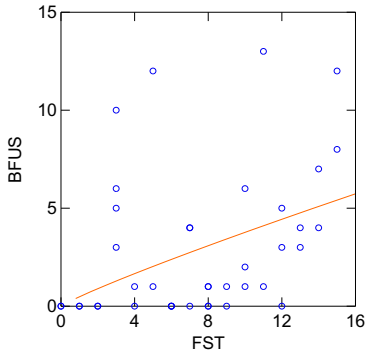
a = 0.465, b = 1.095, c = -0.085
r^2 = 0.518



Baetis fuscatus

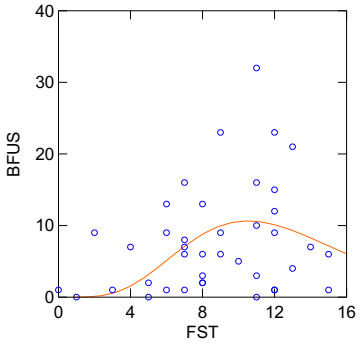
Brégnier-Cordon 1

n=118
a = 0.482, b = 0.894, c = $-0.120.10^{-7}$
r^2 = 0.464



Brégnier-Cordon 2

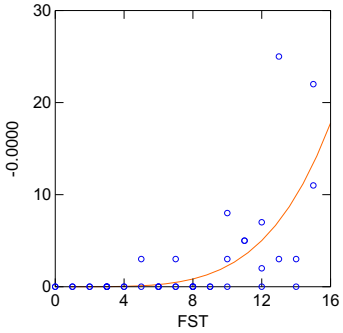
n=309
a = 0.0057, b = 5.663, c = -0.5293
r^2 = 0.581



Baetis lutheri

Brégnier-Cordon 1

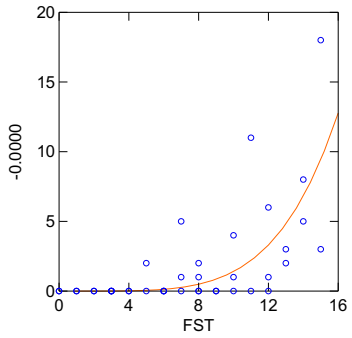
n=99
a = 0.001, b = 4.402, c = $-0.112.10^{-7}$
r^2 = 0.5386



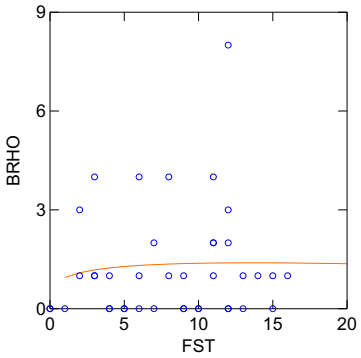
Baetis rhodani

Brégnier-Cordon 1

n=73
a = $0.28.10^{-4}$, b = 4.70, c = $-0.11.10^{-7}$
r^2 = 0.571



a = 0.9643, b = 0.2292, c = -0.0169
r² = 0.3805



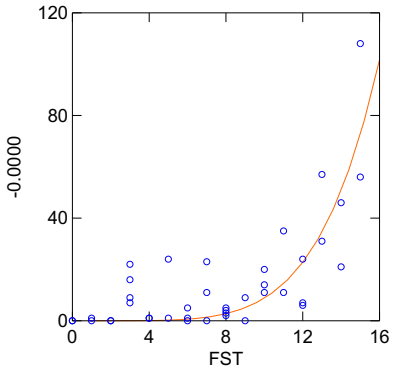
Brégnier-Cordon 3

n=51

Baetis spp. Tot

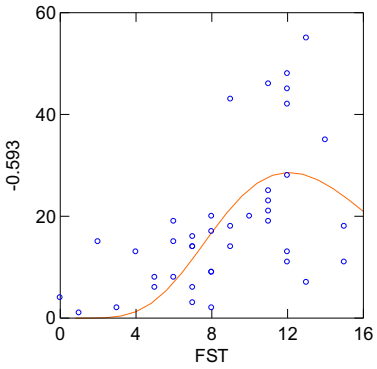
Brégnier-Cordon 1

n=591
a = 0.001, b = 5.203, c = -0.511.10^{-9}
r² = 0.769



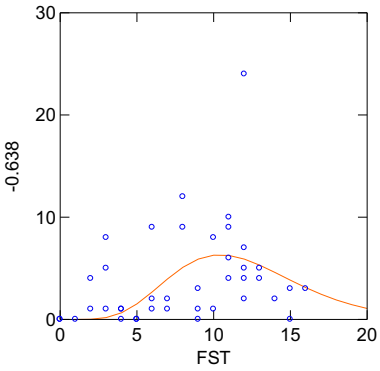
Brégnier-Cordon 2

n=743
a = 0.001, b = 7.156, c = -0.593
r² = 0.768



Brégnier-Cordon 3

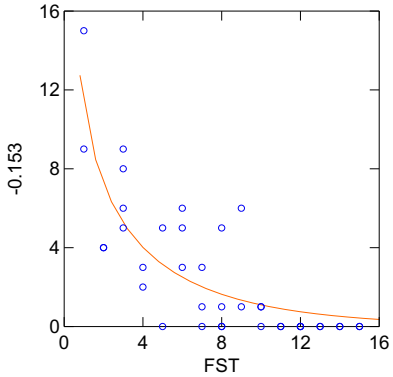
n=158
a = 0.001, b = 6.653, c = -0.638
r² = 0.507



Potamenthus luteus

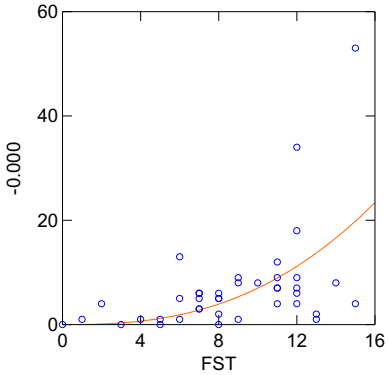
Brégnier-Cordon 1

n=106
a = 13.126, b = -0.414, c = -0.153
r² = 0.793



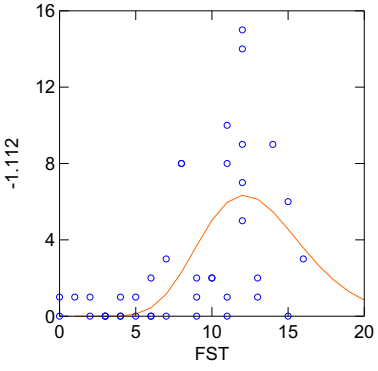
Brégnier-Cordon 2

n=278
a = 0.019, b = 2.574, c = -0.000
r² = 0.515



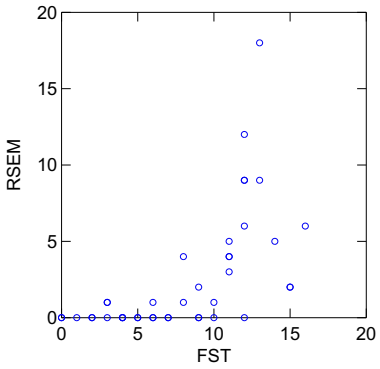
Brégnier-Cordon 3

n=123
a = 0.000, b = 13.467, c = -1.112
r² = 0.591



Rhithrogena semicolorata

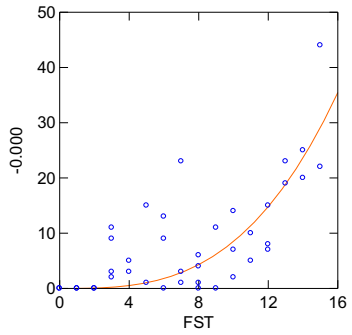
Problème de convergence



Brégnier-Cordon 3
n=105

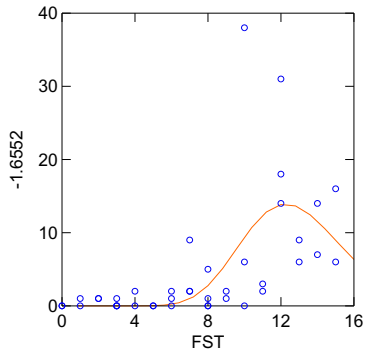
Serratella ignita

Brégnier-Cordon 1
n=341
a = 0.008, b = 3.037, c = 0.000
r² = 0.748



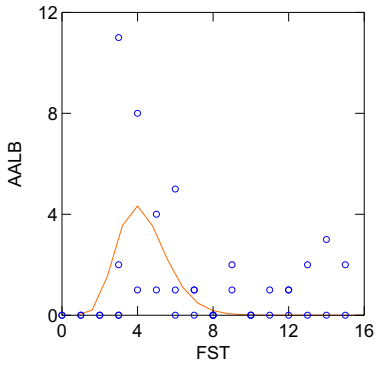
Leuctra sp.

Brégnier-Cordon 1
n=202
a = $0.72.10^{-12}$, b = 20.31, c = -1.65
r² = 0.541



Athripsodes albifrons

Brégnier-Cordon 1
n=48
a = 0.110, b = 9.875, c = -2.505
r² = 0.408

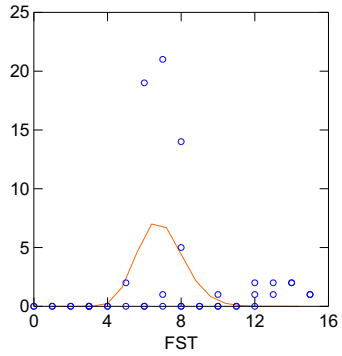

12
8
4
0
AALB
0
4
8
12
16
FST

Glossosoma boltoni

Brégnier-Cordon 1

n=75

Problème de convergence

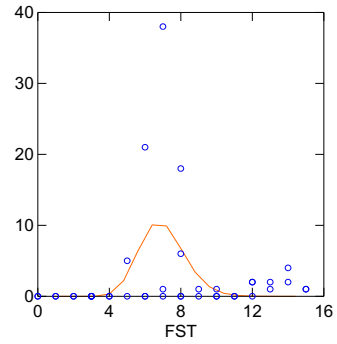


Glossosoma spp. tot

Brégnier-Cordon 1

n=106

Problème de convergence



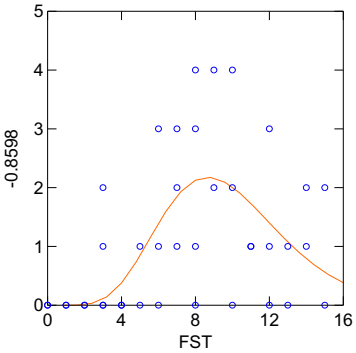
Hydropsyche contubernalis

Brégnier-Cordon 1

n=46

a = 0.0004, b = 7.4526, c = -0.8598

r^2 = 0.623

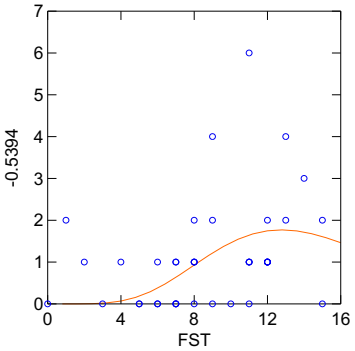


Brégnier-Cordon 2

n=45

a = $0.423.10^{-4}$, b = 6.883, c = -0.539

r^2 = 0.510



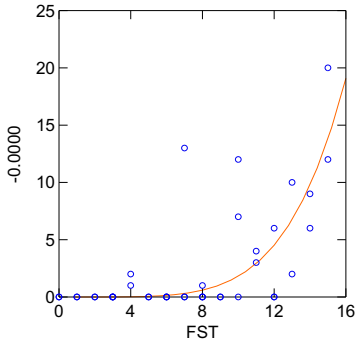
Hydropsyche siltalai

Brégnier-Cordon 1

n=-108

a = $0.18.10^{-4}$, b = 5.01, c = $-0.1.10^{-7}$

r^2 = 0.634



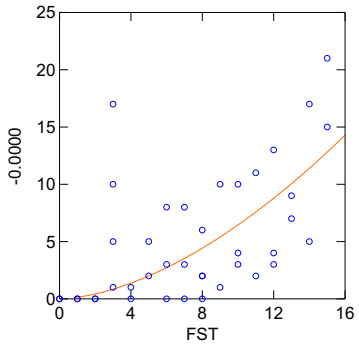
Hydropsyche spp. Juveniles

Brégnier-Cordon 1

n=208

a = 0.1309^{4}, b = 1.7, c = $-0.12.10^{-7}$

r^2 = 0.643



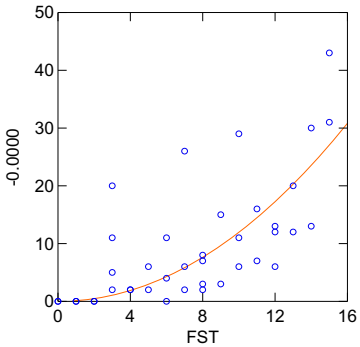
Hydropsyche spp. Tot

Brégnier-Cordon 1

n=386

a = 0.115, b = 2.016, c = $-0.12.10^{-7}$

r^2 = 0.728

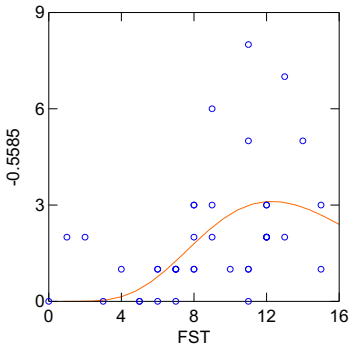


Brégnier-Cordon 2

n=85

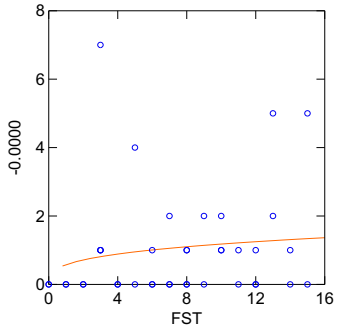
a = 0.00, b = 6.863, c = -0.559

r^2 = 0.644

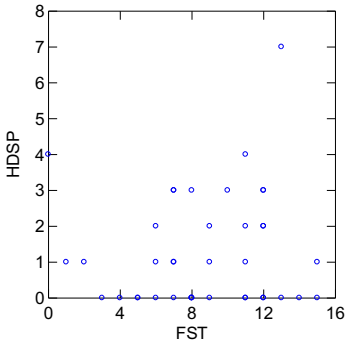


Hydroptila spp.

Brégnier-Cordon 1
n=40
a = 0.578, b = 0.311, c = -0.12.10^{-7}
r² = 0.308

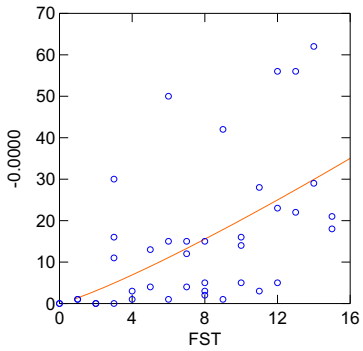


Brégnier-Cordon 2
n=51
Problème de convergence

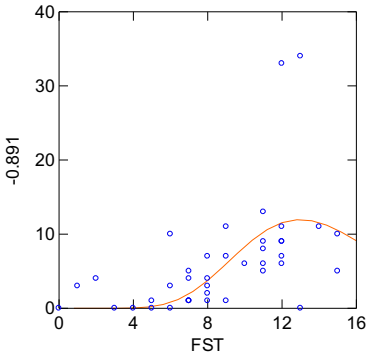


Psychomyia pusilla

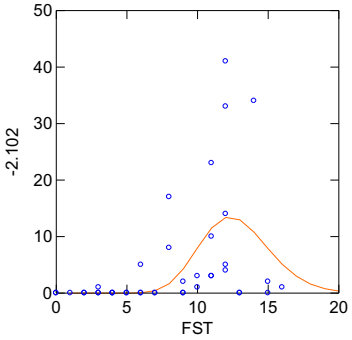
Brégnier-Cordon 1
n=603
a = 1.36, b = 1.172, c = -0.596.10^{-8}
r² = 0.601



Brégnier-Cordon 2
n=251
a = 0.000, b = 11.563, c = -0.891
r² = 0.606

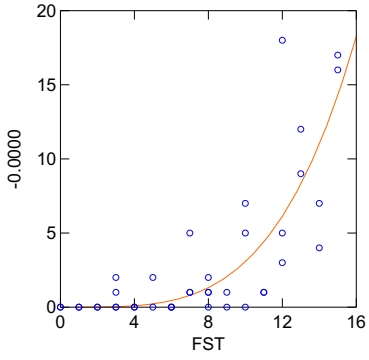


Brégnier-Cordon 3 :
Problème de convergence
n=210
a = 0.000, b = 25.865, c = -2.102
r² = 0.256



Rhyacophila s. *stricto* spp.

Brégnier-Cordon 1
n=64
a = 0.001, b = 3.797, c = -0.12.10^{-7}
r² = 0.751



Annexe XII: Abondances par taxon et par quadrat de prélèvement 50 x 50 cm).

			Lône	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	GRAN	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO	MOLO
			Site	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AM	AM	AM	AM	AM	AM
			Quadrat	2	3	4	2	3	4	1	2	4	1	2	4	1	2	3	1	2	4	1	2	4	2	3	4
			Année	04	04	04	05	05	05	04	04	04	05	05	05	04	04	04	05	05	05	04	04	04	05	05	05
			Saison	Juil	Juil	Juil	Avr	Avr	Avr	Juil	Juil	Juil	Avr	Avr	Avr	Juil	Juil	Juil	Avr	Avr	Avr	Juil	Juil	Juil	Avr	Avr	Avr
Turbellaria	**Turbellaria**	*Gen.sp.*																					1				2
Oligochaeta	**Oligochaeta**	**Oligochaeta**		17	26		10	16	21	2	9	1		3	12			2	9	13	18	5	11	3	10	48	1
Hirudinea	Erpobdellidae	Gen. sp.										1											4	5	2	1	2
Hirudinea	Glossiphoniidae	Gen. sp. (autres sp.)				1								1			1	1				1					1
Hirudinea	Glossiphoniidae	*Haementeria costata*																									
Hirudinea	Glossiphoniidae	*Helobdella stagnalis*								20	1	1	2												1		
Hirudinea	Glossiphoniidae	*Theromyzon tessulatum*										1															
Hirudinea	Piscicolidae	*Pisicola geometra*																									
Bivalvia	Sphaeriidae	*Musculium lacustre*												1	5	3						2	2	1			
Bivalvia	Sphaeriidae	*Pisidium sp.*					3			2	2		20	1		2						15	16	39	47	134	57
Bivalvia	Sphaeriidae	*Sphaerium corneum*																									
Bivalvia	Unionidae	*Unio tumidus*																									
Gasteropoda	Acroloxidae	*Acroloxus lacustris*																									
Gasteropoda	Bithyniidae	*Bithynia tentaculata*				2				27	9	35	3			1	1	4	1	4							
Gasteropoda	Hydrobiidae	*Potamopyrgus antipodarum*																									
Gasteropoda	Lymnaeidae	*Galba truncatula*																	1		9						
Gasteropoda	Lymnaeidae	*Lymnaea stagnalis*								1	2	1								1							
Gasteropoda	Lymnaeidae	*Radix auricularia*		4	1	2																					
Gasteropoda	Lymnaeidae	*Radix balthica*																									
Gasteropoda	Physidae	*Physa fontinalis*									1																
Gasteropoda	Physidae	*Physella heterostropha / acuta*			1	3											1	2	1								
Gasteropoda	Planorbidae	*Anisus vortex*									8													1			
Gasteropoda	Planorbidae	*Anisus vorticulus*																									
Gasteropoda	Planorbidae	*Ferrissia clessiniana*																									
Gasteropoda	Planorbidae	*Gyraulus albus*									5		1							1		1		7		1	
Gasteropoda	Planorbidae	*Gyraulus parvus*		70	5	20	1	5												1							
Gasteropoda	Planorbidae	*Hippeutis complanatus*						1		2		1	3									9		11	20	23	5
Gasteropoda	Planorbidae	*Planorbis carinatus*								2	5	1										54		416	1	7	
Gasteropoda	Valvatidae	*Valvata cristata*								2	11	3										50		30	219	134	37
Gasteropoda	Valvatidae	*Valvata piscinalis*								9		6		3								1		8	4	2	
Amphipoda	Crangonyctidae	*Crangonyx pseudogracilis*																				1					
Amphipoda	Gammaridae	*Gammarus sp.*									7									2	1		2				
Isopoda	Asellidae	*Asellus aquaticus*								3	17		7									134	143	109	70	60	41
Isopoda	Asellidae	*Proasellus sp.*																							1		
Hydrachnidia	**Hydrachnidia**	**Hydrachnidia**		5	22	11	9	3	22	3	1		4	1	3												
Odonata	Aeshnidae	*Anax sp.*				1																					
Odonata	Aeshnidae	*Aeshna sp.*																									
Odonata	Aeshnidae	*Gen. Sp.*									2																
Odonata	Coenagrionidae	Gen. sp.		9	9	13		2			30		3		1												
Odonata	Coenagrionidae	*Coenagrion puella / pulchellum*					1						5	30	2										1		
Odonata	Coenagrionidae	*Erythromma viridulum*											3	1													
Odonata	Coenagrionidae	*Ischnura elegans*											2														
Odonata	Corduliidae	*Cordulia aenea*																									
Odonata	Lestidae	*Lestes viridis*								3	2	2											3	1			
Odonata	Libellulidae	*Gen . Sp.*	1																								
Odonata	Libellulidae	*Crocothemis erythraea*																									
Odonata	Libellulidae	*Libellula depressa*					1																				1
Odonata	Libellulidae	*Orthetrum sp.*																						3			
Odonata	Libellulidae	*Sympetrum gr. striolatum*																									
Diptera	Ceratopogonidae	Gen. sp.						43			5	1	7	39	3	9	4	4	4	83	9		1	4	11	16	1
Diptera	Chaoboridae	*Chaoborus sp.*				1				5	12	1		32		2	1						1				15
Diptera	Chironomidae	Gen. sp.		78	20	23	7	19	14	4	14	7	###	686	109	114	81	121	8	4	3	11	38	128	1	3	2
Diptera	Culicidae	Gen. sp.		1	1			1			5					1	2	6	7			3	11	13	1		
Diptera	Dolichopodidae	Gen. sp.																			1						
Diptera	Ephydridae	Gen. sp.				1			1												1						
Diptera	Muscidae	Gen. sp.					1	1					4											6	2	1	
Diptera	Limoniidae	Gen. sp.							2		2										1						
Diptera	Psychodidae	Gen. sp.																									
Diptera	Scatophagidae	Gen. sp.						2																			
Diptera	Sciomyzidae	Gen. sp.																									
Diptera	Stratiomyidae	Gen. sp.		1								3							1		2			1	2	1	1
Diptera	Tabanidae	Gen. sp.																	3			1	1				
Diptera	Tipulidae	Gen. sp.																									
Lepidoptera	Crambidae	*Cataclysta lemnata*									4					2		1									
Lepidoptera	Crambidae	*Parapoynx stratiotata*																									
Heteroptera	Corixidae	Corixinae Gen. sp.									2	1															
Heteroptera	Corixidae	*Micronecta sp.*																									
Heteroptera	Gerridae	*Gerris sp.*																									
Heteroptera	Hydrometridae	*Hydrometra sp.*																					1	1			
Heteroptera	Naucoridae	*Ilyocoris cimicoides*																									
Heteroptera	Nepidae	*Nepa sp.*									1											3		4	3		
Heteroptera	Nepidae	*Ranatra linearis*																									
Heteroptera	Pleidae	*Plea leachi*																									
Heteroptera	Velidae	*Microvellia sp.*																									
Ephemeroptera	Baetidae	*Cloëon dipterum*		5	5	9			1	46	87	20	15	2	1	2		1				35	49	37			
Ephemeroptera	Caenidae	*Caenis horaria*											2														
Ephemeroptera	Caenidae	*Caenis robusta*												1													
Ephemeroptera	Potamanthidae	*Potamanthus luteus*							1																		
Megaloptera	Sialidae	*Sialis cf. lutaria*													1			1				8	1				
Trichoptera	Hydroptilidae	*Orthotrichia sp.*																									
Trichoptera	Leptoceridae	*Athripsodes aterrismus*											2	24	5												
Trichoptera	Leptoceridae	*Leptocerus cf tineiformis*																									
Trichoptera	Limnephilidae	*Glyphotaelius pellucidus*																									
Trichoptera	Limnephilidae	*Limnephilus germanus / lunatus*																									
Trichoptera	Limnephilidae	*Limnephilus rhombicus*																									
Trichoptera	Limnephilidae	*Limnephilus stigma*																									
Trichoptera	Phryganeidae	*Phryganea grandis / bipunctata*																									
Coleoptera (adulte)	Dytiscidae	*Hydroglyphus geminus*									1																
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Hydroporus*																								4	
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Hygrotus*																									
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Hyphydrus*									4	2										18	44	57	1	1	
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Ilybius*									3					1						1	6	2			
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Laccophilus*							1		5	1						1				3	3				
Coleoptera (adulte)	Gyrinidae	*Gyrinus substriatus*								1		2															
Coleoptera (adulte)	Haliplidae	*Haliplus lineatocollis*																									2
Coleoptera (adulte)	Haliplidae	*Haliplus heydeni*																							1		
Coleoptera (adulte)	Haliplidae	*Haliplus ruficollis*																									
Coleoptera (adulte)	Haliplidae	*Haliplus sp. gr. ruficollis (flu, ruf, heyd) (f)*									1		1									1					
Coleoptera (larve)	Haliplidae	*Haliplus*								2		3	2		1							5	17	169		1	
Coleoptera (adulte)	Hydraenidae	*Hydraena sp. gr. (riparia / assimilis)*									1																
Coleoptera (adulte)	Hydraenidae	*Ochthebius minimus*																									
Coleoptera (adulte)	Hydrophilidae	*Hydrobius fuscipes*																									
Coleoptera (larve)	Dytiscidae	*Hydaticus*																						1			
Coleoptera (larve)	Dytiscidae	*Rhantus*																									
Coleoptera (larve)	Elmidae	*Esolus*																				1					
Coleoptera (larve)	Hydrophilidae	*Helochares*																						1			
Coleoptera (larve)	Hydrophilidae	*Hydrochara*																									

			Lône	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI	PLAI	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT	PONT
			Site	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM
			Quadrat	1	3	4	1	2	3	2	3	4	1	2	3	1	3	4	1	3	4	2	3	4	1	2	4	
			Année	04	04	04	05	05	05	04	04	04	05	05	05	04	04	04	05	05	05	04	04	04	05	05	05	
			Saison	Juil	Juil	Juil	Avr	Avr	Avr	Juil	Juil	Juil	Avr	Avr	Avr	Juil	Juil	Juil	Avr	Avr	Avr	Juil	Juil	Juil	Avr	Avr	Avr	
Turbellaria	**Turbellaria**	*Gen.sp.*												1													1	
Oligochaeta	**Oligochaeta**	**Oligochaeta**	3		4		24	3			42	70	5	20	7	6	4	4		3	8	31	9		9	29	
Hirudinea	Erpobdellidae	Gen. sp.							6	24	21	7	7	2									2				
Hirudinea	Glossiphoniidae	Gen. sp. (autres sp.)										2		5	1		2			1			6	1	2		
Hirudinea	Glossiphoniidae	*Haementeria costata*																						1			
Hirudinea	Glossiphoniidae	*Helobdella stagnalis*							3	10	1	1		1			1					1					
Hirudinea	Glossiphoniidae	*Theromyzon tessulatum*																									
Hirudinea	Piscicolidae	*Pisicola geometra*																					1				
Bivalvia	Sphaeriidae	*Musculium lacustre*	1			14		1	1	1	1	7		14					13	26	11		2		2		
Bivalvia	Sphaeriidae	*Pisidium sp.*	1	1		7	1	5				1	3	32	99	70	88	8	7	10	1		6	8			
Bivalvia	Sphaeriidae	*Sphaerium corneum*															1										
Bivalvia	Unionidae	*Unio tumidus*														1											
Gasteropoda	Acroloxidae	*Acroloxus lacustris*		1	1																						
Gasteropoda	Bithyniidae	*Bithynia tentaculata*	4	9	1	2	8		6	30	6	17	27	10	5	1	8	4	6	5	2		30	6	8		
Gasteropoda	Hydrobiidae	*Potamopyrgus antipodarum*													1												
Gasteropoda	Lymnaeidae	*Galba truncatula*						1											2								
Gasteropoda	Lymnaeidae	*Lymnaea stagnalis*																					6	1	1		
Gasteropoda	Lymnaeidae	*Radix auricularia*	7																	2							
Gasteropoda	Lymnaeidae	*Radix balthica*																					1				
Gasteropoda	Physidae	*Physa fontinalis*																									
Gasteropoda	Physidae	*Physella heterostropha / acuta*	21	23	12	6	8	1							13	5	5	1	3	1	1		24	1			
Gasteropoda	Planorbidae	*Anisus vortex*																									
Gasteropoda	Planorbidae	*Anisus vorticulus*					1					4	6	1													
Gasteropoda	Planorbidae	*Ferrissia clessiniana*	1	1		1																					
Gasteropoda	Planorbidae	*Gyraulus albus*			3		2		1		1	3			1	1		3	5	1			16	6	12		
Gasteropoda	Planorbidae	*Gyraulus parvus*	162	7		48	48	10							14	2	3	61	45	37	1				12		
Gasteropoda	Planorbidae	*Hippeutis complanatus*	11	2		4			2	10		37	3	23	1					1	1	2	16	2	14	10	
Gasteropoda	Planorbidae	*Planorbis carinatus*		15						1															1		
Gasteropoda	Valvatidae	*Valvata cristata*	1	1					5	3	12	36	8	17		9							8	2	6	4	
Gasteropoda	Valvatidae	*Valvata piscinalis*													14		8	4		5				1	1		
Amphipoda	Crangonyctidae	*Crangonyx pseudogracilis*																									
Amphipoda	Gammaridae	*Gammarus sp.*																10	10								
Isopoda	Asellidae	*Asellus aquaticus*	1						144	193	160	21	34	18					1				1		1		
Isopoda	Asellidae	*Proasellus sp.*																									
Hydrachnidia	**Hydrachnidia**	**Hydrachnidia**	14	5	23	3	4	7	2	1			4		4	3	2	2	2	4	2	1	13	9	13	1	
Odonata	Aeshnidae	*Anax sp.*																									
Odonata	Aeshnidae	*Aeshna sp.*		1																							
Odonata	Aeshnidae	*Gen. Sp.*																					1				
Odonata	Coenagrionidae	Gen. sp.	1	1																			26		1		
Odonata	Coenagrionidae	*Coenagrion puella / pulchellum*				5	3					1	2	3				1	2					3	22	2	
Odonata	Coenagrionidae	*Erythromma viridulum*				4		1												1					1		
Odonata	Coenagrionidae	*Ischnura elegans*				2																					
Odonata	Corduliidae	*Cordulia aenea*	1			1							1														
Odonata	Lestidae	*Lestes viridis*																					7				
Odonata	Libellulidae	*Gen . Sp.*																									
Odonata	Libellulidae	*Crocothemis erythraea*					1																				
Odonata	Libellulidae	*Libellula depressa*																									
Odonata	Libellulidae	*Orthetrum sp.*		1		2		1																			
Odonata	Libellulidae	*Sympetrum gr. striolatum*						1															1				
Diptera	Ceratopogonidae	Gen. sp.				97	89	82		1		39	17	6	14	11	4	45	14	123	1	20	1	71	8	37	
Diptera	Chaoboridae	*Chaoborus sp.*												2							1	12	3		2		
Diptera	Chironomidae	Gen. sp.	13	15	36	154	106	17		3	2	25	6	5	300	274	103	38	54	116	44	326	19	9	114	102	
Diptera	Culicidae	Gen. sp.					5		2	3													9				
Diptera	Dolichopodidae	Gen. sp.																1									
Diptera	Ephydridae	Gen. sp.																									
Diptera	Muscidae	Gen. sp.													1												
Diptera	Limoniidae	Gen. sp.																									
Diptera	Psychodidae	Gen. sp.																	1								
Diptera	Scatophagidae	Gen. sp.																									
Diptera	Sciomyzidae	Gen. sp.													1								1				
Diptera	Stratiomyidae	Gen. sp.					1																				
Diptera	Tabanidae	Gen. sp.					1			1	1				7	1		5	2	1							
Diptera	Tipulidae	Gen. sp.							8	2	1																
Lepidoptera	Crambidae	*Cataclysta lemnata*																			1						
Lepidoptera	Crambidae	*Parapoynx stratiotata*		2																							
Heteroptera	Corixidae	Corixinae Gen. sp.					1			3					1		1				1	2					
Heteroptera	Corixidae	*Micronecta sp.*				8	2								2	1	1	1					1				
Heteroptera	Gerridae	*Gerris sp.*							1														4				
Heteroptera	Hydrometridae	*Hydrometra sp.*							1												1						
Heteroptera	Naucoridae	*Ilyocoris cimicoides*						1															2				
Heteroptera	Nepidae	*Nepa sp.*																									
Heteroptera	Nepidae	*Ranatra linearis*																					1				
Heteroptera	Pleidae	*Plea leachi*					1	1																			
Heteroptera	Velidae	*Microvellia sp.*																			2	1	1				
Ephemeroptera	Baetidae	*Cloëon dipterum*	8	1	1	4	20	5	144	26	7	2	4	3	2			4	22	1	4	7	104	1	3		
Ephemeroptera	Caenidae	*Caenis horaria*																									
Ephemeroptera	Caenidae	*Caenis robusta*	32	1	6	134	76	18																	1		
Ephemeroptera	Potamanthidae	*Potamanthus luteus*																									
Megaloptera	Sialidae	*Sialis cf. lutaria*		4						1					14	16	19						1				
Trichoptera	Hydroptilidae	*Orthotrichia sp.*	1																								
Trichoptera	Leptoceridae	*Athripsodes aterrismus*																									
Trichoptera	Leptoceridae	*Leptocerus cf tineiformis*	1		2	29	9	27												1					2		
Trichoptera	Limnephilidae	*Glyphotaelius pellucidus*					1					2													4		
Trichoptera	Limnephilidae	*Limnephilus germanus / lunatus*																	2								
Trichoptera	Limnephilidae	*Limnephilus rhombicus*																						1			
Trichoptera	Limnephilidae	*Limnephilus stigma*																							1		
Trichoptera	Phryganeidae	*Phryganea grandis / bipunctata*			1																						
Coleoptera (adulte)	Dytiscidae	*Hydroglyphus geminus*																									
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Hydroporus*								1	1	1	4						1				1		2	1	
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Hygrotus*							16	13	8																
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Hyphydrus*							5	3													6				
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Ilybius*								1													2				
Coleoptera (larve+adultes)	Dytiscidae	*Laccophilus*													5	5	2	1			1		6	1			
Coleoptera (adulte)	Gyrinidae	*Gyrinus substriatus*																									
Coleoptera (adulte)	Haliplidae	*Haliplus lineatocollis*																									
Coleoptera (adulte)	Haliplidae	*Haliplus heydeni*								1																	
Coleoptera (adulte)	Haliplidae	*Haliplus ruficollis*					1		6	1	1	1											5				
Coleoptera (adulte)	Haliplidae	*Haliplus sp. gr. ruficollis (flu, ruf, heyd) (f)*					1		10	4	3	2	1	2									2				
Coleoptera (larve)	Haliplidae	*Haliplus*	2			2	5	6	14	8	1		2		3	1	2	4		2			4	2			
Coleoptera (adulte)	Hydraenidae	*Hydraena sp. gr. (riparia / assimilis)*							4																		
Coleoptera (adulte)	Hydraenidae	*Ochthebius minimus*																					4				
Coleoptera (adulte)	Hydrophilidae	*Hydrobius fuscipes*									1																
Coleoptera (larve)	Dytiscidae	*Hydaticus*																									
Coleoptera (larve)	Dytiscidae	*Rhantus*																	1								
Coleoptera (larve)	Elmidae	*Esolus*																									
Coleoptera (larve)	Hydrophilidae	*Helochares*							1	1													3				
Coleoptera (larve)	Hydrophilidae	*Hydrochara*									1																

Annexe XIII : Physico-chimie des lônes : données statistiques

Données physico-chimiques collectées par la CNR sur un cycle annuel de 2004 à 2005 (2003-2004 pour Chantemerle et chenal BE2)

	temp	cond	O_2	pH	NO_3^-	PO_4^{3-}	NH_4^+	SO_4^{2-}	HCO_3^-
		µS/cm	mg.l^{-1}		mg.l^{-1}	mg.l^{-1}	mg.l^{-1}	mg.l^{-1}	mg.l^{-1}
Chantemerle	11,2±6,7	345,0±43	10,3±1,0	8,1±0,2	2,3±1,0	0,04±0,06	0,10±0,08	37,3±5,7	115±25,4
chenal BE2	11,0±5,8	333,3±36,9	10,6±1,3	8,0±0,5	2,8±1,3	0,04±0,04	0,12±0,10	37,5±7,0	116±18,6
Granges	11,4±6,4	374,4±83,2	3,9±2,9	7,5±0,4	0,7±1,4	0,06±0,07	0,05±0,04	7,2±10,3	142±43,2
Molottes	10,8±7,5	344,0±26,9	8,5±5,0	7,8±0,4	2,2±2,2	0,04±0,05	0,12±0,06	17,7±5,5	130,0±42,8
Plaine	11,7±7,8	391,0±76,6	5,8±1,4	7,7±0,3	1,1±1,7	0,0±0,0	0,07±0,07	16,2±6,2	131,2±29,4
Ponton	10,7±6,5	454,0±82,4	5,7±3,1	7,6±0,3	0,9±1,0	0,03±0,05	0,15±0,04	12,0±7,4	160,4±52,9
chenal BC1	10,6±5,5	349,8±33,0	10,5±0,8	7,6±0,8	3,0±1,0	0,06±0,07	0,24±0,08	31,6±12,5	98,4±46,2
chenal BC2	11,1±5,6	368,0±37,6	10,4±0,7	7,9±0,5	3,7±2,4	0,12±0,14	0,15±0,03	31,2±6,9	113,2±40,6
piezo 163	11,9±4,3	512,0±52,1	2,2±1,4	7,4±0,3	0,0±0,0	0,0±0,0	0,21 ±0,17	0,0±0,0	200,0±78,4

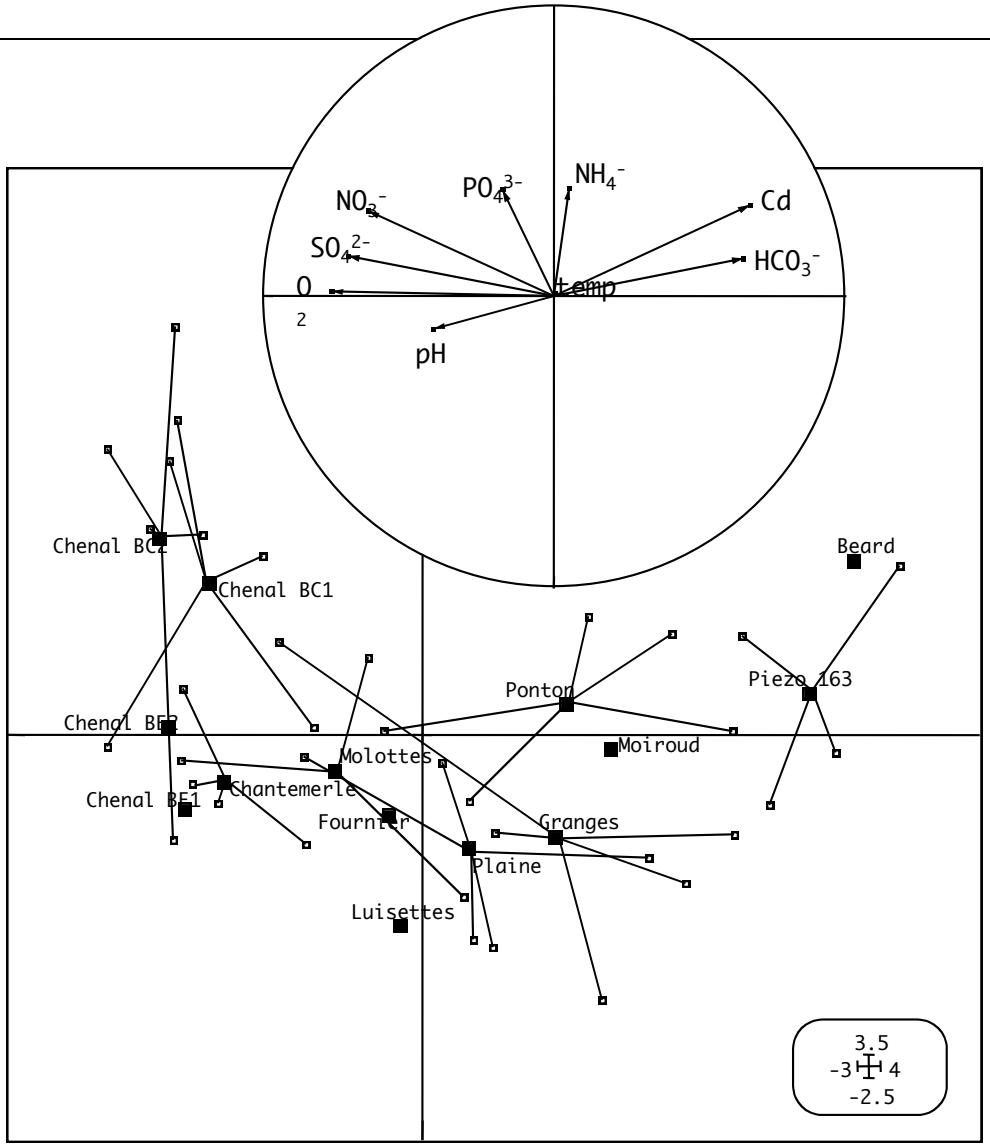
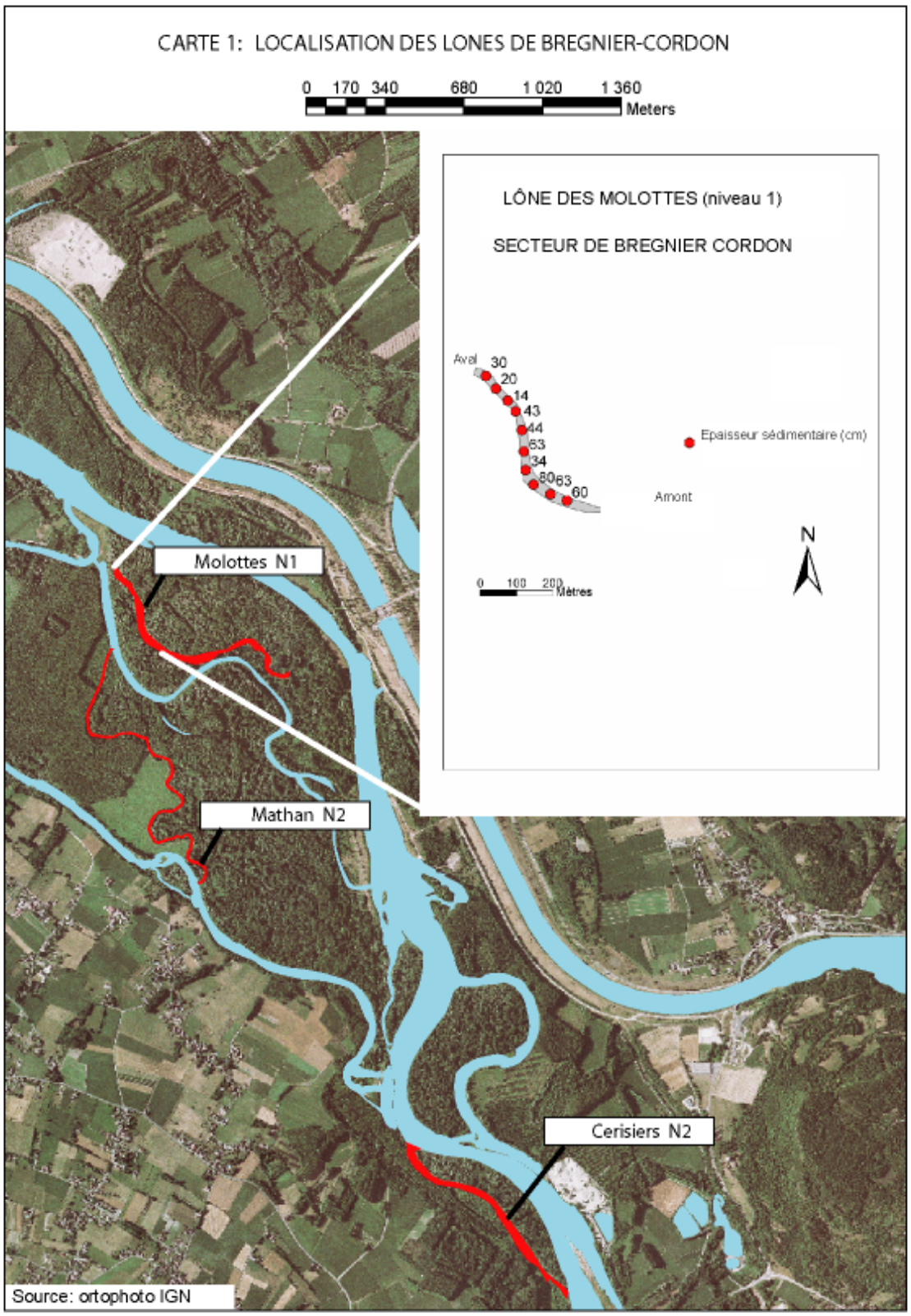
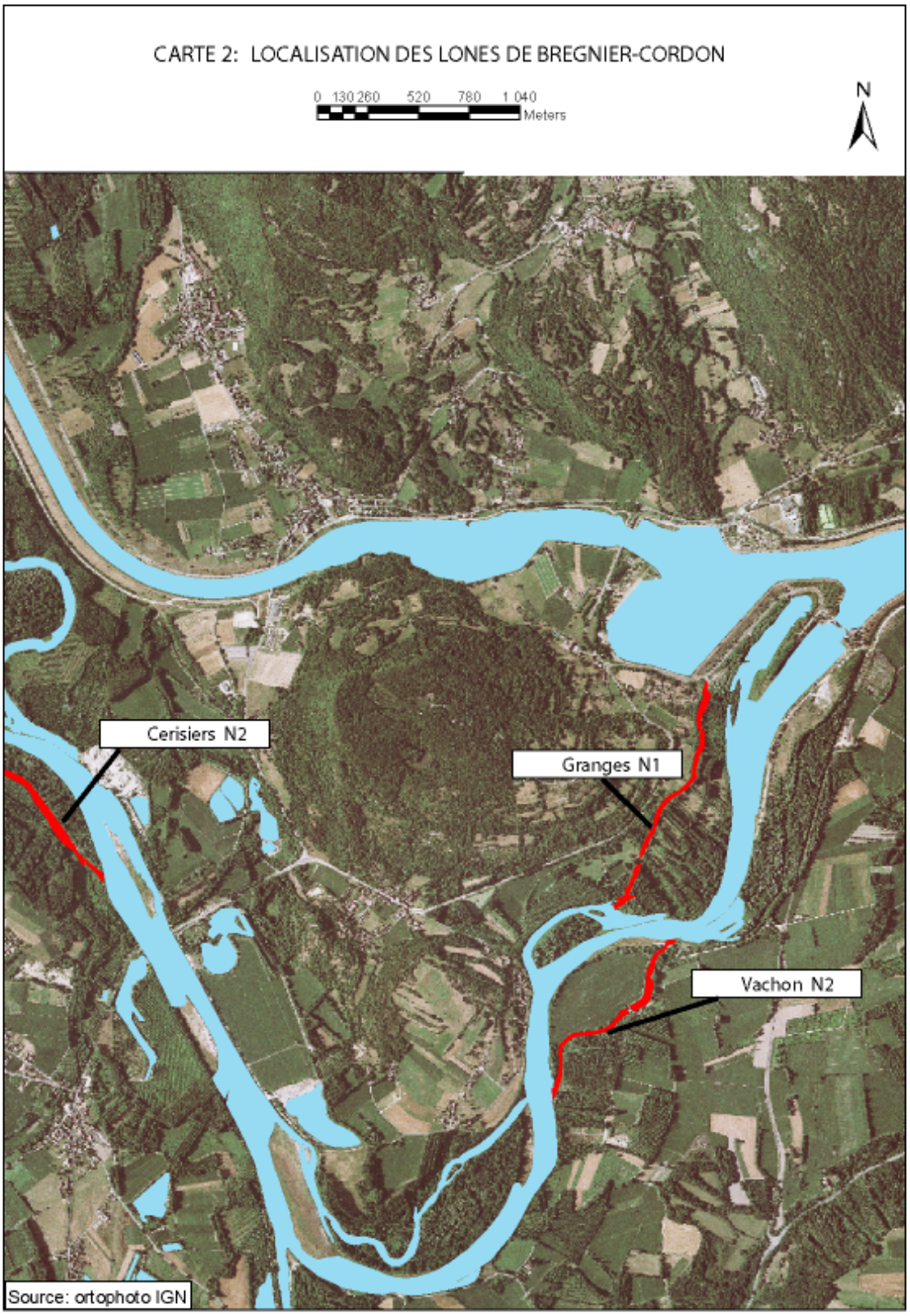


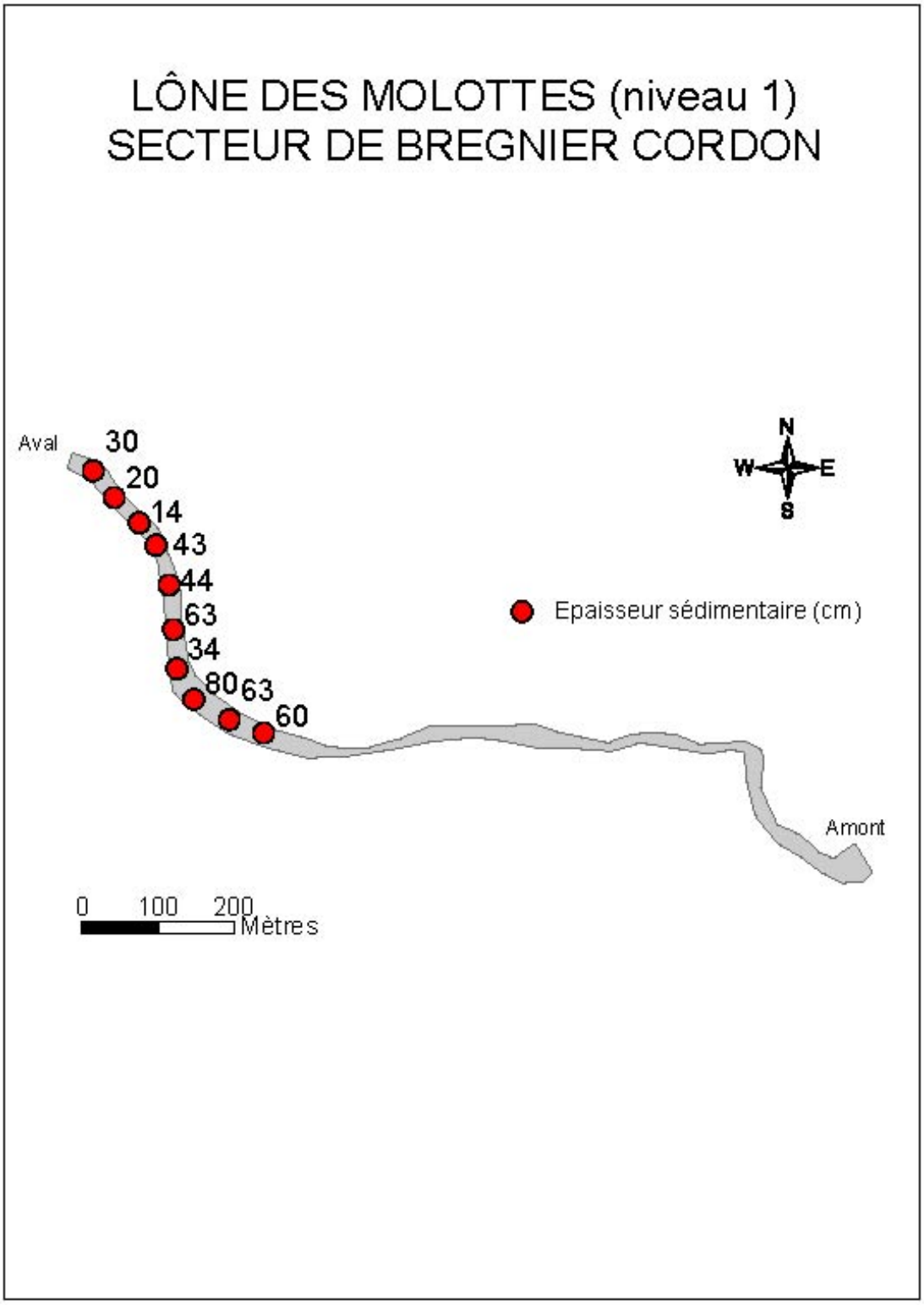
Figure : ACPn des données physico-chimiques collectées sur les zones humides du secteur de Belley, de Brégnier-Cordon et sur le cours principal. Les positions des stations correspondent au barycentre des dates d'échantillonnage (3 à 5 dates selon les cas).

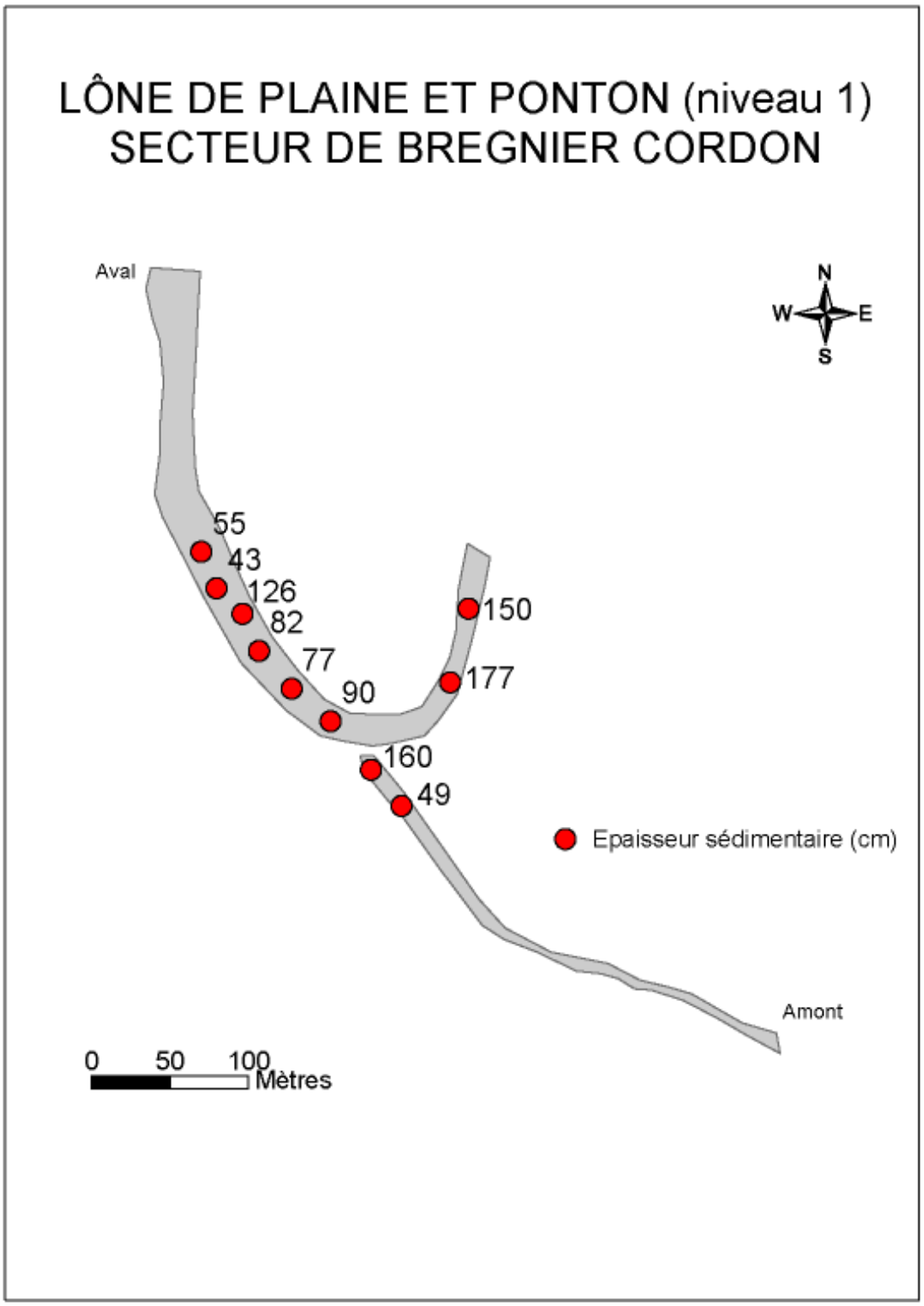
Annexe XIV : Localisation des lônes de Brégnier-Cordon

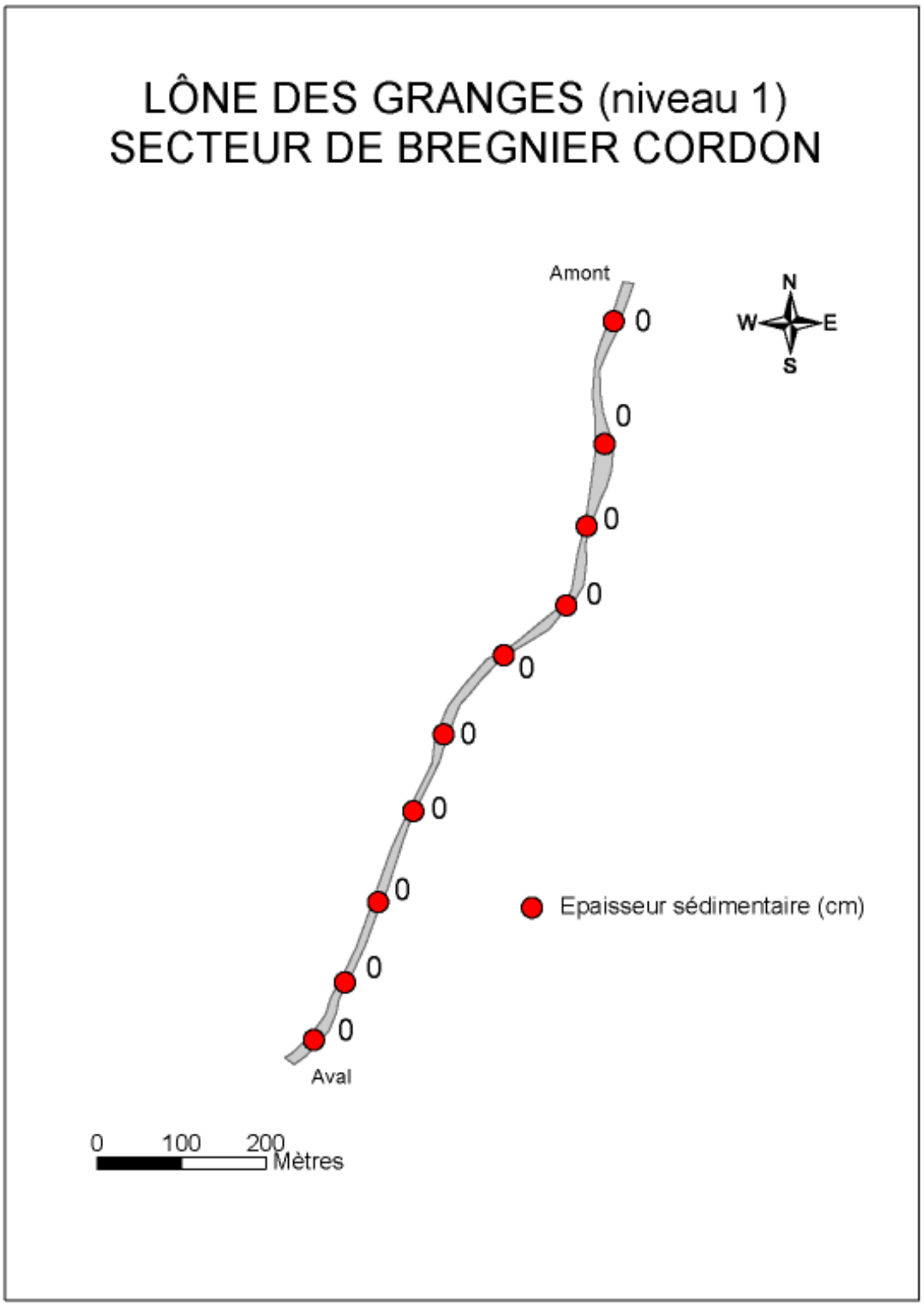



CARTE 2: LOCALISATION DES LONES DE BREGNIER-CORDON
0 130 260 520 780 1 040
Meters
N
Cerisiers N2
Granges N1
Vachon N2
Source: ortophoto IGN

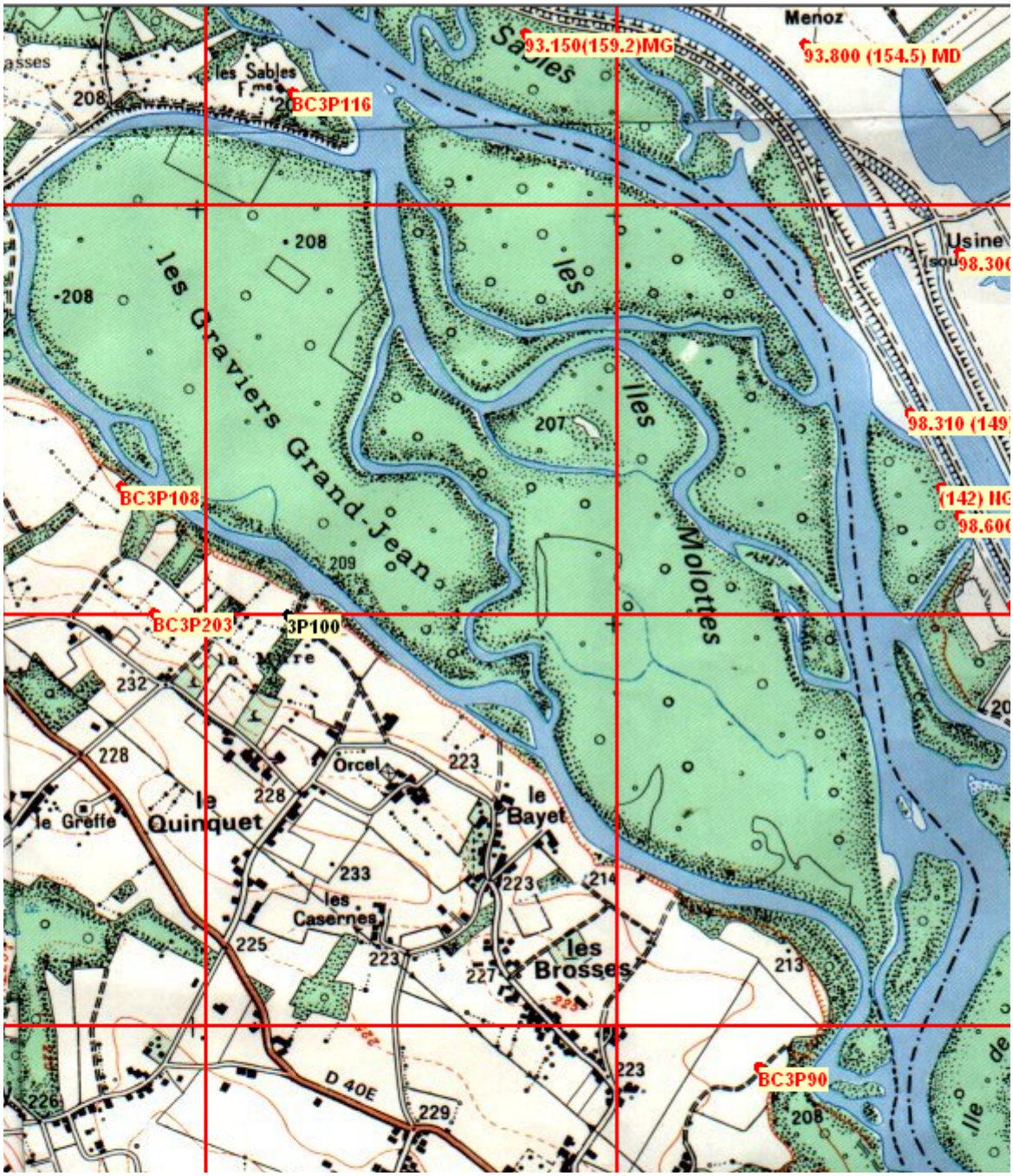
Annexe XV : Localisation des sondages sédimentaires



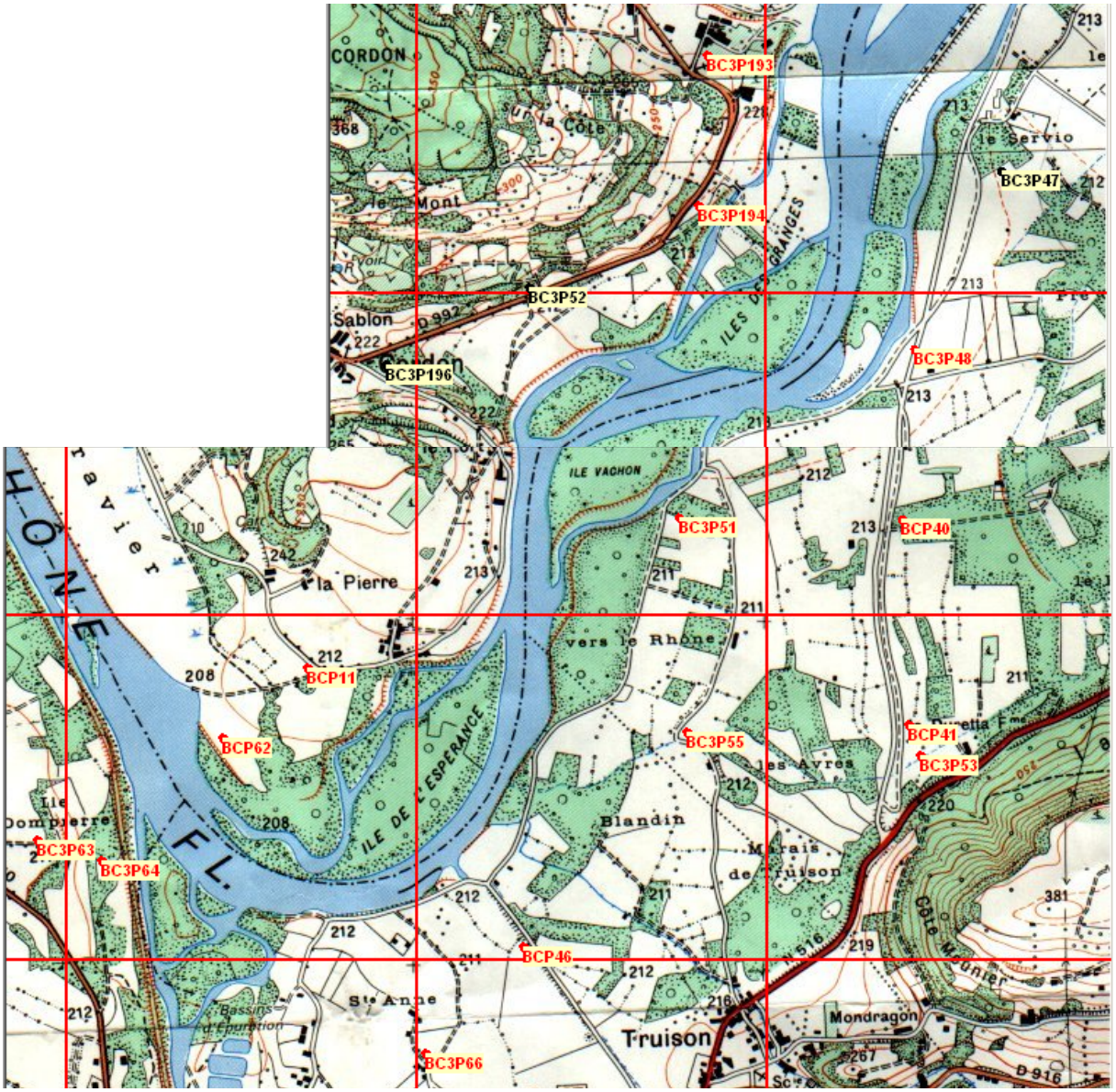

LÔNE DE PLAINE ET PONTON (niveau 1)
SECTEUR DE BREGNIER CORDON
Aval
N
W
E
S
55
43
126
82
77
90
150
177
160
49
Epaisseur sédimentaire (cm)
Amont
0
50
100
Mètres


LÔNE DES GRANGES (niveau 1)
SECTEUR DE BREGNIER CORDON
Amont
N
W
E
S
0
0
0
0
0
0
0
0
0
Aval
Epaisseur sédimentaire (cm)
0
100
200
Mètres

Annexe XVI : Localisation des piézomètres.



suite Annexe XVI : Localisation des pièzomètres.



Annexe XVII: Photos des lônes de Brégnier Cordon





Lônes des Molottes: Octobre 2004



Lônes Mattant : Octobre 2004







Lône du Ponton : Octobre 2004





Lône de la Plaine : Octobre 2004





Lônes des Cerisiers : Octobre 2004





Lônes des Granges : Octobre 2004





Lônes Vachon : Octobre 2004