



**Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche
et la Protection du Milieu Aquatique**
2092 route des Diacquenods
Le Villaret
74370 St Martin Bellevue
www.pechehautesavoie.com



**EVALUATION DES TRAVAUX DE DIVERSIFICATION DE
L'HABITAT PHYSIQUE REALISES SUR LE BAS CHERAN**

**Comparaison des états des lieux effectués avant travaux (2008),
1 an après travaux (2010) et 3 ans après travaux (2012)**

RAPPORT FINAL



L. VIGIER & C. CHASSERIEAU
Septembre 2013

RAPPORT FDP74.13/07

Etude réalisée avec la collaboration financière de :



Référence à citer : Vigier L. & Chasserieu C., 2013. Evaluation des travaux de diversification de l'habitat physique réalisés sur le bas Chéran : Comparaison des états des lieux effectués avant travaux (2008), 1 an après travaux (2010) et 3 ans après travaux (2012), Rapport Final. Rapport PDF74.13/07. 18p + annexes.

Sommaire

Introduction	1
A - Matériel et Méthode	2
<i>A.1 - Site d'étude</i>	2
<i>A.2 - Plan d'échantillonnage – conditions de relevés</i>	2
<i>A.3 - Conditions d'habitat</i>	4
<i>A.4 - Communauté macro-benthique</i>	4
<i>A.5 - Communauté piscicole</i>	6
<i>A.6 - Analyse des données</i>	7
B – Résultats	8
<i>B.1 - Conditions d'habitats</i>	8
<i>B.2 - Communauté macro-benthique</i>	10
<i>B.3 - Communauté piscicole</i>	12
<i>B.4 - Population de truite commune</i>	13
C – Discussion	14
Bibliographie	17
Annexes	

Introduction

Le Chéran, à l'instar de nombreux cours d'eau de montagne, se caractérise par des pentes importantes associées à un fort potentiel de charriage et un régime qualifié de torrentiel. Ainsi les interventions humaines visant à exploiter les matériaux (extraction, curage) et protéger les zones d'habitation (endiguement) ont été nombreuses au cours du 20ème siècle et ont provoquées un déficit de matériaux responsable de nombreux désagréments : érosion, affouillement, déstabilisation d'ouvrage, uniformisation des faciès, déconnexion des affluents, diminution de la concentration piscicole...

Deux études (CSP/Teleos, 2001 ; Sogreah, 2005) réalisées au cours de la procédure contractuelle « contrat de rivière » en place sur le Chéran de 1997 à 2008 et portée par le SMIAC (Syndicat Mixte Interdépartemental d'Aménagement du Chéran) avaient mises en relation le déficit apparent de la densité de la population de truite commune (*Salmo trutta L.*) et l'homogénéité de l'habitat.

Ainsi, malgré les nombreuses actions d'amélioration de la qualité de la ressource menées à l'échelle du bassin versant depuis 1997, le déficit de densité de la population de truite déjà observé en 2001 (CSP/Teleos) sur la partie haute-savoiarde semblait se maintenir. En effet, selon les résultats de l'étude bilan (SAGE environnement, 2009), en l'absence d'autres perturbations évidentes sur le bassin versant, cette absence d'amélioration sur le compartiment piscicole pourrait être due à deux facteurs perturbateurs potentiels : le déficit d'habitat et le risque pathologique de PKD (Proliférative Kidney Disease ; trad : *Maladie rénale proliférative*) élevé associé aux conditions thermiques observées sur le cours principal (Vigier *et al.*, 2007).

Par conséquent, les gestionnaires du bassin ont décidé de mettre en œuvre les travaux d'aménagement de l'habitat prévus dans le volet B3 du contrat de rivière sur un secteur de 2 kilomètres afin de réaliser des essais d'aménagement et d'en évaluer les effets sur le compartiment piscicole.

Malgré les réserves connues pour ce type d'aménagements (Frissell & Nawa, 1992 ; Roni *et al.*, 2002 ; FAO, 2005 ; Kondolf, 1995), la forte pression foncière ainsi que les risques d'inondation associés au caractère péri-urbain du secteur choisi ont orienté les travaux vers une restauration de type R1 (Rapport Agence de l'eau RMC, 2006) ayant un niveau d'ambition qualifié de faible car les efforts d'aménagements sont principalement orientés vers l'amélioration du compartiment piscicole. Ainsi les aménagements proposés (GREN, 2008) avaient pour objectif la diversification des habitats aquatiques et plus particulièrement des conditions d'écoulements dans une gamme de débits allant de l'étiage (1,1 m³/s) au module (12,5 m³/s). Pour ce faire, des techniques végétales ou mixtes ont été mises en œuvre (amas de blocs, épis et caissons déflecteurs, îlots, ancrage d'embâcles ; Annexes 1 et 2) dans l'emprise initiale du lit mineur afin de :

- limiter les surlargeurs dans l'objectif de redonner de la vitesse à la lame d'eau et permettre le décolmatage des substrats,
- créer des zones de turbulences localisées constituant des caches pour la truite,
- créer des zones de faibles largeurs induisant des faciès favorables à la frai des truites et ombre commun,

dans l'objectif ultime d'agir sur les densité de truite sur le secteur.

Face à l'enjeu financier de tels travaux (234.664 €TTC) et aux attentes des différents acteurs (gestionnaire de la ressource, gestionnaires de la ressource piscicole, financeurs, usagers...) une évaluation sur 5 ans des efforts d'aménagement mis en œuvre sur le cours principal du Chéran entre 2008 et 2009 a été réalisé par la Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA74) afin d'évaluer l'atteinte des objectifs initiaux de diversification de l'habitat aquatique et d'augmentation de la densité de la population de truite commune (GREN, 2008).

A - Matériel et Méthode

A.1 - Site d'étude

Le site d'étude se situe sur le cours principal du Chéran au niveau de Rumilly. A ce niveau il draine un bassin versant de 320 km² pour un linéaire de 46 km depuis sa source et correspond à un niveau typologique théorique de type B4 selon Verneaux (1973).

Le secteur étudié correspond à un linéaire de 2 km situé entre le plan d'eau de Rumilly (rive gauche) et la confluence avec le Nant de la Nanche (rive droite), dont l'altitude moyenne est de 330 m. Selon le découpage réalisé lors de l'étude préliminaire aux travaux (GREN, 2008), ce secteur correspond aux tronçons T2 à T5 (figure 1).

A.2 - Plan d'échantillonnage – conditions de relevés

Conformément à ce qui est préconisé dans la littérature (synthèse bibliographique ; Vigier, 2008), l'efficacité des efforts d'aménagements a été évaluée sur trois compartiments de l'écosystème : l'habitat, et les communautés piscicoles et macrobenthiques (tableau 1) selon l'approche BACI (Before-after, control-impact – trad : *avant-après, témoin -restauré*). Cette approche permet de différencier les réponses liées aux efforts de restauration (avant-après) des variations naturelles inter-annuelles (témoin-restauré). Dans ce suivi elle a été mise en œuvre sur une station témoin, correspondant à la situation « dégradée » mais non restaurée, et 4 stations aménagées (A1, A4, A5 et A6) (figure1). Ces stations ont fait l'objet d'une campagne de récolte de données avant aménagement (2008) et 2 campagnes post-aménagement : 1 an et 3 ans après les travaux en 2010 et 2012 (tableau 1). Les positions des stations ont été définies par rapport aux aménagements prévus, leurs longueurs variant entre 88 et 195m (Annexe 3).

L'ensemble des relevés ont été réalisés en période d'étiage estival entre début juin et fin septembre (Annexe 4), dans des conditions de débits variant entre 0,7 et 2,4 m³/s au niveau de la station de mesure de la DREAL Rhône Alpes située à Allèves (code station V1255010 ; Annexe 6).

Sur la période d'étude (2008/2012), le débit moyen annuel sur le secteur d'étude est estimé à 6,3 m³/s et 2 crues biennales ont eut lieu le 07/12/2010 (65,2 m³/s) et le 16/12/2011 (69,5 m³/s) (données issues de la Banque HYDRO DREAL Rhône alpes).

Figure 1 : Schéma du secteur d'étude sur le cours principal du Chéran. Découpage en tronçons et « ambiances » d'aménagements selon le document d'avant projet (GREN 2008) et correspondance avec les codes stations de la FDPPMA74.

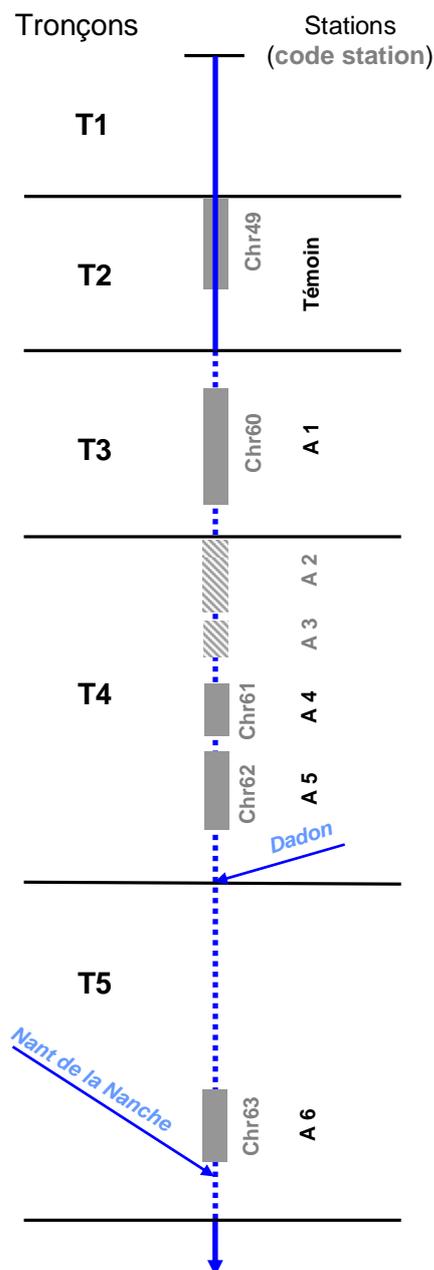


Tableau 1 : Synthèse des investigations menées sur les trois compartiments suivis (h : habitat ; mi : macroinvertébrés benthique ; p : poissons) sur les 5 stations étudiées dans le cadre de l'évaluation des travaux réalisés sur le cours principal du Chéran entre 2008 et 2012.

		années de suivi		
		avant travaux	après travaux	
	station	2008	2010	2012
station témoin	Témoin	h, mi, p	h, mi, p	h, mi, p
stations restaurés	A1	h, mi, p	h, mi, p	h, mi, p
	A4	h, mi, p	h, mi, p	h, mi, p
	A5	mi, p	mi	mi
	A6	h, mi, p	h, mi, p	h, mi, p

A.3 - Conditions d'habitat

Les conditions d'habitats ont été décrites sur chaque station par l'emploi de la méthode des microhabitats (Souchon *et al.*, 1989, guide méthodologique : Ginot *et al.*, 1998). Cette méthode dérivée de la méthode IFMI, (Instream Flow Incremental Methodology ; Bovee 1982) consiste à décrire les caractéristiques d'habitat du lit et des berges sur chaque station à travers 3 variables : hauteur d'eau, vitesse d'écoulement et granulométrie (CF Chasserieu, 2012). Les relevés ont eut lieu dans des conditions de débits variant entre 0,687m³/s et 2,4 m³/s (Annexe 4). La station A5, déjà difficilement accessible en 2008, n'a pas pu être étudiée suite aux travaux (en 2010 et 2012), un trop grand nombre de secteurs étant devenus inaccessibles à pieds. L'analyse de l'habitat a été réalisé à l'aide du logiciel EVHA 2.02 (EVALUATION de l'Habitat physique des poissons en rivière ; EVHA, 1998 ; guide de l'utilisateur : Ginot, 1998) (les données de calage des modèles sont présentées en Annexe 5)

L'analyse a été réalisée sur l'évolution (tableau 2) :

- de variables générales relevées à l'échelle de la station ;
- d'indices caractérisant la complexité de l'habitat à l'échelle des microhabitats pour les 3 paramètres mesurés sur le terrain (hauteur d'eau, vitesse d'écoulement et granulométrie). Pour chacun d'entre eux, cette complexité a été évaluée selon la variété des classes représentées (CF Chasserieu, 2012), la diversité et l'hétérogénéité ont été retranscrites par le biais du calcul de l'indice de Shannon (H') et de l'indice d'équitabilité (E) (CF Chasserieu 2012) ;
- du potentiel d'accueil de chaque station vis-à-vis des espèces de poissons présentes sur le secteur à leurs différents stades de vie exprimé à travers la valeur d'habitat au débit d'étiage (1,1 m³/s ; Annexe 7). Cette valeur d'habitat par stade/espèce a été estimée grâce au logiciel EVHA, elle correspond à la surface potentiellement utilisable (SPU) pour un stade/espèce rapportée à la surface de la station.

A.4 - Communauté macro-benthique

Les échantillonnages des communautés macrobenthiques ont été réalisés chaque année avant toute autre intervention (pêche d'inventaire et relevés d'habitat) afin de ne pas perturber le substrat. Elles ont eut lieu dans des conditions de débits d'étiage variant entre 0,968 et 1,51 m³/s et dans des périodes similaires comprises entre le 23 juillet et le 05 août selon les années (Annexe 4). 20 placettes de 1/20^{ème} de m² ont été prélevées sur chaque station à l'aide d'un filet Surber :

- les 8 premières selon la norme AFNOR : NF.T.90.350 1992, 2004 ; permettant le calcul de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) ;
- les 12 suivantes afin d'obtenir au final un prélèvement par couple substrat/vitesse dans la classe de hauteur d'eau où il est le plus représenté (CF : Chasserieu, 2012).

Chaque échantillon a été rincé dans un filet de vide de maille de 500 µm puis conservée séparément dans une solution de formol (10%).

En laboratoire, les Plécoptères, Ephéméroptères, Trichoptères, Coléoptères, Hétéroptères, Odonates, Mollusques, Achètes et Turbellariés ont été déterminés au genre. Les diptères ont été déterminés jusqu'au plus petit niveau disponible à partir de la clé Tachet *et al.*, 2003). Pour les autres taxons, la famille est la limite taxonomique adoptée.

Les variables étudiées (tableau 3) englobent l'évaluation de la qualité du milieu (IBGN, robustesse) ainsi que des métriques choisies a priori comme étant les plus susceptibles de répondre aux efforts d'aménagement (Ernst *et al.*, 2012) telles que la composition de la communauté (variété, densité, diversité de Shannon H', équitabilité E du peuplement et abondance relative des différents ordres représentés) ; les taxons sensibles (variété GI>7, densité GI>7, abondance relative EPT) et certains traits biologiques, écologiques et physiologiques (TBEP) (la taille maximale, la durée du cycle vital, le mode d'alimentation, la distribution transversale par rapport au chenal, le préférendum de microhabitat et le préférendum de vitesse de courant).

Tableau 2 : liste des variables relatives au compartiment physique étudiées dans le cadre de l'évaluation des travaux réalisés sur le cours principal du Chéran entre 2008 et 2012.

Station	
largeur moyenne (m)	
profondeur moyenne (cm)	
vitesse moyenne (cm/s)	
granulométrie (mm)	
ratio mouille/radier	
Microhabitats (Q = 1,1 m3/s)	
Hauteur d'eau	valeur d'habitat par stade/espèce (SPU/surface station)
variété (n)	truite > 40 cm (BIG)
diversité (H')	truite 14-28 cm (TRF ADU)
équitabilité (E)	truite 10-16 cm (TRF JUV)
vitesse d'écoulement	truite alevins 5-10 cm (TRF ALE)
variété (n)	frayère (TRF FRA)
diversité (H')	truite 2-4 semaine (YOY)
équitabilité (E)	barbeau fluviatile adulte (BAF ADU)
substrats (granulométrie)	barbeau fluviatile juvénile (BAF JUV)
variété (n)	barbeau fluviatile alevin (BAF ALE)
diversité (H')	blageon adulte (BLN ADU)
équitabilité (E)	blageon juvénile (BLN JUV)
	chabot juvénile < 5cm (CHA ALE)
	chabot adulte > 5 cm (CHB ADU)
	loche franche adulte (LOF ADU)
	loche franche juvénile (LOF JUV)
	chevenne adulte (CHE ADU)
	chevenne juvénile (CHE JUV)
	chevenne alevin (CHE ALE)
	spirin adulte > 7 cm (SPI ADU)
	spirin juvénile <7 cm (SPI JUV)
	ombre commun adulte (OMB ADU)
	ombre commun juvénile (OMB JUV)
	ombre commun alevin (OMB ALE)
	goujon adulte (GOU ADU)
	vairon adulte (VAS ADU)
	vairon juvénile (VAS JUV)

Tableau 3 : liste des variables relatives au peuplement macrobenthique étudiées dans le cadre de l'évaluation des travaux réalisés sur le cours principal du Chéran entre 2008 et 2012.

Communauté	Groupes fonctionnels (TBEP)
<i>indices (8 placettes)</i>	Taille maximale (mm)
variété (famille)	≤ 2,5
GI	> 2,5 - 5
IBGN	> 5 - 10
robustesse	> 10 - 20
nombre de taxons GI ≥7	> 20 - 40
densité des taxons GI ≥7 (ind/m ²)	> 40 - 80
H'	> 80
E	cycle vital (durée)
	≤ 1 an
	> 1 an
<i>approche semi-quantitative (20 placettes)</i>	Mode d'alimentation
variété famille	Absorption à travers les téguments
variété taxonomique	Mangeur de sédiments fins
densité (ind/m ²)	Broyeur
nombre de taxons polluosensibles (GI≥7)	Racleur-broyeur
densité des taxons polluosensibles (GI≥7) (ind/m ²)	Filtreur
abondance relative EPT	Perceur (algivore ou prédateur suceur)
	Prédateur (découpeur ou avaleur)
	parasite
abondance relative des différents ordres	Distribution transversale par rapport au chenal
plécoptères	Chenal de rivière
tricoptères	Rives, chenaux secondaires
éphéméroptères	microhabitat (préférendum)
hétéroptères	Dalles, blocs, pierres, galets
coléoptères	Graviers
diptères	Sables
odonates	Limon
crustacés	Macrophytes, algues filamenteuses
mollusques	Microphytes
annélides	Branches, racines
némathelminthes	Litière
hydracariens	Vase
cnidaires	Courant (préférendum)
	Nul
	Lent (< 25 cm/s)
	Moyen (25-50 cm/s)
	Rapide (> 50 cm/s)

A.5 - Communauté piscicole

Le diagnostic du peuplement piscicole a été effectué durant l'été estival entre le 23 juillet et le 1^{er} septembre dans des conditions de débits comprises entre 0,887 et 2,16 m³/s (Annexe 4). La méthodologie suivie est celle de l'estimation par enlèvements successifs décrite par De Lury (1951). Chaque station a fait l'objet de 2 ou 3 passages successifs pour aboutir à une bonne estimation de la population de truite commune. L'estimation de la densité et de la biomasse a été réalisée selon Carle & Strub (1978) pour chaque espèce présentant les conditions d'application, pour les autres espèces seules les densités et biomasses brutes ont été calculées. De même que pour les relevés d'habitat, la station A5 n'a pas pu être étudiée après travaux (2010 et 2012).

Les variables retenues (tableau 4) pour l'analyse englobent des variables relatives à l'échelle du peuplement (variété, densité et biomasse totale), des espèces présentes (densité et biomasse par espèce et groupées pour les espèces indésirables et/ou n'appartenant pas au biotype), de la population de truite commune (densité et biomasse totale, et par stade : juvéniles, sub-adultes, adultes). Les limites de tailles de ces stades :]0-160mm] pour les juvéniles,]160-240mm] pour les sub-adultes et >240 mm pour les adultes ; ont été définies sur la base d'une analyse scalimétrique menée sur le département de la Haute-Savoie (Caudron *et al.*, 2006).

Tableau 4 : liste des variables relatives au peuplement piscicole étudiées dans le cadre de l'évaluation des travaux réalisés sur le cours principal du Chéran.

<u>Peuplement</u>	<u>Population de truite commune</u>
variété	
densité totale (ind/1000m ²)	densité (ind/1000 m ²)
biomasse totale (kg/ha)	totale
	juvéniles
densité par espèce (ind/1000m ²)	sub-adultes
chabot	adultes
truite	
vairon	biomasse (kg/ha)
loche franche	totale
ombre commun	juvéniles
blageon	sub-adultes
chevenne	adultes
gougeon	
barbeau fluviatil	
autres espèces présentes	
biomasse par espèces (kg/ha)	
chabot	
truite	
vairon	
loche franche	
ombre commun	
blageon	
chevenne	
gougeon	
barbeau fluviatil	
autres espèces présentes	

A.6 - Analyse des données

L'étude des réponses aux efforts d'aménagement sur les conditions d'habitats et les communautés macro-benthique et piscicole sur les 4 stations aménagées est basée sur la technique dite « BACI » (Baldigo *et al.*, 2010 ; Stewart-Oaten *et al.*, 1986 ; Underwood 1994).

Elle permet de tester les effets des aménagements dans le temps en comparant la situation (les valeurs des différentes variables) avant et après (BA) ; tout en tenant compte des variations naturelles annuelles grâce à la station témoin qui permet le calcul d'une réponse nette (CI).

La réponse nette pour une année (n) est calculée pour chaque variable étudiée en effectuant une soustraction entre la valeur obtenue pour l'année n sur une station aménagée et la valeur obtenue pour l'année n sur la station témoin. Ensuite les comparaisons avant/après peuvent être effectuées.

Les effets globaux de la restauration ont été évalués en utilisant une analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA) pour tester les différences des réponses nettes 1) avant et après restauration, 2) parmi les quatre stations aménagées et 3) l'interaction de ces deux facteurs. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel XLSTAT (Version 2013.4.04). Les différences ont été considérées comme significatives lorsque les P-value étaient inférieures à 0,05.

Par ailleurs, pour chacune des variables (Baldigo *et al.*, 2008) a été calculé :

- une moyenne pré-restauration à partir des résultats obtenus sur toutes les stations avant travaux (station témoin, A1, A4, A5, A6 ; année 2008),
- une réponse moyenne nette correspondant à la moyenne des réponses nettes par année après restauration (A1-Témoin, A4-Témoin, A5-Témoin, A6-Témoin ; années 2010 et 2012),
- un pourcentage de changement correspondant au rapport de la réponse moyenne sur la moyenne pré-restauration.

Pour la population de truite commune aux différentes classes d'âge, les hypothèses d'une amélioration des réponses nettes des densités et des biomasses après travaux ont été testé par un test non paramétrique de comparaison de 2 échantillons (Mann-Whitney ; uni-latéral) effectué entre les échantillons avant travaux n=4 et les échantillons après travaux n=6.

B - Résultats

B.1 - Conditions d'habitats

A l'échelle stationnelle, nous observons une tendance à la diminution (pourcentage de changement négatif) pour la largeur moyenne, la profondeur moyenne, la taille de la granulométrie et le ratio mouille:radier ; et à l'augmentation pour la vitesse moyenne (tableau 5) après travaux. Une seule évolution significative ($P\text{-value} < 0,05$) avant-après est à noter en ce qui concerne la diminution du ratio mouille:radier. Par ailleurs la différence significative de la largeur moyenne entre les sites restaurés caractérise la forte variabilité inter-station de la réponse à cet indice.

A l'échelle du microhabitat, les indices de complexité de l'habitat (variété, diversité, équitabilité) relatives aux vitesses d'écoulements et substrats montrent des changements positifs après travaux et majoritairement significatifs ($P\text{-value} < 0,05$) à l'exception de l'indice d'équitabilité des substrats. Aucune évolution significative de ces indices pour les hauteurs d'eau n'est à noter (tableau 5).

A cette même échelle, les valeurs d'habitat correspondant à un indice d'habitat potentiellement favorable par stade/espèce évoluent après travaux selon 4 cas de figure (tableau 5) :

- une diminution significative après travaux sur les sites restaurés pour les chevennes adultes ($P\text{-value} = 0,031$) ;
- une augmentation significative après travaux pour les stades espèce : truite commune de taille supérieure à 40 cm, adulte, juvénile et alevin et blageon juvénile.
- une tendance positive mais non significative pour les stades/espèces : frayère de truite, alevin de truite 2-4 semaines, barbeau fluviatile juvénile, chabot juvénile et adulte, loche franche juvénile et adulte, ombre commun alevin, goujon adulte et vairon adulte ;
- une tendance négative mais non significative pour les stades/espèces : barbeau fluviatile alevin et adulte, blageon adulte, chevenne juvénile et alevin, spirilin adulte et juvénile, ombre commun adulte et juvénile et vairon juvénile ;

Parmi eux l'évolution après travaux du potentiel d'accueil pour certains stades espèces présentent une forte variabilité inter-site ($P\text{-value inter-site} < 0,05$) : truite >40cm, adulte, juvénile et alevin 2-4 semaines, barbeau fluviatile adulte et juvénile, blageon juvénile, chevenne adulte, ombre commun juvénile et vairon juvénile.

Tableau 5 : Moyennes avant travaux, réponses nettes moyennes et pourcentage de changement des variables relatives à l'habitat physique à l'échelle de la station et du microhabitat ; et P-value des ANOVAs à 2 facteurs avec interaction testant les différences significatives avant-après travaux, entre les sites restaurés et le facteur d'interaction. (en gras : P-value < 0.05).

Station	moyenne pré-restoration	réponse moyenne	% changement	P-value des différences		
				avant après	entre les sites	facteur d'interaction
largeur moyenne (m)	16,28	-1,87	-11,49	0,12	0,025	0,382
profondeur moyenne (cm)	34,27	-10,13	-29,56	0,132	0,062	0,713
vitesse moyenne (cm/s)	21,70	9,04	41,65	0,493	0,096	0,739
granulométrie (mm)	195,65	-379,03	-193,73	0,12	0,828	0,55
ratio mouille/radier	0,27	-0,21	-78,40	0,009	0,135	0,684
Microhabitats (Q = 1,1 m3/s)						
Hauteur d'eau						
variété (n)	4,25	-0,17	-3,92	0,063	0,74	0,74
diversité (H')	1,38	-0,06	-4,47	0,077	0,454	0,984
équitabilité (E)	0,12	0,00	0,00	0,071	0,563	0,908
vitesse d'écoulement						
variété (n)	3,25	0,33	10,26	0,047	0,854	0,854
diversité (H')	1,19	0,21	18,00	0,02	0,178	0,118
équitabilité (E)	0,11	0,02	19,05	0,022	0,161	0,126
substrats (granulométrie)						
variété (n)	7,50	4,00	53,33	0,002	0,465	0,192
diversité (H')	2,21	0,49	22,05	0,037	0,158	0,899
équitabilité (E)	0,20	0,40	203,42	0,554	0,782	0,737
valeur d'habitat par stade/espèce (SPU/surface station)						
truite > 40 cm (BIG)	0,02	0,01	80,56	0,003	0,0003	0,037
truite 14-28 cm (TRF ADU)	0,31	0,10	31,43	0,009	0,001	0,020
truite 10-16 cm (TRF JUV)	0,49	0,19	38,46	0,006	0,004	0,176
truite alevins 5-10 cm (TRF ALE)	0,52	0,26	51,34	0,033	0,089	0,453
frayère (TRF FRA)	0,05	0,02	45,70	0,464	0,086	0,709
truite 2-4 semaine (YOY)	0,07	0,07	99,07	0,460	0,014	0,102
barbeau fluviatile adulte (BAF ADU)	0,15	-0,02	-16,64	0,127	0,010	0,095
barbeau fluviatile juvénile (BAF JUV)	0,15	0,01	9,83	0,445	0,131	0,246
barbeau fluviatile alevin (BAF ALE)	0,59	-0,02	-3,51	0,109	0,140	0,584
blageon adulte (BLN ADU)	0,34	-0,01	-4,24	0,887	0,268	0,236
blageon juvénile (BLN JUV)	0,60	0,06	10,58	0,012	0,022	0,718
chabot juvénile < 5cm (CHA ALE)	0,12	0,06	46,99	0,272	0,682	0,385
chabot adulte > 5 cm (CHB ADU)	0,13	0,07	48,48	0,311	0,561	0,438
loche franche adulte (LOF ADU)	0,47	0,12	26,14	0,093	0,071	0,475
loche franche juvénile (LOF JUV)	0,49	0,12	25,14	0,070	0,069	0,279
chevenne adulte (CHE ADU)	0,29	-0,04	-12,43	0,031	0,033	0,321
chevenne juvénile (CHE JUV)	0,40	-0,08	-19,24	0,262	0,316	0,809
chevenne alevin (CHE ALE)	0,34	-0,05	-15,86	0,737	0,242	0,961
spirilin adulte > 7 cm (SPI ADU)	0,38	-0,02	-6,49	0,769	0,446	0,319
spirilin juvénile <7 cm (SPI JUV)	0,66	-0,06	-8,59	0,092	0,377	0,549
ombre commun adulte (OMB ADU)	0,00	0,00	-733,33	0,063	0,740	0,740
ombre commun juvénile (OMB JUV)	0,00	0,00	-33,33	0,063	0,005	0,245
ombre commun alevin (OMB ALE)	0,00	0,00	100,00	0,647	0,199	0,997
goujon adulte (GOU ADU)	0,62	0,05	8,10	0,457	0,638	0,768
vairon adulte (VAS ADU)	0,73	0,06	7,69	0,097	0,095	0,926
vairon juvénile (VAS JUV)	0,53	-0,06	-11,17	0,116	0,039	0,572

B.2 - Communauté macro-benthique

L'ensemble des indices relatifs à la communauté macro-benthique des 8 placettes prélevées selon le protocole IBGN montre des tendances plutôt stables (GI, robustesse) ou en légère hausse (variété totale et des taxons sensibles, H' et E), mais ne montre pas d'évolution significative à l'exception de la densité des taxons sensibles qui présente une augmentation de 4,47% après travaux (tableau 6).

Par ailleurs, les indices communautaires calculés sur les 20 placettes montrent une grande stabilité inter-station d'une part et avant-après travaux d'autre part. Seule l'abondance relative d'Ephéméroptères augmente significativement après travaux (33%).

Les affinités des communautés macro-benthiques pour les TBEP sélectionnés pour l'analyse restent globalement stables avant-après travaux et équivalentes sur les différents sites. Des augmentations significatives avant-après travaux sont à noter concernant l'affinité de la communauté à une durée de cycle vital supérieure à 1 an ainsi qu'au microhabitat de type litière. Des différences d'évolution inter-sites sont significatives pour certaines gammes de taille maximale : 5-10 et 20-40, la durée du cycle vital, l'affinité pour une distribution transversale en berge ou dans le chenal.

Tableau 6 : Moyennes avant travaux, réponses nettes moyennes et pourcentage de changement des variables relatives au peuplement macrobenthique à l'échelle de la communauté et des groupes fonctionnels (TBEP) ; et P-value des ANOVAs à 2 facteurs avec interaction testant les différences significatives avant-après travaux, entre les sites restaurés et le facteur d'interaction. (en gras : P-value < 0.05).

	moyenne pré-restoration	réponse moyenne	% changement	P-value des différences		
				avant après	entre les sites	facteur d'interaction
Communauté						
<i>indices (8 placettes)</i>						
variété (famille)	34,40	1,25	3,63	0,540	0,411	0,563
GI	7,00	0,00	0,00			
IBGN	16,00	-0,13	-0,78	0,128	0,299	0,610
robustesse	15,20	0,00	0,00			
nombre de taxons GI ≥ 7	3,00	1,75	58,33	0,312	0,381	0,290
densité des taxons GI ≥ 7 (ind/m ²)	142,50	6,38	4,47	0,035	0,120	0,045
H'	2,40	0,07	2,95	0,364	0,694	0,719
E	0,47	0,01	2,27	0,371	0,720	0,819
<i>approche semi-quantitative (20 placettes)</i>						
variété famille	41,60	4,00	9,62	0,114	0,560	0,615
variété taxonomique	51,80	4,50	8,69	0,546	0,904	0,679
densité (ind/m ²)	13559,80	-387,50	-2,86	0,995	0,997	0,982
nombre de taxons polluosensibles (GI ≥ 7)	4,40	2,50	56,82	0,561	0,971	0,896
densité des taxons polluosensibles (GI ≥ 7) (ind/m ²)	157,60	19,63	12,45	0,169	0,141	0,450
abondance relative EPT	7,83	1,89	24,13	0,090	0,116	0,818
abondance relative des différents ordres						
plécoptères	0,83	0,35	42,40	0,711	0,257	0,982
tricoptères	2,76	0,22	7,82	0,673	0,477	0,578
éphéméroptères	4,25	1,38	32,61	0,011	0,239	0,945
hétéroptères	0,09	-0,62	-697,56	0,533	0,985	0,997
coléoptères	3,16	0,38	12,15	0,069	0,061	0,129
diptères	41,77	-0,06	-0,14	0,842	0,288	0,408
odonates	0,03	0,04	137,87	0,723	0,376	0,596
crustacés	17,01	10,06	59,13	0,064	0,359	0,539
mollusques	0,53	-0,91	-170,74	0,966	1,000	0,988
annélides	27,79	-10,48	-37,71	0,880	0,965	0,834
némathelminthes	0,11	0,09	83,90	0,953	0,787	0,507
hydracariens	1,58	-0,92	-58,50	0,949	0,964	0,815
cnidaires	0,09	0,99	1118,81	0,416	0,903	0,951
Groupes fonctionnels (TBEP)						
Taille maximale (mm)						
≤ 2,5	0,08	0,13	163,24	0,446	0,568	0,885
> 2,5 - 5	18,94	-5,11	-26,98	0,246	0,253	0,732
> 5 - 10	39,85	-7,57	-18,99	0,267	0,046	0,210
> 10 - 20	25,95	6,45	24,87	0,454	0,074	0,410
> 20 - 40	15,14	6,05	39,97	0,172	0,013	0,090
> 40 - 80	0,04	0,04	96,92	0,060	0,623	0,490
> 80	0,00	0,00	0,00			
cycle vital (durée)						
≤ 1 an	73,82	-8,87	-12,01	0,042	0,015	0,092
> 1 an	26,18	8,87	33,87	0,042	0,015	0,092
Mode d'alimentation						
Absorption à travers les téguments	0,00	0,00	0,00			
Mangeur de sédiments fins	13,94	-2,73	-19,59	0,351	0,225	0,681
Broyeur	24,42	7,20	29,50	0,566	0,093	0,399
Racleur-brouteur	32,59	-4,05	-12,42	0,737	0,113	0,162
Filtreur	8,92	-0,06	-0,72	0,184	0,131	0,57
Perceur (algivore ou prédateur suceur)	0,96	-0,39	-40,60	0,542	0,295	0,652
Prédateur (découpeur ou avaleur)	13,58	1,40	10,32	0,735	0,158	0,066
parasite	5,59	-1,37	-24,59	0,464	0,057	0,083
Distribution transversale par rapport au chenal						
Chenal de rivière	13,40	4,38	32,69	0,164	0,032	0,179
Rives, chenaux secondaires	32,75	0,41	1,26	0,311	0,039	0,054
microhabitat (préférendum)						
Dalles, blocs, pierres, galets	22,59	-0,12	-0,53	0,062	0,318	0,794
Graviers	11,90	-0,37	-3,09	0,572	0,092	0,096
Sables	9,99	-0,23	-2,35	0,118	0,188	0,668
Limon	4,86	-0,02	-0,50	0,075	0,064	0,654
Macrophytes, algues filamenteuses	19,87	-0,90	-4,52	0,375	0,567	0,963
Microphytes	5,08	-0,34	-6,74	0,123	0,419	0,304
Branches, racines	8,20	2,37	28,94	0,059	0,085	0,186
Litière	11,39	0,43	3,75	0,049	0,167	0,587
Vase	6,11	-0,81	-13,31	0,359	0,101	0,724
Courant (préférendum)						
Nul	20,51	-0,06	-0,30	0,768	0,432	0,621
Lent (< 25 cm/s)	30,55	-0,29	-0,96	0,334	0,882	0,948
Moyen (25-50 cm/s)	29,74	1,59	5,35	0,871	0,436	0,721
Rapide (> 50 cm/s)	19,20	-1,24	-6,44	0,280	0,114	0,223

B.3 - Communauté piscicole

A l'échelle du peuplement piscicole, la variété spécifique répond par une baisse significative (8%) après travaux, cette réponse est également significativement variable entre les stations. Aucune évolution n'est à noter pour la densité et la biomasse totale avant-après travaux.

Pour les différentes espèces présentes, nous observons des réponses variables selon les stations en ce qui concerne les densités de truite, blageon et gougeon ainsi que pour les biomasses de blageon, chevenne et autres espèces. Seules la densité de truite et la biomasse de chevenne augmentent de façon significative avant-après travaux.

Tableau 7 : Moyennes avant travaux, réponses nettes moyennes et pourcentage de changement des variables relatives au peuplement piscicole à l'échelle de la communauté et des espèces présentes ; et P-value des ANOVAs à 2 facteurs avec interaction testant les différences significatives avant-après travaux, entre les sites restaurés et le facteur d'interaction. (en gras : P-value < 0.05).

Peuplement	moyenne pré-restoration	réponse moyenne	% changement	P-value des différences		
				avant après	entre les sites	facteur d'interaction
variété	8,20	-0,67	-8,13	0,047	0,017	0,041
densité totale (ind/1000m ²)	834,00	-23,12	-2,77	0,960	0,739	0,821
biomasse totale (kg/ha)	120,61	67,18	55,70	0,541	0,059	0,635
densité par espèce (ind/1000m ²)						
chabot	35,90	-39,22	-109,25	0,411	0,503	0,966
truite	10,69	45,11	422,06	0,003	0,030	0,228
vairon	235,00	9,02	3,84	0,854	0,740	0,665
loche franche	491,28	-31,15	-6,34	0,857	0,774	0,839
ombre commun	3,06	3,00	98,01	0,344	0,715	0,521
blageon	52,92	8,39	15,85	0,956	0,016	0,081
chevenne	8,33	17,35	208,16	0,645	0,528	0,736
gougeon	2,00	-0,18	-8,80	0,391	0,024	1,000
barbeau fluviatil	29,31	-36,47	-124,45	0,340	0,934	0,787
autres espèces présentes	0,62	1,03	165,60	0,752	0,722	0,967
biomasse par espèces (kg/ha)						
chabot	0,28	-0,70	-250,42	0,460	0,857	0,962
truite	18,56	45,61	245,80	0,075	0,078	0,969
vairon	4,70	1,83	38,84	0,659	0,624	0,656
loche franche	13,46	-1,58	-11,73	0,699	0,698	0,946
ombre commun	0,10	0,48	467,25	0,080	0,617	0,305
blageon	3,50	2,25	64,28	0,188	0,032	0,793
chevenne	19,88	14,77	74,27	0,029	0,005	0,079
gougeon	0,20	-0,05	-25,00	0,391	0,292	1,000
barbeau fluviatil	67,68	4,25	6,28	0,560	0,095	0,722
autres espèces présentes	1,87	0,33	17,50	0,656	0,003	0,942

B.4 - Population de truite commune

La comparaison des densités et des biomasses de truite observées sur les stations de contrôle (toutes les stations avant travaux et station témoin en 2008,2010 et 2012) et les stations après restauration (A1, A4, A5 et A6 en 2010 et 2012) semble mettre en évidence une augmentation post-travaux de ces 2 indices (figure 2). En effet la densité et la biomasse moyennes évoluent de 10,5 ind/1000m² (+- 8,8) pour 13,8 kg/ha (+-16) sur les stations de contrôle à 55 ind/1000m² (+-14,3) pour 35,2 kg/ha (+-18) après restauration.

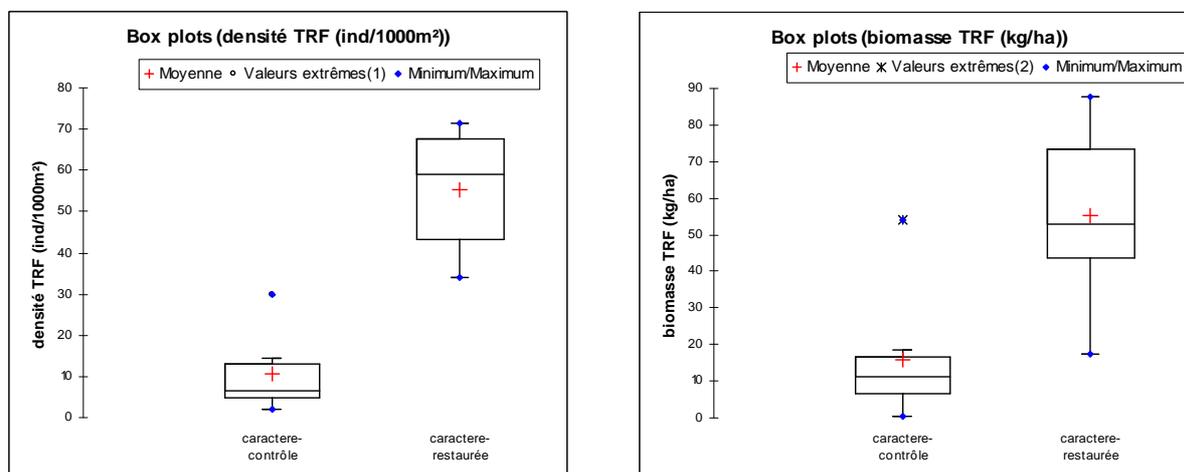


Figure 2 : Box-plot des densités (ind/1000m²) et biomasses (kg/ha) de truite sur les stations de contrôle et les stations restaurées sur le cours principal du Chéran.

La comparaison des réponses moyennes en densité et biomasse des différentes classes d'âge de truite (juvéniles, sub-adultes et adultes) sur les stations de contrôle *versus* restaurées (test Mann-Whitney, unilatéral) mettent en évidence (tableau 8) :

- une augmentation significative de la densité totale et de toutes les classes d'âge au seuil alpha=0,05 et au seuil alpha=0,01 pour les sub-adultes ;
- une tendance positive mais non significative de la biomasse totale de truite et d'adultes;
- une augmentation significative (alpha=0,01) de la biomasse de juvéniles et de sub-adultes de truite après restauration.

Tableau 8 : Moyennes avant travaux, réponses nettes moyennes et pourcentage de changement des variables relatives à la population de truite et à 3 classes d'âge (juvénile, sub-adulte et adulte); et P-value des test non-paramétrique de comparaison de 2 échantillons (Mann-Whitney) testant les différences significatives avant-après travaux, sur l'ensemble des sites restaurés sur le cours principal du Chéran.

	moyenne pré-restoration	réponse moyenne	% changement	P-value des différences	
				avant	après
Population de truite commune					
densité (ind/1000 m ²)					
totale	10,69	45,11	422,06		0,013*
juvéniles	7,50	25,21	336,24		0,021*
sub-adultes	0,63	12,67	1995,63		0,005**
adultes	2,75	8,55	311,18		0,021*
biomasse (kg/ha)					
totale	18,56	45,61	245,80		0,083
juvéniles	0,32	3,09	956,23		0,005**
sub-adultes	0,40	9,28	2339,80		0,005**
adultes	17,53	30,66	174,88		0,120

seuil de significativité
 * alpha=0,05
 ** alpha 0,01

C - Discussion

Une démarche efficace qui a permis d'atteindre les objectifs fixés

L'approche BACI mise en place pour évaluer les réponses des différentes variables étudiées sur les compartiments physiques, et biologiques permet d'établir que les objectifs visés par les travaux de restauration mis en œuvre sur le Chéran au niveau de Rumilly semblent atteints.

En effet, en ce qui concerne l'habitat, les résultats obtenus traduisent une diversification des vitesses d'écoulements et des substrats après travaux. Les aménagements réalisés ont permis l'apparition des classes de vitesses les plus élevées (> 75 cm/s) au débit d'étiage, représentées en proportion plus équitable (E) et selon une répartition plus hétérogène et morcelée (H') des lames d'écoulements sur les stations modifiées. D'autre part, les stations restaurées présentent une gamme de granulométrie plus variée après restauration, du fait des apports directement liés aux travaux en ce qui concerne la grosse granulométrie (blocs, rochers) et des conséquences des effets hydraulique des structures réalisées (amas de blocs, épis et caissons déflecteurs) en ce qui concerne la granulométrie fine (< 2 mm). Ainsi, les structures réalisées ont engendré une diversification à l'échelle des microhabitats sans parvenir à modifier significativement les caractéristiques de l'habitat relatives à l'échelle de la station (largeur moyenne, profondeur moyenne, granulométrie moyenne) à l'exception du ratio mouille:radier qui marque un léger recul des faciès profonds (> 60 cm) sur l'ensemble des secteurs restaurés. Malgré tout, les valeurs d'habitat potentiellement favorables à tous les stades de développement de la truite, gros individus compris (> 40 cm), progressent significativement sur les stations restaurées.

Les résultats obtenus au niveau du compartiment macro-benthique, indiquent une grande stabilité de la qualité hydrobiologique sur l'ensemble des stations sur toute la durée du suivi ce qui signifie qu'aucune perturbation majeure n'a influencé les résultats obtenus. Par ailleurs les analyses menées à l'échelle de la communauté macrobenthique révèlent d'une part une grande stabilité inter-sites et ne révèlent aucune modification notable relative à sa structure (diversité, équitabilité) ou à sa composition (variété, densité, abondance relative des ordres) avant-après travaux. Seule l'abondance relative des Ephémères progresse significativement. Cet ordre étant très majoritairement représenté par deux genres peu sensibles : *Baetis l.s.* et *Seratella* ; cette augmentation de l'abondance relative n'est probablement pas révélatrice d'une évolution majeure du milieu. Enfin, les apports de la communauté macrobenthique sur la fonctionnalité de l'écosystème, sont pauvres. Elles suggèrent seulement une augmentation de la présence du substrat litière non évaluée par la méthode des microhabitats, ainsi qu'une légère amélioration de la persistance des taxons polyvoltins (durée du cycle de vie > 1 an) sur l'ensemble des sites restaurés. Ainsi, que ce soit à l'échelle de la communauté ou des guildes, il apparaît que l'information principale apportée par ce compartiment est la stabilité spatio-temporelle de la situation hydrobiologique.

L'ensemble des indices étudiés à l'échelle du peuplement piscicole ne montre pas d'évolution significative avant-après travaux à l'exception de la variété spécifique. Cette perte globale de variété semble liée au fait que la station A5, porteuse de la plus grande variété spécifique du fait de la présence d'espèces indésirables issues des plans d'eau, n'a pas pu être inventoriée après travaux.

Les augmentations de la densité de truite et de la biomasse de chevenne sont les seules évolutions importantes avant-après travaux relevées à l'échelle des populations des espèces présentes. Si l'évolution de la population de truite pourrait être rapprochée de l'évolution favorable de l'attractivité de l'habitat des sites restaurés (CF : valeur d'habitat) pour les différents stades de cette espèce il n'en est pas de même pour les chevennes.

Concernant plus précisément la population de truite commune, elle réagit positivement à ces travaux. En effet, la densité totale et de toutes les classe d'âge (0+, sub-adultes et adultes) sont significativement supérieures sur les secteurs restaurés (55 ind/1000m² +-14) que sur les secteurs témoins (10,5 ind/1000m² +-9). En ce qui concerne la biomasse, si la tendance est à la hausse au niveau de la population, elle n'évolue significativement que pour les stades jeunes (juvéniles et sub-adultes).

Ainsi, trois ans après la fin des travaux, il apparait que les aménagements mis en œuvre ont principalement influencé la structure de l'écosystème à l'échelle du microhabitat et de la population de truite ; ce qui répond aux 2 objectifs fixés initialement (GREN, 2008).

Ainsi, il apparait que la démarche suivie pour ce projet a été positive. L'identification d'objectifs précis en amont du projet ainsi que l'intégration immédiate d'un suivi d'évaluation a permis d'aboutir à un projet cohérent avec les objectifs fixés ainsi qu'à une évaluation pertinente de ce dernier.

Retour d'expérience sur l'évaluation réalisée

La restauration des milieux naturels, est une science récente, de ce fait, l'amélioration des techniques de restauration nécessite de mener une évaluation objective sur un grand nombre de projets et d'en partager les retours d'expériences. (Bernhardt *et al.*, 2005 ; 2007; Palmer *et al.*, 2007).

Les travaux réalisés en 2009 sur le cours principal du Chéran peuvent être qualifiés d'ambitieux du point de vue de la taille du milieu sur lequel ils ont été réalisé (16 m de large à l'étiage), de la concentration et l'originalité des structures (îlots, caissons déflecteurs de grandes dimensions) mises place sur un linéaire de 2 km. En conséquence, il nous paraissait important de partager les retours d'expérience de ce projet autant du point de vue des résultats que de la technique d'évaluation mise en place.

Le protocole et les méthodologies mises en place ont permis, grâce à l'approche BACI, de quantifier les « effets nets » produits par les aménagements sur les compartiments physique et biologique (poissons et macro-invertébrés) à plusieurs échelles. Ainsi, l'étude de 3 ou 4 stations restaurées (réplicats) et d'une station témoin sur une période de 5 ans incluant une campagne avant travaux et 2 campagnes post-travaux s'avère être un minimum pour quantifier les changements provoqués par les aménagements réalisés.

Un recul de 3 ans semble suffisant en ce qui concerne le compartiment physique. Ceci d'autant plus que le secteur a subi 2 crues morphogènes d'occurrence biennale sur la période post-travaux en 2010 et 2011. En revanche, si une tendance à l'augmentation se dégage déjà nettement cette durée est trop courte pour estimer totalement les effets sur la population de truite, la durée moyenne d'une génération étant de 5 ans.

Par ailleurs, l'absence de plusieurs campagnes pré travaux ne permet pas de réaliser une analyse site par site comme initialement envisagée. Un minimum de 2 années de suivi aurait été nécessaire (Baldigo & Warren, 2008).

Les méthodologies mises en œuvre sur chaque compartiments avaient pour objectif de s'appuyer sur des mesures directes, reproductibles, quantitatives, recouvrant plusieurs échelles de résolution (la communauté, la population et les processus écologiques) décrite par plusieurs variables comme préconisé dans la littérature (Poole *et al.* 1997 ; Ruiz & Aide, 2005). Aucune préconisation n'existant à l'heure actuelle sur les méthodes à mettre en œuvre en fonction de type de milieu et des types de travaux, il semble important de présenter les enseignements que nous avons tirés de ce suivi.

L'utilisation de la méthode des microhabitats, habituellement utilisée pour fixer les débits réservés nécessaires aux équilibres biologiques naturels, présente l'avantage de pouvoir

travailler à un même débit grâce à la modélisation des écoulements réalisée grâce au logiciel EVHA, ce qui permet de comparer directement les stations quelques soit l'année. Malgré tout, cette méthode privilégie la modélisation hydraulique et ne prends pas en compte un certain nombre de caractéristiques de l'habitat influençant directement le compartiment piscicole et en particulier les populations de truite fario tel que le linéaire de caches (sous berge, blocs avec concavités, embâcles...) ou caractérisant certaines fonctions de l'écosystème (présence de matière organique, litière...).

Par ailleurs, l'effort d'échantillonnage du peuplement macrobenthique semble trop important au regard des informations fournies par ce compartiment. En effet, dans le cas du Chéran, le type de travaux mis en œuvre (R1) n'ayant pas d'ambition de modification de la fonctionnalité de l'écosystème, il semble qu'une méthode plus légère ayant pour simple objectif de suivre la qualité de l'écosystème pour s'assurer qu'il n'y a pas d'évolution notables pouvant impacter les autres indicateurs semble suffisante.

Enfin, en ce qui concerne le peuplement piscicoles, les inventaires piscicoles ont permis un bon suivi qualitatif de la communauté et quantitatif de la population de truite à ses différents stades de développement. En revanche, il n'apparait pas adapté au suivi de la population d'ombre commun pour lequel un objectif secondaire d'amélioration des zones de reproduction de cette espèce était affiché et n'a donc pas pu être correctement évalué.

L'utilisation pour chaque compartiment de nombreuses variables relatives à différentes échelles spatiales ou biologiques et différentes caractéristiques de l'écosystème (fonctionnalité, composition, structure) permet une bonne appréhension de l'étendue des changements. Dans notre cas, les modifications semblent bien ciblées. En effet, nous notons peu d'évolution des indices communautaires ou relatifs à la fonctionnalité de l'écosystème, alors que les variables relatives à la structure de l'habitat (à l'échelle du microhabitat) ou de la population de truite répondent nettement.

Enfin, l'analyse de « l'effet net » semble la plus appropriée à ce type d'évaluation ; en effet, une approche comparative classique année par année (Annexes 8 à 18) n'aurait pas permise une évaluation aussi précise des effets des travaux car elle ne permet pas d'intégrer la variabilité interannuelle captée au niveau de la station témoin.

Bibliographie

- AFNor, 1992 ; 2004. Essai des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Association française de normalisation, norme homologuée T 90-350, 8p.
- Agence de l'eau RMC (BIOTEC biologie appliquée / Malavoi JR), 2006. Retour d'expérience d'opérations de restauration de cours d'eau et de leurs annexes, menées sur le bassin RMC. Rapport n°05.079-ETU-101, 129p.
- Baldigo B.P., Warren D.R., Ernst A.G. & Mulvihill C.I., 2008. Response of fish to natural channel design restoration in streams of the Catskill Mountains, New York. *North American journal of fisheries management*, 28(3) : 954-969.
- Baldigo B.P. & Warren D.R., 2008. Detecting response of fish assemblages to stream restoration : effects of different sampling designs. *North American journal of fisheries management*, 28(3) : 919-934.
- Baldigo B.P., Ernst A.G., Warren D.R. & Miller S.J., 2010. Variable responses of fish assemblages, habitat, and stability to natural-channel-design restoration in Catskill mountain streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 139(2) : 449-467.
- Bernardt E.S., Sudduth E.B., Palmer M.A., Allan J.D., Meyer J.L., Alexander G., Follstad-Shah J., Hassett B., Jenkinson R., Lave R., Rumps J. & Pagano L., 2007. Restoring rivers onr reach at a time : results from a survey of US river restoration practitioners. *Restoration ecology*, 15(3) : 482-493.
- Bernhardt E.S., Palmer M.A., Allan J.D., Alexander G., Barnas K., Brooks S., Carr J., Clayton S., Dahm C., Follstad-Shah J., Galat D., Gloss S., Goodwin P., Hart D., Hassett B., Jenkinson R., Katz S., Kondolf G.M., Lake P.S., Lave R., Meyer J.L., O'Donnell T.K., Pagano L., Powell B. & Sudduth E., 2005. Synthesizing U.S. River restoration efforts. *Science*, 308(5722) : 636-637.
- Bovee, 1982. A guide to stream habitat analysis using the instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper n°12, FWS/OBS 82/86, U.S.D.S. Fish and Wildlife Service, *Office of biological Services*, Fort Collins, Colorado.
- Carle, F. L. & Strub, M. R. (1978) A new method for estimating population size from removal data. *Biometrics*, 34, 621-830.
- Caudron, Champigneulle et Guyomard, 2006a. Identification et caractéristiques génétiques des populations de truites autochtones sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie. pp : 39-53. *in* programme INTERREG III A- Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final. 06/02. 153p.
- Chasserieu C., 2012. Evaluation des travaux de diversification de l'habitat physique sur le bas Chéran réalisés en 2008 : comparaison des états des lieux effectués avant travaux (2008) et un an après travaux (2010) ; rapport intermédiaire. Rapport FDP74.12/01, 45p. + annexes.
- Conseil Supérieur de la Pêche, Délégation régionale de Lyon, 2001. Etat initial des peuplements piscicoles du Chéran - situation 1999-2000 – 15p. + annexes.
- De Lury D.B., 1951. On the planning of experiments for the estimation of fish population. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 18 : 281-282.
- Ernst A.G., Warren D.R. & Baldigo B.P., 2012. Natural-channel-design restorations that changed geomorphology have little effect on macroinvertebrate communities in headwater streams. *Restoration Ecology*, 20(4) : 532-540.
- EVHA, version 2.0, 1998. un logiciel d'évaluation de l'habitat physique du poisson en rivière. CEMAGREF-LYON , 3 bis quai Chauveau,69336 Lyon Cedex 09, France.

- Ginot V., Souchon Y., Capra H., Breil P., Valentin S., 1998. EVHA 2.0, Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière, Guide Méthodologique.
- GREN, 2008. Travaux de diversification des habitats aquatiques du Chéran (Opérations B3-8, B3-9 et B3-10 du Contrat de Rivière), Etude de projet – PRO, Document graphique.
- FAO, 2005. Roni P., Hanson K., Beechie T., Pess G., Pollock M., Bartley D.M., Habitat rehabilitation for inland fisheries. Global review of effectiveness and guidance for rehabilitation of freshwater ecosystems. FAO Fisheries Technical Paper. N° 484. Rome, FAO. 2005. 116p.
- Frissell C.A. & Nawa R.K., 1992. Incidence and causes of physical failure of artificial habitat structures in streams of western oregon and washington. North American journal of fisheries management, 12 (1) : 182-197.
- Kondolf G.M., 1995. Five elements for effective evaluation of stream restoration. Restoration ecology, 3(2) : 133-136.
- Palmer M.A., Bernardt E.S., Allan J.D., Lake P.S., Alexander G., Brooks S., Carr J., Clayton S., Dahm N., Follstad Shah J., Galat D.L., Loss S.G., Goodwin P., Hart D.D., Hassett B., Jenkinson R., Kondolf G.M., Lave R., Meyer J.L., O'Donnell T.K., Pagano L. & Sudduth E., 2005. Standards for ecologically successful river restoration. Journal of applied acology, 42(2) : 208-217.; 2007.
- Roni P., Beechie T.J., Bilby R.E., Leonetti F.E., Pollock M.M. & Pes G.R., 2002. A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in pacific northwest watersheds. North American journal of fisheries management, 22 : 1-22.
- SAGE Environnement, 2009. Suivi de la qualité des eaux du bassin versant du Chéran, Année 2008-2009 ; Rapport intermédiaire, 54p + annexes.
- Sogreah, 2005. Plan de gestion des matériaux solides du Chéran, phases 1,2 et 3.
- Souchon Y., Trocherie F., Fragnoud E. & Lacombe C., 1989. Les modèles numériques des microhabitats de poissons. Application et nouveaux développements. *Revue des sciences de l'eau*, 2 : 8027-830.
- Stewart-Oaten A., Murdoch W.W. & Parker K.R., 1986. Environmental impact assessment : "pseudoreplication" in time? Ecology, 67(7) : 929-940.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P., 2003. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. CNRS Eds, 587p.
- Underwood A.J., 1994. On beyond BACI : sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. Ecological Applications, 4(1) : 3-15.
- Verneaux, 1973. Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Thèse d'Etat. Université de Franche-Comté, Besançon, 257p.
- Vigier L., Caudron A., Huchet P., 2007. Etude de la qualité thermique du Chéran haut-Savoyard, données 2004-2005. FDP74.01/07, 18 p.+ annexes.
- Vigier & Caudron, 2008. Bibliographie annotée : évaluation de l'efficacité des travaux de restauration des habitats physiques des cours d'eau. Rapport FDP74.08/01, 137p.

Annexes

ANNEXE 1 : SCHEMATISATION DES AMENAGEMENTS REALISES PAR AMBIANCE SUR LES 4 STATIONS D'ETUDE PRESENTEES PAR LEUR ORDRE D'APPARITION D'AMONT EN AVAL (GREN, 2008).

ANNEXE 2 : ILLUSTRATION PHOTOGRAPHIQUE DES DIFFRENTS TYPES D'AMBIANCES, TABLEAU DE SYNTHESE DES TYPE DE STRUCTURES UTILISEES ET LEURS OBJECTIFS ET SYNTHESSES DES AMENAGEMENTS REALISES PAR AMBIANCES SUR LE BAS CHERAN.

ANNEXE 3 : LOCALISATION DES 5 STATIONS D'ETUDE SUIVIES DANS LE CADRE DE L'EVALUATION DES TRAVAUX REAMMISE SUR LE BAS CHERAN.

ANNEXE 4 : SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES DES STATIONS ET DES INVESTIGATION MENEES DANS LE CADRE DE L'EVALUATION DES TRAVAUX REALISE SUR LE BAS CHERAN.

ANNEXE 5 : SYNTHESE DES DONNEES DE CALAGE POUR LE LOGICIEL EVHA.

ANNEXE 6 : LOCALISATION DE LA STATION DE HYDROLOGIQUE D'ALLEVES PAR RAPPORT A LAZONE D'ETUDE ET DEBITS CARACTERISTIQUES CALCULE A ALLEVES ET ESTIME A RUMILLY.

ANNEXE 7 : HISTOGRAMME DES DEBITS EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE D'APPARITION ENTRE 2008 ET 2012.

ANNEXE 8 : EVOLUTION TEMPORELLE DE LA REPRESENTATION RELATIVE DES FACIES D'ECOULEMENT SUR LES 4 STATIONS ETUDIEES SUR LE BAS CHERAN

ANNEXE 9 : REPRESENTATIONS SURFACIQUES DES DIFFERENTES CLASSES DE HAUTEUR D'EAU (A) ET DE VITESSE DE COURANT (B) SUR LES 3 STATIONS ANALYSEES POUR LES SITUATIONS AVANT TRAVAUX (2008) ET UN AN APRES TRAVAUX (2010) OBSERVEES POUR UN DEBIT EQUIVALENT AU QMNA₅.

ANNEXE 10 : FIGURES EVHA

ANNEXE 11 : EVOLUTION 2008 (AVANT TRAVAUX) – 2010 (1 AN APRES TRAVAUX) - 2012 (3 ANS APRES TRAVAUX) DES INDICES IBGN, Cb2 ET M (ET PARAMETRES ASSOCIES) SUR LES 5 STATIONS D'ETUDE DU MACROBENTHOS

ANNEXE 12 : EVOLUTION POST-TRAVAUX DES EFFECTIFS DES DIFFERENTS ORDRES (HISTOGRAMME) ET DE LA VARIETE GENERIQUE (COURBE BLEUE = TOTALE, COURBE VERTE = AVEC N_{≥3}) DES PEUPEMENTS D'INVERTEBRES SUR LES 5 STATIONS DE SUIVI : SITUATIONS AVANT TRAVAUX (2008), 1 AN APRES TRAVAUX (2010) ET 3 ANS APRES TRAVAUX (2012)

ANNEXE 13 : DENSITES (A) ET BIOMASSES (B) ESTIMEES DU PEUPEMENT PISCICOLE TOTAL SUR LES 5 STATIONS DE SUIVI POUR LES SITUATIONS AVANT TRAVAUX (2008) ET UN AN APRES TRAVAUX (2010)

ANNEXE 14 : LOCALISATION DES STATIONS D'ETUDE DU PEUPEMENT PISCICOLE SUR LE LINEAIRE AVAL DU CHERAN ET CARACTERISTIQUES DE DENSITES ET BIOMASSES ESTIMEES DE CHAQUE ESPECE COMPOSANT LE PEUPEMENT PISCICOLE SUR LES 4 STATIONS DE SUIVI POUR LES SITUATIONS AVANT TRAVAUX (2008, VERT), 1 AN APRES TRAVAUX (2010, ORANGE) ET 3 ANS APRES TRAVAUX (2012, BLEU)

ANNEXE 15 : COMPARAISON SUR LES 4 STATIONS DE SUIVI DES PEUPEMENTS PISCICOLES THEORIQUES (GRIS) ET OBSERVES EN 2008 (VERT), 2010 (ORANGE) ET 2012 (BLEU).

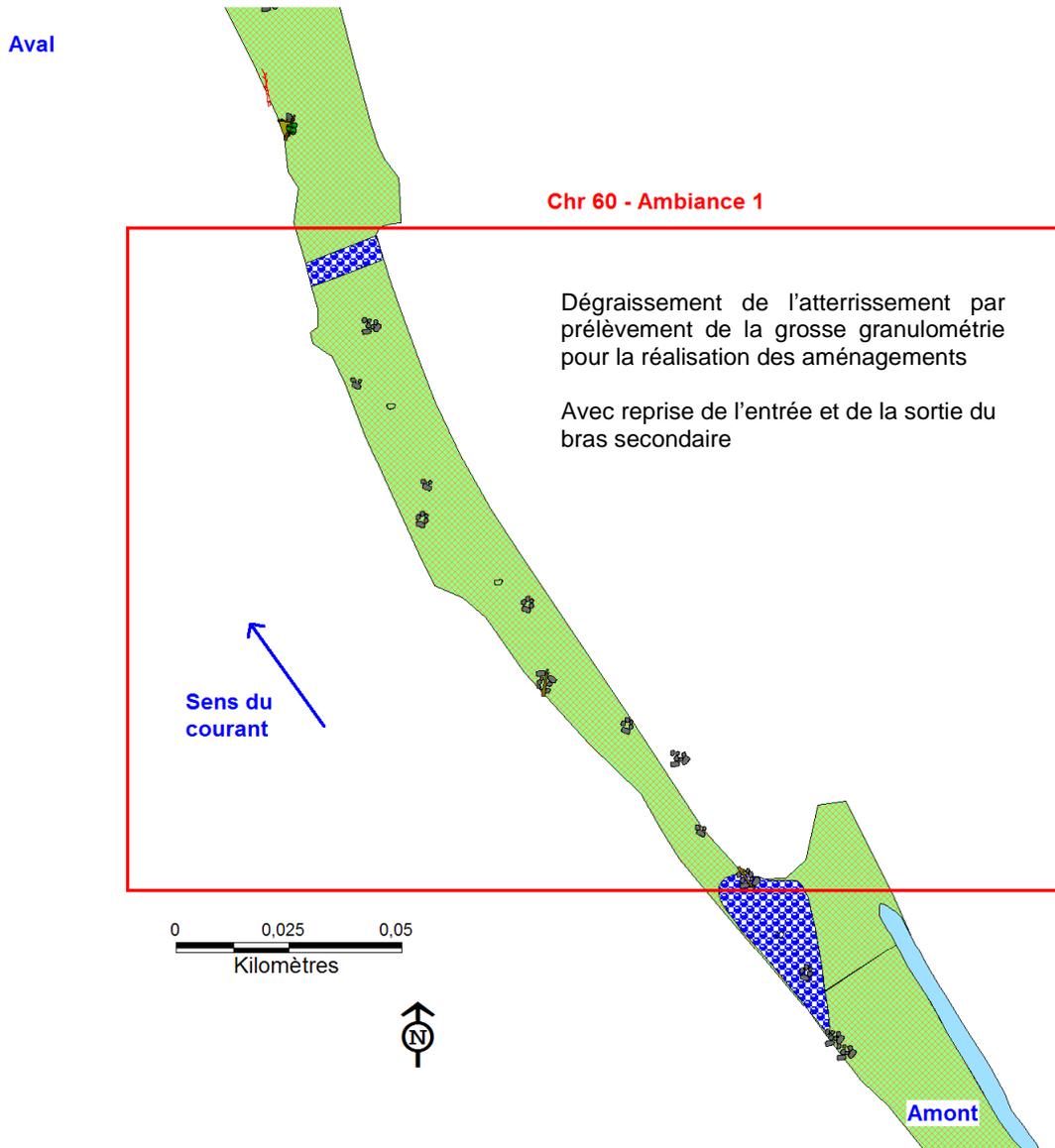
ANNEXE 16 : DENSITE (A) ET BIOMASSE (B) ESTIMEES DE LA POPULATION DE TRUITE FARIO SUR CHAQUE STATION ET CHAQUE ANNEE DE SUIVI.

ANNEXE 17 : LINEAIRE DE BERGE EN METRE POUR UNE TRUITE MAILLEE (25 CM SELON LA LEGISLATION EN VIGUEUR SUR LE TERRITOIRE DE L'AAPPMA DE L'ALBANAIS)

ANNEXE 18 : STRUCTURE DES POPULATIONS DE TRUITE FARIO AVANT TRAVAUX (2008), 1 AN APRES TRAVAUX (2010) ET 3 ANS APRES TRAVAUX (2012) : DENSITES DE TRUITE PAR CLASSE DE TAILLE (HISTOGRAMME JAUNE = ALEVIN) ET COMPARAISON DES FREQUENCES DE TAILLE RELATIVES (PRUNE) AUX FREQUENCES MOYENNES STANDARDS DU DEPARTEMENT (BLEU).

ANNEXE 19 : DONNEES BRUTES

Annexe 2 : SCHEMATISATION DES AMENAGEMENTS REALISES PAR AMBIANCE SUR LES 4 STATIONS D'ETUDE PRESENTEES PAR LEUR ORDRE D'APPARITION D'AMONT EN AVAL (GREN,2008).



Légende

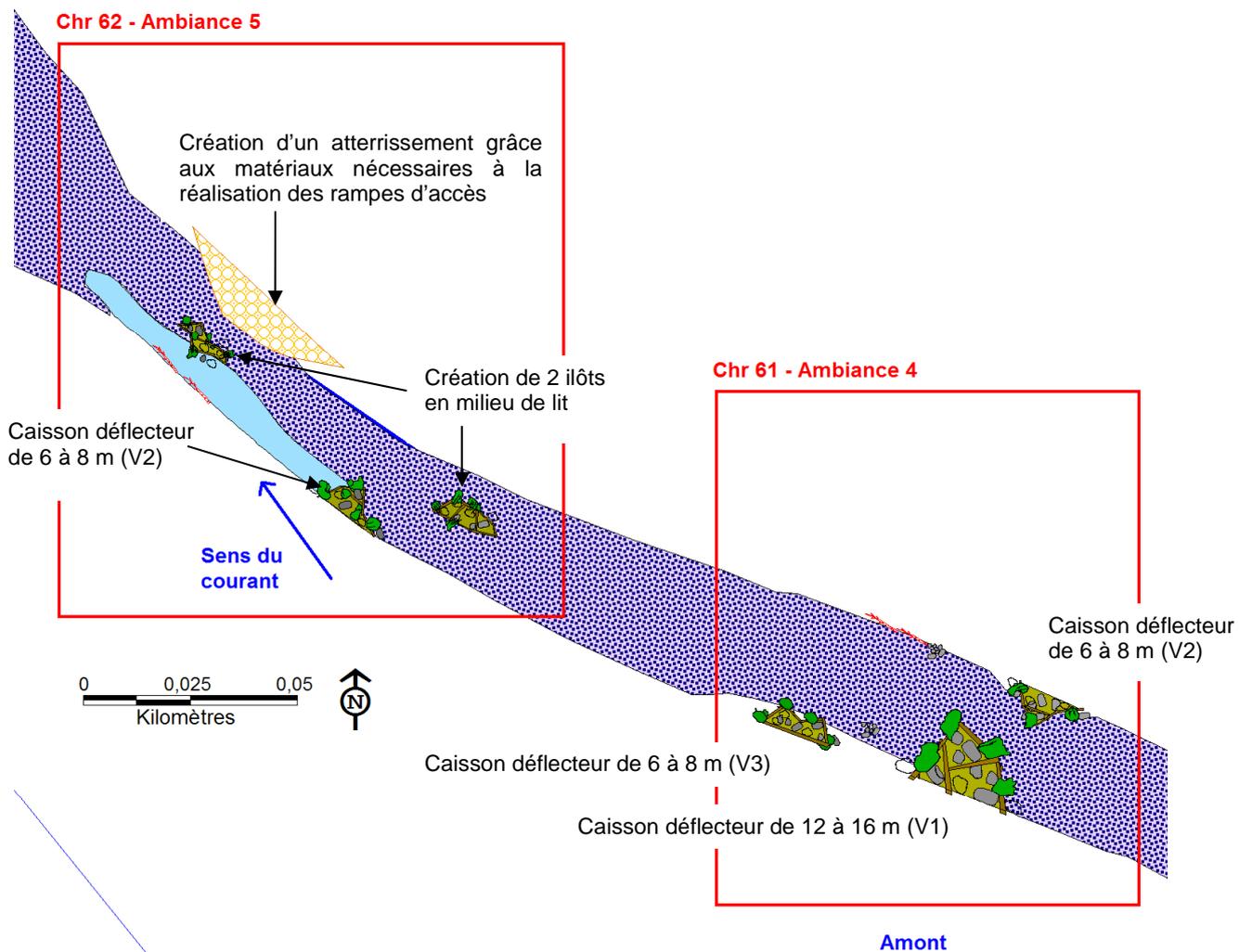
Types de faciès d'écoulement

- Chenal lotique
- Mouille
- Plat courant
- Plat lent
- Radier

Types d'aménagement

- Amas de blocs (volumes 3, 3.5, 5.5 et 8m³ avec bois rond)
- Epi deflecteur (formes des variantes 1 à 4)
- Caisson deflecteur de 6 à 16 m (formes des variantes 1 à 3)
- Îlot central (formes des variantes 1 à 2)
- Embâcle câblé en berge

Aval



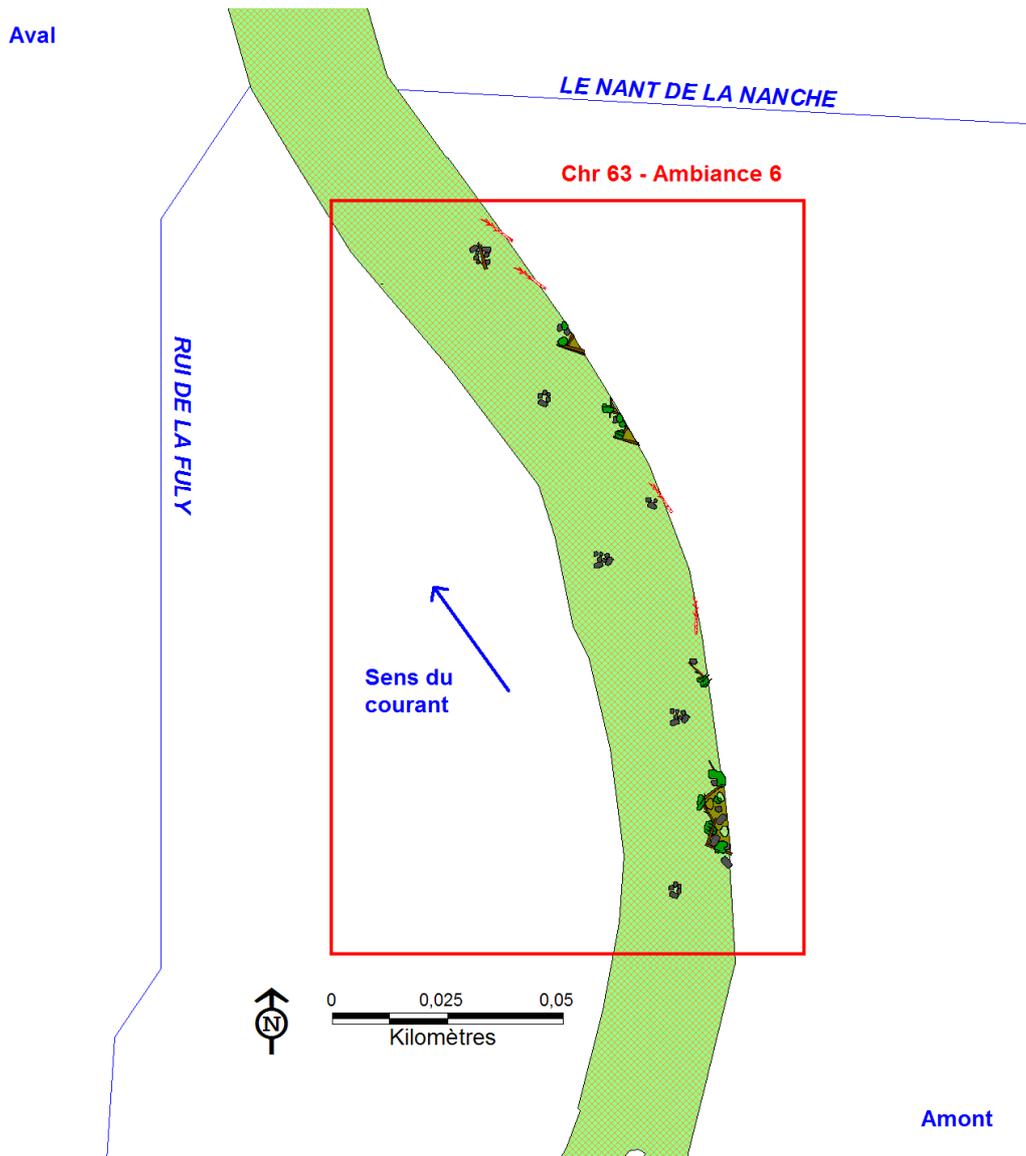
Légende

Types de faciès d'écoulement

- Chenal lotique
- Mouille
- Plat courant
- Plat lent
- Radier

Types d'aménagement

- Amas de blocs (volumes 3, 3.5, 5.5 et 8m³ avec bois rond)
- Epi déflecteur (formes des variantes 1 à 4)
- Caisson déflecteur de 6 à 16 m (formes des variantes 1 à 3)
- Îlot central (formes des variantes 1 à 2)
- Embâcle câblé en berge



Légende

Types de faciès d'écoulement

-  Chenal lotique
-  Mouille
-  Plat courant
-  Plat lent
-  Radier

Types d'aménagement

-  Amas de blocs (volumes 3, 3.5, 5.5 et 8m³ avec bois rond)
-  Epi déflecteur (formes des variantes 1 à 4)
-  Caisson déflecteur de 6 à 16 m (formes des variantes 1 à 3)
-  Îlot central (formes des variantes 1 à 2)
-  Embâcle cablé en berge

ANNEXE 2 : ILLUSTRATION PHOTOGRAPHIQUE DES DIFFRENTS TYPES D'AMBIANCES, TABLEAU DE SYNTHESE DES TYPE DE STRUCTURES UTILISEES ET LEURS OBJECTIFS ET SYNTHESES DES AMENAGEMENTS REALISES PAR AMBIANCES SUR LE BAS CHERAN.



Ambiance 1

Dépôt de blocs parsemés dans le lit



Ambiance 2, 3 et 6

Structures accolées en berges (caissons végétalisés et épis) en ossature troncs renforcées par des blocs rocheux et dépôt de blocs dans le lit



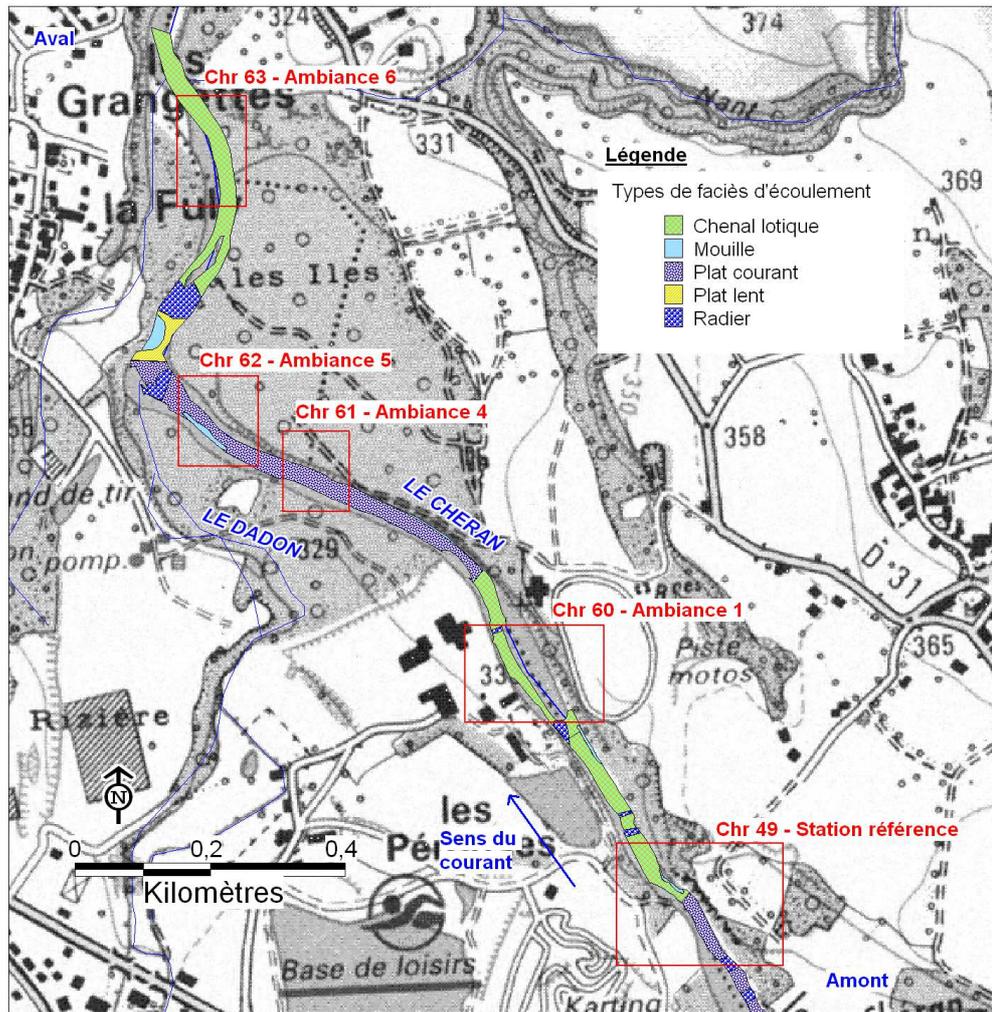
Ambiance 4 et 5

Grosses structures combinées de bois et blocs (îlot, caissons végétalisés et épis) dans le lit et accolées aux berges

type d'aménagement	Abreviation	précision	objectifs	illustration (GREN, 2008)
Amas de blocs ou structure de bois rond fixé par de pieux	AB	en milieu de lit ou en berge	massifs de différentes grosseurs afin de servir de caches à la faune piscicole et de support à la faune macro benthique	
épis déflecteurs	ED	largeur de 3 à 4 m	créer des perturbations hydrauliques locales avec création de zone de dépôt en arrière et de zone de fouille directement en aval concentrer la lame d'eau et d'accélérer les écoulements pour les faibles débits	
caisson déflecteurs	CD	ancrées en berge largeur de 6 à 8m	réduire la largeur mouillée pour les débits faibles	
îlot	I	structures seront réservées aux zones de grande sur largeur	réduire la largeur de la lame d'eau afin de redonner une dynamique aux flux	
dégraisement atterrissement	DA		réduire l'emprise de l'atterrissement pour redonner de la section au lit vif du Chéran	
fixation d'embâcles en berge	FA	en berge	servir de caches à la faune piscicole, protection de berge sommaire en aval d'un aménagement	

	Tronçon	T4				T5	
	Ambiance	A1	A2	A3	A4	A5	A6
amas de blocs (AB)		15	6	3	4	6	6
épis déflecteurs (ED)			5	1			4
caisson déflecteur (CD)					3	1	
îlot (I)						2	
dégraisement de l'atterrissement (D att)		1				1	
fixation d'embâcles (FA)			1	1	1	2	4

ANNEXE3 : LOCALISATION DES 5 STATIONS D'ETUDE SUIVIES DANS LE CADRE DE L'EVALUATION DES TRAVAUX REAMMISE SUR LE BAS CHERAN.



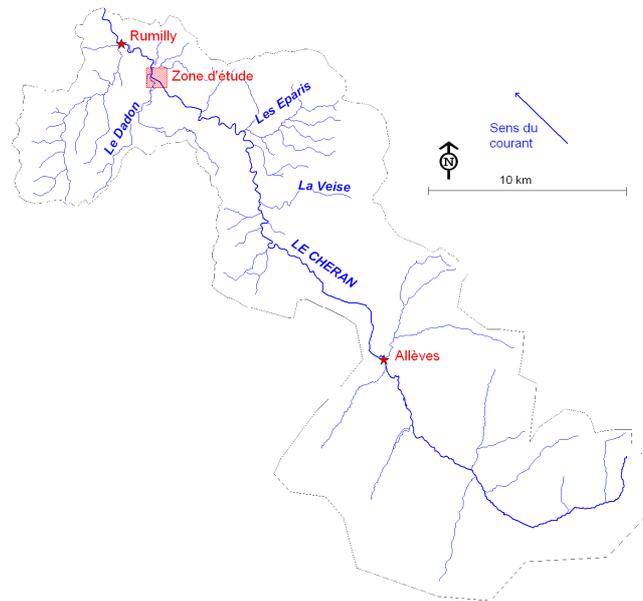
ANNEXE 4 : SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES DES STATIONS ET DES INVESTIGATION MENEES DANS LE CADRE DE L'EVALUATION DES TRAVAUX REALISE SUR LE BAS CHERAN.

stations		Chr 49	Chr 60	Chr 61	Chr 62	Chr 63
Tronçon		T2	T3		T4	T5
Ambiance		Témoïn	A1	A4	A5	A6
Lieu-dit / localisation		Amont plan d'eau AAPPMA	Salle des fêtes de Boussy	Amont station de pompage	Aval station de pompage (cf. îles)	Amont confluence Nant de la Nanche
Coordonnées (LBI)	X	882205	881970	881710	881500	881500
	Y	2100560	2100930	2101160	2101280	2101730
Largeur (m)		20	11	25	25	17
Longueur (m)		142	195	88	131	120
Surface (m²)		2840	2145	2200	3275	2040
ratio longueur/largeur		7,1	17,7	3,5	5,2	7,1
habitat		22/07/2008 (2,4)	02/07/2008 (1,96)	22/07/2008 (2,4)	22/07/2008 (2,4)	01/07/2008 (1,94)
Dates des relevés (débits observés)		02/09/2010 (0,986)	04/08/2010 (0,918)	25/08/2010 (1,23)	X	23/08/2010 (1,34)
		27/08/2012 (0,694)	28/08/2012 (0,687)	10/09/2012 (0,842)	X	29/08/2012 (0,770)
nombre de transects : mini-maxi						
Remarques			Relevés topographiques 2008 : Théodolithe + prisme		devenue trop profonde à la suite des travaux	
poissons	Matériel de pêche utilisé	héron (2)	héron (2)	héron + martin	héron	héron
	Nombre d'anodes	4	4	5	4	4
		25/07/2008 (1,9)	25/07/2008 (1,9)	23/07/2008 (2,16)	23/07/2008 (2,16)	23/07/2008 (2,16)
Dates des inventaires (débits observés)		31/08/2010 (1,09)	31/08/2010 (1,09)	01/09/2010 (1,02)	X	01/09/2010 (1,02)
		26/07/2012 (0,887)	25/07/2012 (0,898)	25/07/2012 (0,898)	X	24/07/2012 (0,938)
Remarques					devenue trop profonde à la suite des travaux pour être pêchée	
invertébrés		05/08/2008 (1,27)	05/08/2008 (1,27)	04/08/2008 (1,32)	04/08/2008 (1,32)	31/07/2008 (1,51)
Dates des relevés (débits observés)		29/07/2010 (1,15)	29/07/2010 (1,15)	29/07/2010 (1,15)	29/07/2010 (1,15)	29/07/2010 (1,15)
		23/07/2012 (0,968)	23/07/2012 (0,968)	23/07/2012 (0,968)	23/07/2012 (0,968)	23/07/2012 (0,968)

ANNEXE 5 : SYNTHÈSE DES DONNÉES DE CALAGE POUR LE LOGICIEL EVHA.

		débit calage	T retenu cal Q	Q min à modéliser	Q max à modéliser	observations Q modélisable (ligne d'eau sur profil en travers)	pente de ref	observation choix pente	transects retenus pour analyse
CHR49	CHR49_N	3,421	(-T4)			débordement du profil dès 8,11 (Q50% tps) <module / prévoir extension bord (voir si berge verticales)	0,75	pente de la station	tous
	CHR49_N2	1,626	(-T4 et T7)			module OK, T1 limite pour 90% Q clas	0,75	idem CHR49_N	tous
	CHR49_N4	1,0796	T3,4,7			OK pour tous jusqu'à 90% Q clas	8,29	avec ajustement D84	tous
CHR60	CHR60_N	3,533	(-T2 et T3)	1,1		deb après module interannuel (possible OK pour 75%Q clas)	11,25	pente du dernier transect	T2 à T7
	CHR60_N2	1,818	(-T2,5,7,9,14)			à peu près jusqu'au module (selon transects)	18,06	pente du dernier transect	T2 à T7
	CHR60_N4	1,27	tous		26	à peu près jusqu'au module (selon transects) /modelisation impossible à 28 m3/s	14,06	pente du dernier transect	tous
CHR61	CHR61_N	3,295	(-T3 et T4)			deb avant module	0,22		T1 à T3
	CHR61_N2	1,893	T9			OK jusqu'à > 90% Q clas	1,37	avec ajustement D84	tous
	CHR61_N4	1,744	tous			OK jusqu'au module / selon transect à 90%Q clas	0,48	pente du dernier transect	tous
CHR63	CHR63_N	3,033	T5 et T6			à peu près jusqu'au module (selon transects)	9,57	avec ajustement D84	tous
	CHR63_N2	2,455	tous sauf T9			à peu près jusqu'au module/ 90%Qclas (selon transects)	1,32	pente du dernier transect	tous
	CHR63_N4	1,166	tous			OK jusqu'au module / selon transect à 90%Q clas	1,32	idem CHR63_N2	tous

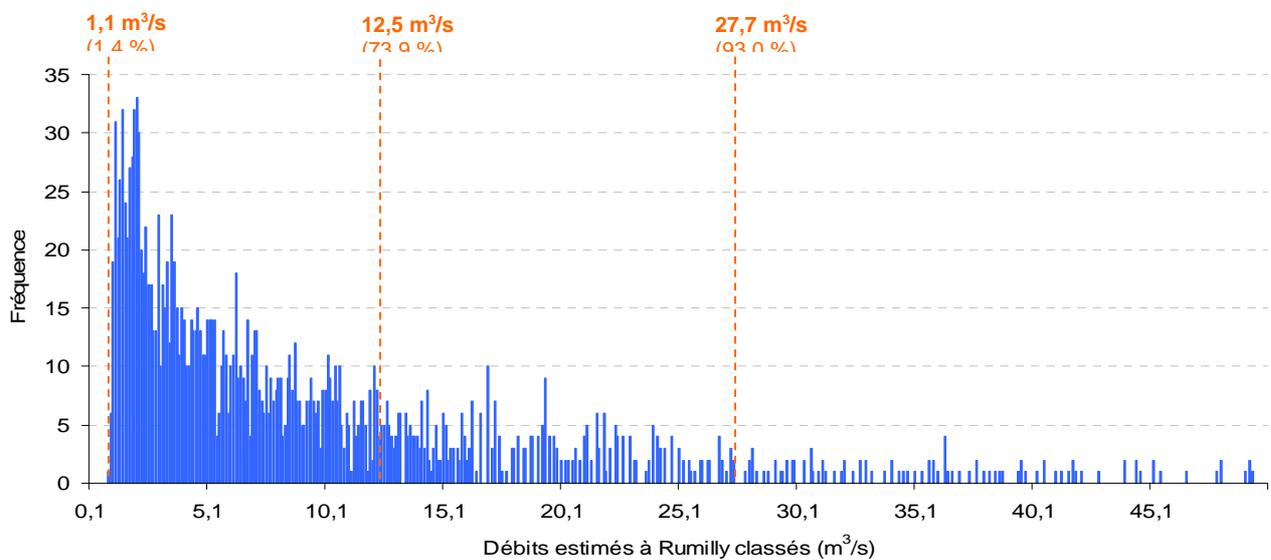
ANNEXE 6 : LOCALISATION DE LA STATION DE HYDROLOGIQUE D'ALLEVES PAR RAPPORT A LA ZONE D'ETUDE ET DEBITS CARACTERISTIQUES CALCULE A ALLEVES ET ESTIME A RUMILLY.



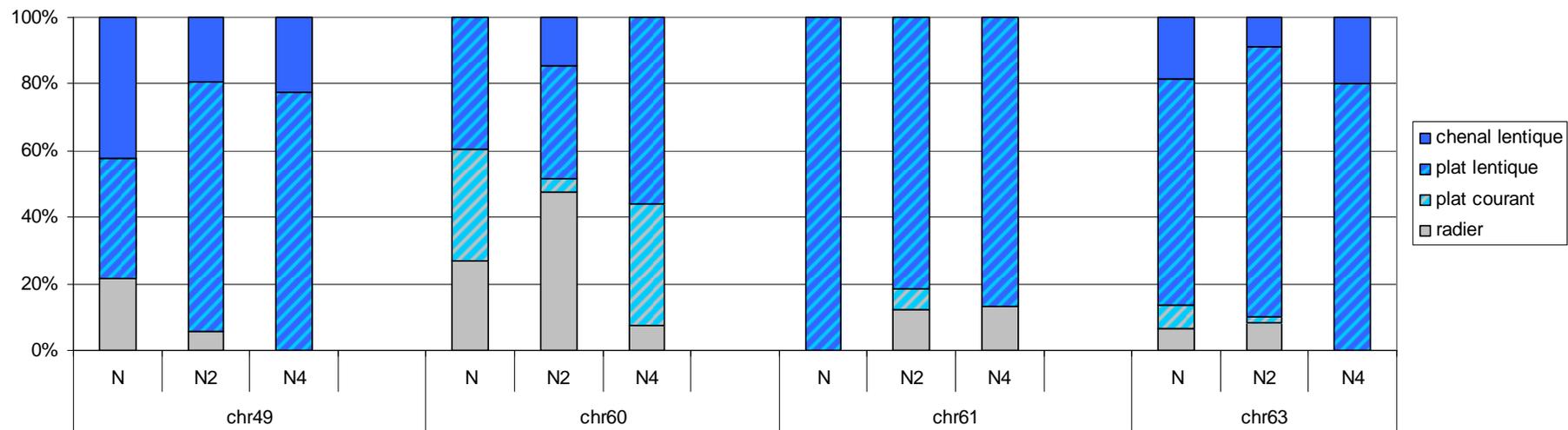
débites caractéristiques

	estimation Rumilly (m ³ /s)	Allève (m ³ /s)
QMNA5	1,79	1,1
QMNM	2,97	1,82
débit médian	12,54	7,7
Module	12,50	7,67
crue biennale (QJ)	101,01	62
crue quinquennale (QJ)	128,71	79
Crue decennale (QJ)	146,63	90

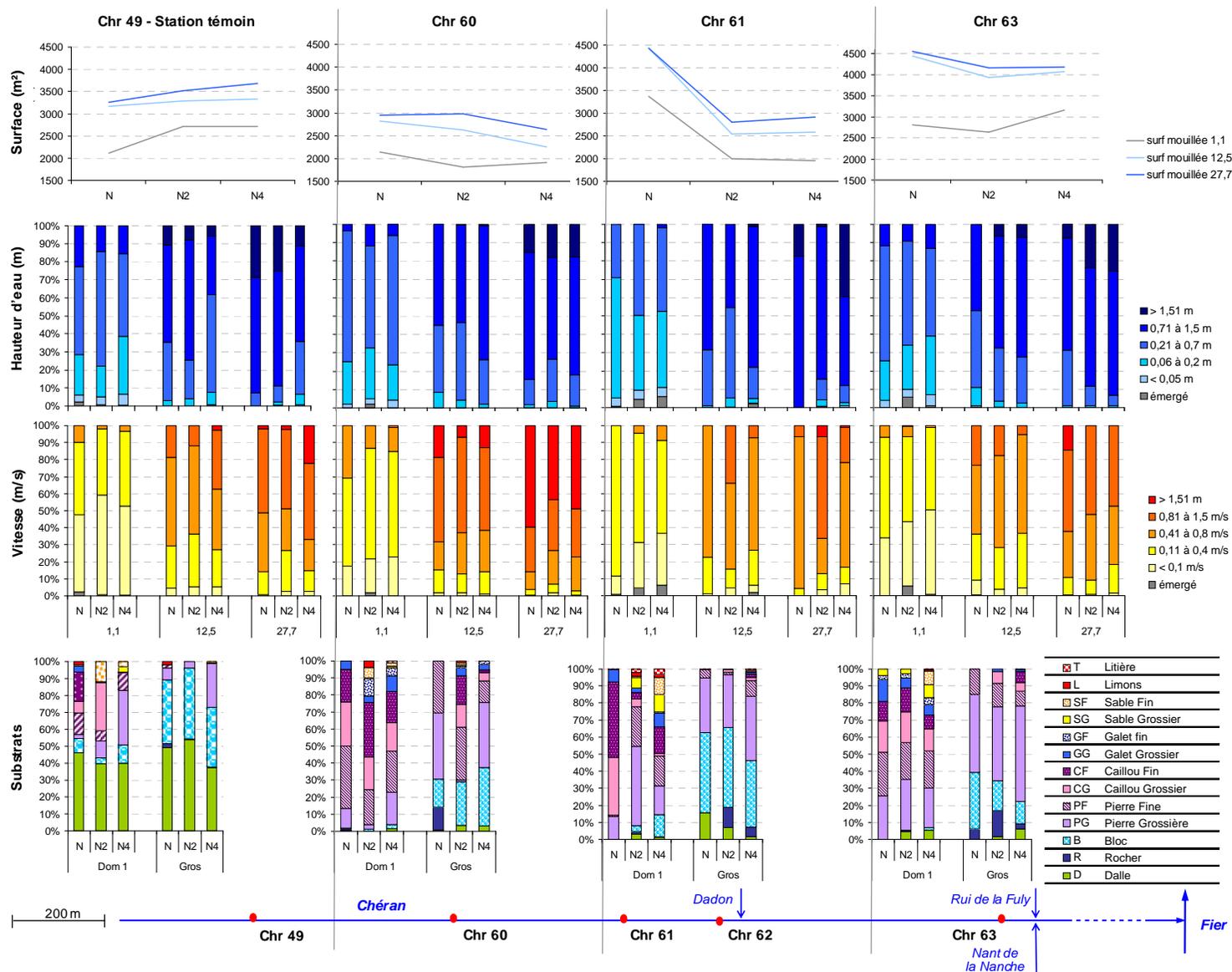
ANNEXE 7 : HISTOGRAMME DES DEBITS EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE D'APPARITION ENTRE 2008 ET 2012.



ANNEXE 8 : EVOLUTION TEMPORELLE DE LA REPRESENTATION RELATIVE DES FACIES D'ECOULEMENT SUR LES 4 STATIONS ETUDIEES SUR LE BAS CHERAN



ANNEXE 9 : REPRESENTATIONS SURFACIQUES DES DIFFERENTES CLASSES DE HAUTEUR D'EAU (A) ET DE VITESSE DE COURANT (B) SUR LES 3 STATIONS ANALYSEES POUR LES SITUATIONS AVANT TRAVAUX (2008) ET UN AN APRES TRAVAUX (2010) OBSERVEES POUR UN DEBIT EQUIVALENT AU QMNA₅.

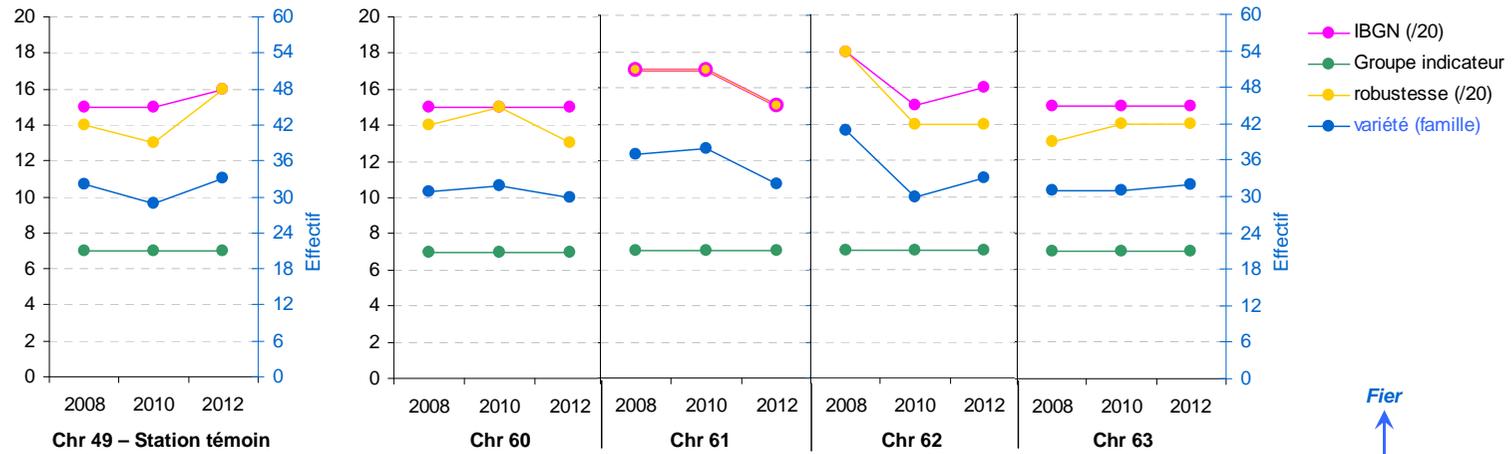


ANNEXE 10 : FIGURES EVHA

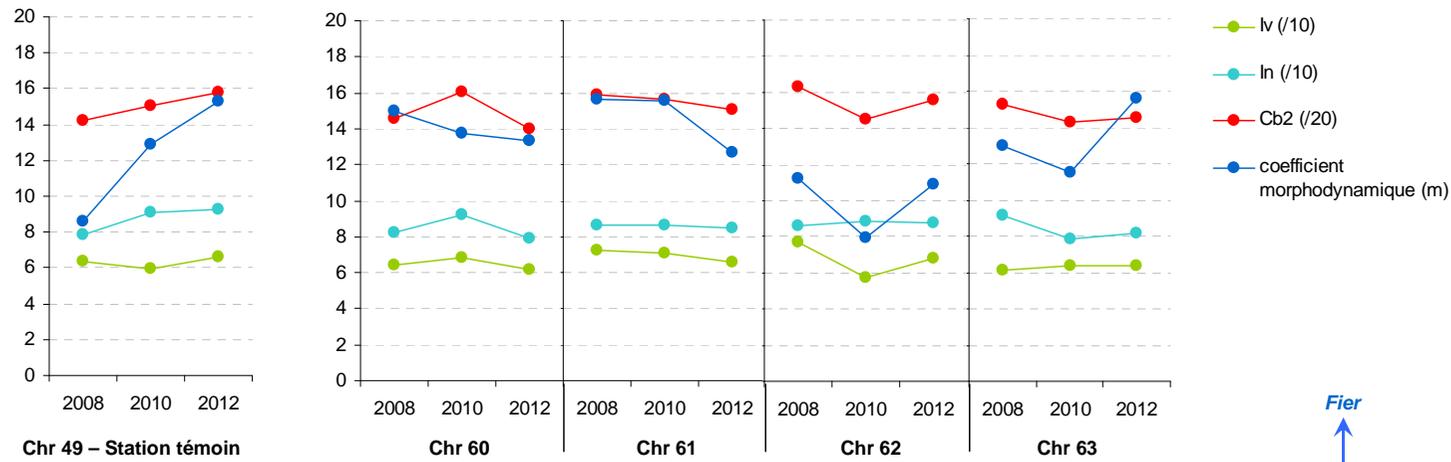
Fichier Publisher joint nommé « annexe10_figures EVHA » présentant par station (de Chr49 à Chr63) les sorties graphiques réalisées à partir du logiciel EVHA :

- les profils en long, les profils en travers des transects et les vues en plans des classes de hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulements à l'étiage pour les 3 années suivies.
- Les courbes de valeur d'habitat en fonction du débit pour tous les stades/espèces des espèces présentes sur le secteur selon 2 modes de présentation :
 - o Tous les stades espèces par années
 - o Toutes les années par stades espèces
- Vue en plan de la valeur d'habitat à trois débits (1,1m³/s, 12,5 m³/s et 27,7 m³/s) pour les stades adultes et juvéniles (ADU, JUV) des espèces cibles (truite TRF et ombre OBR), un cyprinidés d'eau vive (barbeau fluviatile BAF) et une espèce benthique (chabot CHA)

ANNEXE 11 : EVOLUTION 2008 (AVANT TRAVAUX) – 2010 (1 AN APRES TRAVAUX) - 2012 (3 ANS APRES TRAVAUX) DES INDICES IBGN, Cb2 ET M (ET PARAMETRES ASSOCIES) SUR LES 5 STATIONS D'ETUDE DU MACROBENTHOS



Chéran

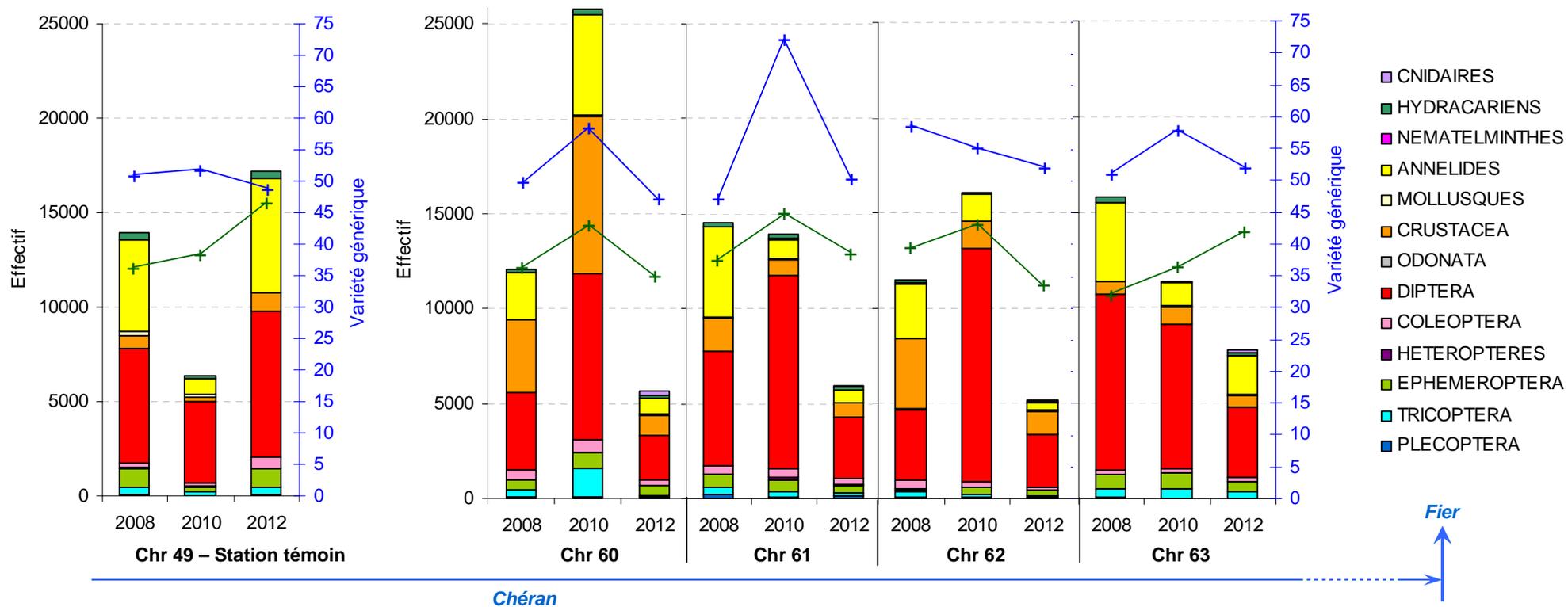


Chéran

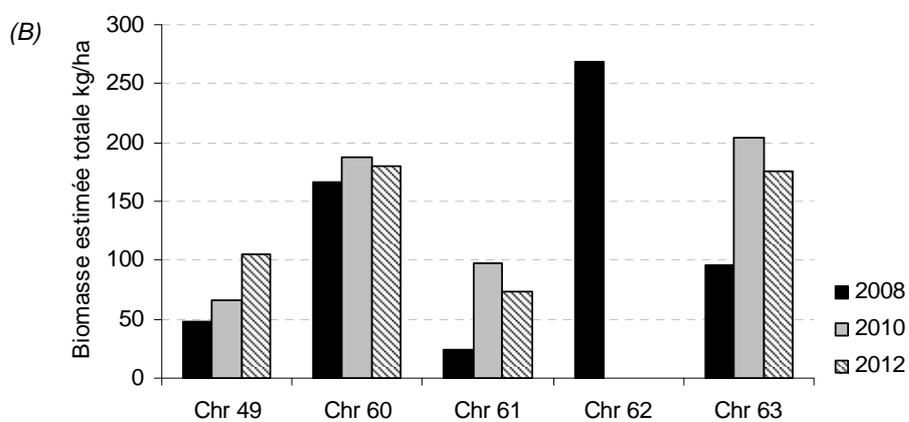
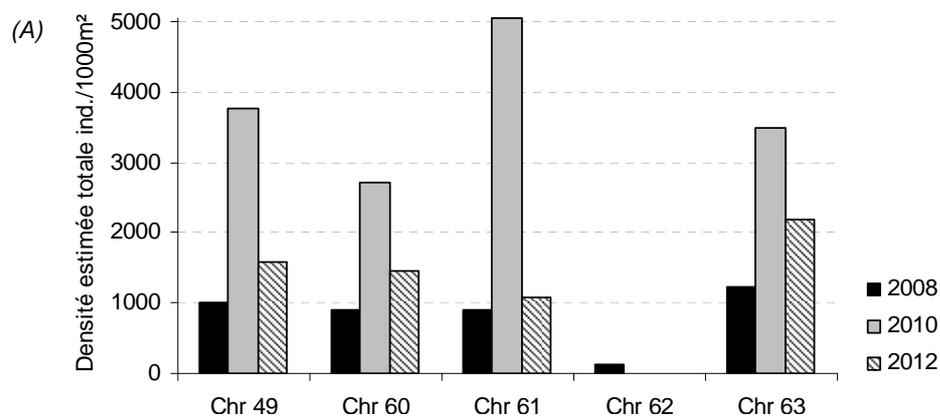
Fier ↑

Fier ↑

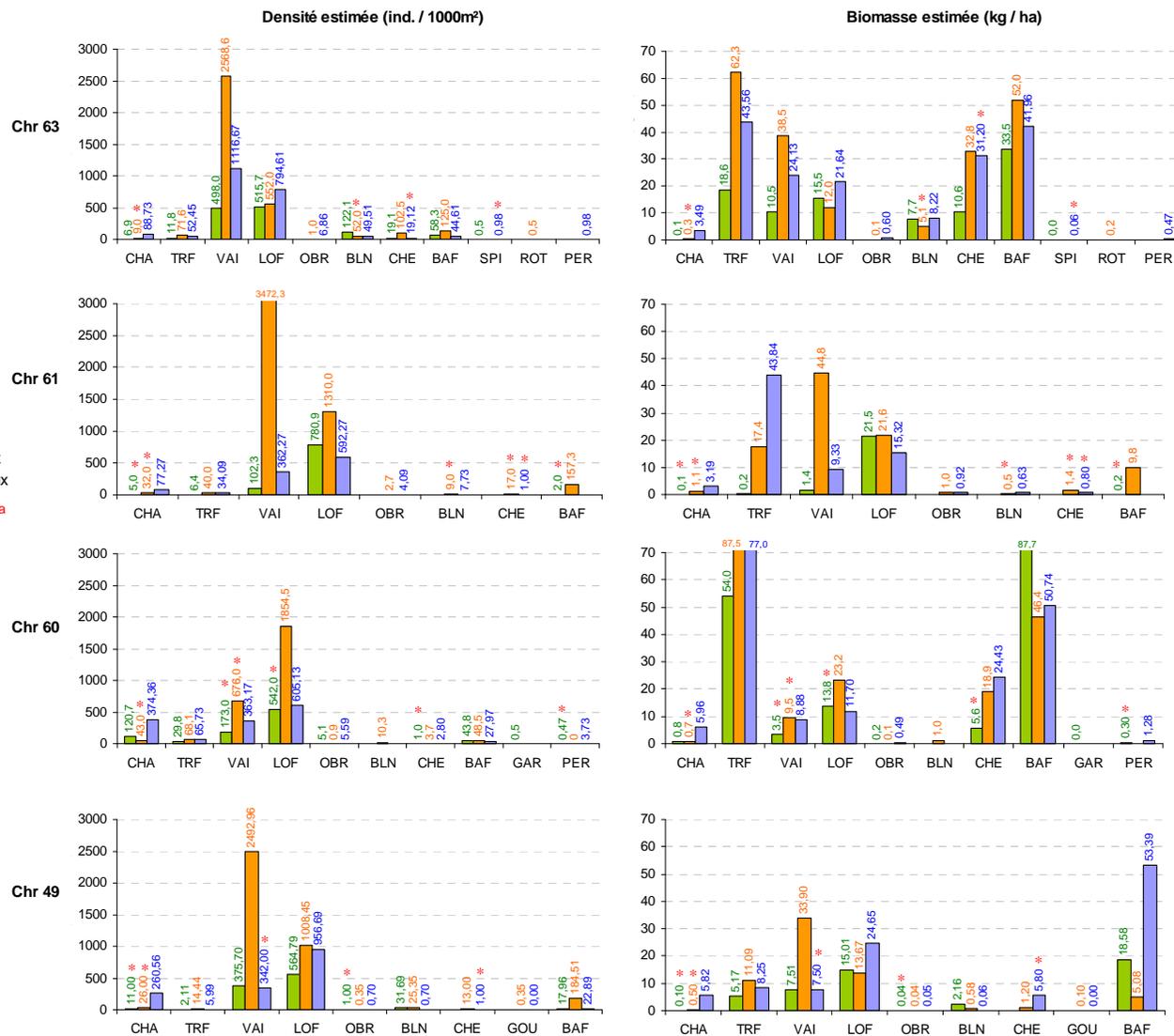
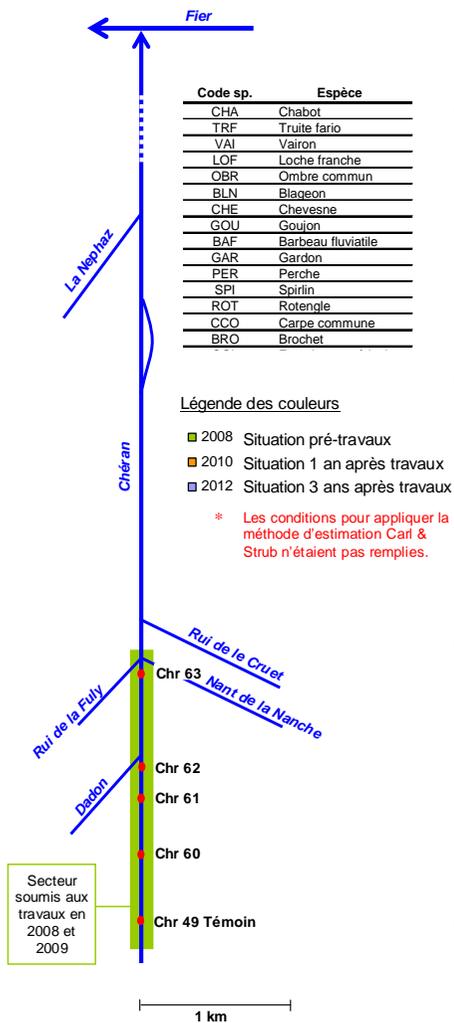
ANNEXE 12 : EVOLUTION POST-TRAVAUX DES EFFECTIFS DES DIFFERENTS ORDRES (HISTOGRAMME) ET DE LA VARIETE GENERIQUE (COURBE BLEUE = TOTALE, COURBE VERTE = AVEC N≥3) DES PEUPELEMENTS D'INVERTEBRES SUR LES 5 STATIONS DE SUIVI : SITUATIONS AVANT TRAVAUX (2008), 1 AN APRES TRAVAUX (2010) ET 3 ANS APRES TRAVAUX (2012)



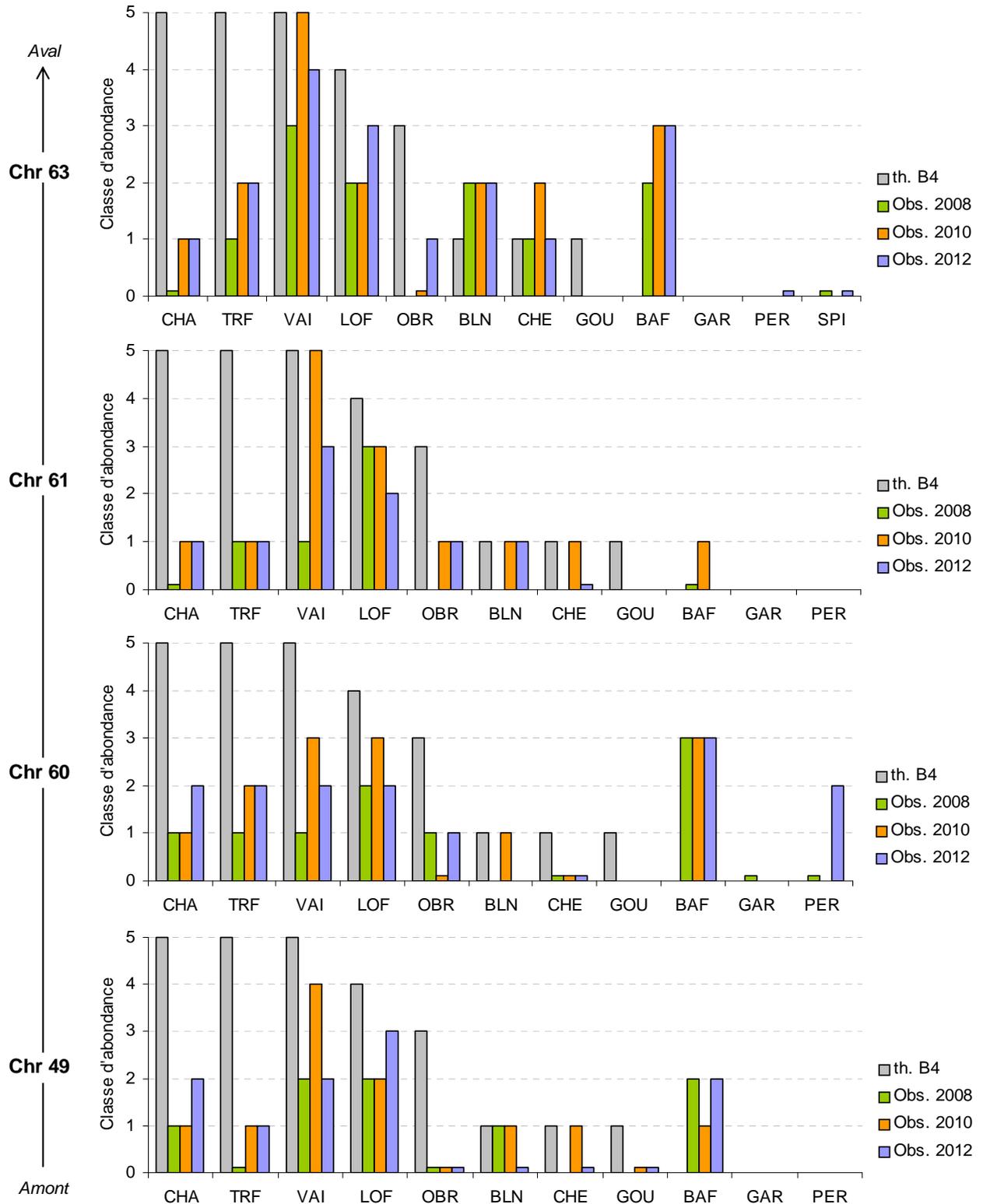
ANNEXE 13 : DENSITES (A) ET BIOMASSES (B) ESTIMEES DU PEUPEMENT PISCICOLE TOTAL SUR LES 5 STATIONS DE SUIVI POUR LES SITUATIONS AVANT TRAVAUX (2008) ET UN AN APRES TRAVAUX (2010)



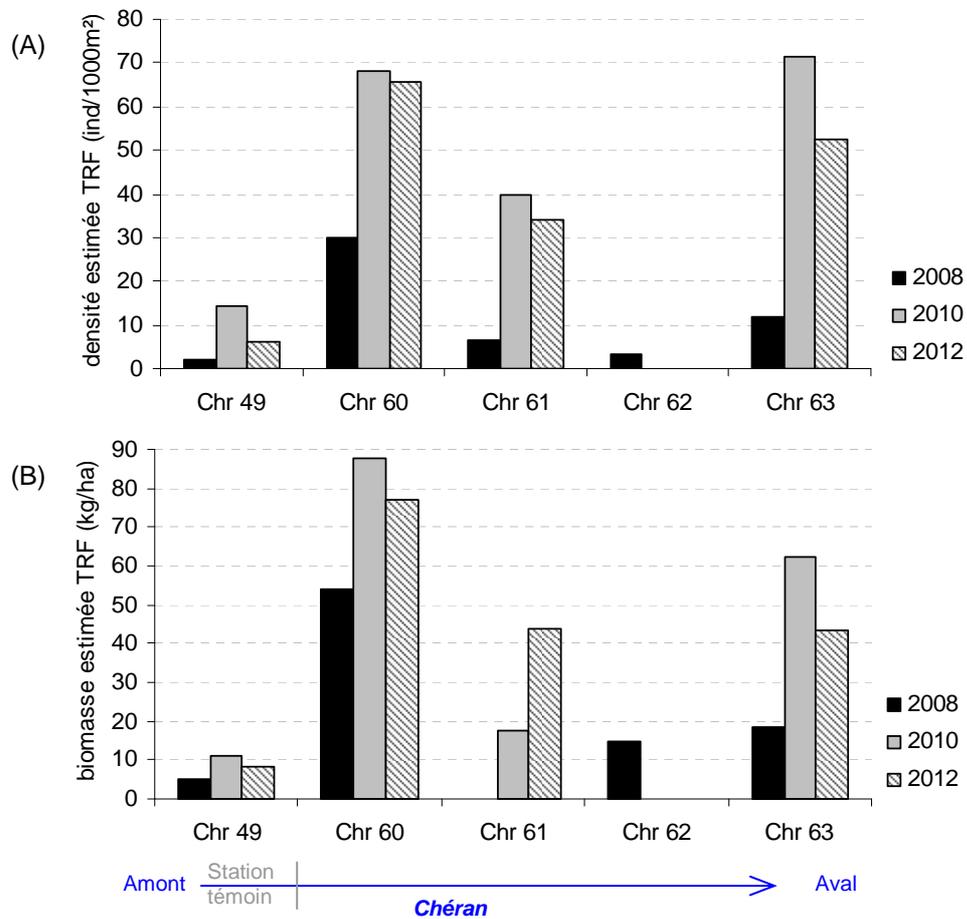
ANNEXE 14 : LOCALISATION DES STATIONS D'ETUDE DU PEUPEMENT PISCICOLE SUR LE LINEAIRE AVAL DU CHERAN ET CARACTERISTIQUES DE DENSITES ET BIOMASSES ESTIMEES DE CHAQUE ESPECE COMPOSANT LE PEUPEMENT PISCICOLE SUR LES 4 STATIONS DE SUIVI POUR LES SITUATIONS AVANT TRAVAUX (2008, VERT), 1 AN APRES TRAVAUX (2010, ORANGE) ET 3 ANS APRES TRAVAUX (2012, BLEU)



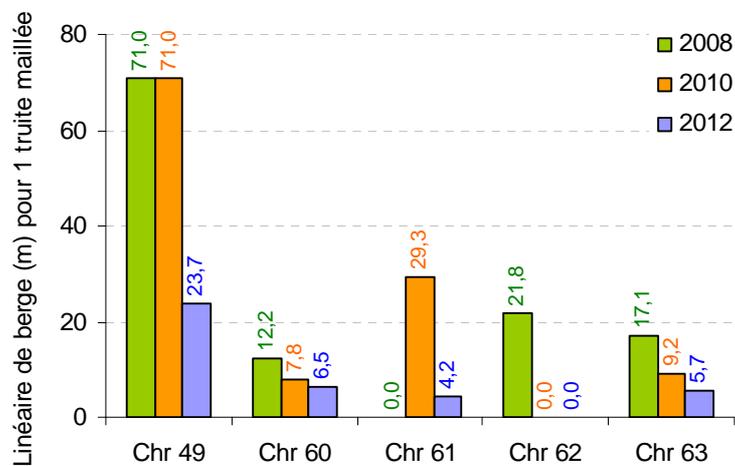
ANNEXE 15 : COMPARAISON SUR LES 4 STATIONS DE SUIVI DES PEUPELEMENTS PISCICOLES THEORIQUES (GRIS) ET OBSERVES EN 2008 (VERT), 2010 (ORANGE) ET 2012 (BLEU).



ANNEXE 16 : DENSITE (A) ET BIOMASSE (B) ESTIMEES DE LA POPULATION DE TRUITE FARIO SUR CHAQUE STATION ET CHAQUE ANNEE DE SUIVI.



ANNEXE 17 : LINEAIRE DE BERGE EN METRE POUR UNE TRUITE MAILLEE (25 CM SELON LA LEGISLATION EN VIGUEUR SUR LE TERRITOIRE DE L'AAPPMA DE L'ALBANAIS)



ANNEXE 18 : STRUCTURE DES POPULATIONS DE TRUITE FARIO AVANT TRAVAUX (2008), 1 AN APRES TRAVAUX (2010) ET 3 ANS APRES TRAVAUX (2012) : DENSITES DE TRUITE PAR CLASSE DE TAILLE (HISTOGRAMME JAUNE = ALEVIN) ET COMPARAISON DES FREQUENCES DE TAILLE RELATIVES (PRUNE) AUX FREQUENCES MOYENNES STANDARDS DU DEPARTEMENT (BLEU).

Amont

Chr 49

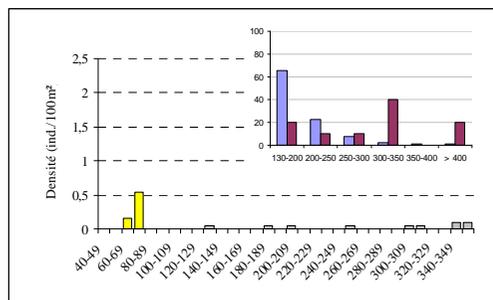
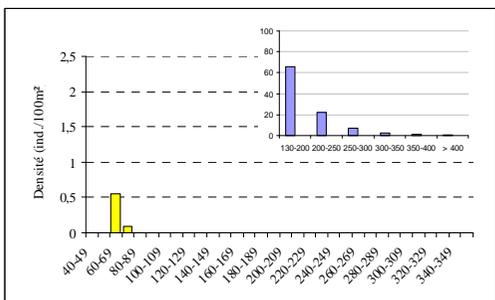
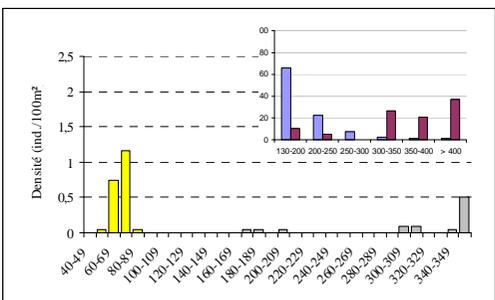
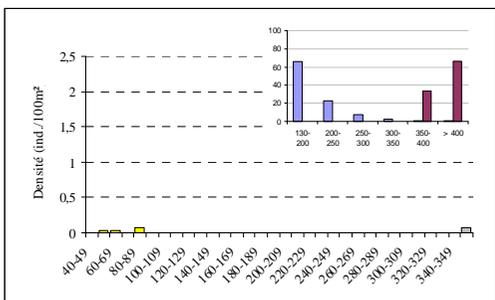
Chr 60

Chr 61

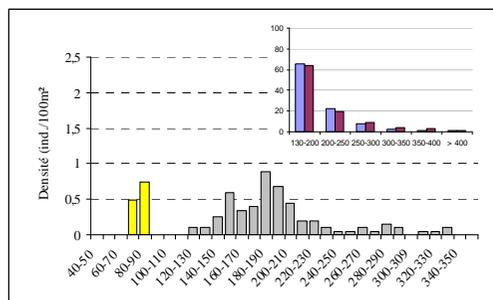
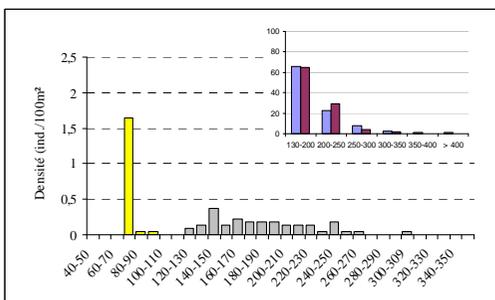
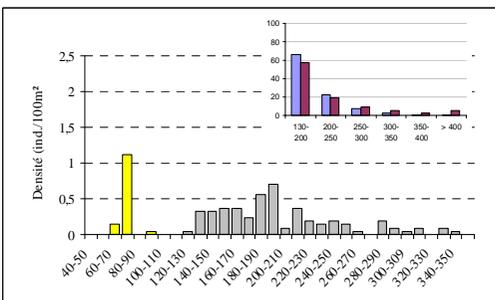
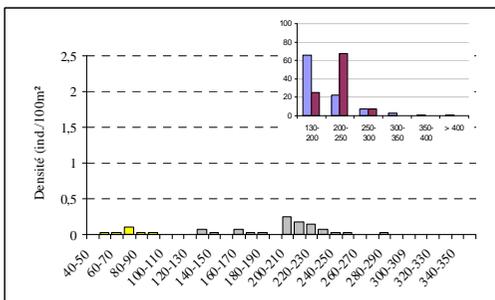
Chr 63

Aval

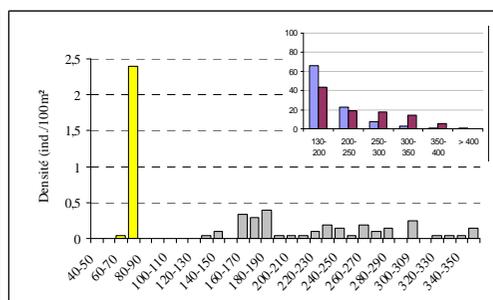
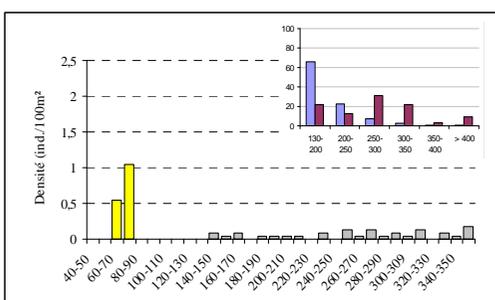
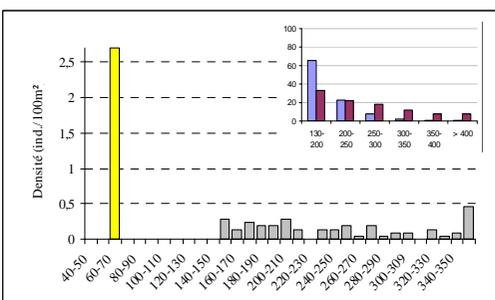
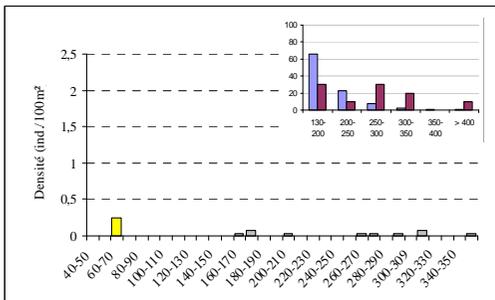
**2008 -
Situation avant
travaux**



**2010 -
Situation 1 an
après travaux**



**2012 -
Situation 3 ans
après travaux**



ANNEXE 19 : DONNEES BRUTES

Dossier joint nommé « annexes 19_données brutes »

1-HABITAT : contenant les fichiers bruts EVHA par station par années,

2-MI : contenant les listes faunistique par station par années sous format Excel,

3-POISSON : contenant les données brutes des inventaires par station par années sous format Excel.