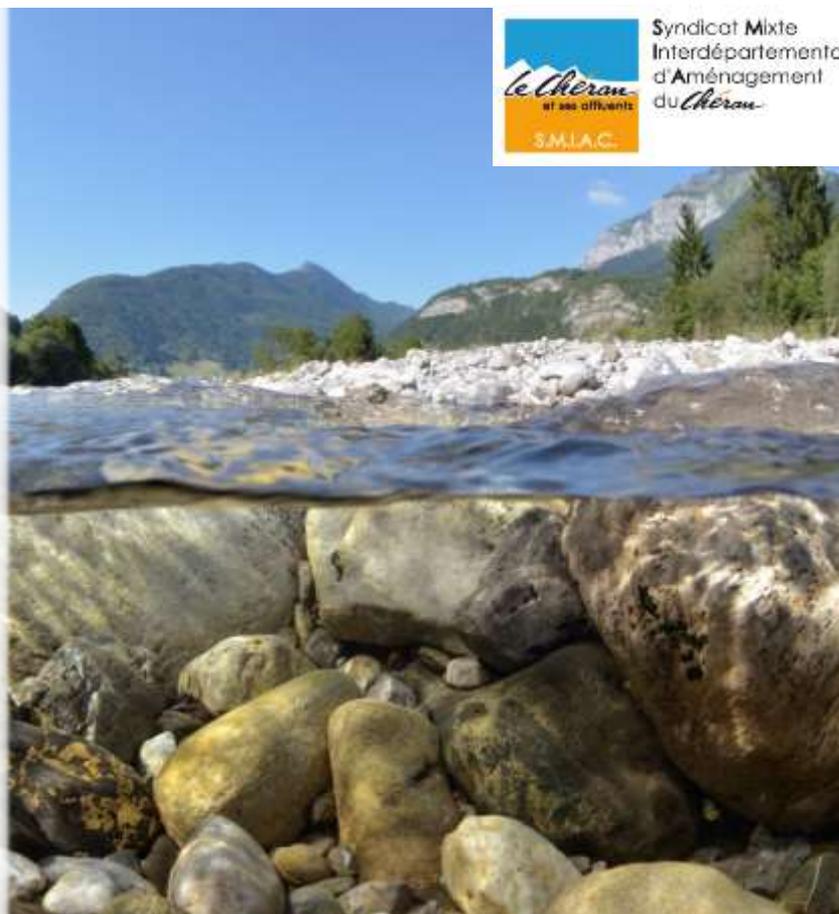


# Diagnose écologique du Chéran

Bergé Julien, Caudron Arnaud,  
Talguen Régis, Grillet Pascal

# 2013-2015



Syndicat Mixte  
Interdépartemental  
d'Aménagement  
du Chéran



4, rue étroite -Mairie  
74540 Alby-sur Chéran  
Tél. : 04 50 68 26 11  
[smiac@cheran.fr](mailto:smiac@cheran.fr)

**Au  
service  
de nos  
rivières !**



**1 TABLE DES MATIERES**

2	Liste des illustrations .....	5
3	Liste des tableaux.....	9
4	Liste des Annexes.....	10
5	Remerciements.....	11
6	Contexte et justification de l'étude .....	12
7	Présentation du Syndicat Mixte Interdépartemental du Chéran.....	15
7.1	Structure et organisation .....	15
7.2	Compétences.....	15
7.3	Financement.....	15
8	Le bassin versant du Chéran .....	17
8.1	Localisation, géographie et description physique .....	17
8.1.1	Localisation et géographie .....	17
8.1.2	Description physique.....	18
8.2	Hydrologie .....	23
8.2.1	Stations limnimétriques.....	23
8.2.2	Le débit du Chéran à la Charniaz.....	24
8.2.2.1	Données disponibles (données issues de la Banque Hydro <sup>6</sup> ) et statistiques descriptives.....	24
8.2.2.2	Hydrogramme d'une année type .....	26
8.3	Contraintes et effets anthropiques.....	27
8.3.1	Population .....	27
8.3.1.1	Nombre d'habitants et répartition .....	27
8.3.1.2	Evolution du nombre d'habitats depuis 1999.....	29
8.3.1.3	Densité de la population.....	30
8.3.2	Industries .....	31
9	Méthode de travail et cahier des charges.....	33
9.1	Coûts et financement de l'étude.....	33
9.2	Démarche de travail.....	34
9.2.1	Phase préalable (A1) .....	36
9.2.2	Phase I (A1 & A2) .....	36
9.2.3	Phase II (A2) .....	36
9.3	Les comités de suivi .....	37
10	Phase préalable .....	38
10.1	Recueil des données .....	38
10.2	Homogénéisation des données.....	38
10.3	Mise en place d'une Base De Données (BDD) et d'un outil SIG .....	39
11	Phase I : Reprise et confrontation des données écologiques enregistrées dans la BDD-SMIAC .....	42
11.1	Discrétisation spatio-temporelle des données de la BDD-SMIAC .....	42
11.1.1	Une distribution discontinue de l'information .....	42
11.1.2	Discrétisation spatiale.....	43
11.1.3	Discrétisation temporelle .....	46
11.1.4	L'effet de la discrétisation spatio-temporelle sur les données disponibles .....	46
11.2	Evolution des données écologiques historiques .....	48

11.2.1	Physico-chimie .....	48
11.2.1.1	Mesures réalisées et paramètres ciblés .....	48
11.2.1.2	Description des campagnes de prélèvement .....	49
11.2.1.3	Qualité de l'eau au regard des normes de la Directive Cadre .....	51
11.2.1.4	Qualité de l'eau au regard des exigences physiologiques de la truite .....	53
11.2.1.5	Eléments de discussion.....	56
11.2.2	Macro-invertébrés benthiques .....	57
11.2.2.1	Principe et définitions .....	57
11.2.2.2	Description des campagnes de prélèvement IBGN .....	58
11.2.2.3	Population d'invertébrés des eaux du Chéran .....	59
11.2.2.4	Qualité de l'eau basée sur l'hydrobiologie .....	61
11.2.2.5	Eléments de discussion.....	63
11.2.3	Populations piscicoles.....	63
11.2.3.1	Méthodologie d'échantillonnage.....	63
11.2.3.1.1	Méthodologie de capture (d'après le cahier des charges du bureau d'étude GEN-TEREO, 2014) .....	63
11.2.3.1.2	Inconvénients et limites méthodologiques inhérents à l'utilisation de cette méthode d'inventaire .....	65
11.2.3.1.3	Caractéristiques des pêches électriques répertoriées dans la BDD-SMIAC .....	65
11.2.3.2	Les espèces présentes .....	67
11.2.3.3	Caractéristiques et évolution de la population de truite .....	68
11.2.3.3.1	Variabilité spatiale .....	68
11.2.3.3.2	Variabilité temporelle .....	69
11.2.3.3.2.1	Focus sur la biomasse et la densité.....	69
11.2.3.3.2.2	Caractérisation de la variabilité interannuelle.....	71
11.2.3.3.3	Variabilité spatiale des classes d'âge .....	74
11.2.3.3.4	Impacts anthropiques connus sur la population de truite du Chéran .....	75
11.2.3.3.4.1	Historique d'alevinage.....	75
11.2.3.3.4.2	Effet sur la population piscicole.....	77
11.2.3.3.4.3	Eléments de discussion sur l'alevinage.....	79
11.2.3.4	Eléments de discussion.....	80
11.3	Données piscicoles confrontées à la littérature scientifique .....	81
11.3.1	Démarche.....	81
11.3.2	Confrontation aux données internationales .....	82
11.3.3	Eléments de discussion .....	83
11.4	Données piscicoles locales confrontées aux données issues des rivières limitrophes.....	84
11.4.1	Données disponibles.....	84
11.4.2	Méthodologie .....	85
11.4.2.1	Regroupement de stations .....	85
11.4.2.2	Appréciation de la qualité des données de biomasse et de densité de truite à l'aide d'un « standard départemental » .....	89
11.4.3	Résultats pour les mesures du BV du Chéran.....	90
11.4.3.1	La biomasse de TRF .....	90
11.4.3.2	La densité de TRF .....	95
11.4.4	Eléments de discussion .....	99
12	Phase II : Surveillance écologique, préconisation et anticipation des possibles dégradations environnementales .....	101
12.1	La nécessité de la Phase II du diagnostic écologique.....	101
12.2	La surveillance écologique du BV du Chéran jusqu'en 2016 .....	101
12.2.1	Justification .....	101

12.2.2	Méthodologie .....	102
12.2.3	Coûts et plan de financement .....	103
12.2.3.1.1	Description des coûts .....	103
12.2.3.1.2	Plan de financement.....	104
12.2.4	Proposition d'une optimisation du réseau de surveillance à partir de 2017 ..	105
12.2.4.1	Principe de l'optimisation.....	105
12.2.4.2	Proposition pour le SMIAC : réseau et coûts associés .....	106
12.3	Poursuite de l'étude, anticipation et préconisations pour une meilleure gestion du BV du Chéran.....	109
12.3.1	Poursuite du travail réalisé depuis 2013.....	109
12.3.1.1	Pistes de travail pour comprendre l'état de la population de TRF ?.....	109
12.3.1.1.1	Analyse de la structure du peuplement .....	109
12.3.1.1.2	Évaluation de la qualité de la reproduction.....	111
12.3.1.2	Le cas particulier du Dadon .....	112
12.3.2	Anticipation des possibles altérations environnementales et préconisations pour le SMIAC .....	114
12.3.2.1	La ressource en eau .....	114
12.3.2.1.1	L'évolution du régime hydrologique .....	114
12.3.2.1.2	Surveillance météorologique et lien avec l'hydrologie.....	117
12.3.2.1.2.1	Prise en compte de l'évolution de la démographie du BV du Chéran .....	119
12.3.2.2	La température de l'eau .....	120
12.3.2.2.1	Le réseau de mesure .....	120
12.3.2.2.2	Evolution longitudinale de la température .....	121
12.3.2.2.3	Température et tolérance biologique de la truite .....	125
12.3.2.2.4	Risques populationnels et sanitaires liés à l'échauffement de la température de l'eau	125
13	Annexes .....	127
14	Références Bibliographiques.....	148

## 2 LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Evolution longitudinale des côtes d'abondance de TRF pour les années 2000 et 2008. Ces abondances sont à comparer aux abondances optimales estimées pour le référentiel ONEMA DR5 (biocénotype B4). On observe une faiblesse des abondances estimées pour 2000 et 2008, principalement pour les stations aval. A l'inverse, les stations amont présentent des abondances estimées 2x plus importantes que les abondances attendues. D'après l'étude de SAGE Environnement <sup>3</sup> . .....	13
Figure 2 : Distribution des effectifs par classe de taille (en mm) pour la TRF entre 2000 et 2008 au niveau de la station de pêche de Cusy. Cette figure montre un déficit des tailles intermédiaires (140-220 mm) et une très faible quantité de géniteurs (> 300 mm). On observe aussi un effectif plus faible de juvéniles en 2008, comparés aux résultats obtenus en 2000. D'après l'étude de SAGE Environnement <sup>3</sup> . 13	
Figure 3 : Localisation du Bassin Versant (BV) du Chéran dans son contexte régional et local.....	17
Figure 4 : Exemple de succession de faciès sur un des 9 secteurs prospectés pour leurs habitats physiques Les acronymes utilisés sont les suivants : FOS=fosse, CAS=cascade, RAD=radier, LOT=chenal lotique, CHU=chute. La définition des faciès principaux décrits dans cette figure est donnée en Annexe 1.....	18
Figure 5 : Présentation du bassin versant du Chéran. D'après Lecuret et al., 2010.....	20
Figure 6 : Altimétrie du BV du Chéran (min : 311 m ; max :2198 m). D'après la BD ALTI 25m.....	21
Figure 7 : Profil en long du Chéran (Longueur : 54 km). Les confluences des principaux affluents sont signalées. ....	22
Figure 8 : Localisation des stations limnimétriques dans le BV du Chéran. Trois stations sont présentes (d'amont vers l'aval) : la station de La Charniaz (Chéran), la station des Éparis et la station de la Néphaz .....	23
Figure 9 : Historique des débits mesurés à la station du Chéran de La Charniaz.....	24
Figure 10 : Répartition des débits mensuels moyens, journaliers maximum et minimum au cours d'une année type pour la station limnimétrique située sur le Chéran à La Charniaz (65 ans de données). Notez que les débits sont exprimés avec une échelle logarithmique. ....	26
Figure 11: Répartition de la population par Communauté de Communes en 2011 .....	27
Figure 12 : Population estimée en 2011. D'après Lecuret et al.,2010. ....	28
Figure 13 : Evolution du nombre d'habitants par communauté de communes entre 1999 et 2011. ...	29
Figure 14 : Evolution de la population de 1999 à 2011. D'après Lecuret et al.,2010. ....	30
Figure 15 : Répartition, enregistrée en 2010, de la densité de la population (en Nombre d'hab/km <sup>2</sup> ) pour les communes des trois territoires du BV du Chéran. Notez que Rumilly présente une densité de 800 hab./km <sup>2</sup> . Source : Insee, RP2009. ....	31
Figure 16 : Illustration synthétique de la démarche de travail utilisée sur le bassin versant du Chéran. ....	35
Figure 17: Homogénéisation des données numériques récoltées chez les différents opérateurs. L'utilisation du logiciel R <sup>®</sup> permet l'uniformisation itérative des données centralisées au sein du SMIAC...38	
Figure 18 : Illustration de la structure type de la BDD SMIAC. ....	39
Figure 19 : Illustration de la BDD SMIAC comme structurée en fin de diagnostic. ....	40
Figure 20 : Méthodologie utilisée pour discrétiser les données spatiales. Les stations de mesure (A, les étoiles oranges) distribuées dans le bassin versant du Chéran ont été reportées sur un schéma du Chéran et de ses affluents (B, les carrés oranges). La transformation de A vers B est permise via une rotation des données (Fier au Nord du BV projeté en bas du schéma).....	44
Figure 21: Zonation du schéma du bassin versant. Onze zones ont été identifiées de l'amont vers l'aval du BV.....	45

Figure 22 : Répartition spatio-temporelle des données présentes dans la BDD SMIAC. Les croix illustrent la présence des différents groupes de données (pêches, hydrobiologie, physico-chimie et température) principaux au sein des 11 zones géographiques du Chéran (les affluents ne sont pas montrés ici) et pour tous les trimestres (de T1 à T4) depuis 1995. Lorsque des données sont comparables aux données de pêche, une couleur est assignée aux groupes de données en question (jaune= 1 groupe à comparer aux pêches ; vert= 2 groupes à comparer aux pêches ; bleu : 3 groupes à comparer aux pêches). .....47

Figure 23 : Nombre de mesures physico-chimiques annuelles réalisées entre 1976 et 2013. ....50

Figure 24 : Nombre de mesures physico-chimiques réalisées pour les différentes stations du bassin versant. Les stations sont présentées, pour chaque rivière, de l'amont (à gauche) vers l'aval (à droite). Voir l'Annexe 4 pour la liste des stations de mesures. ....50

Figure 25 : Evolution spatio-temporelle de la physico-chimie de l'eau au regard des normes du SEEE. Le code couleur est indiqué en légende. Les trois périodes choisies correspondent aux années précontrat rivière, durant le contrat rivière et post-contrat rivière. Le nombre de mesures totales physico-chimiques réalisées pour chaque période est indiqué (N=). .....52

Figure 26 : Répartition spatiale des distributions des valeurs de Nitrites (NO<sub>2</sub>, exprimées en mg/L) mesurées dans les 11 zones du Chéran au cours des trois périodes encadrant le contrat rivière (pré, courant, post contrat). Les lignes verticales de couleurs indiquent la limite basse des classes de qualité utilisées dans le cadre de la DCE (voir la Figure 25 pour le lien entre les couleurs et les classes de qualité). Les lignes pointillées indiquent la valeur limite au-delà de laquelle la truite fario est en danger au regard de ses exigences physiologiques (cf. l'Erreur ! Source du renvoi introuvable. pour les limites physiologiques utilisées). La symbolique liée aux boîtes à moustache utilisées dans cette figure est donnée dans la Figure 40. ....53

Figure 27 : Répartition spatiale des distributions des valeurs de Phosphate Total (PT, exprimées en mg/L) mesurées dans les 11 zones du Chéran au cours des trois périodes encadrant le contrat rivière (pré, courant, post contrat). Les lignes verticales de couleurs indiquent la limite basse des classes de qualité utilisées dans le cadre de la DCE (voir la Figure 25 pour le lien entre les couleurs et les classes de qualité). Les lignes pointillées indiquent la valeur limite au-delà de laquelle la truite fario est en danger au regard de ses exigences physiologiques (cf. l'Erreur ! Source du renvoi introuvable. pour les limites physiologiques utilisées). La symbolique liée aux boîtes à moustache utilisées dans cette figure est donnée dans la Figure 40. ....54

Figure 28 : Répartition spatiale des distributions des valeurs de Matière En Suspension (MES, exprimées en mg/L) mesurées dans les 11 zones du Chéran au cours des trois périodes encadrant le contrat rivière (pré, courant, post contrat). Les lignes verticales de couleurs indiquent la limite basse des classes de qualité utilisées dans le cadre de la DCE (voir la Figure 25 pour le lien entre les couleurs et les classes de qualité). Les lignes pointillées indiquent la valeur limite au-delà de laquelle la truite fario est en danger au regard de ses exigences physiologiques (cf. l'Erreur ! Source du renvoi introuvable. pour les limites physiologiques utilisées). La symbolique liée aux boîtes à moustache utilisées dans cette figure est donnée dans la Figure 40. ....55

Figure 29 : Proportions (en %) des valeurs des 10 paramètres limitant pour la TR qui dépassent les seuils de tolérance de la TRF (i.e. considérées comme nuisibles pour la TRF). ....56

Figure 30 : Exemple de macro-invertébré. Insecte plécoptère (*Leuctra subalpina*, V., R. & A.) au stade adulte. Crédit photo : Bertrand Launay, IRSTEA Lyon, 2014. ....57

Figure 31 : Nombre de mesures hydrobiologiques annuelles réalisées entre 1985 et 2011. ....58

Figure 32 : Nombre de mesures physico-chimiques réalisées pour les différentes stations du bassin versant. Les stations sont présentées, pour chaque rivière, de l'amont (à gauche) vers l'aval (à droite). Voir l'Annexe 4 pour la liste des stations de mesures. ....59

Figure 33 : Distribution taxonomique de la proportion d'invertébrés (en %). Cette proportion est exprimée au regard de la population d'invertébrés totale. ....60

Figure 34 : Evolution spatio-temporelle de la qualité de l'eau au regard des notes des IBGN. Le code couleur est indiqué en légende. Les trois périodes choisies correspondent aux années précontrat rivière, durant le contrat rivière et post-contrat rivière. Le nombre de mesures totales physico-chimiques réalisées pour chaque période est indiqué (N=). ....61

Figure 35 : Répartition spatiale des distributions des notes IBGN obtenues pour les 11 zones du Chéran, au cours des trois périodes encadrant le contrat rivière (pré, courant, post contrat). ....62

Figure 36 : Illustration d'une pêche électrique suivant la méthode dite de « pêche par épuisement ». Ici, deux anodes délivrent du courant qui attire les poissons capturés par des épuisettes. Les pêcheurs remontent le courant sur un secteur donné. ....64

Figure 37: Répartition mensuelle des 88 pêches électriques réalisées dans le BV du Chéran (a) au regard des conditions thermiques (b) et hydrologiques (c) enregistrées (températures horaires depuis 2004 à Moulin Janin; débits journaliers depuis 1950). Les températures (en °C) et les débits (en m<sup>3</sup>/s) ont été moyennés par mois (lignes verte et bleue pleines) et représentés avec leurs écarts-type (lignes pointillées).....66

Figure 38 : Proportion (%) spécifique des poissons capturés au cours de 100 pêches répertoriées dans la BDD du SMIAC. (VAI=vairon, LOF=loche franche, TRF=truite fario, CHA=chabot, GOU=goujon, BAF=barbeau fluviatile, BLN=blageon, CHE=chevesne, SPI=spiralin, OBR=ombre commun, PER=perche commune, HOT=hotu, GAR=gardon, ROT=rotengle, CCO=carpe commune, SDF= saumon de fontaine, BRO=brochet, PES=perche soleil, TAN=tanche, VAN=vandoise).....67

Figure 39 : Répartition spécifique des gammes de longueurs totales (en mm) des poissons pêchés dans les rivières du BV du Chéran en 100 pêches depuis 1985. Les 4 espèces principales sont figurées. Les points indiquent la taille d'un seul individu pêché pour l'espèce. ....68

Figure 40 : Répartition spatiale des biomasses surfaciques (en kg/ha, en bleu) et des densités (en nombre d'ind./10 ares, en vert) de truites (toutes classes d'âge confondues) pêchées dans le Chéran. L'axe des ordonnées indique le numéro des zones du Chéran signalées sur la carte de gauche. ....69

Figure 41 : Variabilité spatio-temporelle de la biomasse surfacique (en kg/ha., en bleu) et de densité (en N ind./10 ares, en vert) de truites calculées à partir de 1995 sur les 11 zones du Chéran. Les années précédentes n'ont pas été utilisées puisque présentant une très forte variabilité issue manifestement de biais d'échantillonnage. ....71

Figure 42 : Caractérisation de la variabilité interannuelle moyenne (+/- ET) de la biomasse mesurée pour 33 stations de Haute-Savoie. La variabilité est exprimée sous forme de facteur de variabilité. La ligne rouge précise la valeur minimum du facteur de variabilité observée dans les stations de pêche du Chéran, la ligne orange est la valeur moyenne de ce facteur et la ligne verte est la valeur maximum observée. ....72

Figure 43 : Caractérisation de la variabilité interannuelle moyenne (+/- ET) de la densité mesurée pour 33 stations de Haute-Savoie. La variabilité est exprimée sous forme de facteur de variabilité. La ligne rouge précise la valeur minimum du facteur de variabilité observée dans les stations de pêche du Chéran, la ligne orange est la valeur moyenne de ce facteur et la ligne verte est la valeur maximum observée. ....72

Figure 44 : Caractérisation de la variabilité interannuelle moyenne de la biomasse mesurée pour 33 stations de Haute-Savoie. Cette variabilité est calculée pour deux groupes d'individus qui sont les jeunes de l'année (TRF 0+) et les individus de > 1 an (TRF >0+).....73

Figure 45 : Répartition spatiale des classes d'âge « adulte » (ind.≥90 mm, en bleu) et « juvéniles » (ind.<90 mm, en rouge) pour les mois de juillet, août, septembre et octobre. L'axe des ordonnées indique le numéro des zones du Chéran signalées sur la carte de gauche. Les proportions de présence (de 0 à 100%) des deux classes d'âge ont été calculées à partir des résultats des 88 pêches réalisées depuis 1985 (cf. la partie « caractéristiques des pêches électriques répertoriées »). ....74

Figure 46 : Répartition du nombre d'alevins lâchés dans les rivières de Haute-Savoie du BV du Chéran depuis 1982. Pour la seule rivière du Chéran en Haute-Savoie, 3702900 alevins ont été lâchés..75

Figure 47 : Répartition géographique du nombre d'alevins lâchés dans les rivières du BV du Chéran depuis 1982.....76

Figure 48 : Taux d'introgession sur les stations de pêche (mesures réalisées en 2003, d'après l' « Etude piscicole du Chéran, Développement d'une souche de truite autochtone »<sup>2</sup>). ....78

Figure 49 : Proportions des trois génotypes (« méditerranéen », « atlantique » et « hybride ») sur les stations de pêche (mesures réalisées en 2003, d'après l' « Etude piscicole du Chéran, Développement d'une souche de truite autochtone »<sup>2</sup>). ....79

Figure 50 : Biomasse surfacique moyenne enregistrée dans 16 rivières d'une même zone géographique de l'état du Minnesota (USA). D'après Kwack & Waters, 1997.<sup>11</sup> .....82

Figure 51 : Biomasse surfacique maximale enregistrée sur 12 rivières internationales. Les références des articles utilisés pour cette figure<sup>11-22</sup> sont à retrouver en partie 14. Les statistiques associées aux différents articles sont présentées en Annexe 6. ....83

- Figure 52 : Distribution spatiale des stations de pêche utilisées pour l'étude départementale. ....84
- Figure 53 : Représentation graphique des variables utilisées par la première ACP utilisant toutes les variables disponibles.....86
- Figure 54 : Représentation graphique des variables utilisées par la seconde ACP utilisant les 4 variables choisies.....87
- Figure 55 : Représentation graphique des individus (i.e. les stations de pêche) réparties en fonction des deux dimensions principales de la seconde ACP. Les points noirs indiquent les stations du BV du Chéran. ....87
- Figure 56 : Exemple d'influence de la largeur de l'ellipse (en unité de la Dim 1 de l'ACP) sur le nombre de stations pour 4 groupes de stations du BV du Chéran (S126, S132, S122, S13). ....88
- Figure 57 : Evolution de la gamme moyenne des valeurs des 4 variables retenues après l'ACP en fonction de la largeur de l'ellipse (en unité de la Dim 1 de l'ACP). Par exemple, pour l'altitude ( $\alpha$ ), une largeur de l'ellipse de 0.8 présente une gamme d'~300m, i.e. en moyenne la différence entre l'altitude minimale et maximale des stations d'un groupe est d'~300m.....88
- Figure 58 : Répartition graphique des ellipses centrées sur chaque station du BV du Chéran (points noirs). Les croix grises représentent les individus utilisés par l'ACP (Figure 54 & Figure 55). ....89
- Figure 59 : Explication de la méthode de qualification des valeurs de biomasse/densité au regard d'une distribution de valeurs obtenues par rassemblement de stations de pêche statistiquement proches. Les notes, à droite de la figure, sont attribuées en fonction de la localisation de la valeur de biomasse/densité du Chéran dans cette distribution. Par exemple, une valeur de biomasse/densité < Q25 sera jugée comme « médiocre ». ....90
- Figure 60 : Boxplots construits à l'aide de la biomasse de TRF calculée pour chacune des pêches réalisées dans les stations départementales qui sont ici regroupées en fonction de chaque station de pêche des 9 rivières du BV du Chéran. Les stations sont présentées en fonction de leur localisation longitudinale : de gauche à droite -> amont vers aval. L'ossature des boxplots n'est pas représentée afin de faciliter la lecture de la figure. Les points noirs représentent les valeurs de biomasses de chaque pêche réalisée par station. Les nombres situés en haut indiquent l'effectif de stations ayant permis la construction de chaque boxplot. Voir l'Annexe 4 pour la liste des stations de mesures. ....92
- Figure 61 : Proportion des notes estimées pour la biomasse des TRF pour chaque station de pêche des 9 rivières échantillonnées dans le BV du Chéran. Pour les stations présentant plusieurs notes (i.e. ayant été pêchée plus d'une fois), la note moyenne est renseignée. ....93
- Figure 62 : Cartographie des notes obtenues, par station de pêche du BV (ronds de couleur), en utilisant les valeurs de biomasse. Pour les stations ayant été pêchées plusieurs fois, la note moyenne est représentée. Les rectangles de couleurs rappelle la note moyenne attribué à la rivière. ....94
- Figure 63 : Boxplots construits à l'aide de la densité de TRF calculée pour chacune des pêches réalisées dans les stations départementales qui sont ici regroupées en fonction de chaque station de pêche des 9 rivières du BV du Chéran. Les stations sont présentées en fonction de leur localisation longitudinale : de gauche à droite -> amont vers aval. L'ossature des boxplots n'est pas représentée afin de faciliter la lecture de la figure. Les points noirs représentent les valeurs de densité de chaque pêche réalisée par station. Les nombres situés en haut indiquent l'effectif de stations ayant permis la construction de chaque boxplot. Voir l'Annexe 4 pour la liste des stations de mesures. ....96
- Figure 64 : Proportion des notes estimées pour la densité des TRF des stations de pêche des 9 rivières échantillonnées dans le BV du Chéran. Pour les stations présentant plusieurs notes (i.e. ayant été pêchée plus d'une fois), la note moyenne est renseignée. ....97
- Figure 65 : Cartographie des notes obtenues, par station de pêche du BV (ronds de couleur), en utilisant les valeurs de densité. Pour les stations ayant été pêchées plusieurs fois, la note moyenne est représentée. Les rectangles de couleurs rappelle la note moyenne attribué à la rivière. ....98
- Figure 66 : Principe d'optimisation privilégié pour améliorer le réseau de surveillance de la qualité écologique des rivières du Chéran. A gauche, le principe d'extrapolation permettant d'estimer une valeur moyenne de cette qualité pour un secteur donné. A droite, le principe d'interpolation permettant, grâce au placement judicieux des stations de mesure, de linéariser les informations de manière à ce qu'elles soient plus informatives et précises à l'échelle des populations aquatiques. ....106
- Figure 67 : Réseau de mesure optimisé pour le BV du SMIAC. 8 stations ont été choisies pour représenter au mieux l'évolution spatiale de la qualité environnementale : 4 sur le Chéran et 1 station

par affluent principal (Nant Aillon, Eparis, Dadon et Néphaz). Les lignes de couleur épaisses indiquent les zones linéarisées et estimées par interpolation (voir la Figure 66).....107

Figure 68 : Distribution des classes de taille pour la truite – Cusy 2014. D'après l'étude de SAGE Environnement sur la surveillance écologique du Chéran. ....109

Figure 69 : Comparaison de la structure de la population de truite à Cusy en 2014 à celles de deux populations du Guiers Vif. D'après l'étude de SAGE Environnement sur la surveillance écologique du Chéran. ....110

Figure 70 : Linéaire prospecté par la FDP74 pour la localisation des nids de TRF et la comptabilisation de géniteurs sur les sites de reproduction.....111

Figure 71 : Evolution des débits moyen annuels du Chéran (exprimés en  $m^3.s^{-1}$ ) entre 1951 et 2013. La ligne orange indique le débit d'étiage mensuel quinquennal (ou QMNA5 à  $1.08 m^3.s^{-1}$ ) recalculé par le SMIAC. La ligne rouge indique la valeur du volume consécutif minimal pour 3 jours (VCN3,  $0.67 m^3.s^{-1}$ ). D'après la Banque HYDRO. ....115

Figure 72 : Evolution des débits moyens annuels entre 1980 et 2013 et tendance d'évolution.....116

Figure 73 : Fréquence d'occurrence de périodes de 5 jours successifs présentant un débit moyen < QMNA5, entre 1950 et 2013. Le graphique en haut présente ces fréquences par période de 10 ans....117

Figure 74 : Localisation des stations météorologiques situées dans/à proximité du BV du Chéran. Les stations « ALBENS » et « CREMPIGNY-BONNEGUETE » sont des stations suivies par l'association ROMMA. Leurs données ne sont disponibles que sur 2 et 3 années. La station « CUSY » est une station suivie par un particulier (Mr François Rey), les données sont mensuelles. Les stations « STEP RUMILLY » et « ARITH » sont les stations météorologiques installées et suivies par le SMIAC depuis juillet 2014.....118

Figure 75 : Evolution du nombre d'habitants dans le BV du Chéran entre 1999 et 2030. Les valeurs présentées pour 1999, 2006 et 2011 sont issues d'un recensement. Les valeurs pour les années suivantes sont issues d'un calcul pour une croissance annuelle de 2.39% du nombre d'habitants.....119

Figure 76 : Localisation des 14 thermomètres mesurant la température de l'eau du Chéran. La première année de mesure permettra de réduire le nombre de thermomètres sur le Chéran, au profit de mesures dans les affluents. Le descriptif des thermomètres est donné en Annexe 10. ....120

Figure 77 : Thermogrammes enregistrés pour les 6 sondes thermiques sélectionnées pour l'étude. Les flèches de couleur verticales pointillées indiquent les saisons. La ligne noire verticale pointillée indiquée la fin de la première année de suivi (du 11/09/2013 au 11/09/2014). ....124

Figure 78 : Thermogrammes enregistrés pour les 6 sondes thermiques sélectionnées pour l'étude entre le 21/05/2014 et le 20/07/2014. La ligne noire horizontale pleine indique le seuil maximum de préférendum métabolique de la truite ( $19^{\circ}C$ , température maximale en deçà duquel la nutrition et la croissance sont optimales. Voir Caudron et al., 2006<sup>8</sup> pour revue de la littérature). ....125

### 3 LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Statistiques descriptives des débits relevés à la station « La Charniaz ». D'après la Banque Hydro. ....25

Tableau 2 : Description des coûts des deux années d'étude (A1 & A2). ....33

Tableau 3 : Plan de financement des deux années d'étude (A1 & A2). ....34

Tableau 4 : Estimation de l'investissement financier pour réaliser l'ensemble des mesures présentes dans la BDD SMIAC. Les coût/unité mentionnés dans ce tableau correspondent à la moyenne des prix appliqués actuellement par les bureaux d'études. ....41

Tableau 5 : Illustration de la distribution discontinue de l'information disponible en début du diagnostic. Les rectangles bleus indiquent la présence de données pour une année (en orange) et une station (en vert) données. ....42

Tableau 6 : Limites physiologique de la truite au regard des 11 paramètres physico-chimiques déterminés comme limitant pour la survie de l'espèce. D'après Caudron et al., 2006. <sup>8</sup> .....	49
Tableau 7 : Calendrier des mesures réalisées dans le cadre de la surveillance écologique du Chéran. ....	102
Tableau 8 : Détail des coûts des différentes opérations de mesures écologiques réalisées par le bureau d'étude SAGE entre 2014 et 2016. ....	104
Tableau 9 : Plan de financement des mesures écologiques réalisées dans le cadre de la surveillance écologique du Chéran. ....	104
Tableau 10 : Propositions inscrites au Programme De Mesures 2016-2021. Synthèse pour le Dadon. .	112
Tableau 11 : Répartition des moyennes des différences absolues de température entre deux stations thermiques. Les différences considérées comme faibles (<1°C) apparaissent dans les cases grises. Les cases vertes sont les moyennes maximales observées ; le texte rouge indique la moyenne minimale observée. ....	122
Tableau 12 : Répartition des maximums des différences absolues de température entre deux stations thermiques. Les cases vertes sont les maximums maximaux observés ; les cases rouges indiquent le maximum minimal observé. ....	123
Tableau 13 : Statistiques descriptives des relevés thermiques des 6 thermomètres sélectionnés pour l'étude. ....	124

## 4 LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Clés de classification des faciès d'écoulement (à gauche) et illustrations photographiques des faciès rencontrés sur le Chéran (à droite). Schéma modifié d'après Malavoi & Souchon, 2002. <sup>5</sup> .....	129
Annexe 2 : Statistiques descriptives des débits mesurés aux stations hydrologiques situées sur (a.) Les Eparis et sur (b.) la Néphaz (d'après la banque HYDRO). ....	130
Annexe 3 : Evolution de la population du BV du Chéran entre 1999 et 2011. Source : Insee, RP2009, RP2006 et RP1999 exploitation principale. ....	132
Annexe 4 : Liste des stations de mesures référencées dans la BDD SMAC. Les stations sont regroupées par rivière, puis ordonnées par leur position longitudinale (de l'amont vers l'aval) .....	134
Annexe 5 : Les paramètres de qualité de l'eau (adaptation du texte « Le Réseau-rivières : suivi de la qualité de l'eau des rivières du Québec », produit par le MDDEP). ....	139
Annexe 6 : Liste des références scientifiques utilisées dans l'étude de la confrontation aux données internationales. Le détail des références sont à retrouver en partie 14. ....	140
Annexe 7 : Distribution géographique des stations de pêche utilisées dans la mise en place d'un standard départemental au regard des 4 variables retenues par les ACP : la température aérienne moyenne de janvier, la pente, l'altitude et l'ordre de Strahler. ....	141
Annexe 8 : Localisation des stations de mesure dans le cadre de la surveillance écologique. ....	144
Annexe 9 : Récapitulatif des caractéristiques des stations de mesure dans le cadre de la surveillance écologique. ....	146
Annexe 10 : Liste des thermomètres aquatiques utiliser pour mesurer l'évolution de la température de l'eau du Chéran (cf. la Figure 76 pour leur localisation dans le BV du Chéran). ....	147

## 5 REMERCIEMENTS

Le présent travail a été réalisé sous la co-direction d'Arnaud Caudon (FDP74), de Régis Talgouen (SMIAC) et de Pascal Grillet (SMIAC).

Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant permis la réalisation de ce travail. Notamment l'aide précieuse de Laure Vigier (FDP74), Manu Vallat (FDP73), Ludovic Catinaud (FDP74), Céline Chassériau (FDP74), Philippe Huchet (FDP74), Bertrand Loheac (FDP73), Jean-François Lopez (PNR des Bauges), Marion Langon (ONEMA, DR Lyon), Sylvain IRRMANN (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse), Nadine DESCHAMPS (Conseil Général de la Savoie), Béatrice FEL (Conseil Général de Haute-Savoie) et Gilles Richard (ONEMA).

Enfin, un grand remerciement aux deux présidents successifs du SMIAC, Mr Jean-Claude Guerraz et Mr Serge Petit, pour leur confiance, leur soutien et leur coordination.

## 6 CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Le Syndicat Mixte Interdépartemental d'Aménagement du Chéran (SMIAC) a terminé un Contrat de Rivière pour la période 1998-2008.

Durant la phase de bilan réalisée en 2010, il a été mené un travail de concertation avec l'ensemble des acteurs du bassin versant sur les différentes pistes de travail à poursuivre et de définir les suites à donner au contrat de Rivière et au SMIAC. Le SMIAC, en collaboration avec les partenaires financiers (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, Région Rhône-Alpes, Conseil Général de la Savoie et de la Haute Savoie) sur la base du travail de concertation menée dans le cadre de l'étude bilan, a bâti un programme d'actions précis et planifié pour la période 2012-2014. Ce programme fixe donc des objectifs à atteindre pour le SMIAC.

Plus particulièrement, durant l'année 2010, une étude bilan du contrat de rivière a été réalisée afin d'en analyser les effets<sup>1</sup>. L'étude bilan a intégré, entre autre, une étude préalable au contrat rivière<sup>2</sup> qui faisait état de la qualité écologique du cours d'eau, mais aussi l'évaluation de cette qualité<sup>3</sup> en fin de contrat afin d'appréhender les effets des actions menées lors de la période quinquennale écoulée.

L'état des lieux préalable au contrat ainsi que l'étude bilan font émerger l'hypothèse que le peuplement piscicole et notamment l'état démographique de la population de truites semblent dégradés et ne sont pas conformes à ce qui devrait être attendu sur une rivière comme le Chéran notamment au vu de la qualité du milieu révélé par les indicateurs classiques utilisés (SEQ eau, IBGN, IBD, ...).

Plus précisément en ce qui concerne la population de truite, il avait été mis en avant deux résultats importants :

- \_ (1) des **abondances très en deçà des abondances théoriques attendues** (Figure 1);

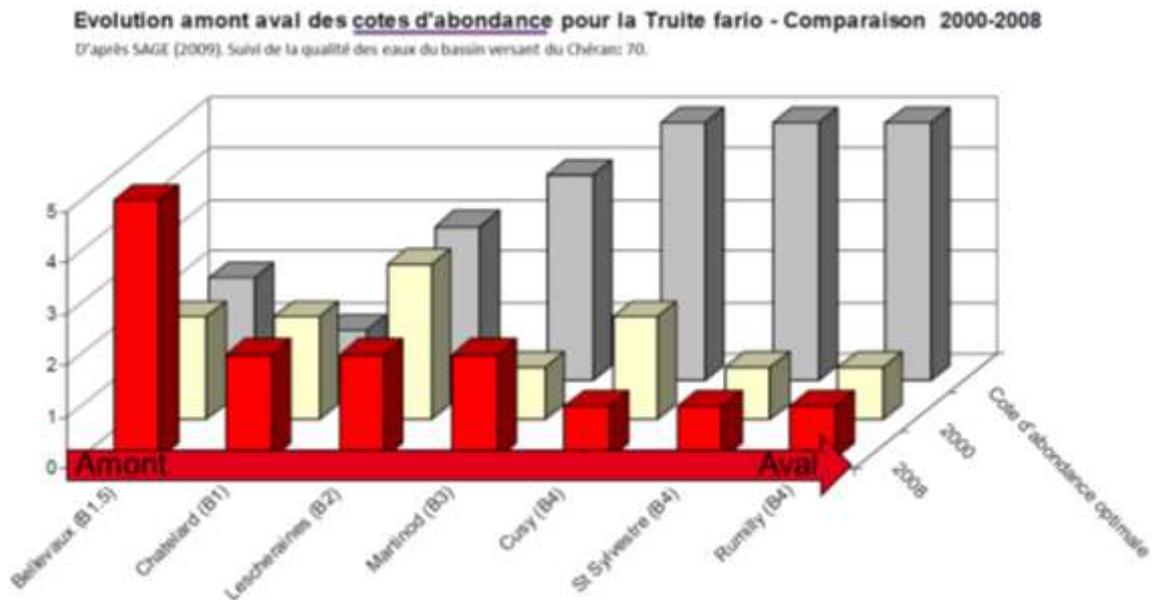


Figure 1 : Evolution longitudinale des côtes d'abondance de TRF pour les années 2000 et 2008. Ces abondances sont à comparer aux abondances optimales estimées pour le référentiel ONEMA DR5 (biocénotype B4). On observe une faiblesse des abondances estimées pour 2000 et 2008, principalement pour les stations aval. A l'inverse, les stations amont présentent des abondances estimées 2x plus importantes que les abondances attendues. D'après l'étude de SAGE Environnement<sup>3</sup>.

\_ (2) un **déséquilibre du peuplement** avec une quantité de juvéniles plus faible que ce qui avait été observé en début de contrat rivière et un déficit en taille intermédiaire et en géniteurs (Figure 2).

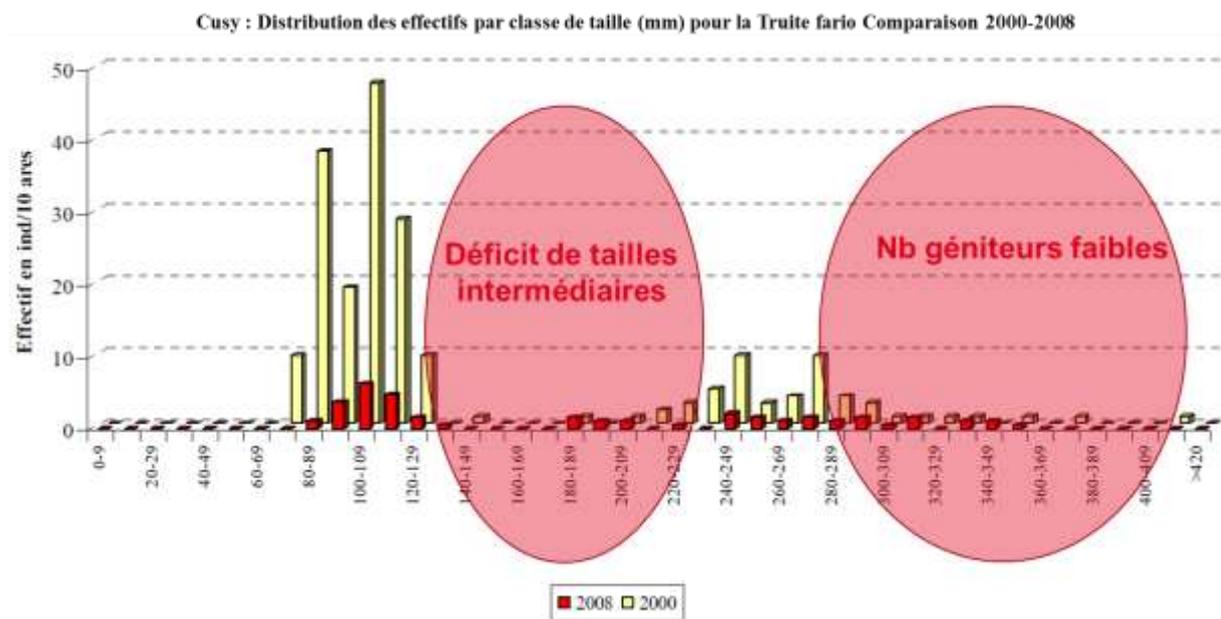


Figure 2 : Distribution des effectifs par classe de taille (en mm) pour la TRF entre 2000 et 2008 au niveau de la station de pêche de Cusy. Cette figure montre un déficit des tailles intermédiaires (140-220 mm) et une très faible quantité de géniteurs (> 300 mm). On observe aussi un effectif plus faible de juvéniles en 2008, comparés aux résultats obtenus en 2000. D'après l'étude de SAGE Environnement<sup>3</sup>.

Ces résultats ont fait émerger un **constat** et **deux questions**. Le constat est que ces outils classiques d'évaluation sont insuffisamment précis pour permettre d'identifier l'origine des facteurs perturbants et donc de résoudre les dysfonctionnements observés par des actions pertinentes.

Les deux questions sont :

1) Les états du peuplement piscicole et de la population de truite sur le Chéran tels que révélés par les études piscicoles sont-ils réellement dégradés par un dysfonctionnement d'origine anthropique ou sont-ils les reflets d'une évolution naturelle ? **Autrement dit observe-t-on vraiment un déclin piscicole sur le Chéran ?**

2) Quels sont les différents facteurs anthropiques et/ou naturels à l'échelle du bassin du Chéran pouvant être responsable de l'état actuel du peuplement piscicole et des populations de truites ?

Ainsi, il a été décidé en Comité de rivière, avec l'ensemble des partenaires et financeurs du précédent Contrat, de mener une **étude complémentaire** pour essayer de répondre plus précisément à ces deux questions essentielles. Dans le contexte actuel de transition vers un nouveau projet de contrat de bassin, cette étude semble nécessaire afin de préciser les problématiques touchant le milieu et les populations de truites pour envisager les nouvelles actions à mettre en œuvre.

Cette étude appelée « **Diagnostic écologique** » ou « diagnose » est l'objet du présent rapport qui restitue le déroulement des phases de travail, les pistes privilégiées pour répondre aux questions posées et les différents résultats obtenus dans le cadre de ce travail.

Ce rapport s'articule de la manière suivante :

- ✓ une présentation rapide de la structure d'accueil ;
- ✓ une description rapide du Bassin Versant (BV) du Chéran (géographie, description physique et contraintes anthropiques) ;
- ✓ une explication de la démarche scientifique employée et le financement de l'étude ;
- ✓ le détail du déroulement des phases de travail et les résultats associés. Chaque phase présente ses propres éléments de discussion ;
- ✓ Les annexes et références de l'étude.

## 7 PRESENTATION DU SYNDICAT MIXTE INTERDEPARTEMENTAL DU CHERAN

### 7.1 STRUCTURE ET ORGANISATION

Le SMIAC (Syndicat Mixte Interdépartemental d'Aménagement du Chéran) est la structure gestionnaire du bassin versant du Chéran. Ce syndicat est composé d'élus désignés par 3 structures intercommunales :

- ✓ la Communauté de Communes du Cœur des Bauges (14 communes) ;
- ✓ la Communauté de Communes du Pays d'Alby sur Chéran (11 communes) ;
- ✓ le Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Bas Chéran (10 communes).

Le comité syndical est formé de 18 délégués (6 issus de chaque structure) auxquels sont associés les conseillers généraux des 3 cantons.

Les élus et le bureau constitué d'un président et de deux vice-présidents (*issus de chacune des structures*) sont entourés d'une équipe de 4 personnes qui s'engagent dans une gestion durable du Chéran et de ses affluents.

Le S.M.I.A.C vient d'achever son premier Contrat de Rivière en 2010, et le syndicat souhaite poursuivre ses actions d'intérêt général par l'élaboration d'un programme d'actions 2012-2014 validés par l'ensemble des financeurs et des acteurs locaux, établi sur la base du travail de concertation établi lors de la réalisation de l'étude bilan en 2010, et en attendant la mise en place d'un éventuel second contrat de bassin.

### 7.2 COMPETENCES

Le SMIAC présente de multiple compétence :

- ✓ La coordination des travaux et différentes actions inscrits dans son programme d'action 2012-2014,
- ✓ Le financement et la réalisation des actions d'intérêt général (restauration et entretien),
- ✓ La surveillance des cours d'eau du bassin versant,
- ✓ L'animation du syndicat.

### 7.3 FINANCEMENT

Le financement du SMIAC provient de 2 sources:

- ✓ Des participations des trois structures aux dépenses de fonctionnement et d'investissement ; elles sont calculées au prorata de la population sur le bassin versant,
- ✓ Des subventions accordées par les partenaires financiers (variables selon les objectifs).

## 8 LE BASSIN VERSANT DU CHERAN

### 8.1 LOCALISATION, GEOGRAPHIE ET DESCRIPTION PHYSIQUE

#### 8.1.1 Localisation et géographie

Le Chéran draine un bassin versant de 433 km<sup>2</sup> et s'écoule sur deux départements (cf. la Figure 3). Il est le principal cours d'eau du massif des Bauges où il prend sa source, en Savoie, sur le versant sud de la Pointe de Chaurionde à environ 1450 m d'altitude. En amont de son cours, le profil en long du Chéran est assez classique, avec une diminution de la pente entre l'amont et l'aval. Dans sa partie apicale, la pente est importante (supérieure à 10%). A l'amont, elle est de l'ordre de 5%. Elle diminue ensuite progressivement pour atteindre 1 à 2% à la limite des départements de Savoie et de Haute-Savoie, avant une forte reprise de pente dans les gorges entre les ponts de Bange et de l'Abyrne.

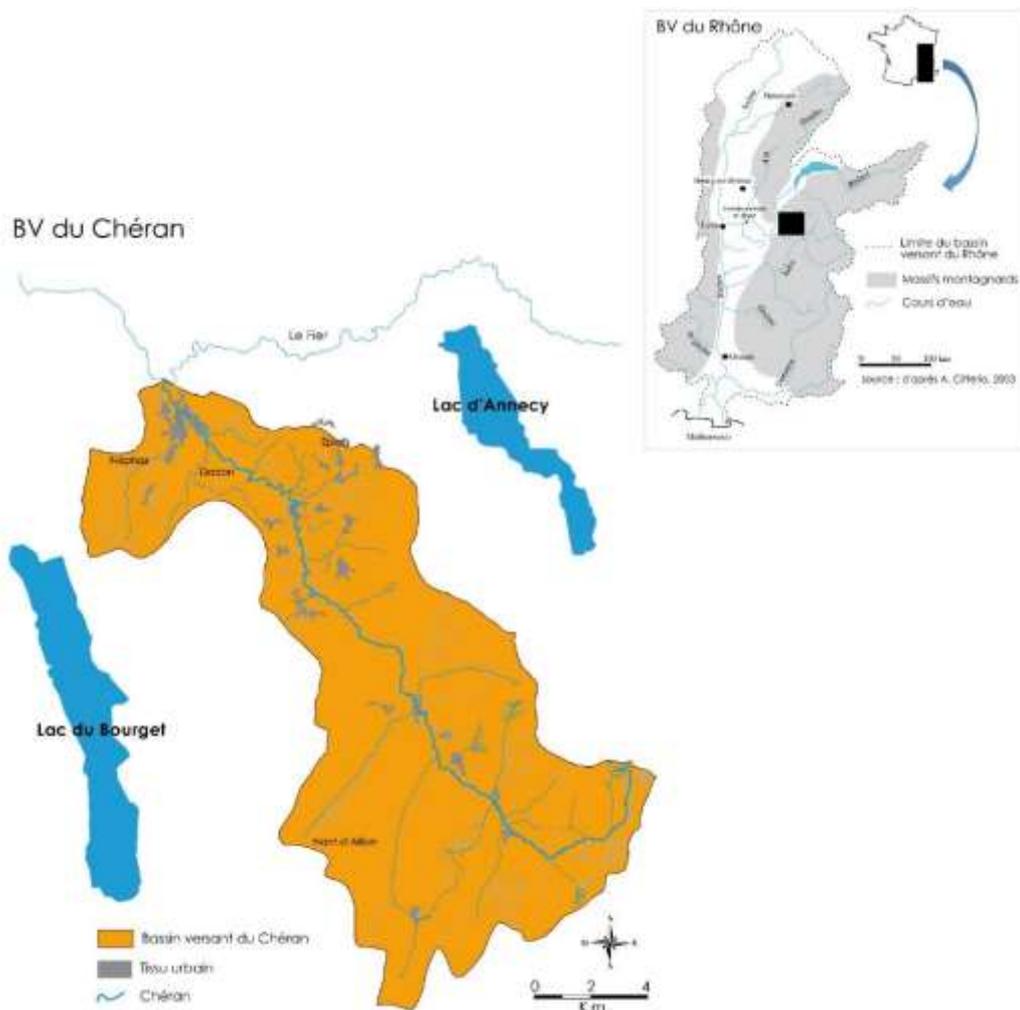


Figure 3 : Localisation du Bassin Versant (BV) du Chéran dans son contexte régional et local.



La Figure 4 nous montre un exemple de succession de ces faciès d'écoulement qui représentent une mosaïque d'habitats favorables à la vie de la faune et de la flore aquatique. Ce sont, entre autre, ces successions qui sont à l'origine de la distribution spatiale des espèces de poissons du Chéran sur tout son linéaire.

Le Chéran possède un grand nombre d'affluents dont les principaux (cf. la Figure 5 pour la répartition géographique des affluents) sont les suivants :

- › Dans le massif des Bauges :
  - Le ruisseau des Grands Prés (ou des Clos) à École,
  - Le Nant de Jarzy,
  - Le Grand Nant à Doucy,
  - Le Nant de Rossanaz,
  - Le Nant d'Aillon,
  - Le Nant des Granges au Châtelard,
  - Le Nant de Saint François,
  - Le Nant d'Orange ou St martin à Lescheraines,
  - Le Nant de Bellecombe.
  
- › Dans l'Albanais :
  - La Véise à Gruffy,
  - Le ruisseau des Eparris,
  - Le Dadon,
  - Le ruisseau de la Nanche,
  - La Néphaz.

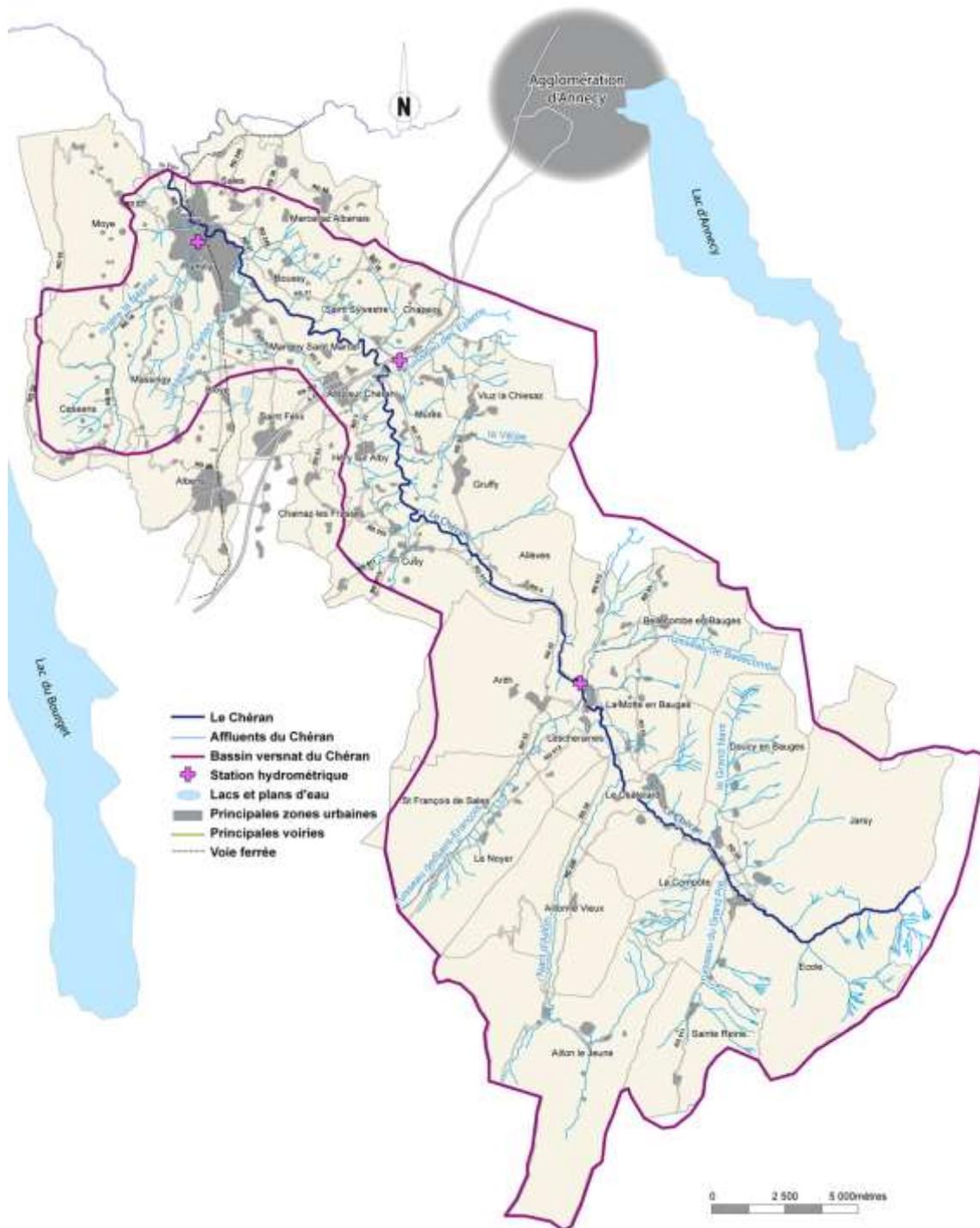


Figure 5 : Présentation du bassin versant du Chéran. D'après Lecuret et al., 2010.

Concernant le bassin versant du Chéran, son point culminant est la Pointe d'Arcalod dans les Bauges (2198 m). Le territoire est très étiré de l'amont vers l'aval et sa dimension la plus longue est de l'ordre de 35 km. Au plus étroit, dans le secteur Marigny - Marcellaz, la largeur est d'à peine 5 km.

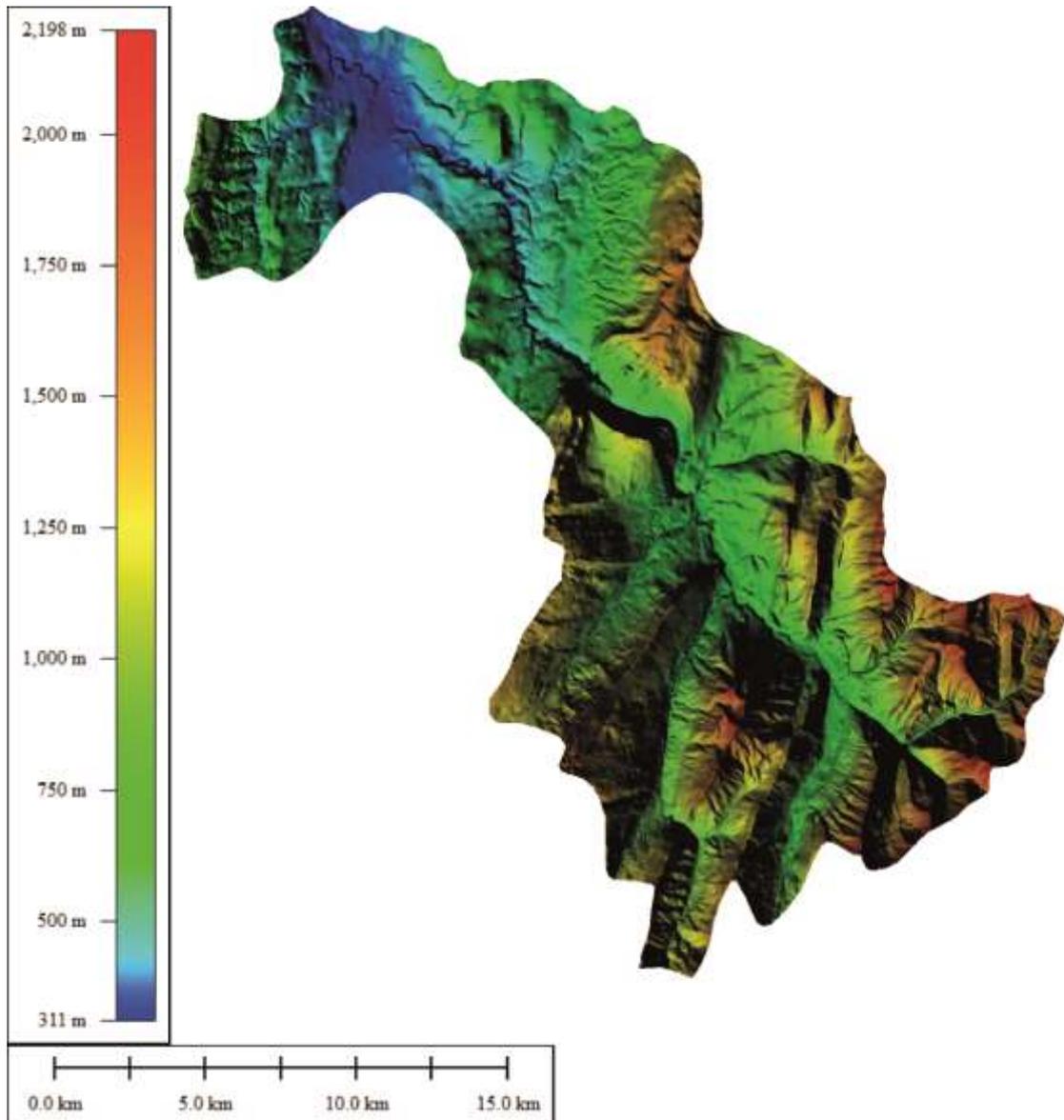


Figure 6 : Altimétrie du BV du Chéran (min : 311 m ; max :2198 m). D'après la BD ALTI 25m.

Le Chéran a sculpté le fond de vallée du bassin versant en dissolvant le massif montagneux calcaire du massif des Bauges et de l'Albanais. En résulte un profil en long (cf. la Figure 7) d'une pente moyenne de 7.4% (ET=11.0%; min= 0.0%, max=87.3%).

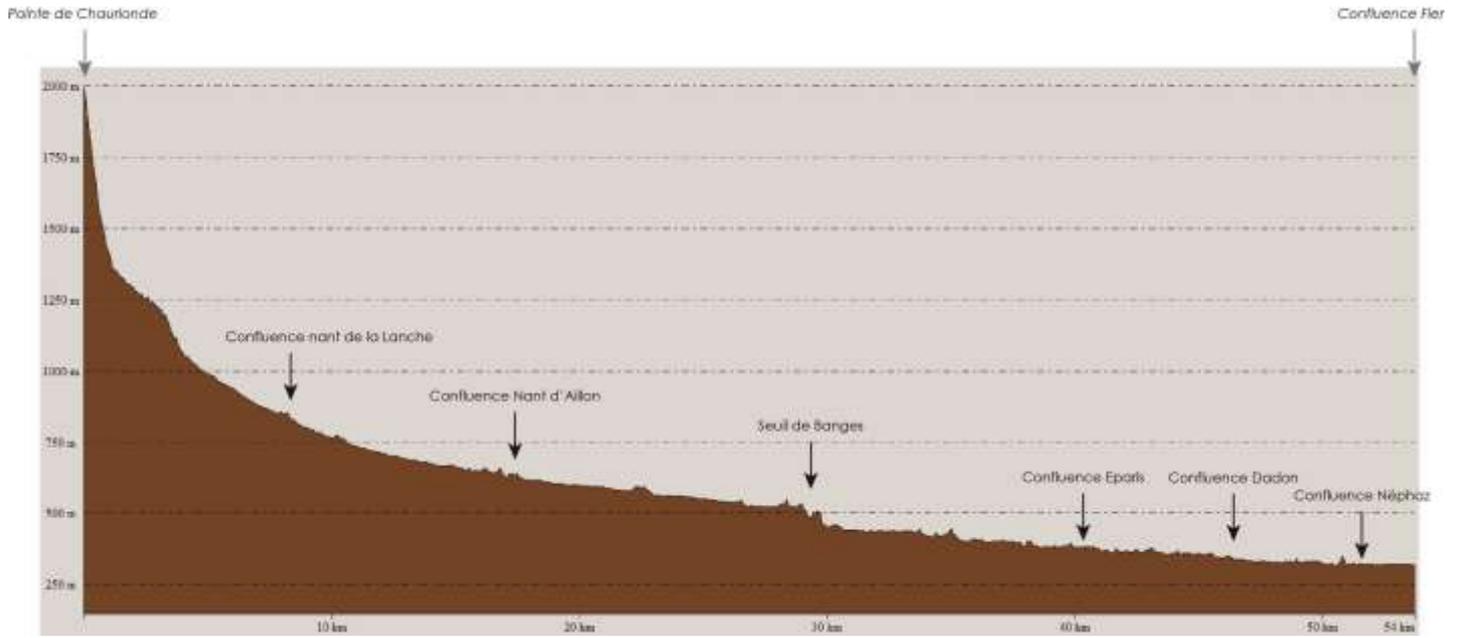


Figure 7 : Profil en long du Chéran (Longueur : 54 km). Les confluences des principaux affluents sont signalées.

## 8.2 HYDROLOGIE

### 8.2.1 Stations limnimétriques

Dans le BV du Chéran, trois stations limnimétriques sont présentes sur trois rivières principales (cf. la Figure 8):

- Le Chéran à Allèves (station La Charniaz, (données disponibles de 1950 à 2014) ;
- Les Eparis à Alby-Sur-Chéran (données disponibles de 1974 à 2014);
- La Néphaz à Rumilly ((données disponibles de 1994 à 2014).

Pour la suite de l'étude, seuls les débits mesurés à La Charniaz seront présentés et utilisés pour les besoins des discussions.

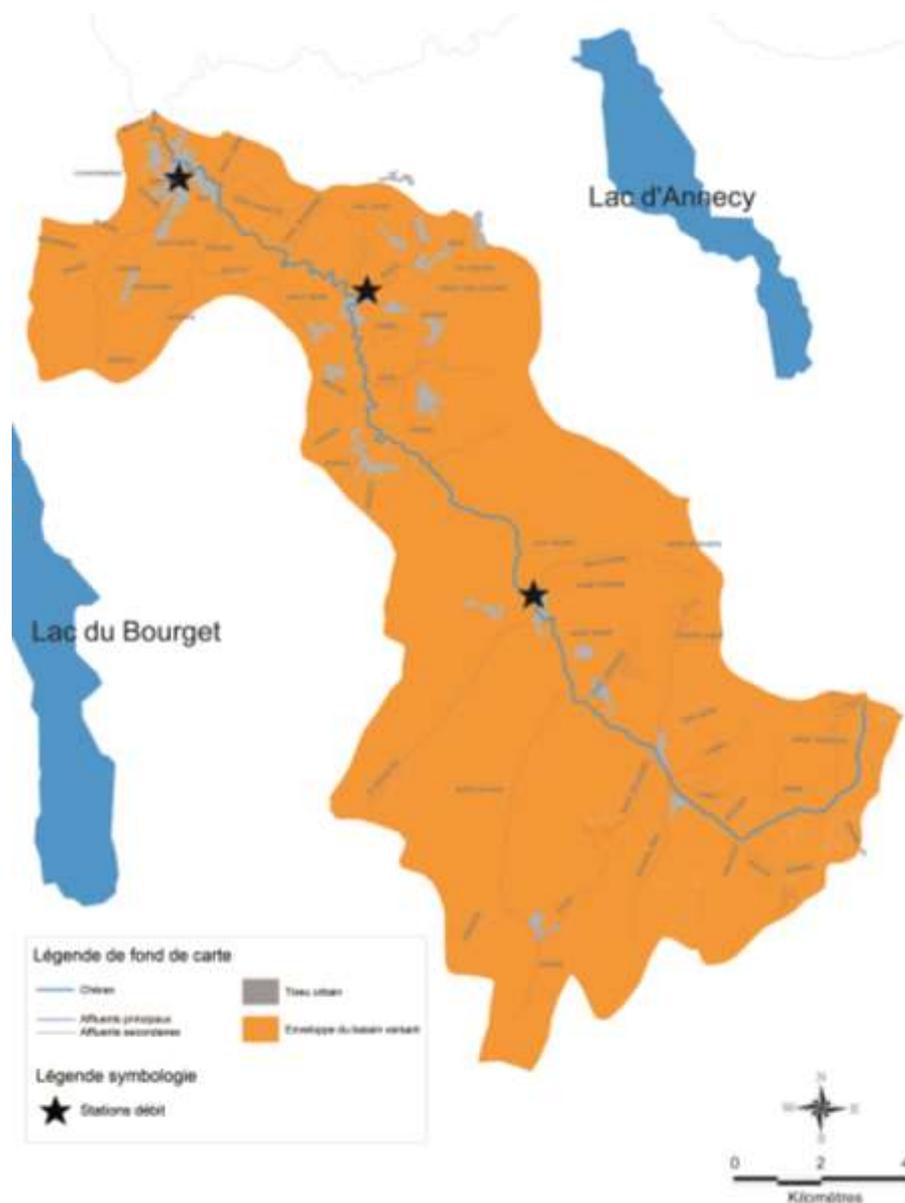


Figure 8 : Localisation des stations limnimétriques dans le BV du Chéran. Trois stations sont présentes (d'amont vers l'aval) : la station de La Charniaz (Chéran), la station des Éparis et la station de la Néphaz

## 8.2.2 Le débit du Chéran à la Charniaz

### 8.2.2.1 Données disponibles (données issues de la Banque Hydro<sup>6</sup>) et statistiques descriptives

Les données hydrologiques disponibles pour la suite de l'étude sont issues de la banque HYDRO<sup>6</sup> qui un service français d'hydrométéorologie qui stocke les mesures d'eau, calcule les débits et fournit les valeurs d'écoulement à partir de stations de mesure.

Les premières données disponibles pour la station de La Charniaz datent de 1950 (Figure 9), mais n'ont été validées qu'à partir de 1988. Remarquez qu'au moment de l'écriture de ce rapport, l'année 2014 ne présentait pas un relevé complet, ni validé, des mesures de débit. On peut noter aussi, pour 4 années des décades de 1950-1960, un relevé incomplet des mesures hydrologiques.

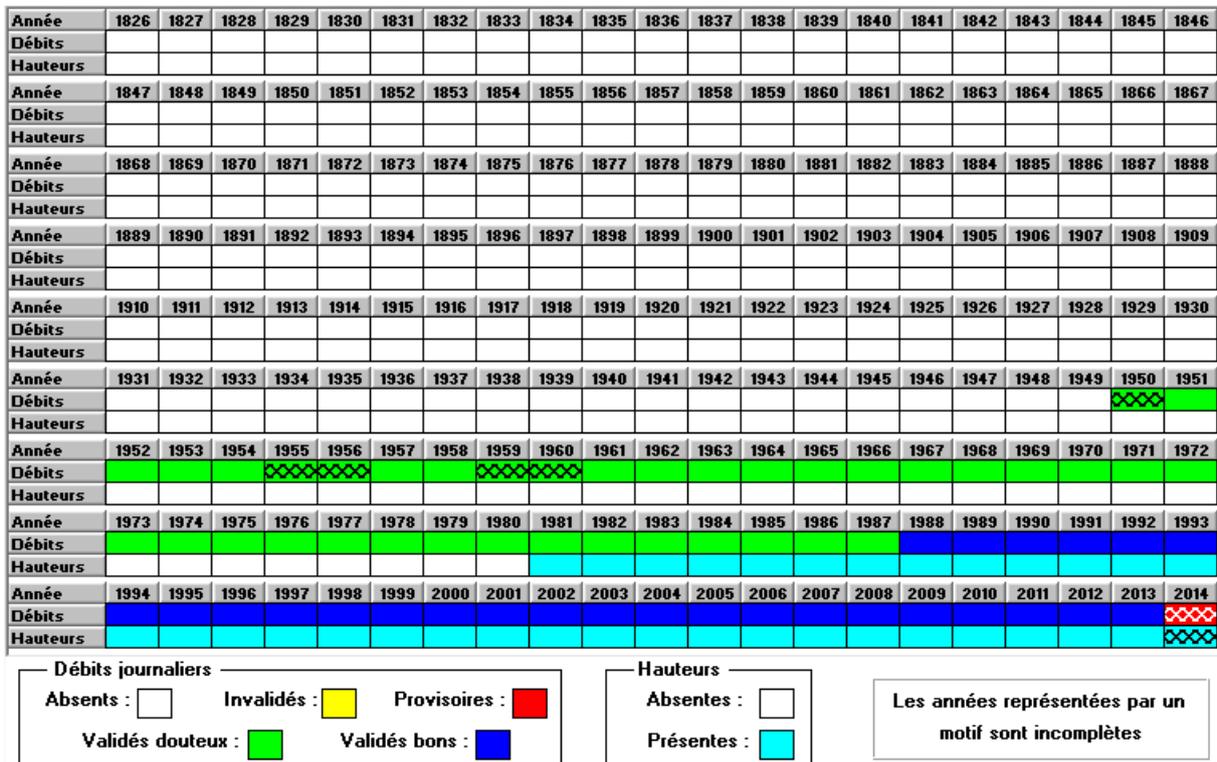


Figure 9 : Historique des débits mesurés à la station du Chéran de La Charniaz.

De ces données hydrologiques peuvent être calculées différentes statistiques descriptives des débits du Chéran (Tableau 1). Les mêmes statistiques descriptives sont à retrouver pour les Epars et la Néphaz en Annexe 2.

Tableau 1 : Statistiques descriptives des débits relevés à la station « La Charniaz ». D'après la Banque Hydro.

Données calculées sur 65 ans															
Ecoulements mensuels (Naturels)															
	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année		
Débits (m <sup>3</sup> /s)	7.990 #	8.340 #	11.100 #	12.600 #	10.400 #	7.240 #	4.760 #	3.430 #	4.260 #	5.860 #	8.090 #	8.510 #	7.700		
Qsp (l/s/km <sup>2</sup> )	32.1 #	33.5 #	44.5 #	50.5 #	41.6 #	29.1 #	19.1 #	13.8 #	17.1 #	23.5 #	32.5 #	34.2 #	30.9		
Laine d'eau (mm)	85 #	83 #	119 #	130 #	111 #	75 #	51 #	36 #	44 #	63 #	84 #	91 #	977		
Données calculées sur 65 ans															
Modules interannuels ( loi de GALTON - septembre à août )															
Débits (m <sup>3</sup> /s)	Quinquennale sèche					Quinquennale humide					Module				
	5.900[5.500;6.300]					7.700[6.800;8.800]					7.700[7.260;8.160]				
Données calculées sur 65 ans															
Basses eaux ( loi de GALTON - janvier à décembre )															
	Médiane					Moyenne					Ecart type				
VCN3 (m <sup>3</sup> /s)	0.920[0.840;1.000]					0.650[0.580;0.710]					1.010				
VCN10 (m <sup>3</sup> /s)	1.000[0.950;1.100]					0.740[0.670;0.820]					1.110				
QMINA (m <sup>3</sup> /s)	1.600[1.500;1.800]					1.100[0.950;1.200]					1.830				
Données calculées sur 64 ans															
Crues ( loi de GUMBEL - septembre à août )															
	Xo	Gradex	Biennale	Quinquennale	Décennale	Vicennale	Cinquantennale								
QJ (m <sup>3</sup> /s)	56.500	15.000	62.000[59.000;65.000]	79.000[75.000;85.000]	90.000[85.000;99.000]	100.000[94.000;110.000]	110.000[110.000;130.000]								
QIX (m <sup>3</sup> /s)	95.700	26.900	110.000[100.000;110.000]	140.000[130.000;150.000]	160.000[150.000;170.000]	180.000[160.000;190.000]	200.000[180.000;230.000]								
Maximums connus															
Hauteur maximale instantanée (cm)	599					15 février 1990 01:23									
Débit instantané maximal (m <sup>3</sup> /s)	250.000 #					1 octobre 1960 00:00									
Débit journalier maximal (m <sup>3</sup> /s)	143.000 #					15 février 1990									
Données calculées sur 23289 jours															
Débits classés	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
Débit (m <sup>3</sup> /s)	40.800	32.600	22.700	17.000	11.600	8.640	6.530	4.910	3.760	2.840	2.070	1.340	1.050	0.754	0.661

### 8.2.2.2 Hydrogramme d'une année type

A partir des données hydrologiques historiques disponibles (partie 8.2.2.1), il est possible de présenter la répartition des débits (1) mensuels moyens, (2) journaliers maximum et (3) minimum au cours d'une année type pour la station limnimétrique située sur le Chéran (Figure 10).

Le régime hydrologique du Chéran s'apparente à un régime pluvial caractérisé par une seule alternance annuelle de hautes et de basses eaux (étiage).

En effet, les débits les plus élevés (hautes eaux) sont observés au printemps, entre mars et mai (histogramme bleu, débit mensuel moyen compris entre 10 et 25  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ). Lors de ces périodes, le débit minimum journalier observé sur la chronique (ligne bleue foncée) est de 0.6  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , alors que le débit journalier maximum (ligne orange) est de 76.1  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

A l'inverse, les périodes d'étiage sont observées durant l'été, principalement durant les mois de juillet, août et septembre (débit mensuel moyen d'étiage compris entre 5.2 et 7  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ). Lors de ces périodes d'étiage, le débit minimum journalier observé sur la chronique (ligne bleue foncée) est de 0.3  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , alors que le débit journalier maximum (ligne orange) est de 68.7  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .



Figure 10 : Répartition des débits mensuels moyens, journaliers maximum et minimum au cours d'une année type pour la station limnimétrique située sur le Chéran à La Charniaz (65 ans de données). Notez que les débits sont exprimés avec une échelle logarithmique.

## 8.3 CONTRAINTES ET EFFETS ANTHROPIQUES

### 8.3.1 Population

#### 8.3.1.1 Nombre d'habitants et répartition

La population du BV recensée en 2011 est présentée par la Figure 11 dont les données chiffrées sont données en Annexe 3.

La BV du Chéran présente une répartition hétérogène de la population (Figure 11). En effet, 12% de la population (soit 4981 hab.) se répartissent dans les 14 communes des Bauges, 30% (soit 13030 hab.) sur le canton d'Alby (11 communes) et 58% (soit 25199 hab.) sur le Bas Chéran (canton de Rumilly + canton d'Albens).

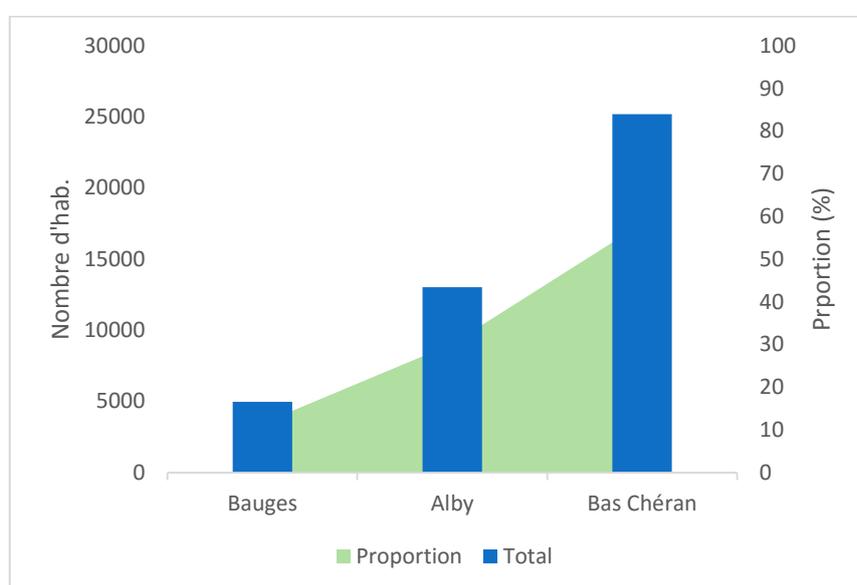


Figure 11: Répartition de la population par Communauté de Communes en 2011

La commune la moins peuplée (Doucy en Bauges) compte 102 habitants en 2011, contre 14079 hab. observés à Rumilly.

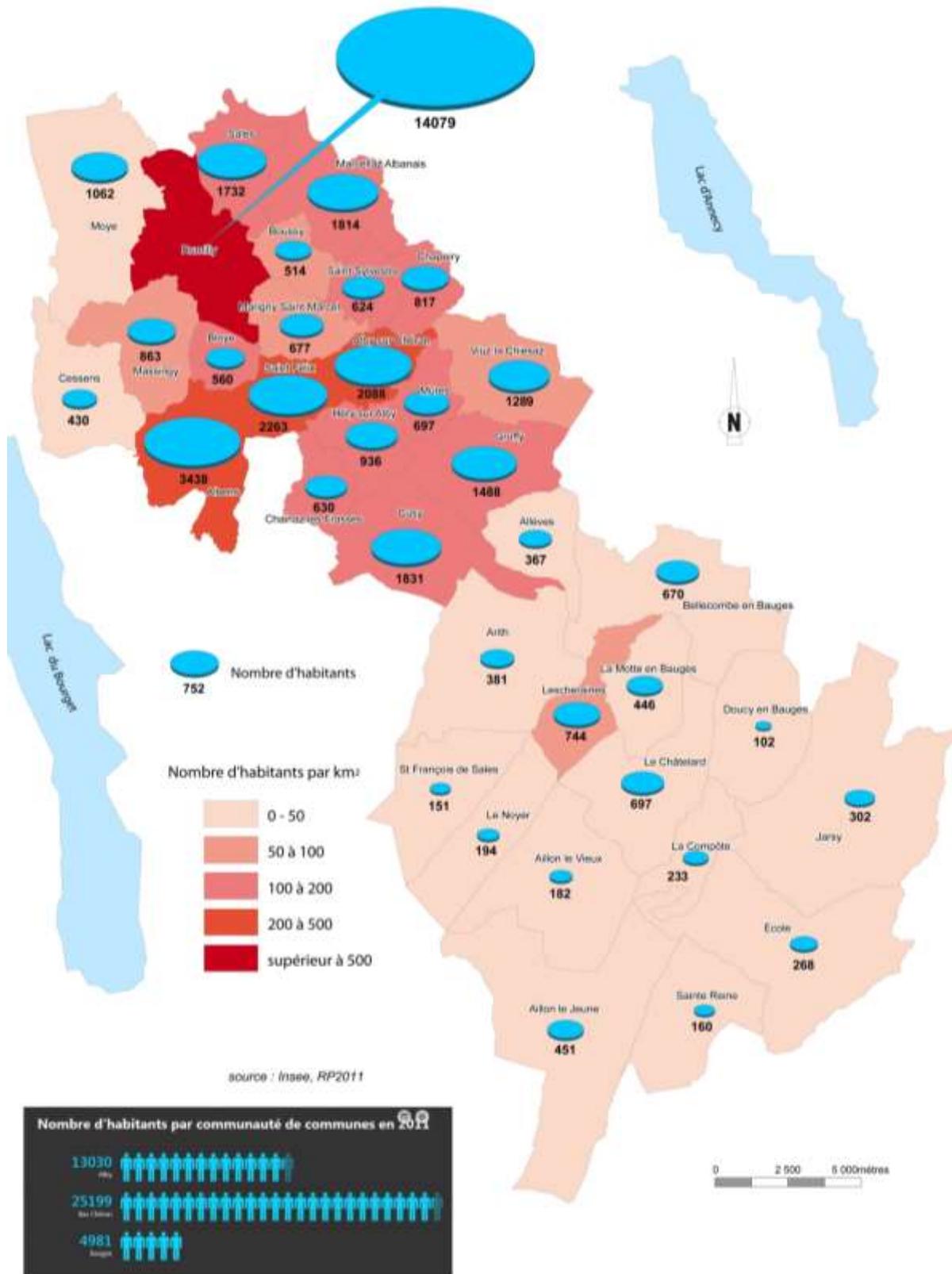


Figure 12 : Population estimée en 2011. D'après Lecuret et al.,2010.

### 8.3.1.2 Evolution du nombre d'habitats depuis 1999

Le taux moyen annuel d'évolution de la population (1999/2011) a été de 2,39% pour l'ensemble des 35 communes. Cette évolution (1999/2011) est assez stable entre les communautés de communes (cf. Figure 13), puisqu'elle est de 23% en Bauges, 24% pour le pays d'Alby et 21% pour le bas Chéran. En découpant cette évolution entre 1999/2006 et 2006/2011, on observe qu'elle s'est ralentie dans la seconde période (au maximum de 16% à 8% pour les Bauges).

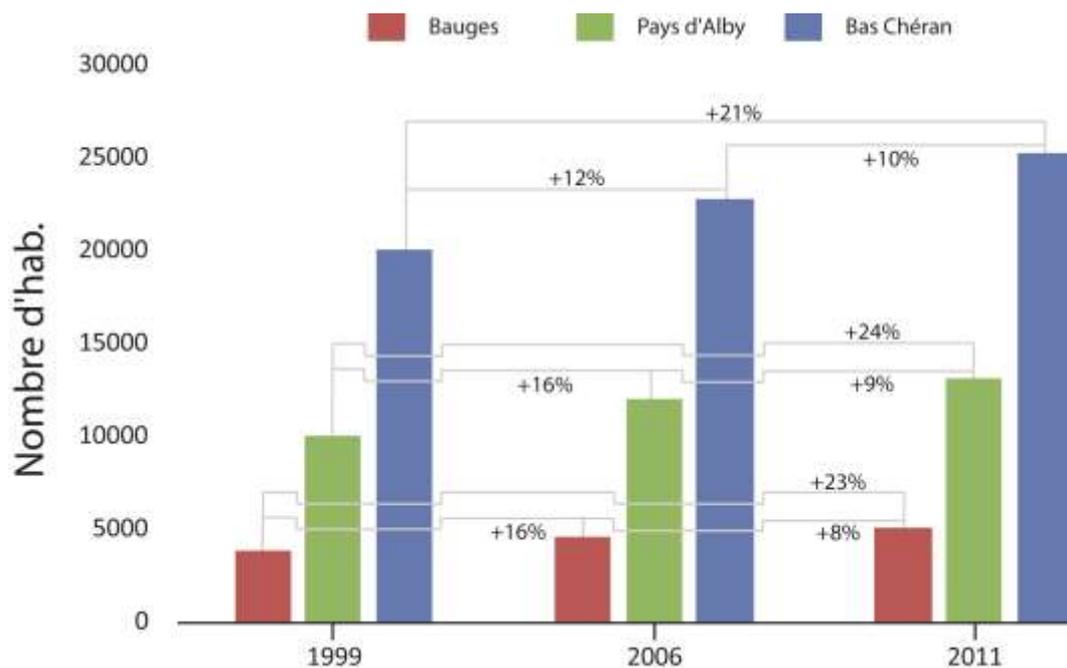


Figure 13 : Evolution du nombre d'habitants par communauté de communes entre 1999 et 2011.

Le détail de l'évolution du nombre d'habitants par commune du BV entre 1999 et 2011 est donné en Figure 14. Les communes présentant la plus forte évolution (>40%) sont les communes de Boussy (49.4%), Bellecombe en Bauges (46.3%), Cusy (43.0%), La Motte en Bauges (43.9%), Massingy (42.2%) et Doucy en Bauges (41.7%). A l'inverse, la commune de Marigny Saint Marcel présente la plus faible évolution mesurée sur cette période avec 7.5%.

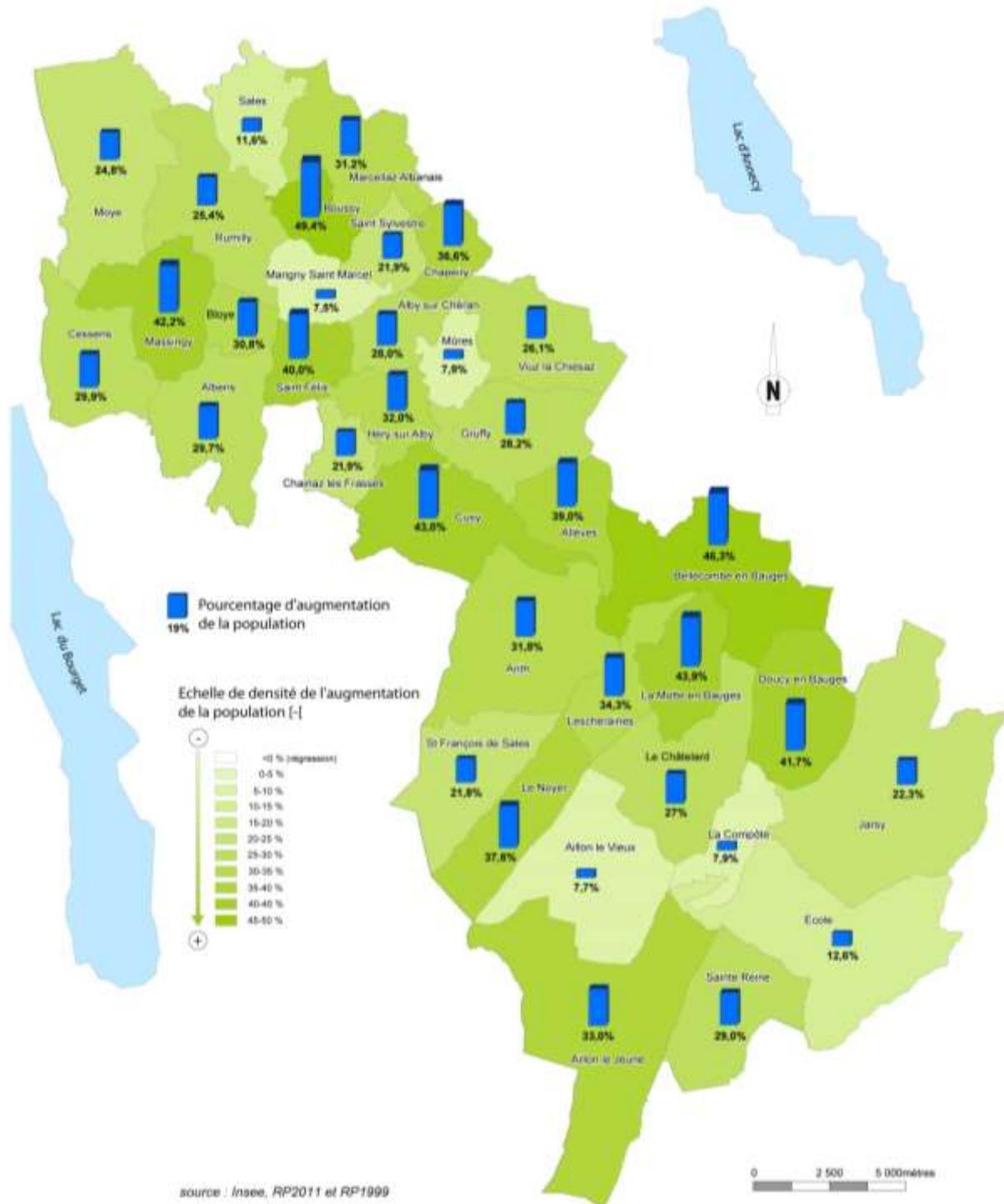


Figure 14 : Evolution de la population de 1999 à 2011. D'après Lecuret et al.,2010.

**8.3.1.3 Densité de la population**

Les communes des trois territoires présentent une très grande variabilité concernant leur densité de population (exprimée en nombre d'hab./km<sup>2</sup>, ). Les communes des Bauges sont celles ayant les plus faibles densités (<50 hab./km<sup>2</sup>, hormis Lescheraines), alors que quasiment

toutes les communes des deux autres territoires dépassent cette valeur. Dans le pays d'Alby, la densité maximale est observée à St-Félix, avec près de 329 hab./km<sup>2</sup>. La densité maximale, tous territoires confondus, est quant à elle observée à Rumilly où on y observe en moyenne près de 800 hab./km<sup>2</sup>.

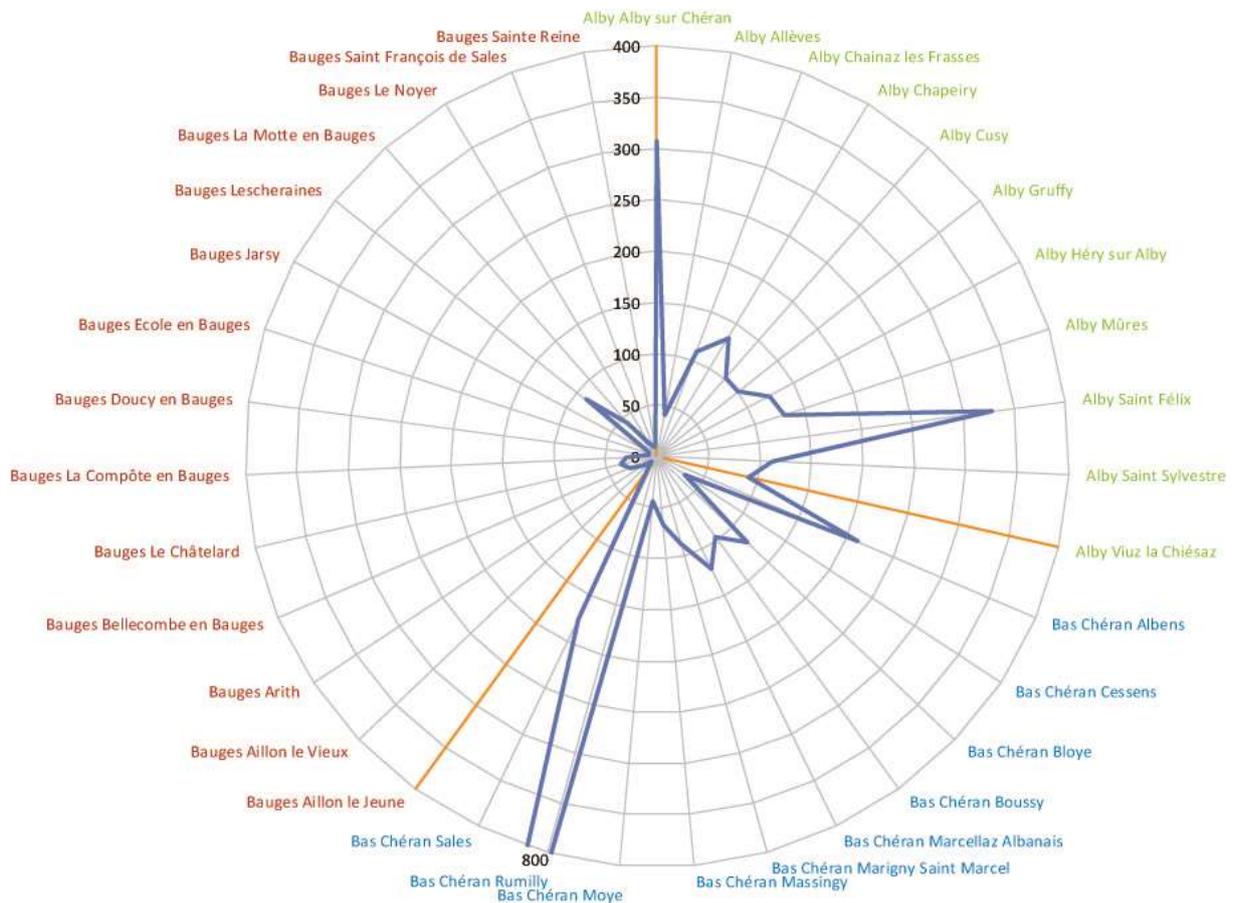


Figure 15 : Répartition, enregistrée en 2010, de la densité de la population (en Nombre d'hab/km<sup>2</sup>) pour les communes des trois territoires du BV du Chéran. Notez que Rumilly présente une densité de 800 hab./km<sup>2</sup>. Source : Insee, RP2009.

### 8.3.2 Industries

Dans le cahier des charges de l'étude, il a été mis en avant l'importance de récupérer et de centraliser les données en lien avec les industries du BV et leurs possibles impacts sur le milieu. A ce jour, dans le BV du Chéran, aucune donnée récente d'activité n'a pu être récupérées et utilisées pour l'étude. Ceci pour plusieurs raisons. Tout d'abord ces données sont payantes et il n'était pas possible pour le SMIAC d'assurer leur achat. Ensuite, pour les industries présentant des résultats de qualité de l'eau au niveau de leur rejet, ceux-ci sont souvent issus d'autocontrôle et n'ont pas été validés par une instance extérieure. Enfin, le recensement des industries dans le BV n'est pas complet et il était donc impossible d'être exhaustif. Une opération de sensibilisation des acteurs économiques (industriels et artisans dans tous les secteurs d'activité) a été initiée en 2014 par le SMIAC concernant la Haute-

Savoie, avec un focus sur le sous BV du Dadon. Ces premières informations (notamment le recensement qui accompagne cette opération) sont une première étape pour intégrer dans l'avenir les données sur les industries.

## 9 METHODE DE TRAVAIL ET CAHIER DES CHARGES

### 9.1 COUTS ET FINANCEMENT DE L'ETUDE

L'étude a été réalisée en deux années (A1 et A2) qui ont respectivement coutées 79934 € et 41000 €, soit un total de 120934 €. Le détail des coûts est donné dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Description des coûts des deux années d'étude (A1 & A2).

COUTS					Année
		Quantité	Coût unitaire	Coût TTC	
<b>CDD 1 an</b>		1	41 000 €	41 000 €	<b>A1</b>
<b>Participation FDP 73</b>	Mise à dispositions des données, relectures, échanges techniques, participation aux comités de pilotages, séminaires....	Pour mémoire			
<b>Participation FDP 74</b>	Mise à dispositions des données, relectures, échanges techniques, participation aux comités de pilotages, séminaires....	46	350 €	16 150 €	
<b>Organisation d'un Workshop</b>	Location de la salle, repas, prise en charge des éventuels frais de déplacements	1	5 000 €	5 000 €	
<b>Tranche optionnelle</b>	Organisation d'un séminaire de restitution + sollicitations prestataires (experts) externes	optionnel	13 000 €	13 000 €	
<b>Investissements liés au poste</b>	-Licence Mapinfo	1	2 800 €	3 348,8 €	
	- ordinateur + licence	1	1 200 €	1 435 €	
			Sous-Total	79 934 €	
<b>CDD 1 an</b>		1	41 000 €	41 000 €	<b>A2</b>
			Sous-Total	41 000 €	
			Total	120 934 €	

Le plan de financement de ces deux années d'étude est présenté dans le Tableau 3. Pour les deux années, le financeur principal est l'Agence de l'Eau-Rhône Méditerranée Corse qui a financé à hauteur de 30925 € (soit 38.70%) pour la première année, et 20500 € (soit 50%) pour la seconde année (pour un total de 51425 €). Le second financeur principal est le SMIAC avec un financement total sur les deux années de 30251 €.

**Tableau 3 : Plan de financement des deux années d'étude (A1 & A2).**

Année	PLAN DE FINANCEMENT		
	Nom	Participation en %	Participation en € TTC
<b>A1</b>	Agence de l'eau	38,70%	30 925 €
	Conseil Général 74	10,00%	7 993 €
	Conseil Général 73	0%	0 €
	SMIAC	22,45%	17 951€
	AAPPMA Albanais	12,51 %	10 000 €
	Fonds de Conservation pour les Rivières Sauvages	8,84%	7 065 €
	Parc Naturel Régional du Massif des Bauges via ligne REGION	7.50%	6 000 €
<b>A2</b>	Agence de l'eau	50%	20 500 €
	Conseil Général 73	10%	4 100 €
	Fonds de Conservation pour les Rivières Sauvages	10%	4 100 €
	SMIAC	30%	12 300 €

## 9.2 DEMARCHE DE TRAVAIL

La démarche du travail réalisé durant le diagnostic écologique est présentée dans la Figure 16. Elle consiste en la succession de trois phases (Préalable, I et II) interdépendantes qui traduisent la logique d'élaboration du concept du diagnostic. Les trois phases sont décrites dans les parties 9.2.1, 9.2.2 et 9.2.3.

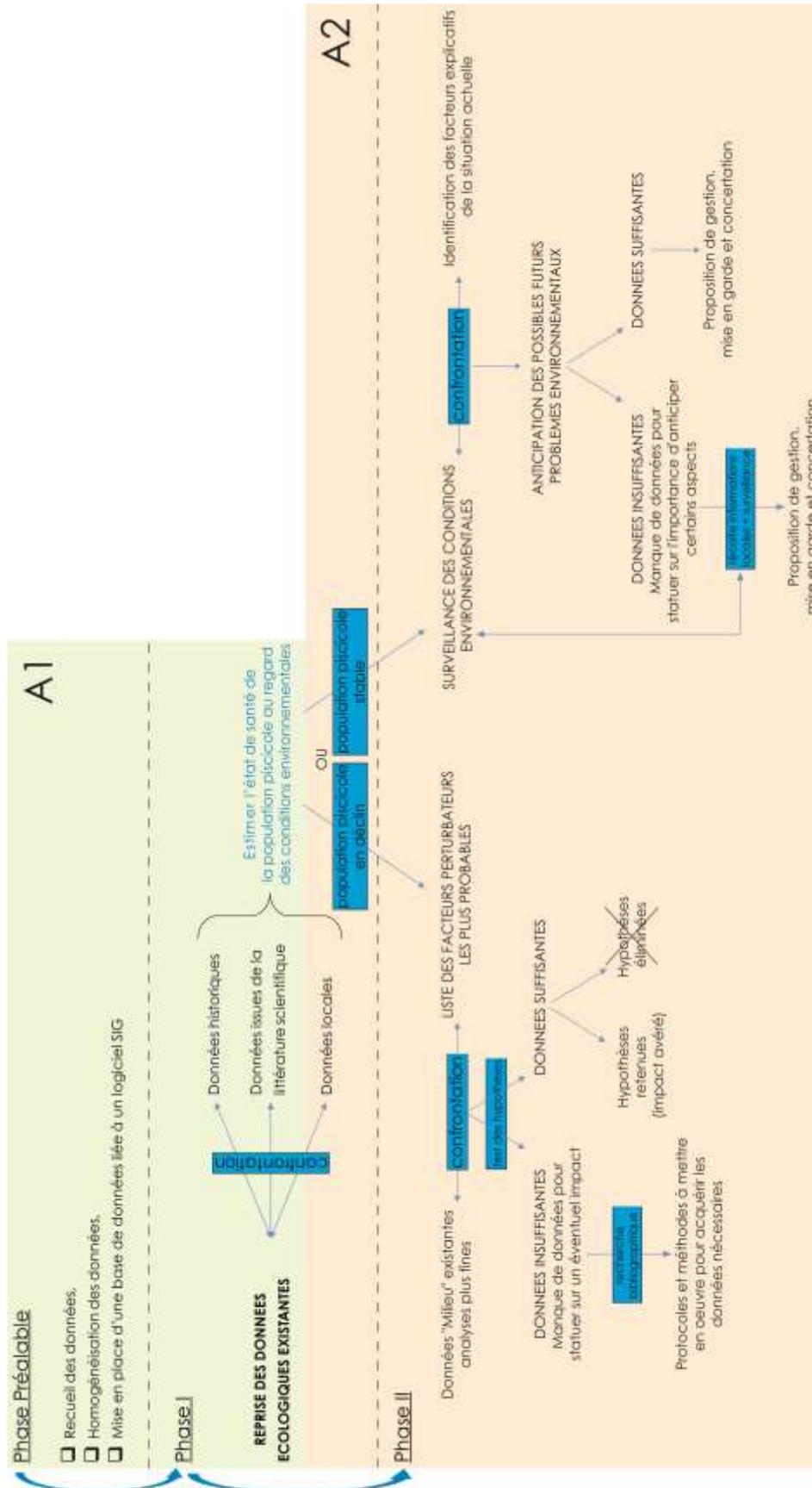


Figure 16 : Illustration synthétique de la démarche de travail utilisée sur le bassin versant du Chéran.

### 9.2.1 Phase préalable (A1)

La phase préalable (Figure 16) a consisté en la récolte de données environnementales pouvant être liées aux données piscicoles (résultats de pêches électriques exclusivement). Cette phase s'est déroulée la première année de l'étude. Parmi les données principales, nous pouvons citer les données physico-chimiques de qualité de l'eau, les données hydrobiologiques (principalement les résultats des IBGN/IBD et les listes faunistiques invertébrés benthiques), les données physiques telles que la température de l'eau ou encore des données liées à l'activité anthropiques. Cette phase est décrite dans la partie 10.1.

Le recueil de données a été suivi d'une homogénéisation de l'information (partie 10.2) pour permettre leur utilisation conjointe pour la phase I de l'étude.

Enfin, les données homogénéisées ont été compilées dans une Base De Données (BDD), outil indispensable pour comparer entre elles les données disponibles (10.3).

### 9.2.2 Phase I (A1 & A2)

La phase I du diagnostic s'est déroulée pendant les deux premières années de l'étude. Elle a tout d'abord consisté en un état des lieux des données disponibles pour l'étude et des limites inhérentes aux conditions spatio-temporelles de leur provenance (partie 11.1). Cet état des lieux a permis de mettre en place des choix méthodologiques permettant d'optimiser l'utilisation d'un maximum d'informations.

La phase I a ensuite consisté en la confrontation des données écologiques existantes (post-état des lieux et choix méthodologiques) à (1) leur propre évolution historique (partie 11.2), (2) la littérature scientifiques (uniquement en ce qui concerne la biologie de la truite, partie 11.3) et (3) les données existantes dans les rivières limitrophes (uniquement en ce qui concerne la biologie de la truite, partie 11.4).

### 9.2.3 Phase II (A2)

En fonction des résultats obtenus dans la phase I et notamment la conclusion à apporter à la question de l'état de santé de la population de truites du Chéran (déclin avéré ou non de la population), la phase II présentait deux orientations d'étude possibles (cf. la Figure 16) qui permettaient de diriger le présent diagnostic écologique vers la compréhension de la situation actuelle.

La première orientation est celle prise en cas de déclin avéré de la population de truite du Chéran. Dans cette situation, une confrontation entre une liste hypothétique de facteurs perturbateurs et les données existantes pourrait permettre le listing d'hypothèses scientifiques expliquant la situation et les prochaines prérogatives à considérer pour améliorer la situation.

La seconde orientation, dans la situation avérée d'une absence de déclin piscicole, serait la mise en place d'une surveillance des conditions environnementales du BV du Chéran, afin

(1) d'assurer une « vigie » de l'état de santé des rivières du bassin versant, mais aussi (2) permettre l'anticipation de problèmes écologiques futurs liés aux modifications naturelles des conditions climatiques et de l'influence de facteurs anthropiques locaux.

Le choix de l'orientation privilégiée pour la phase II est décrit dans la partie 12.

### 9.3 LES COMITES DE SUIVI

Le présent diagnostic écologique a fait l'objet de comités de suivi afin de diriger et valider l'avancée de l'étude. En petit comité (SMIAC, PNR, FDP74 et ONEMA) se sont déroulés les comités techniques (COTECH) assurant un suivi rapproché des choix techniques à réaliser concernant, par exemple, les données à recueillir, la manière de présenter les données ou encore certains choix statistiques. Des comités élargis ou comité de pilotage (COFIL=COTECH + AERMC + CG73 + CG74) étaient plus accés sur les prises de décisions concernant des aspects de l'étude à appuyer ou à abandonner.

Ces deux types de comités ont permis une adaptation de l'étude (1) aux réalités des difficultés de récoltes de données, (2) aux résultats principaux décidant des directions à suivre pour la suite de l'étude, ou encore (3) à un ajustement du calendrier de travail. Ils ont aussi permis des échanges pertinents entre les différents opérateurs intervenant sur le BV du Chéran, assurant des choix judicieux au bénéfice de l'étude.

## 10 PHASE PREALABLE

### 10.1 RECUEIL DES DONNEES

Le recueil des données a été réalisé durant les six premiers mois de l'année A1. Il a consisté en la récupération, chez les différents opérateurs ayant produits de la données écologiques au sein du BV du Chéran, de données numériques et papier disponibles. Le détail des données récupérées est donné dans la partie 10.3.

Les principaux opérateurs fournisseurs de données étaient : le SMIAC (études internes et mandatées), les deux fédérations de pêche (Savoie et Haute-Savoie), l'ONEMA (et anciennement le Conseil Supérieur de la Pêche), l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC), la région Rhône-Alpes, Le Parc Naturel des Bauges (PNR) et les conseils généraux (CG73 & 74).

### 10.2 HOMOGENEISATION DES DONNEES

Les données récoltées provenant d'opérateurs différents, elles présentaient des formats très hétérogènes, que ce soit au niveau du type de fichier (.xls .odt, .pdf, .txt) mais aussi au niveau de leur présentation dans chacun des fichiers. Il a donc fallu mettre en place des procédures, sous le logiciel R<sup>7</sup>, d'homogénéisation des informations numériques (cf. Figure 17). Ces procédures développées et mises en place, il était alors possible de compiler en masse les données récoltées.

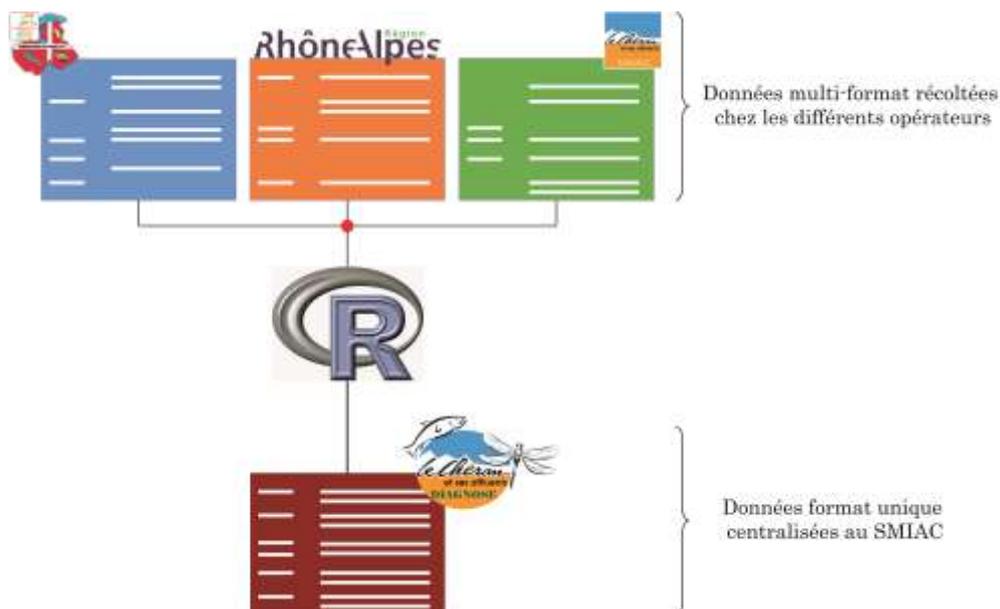


Figure 17: Homogénéisation des données numériques récoltées chez les différents opérateurs. L'utilisation du logiciel R<sup>®</sup> permet l'uniformisation itérative des données centralisées au sein du SMIAC.

Concernant les données papiers, elles ont été traduites, une à une, en fichiers numériques avec un format d'entrée adapté à chaque type de données.

### 10.3 MISE EN PLACE D'UNE BASE DE DONNEES (BDD) ET D'UN OUTIL SIG

Une base de données (BDD) consiste en l'interconnexion d'informations numériques reliées entre elles par une ou plusieurs variables clés. Plus précisément dans le cadre du présent diagnostic, une table principale (regroupant les stations de mesures réalisées dans le BV du Chéran) est au centre de l'architecture de la BDD qui relie les différentes tables d'informations (cf. la Figure 18). Les tables existantes sont liées entre elles par des relations définies par l'opérateur, permettant ainsi la construction de requête prenant en compte toutes les données interconnectées.

Outre l'intérêt d'optimiser la recherche d'informations, une BDD assure aussi une structuration de cette information et oblige l'opérateur à mettre à jour les données recueillies. Ce point est primordial car il assure à l'opérateur un jeu de données optimisé pour les futures études (avec un gain de temps appréciable pour l'obtention des informations recherchées...).

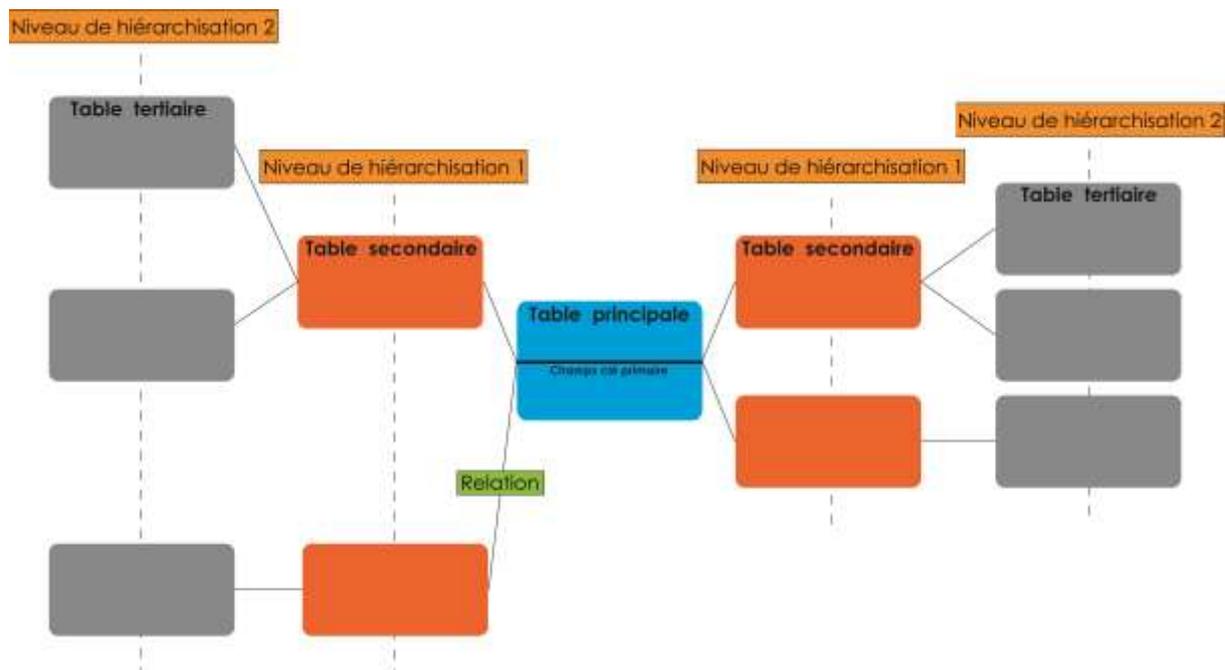


Figure 18 : Illustration de la structure type de la BDD SMIAC.

Dans le cadre de la BDD SMIAC, la table principale regroupe les stations de mesures réalisées sur les rivières du BV du Chéran (cf. Figure 19). Les principaux types de mesures centralisées dans la BDD SMIAC sont des données (1) physiques, (2) physico-chimiques (en

lien avec la qualité de l'eau), (3) biologiques (tels les seuils de tolérance truites), mais aussi (4) des données de pêches (Figure 19).

La liste finale des stations de mesures référencées dans la BDD SMIAC est donnée dans l'Annexe 4. Il conviendra de s'y référer lorsque les stations de mesures seront figurées dans les prochaines figures. Les stations SMIAC sont toutes intitulées par leur numéro d'enregistrement précédé de la lettre « S ».

En fin de diagnostic (fin février 2015), 163 stations de mesure, dont 39 stations de pêche, étaient référencées dans la BDD SMIAC. Près de 104 pêches ont été réalisées par 6 opérateurs différents (CSP/ONEMA, les deux fédérations de pêche et deux bureaux d'étude) depuis 1985, pour un total de 14882 truites pêchées.

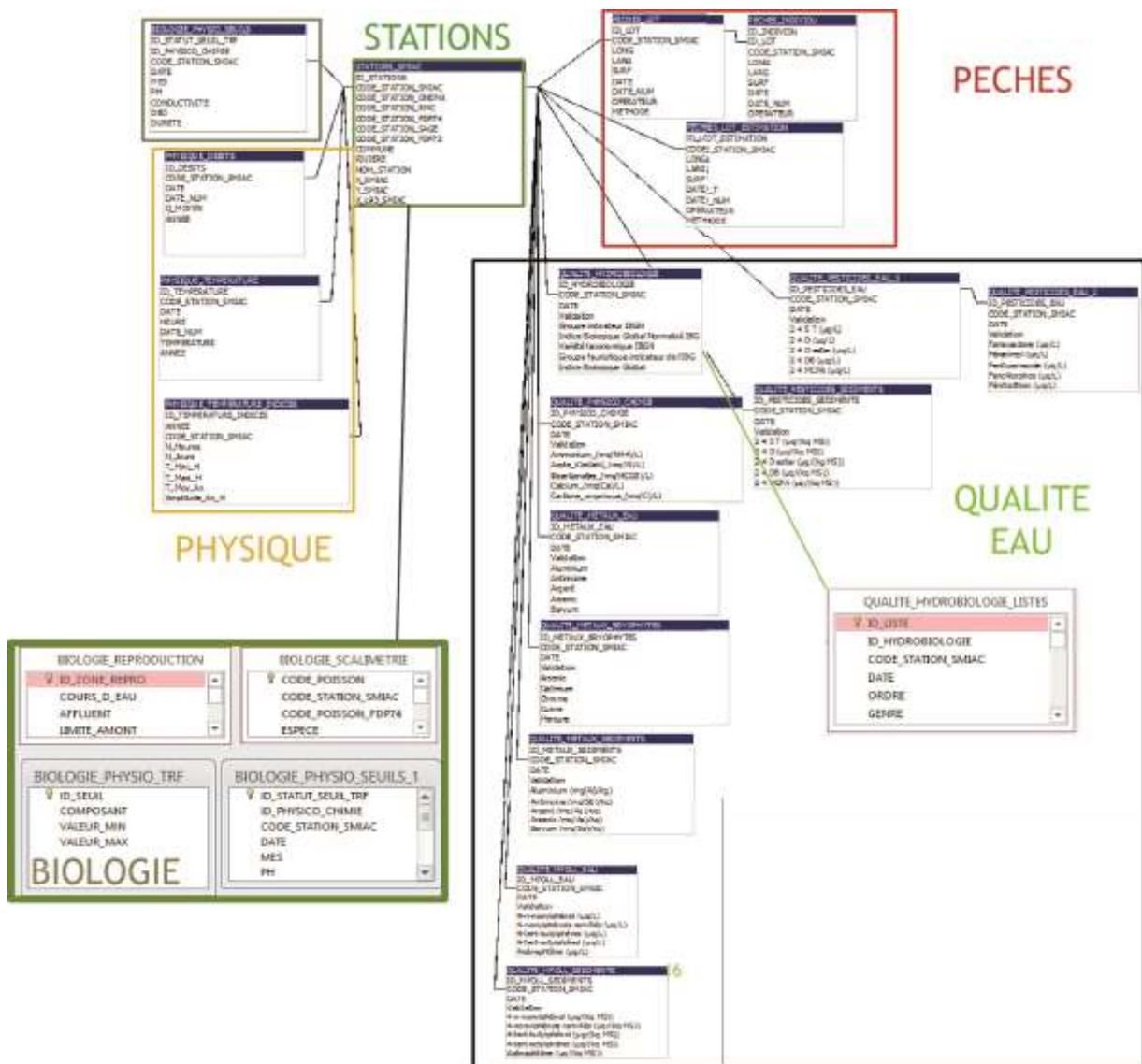


Figure 19 : Illustration de la BDD SMIAC comme structurée en fin de diagnostic.

La BDD SMIAC nous permet de connaître en détail les mesures réalisées dans le BV du Chéran. Connaissant le coût de chaque type de mesures et leur nombre, nous pouvons chiffrer l'investissement financier réalisé dans le BV depuis 1978 (cf. le Tableau 4).

**Tableau 4 : Estimation de l'investissement financier pour réaliser l'ensemble des mesures présentes dans la BDD SMIAC. Les coût/unité mentionnés dans ce tableau correspondent à la moyenne des prix appliqués actuellement par les bureaux d'études.**

Type de mesures	Protocole/compartimen t	unité	Coût/unité HT	Coût/unité TTC	N	SOUS TOT HT	SOUS TOT TTC
pêche électrique	Forfait moyen	station	2 500,00 €	3 000,00 €	97,00	242 500,00 €	291 000,00 €
hydrobiologie	IBGN	station	750,00 €	900,00 €	192,00	144 000,00 €	172 800,00 €
	MAG 20	station	1 550,00 €	1 860,00 €	26,00	40 300,00 €	48 360,00 €
Eaux	physico chimie de base	station	410,00 €	492,00 €	615,00	252 150,00 €	302 580,00 €
	micropolluant (80 molécules)	station	250,00 €	300,00 €	36,00	9 000,00 €	10 800,00 €
	pesticides	station	360,00 €	432,00 €	35,00	12 600,00 €	15 120,00 €
	métaux	station	235,00 €	282,00 €	35,00	8 225,00 €	9 870,00 €
bryophytes	métaux	station	235,00 €	282,00 €	23,00	5 405,00 €	6 486,00 €
sédiments	multi-résidus	station	250,00 €	300,00 €	8,00	2 000,00 €	2 400,00 €
	pesticide	station	360,00 €	432,00 €	8,00	2 880,00 €	3 456,00 €
	PCB	station	120,00 €	144,00 €	8,00	960,00 €	1 152,00 €
	métaux (7)	station	235,00 €	282,00 €	9,00	2 115,00 €	2 538,00 €
température		station	150,00 €	180,00 €	43,00	6 450,00 €	7 740,00 €
carto frayère		1 km	80,00 €	96,00 €	114,95	9 196,00 €	11 035,20 €
scalimétrie		100 individus	400,00 €	480,00 €	1,00	400,00 €	480,00 €
habitat tronçon		1 km	150,00 €	180,00 €	48,53	7 279,50 €	8 735,40 €
continuité exhaustive		1 km	100,00 €	120,00 €	94,63	9 463,00 €	11 355,60 €
<b>Total</b>						<b>754 923,50 €</b>	<b>905 908,20 €</b>

Ainsi, nous estimons qu'environ 900K€ TTC ont été investis par les différents financeurs depuis la fin des années 1970. Le coût des pêches électriques ainsi que les mesures physico-chimiques représentent le plus fort investissement (~600K€ TTC pour ces deux types de mesures) ; une pêche étant la mesure la plus coûteuse (~3000€ TTC) et les analyses physico-chimiques représentées en plus grand nombre (N=615).

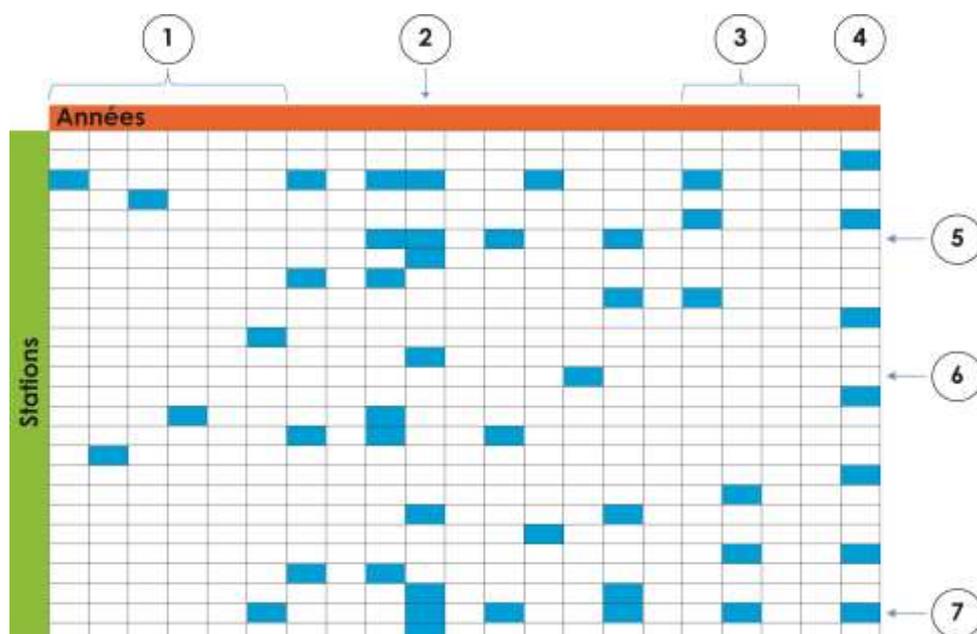
# 11 PHASE I : REPRISE ET CONFRONTATION DES DONNEES ECOLOGIQUES ENREGISTREES DANS LA BDD-SMIAC

## 11.1 DISCRETISATION SPATIO-TEMPORELLE DES DONNEES DE LA BDD-SMIAC

### 11.1.1 Une distribution discontinue de l'information

La construction de la BDD SMIAC a permis d'observer la distribution spatio-temporelle des données disponibles. Plusieurs configurations de répartition étaient présentes comme illustré dans le Tableau 5. Tout d'abord, d'un point de vue spatial et concernant les données anciennes (situation 1, Tableau 5), nous avons pu observer un déséquilibre dans l'effort de mesure, puisque seulement certaines stations ont été échantillonnées. En milieu de chronique (situation 2, Tableau 5), cet effort est appuyé mais nous observons un manque de coordination entre les opérateurs en ce qui concerne le choix des stations de mesures (mais aussi pour le type de mesures réalisés, non présentés ici). La situation 3 (Tableau 5) souvent observée dans toute la chronique, présente une condition intermédiaire aux deux précédentes, puisque certaines stations (souvent proches) sont fortement représentées. Enfin, la situation 4, la plus pertinente pour la présente étude, représente l'effort local de ces dernières années (notamment durant le contrat rivière) afin obtenir de la donnée plus homogène. Si l'on s'intéresse à la distribution temporelle de l'information (situations 5 à 7, Tableau 5), on observe là aussi plusieurs situations opposées : des stations bien étudiées durant certaines périodes de la chronique (situation 5) ; des stations étudiées une seule fois sur les 38 années de suivi (situation 6) ; des stations (en faible effectif) suivies depuis de nombreuses années à une fréquence soutenue (situation 7).

Tableau 5 : Illustration de la distribution discontinue de l'information disponible en début du diagnostic. Les rectangles bleus indiquent la présence de données pour une année (en orange) et une station (en vert) données.



L'étude de la distribution spatio-temporelle de l'information souligne ici plusieurs problèmes.

Tout d'abord, le manque d'informations sur certaines stations clés (aval d'affluents principaux ou dans les gorges du Chéran) ne permettra pas une comparaison fine des différentes variables écologiques sur tout le linéaire de la rivière. En effet, du fait d'une sous-représentation de certaines zones géographiques, il sera nécessaire d'adapter la manière de présenter l'information afin de limiter les effets de cette discontinuité spatiale (cf. la partie 11.1.2 pour une explication de la méthode employée).

De la même manière, le manque d'une réelle continuité temporelle des données enregistrées est susceptible de biaiser notre vision de la variabilité naturelle (annuelle) de l'information ; entraînant un biais certains sur notre capacité à comprendre l'évolution des conditions environnementales et son influence sur le peuplement piscicole. Comme pour la discontinuité spatiale, il conviendra de mettre en place des adaptations méthodologiques limitant ces biais (cf. la partie 11.1.3 pour une explication de la méthode employée).

Enfin, la situation actuelle suppose une amélioration de la manière de suivre les conditions environnementales des eaux du BV du Chéran. Pour ce faire, la présente étude propose la mise en place d'une surveillance écologique de certains paramètres clés afin d'assurer, pendant un temps, l'obtention d'informations en optimisant la couverture spatiale et temporelle. Cette surveillance a été initiée durant le présent diagnostic et est présentée dans la partie 12.2.

### 11.1.2 Discrétisation spatiale

Comme vu dans la partie 11.1.1, l'hétérogénéité spatiale des données disponibles nécessite la mise en place d'une méthodologie de gestion de la donnée permettant de réduire le biais de cette hétérogénéité. Dans le cadre du présent diagnostic écologique, nous avons tout d'abord opté pour une simplification de la représentation spatiale des stations de mesures (utile pour la présentation des résultats) et permettant de faciliter le rassemblement des stations présentant des caractéristiques morphologiques et mésologiques communes. Le fait de rassembler des stations en zone, nous permet dès lors de compiler simultanément plus d'informations pour répondre aux différentes questions posées.

La simplification de la représentation spatiale des stations de mesures est présentée dans la Figure 20. Elle consiste en une schématisation des stations (carrés orange) et une rotation du BV pour structurer les affluents de manière parallèle de part et d'autre de l'axe principal qui représente le Chéran. Cette schématisation améliore considérablement la visualisation des informations (notamment lors de l'utilisation de codes couleurs), sans que les stations proches ne se chevauchent.

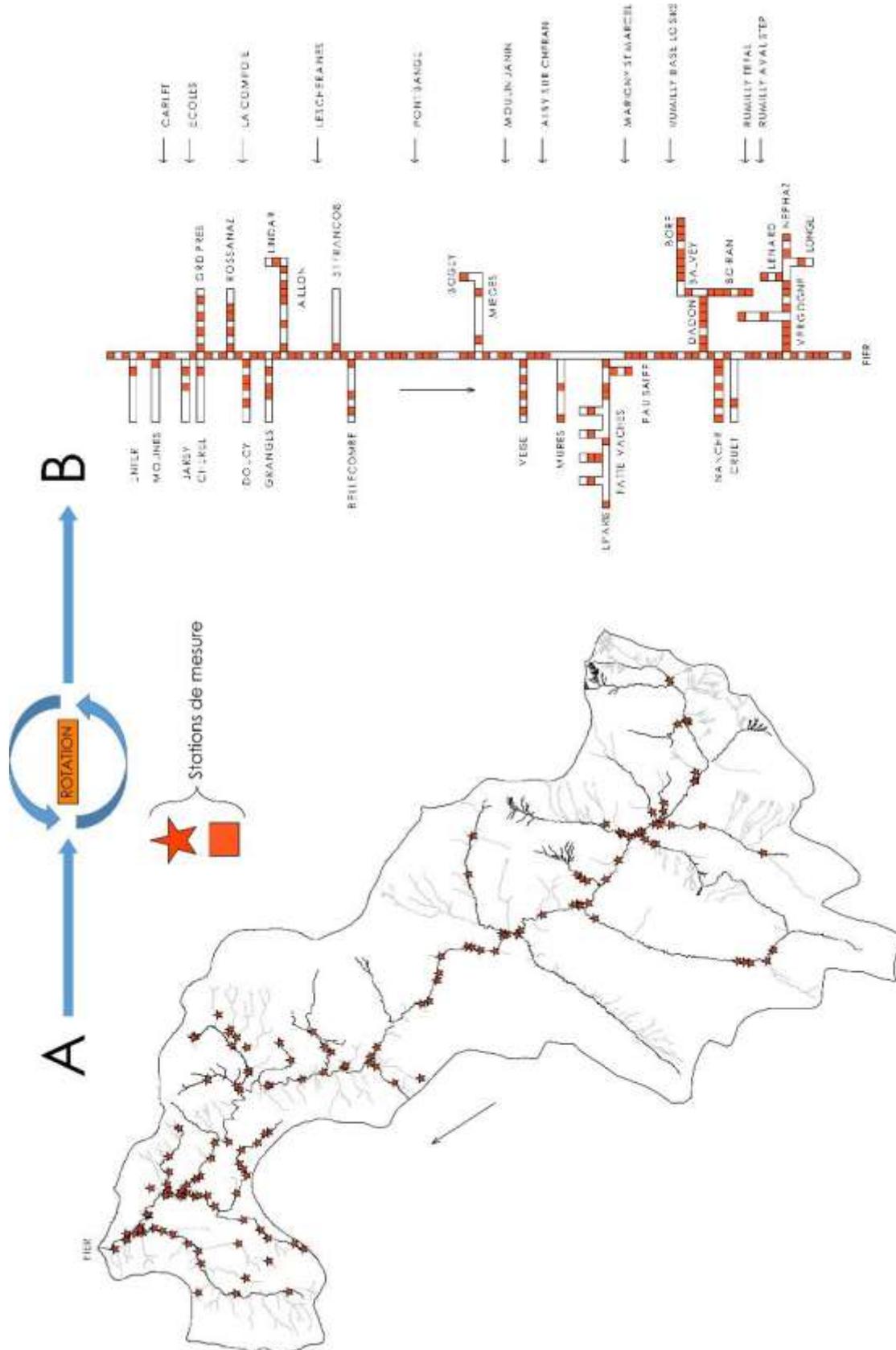


Figure 20 : Méthodologie utilisée pour discrétiser les données spatiales. Les stations de mesure (A, les étoiles oranges) distribuées dans le bassin versant du Chéran ont été reportées sur un schéma du Chéran et de ses affluents (B, les carrés oranges). La transformation de A vers B est permise via une rotation des données (Fier au Nord du BV projeté en bas du schéma).

Le rassemblement des stations, basé sur leurs caractéristiques morphologiques, mésologiques et locales (dépendantes d'affluents majeures par exemple), est présenté dans la Figure 21. Toutes les stations appartenant au même affluent ont été rassemblées (rectangles verts, Figure 21). Concernant le Chéran, 11 zones ont été identifiées (rectangles bleus, Figure 21) entre l'amont et l'aval du cours d'eau. Les zones blanches, entre les rectangles bleus, sont des zones dépourvues de stations de mesure.

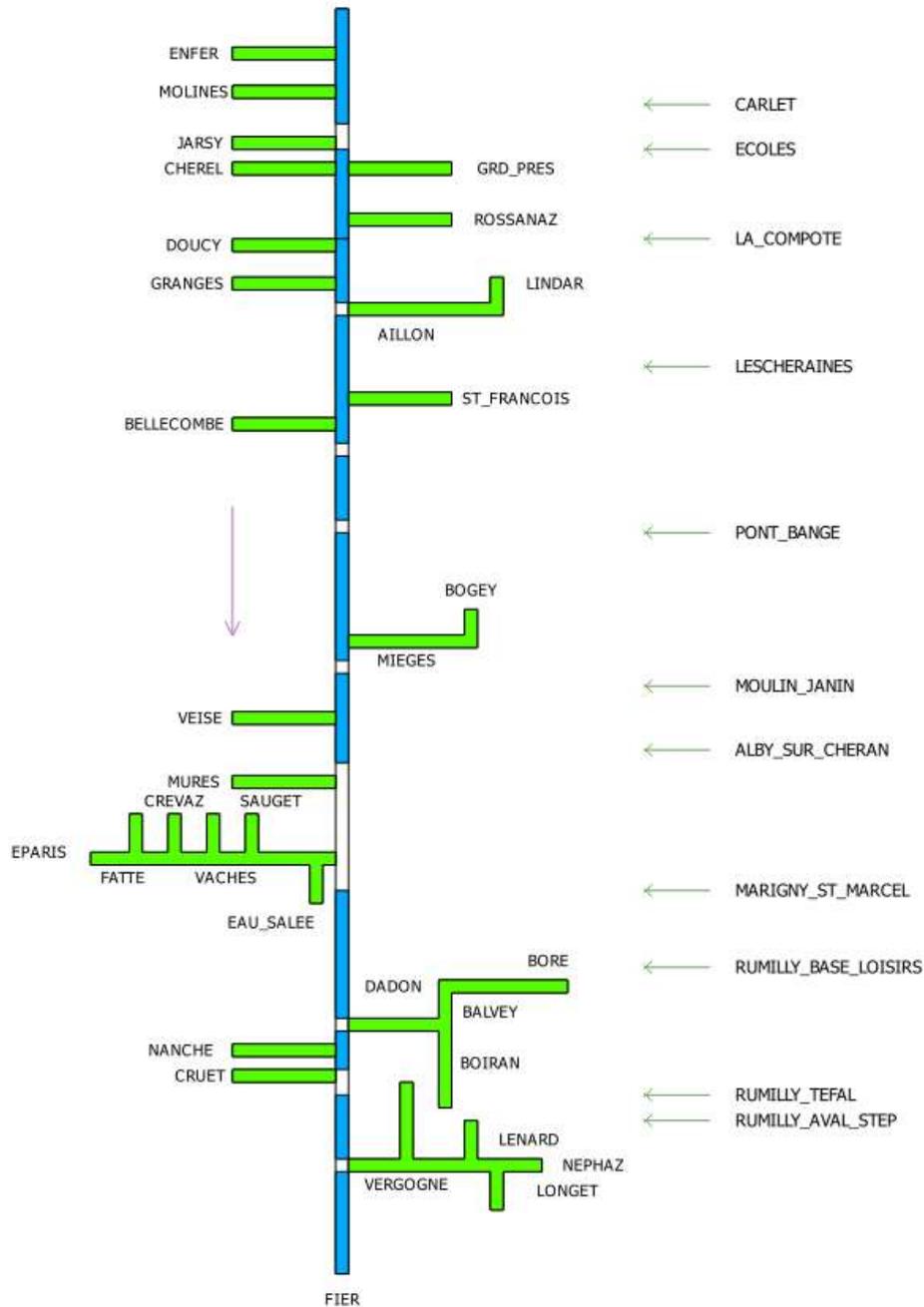


Figure 21: Zonation du schéma du bassin versant. Onze zones ont été identifiées de l'amont vers l'aval du BV.

### 11.1.3 Discrétisation temporelle

La discrétisation temporelle a consisté en le regroupement des données (1) par trimestre (donnant un aspect saisonnier aux regroupement) pour mieux appréhender les périodes avec peu de données, mais aussi (2) par grande période de temps (pré, courant et post contrat rivière) qui illustre l'effort de restauration mis en place par le SMIAC depuis 1997. Les données trimestrielles ont principalement été utilisées pour l'état des lieux des données disponibles dans la BDD SMIAC (cf. la Figure 22). Le regroupement par grande période (pré, courant et post contrat rivière) a principalement été utilisé pour illustrer la variabilité de la qualité des eaux du Chéran (cf. la Figure 37 par exemple). Dans la mesure du possible, l'utilisation des données annuelles était privilégiée pour décrire les données disponibles dans la BDD SMIAC (principalement la description des campagnes de pêche, de mesures hydrobiologiques ou de la physico-chimie de l'eau).

### 11.1.4 L'effet de la discrétisation spatio-temporelle sur les données disponibles

A la suite des résultats observés dans les parties 11.1.2 et 11.1.3, nous avons pu appliquer les choix méthodologiques à notre jeu de données. Le résultat est observé dans la Figure 22. Nous pouvons voir que le rassemblement de données permet d'augmenter le nombre de comparaisons possibles, mais celles-ci restent malgré tout très faibles en nombre (Figure 22).

En effet, seul un trimestre pour une zone géographique de la chronique permet de comparer les quatre groupes de données entre elles (rectangles bleu, i.e. les données d'hydrobiologie, de pêche, de physico-chimie et les relevés de température). Si l'on s'intéresse à la possibilité de comparer les données de pêche avec deux autres groupes de données (rectangles vert), 11 combinaisons [zones géographiques x trimestres] sont disponibles, principalement durant la seconde phase du contrat rivière. Enfin, 17 combinaisons [zones géographiques x trimestres] sont disponibles si l'on souhaite comparer les données de pêches avec seulement un autre groupe de données (rectangles orange).

La discrétisation spatio-temporelle est une solution louable pour augmenter les possibilités de comparaison de données. Dans notre situation, la grande disparité d'information liée à la ponctualité des mesures ne nous permet pas de relier finement entre elles les évolutions des différents groupes d'informations. Autrement dit, les interprétations des résultats de pêche seront donc difficilement corrélées aux tendances d'évolution des autres groupes de données.



## 11.2 EVOLUTION DES DONNEES ECOLOGIQUES HISTORIQUES

Cette partie de l'étude se concentre sur l'analyse de l'évolution des données historiques (1) de la physico-chimie des eaux du BV du Chéran, (2) des variables caractérisant le peuplement de macro-invertébrés benthiques et (3) des variables caractérisant l'état de santé de la population piscicole du Chéran.

En ce qui concerne la physico-chimie, les résultats sont présentés avec une approche (1) réglementaire en suivant les seuils officiels de qualité validés par l'Agence de l'Eau, mais aussi (2) biologique qui permet de confronter les valeurs de physico-chimie aux seuils de tolérances de la truite du Chéran, espèce ciblée dans notre étude (voir la partie 11.2.1.1).

### 11.2.1 Physico-chimie

#### 11.2.1.1 Mesures réalisées et paramètres ciblés

L'eau peut être caractérisée par sa quantité (volume), son taux de transit dans les rivières (débit), mais aussi par sa qualité (physico-chimique). De multiples paramètres peuvent être analysés dans ce cadre, que ce soit de manière *in situ* à l'aide de sondes multiparamétriques, ou *a posteriori* pour des paramètres complexes à analyser en laboratoire.

En fonction des valeurs mesurées pour chaque paramètre, une classe d'aptitude à la biologie peut être déterminée (parmi 5 classes de couleur allant du bleu pour une « très bonne aptitude » à rouge pour une « mauvaise aptitude »). Les classes d'aptitude, au regard des différents paramètres mesurés, sont déterminées par le Système d'Evaluation de l'Etat des Eaux (SEEE) défini par les Agences de l'Eau.

Les données physico-chimiques peuvent aussi être analysées au regard des seuils de tolérance de la truite qui ne peuvent être dépassés sous peine de grande difficulté pour les individus les plus faibles, voir la survie d'une population. Il conviendra donc d'étudier la variabilité de la qualité physico-chimique des eaux du BV du Chéran en se référant toujours à ces seuils biologiques. Ces valeurs seuils utilisées dans la suite de l'étude sont données dans le tableau suivant:

Tableau 6 : Limites physiologique de la truite au regard des 11 paramètres physico-chimiques déterminés comme limitant pour la survie de l'espèce. D'après Caudron et al., 2006.<sup>8</sup>

ID_SEUIL	PARAMETRE	VALEUR_MIN	VALEUR_MAX
1	MeS (mg/L)	0	75
2	pH (unité pH)	6	9
3	Conductivité à 25°C (µS/cm)	150	750
4	DBO (mg(O2)/L)	0	3
5	Dureté (°F)	20	42
6	Oxygène dissous (saturation) (%)	70	200
7	Ammoniac (mg(NH3)/L)	0	0,025
8	Nitrites (mg(NO2)/L)	0	0,1
9	Ammonium (mg(NH4)/L)	0	0,3
10	Phosphates (mg(PO4)/L)	0	0,3
11	Température (T°C)	1	25

Depuis 1976, > 600 mesures de qualité de l'eau ont été réalisées dans les eaux du bassin versant du Chéran (cf. la partie 11.2.1.2); certaines dans le cadre d'un suivi de qualité, d'autres pour des mesures ponctuelles suite à une pollution. L'évolution de la qualité des eaux du Chéran, pour différentes périodes de temps, est donnée dans la partie 11.2.1.3.

#### 11.2.1.2 Description des campagnes de prélèvement

Une grande disparité des mesures de la qualité physico-chimique de l'eau ( $\varphi_x$ ) est observée depuis la fin des années 70 (Figure 23). La majorité des mesures a été réalisée après les années 2000, notamment en seconde partie du contrat rivière. Le nombre maximal de mesures est observé en 2006 avec 128 occurrences. On peut remarquer une baisse graduelle du nombre de mesure après la fin du contrat rivière, à savoir 2008.

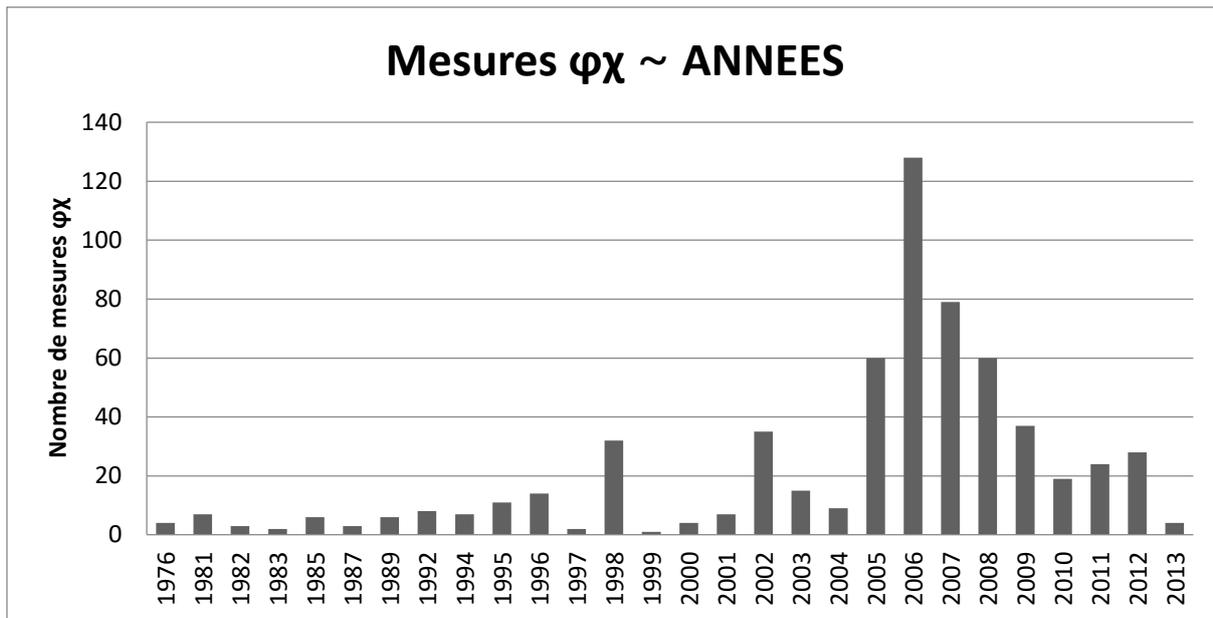


Figure 23 : Nombre de mesures physico-chimiques annuelles réalisées entre 1976 et 2013.

En ce qui concerne la répartition spatiale des mesures de physico-chimie (Figure 24), la tête (les stations situées sur les communes de Jarsy et du Chatelard) et surtout la fermeture de BV (à hauteur de Rumilly, principalement les stations S73 et S78) présentent la majorité des mesures réalisées. Ainsi, notre vision amont-aval de la qualité de l’eau est réduite sur le cours principal.

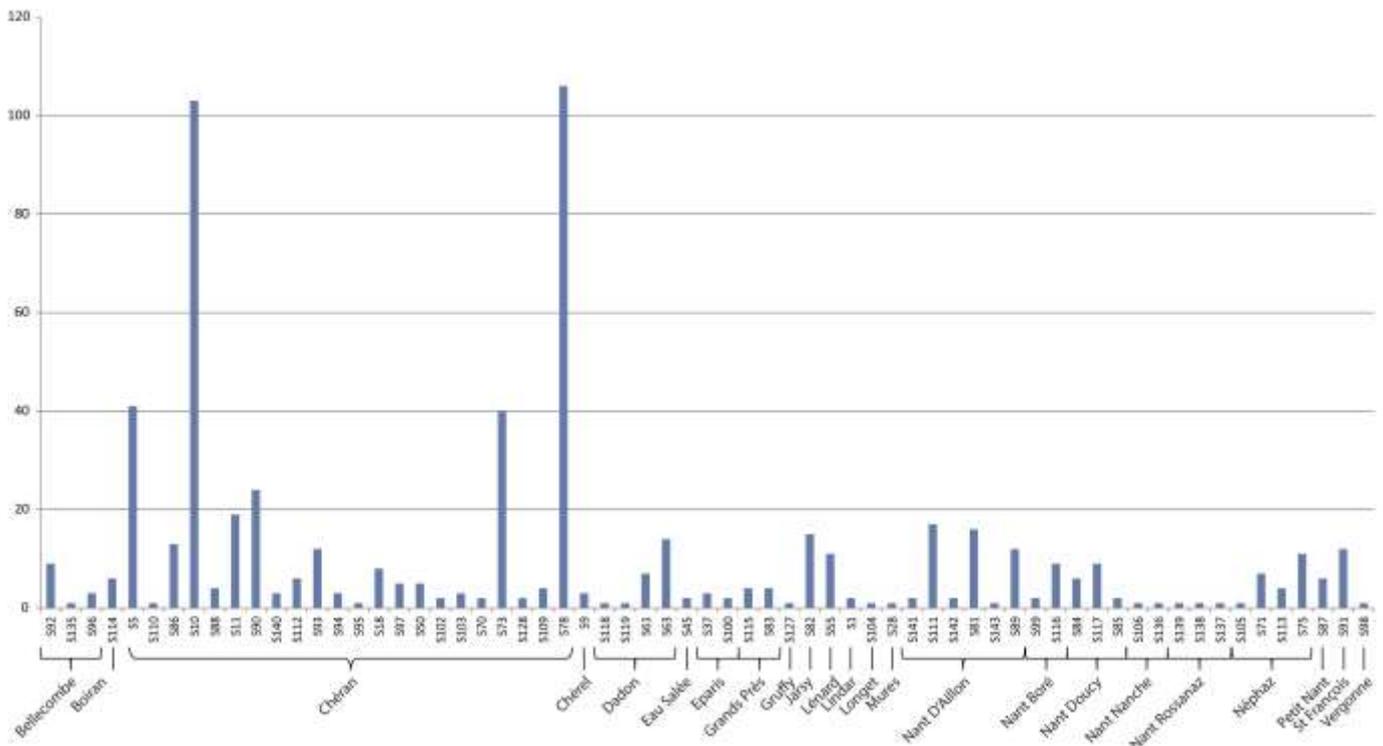


Figure 24 : Nombre de mesures physico-chimiques réalisées pour les différentes stations du bassin versant. Les stations sont présentées, pour chaque rivière, de l’amont (à gauche) vers l’aval (à droite). Voir l’Annexe 4 pour la liste des stations de mesures.

**11.2.1.3 Qualité de l'eau au regard des normes de la Directive Cadre**

La Figure 25 illustre l'évolution spatio-temporelle de la qualité physico-chimique de l'eau au regard des normes du SEEE. Le découpage des rivières du BV en zones est expliqué dans la partie 11.1.2, Figure 21.

Pour les trois périodes de temps considérées et pour le cours principal du Chéran, on observe une faible évolution temporelle de la qualité de l'eau qui reste « bonne » à « très bonne » dans les 2/3 amont (jusqu'au nant de Sauget environ) , et « bonne » à « médiocre » à l'extrême aval (Figure 25). Seul un secteur présente une qualité « médiocre » et est situé en amont direct de la Néphaz.

Concernant les affluents, quelques affluents en amont, tels que le nant d'Aillon ou le nant de Jarsy, présentent une qualité « moyenne » qui n'évolue pas dans le temps.

Dans la partie aval, on observe une amélioration de la qualité physico-chimique du Dadon et des Éparis pendant et post contrat rivière. A l'inverse, la Néphaz est en état « moyen » post contrat rivière.

Enfin, il est important de remarquer la faiblesse du nombre de mesures réalisées dans les affluents post contrat rivière (malgré un effectif total > à celui de la période pré contrat rivière), ne nous permettant pas de statuer sur la qualité physico-chimique de ces secteurs.

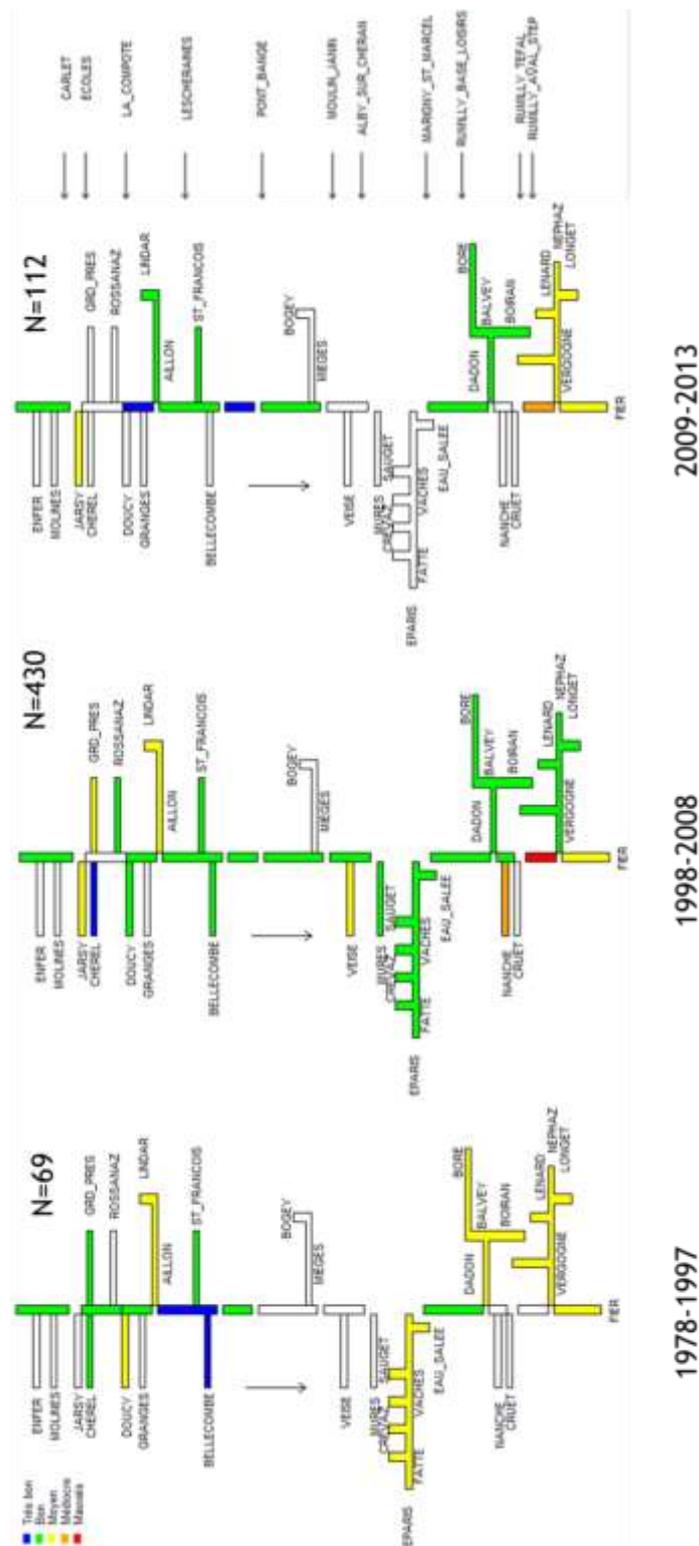


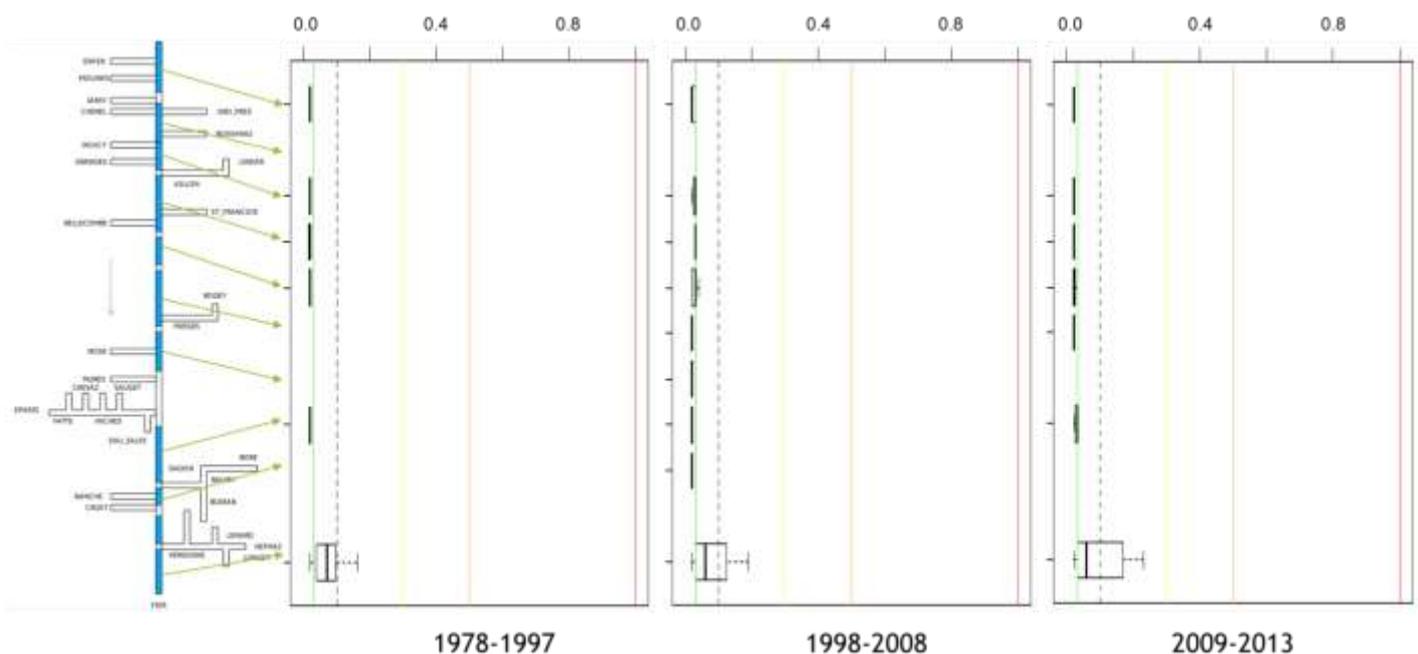
Figure 25 : Evolution spatio-temporelle de la physico-chimie de l'eau au regard des normes du SEEE. Le code couleur est indiqué en légende. Les trois périodes choisies correspondent aux années précontrat rivière, durant le contrat rivière et post-contrat rivière. Le nombre de mesures totales physico-chimiques réalisées pour chaque période est indiqué (N=).

#### 11.2.1.4 Qualité de l'eau au regard des exigences physiologiques de la truite

Les 3 prochaines figures (Figure 26, Figure 27 et Figure 28) présentent les distributions spatio-temporelles des valeurs de nitrites ( $\text{NO}_2$ ), phosphate total (PT) et matières en suspension (MES), au regard (1) des seuils de qualité définis par le SEEE et (2) des seuils de tolérance biologique de la truite. Ces trois paramètres ont été sélectionnés ici car présentant des réponses contrastées (notamment au regard des seuils de tolérance de la truite) et parce qu'ils sont considérés comme les plus dégradés des 11 paramètres étudiés (hors température de l'eau qui est le sujet de la partie 12.3.2.2).

Concernant les nitrites (Figure 26), que ce soit pour les trois périodes de temps et pour les 10 premières zones du Chéran, les distributions sont situées en deçà des limites hautes de la classe de « très bonne » qualité et de la limite de tolérance de la truite. Seule la zone 11 (aval de la Néphaz) présente des distributions dépassant ponctuellement le seuil de tolérance (estimé à  $0.1 \text{ mg}(\text{NO}_2)/\text{L}$ ). De plus, on peut remarquer qu'il y a plus de valeurs dépassant ce seuil durant la période post contrat rivière (étalement plus important de la boîte à moustache vers la droite du seuil de tolérance).

On notera pour les nitrites une forte incompatibilité entre les valeurs des limites de classes du SEEE et la limite de tolérance de la truite, supposant ainsi que certaines masses d'eau sont considérées comme en « bon état » pour les nitrites, alors que cette espèce est déjà en grande difficulté pour ce paramètre.

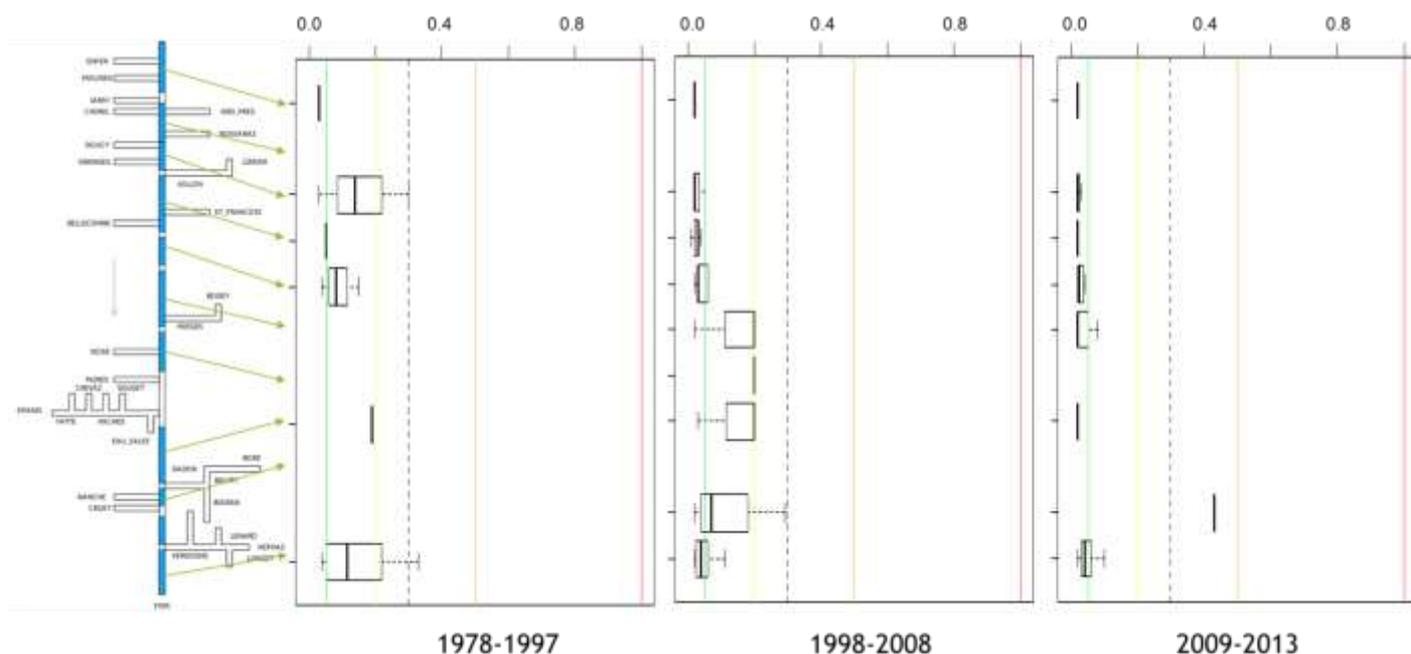


**Figure 26 :** Répartition spatiale des distributions des valeurs de Nitrites ( $\text{NO}_2$ , exprimées en  $\text{mg}/\text{L}$ ) mesurées dans les 11 zones du Chéran au cours des trois périodes encadrant le contrat rivière (pré, courant, post contrat). Les lignes verticales de couleurs indiquent la limite basse des classes de qualité utilisées dans le cadre de la DCE (voir la Figure 25 pour le lien entre les couleurs et les classes de qualité). Les lignes pointillées indiquent la valeur limite au-delà de laquelle la truite *fario* est en danger au regard de ses exigences physiologiques (cf. l'Erreur ! Source du renvoi introuvable. pour les limites physiologiques utilisées). La symbolique liée aux boîtes à moustache utilisées dans cette figure est donnée dans la Figure 40.

Contrairement aux nitrites, les distributions des valeurs de phosphate (Figure 27) présentent une variabilité spatio-temporelle plus marquée. Ainsi, on observe une baisse de ces valeurs principalement en période post contrat rivière, quasiment sur tout le linéaire du Chéran. Entre 2009 et 2013, seul la zone 10 (amont de la Néphaz) présente une valeur située dans la classe « correcte » et bien supérieure au seuil de tolérance de la truite (estimée à 0.3 mg(PO<sub>4</sub>)/L).

Durant les périodes <2009, on observe ponctuellement des mesures proches ou dépassant le seuil de tolérance, mais toujours situées dans les classes  $\geq$  à la classe « correcte ».

Pour le phosphate total, on retrouve une meilleure cohérence entre les limites de classe du SEEE et la limite de tolérance de l'espèce, même si l'on peut toujours considérer des masses d'eau avec une qualité « correcte » au regard de ce paramètre et présentant des valeurs de PT pouvant mettre en difficulté cette espèce.

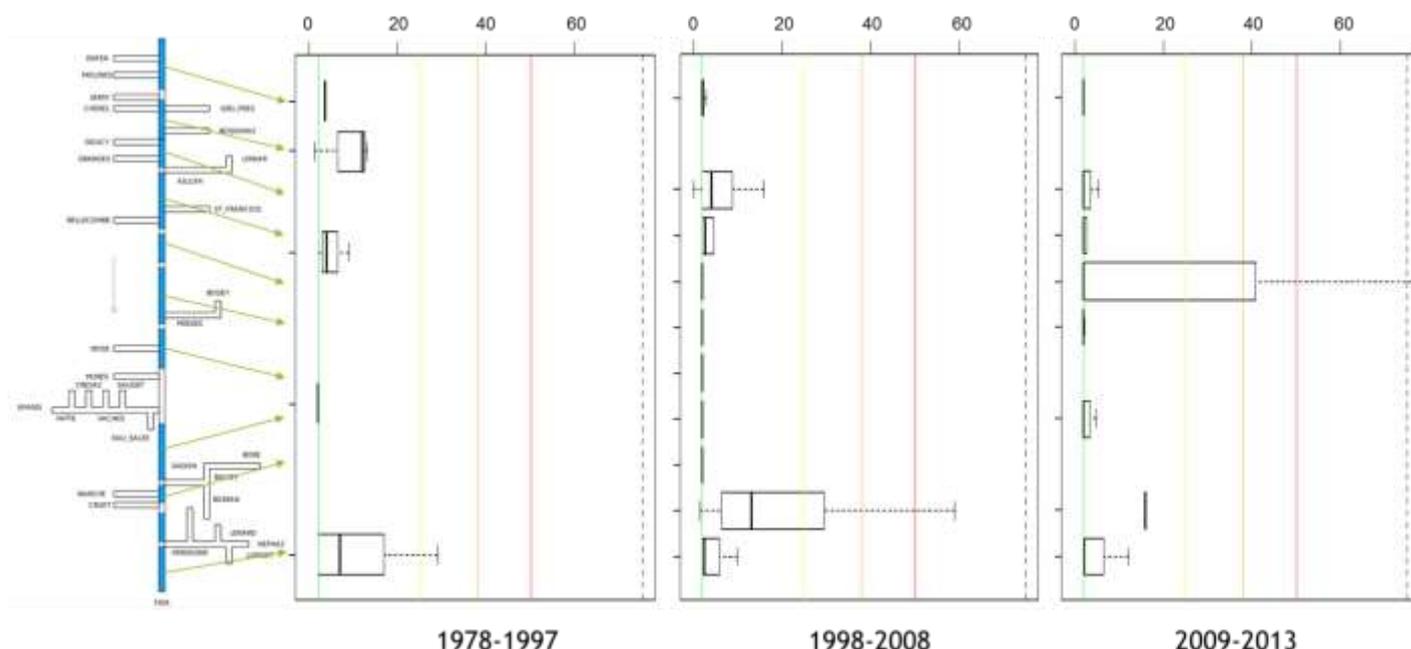


**Figure 27 : Répartition spatiale des distributions des valeurs de Phosphate Total (PT, exprimées en mg/L) mesurées dans les 11 zones du Chéran au cours des trois périodes encadrant le contrat rivière (pré, courant, post contrat). Les lignes verticales de couleurs indiquent la limite basse des classes de qualité utilisées dans le cadre de la DCE (voir la Figure 25 pour le lien entre les couleurs et les classes de qualité). Les lignes pointillées indiquent la valeur limite au-delà de laquelle la truite fario est en danger au regard de ses exigences physiologiques (cf. l'Erreur ! Source du envoi introuvable. pour les limites physiologiques utilisées). La symbolique liée aux boîtes à moustache utilisées dans cette figure est donnée dans la Figure 40.**

Enfin, en ce qui concerne les distributions des valeurs de MES (Figure 28), il est difficile d'observer une évolution spatiale ou temporelle. On notera surtout des distributions alarmantes au niveau de certaines zones et pour certaines périodes de temps. Ainsi, la zone 10 présente des valeurs de MES dans la classe de « mauvaise qualité » (> 60 mg/L) entre 1998 et 2008. La situation la plus problématique étant observée après 2009, au niveau de la zone 5

(aval du nant de Bellecombe) avec une valeur  $> 80$  mg/L et au-delà du seuil de tolérance de la truite (estimé à 75 mg/L).

A l'inverse des nitrites et du phosphate total, les limites de classe du SEEE sont plus restrictives que la limite de tolérance de la truite, supposant que l'obtention d'une « bonne qualité » au regard de la MES sera bien en faveur de la survie de l'espèce.



**Figure 28 :** Répartition spatiale des distributions des valeurs de Matière En Suspension (MES, exprimées en mg/L) mesurées dans les 11 zones du Chéran au cours des trois périodes encadrant le contrat rivière (pré, courant, post contrat). Les lignes verticales de couleurs indiquent la limite basse des classes de qualité utilisées dans le cadre de la DCE (voir la Figure 25 pour le lien entre les couleurs et les classes de qualité). Les lignes pointillées indiquent la valeur limite au-delà de laquelle la truite fario est en danger au regard de ses exigences physiologiques (cf. l'Erreur ! source du renvoi introuvable. pour les limites physiologiques utilisées). La symbolique liée aux boîtes à moustache utilisées dans cette figure est donnée dans la Figure 40.

Enfin, si l'on s'intéresse aux proportions des valeurs des 10 paramètres limitant qui dépassent les seuils de tolérance de la TRF (i.e. considérées comme nuisibles pour la TRF, Figure 29), nous pouvons remarquer que la dureté est le paramètre qui dépasse le plus souvent le seuil de tolérance avec  $> 50\%$  des valeurs enregistrées, suivi des nitrites (12.2%) et des phosphates (9.8%).

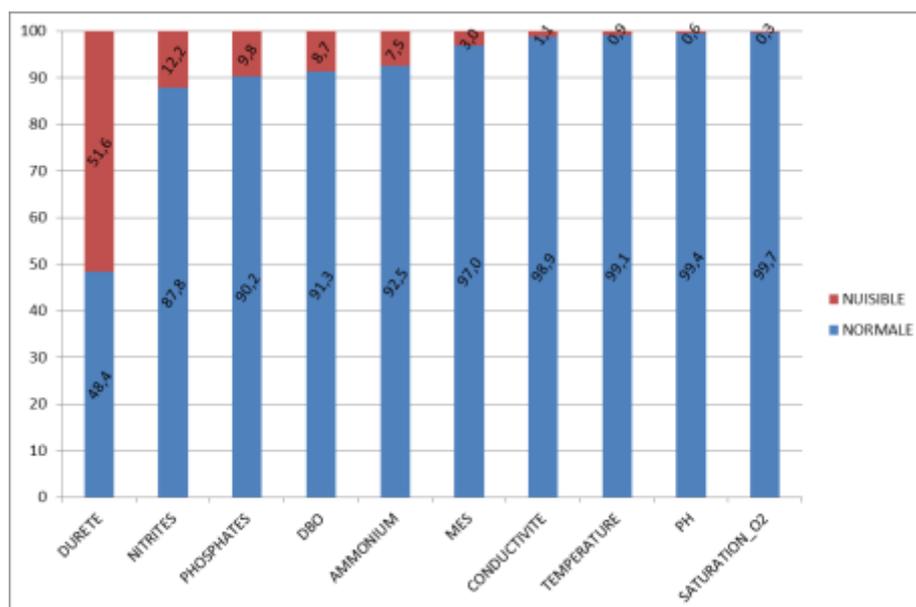


Figure 29 : Proportions (en %) des valeurs des 10 paramètres limitant pour la TR qui dépassent les seuils de tolérance de la TRF (i.e. considérées comme nuisibles pour la TRF).

### 11.2.1.5 Éléments de discussion

Une grande disparité des mesures de la qualité de l'eau est observée dans le bassin versant du Chéran. Notamment, la tête et surtout la fermeture du bassin versant (à hauteur de Rumilly) présentent la majorité des mesures réalisées. Ainsi, notre vision amont-aval de la qualité de l'eau est encore réduite sur le cours principal. Néanmoins, il ressort de ces résultats une faible évolution temporelle de la qualité de l'eau qui reste « Bonne » à « Très bonne » dans les 2/3 amont, et « bonne » à « médiocre » à l'extrême aval.

Afin d'apporter plus d'informations homogènes sur le territoire, le SMIAC a engagé depuis 2013 une « surveillance écologique » de la rivière qui englobe des mesures de la qualité physico-chimique (voir la partie 12.2). Cette surveillance est réalisée en partenariat avec l'Agence de l'Eau RMC et les conseils généraux de Savoie et Haute-Savoie. Nous espérons ainsi obtenir une idée précise et fiable de la qualité des eaux.

Les résultats de qualité de l'eau obtenus au regard des seuils de tolérance de la truite, nous montrent une incompatibilité entre les indicateurs officiels de qualité (SEEE) et les exigences biologiques de cette espèce. Même s'il est rassurant d'observer une qualité de l'eau principalement « bonne » sur la majorité du cours du Chéran, cela ne traduit pas forcément une qualité suffisante pour les espèces aquatiques y résidant. Ainsi, il faut que les gestionnaires restent très vigilant et travaillent à conserver une qualité de l'eau au pire identique à ce que l'on observe actuellement ; car toute dégradation d'un des paramètres observés est susceptible de mettre en très grande difficulté la population de truite du Chéran (et toutes les autres espèces aquatiques sensibles à leur environnement).

Dans cette optique, la surveillance écologique mise en place en 2014 par le SMIAC est un moyen efficace de contrôler la qualité de l'eau puisqu'elle prend en compte la réponse de

différents compartiments biologiques renseignant ainsi sur différents types de dégradation. Cette surveillance, prévue jusqu'à fin 2016, nous permettra de dresser un bilan de la qualité en continuité avec les résultats observés ici et il sera indispensable de la poursuivre jusqu'à obtenir suffisamment d'éléments nous rassurant sur la pérennité de la bonne qualité de l'eau du Chéran.

## 11.2.2 Macro-invertébrés benthiques

### 11.2.2.1 Principe et définitions

Les macro-invertébrés benthiques d'eau douce (dulcicoles) sont des insectes vivant au fond (benthique) des ruisseaux, des lacs, ou encore des marais. Leur habitat est fait de matière submergée comme de la litière, des branches, des débris de bois et des algues. Il en existe une multitude dans nos cours d'eau et sont regroupés en différents groupes taxonomiques (embranchement, classe, ordre, famille, genre) en fonction de leurs caractéristiques phénotypiques (apparence), génétiques ou de leur sensibilité à certains facteurs de l'environnement (pollution, température, etc.). En fonction du stade de l'individu (œuf, larve, nymphe, insecte adulte), les individus peuvent être aquatiques ou aérien en raison de l'évolution de leur régime alimentaire ou de la nature spécifique du substrat de reproduction (un exemple d'invertébré est donné dans la Figure 30).



Figure 30 : Exemple de macro-invertébré. Insecte plécoptère (*Leuctra subalpina*, V., R. & A.) au stade adulte. Crédit photo : Bertrand Launay, IRSTEA Lyon, 2014.

Au même titre que les poissons, les macro-invertébrés benthiques sont de bons indicateurs de l'état de santé des écosystèmes aquatiques. Du fait de leur sédentarité, ils ne peuvent

pas échapper aux polluants, de plus ils sont très diverses et possèdent des sensibilités variables à la pollution et de ce fait indiquent les effets d'une source de pollution, qu'elle soit ponctuelle ou continue. Leur étude permet de compléter les programmes de surveillance de la qualité physico-chimiques de l'eau. Par exemple, l'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) est un indice de la qualité des eaux courantes fondé sur l'analyse de la composition en macro-invertébrés. Cet outil donne aux gestionnaires et aux acteurs locaux une bonne idée de la qualité biologique de la masse d'eau ; néanmoins il ne doit pas se suffire à lui-même, mais doit être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs renseignant d'autres compartiments écologiques (comme le compartiment piscicole) ou types de pollutions.

### 11.2.2.2 Description des campagnes de prélèvement IBGN

La majorité des campagnes IBGN centralisées dans la BDD SMIAC a été réalisée durant le contrat rivière (1998-2008), avec > (Figure 31). Les mesures hydrobiologiques ont été réalisées en grande partie en amont et en aval du bassin versant (Figure 32).

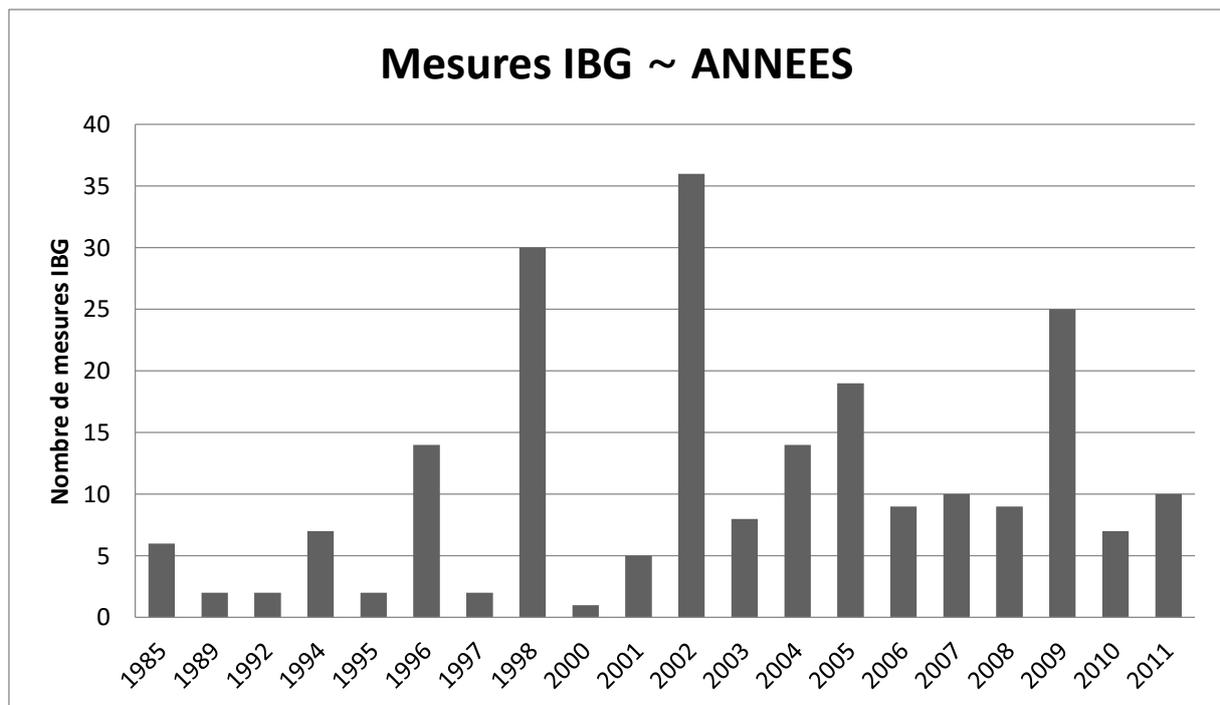


Figure 31 : Nombre de mesures hydrobiologiques annuelles réalisées entre 1985 et 2011.

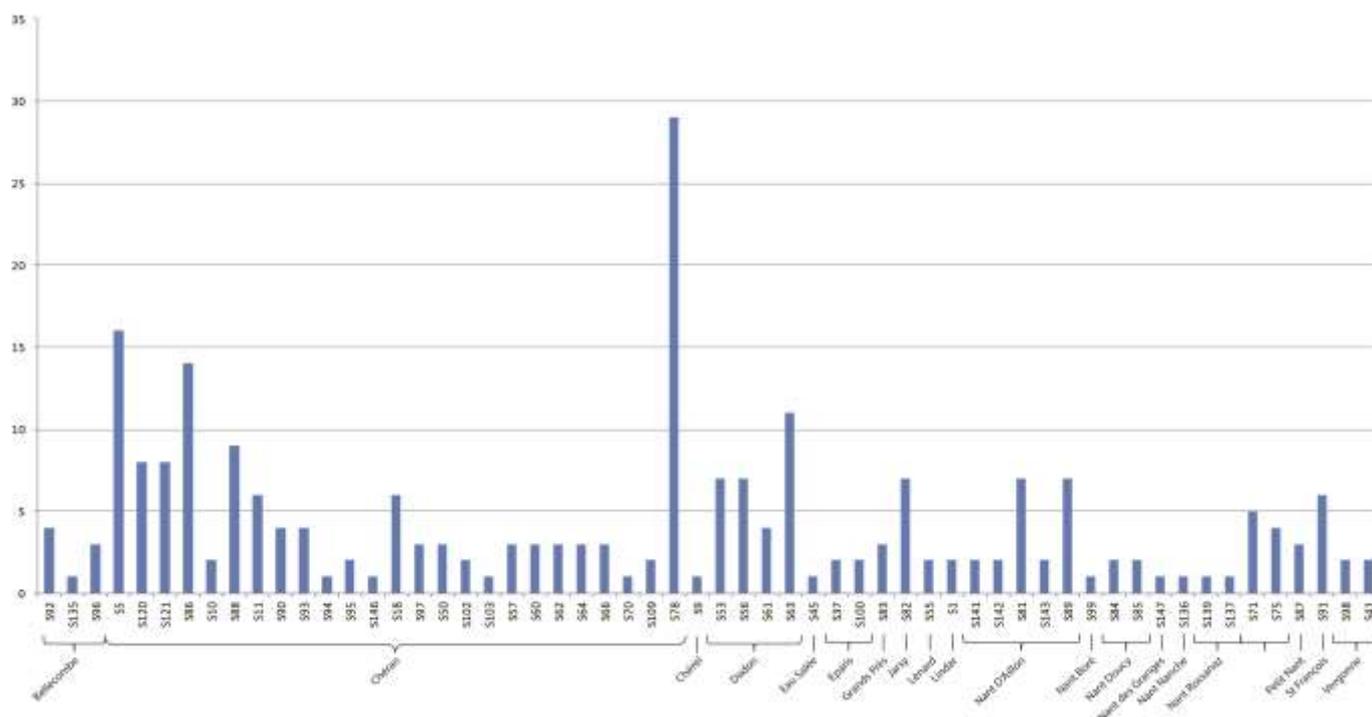


Figure 32 : Nombre de mesures physico-chimiques réalisées pour les différentes stations du bassin versant. Les stations sont présentées, pour chaque rivière, de l'amont (à gauche) vers l'aval (à droite). Voir l'Annexe 4 pour la liste des stations de mesures.

### 11.2.2.3 Population d'invertébrés des eaux du Chéran

Dans le bassin versant du Chéran sont répertoriés 6 embranchements d'invertébrés répartis en > 10 sous embranchements et classes (Figure 33). En termes de proportion de présence, les diptères (tolérant aux pollutions), les amphipodes (principalement les gammares, tolérance moyenne aux pollutions) et les oligochètes (vers au corps métamérisé, tolérant aux pollutions) représentent > 75% des macro-invertébrés inventoriés.

La composition en macro-invertébrés des eaux du bassin versant du Chéran permet de dresser, à un temps  $t$  ou pour une période de temps donnée, une carte de la qualité hydrobiologique des rivières (cf. la partie 11.2.2.4). La qualité hydrobiologique est répartie en 5 classes de qualité (de bleu pour une « très bonne » qualité, à rouge pour une qualité « mauvaise ») aidant les gestionnaires à prendre connaissance de l'état de dégradation de la masse d'eau.



## 11.2.2.4 Qualité de l'eau basée sur l'hydrobiologie

Les résultats de qualité de l'eau basés sur les notes IBGN (code couleur DCE) montrent aussi une stabilité temporelle de la qualité de l'eau et une graduation amont-aval : de « très bon » à « moyen » pour les 2/3 amont et de « très bon » à « médiocre » pour l'aval (Figure 34). On remarquera certains effets locaux induits par l'apport de certains affluents problématiques comme le Dadon ou la Néphaz (notamment entre 1998 et 2013).

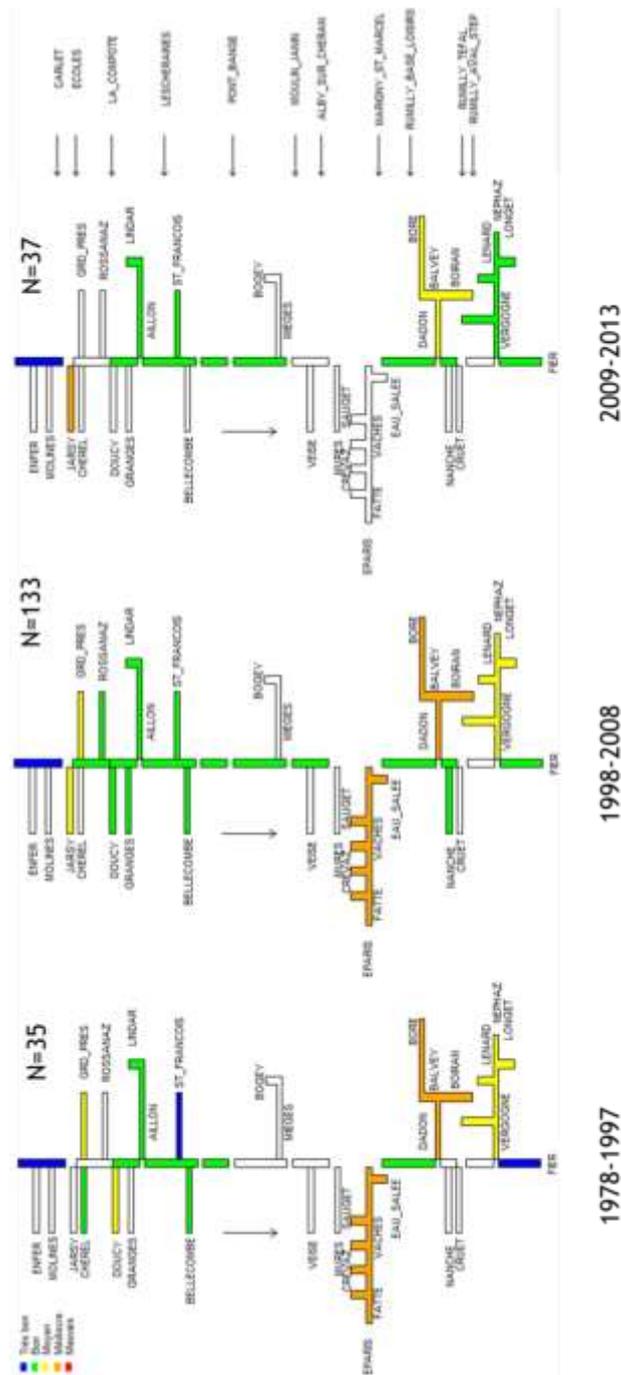


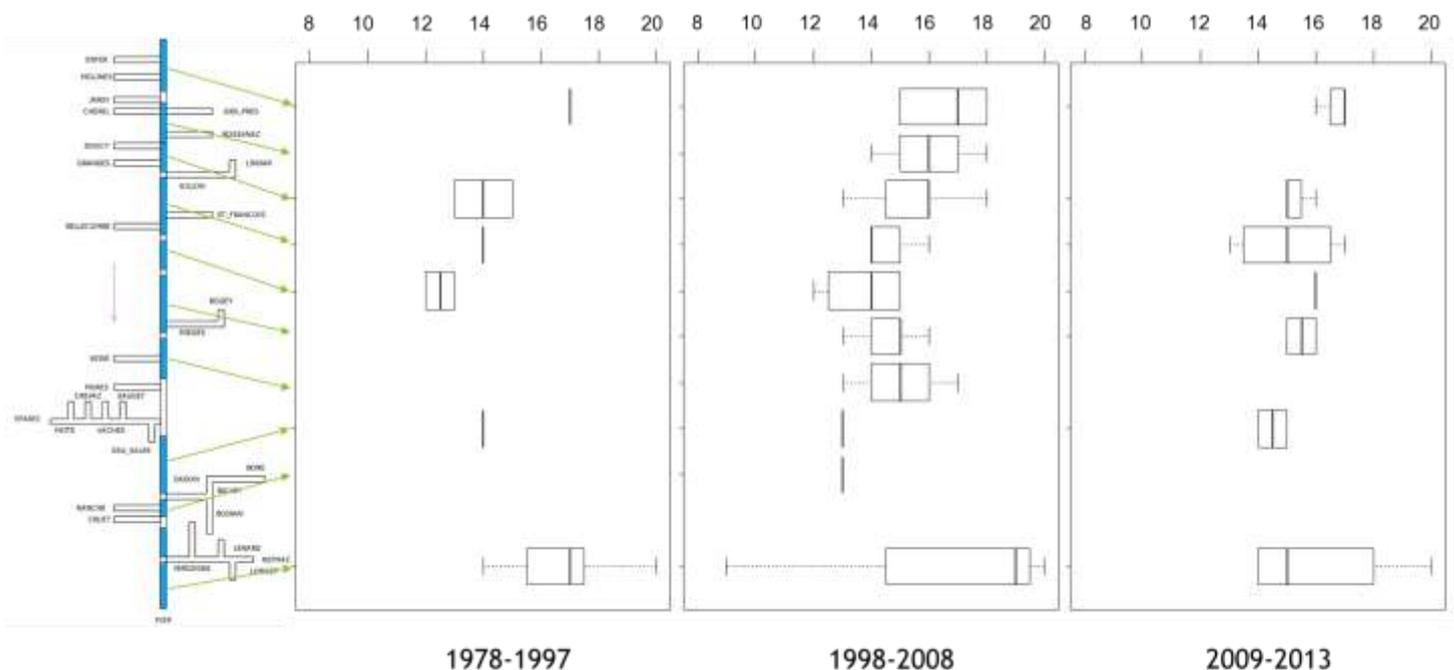
Figure 34 : Evolution spatio-temporelle de la qualité de l'eau au regard des notes des IBGN. Le code couleur est indiqué en légende. Les trois périodes choisies correspondent aux années précontrat rivière, durant le contrat rivière et post-contrat rivière. Le nombre de mesures totales physico-chimiques réalisées pour chaque période est indiqué (N=).

De manière à détailler les résultats de qualité de l'eau issus des prélèvements de la faune benthique, la Figure 35 présente les distributions des notes de l'IBGN obtenues pour chacune des zones du Chéran et ce pour les trois périodes temporelles en lien avec le contrat rivière du Chéran.

Tout d'abord, l'effort de mesure important permis par le contrat rivière nous permet d'observer des distributions statistiquement robustes, i.e. réduisant les risques de mauvaise interprétation. A l'inverse, les périodes pré et post contrat rivière ne permettent pas statuer sur l'évolution spatio-temporelle des notes de l'IBGN.

Si l'on s'intéresse tout particulièrement à la période 1998-2008, on observe un déplacement des boîtes à moustaches vers les notes plus basses lorsque l'on s'intéresse aux zones les plus en aval. Ceci traduit une dégradation de la qualité des eaux du Chéran. Ainsi, la médiane (trait noir en milieu des boîtes à moustache) maximale de 17 est observée dans la zone 1, alors que la plus basse de 13 est située à l'aval de la zone 7. Il est difficile de distinguer une dégradation longitudinale de la note IBGN pour les périodes pré et post contrat rivière.

Enfin, si l'on s'intéresse à la zone 11(aval de la Néphaz), on remarque une grande dispersion des valeurs des notes IBGN, quelques soit la période considérée. Par exemple, durant le contrat rivière, les notes varient de 9 à 20, i.e. quasiment d'un extrême à l'autre. Ceci traduit une grande variabilité des conditions de vie pour la faune benthique, démontrant ainsi l'instabilité de la qualité de l'eau ressentie dans cette zone.



**Figure 35 : Répartition spatiale des distributions des notes IBGN obtenues pour les 11 zones du Chéran, au cours des trois périodes encadrant le contrat rivière (pré, courant, post contrat).**

### 11.2.2.5 Éléments de discussion

L'étude des communautés d'invertébrés, au travers de l'analyse des réponses de l'Indice Biologique Global Normalisé, est indispensable pour tout diagnostic environnemental. Elle est complémentaire des simples analyses physico-chimiques et renseigne sur un compartiment biologique étroitement lié aux populations piscicoles.

Les résultats obtenus pour le Chéran et ses affluents nous montrent à nouveau un gradient longitudinal de la qualité de l'eau au sens de sa capacité à accueillir la vie et la maintenir. Les zones les plus en aval présentent des notes <15, qui est souvent un seuil considéré pour l'acceptation d'une qualité environnementale moyenne.

La zone la plus en aval, à l'aval de la Néphaz, montre une grande variabilité de ses notes IBGN, ce qui sous-entend que les conditions environnementales sont très instables, avec des périodes clémentes ou au contraire très dégradées. Les raisons de cette variabilité peuvent être multiples, mais c'est sûrement la dualité entre la mauvaise qualité des effluents anthropiques (principalement lors des périodes de pollution) et la capacité des moyens d'épuration à limiter leurs effets sur le milieu collecteur qui en est à l'origine. Ainsi, il serait important **d'envisager un suivi fin dans le temps des réponses des communautés benthiques dans cette zone pour comprendre au mieux les raisons de ces variations.**

## 11.2.3 Populations piscicoles

### 11.2.3.1 Méthodologie d'échantillonnage

#### 11.2.3.1.1 Méthodologie de capture (d'après le cahier des charges du bureau d'étude GEN-TEREO, 2014)

La méthode d'inventaire la plus fréquemment utilisée est la méthode de De Lury (ou communément appelée pêche par épuisement). Elle repose sur le principe que, pour un même effort de pêche et sans réintroduction entre les différents passages des poissons pêchés, le nombre d'individus capturés diminue entre deux passages successifs (épuisement) et est proportionnel au nombre de poissons présents dans le secteur juste avant le passage considéré. Elle permet, sauf pour les espèces non inféodées à une cache ou au fond dont le comportement biaise la nécessaire similitude de l'effort de pêche, une estimation quantitative de la densité des populations en place, dont la valeur probable, P, est donnée par la formule (pour deux passages) suivante :

$$P = m^2 / (m - n)$$

où m est le nombre de sujets capturés au 1er passage et n est le nombre de sujets capturés au 2ème passage.

Les inventaires piscicoles sont réalisés par pêche électrique (Norme NF EN 14962), à plusieurs passages (deux minimum). Un passage consiste en une pêche, de l'aval vers l'amont, où une dizaine de personnes (le nombre dépend de la largeur du cours d'eau) en ligne capturent les poissons attirés par le courant électrique délivré par des anodes (cf. la Figure 36).

Cette méthode est la seule à permettre une approche précise, complète et quantitative des populations et peuplements en place. Elle nécessite pour être efficace des conditions de pêche satisfaisantes, à savoir :

- \_ largeur du cours d'eau < 20-25 m (on compte qu'une personne par mètre de large de cours d'eau est nécessaire)
- \_ une anode nécessaire par tranche de 4 à 6 mètres de largeur
- \_ profondeur de l'eau < à 0,8 mètre
- \_ eau claire

Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, seules des approches qualitatives ou semi-quantitatives sont possibles.



*Figure 36 : Illustration d'une pêche électrique suivant la méthode dite de « pêche par épuisement ». Ici, deux anodes délivrent du courant qui attire les poissons capturés par des épuisettes. Les pêcheurs remontent le courant sur un secteur donné.*

Lors des pêches d'inventaires, les poissons capturés sont anesthésiés, dénombrés par espèces, pesés et mesurés. Pour les grandes espèces, les poissons sont pesés et mesurés individuellement.

Dans le cas des petites espèces très abondantes, le dénombrement et l'évaluation de la biomasse se font à partir de lots d'échantillonnage, i.e. le tri des poissons par lots de tailles et pesée des lots (effectif connus).

En parallèle de l'inventaire lui-même, un relevé de l'ensemble des données mésologiques est communément réalisé. Il est nécessaire au calcul des indices et à l'interprétation des données. Parmi les données principales issues de ce relevé, nous pouvons noter : la pente, la largeur et surface mouillée moyennes ou encore les caractéristiques habitationnelles.

#### 11.2.3.1.2 Inconvénients et limites méthodologiques inhérents à l'utilisation de cette méthode d'inventaire

Tout d'abord, les engins électriques sont relativement sélectifs, tant pour ce qui est des espèces que pour les dimensions des poissons d'une même espèce, en fonction de leur plus ou moins grande sensibilité au champ électrique. Il est en général plus facile de prendre des grands poissons que des petits.

De plus, les poissons tendent à être d'autant moins faciles à capturer qu'ils ont reçu davantage de chocs électriques. Il convient donc d'être extrêmement prudent lorsqu'une efficacité constante de la pêche est nécessaire, comme c'est le cas pour les estimations de de Lury décrites précédemment.

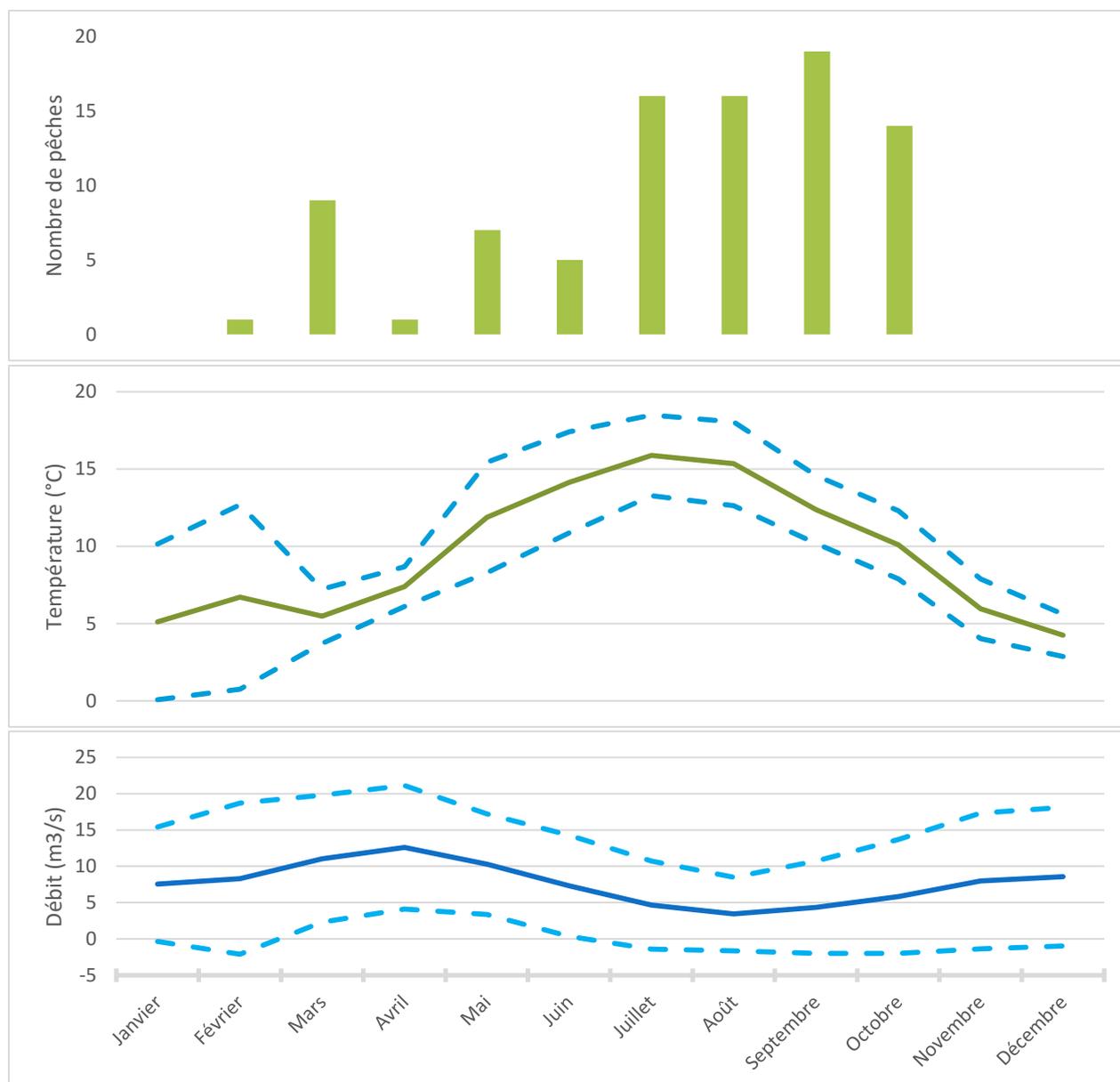
L'efficacité de la pêche est également susceptible de varier avec certains paramètres de l'environnement: conductivité, température, turbidité ou limpidité de l'eau, courant, etc.

Enfin, il convient d'être très prudent sur le niveau de représentativité du résultat de pêche par rapport à la réalité piscicole du cours d'eau. En effet, la validité des résultats de l'échantillonnage dépend essentiellement de la dimension des échantillons par rapport à celle du stock. Elle est entre autres fonctions de l'efficacité de la pêche qui, à son tour, dépend de l'efficacité de l'appareil et de la durée de la pêche. Cette validité dépendra aussi sensiblement du choix de la station de pêche qui doit «représenter» au mieux les conditions d'accueil pour les poissons ou «habitats» qui sont observés sur un tronçon du cours d'eau.

#### 11.2.3.1.3 Caractéristiques des pêches électriques répertoriées dans la BDD-SMIAC

Depuis 1985, 100 pêches électriques concernant les rivières du BV du Chéran ont été réalisées, dont 90 par épuisement. Parmi les 90 pêches par épuisement, 88 ont été retenues pour les études concernant les variations de densité et de biomasse de truites fario. En effet, deux pêches ne présentaient pas toutes les descriptions stationnelles permettant de réaliser le calcul de ces indices biologiques. Les différentes caractéristiques de ces 88 pêches (mois, températures moyennes et débits moyens) sont présentées dans la Figure 37. La majorité des pêches (>70%) se sont déroulées entre juillet et octobre (N=65). Cette période de l'année (été-automne) est naturellement préférée en raison (1) de l'occurrence de débits favorables à la pêche électrique (Figure 37, c.), mais aussi (2) du fait de se situer dans la période de repos sexuel chez les salmonidés, notamment la truite (espèce principalement ciblée, reproduction entre fin novembre et mi-février). En effet, les différents comportements de cette espèce lors de la période de reproduction (migration, grégarité) ont tendance à

biaiser les résultats de pêches et donc notre vision de l'écologie de l'espèce. De plus, la reproduction chez la truite étant très énergivore, il est recommandé de ne pas pêcher les individus afin de limiter tout risque de mortalité liés à sa capture.



**Figure 37: Répartition mensuelle des 88 pêches électriques réalisées dans le BV du Chéran (a) au regard des conditions thermiques (b) et hydrologiques (c) enregistrées (températures horaires depuis 2004 à Moulin Janin; débits journaliers depuis 1950). Les températures (en °C) et les débits (en m³/s) ont été moyennés par mois (lignes verte et bleue pleines) et représentés avec leurs écarts-type (lignes pointillées).**

En ce qui concerne la température mensuelle moyenne de l'eau (Figure 37, b.), les pêches ont lieu lorsque la température est la plus élevée (>15°C en milieu de cours), garantissant ainsi une plus grande mobilité des poissons et ainsi une meilleure efficacité de capture par pêche électrique (la capture est permise par la nage des individus vers le courant électrique généré par l'anode, cf. la partie sur la méthodologie de capture).

Il doit être signalé une part non négligeable (>20%) des pêches qui ont été réalisées hors de la période optimale de pêche. Ces pêches réalisées à des moments inopportuns (hors pêches de sauvetage) seront à éviter dans toutes campagnes futures de suivi de la population de truite des eaux du BV du Chéran.

### 11.2.3.2 Les espèces présentes

La population piscicole des rivières du BV du Chéran (Figure 38) est principalement représentée par le vairon (35.90% des effectifs totaux, N total= 31958), la loche franche (29.27%, N=26061), la truite fario (16.80%, N=14957) et le chabot (6.37%, N=5667) qui représentent, à elles seules, plus de 88% des individus pêchés (pour > 100 pêches effectuées depuis 1985).

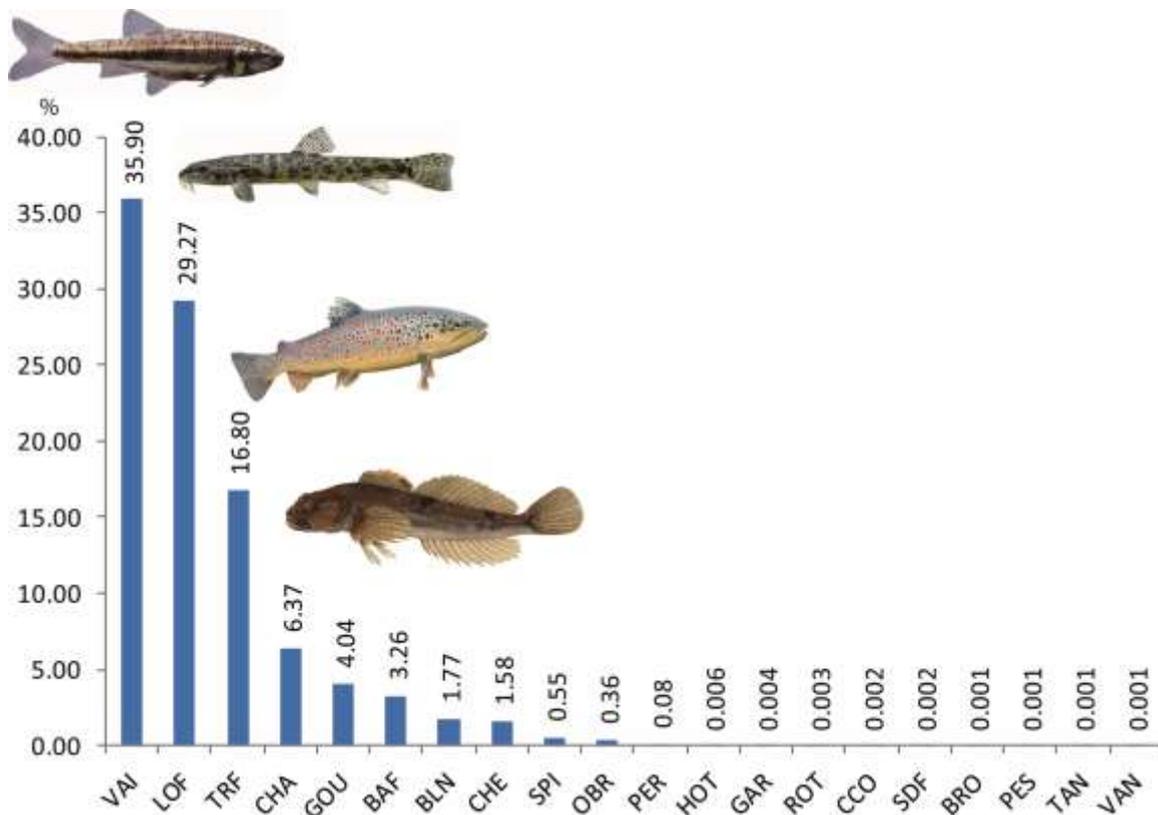


Figure 38 : Proportion (%) spécifique des poissons capturés au cours de 100 pêches répertoriées dans la BDD du SMIAC. (VAI=vairon, LOF=loche franche, TRF=truite fario, CHA=chabot, GOU=goujon, BAF=barbeau fluvial, BLN=blageon, CHE=chevesne, SPI=spirilin, OBR=ombre commun, PER=perche commune, HOT=hotu, GAR=gardon, ROT=rotengle, CCO=carpe commune, SDF= saumon de fontaine, BRO=brochet, PES=perche soleil, TAN=tanche, VAN=vandoise).

Concernant les gammes de longueurs totales individuelles des 4 espèces dominantes (Figure 39), la truite (TRF) présente des tailles comprises entre 10 et 550 mm (ou [10-550 mm]), le vairon (VAI) [10-440 mm], la loche franche (LOF) [20-142 mm] et le chabot (CHA) [22-140 mm].

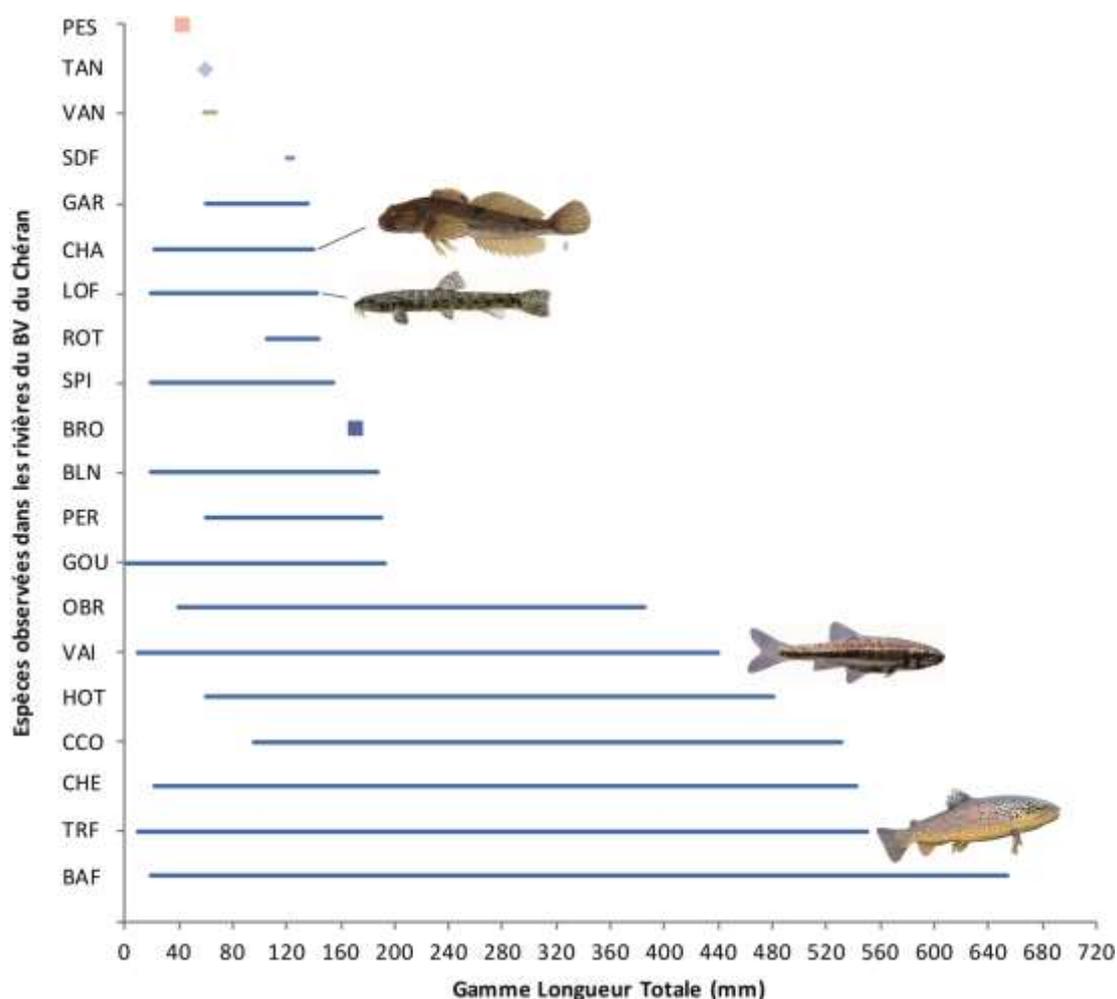


Figure 39 : Répartition spécifique des gammes de longueurs totales (en mm) des poissons pêchés dans les rivières du BV du Chéran en 100 pêches depuis 1985. Les 4 espèces principales sont figurées. Les points indiquent la taille d'un seul individu pêché pour l'espèce.

### 11.2.3.3 Caractéristiques et évolution de la population de truite

#### 11.2.3.3.1 Variabilité spatiale

La répartition spatiale des biomasses surfaciques (en kg/ha) et des densités (en nombre d'ind./10 ares) de truites (toutes classes d'âge confondues) pêchées dans le Chéran est représentée dans la Figure 40.

Concernant la biomasse (Figure 40, en bleu), la biomasse surfacique minimale (ici considérée avec le Q10) diminue progressivement entre l'amont vers l'aval puisqu'elle passe de 43.2 kg/ha pour la zone 1 (amont) à <1 kg/ha pour la zone la plus en aval. La biomasse maximale (ici considérée avec le Q90) suit moins cette tendance puisque le maximum observé se situe plutôt en milieu de BV (Q90=202.8 kg/ha pour la zone 4 et Q90=192.8 kg/ha pour la zone 7). On retrouve néanmoins les biomasses surfaciques minimales observées en aval du BV (zones 9 et 11), puisqu'elles ne dépassent pas les 65 kg/ha.

Concernant la densité (Figure 40 , en vert), on observe une baisse longitudinale progressive des valeurs, que ce soit pour les densités minimales (Q10) ou maximales (Q90) par zone. Ainsi la densité minimale passe de 88 ind./10 ares pour la zone 1 à 2 ind./10 ares pour la zone 11. La densité minimale la plus grande est observée pour la zone 2 puisqu'elle est égale à 114 ind./10 ares. De la même manière, la densité maximale par zone passe de 344 ind./10 ares (zone 1) à 44 ind./10 ares pour la zone la plus aval. La densité maximum (Q90=508 ind./10 ares) est observée pour la zone 3.

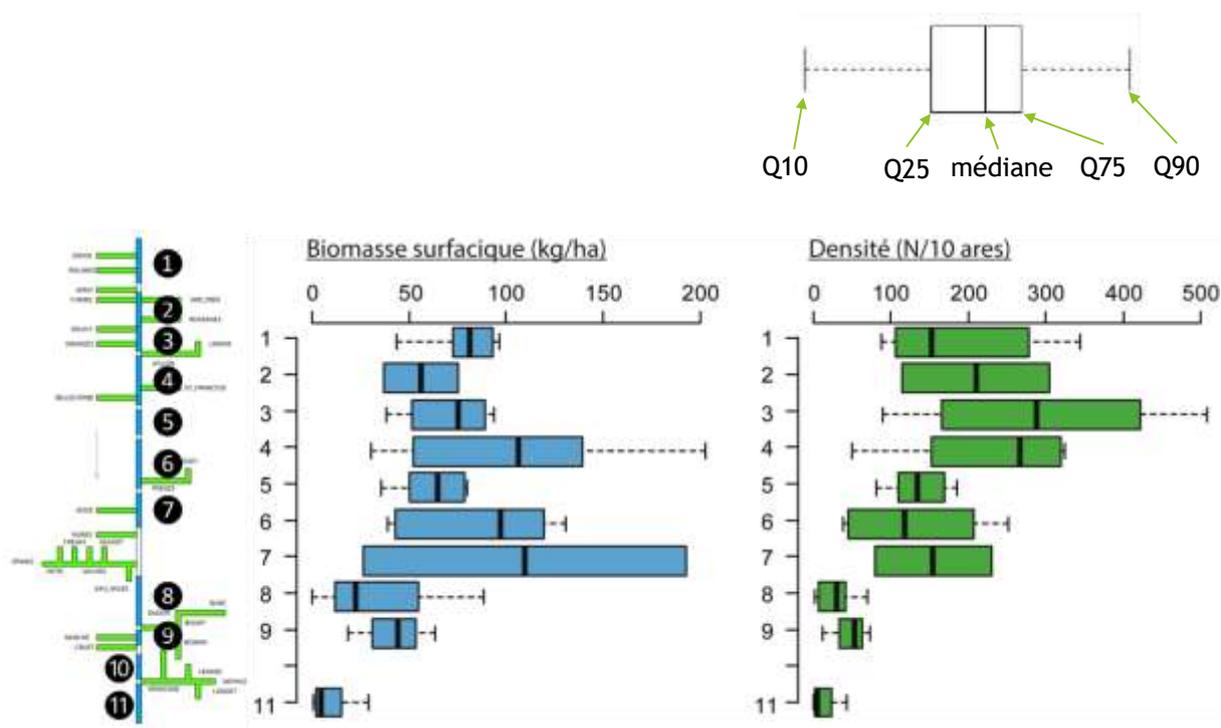


Figure 40 : Répartition spatiale des biomasses surfaciques (en kg/ha, en bleu) et des densités (en nombre d'ind./10 ares, en vert) de truites (toutes classes d'âge confondues) pêchées dans le Chéran. L'axe des ordonnées indique le numéro des zones du Chéran signalées sur la carte de gauche.

### 11.2.3.3.2 Variabilité temporelle

#### 11.2.3.3.2.1 Focus sur la biomasse et la densité

La variabilité temporelle des valeurs de biomasse surfacique et de densité a été étudiée pour chaque zone du Chéran (Figure 41).

D'une manière générale, que ce soit pour la biomasse ou la densité, aucune tendance d'évolution des données temporelles n'est observée pour les 11 zones du Chéran entre 1995 et 2013. En effet, on observe principalement une forte variabilité des données sur les 20 années ciblées.

Néanmoins, nous pouvons noter des tendances d'évolution sur des périodes plus courtes (au maximum 9 années) comme par exemple pour la biomasse surfacique enregistrée dans

la zone 4 (entre l'aval du Lindar et l'aval du nant de Bellecombe) où les valeurs ont tendance à diminuer entre 2000 et 2008, passant de 155 kg/ha à ~42 kg/ha. Il est à noter que la biomasse mesurée dans cette zone en 2012 retrouve une valeur proche de celle mesurée en 2000 (~150 kg/ha). Cette observation est moins nette en ce qui concerne la densité mesurée dans cette zone pour la même période, puisqu'elle oscille entre 330 et 140 ind./10 ares (ponctuellement observée en 2002), sans tendance d'évolution observable.

A l'inverse, pour les données de biomasse et de densité observées dans la zone 5 (zone amont du barrage de Banges), on peut noter une tendance d'évolution positive (sauf pour l'année 2013 en ce qui concerne la densité). En effet la biomasse augmente graduellement entre 2000 et 2013 (passant de 35 à >80 kg/ha), de même que pour la densité entre 2000 et 2012 (passant de 70 à ~150 ind./10 ares).

Enfin, en ce qui concerne la zone la plus en aval (zone 11, aval de la Néphaz), on observe pour la densité, mais surtout pour la biomasse, un arrêt de la tendance d'évolution positive des valeurs mesurées et une chute de ces valeurs à partir de 2003. Par exemple, la biomasse qui atteignait son maximum en 2001 (~80kg/ha), n'oscille plus qu'entre 0 et 15 kg/ha après 2002.

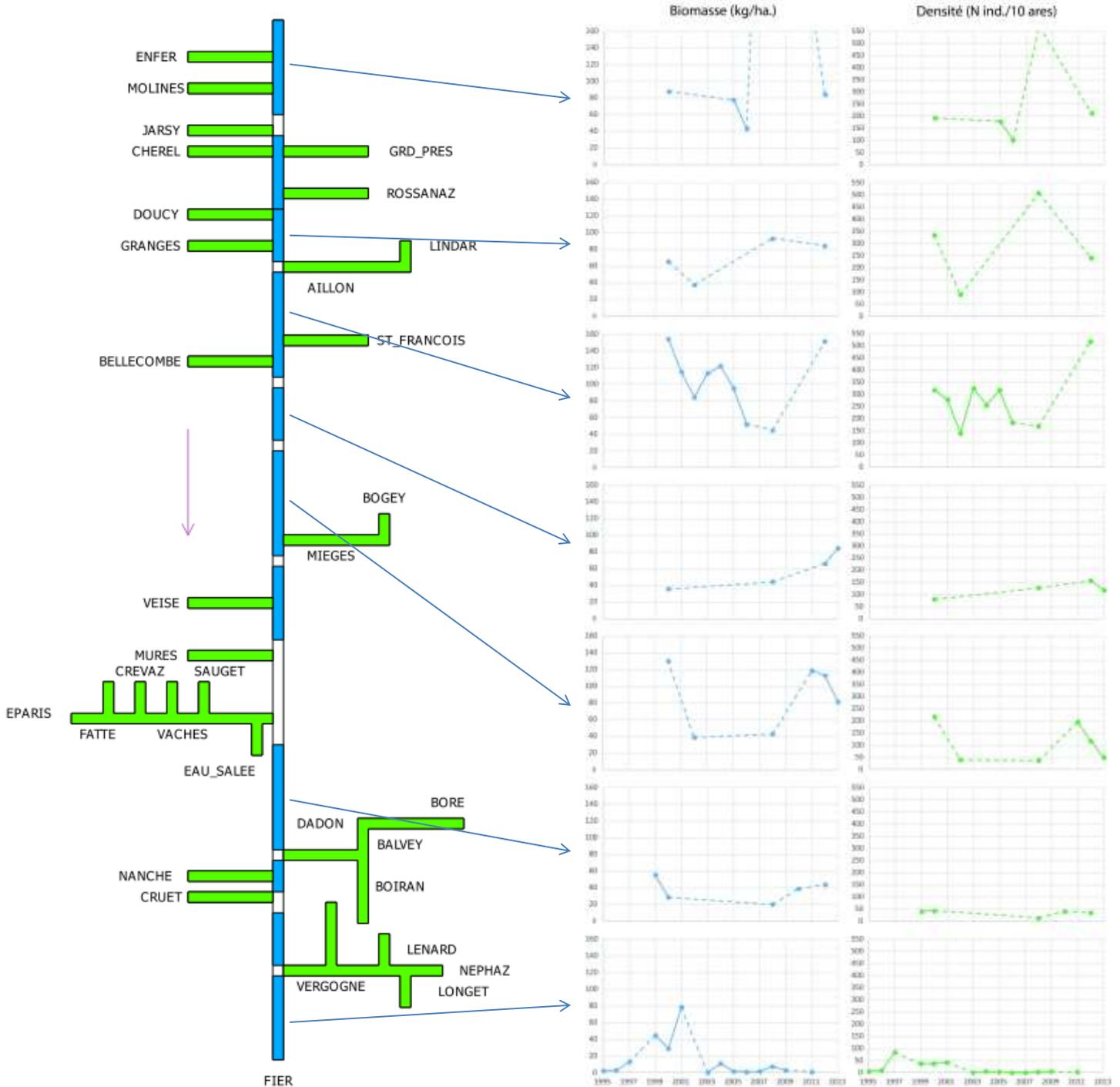


Figure 41 : Variabilité spatio-temporelle de la biomasse surfacique (en kg/ha., en bleu) et de densité (en N ind./10 ares, en vert) de truites calculées à partir de 1995 sur les 11 zones du Chéran. Les années précédentes n'ont pas été utilisées puisque présentant une très forte variabilité issue manifestement de biais d'échantillonnage.

### 11.2.3.3.2 Caractérisation de la variabilité interannuelle

Les résultats obtenus dans la partie 11.2.3.3.1 montrent une grande variabilité interannuelle des données de biomasse ou de densité. Cette variabilité peut être le signe

d'une irrégularité dans le fonctionnement de la population de TRF (par exemple un recrutement variable) et doit être analysée.

Pour ce faire, nous avons étudié la variabilité interannuelle observée sur d'autres stations de pêches (stations avec des caractéristiques physiques proches de celles observées dans le Chéran), principalement des stations suivies par la Fédération de pêche de la Haute-Savoie.

La variabilité a été calculée à partir des valeurs de biomasses surfaciques (B) ou de densités (D) mesurées lors de pêches annuelles successives (A1, A2) :

$$\rightarrow \text{Variabilité biomasse} = \frac{\max(BA1;BA2)}{\min(BA1;BA2)} \text{ \& \ Variabilité densité} = \frac{\max(DA1;DA2)}{\min(DA1;DA2)}$$

Les valeurs ainsi calculées correspondent à des *facteurs de variabilité* qui peuvent être comparés entre les stations de pêche.

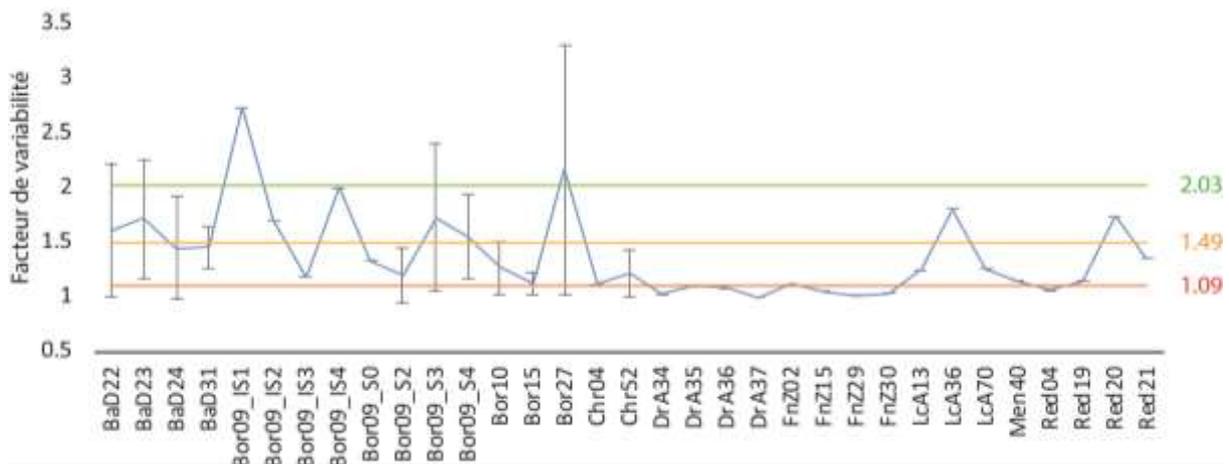


Figure 42 : Caractérisation de la variabilité interannuelle moyenne (+/- ET) de la biomasse mesurée pour 33 stations de Haute-Savoie. La variabilité est exprimée sous forme de facteur de variabilité. La ligne rouge précise la valeur minimum du facteur de variabilité observée dans les stations de pêche du Chéran, la ligne orange est la valeur moyenne de ce facteur et la ligne verte est la valeur maximum observée.

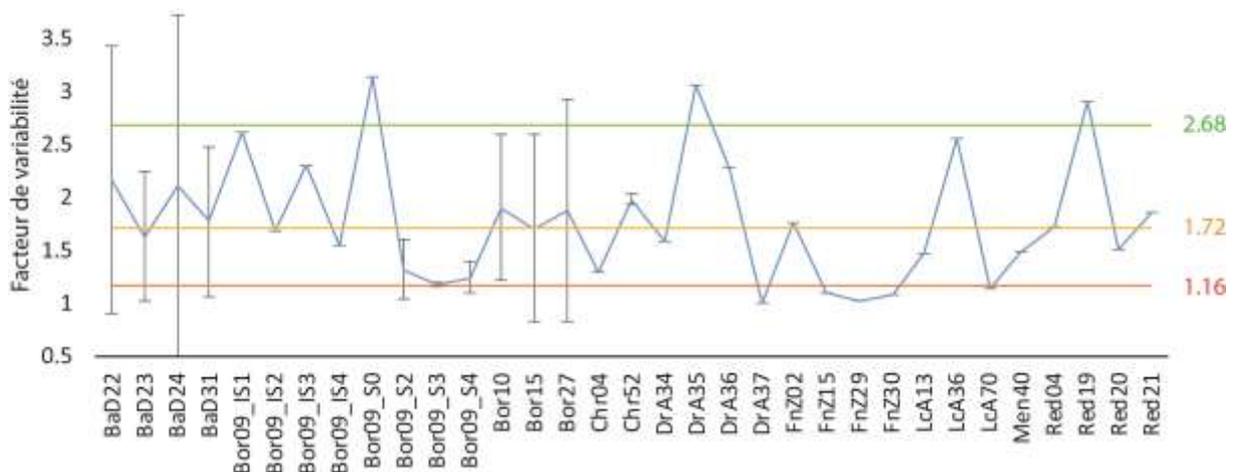
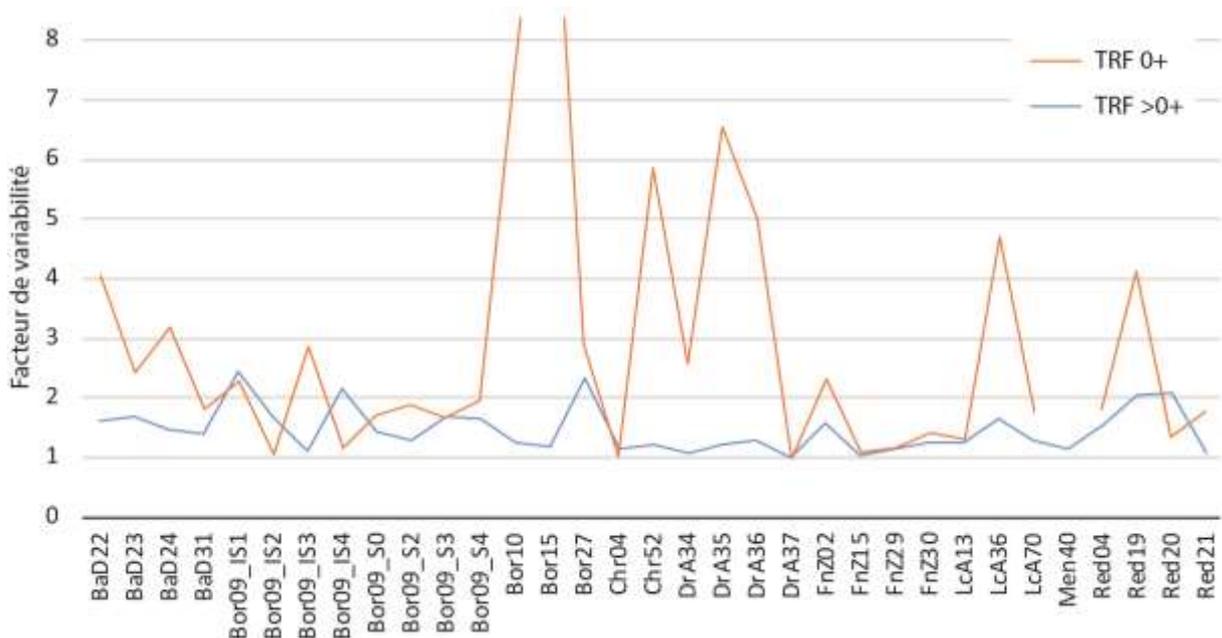


Figure 43 : Caractérisation de la variabilité interannuelle moyenne (+/- ET) de la densité mesurée pour 33 stations de Haute-Savoie. La variabilité est exprimée sous forme de facteur de variabilité. La ligne rouge précise la valeur minimum du facteur de variabilité observée dans les stations de pêche du Chéran, la ligne orange est la valeur moyenne de ce facteur et la ligne verte est la valeur maximum observée.

Que ce soit pour les données de biomasse (Figure 42) ou de densité (Figure 43), la variabilité interannuelle des stations de Haute-Savoie est très proche de la gamme de variation de la variabilité des stations du Chéran (de 1.09 à 2.03 pour la biomasse et de 1.16 à 2.68 pour la densité). Les écart-types soulignent néanmoins que certaines années successives montrent des variabilités maximales proches de 3.5 pour la biomasse et 4 pour la densité ; des valeurs bien supérieures à la variabilité maximale observée dans le Chéran.

Il semble donc que la variabilité interannuelle observée dans les stations du Chéran ne soit pas anormale, mais au contraire oscillant dans la gamme de variation de ce qui peut être observé dans les rivières limitrophes.

La Figure 44 présente la principale explication de la variabilité interannuelle observée dans les stations de la Haute-Savoie (hors Chéran). Elle est en effet fortement dépendante de l'efficacité du recrutement de l'année précédente, i.e. la quantité de juvéniles détermine la biomasse/densité des populations pêchées l'année suivante. On remarque que pour les individus plus âgés (TRF >0+), la variabilité est plus stable et oscille entre 1 et 2, ce qui est proche de la variabilité observée dans la Figure 42.



**Figure 44 : Caractérisation de la variabilité interannuelle moyenne de la biomasse mesurée pour 33 stations de Haute-Savoie. Cette variabilité est calculée pour deux groupes d'individus que sont les jeunes de l'année (TRF 0+) et les individus de > 1 an (TRF >0+).**

La population de TRF du Chéran semble donc montrer un fonctionnement proche de ce qui peut être observé dans les rivières limitrophes, notamment en ce qui concerne le recrutement et la variabilité interannuelle. Néanmoins, même si ce résultat est positif pour la population, il conviendra de s'intéresser à la quantité de poisson présente dans les eaux du BV du Chéran qui est aussi un indicateur important de l'état de santé de la population (cf. les parties 11.3 & 11.4).

## 11.2.3.3.3 Variabilité spatiale des classes d'âge

Etant donné l'importance du jeune stade sur la variabilité des résultats de pêche, il est important de comprendre l'évolution spatiale de la structure de la population de TRF du Chéran.

Il doit tout d'abord être souligné qu'il est impossible aux TRF adultes de remonter le Chéran au-delà de la zone 5. En effet, à l'aval de cette zone se situe le seuil de Banges (seuil naturel rehaussé pour l'exploitation hydro-électrique) infranchissable. Il est néanmoins probable que les individus situés à l'amont de cette zone puissent rejoindre la population aval (juvéniles et adultes), même si cela n'a jamais été vérifié.

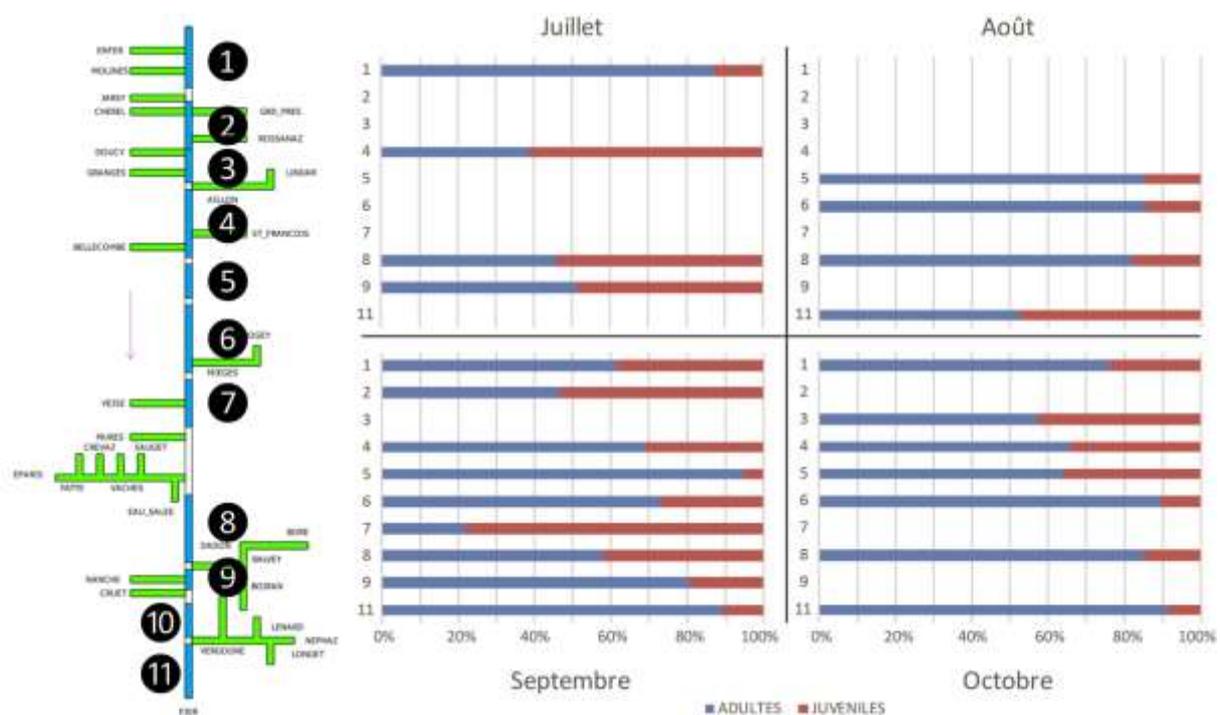


Figure 45 : Répartition spatiale des classes d'âge « adulte » (ind. ≥ 90 mm, en bleu) et « juvéniles » (ind. < 90 mm, en rouge) pour les mois de juillet, août, septembre et octobre. L'axe des ordonnées indique le numéro des zones du Chéran signalées sur la carte de gauche. Les proportions de présence (de 0 à 100%) des deux classes d'âge ont été calculées à partir des résultats des 88 pêches réalisées depuis 1985 (cf. la partie « caractéristiques des pêches électriques répertoriées »).

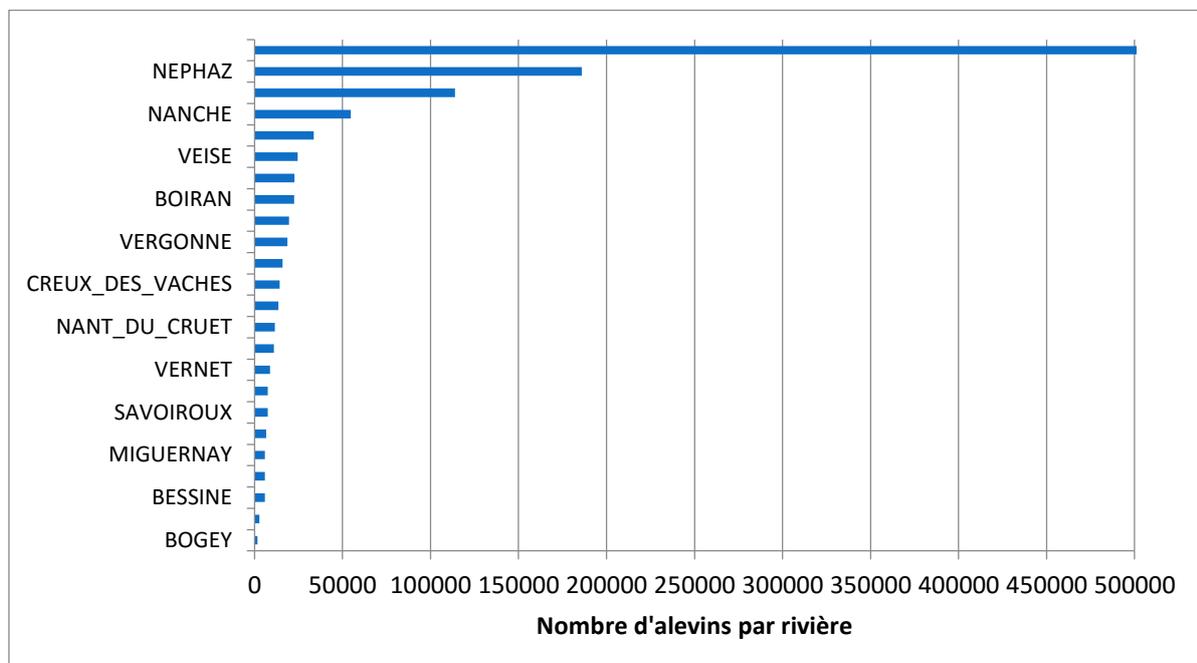
Que ce soit au cours des mois de pêche ou en fonction de la situation longitudinale des stations, il est difficile de sortir un schéma de répartition des deux classes d'âge présentées dans la Figure 45. Le mois de septembre souligne cependant une plus grande proportion de juvéniles à l'aval du BV, même si ce schéma est inversé en octobre. Les mois de juillet et d'août étant plus faibles en effectif de pêche, il est impossible d'en sortir un schéma de structure de peuplement.

La quantité de juvéniles plus importante à l'aval du BV (principalement en septembre) corrobore les biomasses plus faibles observées à l'aval du BV (cf. la Figure 40). Néanmoins, cette biomasse plus faible devrait être accompagnée d'une densité plus élevée étant donné la domination numérique du jeune stade. A l'inverse, une biomasse importante en amont, expliquée manifestement par la forte présence d'adulte, devrait être accompagnée d'une densité moyenne plus faible, ce qui n'est pas observé non plus dans la Figure 40. Nous pouvons donc supposer que la quantité de poisson, en amont et en aval, ne permet pas de retrouver ces relations biomasses/densité – classes d'âge. Il est donc indispensable, de manière à mieux comprendre l'état de santé de la population de TRF du Chéran, de mieux caractériser la qualité de la population de TRF. Ceci est le sujet des parties 11.3 et 11.4.

#### 11.2.3.3.4 Impacts anthropiques connus sur la population de truite du Chéran

##### 11.2.3.3.4.1 *Historique d'alevinage*

Durant une quarantaine d'années, les associations de pêche ont réalisé de très nombreuses introductions (cours d'eau peu piscicoles, lacs et plans d'eau) et des opérations de « soutien de population » à partir d'œufs, d'alevins ou d'adultes de truites fario appartenant à une forme domestiquée de la lignée « atlantique ». Dans le BV du Chéran, cette pratique a été réalisée entre les années 1920 (aucune référence officielle) et 1998. Les premières données chiffrées disponibles au SMIAC (nombre d'œufs ou d'alevins introduits) remontent à 1982 pour la Haute-Savoie Figure 46 et Figure 47), mais ne sont pas disponibles pour la Savoie.



**Figure 46 : Répartition du nombre d'alevins lâchés dans les rivières de Haute-Savoie du BV du Chéran depuis 1982. Pour la seule rivière du Chéran en Haute-Savoie, 3702900 alevins ont été lâchés.**

La rivière comptabilisant le plus gros effort d'alevinage (85.8% de l'effectif total) est bien entendu le Chéran, avec 3702900 d'alevins lâchés depuis 1982 (Figure 46 et Figure 47). La Néphaz (185940 alevins, soit 4.31% de l'effectif total), les Éparis (113850 alevins, soit 2.64%) et le nant de la Nanche (54735 alevins, soit 1.27%) sont les trois rivières avec un effort moyen d'alevinage (>1%). Les 20 autres rivières totalisent environ 6% de l'effectif total d'alevins lâchés, soit 260575 d'individus.

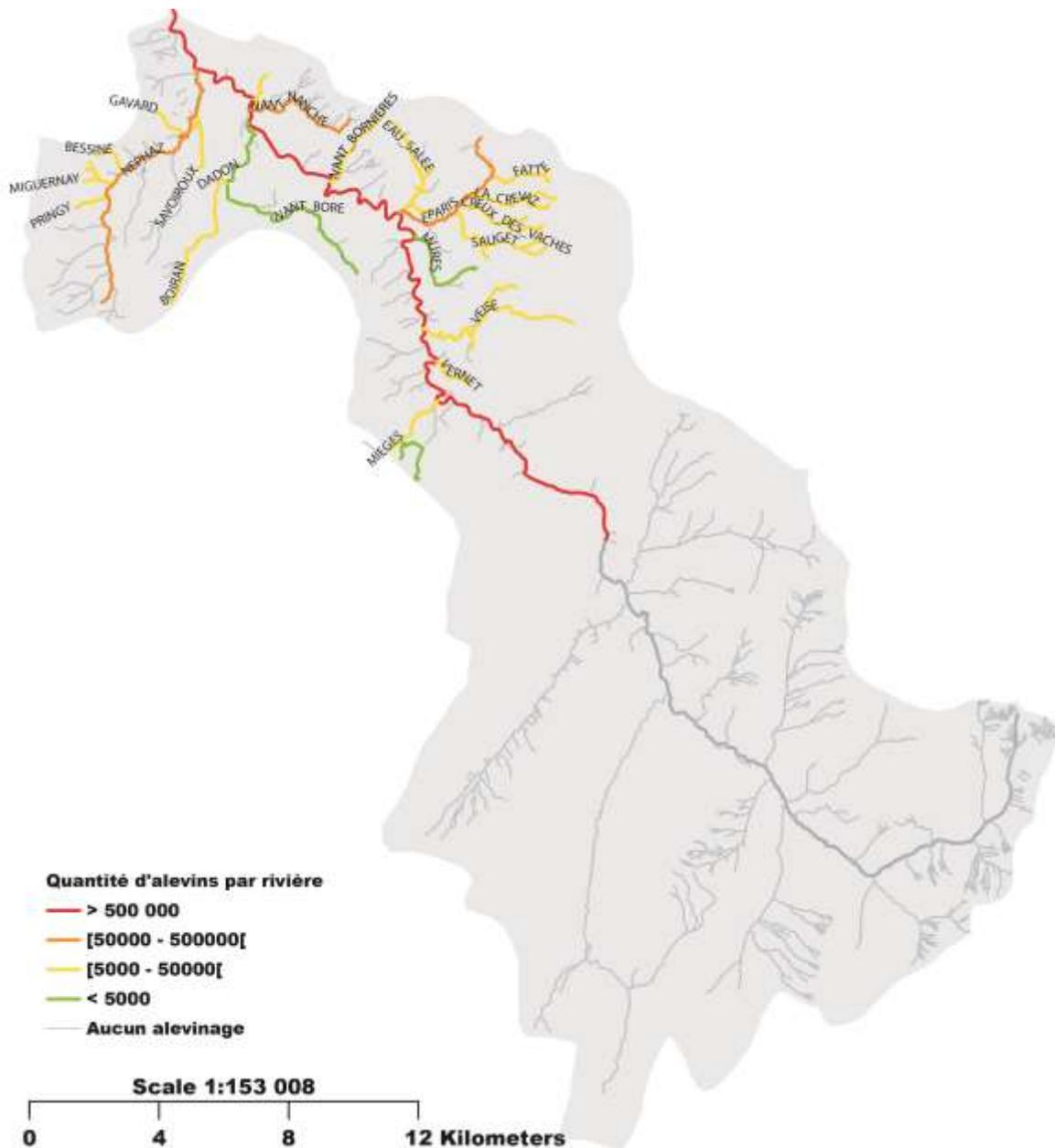


Figure 47 : Répartition géographique du nombre d'alevins lâchés dans les rivières du BV du Chéran depuis 1982.

En 2003, une étude globale d'estimation de la qualité piscicole des eaux du Chéran (réalisée par les bureaux d'étude GEN-TELEOS<sup>2</sup>) a permis la mise en place d'analyses génétiques estimant (1) la réalité de l'efficacité de l'alevinage pour le soutien de la

population de truite et (2) les effets notables observés sur la génétique de la population. Ces résultats et les conclusions principales sont donnés dans le paragraphe 11.2.3.3.4.2.

#### 11.2.3.3.4.2 Effet sur la population piscicole

En terme de repeuplement dans le BV du Chéran, la pratique de l'alevinage a montré une efficacité faible à nulle sur le Chéran et les affluents importants tels que la Néphaz ou le Nant d'Aillon<sup>2</sup>. En effet, le pourcentage d'introggression moyen du Chéran (proportion d'allèles atlantiques mesurée dans la population composée par les locus étudiés) est de 30% alors que d'autres cours d'eau de Rhône-Alpes ont montré des taux > 90%. Ce faible pourcentage souligne la moindre capacité des populations de truites « atlantiques » à repeupler les eaux du Chéran ; en cause probable le comportement des truites « atlantiques » moins adapté aux conditions de vie dans le Chéran. Il est à noter que le pourcentage d'introggression varie en fonction des stations de mesure comme le montre la Figure 48.

Cette variabilité a une origine historique de colonisation des truites, principalement déterminée par des aspects géographiques tels que la connectivité entre les affluents et la continuité longitudinale du Chéran (par exemple les truites en aval sont incapables de passer le seuil naturel de Banges pour aller se reproduire en amont).

Ainsi, nous pouvons observer que :

- les stations du Chéran ont une introggression faible à moyenne,
- les stations situées sur les têtes de bassins qui présentent une introggression forte,
- les petits affluents où les taux d'introggression sont très forts.

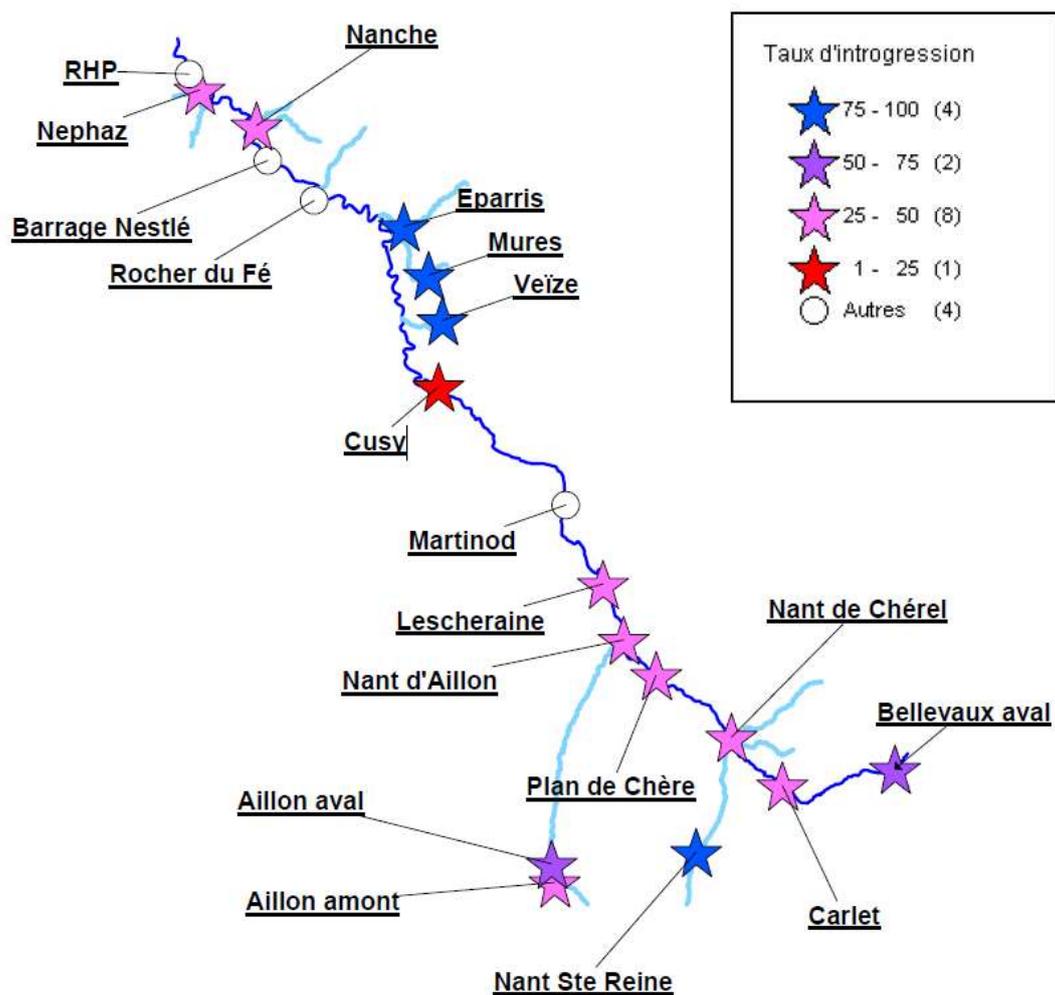


Figure 48 : Taux d'introgression sur les stations de pêche (mesures réalisées en 2003, d'après l' « Etude piscicole du Chéran, Développement d'une souche de truite autochtone »<sup>2</sup>).

L'analyse des fréquences de génotypes réalisée par les bureaux d'étude GEN-TELEOS permet de préciser la répartition des génotypes de truites dans les différentes stations étudiées<sup>2</sup>. Trois génotypes sont ainsi représentés :

- Méditerranéen : tous les allèles analysés sont de type méditerranéen,
- Atlantique : tous les allèles sont de type atlantique,
- Hybride : allèles des deux types sur les locus étudiés.

La Figure 49 illustre la répartition spatiale des proportions de ces trois génotypes. Les conclusions suivantes ont été formulées à partir de cette cartographie :

- Si les allèles méditerranéens subsistent dans tous le bassin du Chéran, le **génotype méditerranéen a disparu de deux affluents** : le ruisseau de Mures et la Veïze ;
- Le **génotype méditerranéen est encore bien présent sur le Chéran mais n'est majoritaire que sur une seule station** (Cusy) et est devenu rare à très rare sur les affluents (Nant d'Aillon en particulier) ;

- La proportion de **génotype méditerranéen** est supérieure sur les stations du Chéran Haut-Savoyard ;
- Le **génotype atlantique** est rare sur le Chéran mais bien présent sur les affluents (exception faite du Nanche) et même majoritaire sur trois d'entre eux (Eparis, Mûres, Veize).

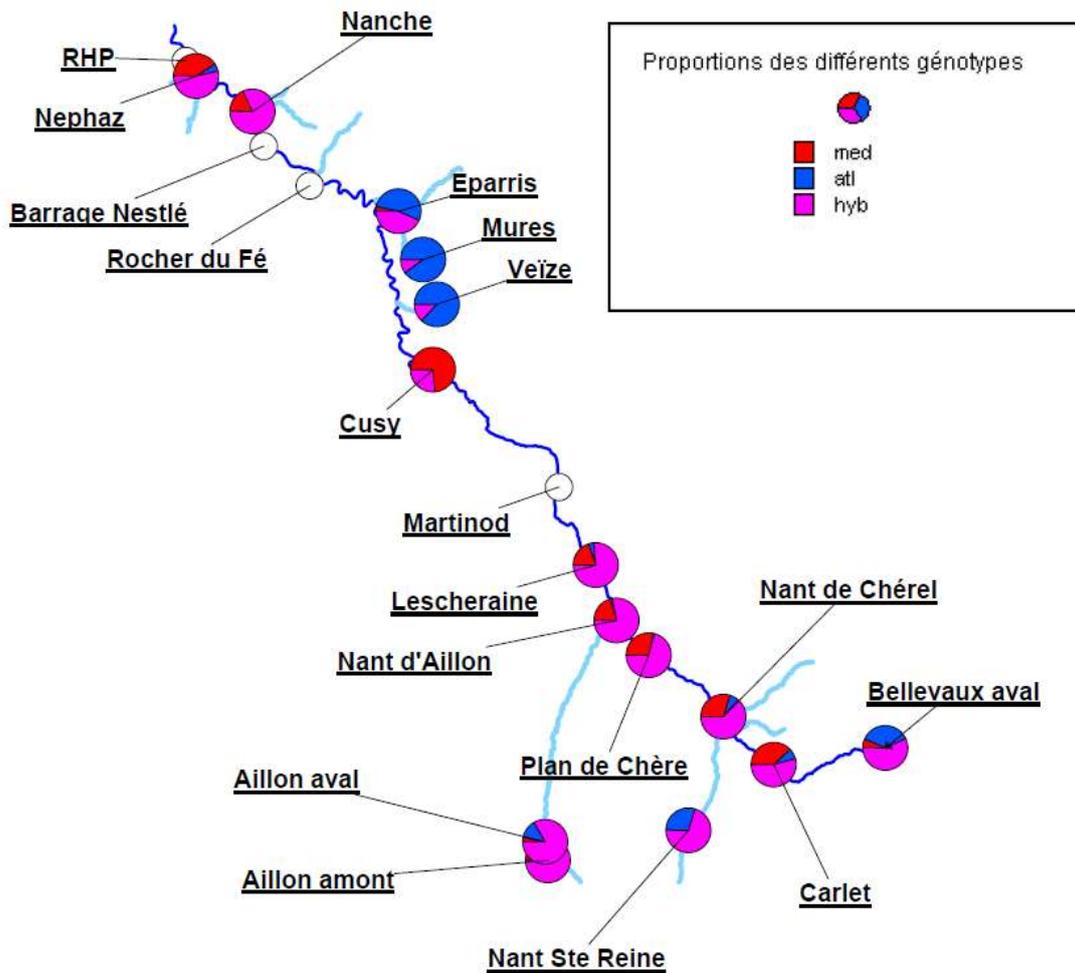


Figure 49 : Proportions des trois génotypes (« méditerranéen », « atlantique » et « hybride ») sur les stations de pêche (mesures réalisées en 2003, d'après l'« Etude piscicole du Chéran, Développement d'une souche de truite autochtone »).

#### 11.2.3.3.4.3 Eléments de discussion sur l'alevinage

En conclusion, l'alevinage a principalement été efficace sur quelques affluents où la truite « méditerranéenne » était vraisemblablement absente avant alevinage. Lorsque la souche autochtone (« méditerranéenne ») est présente, les truites « atlantiques » n'arrivent pas à s'implanter.

La présence du génotype « atlantique » expose la population de truite à un fort risque dit de « pollution génétique », qui a pour principal effet de modifier les comportements innés de

la souche autochtone mieux adaptée aux conditions de vie dans le Chéran. L'arrêt de l'alevinage en 1998, basé principalement sur le manque de réussite au soutien de la population, a permis indirectement de réduire les risques de déclin piscicole issu d'une détérioration lente (mais significative) du comportement des truites.

#### 11.2.3.4 Eléments de discussion

D'un point de vue méthodologique, les pêches électriques réalisées depuis le milieu des années 80 dans le BV du Chéran sont le meilleur moyen actuel de suivre l'évolution de l'état de santé des populations piscicoles encore présentes. Elles sont les seules garantes d'obtenir des données «écologiques fiables et s'imposent donc comme nécessaires dans tout suivi de qualité de l'environnement aquatique.

Cette nécessité doit initier une réflexion sur la meilleure manière de suivre l'évolution de la qualité environnementale, notamment en ce qui concerne les populations piscicoles. Dans cette optique, la présente étude nous a montré l'importance de mettre en place un suivi spatio-temporel soutenu de ces populations, puisqu'il a été montré l'influence indéniable de la variabilité spatio-temporelle sur les données récoltées. Cette influence peut en effet s'avérer néfaste, surtout si elle initie des mauvaises interprétations des tendances d'évolution des variables indicatrices de l'état de santé des populations.

Ainsi, il est indispensable, pour les futurs suivis de la qualité écologique des rivières du BV du Chéran, d'optimiser les protocoles de suivi des populations piscicoles, notamment en ce qui concerne la localisation des stations de pêche, mais aussi la fréquence des mesures (voir la partie 12.2).

En ce qui concerne la population de truites du Chéran, les résultats de notre étude nous montrent l'absence de tendances d'évolution temporelles des variables clés caractérisant l'état de santé de la population. Ainsi, il est impossible de statuer (sauf quelques situations temporaires locales) sur un déclin ou une amélioration de l'état de santé de la population depuis le milieu des années 1990.

D'un point de vue spatial, l'évolution longitudinale négative des valeurs de biomasse/densité de truites n'est pas un résultat surprenant, ni alarmant. En effet, les truites sont très sensibles à la température de l'eau (température optimale comprise entre 4 et 19°C) qui détermine fortement la distribution spatiale de cette espèce<sup>9,10</sup>. Or plus on se dirige vers l'aval d'une rivière, plus la température de l'eau moyenne a tendance à se réchauffer sous l'effet (1) d'une baisse de l'altitude, (2) d'une diminution de la pente et donc d'un ralentissement de la vitesse d'écoulement et (3) des effluents anthropiques souvent plus chauds que la température de l'eau prise en amont. Ainsi, une diminution de la présence de cette espèce est souvent à prévoir à proximité des fermetures de BV. De plus, cette espèce est aussi très sensible à la qualité physico-chimique de l'eau (au regard de l'azote et du phosphate notamment<sup>9</sup>) qui est plus dégradée à l'aval des BV où s'accumulent les effluents domestiques et industriels (phénomènes fréquents d'eutrophisation). Nous pouvons donc supposer que la synergie de ces deux contraintes est à l'origine de la baisse graduelle des valeurs longitudinales de biomasse et de densité.

Malgré des résultats démontrant l'absence d'un déclin de la population de truites du Chéran et figurant une diminution attendue de la quantité de TRF en aval du BV, il convient ici d'être vigilant sur notre vision de l'état de santé de la population.

Tout d'abord, les données actuelles (i.e. une image de l'évolution spatio-temporelle des caractéristiques de la population de TRF) ne permettent pas de clairement statuer sur l'état de santé de la population de truite du Chéran. En effet, nous n'avons aucune possibilité de comparer les variables de qualité de la population de TRF (biomasses et densités principalement) à des valeurs ancestrales pré-développement industriel figurant une population « normale » qui pourrait refléter un optimum biologique à retrouver dans la rivière.

De plus, les valeurs de biomasses et de densités mesurées semblent être en deçà de ce qui pourrait être attendu dans une rivière comme le Chéran qui présente des conditions environnementales compatibles avec la vie salmonicole (voir la partie 11.2.1).

Il était donc indispensable de trouver des méthodes permettant de statuer sur la qualité de la population afin de répondre distinctement à cette contradiction.

Dans la présente étude, nous nous proposons d'employer deux méthodes afin de donner une idée fiable de la qualité de la population de truite du Chéran. Ces méthodes sont explicitées dans les parties 11.3 et 11.4 et consistent en une comparaison des valeurs de biomasse/densité de TRF du Chéran (1) aux données disponibles dans la littérature scientifique et (2) aux données issues de rivières limitrophes ayant des caractéristiques mésologiques proches de celles des rivières du BV du Chéran.

## 11.3 DONNEES PISCICOLES CONFRONTEES A LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE

### 11.3.1 Démarche

L'étude de l'évolution des données écologiques historiques nous donne des éléments de compréhension de la situation actuelle (cf. la partie 6811.2.3.3). Néanmoins, il est difficile, uniquement à partir de cette étude, de déterminer plus précisément la qualité actuelle de la population piscicole du Chéran ; qualité que nous pouvons apercevoir au travers de la biomasse surfacique et de la densité d'individu.

Ici se pose donc la question complexe de la notion de standard écologique, c'est-à-dire l'état écologique à conserver ou à atteindre pour les populations piscicoles (plus précisément de la truite). Dans le cadre du Chéran, il aurait été pertinent de regarder des données ancestrales pré-développement industriel (i.e. avant le 20<sup>ème</sup> siècle) pour avoir une idée fiable de la qualité des populations actuelles. Ces données n'existent pas et cela nous amène à balayer plusieurs voies pour statuer sur un « état normal » de la population.

Dans cette partie 11.3, nous nous intéressons tout particulièrement aux populations de truites présentes dans les rivières internationales qui présentent des caractéristiques géomorphologiques et mésologiques proches de celles du Chéran (ce travail ne concerne pas les affluents). Les données descriptives des populations de truites sont directement issues d'articles scientifiques (sources validées) et nous permettent de « situer » la population de

truites du Chéran dans un contexte international. Seule la biomasse surfacique est montrée dans les résultats principaux ; une étude spécifique à la densité n'apportant pas plus d'éléments de discussion.

### 11.3.2 Confrontation aux données internationales

La Figure 50 présente la biomasse surfacique estimée dans 16 rivières d'une même zone géographique de l'état du Minnesota (USA)<sup>11</sup>. Cette étude a été choisie car les caractéristiques mésologiques décrites sont proches de celles observées sur une bonne partie du linéaire du Chéran (avis d'expert).

La biomasse surfacique moyenne (exprimée en kg/ha) estimée pour les 16 rivières varie entre 32.5 ( $\pm 7.9$  kg/ha) et 355.5 kg/ha ( $\pm 30.3$  kg/ha), soit une amplitude moyenne de 323 kg/ha.

Ces valeurs sont à comparer avec les valeurs de biomasses estimées dans le Chéran (parties 11.2.3.3.1 et 11.2.3.3.2) qui varient entre (valeurs médiane ou Q50 considérées) 4.2 et 109.6 kg/ha en fonction de la zone du Chéran observée. Rappelons que la biomasse maximale estimée (Q90 considéré) est de 202.8 kg/ha (zone 4 entre l'aval du Lindar et l'aval du nant de Bellecombe), alors que la minimale (Q10) est  $<1$  kg/ha (zone 11 à l'aval de la Néphaz).

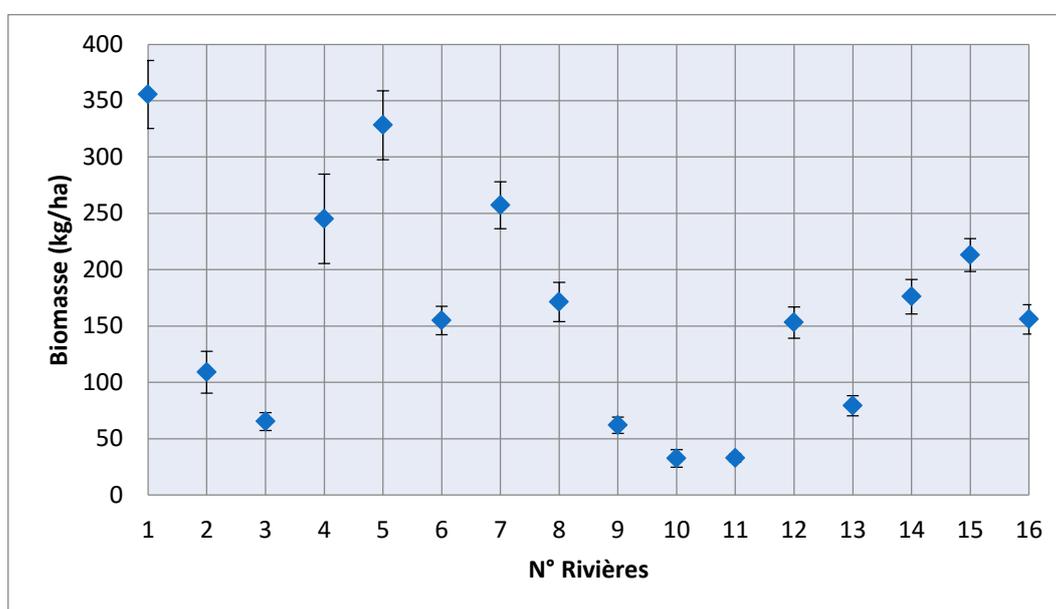


Figure 50 : Biomasse surfacique moyenne enregistrée dans 16 rivières d'une même zone géographique de l'état du Minnesota (USA). D'après Kwack & Waters, 1997.<sup>11</sup>

De la même manière, la Figure 51 présente les biomasses surfaciques maximales estimées à partir de pêches réalisées dans 12 rivières internationales. Les articles ayant servi à la construction de cette figure sont décrits en Annexe 6.

La biomasse surfacique maximale varie entre 12.4 (article 10) et 568.6 kg/ha (article 5), soit une amplitude de variation de 555.6 kg/ha. Il est à noter que la valeur maximale de 568.6 kg/ha observée dans l'étude de Kwack & Waters, 1997<sup>11</sup> est obtenue dans une station où l'habitat avait été récemment modifié (travaux de restauration) et était donc surestimée au moment de la pêche (phénomène ponctuel d'attrait pour les habitats nouvellement disponibles). La valeur de 402.0 kg/ha observée dans l'article 8 est donc à considérer comme valeur « naturelle » maximale observée dans cette figure.

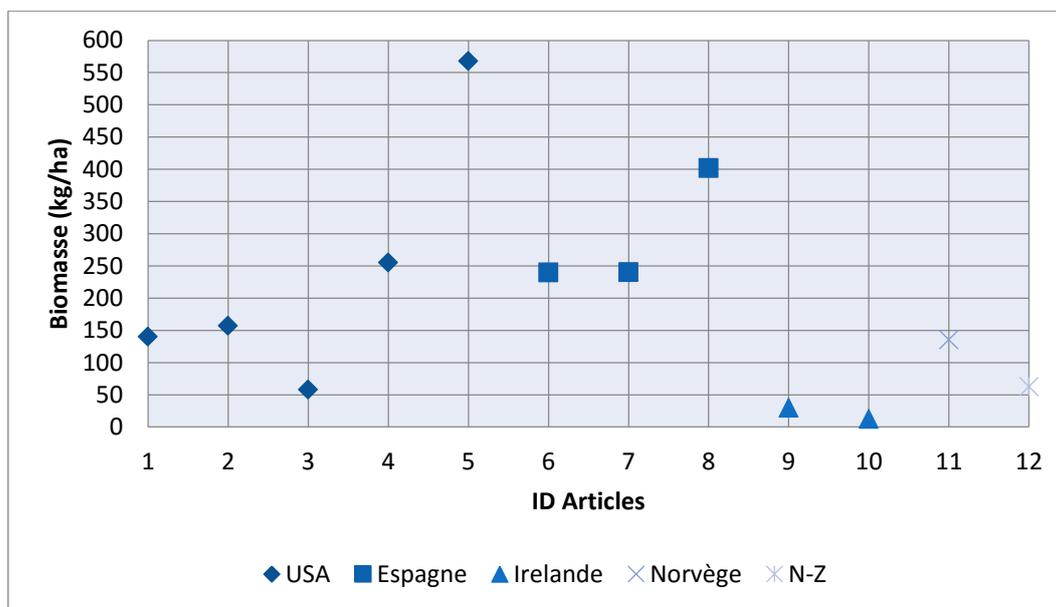


Figure 51 : Biomasse surfacique maximale enregistrée sur 12 rivières internationales. Les références des articles utilisés pour cette figure<sup>11-22</sup> sont à retrouver en partie 14. Les statistiques associées aux différents articles sont présentées en Annexe 6.

### 11.3.3 Eléments de discussion

Que ce soit avec la Figure 50 ou la Figure 51, les valeurs de biomasse surfacique estimées pour les différentes zones du Chéran sont dans la partie basse des valeurs observées dans les rivières internationales étudiées ici. En effet, la valeur maximale (Q90) estimée dans la zone 4 du Chéran (i.e. 202.8 kg/ha) correspond à peu près à la valeur moyenne observée dans les rivières du Minnesota (Figure 50) ou des rivières internationales (Figure 51).

Même si la liste des articles étudiés ici n'est pas exhaustive, on observe bien une situation où la quantité de TRF présente dans le Chéran semble en deçà de ce qui pourrait être observé dans une rivière avec des caractéristiques mésologiques tels que décrits pour cette rivière. Néanmoins, il faut rester prudent sur les conclusions à en tirer puisqu'il est difficile d'affirmer que les rivières étudiées ici sont en tout point ressemblantes au Chéran qui présente une alternance d'habitats parfois atypique, notamment au regard de la zone de gorge située au milieu de son cours.

Il conviendra donc d'utiliser la seconde méthode présentée dans la partie 11.4, pour valider l'observation réalisée ici.

## 11.4 DONNEES PISCICOLES LOCALES CONFRONTEES AUX DONNEES ISSUES DES RIVIERES LIMITOPHES

### 11.4.1 Données disponibles

Les inventaires de 864 pêches ont été récoltés auprès des différents opérateurs des deux départements du BV du Chéran (principalement issus des deux fédérations de pêche et du SMIAC). Parmi les 864 pêches réalisées, 97 concernent des stations du BV du Chéran. Au total, 622 stations de pêche (dont 39 situées dans le BV du Chéran) ont été échantillonnées (cf. la Figure 52; seules les pêches par épuisement sont concernées).

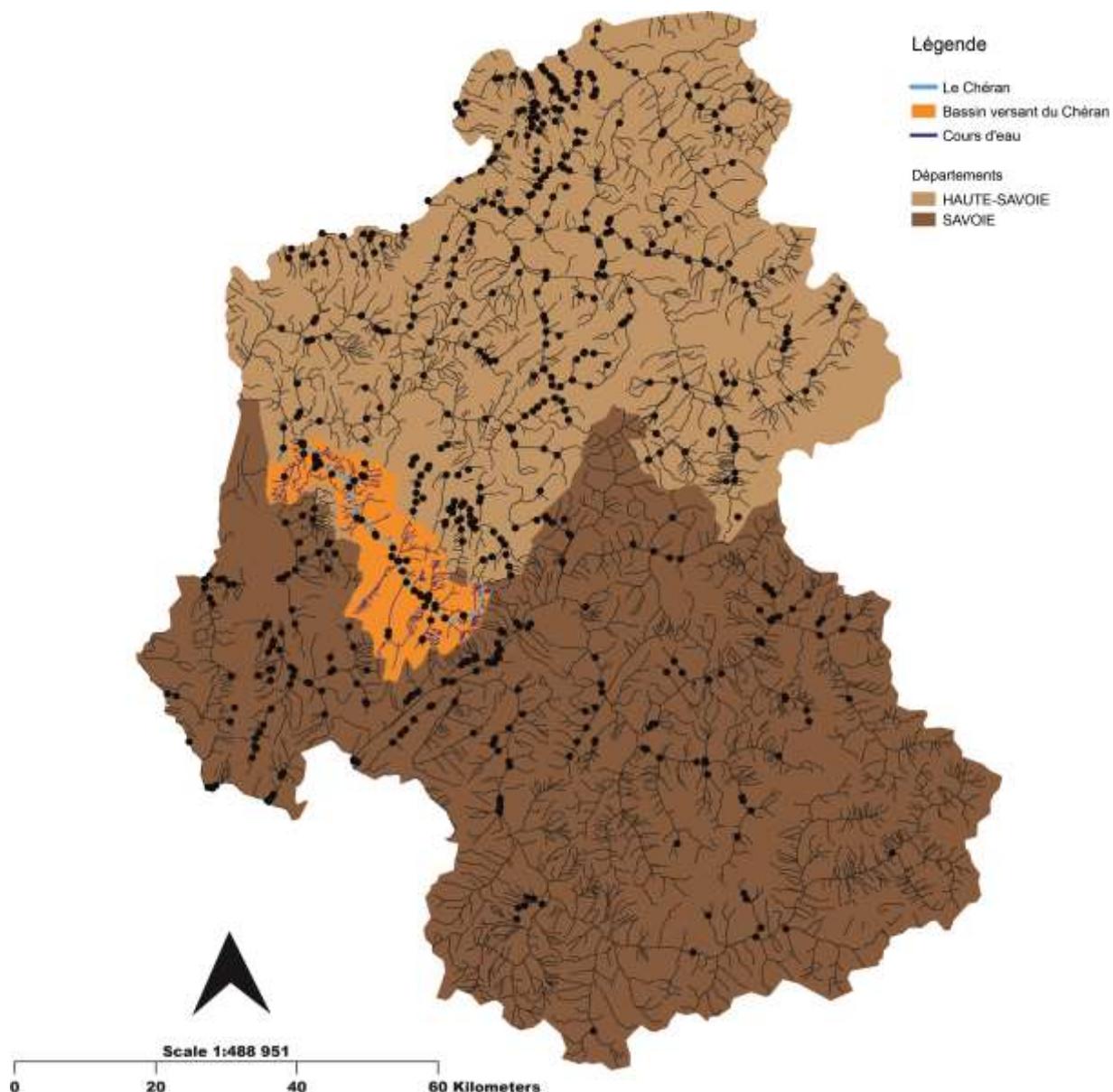


Figure 52 : Distribution spatiale des stations de pêche utilisées pour l'étude départementale.

## 11.4.2 Méthodologie

### 11.4.2.1 Regroupement de stations

Dans la partie 11.2.3.3, nous avons pu constater une évolution longitudinale de la population de TRF. Cette évolution suppose que nous ne pouvons pas comparer entre elles toutes les stations de pêche présentes dans le jeu de données. En effet, les TRF présentent des préférences pour des habitats déterminés par leurs caractéristiques physiques (vitesse d'écoulement, profondeur, nature du substrat, température) qui dépendent étroitement de leur situation géographique au sein du bassin versant. Ainsi, il est nécessaire de regrouper entre elles les stations de pêche qui présentent des caractéristiques mésologiques (i.e. décrivant les conditions d'habitat) proches.

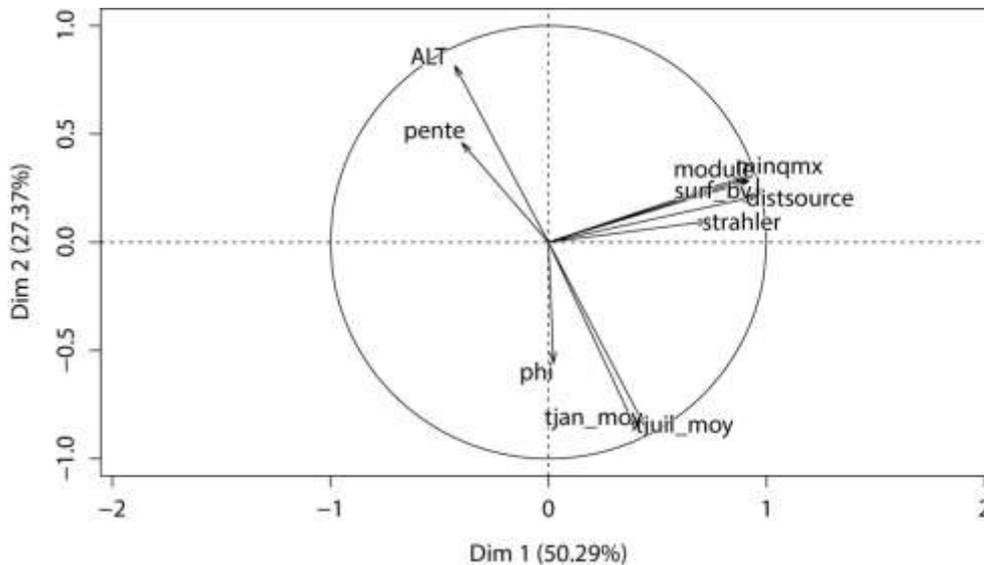
La description physique des stations de pêche a été réalisée à l'aide du Réseau Hydrographique Théorique (RHT,<sup>23</sup>). Chaque station de pêche a été rapprochée d'un arc du RHT qui correspond à la plus petite entité du réseau hydrographique où de multiples variables ont pu être modélisées : la température aérienne moyenne de janvier de l'arc (*tjan\_moy*), la température aérienne moyenne de juillet de l'arc (*tjuil\_moy*), la distance à la source de l'arc, l'ordre de Strahler de l'arc (*strahler*), la superficie du BV amont de l'arc (*surf\_bv*), le module, la largeur du cours d'eau moyen à l'arc (*l*), le débit moyen mensuel minimum naturel de l'arc (*minqmx*) et la taille moyenne des sédiments à l'arc (*phi*). La distance à la source de l'arc a permis de calculer plus précisément, pour chaque station de pêche, une distance à la source (*distsource*). De la même manière, la BD ALTI 25 m (Référentiel du relief sur la France) a permis le calcul de la pente (*pente*) et de l'altitude (*ALT*).

Avant de réaliser une analyse statistique, nous avons retiré du jeu de données certaines stations de pêche pour une des raisons suivantes :

- Absence du cours d'eau dans le RHT ;
- Imprécision du RHT dans la modélisation de certaines variables (largeur du cours d'eau notamment) ;
- Présence de truite de lac sur les stations de pêche. Cette espèce est très compétitive pour la truite fario qui voit sa population très diminuée en certains secteurs malgré la disponibilité en habitats favorables pour l'espèce ;
- Régime hydrologique très différent de ceux rencontrés dans le BV du Chéran (principalement les régimes hydrologiques à origine glaciaire) ;
- Stations ayant été suivie avant et après une restauration ;
- Stations ayant subi une pollution ;
- Stations ayant subi des travaux d'aménagement ;
- Stations dans un secteur à débit réservé.

Le jeu de données initial était constitué de 622 stations de pêche utilisables pour les différentes analyses (dont 39 du BV du Chéran, Figure 52). Après ce premier filtre, 583 stations étaient alors disponibles.

Avant de regrouper les stations de pêche sur des critères mésologiques, nous avons tout d'abord réalisé des Analyses en Correspondance Principale (ACP) de manière à sélectionner les variables descriptives permettant de regrouper au mieux les stations. La première ACP (Figure 53) a permis de vérifier les corrélations entre variables et l'influence de chacune sur la dispersion des stations dans les deux premières dimensions de l'ACP.



**Figure 53 :** Représentation graphique des variables utilisées par la première ACP utilisant toutes les variables disponibles.

Afin de limiter les phénomènes d'autocorrélation et de conserver un bon pouvoir explicatif des deux dimensions de l'ACP, 4 variables ont été retenues pour regrouper les stations de pêche : l'ordre de Strahler, la température aérienne moyenne de janvier, la pente et l'altitude.

Suite à cette ACP à 4 variables, les stations de pêche ayant une répartition trop excentrée par rapport à la répartition des stations du BV du Chéran ont été supprimées du jeu de données et l'analyse à 4 variables a été à nouveau réalisée. Ceci permet d'optimiser la variance expliquée par dimension de l'ACP. Le nombre de stations de pêche analysées au final est de 470 (dont 39 du BV du Chéran).

Cette seconde ACP réalisée avec les 4 variables est présentée dans la Figure 54. Le pourcentage de variance expliquée par les deux premières dimensions est de 80.70%, i.e. (1) les 4 variables sélectionnées expliquent de manière robuste la répartition graphique des individus (i.e. les stations de pêche, Figure 55) et (2) la proximité graphique des stations dans la Figure 55 peut être utilisée pour le regroupement des stations.

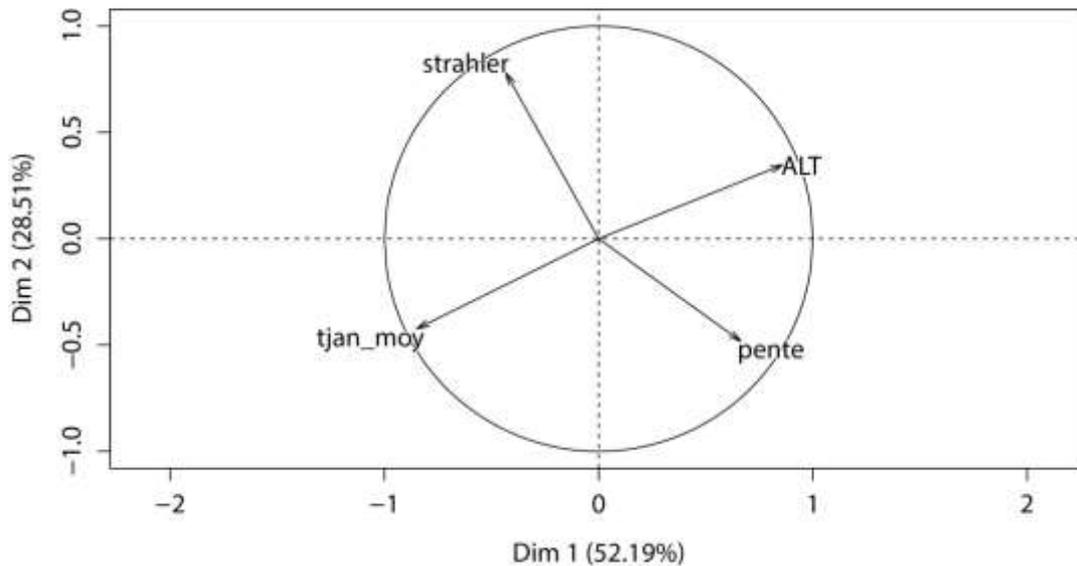


Figure 54 : Représentation graphique des variables utilisées par la seconde ACP utilisant les 4 variables choisies.

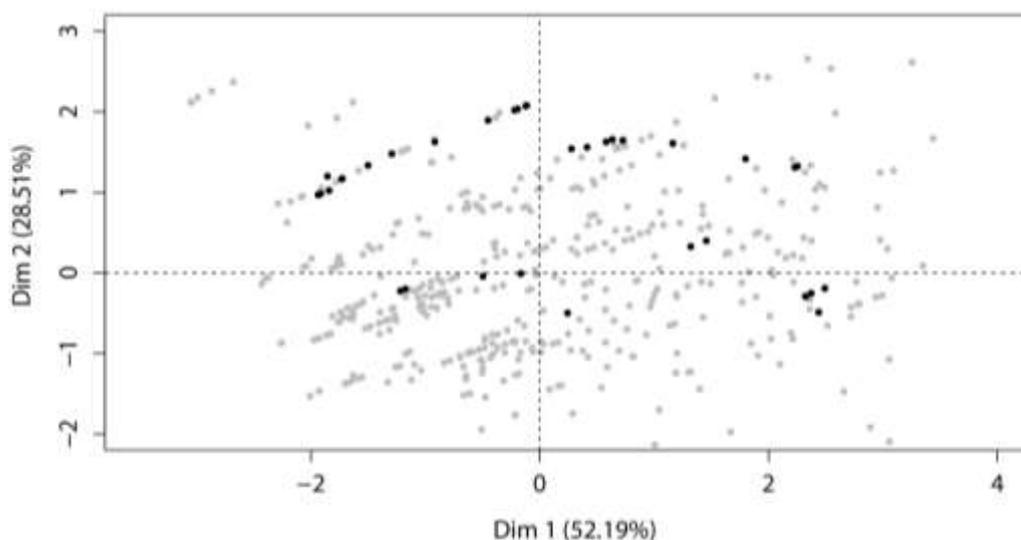


Figure 55 : Représentation graphique des individus (i.e. les stations de pêche) réparties en fonction des deux dimensions principales de la seconde ACP. Les points noirs indiquent les stations du BV du Chéran.

La distribution géographique des stations de pêches qualifiées au regard des 4 variables retenues par l'ACP est disponible en Annexe 7. La distribution de chaque variable est aussi décrite.

Pour chaque station du BV du Chéran, il convenait d'attribuer une liste de stations de pêche en fonction des résultats de l'ACP à 4 variables. Nous avons donc utilisé la répartition graphique des individus (Figure 55) et tracé des ellipses autour des stations du Chéran, dont le ratio largeur/hauteur était celui déterminé par le ratio des pourcentages explicatifs des deux dimensions de l'ACP (ici  $52.19/28.51=1.83$ ).

Le choix de la dimension des ellipses a été déterminé par (1) la conservation d'un effectif suffisant de stations par groupe (Figure 56), mais aussi (2) l'obtention, par groupe, d'une gamme de variation des valeurs des 4 variables de l'ACP acceptable (par exemple une différence entre les altitudes minimales et maximales par groupe < 300m, Figure 57).

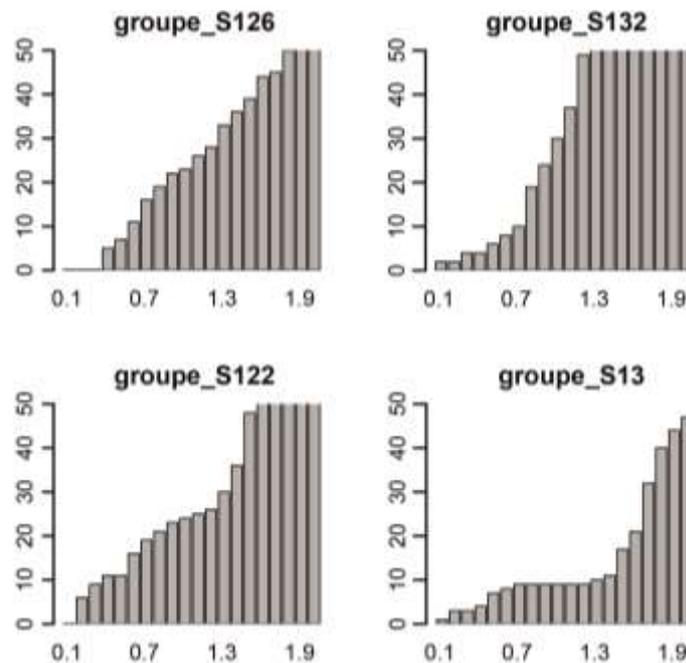


Figure 56 : Exemple d'influence de la largeur de l'ellipse (en unité de la Dim 1 de l'ACP) sur le nombre de stations pour 4 groupes de stations du BV du Chéran (S126, S132, S122, S13).

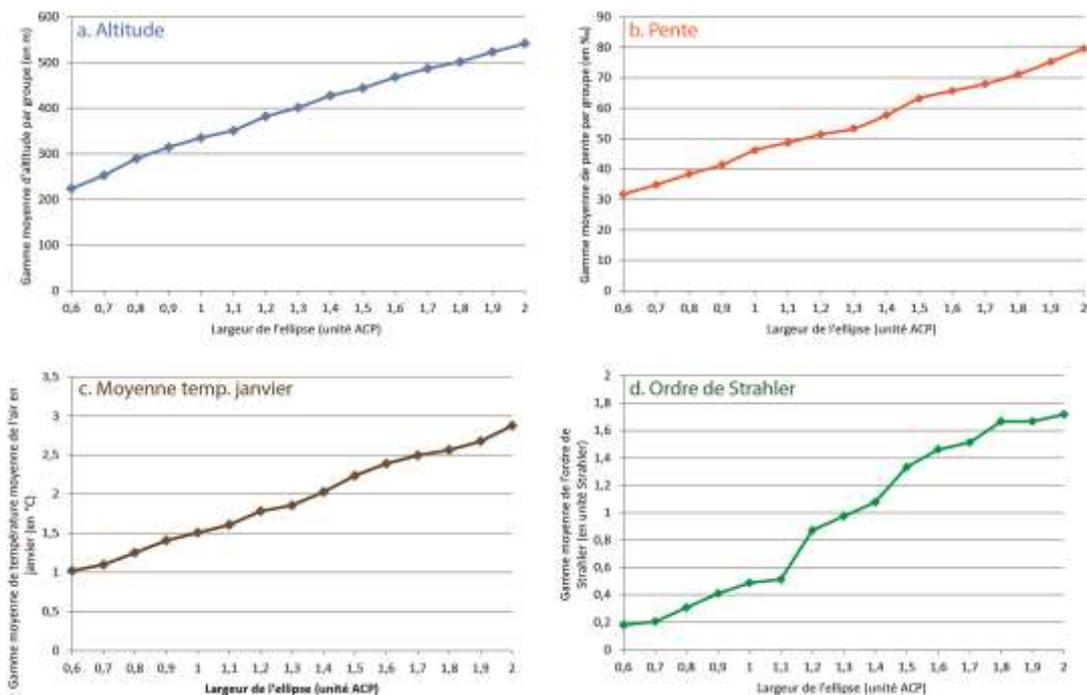


Figure 57 : Evolution de la gamme moyenne des valeurs des 4 variables retenues après l'ACP en fonction de la largeur de l'ellipse (en unité de la Dim 1 de l'ACP). Par exemple, pour l'altitude (a.), une largeur de l'ellipse de 0.8 présente une gamme d'~300m, i.e. en moyenne la différence entre l'altitude minimale et maximale des stations d'un groupe est d'~300m.

Une largeur d'ellipse de 0.8 permet, par groupe de station du Chéran, d'optimiser l'effectif de stations de pêche et de limiter la gamme de valeurs des 4 variables. Cette valeur a été utilisée pour dessiner les ellipses sur la répartition graphique des individus de l'ACP (Figure 58) et permet, pour chaque station du BV du Chéran, d'obtenir la liste des stations de pêches qui lui seront comparées. Cette liste est en effet utilisée pour exprimer une note de qualité au regard de la biomasse et densité de TRF en suivant une méthode expliquée dans la partie suivante (11.4.2.2).

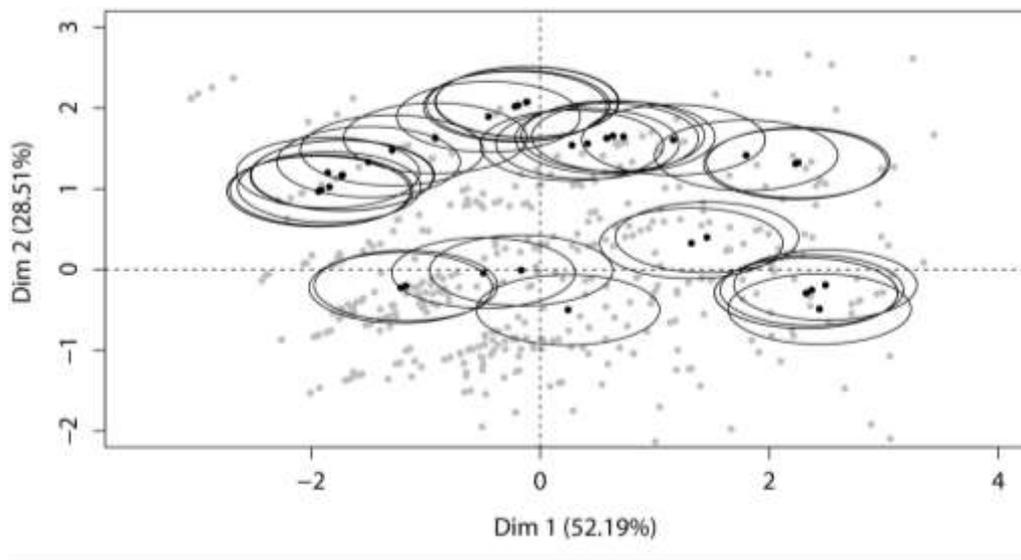


Figure 58 : Répartition graphique des ellipses centrées sur chaque station du BV du Chéran (points noirs). Les croix grises représentent les individus utilisés par l'ACP (Figure 54 & Figure 55).

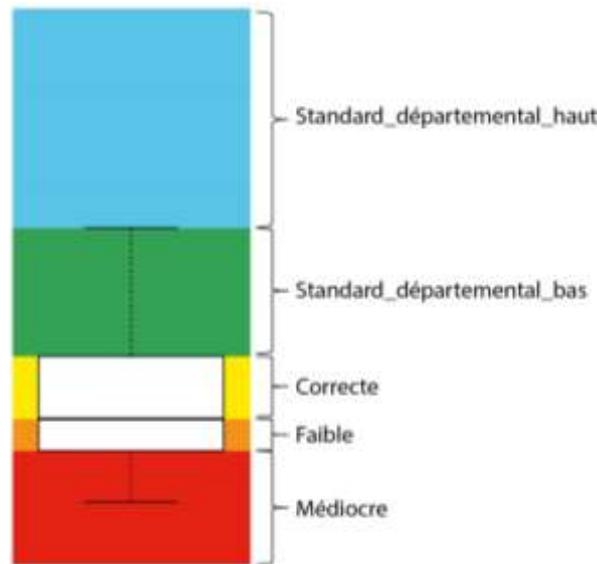
#### 11.4.2.2 Appréciation de la qualité des données de biomasse et de densité de truite à l'aide d'un « standard départemental »

Pour chaque station de pêche du Chéran, les ellipses observées dans la Figure 58 ont permis de regrouper les stations des deux départements sur des critères mésologiques proches (cf. le paragraphe 11.4.2.1). Les données de biomasses et de densités ont ensuite été étudiées par « groupe de station Chéran ».

Ainsi, des distributions de valeurs de biomasses ou de densité ont été produites et représentées sous la forme d'une « boîte à moustache » (Figure 59) ou « boxplot ». Comme présentées dans la Figure 40, ces représentations permettent de rapidement décrire la distribution statistique d'un jeu de données. Ces boîtes à moustache ont été utilisées afin de « noter » (i.e. passer d'une vision quantitative à une vision qualitative) la qualité des valeurs de biomasse et de densité observées pour chacune des stations de pêches des rivières du Chéran.

En effet, comme le montre la Figure 59, les valeurs de biomasse/densité inférieures au quantile 25 (Q25) sont considérées comme « médiocre ». Celles entre le Q25 et la médiane (ou Q50) sont « faibles ». Les valeurs comprises entre le Q50 et le Q75 sont « correcte » et les

valeurs  $>Q75$  sont proches d'un « standard départemental faible », voir même d'un « standard départemental haut » si les valeurs sont  $>Q90$ .



*Figure 59 : Explication de la méthode de qualification des valeurs de biomasse/densité au regard d'une distribution de valeurs obtenues par rassemblement de stations de pêche statistiquement proches. Les notes, à droite de la figure, sont attribuées en fonction de la localisation de la valeur de biomasse/densité du Chéran dans cette distribution. Par exemple, une valeur de biomasse/densité  $< Q25$  sera jugée comme « médiocre ».*

Bien que cette méthode de qualification de la biomasse/densité soit arbitraire, elle permet d'estimer les stations du Chéran en fonction d'un standard départemental basé sur des stations ayant des caractéristiques mésologiques statistiquement proches. Ainsi, les notes attribuées aux valeurs de biomasse/densité du Chéran sont les plus représentatives de l'état de santé des TRF du Chéran, pour un contexte géographique donné.

### 11.4.3 Résultats pour les mesures du BV du Chéran

#### 11.4.3.1 La biomasse de TRF

La répartition des valeurs de biomasse de TRF estimées pour les différentes pêches des stations du Chéran et de ses affluents est présentée dans la Figure 60. Ces valeurs sont représentées au regard de la notation basée sur les distributions calculées pour chaque groupe de stations départementales.

Tout d'abord, pour les stations du Chéran (Figure 60, à gauche), on observe une baisse graduelle des valeurs limites de classes de qualité (i.e. passage entre deux nuances de bleu) lorsque l'on se dirige vers les stations les plus en aval. Par exemple, la limite basse pour atteindre le « standard départemental haut » est principalement compris entre 150 et 200 kg/ha pour les stations amont, alors qu'il est  $\sim 80$  kg/ha pour les stations aval situées autour de Rumilly. Ceci semble traduire un effet naturel des conditions d'écoulement (et donc

habitationnelles) sur la biomasse de TRF en général. Ce profil a déjà été observé dans la partie 11.2.3.3.1 concernant la biomasse de TRF du Chéran.

L'obtention d'une note « correcte » est permise pour une valeur de biomasse minimale comprise entre 80 et 150 kg/ha pour les stations comprises entre la commune de Jarsy et l'entrée de la commune de Cusy, alors qu'elle est d'~ 25 kg/ha pour les stations les plus en aval (à partir des communes de Boussy/Rumilly).

Concernant les affluents (hormis pour le Dadon, Figure 60), les valeurs limites de classes sont légèrement plus élevées que les limites des stations du Chéran situées à l'aval de la commune de Cusy. D'une manière générale, les limites de classe sont en effet proches de celles observées pour les stations du Chéran situées à l'amont du seuil de Banges.

Le Dadon présente des valeurs limites de classe plus faibles, avec une limite minimale pour l'obtention de la note « correcte » située autour de 40 kg/ha, soit la limite observée pour les stations à l'amont direct des stations du Chéran de Boussy/Rumilly.

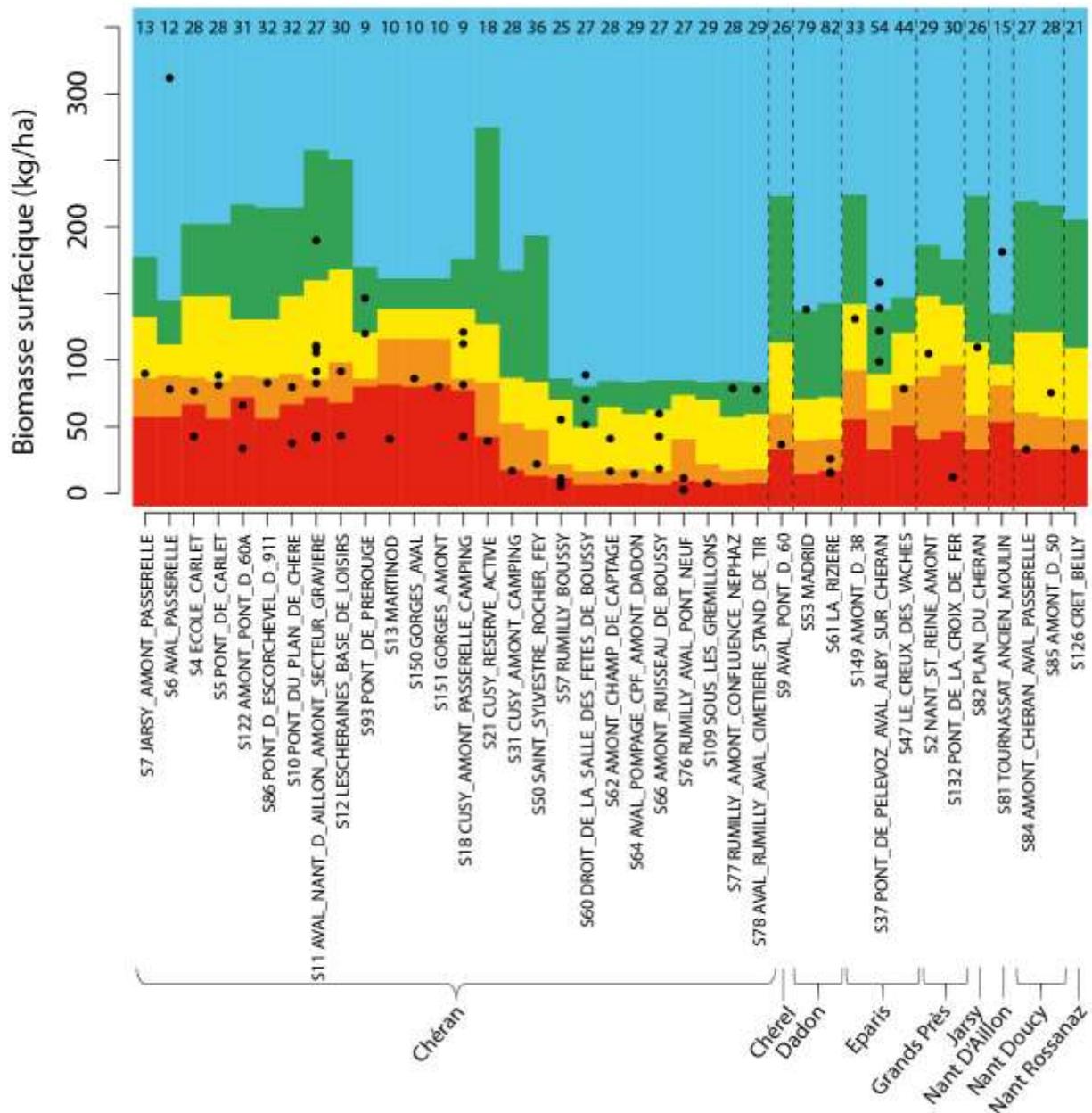


Figure 60 : Boxplots construits à l'aide de la biomasse de TRF calculée pour chacune des pêches réalisées dans les stations départementales qui sont ici regroupées en fonction de chaque station de pêche des 9 rivières du BV du Chéran. Les stations sont présentées en fonction de leur localisation longitudinale : de gauche à droite -> amont vers aval. L'ossature des boxplots n'est pas représentée afin de faciliter la lecture de la figure. Les points noirs représentent les valeurs de biomasses de chaque pêche réalisée par station. Les nombres situés en haut indiquent l'effectif de stations ayant permis la construction de chaque boxplot. Voir l'Annexe 4 pour la liste des stations de mesures.

La proportion des différentes notes attribuées par rivière du BV du Chéran est donnée dans la Figure 61. Le Chéran (N stations=26) présente 73% de ses stations avec une note « médiocre » ou « faible » et seulement 27% des notes sont « correctes » ou meilleures.

Concernant les affluents, seul le Nant D'Aillon présente 100% (N stations=1) des valeurs de biomasses situées dans le « standard départemental haut ». Les Eparis et la rivière Jarsy

présentent aussi des proportions dominantes de notes « correctes » ou meilleures, alors que les stations du nant de Rossanaz et du nant de Chérel ont uniquement une note « faible ».

Enfin, concernant le Dadon (N stations=2), on peut observer que seule une station présente une note moyenne « médiocre », alors que la seconde est notée comme « standard départemental haut ».

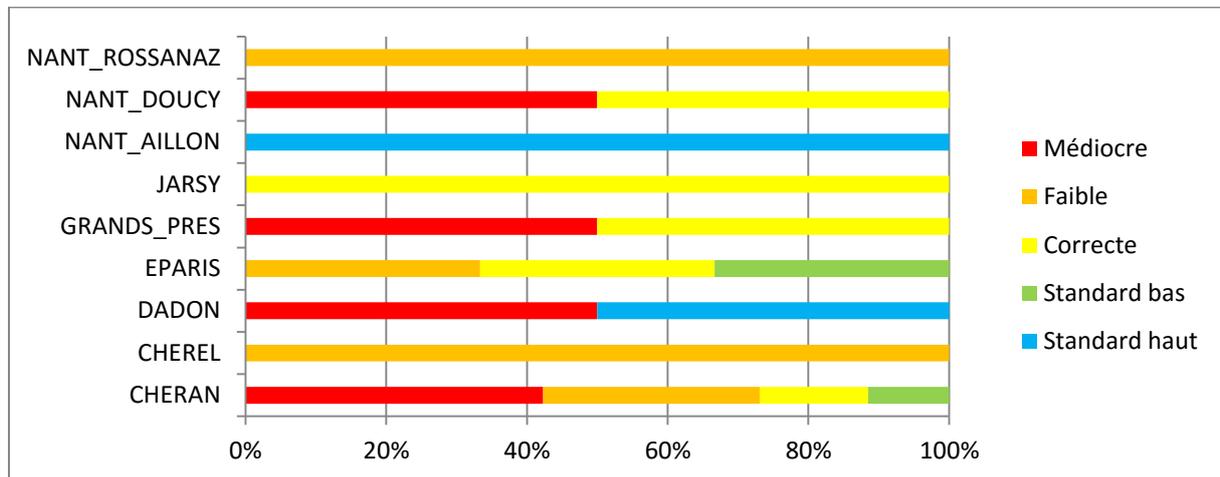


Figure 61 : Proportion des notes estimées pour la biomasse des TRF pour chaque station de pêche des 9 rivières échantillonnées dans le BV du Chéran. Pour les stations présentant plusieurs notes (i.e. ayant été pêchée plus d'une fois), la note moyenne est renseignée.

La cartographie des notes attribuées pour la biomasse aux différentes stations de pêche du BV du Chéran est donnée dans la Figure 62. La note moyenne de qualité de la biomasse de TRF pour la rivière Chéran est située dans la classe « faible », tout comme pour la majorité des affluents du Chéran. Seul le nant d'Aillon, les Eparis, le Dadon et la rivière de Jarsy présentent une note moyenne « correcte » ou meilleure.

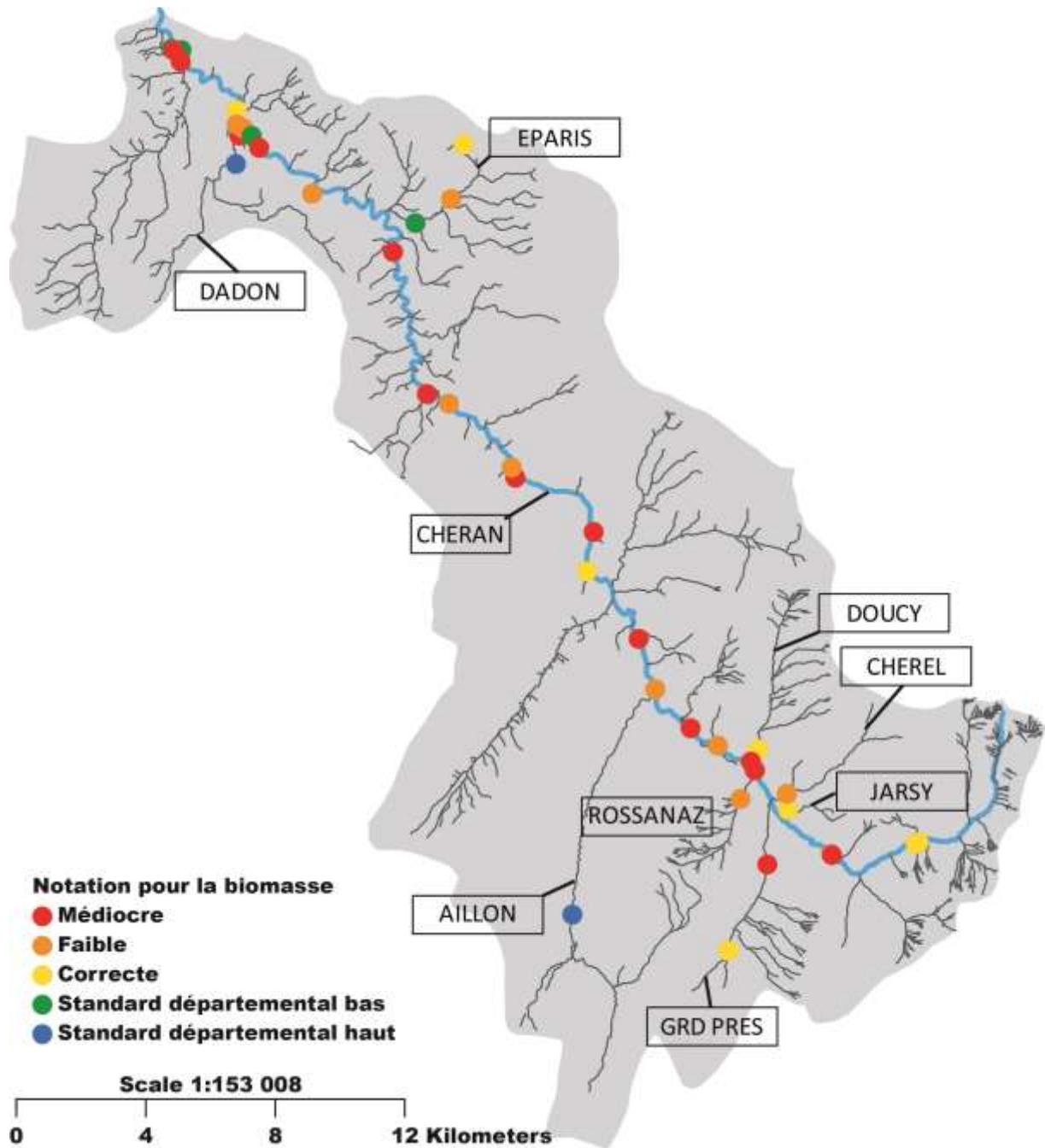


Figure 62 : Cartographie des notes obtenues, par station de pêche du BV (ronds de couleur), en utilisant les valeurs de biomasse. Pour les stations ayant été pêchées plusieurs fois, la note moyenne est représentée. Les rectangles de couleurs rappelle la note moyenne attribué à la rivière.

**11.4.3.2 La densité de TRF**

La répartition des valeurs de densité de TRF estimées pour les différentes pêches des stations du Chéran et de ses affluents est présentée dans la Figure 63. Ces valeurs sont représentées au regard de la notation basée sur les distributions calculées pour chaque groupe de stations départementales.

Tout comme pour la Figure 60 concernant la biomasse, on observe une diminution des valeurs limites de classes entre les stations du Chéran amont et aval. Pour exemple, la limite basse d'atteinte d'une note « standard départemental haut » est comprise entre 200 et 400 ind./10 ares pour les stations amont (hormis pour les stations S6 et S93 ayant des seuils bas d'~ 120 kg/ha), alors qu'elle est comprise entre 50 et 100 ind./10 ares pour les stations aval. Ce profil a déjà été observé dans la partie 11.2.3.3.1 concernant la densité de TRF du Chéran. Cela signifie que les stations départementales ayant des caractéristiques mésologiques proches des stations à l'aval du Chéran ont des valeurs de densités beaucoup plus faibles que celles observées en amont de la rivière, signifiant que les conditions d'écoulement (et donc habitationnelles) dans ces stations sont, de manière générale, limitantes pour soutenir une population à forte densité.

Pour les stations du Chéran (Figure 63 à gauche), la dispersion des valeurs de densité est plus importante pour les stations amont (de la commune de Jarsy jusqu'à l'amont du seuil de Banges), alors qu'elle est beaucoup plus limitée pour les stations de pêche à l'aval du seuil (principalement entre Cusy et l'aval de Rumilly).

Enfin, on retrouve une forte dispersion des valeurs de densité sur les affluents, notamment pour une station des Éparis où les valeurs oscillent entre 200 et 350 ind./10 ares.

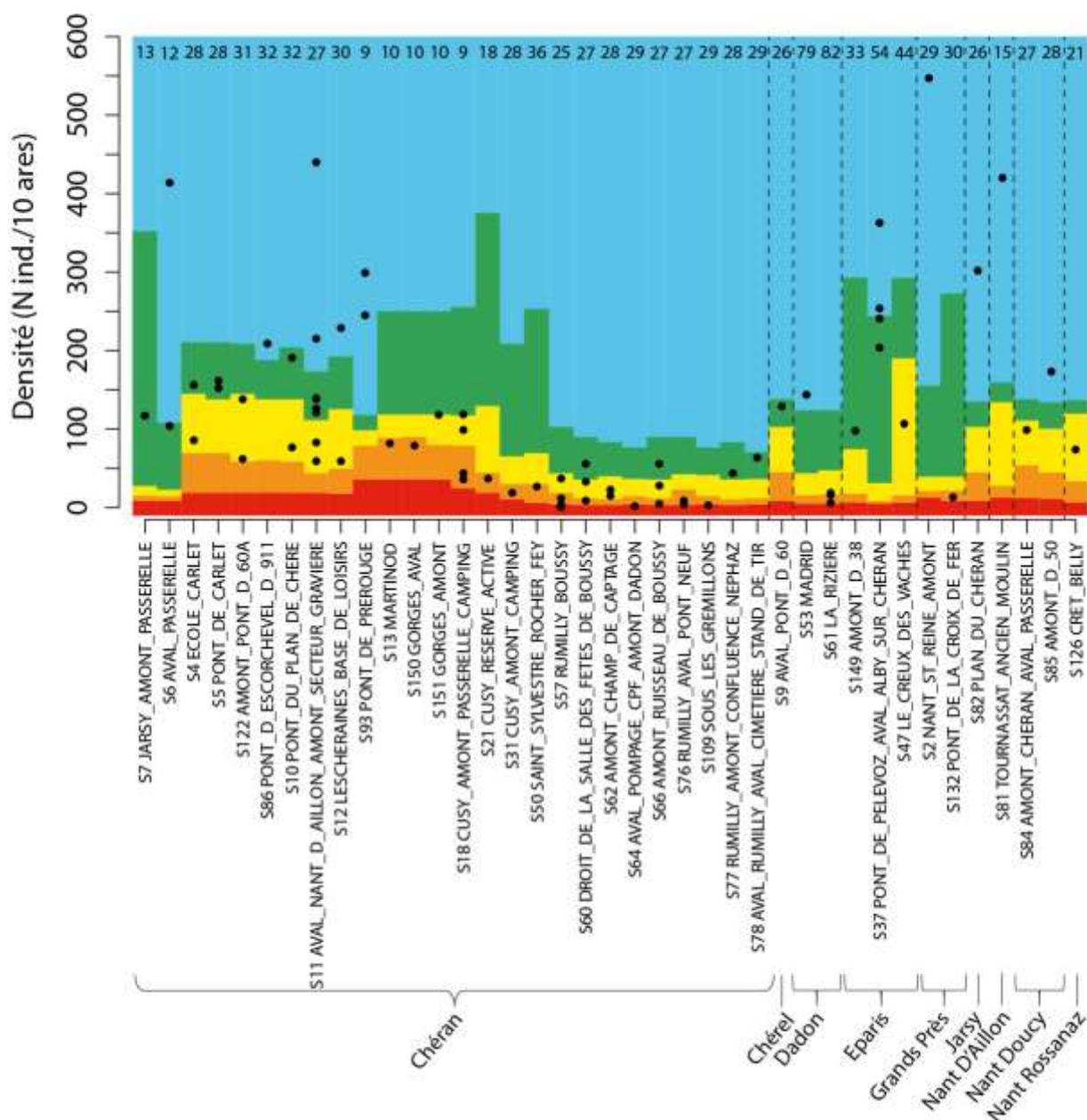


Figure 63 : Boxplots construits à l'aide de la densité de TRF calculée pour chacune des pêches réalisées dans les stations départementales qui sont ici regroupées en fonction de chaque station de pêche des 9 rivières du BV du Chéran. Les stations sont présentées en fonction de leur localisation longitudinale : de gauche à droite -> amont vers aval. L'ossature des boxplots n'est pas représentée afin de faciliter la lecture de la figure. Les points noirs représentent les valeurs de densité de chaque pêche réalisée par station. Les nombres situés en haut indiquent l'effectif de stations ayant permis la construction de chaque boxplot. Voir l'Annexe 4 pour la liste des stations de mesures.

La proportion des différentes notes attribuées par rivière du BV du Chéran concernant la densité est donnée dans la Figure 64.

A l'inverse du constat fait pour la biomasse (Figure 61), le Chéran (N stations=26) présente <40% de ses stations avec une note « médiocre » ou « faible » et >60% des notes sont « correctes » ou meilleures.

Concernant les affluents, seuls le Dadon (N stations=2) et le ruisseau des Grands Prés (N stations=2) présentent une de leurs stations avec une note « faible » et toutes les stations des 6 autres affluents (N stations=8) ont une note « correcte » ou meilleure. A noter que 5 des 8 affluents présentent des stations (N=6) avec une note maximale (« standard départemental haut »).

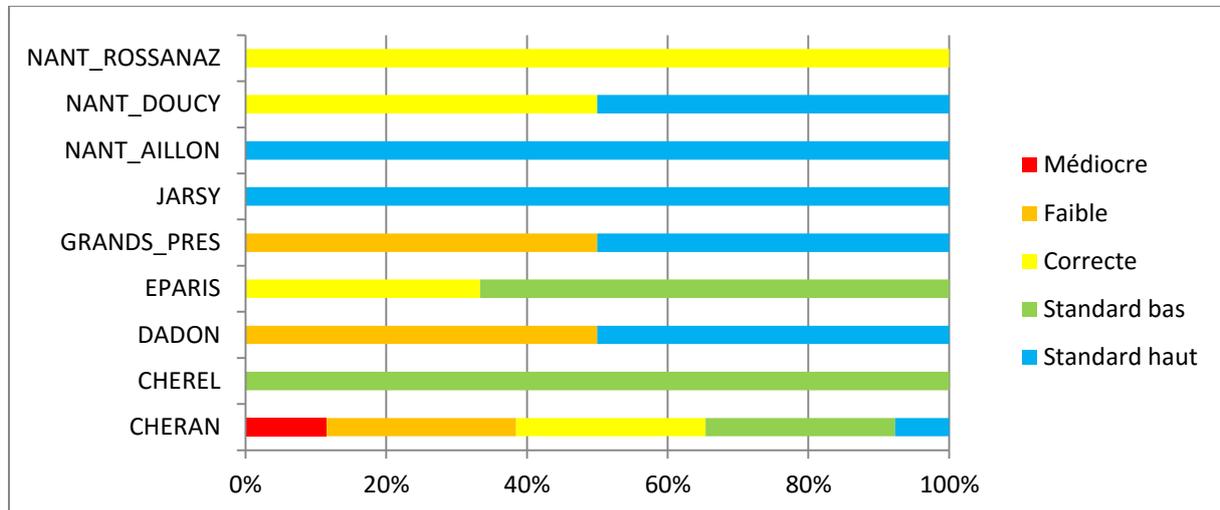


Figure 64 : Proportion des notes estimées pour la densité des TRF des stations de pêche des 9 rivières échantillonnées dans le BV du Chéran. Pour les stations présentant plusieurs notes (i.e. ayant été pêchée plus d'une fois), la note moyenne est renseignée.

La cartographie des notes attribuées pour la densité aux différentes stations de pêche du BV du Chéran est donnée dans la Figure 65.

Seule la note moyenne de qualité de la densité de TRF pour la rivière Chéran est située dans la classe « correcte ». On peut remarquer sur cette figure que les principales notes basses du Chéran sont concentrées à l'aval de la rivière, notamment à proximité et à l'aval direct du Dadon. D'une manière générale, les notes sont majoritairement inférieures à la note « correcte » à l'aval du seuil de Banges (situé à l'aval de la localisation du nom du Chéran sur la carte).

Toutes les notes moyennes des 8 affluents sont au minimum « correcte », note attribuée aux Éparis, le Dadon, le nant de Rossanaz et Grands Prés. Seul le nant d'Aillon (N stations=1) et la rivière de Jarsy (N stations=1) présentent uniquement des stations avec la note maximale.

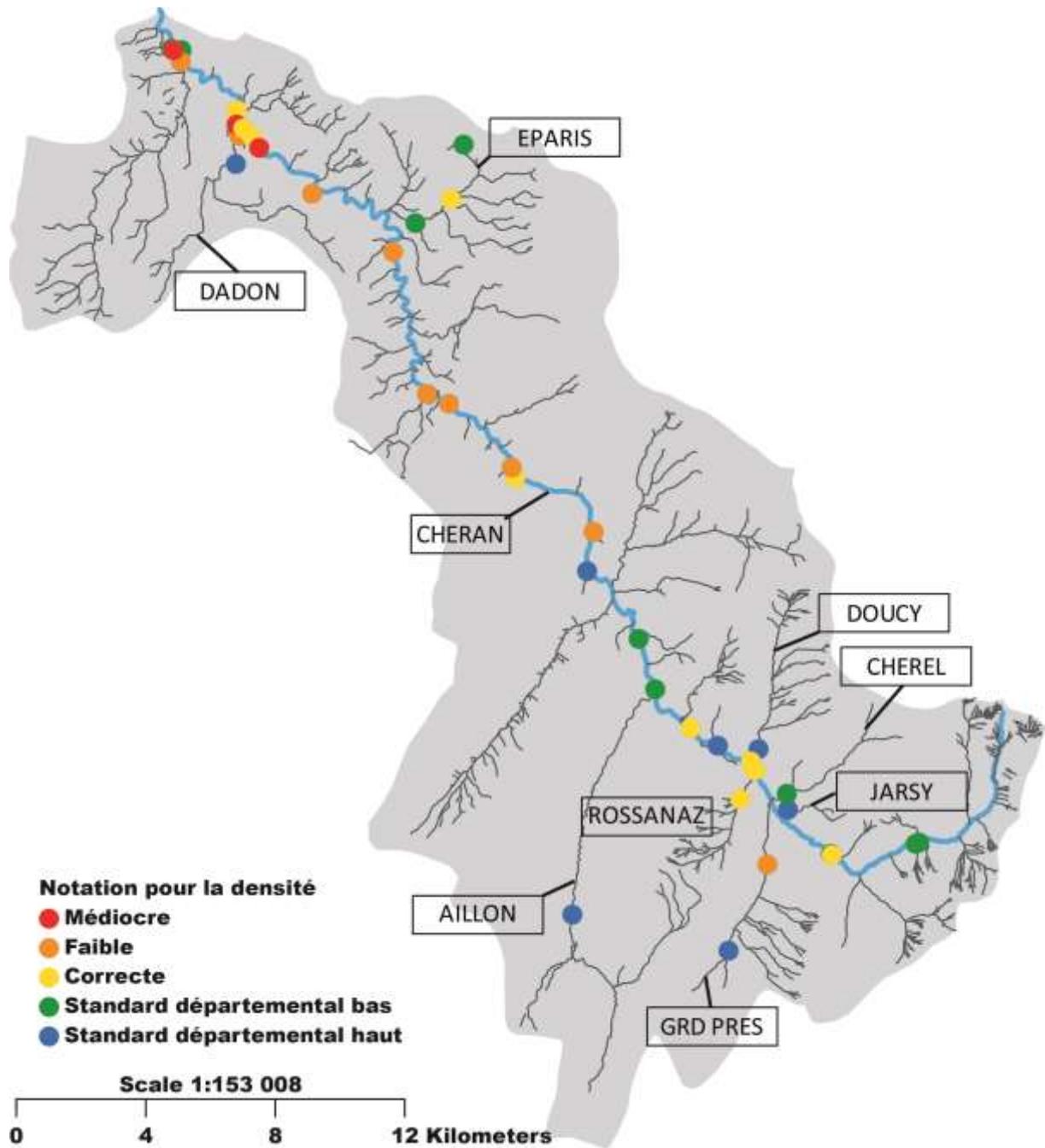


Figure 65 : Cartographie des notes obtenues, par station de pêche du BV (ronds de couleur), en utilisant les valeurs de densité. Pour les stations ayant été pêchées plusieurs fois, la note moyenne est représentée. Les rectangles de couleurs rappelle la note moyenne attribué à la rivière.

#### 11.4.4 Eléments de discussion

Le premier constat que nous pouvons faire est que la méthodologie développée ici permet d'apporter une idée fiable de l'état de santé de la population de truite des eaux du BV du Chéran. En effet, son fonctionnement étant basé sur l'utilisation d'un nombre important de données écologiques issues des rivières limitrophes bien décrites, les conclusions que nous pouvons en tirer sont à la fois robustes, mais aussi les mieux adaptées au contexte écologique local (notamment grâce à l'utilisation de standards ayant des caractéristiques mésologiques proches de chaque station de pêche du BV du Chéran).

Cette méthodologie peut être appliquée dans n'importe quel contexte géographique (allant des rivières torrentielles aux rivières de plaine), pour autant que la quantité de données locales soit suffisante pour proposer à chaque station de pêche considérée, une quantité statistiquement pertinente (>10) de standards locaux pouvant lui être comparée. Elle nécessitera donc un investissement en temps et en recherche assez important pour les gestionnaires désireux de préciser leur connaissance sur les populations locales. Pour exemple, nous pouvons préciser que dans le cadre de la présente étude, ce travail a mis ~3 mois pour être réalisé (hors mise en place de la démarche méthodologique).

Concernant les résultats propres aux rivières du BV du Chéran, nous constatons l'importance d'étudier à la fois les données de biomasse et de densité, puisqu'elles n'apportent pas les mêmes conclusions quant à la qualité de la population de truite. En effet, nous avons pu voir que les résultats concernant la densité sont plus optimistes que ceux obtenus avec la biomasse. Ceci est dû au fait que les deux indicateurs n'expliquent pas les mêmes réponses biologiques et leur sensibilité est dépendante de facteurs différents. Par exemple, la densité peut exprimer la qualité du recrutement annuel (nombre d'individus entrant dans le stock des individus reproducteurs), alors que la biomasse fera état de la structure du peuplement (nombre de jeunes vs. des individus plus âgés). De ce fait, nous conseillons fortement une analyse conjointe de ces deux indicateurs pour avoir une idée fiable de la qualité de la population étudiée.

Ainsi, la biomasse nous informe que la population de truite du Chéran est dans un état moyen « faible » avec ponctuellement des situations « médiocres » sur tout le linéaire. Seul le Nant d'Aillon peut prétendre à une situation optimale avec une biomasse moyenne à hauteur des standards départementaux élevés. La situation semble donc préoccupante pour la rivière Chéran et la majorité de ses affluents au niveau de la biomasse. Ceci peut suggérer une population avec des adultes plus maigres (ou plus petits) que ceux observés dans d'autres rivières.

En l'état, il est impossible de savoir si cette situation est alarmante ou non, puisqu'elle peut être à la fois expliquée par des problèmes environnementaux (effet de polluants retardant la croissance par exemple), mais aussi par l'influence naturelle de variables environnementales déterminantes pour la taille des individus comme par exemple l'occurrence de températures de l'eau plus froides. Des études poussées sur des aspects d'écophysiologie telles que la croissance individuelle (rapport taille/âge) ou les capacités énergétiques des individus (RHS, RGS, indice de Fulton) pourraient apporter des informations utiles pour comprendre cette situation.

Concernant la densité et donc l'équilibre de la structure du peuplement de truite, les résultats sont plus encourageants. En effet, toutes les rivières présentent une densité moyenne au minimum « correcte » et 4 des 8 affluents du Chéran ont une densité  $\geq$  aux standards départementaux bas. Il semble donc que le peuplement soit équilibré, avec une bonne proportion de jeunes individus soutenant (ou en devenir de soutenir) la reproduction.

Rappelons que les 0+ n'ont pas été intégrés dans cette étude pour des raisons de variabilités de valeurs de biomasse et de densité, susceptibles d'induire des conclusions biaisées. Néanmoins, les résultats nous permettent de penser que le recrutement est suffisant, même si on aurait pu s'attendre à de meilleur résultat pour le Chéran étant donné la qualité des eaux et l'importance en nombre d'habitats piscicoles en secteur amont. Il conviendra donc de réaliser une étude spécifique à la reproduction des truites du Chéran, tout particulièrement en étudiant la disponibilité et la quantité de frayères à truite sur tout le linéaire.

La situation du Chéran et de ses affluents est plutôt rassurante puisque nous n'avons observé aucun déclin piscicole (voir la partie 11.2.3.3.2) et une structure du peuplement plutôt équilibré sur tout le linéaire et particulièrement dans les affluents. Néanmoins, nous devons rester vigilants sur l'évolution de la population puisqu'elle est sensible à son environnement et que la biomasse n'est pas à la hauteur des standards départementaux. Il est donc indispensable, à des fins de conservation et d'amélioration de la population actuelle, de continuer à suivre finement l'évolution spatio-temporelle de la population. Cette conclusion a entre autre permis d'initier la récente réflexion du SMIAC à mettre en place la surveillance écologique du Chéran (voir la partie 12.2) qui est la seule garante d'une réactivité locale pour la préservation de l'environnement aquatique du BV.

## **12 PHASE II : SURVEILLANCE ECOLOGIQUE, PRECONISATION ET ANTICIPATION DES POSSIBLES DEGRADATIONS ENVIRONNEMENTALES**

### **12.1 LA NECESSITE DE LA PHASE II DU DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE**

La première année de l'étude a permis d'apporter des éléments pertinents sur la disponibilité des données écologiques et leur représentativité des conditions environnementales des rivières du BV du Chéran. Nous avons pu voir notamment que la répartition spatio-temporelle des informations collectées ne nous permettait pas d'étudier au mieux les liens entre le vivant et l'évolution des conditions environnementales (que ce soit dans l'espace ou dans le temps).

Il a donc été décidé à la fin de la première année d'étude, outre de finir les sous études démarrées la première année, de mettre en place une surveillance écologique du BV du Chéran. Cette surveillance a été initiée en 2014 après la mise en place et la validation d'une méthodologie basée sur les mesures réalisées par les conseils généraux et le réseau de mesure de l'AERMC. Cette surveillance est l'objet de la partie 12.2.

En plus de la mise en place de cette surveillance, il a été jugé indispensable de préconiser au SMIAC des axes d'études à privilégier dans les prochaines années, afin (1) d'apporter de nouveaux éléments pour comprendre la situation piscicole actuelle, mais aussi (2) d'anticiper les possibles altérations environnementales que pourraient subir les eaux du BV. Ainsi, plusieurs axes d'étude ont été identifiés et sont présentés dans les parties suivantes (poursuite du travail, préconisation et anticipation). En aucun cas ces éléments de réflexion ne se substituent à des études complètes en lien avec les aspects préconisés, et sont donc à envisager comme des pistes de travail prioritaires.

### **12.2 LA SURVEILLANCE ECOLOGIQUE DU BV DU CHERAN JUSQU'EN 2016**

#### **12.2.1 Justification**

Comme cité dans le contexte de ce rapport (partie 6), le BV du Chéran s'étale sur deux départements assurant tous deux leur propre suivi de la qualité des eaux. Même si les méthodologies employées par les deux Conseils Généraux sont proches (normes AFNOR), les fréquences de mesures et certains compartiments biologiques étudiés ne sont pas identiques entre la Savoie et la Haute-Savoie. Or, dans le cadre de la présente étude (diagnostic écologique), il a été mis en évidence un problème d'hétérogénéité spatiale et temporelle des données mesurées depuis les années 1980 (cf. la partie 11.1.1); cette hétérogénéité limitant entre autre notre capacité à dresser de manière robuste un bilan de la variabilité de la qualité des eaux depuis ces dernières années. Ce bilan est pourtant indispensable pour

correctement cibler les points de dégradation existants dans le Chéran et ainsi assurer la mise en place d'une gestion adaptée. Il est donc apparu indispensable au SMIAC (courant 2014) d'assurer la récolte de données spatio-temporelles continues en lien avec le réseau de mesure des Conseils Généraux.

Ainsi, en partant des protocoles mis en place par les deux CG pour les années 2014/2015/2016, le SMIAC complète, sur les stations « Chéran » des deux départements, les campagnes de mesure pour obtenir des données (1) en lien avec les principaux compartiments écologiques couramment étudiés, (2) correctement distribuées sur un gradient amont-aval **ET** (3) homogènes dans le temps. Ceci permet de limiter les risques de mauvaises interprétations de certaines valeurs ponctuelles aberrantes de la qualité des eaux, mais aussi de mieux appréhender cette qualité en prenant en compte tous les compartiments écologiques.

De plus, un suivi spatio-temporel continu permettra au SMIAC de réviser pour 2017 la méthodologie mise en place dans le réseau de mesure, puisqu'il sera possible de prioriser les variables à mesurer et leurs fréquences de mesure. Cette révision ne peut être réalisée qu'en partant d'un jeu de données complet (2013/2014/2015/2016) qui pourra être réduit par la suite au niveau des protocoles, tout en limitant la perte d'information pour le SMIAC et les gestionnaires. L'étude pilote réalisée par le SMIAC, en lien avec la surveillance de la qualité des eaux, proposée dans le présent rapport, sont deux outils jugés **indispensables à la prise de décisions pour l'amélioration de la qualité des masses d'eau**.

### 12.2.2 Méthodologie

Les opérations proposées par le SMIAC consistent en la réalisation de relevés physico-chimiques ponctuels, d'IBGN DCE compatibles, d'IBD et de plusieurs campagnes de pêche ; distribués sur 3 stations de mesure (Pont de Carlet, Arith et Rumilly, cf. Annexe 8 & Annexe 9 pour la situation des stations). Le présent plan d'échantillonnage a été élaboré de manière à compléter (i.e. sans doublon) ceux envisagés par les deux CG pour les années 2014 (uniquement le CG73), 2015 et 2016 (expliquant l'absence de mesures demandées en 2016).

*Tableau 7 : Calendrier des mesures réalisées dans le cadre de la surveillance écologique du Chéran.*

		Nombre de stations	Nombre de relevés par an	Total
<b>2014</b>	Physico-chimie	3 (Carlet, Arith, Rumilly)	4	12
	Métaux bryophytes	3 (Carlet, Arith, Rumilly)	4	12
	IBGN DCE	3 (Carlet, Arith, Rumilly)	1	3
	IBD	3 (Carlet, Arith, Rumilly)	1	3
	Pêches électriques	1 (Rumilly)	1	1
<b>2015</b>	Physico-chimie	2 (Carlet, Arith)	4	8
	Métaux	2 (Carlet, Arith)	4	8

	bryophytes			
	IBGN DCE	2 (Carlet, Arith)	1	2
	IBD	2 (Carlet, Arith)	1	2
	Pêches électriques	1 (Rumilly)	1	1
<b>2016</b>	Physico-chimie	0	4	0
	Métaux	0	4	0
	bryophytes			
	IBGN DCE	0	1	0
	IBD	0	1	0
	Pêches électriques	1 (Rumilly)	1	1

### 12.2.3 Coûts et plan de financement

#### 12.2.3.1.1 Description des coûts

Pour réaliser les mesures écologiques, le bureau d'étude SAGE a été choisi pour les 3 années de suivi. Le détail des couts des mesures, par année d'étude, est présenté dans le Tableau 8. La somme engagée par le SMIAC pour compléter les mesures mandatées par les deux CG entre 2014 et 2016 est de 31476€ TTC.

Tableau 8 : Détail des coûts des différentes opérations de mesures écologiques réalisées par le bureau d'étude SAGE entre 2014 et 2016.

Postes	2014			2015			2016		
	PU (HT)	nombre	Total	PU (HT)	nombre	Total	PU (HT)	nombre	Total
Mesures in situ - prélèvement d'eau - mesures	200	12	2400	200	8	1600	200	0	0
Analyses en laboratoire par CARSO	106	12	1272	106	8	848	106	0	0
Invertébrés : IBGN terrain + laboratoire	750	3	2250	750	2	1500	750	0	0
Diatomées : IBD terrain + laboratoire	270	3	810	270	2	540	270	0	0
Rapport minute intermédiaire	200	4	800	200	4	800	200	0	0
Analyses physico chimiques : Traitement SEEE et SEQ V2- interprétation des résultats - cartographie SEEE	1250	1	1250	1250	1	1250	1250	0	0
Pêche à Rumilly à 4 anodes - 8 opérateurs de SAGE Environnement (3 opérateurs du SMIAC en complément) - gestion administrative (autorisations et émission compte rendu)	2720	1	2720	2720	1	2720	2720	1	2720
Rapport global intégrant la pêche	750	1	750	750	1	750	750	1	750
Réunion de présentation	500	0	0	500	0	0	500	1	500
		<b>Total 2014 en euros HT</b>	<b>12252</b>		<b>Total 2015 en euros HT</b>	<b>10008</b>		<b>Total 2016 en euros HT</b>	<b>3970</b>

<b>Total 2014-2015-2016 en euros HT</b>	<b>26230</b>
---	--------------

TOTAL TTC: 31476€

## 12.2.3.1.2 Plan de financement

Le plan de financement de ces dépenses est présenté dans le Tableau 9. Le SMIAC assure le financement de 20% des dépenses.

Tableau 9 : Plan de financement des mesures écologiques réalisées dans le cadre de la surveillance écologique du Chéran.

	Participation en %	Participation en € TTC
<b>Agence de l'eau</b>	50%	<b>16 000 €</b>
<b>Conseil Général 73</b>	30% (mesures Savoie 2014-2015)	<b>3 095 €</b>
<b>Conseil Général 74</b>	30% (mesures Haute- Savoie 2014)	<b>2 860 €</b>
<b>SMIAC</b>	30%	<b>9 521 €</b>

## 12.2.4 Proposition d'une optimisation du réseau de surveillance à partir de 2017

Dans cette partie, nous présentons une proposition d'optimisation du réseau de surveillance pour 2017 ; année qui déterminera les choix méthodologiques du SMIAC pour continuer à suivre la qualité environnementale du Chéran et de ses affluents. Cette proposition ne tient pas compte d'une quelconque limite budgétaire, mais se base uniquement sur une optimisation du réseau de mesure afin d'allier le bon sens et la représentativité spatio-temporelle des résultats. Ce parti pris n'est en rien incompatible avec la nécessité de réduire les coûts pour le SMIAC ou autres financeurs, puisque cette optimisation devrait limiter grandement la redondance d'information et arrêter le suivi de stations inutiles.

### 12.2.4.1 Principe de l'optimisation

L'optimisation du réseau de mesure proposée ici est une application directe du principe de « landscapes to riverscapes » développé par Fausch *et al.* (2002)<sup>24</sup>. Ce principe repose sur le fait que les habitats dans les cours d'eau sont intrinsèquement hétérogènes, avec différentes caractéristiques qui sont essentielles pour l'histoire de la vie des poissons, ces habitats étant souvent très éloignés les uns des autres. La connaissance de la distribution spatiale et temporelle de ces parcelles d'habitat devient donc essentielle pour prédire les changements dans la population et communauté<sup>25, 26</sup>. Ainsi, il est indispensable d'appréhender les réponses des populations piscicoles (mais aussi toutes autres espèces aquatiques) à des échelles spatiales et temporelles adaptées à la compréhension du cycle de vie de l'espèce. Ceci sous-entend donc qu'il est nécessaire d'observer ces réponses à l'aide de stations qui permettent de les comprendre à différentes échelles, d'où l'importance du choix de leur localisation, de leur nombre et de la fréquence des mesures qui y seront réalisées.

Pour ce faire, il est nécessaire de passer par un modèle d'optimisation qui augmente l'efficacité de la couverture spatiale tout en limitant les redondances temporelles (Nunes *et al.* 2004). Ainsi, nous préconisons le principe d'interpolation statistique de la donnée pour supplanter le principe d'extrapolation (aléatoire et empirique) qui est principalement utilisé aujourd'hui (Figure 66).

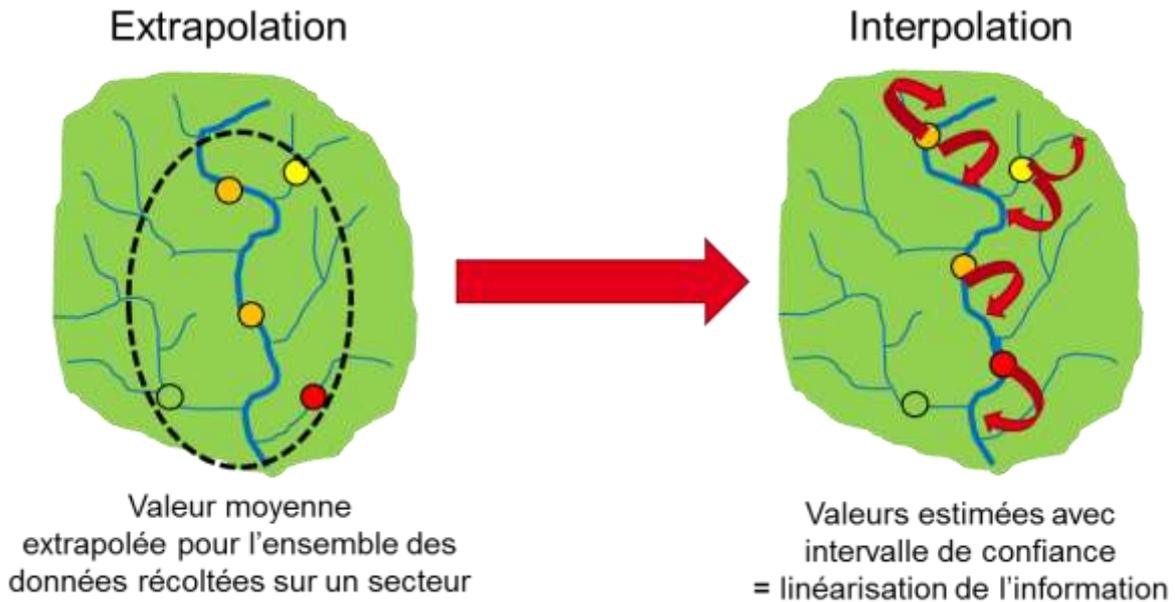


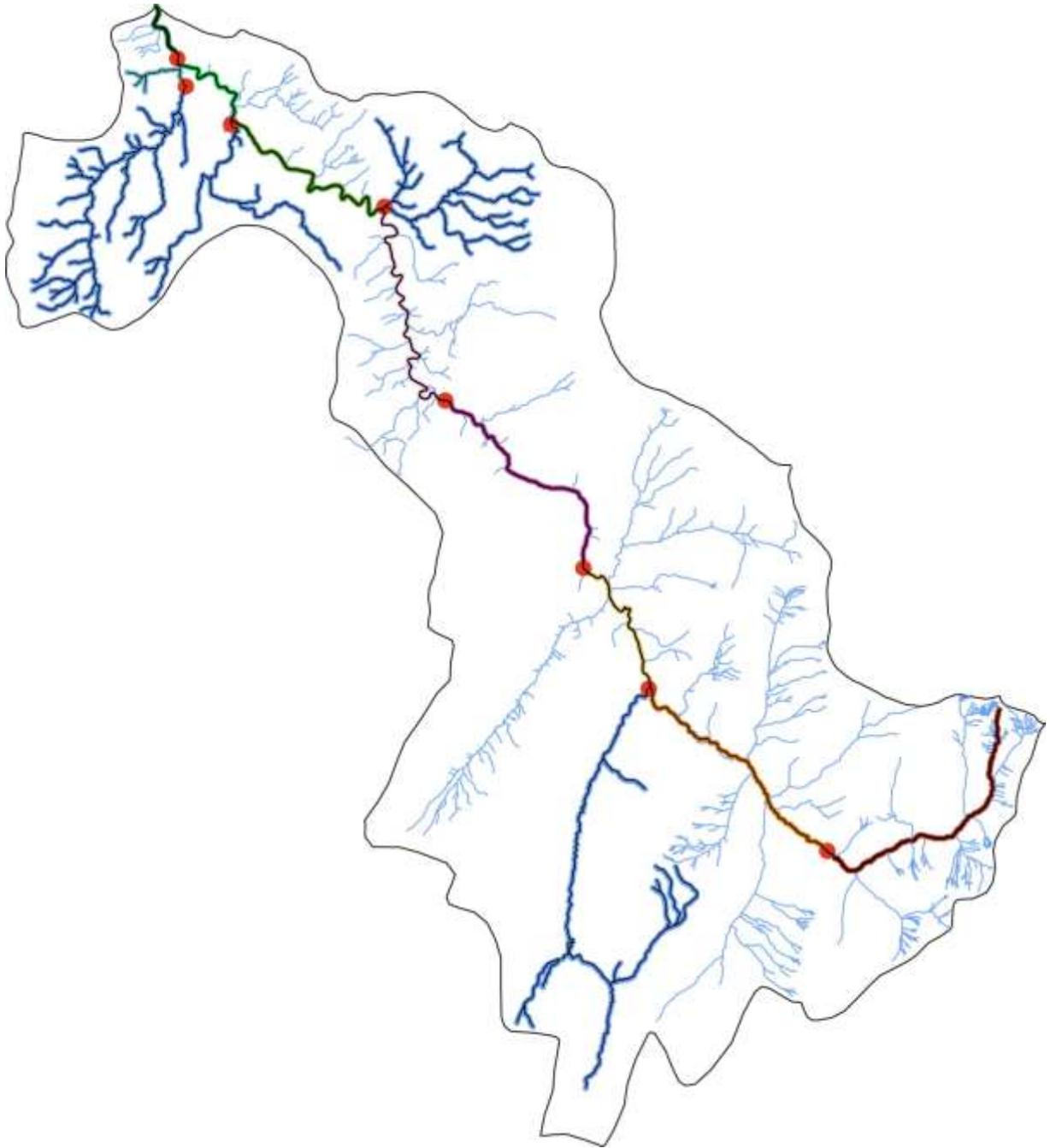
Figure 66 : Principe d'optimisation privilégié pour améliorer le réseau de surveillance de la qualité écologique des rivières du Chéran. A gauche, le principe d'extrapolation permettant d'estimer une valeur moyenne de cette qualité pour un secteur donné. A droite, le principe d'interpolation permettant, grâce au placement judicieux des stations de mesure, de linéariser les informations de manière à ce qu'elles soient plus informatives et précises à l'échelle des populations aquatiques.

L'interpolation permet en effet de linéariser l'information sur les zones surveillées grâce au placement judicieux des stations de mesures. Ainsi, notre vision de la qualité n'est plus une moyenne extrapolée sur l'ensemble d'un secteur (Figure 66 à gauche), mais est abordée à des échelles spatiales plus précises (tronçons) et plus informatives (Figure 66 à droite) pour estimer la réponse des populations sous contraintes environnementales.

#### 12.2.4.2 Proposition pour le SMIAC : réseau et coûts associés

En suivant le principe présenté dans la partie précédente, nous proposons au SMIAC une cartographie du réseau de surveillance qui pourrait, dans un premier temps, servir à surveiller la qualité écologique du Chéran et de ses affluents principaux. Cette cartographie (Figure 67) est une proposition et devra être affinée en fonction des zones principales à surveiller par le syndicat.

Au total, ce sont 8 stations de mesures qui peuvent être dispersées sur le Chéran (N=4) et 4 de ses affluents principaux (le Nant d'Aillon, les Eparis, le Dadon et la Néphaz).



*Figure 67 : Réseau de mesure optimisé pour le BV du SMIAC. 8 stations ont été choisies pour représenter au mieux l'évolution spatiale de la qualité environnementale : 4 sur le Chéran et 1 station par affluent principal (Nant Aillon, Eparis, Dadon et Néphaz). Les lignes de couleur épaisses indiquent les zones linéarisées et estimées par interpolation (voir la Figure 66).*

En partant du principe (et de l'obligation) de suivre la réponse de différents compartiments écologiques clés sur une durée suffisante pour observer une évolution de la qualité des eaux, nous proposons un suivi biennuel sur 10 ans de ces 8 stations en y réalisant (1) une pêche électrique, (2) une estimation de la qualité de la population de macro-invertébrés (IBGN et IBD), (3) un suivi complet de la qualité physico-chimique de l'eau et des polluants (sur substrats eau, sédiment et bryophytes pour les métaux, les pesticides et les micro polluants) et (4) un suivi en continue de la thermie.

Connaissant le coût moyen de chaque mesure, leur fréquence et le nombre de stations à mesurer sur 10 années, nous pouvons présenter le tableau des coûts suivant :

Rivière	Stations	Mesures	Coût unitaire	Fréquence (/année)	Durée (années)	Coût durée	
Chéran	Carlet	Pêche	3 000 €	0,5	10	15 000 €	
		Hydrobio	900 €	0,5	10	4 500 €	
		Physico-chimie + polluant	2 946 €	0,5	10	14 730 €	
		Température	0 €	1	10	0 €	
	Arith	Pêche	3 000 €	0,5	10	15 000 €	
		Hydrobio	900 €	0,5	10	4 500 €	
		Physico-chimie + polluant	2 946 €	0,5	10	14 730 €	
		Température	0 €	1	10	0 €	
	Cusy	Pêche	3 000 €	0,5	10	15 000 €	
		Hydrobio	900 €	0,5	10	4 500 €	
		Physico-chimie + polluant	2 946 €	0,5	10	14 730 €	
		Température	0 €	1	10	0 €	
	Rumilly	Pêche	3 000 €	0,5	10	15 000 €	
		Hydrobio	900 €	0,5	10	4 500 €	
		Physico-chimie + polluant	2 946 €	0,5	10	14 730 €	
		Température	0 €	1	10	0 €	
Aillon	Ancien moulin	Pêche	3 000 €	0,5	10	15 000 €	
		Hydrobio	900 €	0,5	10	4 500 €	
		Physico-chimie + polluant	2 946 €	0,5	10	14 730 €	
		Température	0 €	1	10	0 €	
Eparis	Pelevoz	Pêche	3 000 €	0,5	10	15 000 €	
		Hydrobio	900 €	0,5	10	4 500 €	
		Physico-chimie + polluant	2 946 €	0,5	10	14 730 €	
		Température	0 €	1	10	0 €	
Dadon	Rizière	Pêche	3 000 €	0,5	10	15 000 €	
		Hydrobio	900 €	0,5	10	4 500 €	
		Physico-chimie + polluant	2 946 €	0,5	10	14 730 €	
		Température	0 €	1	10	0 €	
Néphaz	Station débit	Pêche	3 000 €	0,5	10	15 000 €	
		Hydrobio	900 €	0,5	10	4 500 €	
		Physico-chimie + polluant	2 946 €	0,5	10	14 730 €	
		Température	0 €	1	10	0 €	
						273 840 €	10 ans
						410 760 €	15 ans

Ainsi, un investissement annuel < 30K€ est donc à prévoir pour le SMIAC afin de mieux évaluer l'évolution de la qualité écologique du milieu. Il conviendra au SMIAC d'adapter dans le temps ce réseau s'il est observé une quelconque lacune sur leur vision spatio-temporelle de l'information récoltée.

## 12.3 POURSUITE DE L'ETUDE, ANTICIPATION ET PRECONISATIONS POUR UNE MEILLEURE GESTION DU BV DU CHERAN

### 12.3.1 Poursuite du travail réalisé depuis 2013

#### 12.3.1.1 Pistes de travail pour comprendre l'état de la population de TRF ?

##### 12.3.1.1.1 Analyse de la structure du peuplement

Les résultats précédents ont montré une situation inquiétante concernant la population de TRF, notamment en ce qui concerne les biomasses estimées (partie 11.4.3.1). Comme supposé dans les discussions précédentes, il est probable que cette situation soit, en partie, expliquée par un déséquilibre du peuplement de TRF du Chéran avec une plus forte abondance des jeunes stades (principalement les 0+), au détriment des adultes. Cette hypothèse est observée dès les premiers résultats de pêche de la surveillance écologique initiée en 2013 par le SMIAC.

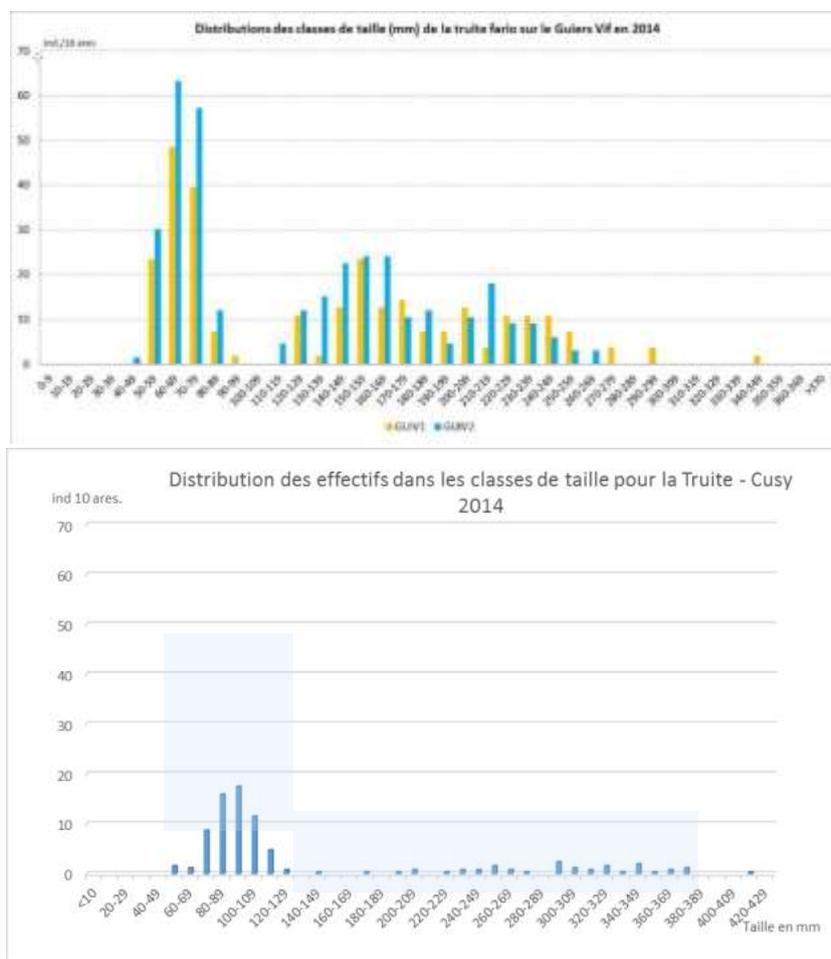
Ainsi, si l'on s'intéresse à la structure de la population de truite échantillonnée à Cusy (station S18) en 2014 (Figure 68), nous remarquons que la pyramide des âges s'effondre au-delà de 120 mm, traduisant clairement l'existence de dysfonctionnements à l'échelle du peuplement, dès le stade 1+.



Figure 68 : Distribution des classes de taille pour la truite – Cusy 2014. D'après l'étude de SAGE Environnement sur la surveillance écologique du Chéran.

Comme le souligne le bureau d'étude SAGE Environnement dans son rapport annuel, cette problématique liée au peuplement est nettement mise en avant lorsque l'on compare la distribution précédente avec des populations (deux stations échantillonnées sur le Guiers Vif en septembre 2014) conformes au référentiel ONEMA DR5, dans le même biocénotype que le Chéran à Cusy (B4). Les données du Chéran sont converties en densité (ind/1000m<sup>2</sup>)

pour permettre la comparaison (Figure 69). On observera tout particulièrement la quasi absence à Cusy des individus dans les classes de taille > 140 mm, et la faible densité des jeunes stades (3x inférieurs à ce qui est observé sur le Guiers Vif).



**Figure 69 : Comparaison de la structure de la population de truite à Cusy en 2014 à celles de deux populations du Guiers Vif. D'après l'étude de SAGE Environnement sur la surveillance écologique du Chéran.**

Ainsi, à la lumière des résultats du présent diagnostic et aux premières conclusions établies durant la première année de la surveillance écologique du Chéran, nous proposons au SMIAC de lancer une sous étude sur l'évolution de la structure du peuplement des TRF du Chéran depuis les pêches datant de 1995 (première année avec des résultats considérés comme fiable). De la même manière, nous proposons de reprendre les données de pêche échantillonnées en Savoie et Haute-Savoie dans le cadre de l'établissement du standard local (partie 11.4) afin de statuer sur une structure de peuplement de « référence » pour confirmer le déséquilibre observé. Ceci permettra de remettre le peuplement de TRF du Chéran dans un contexte géographique plus contenu (territoires ayant une histoire géologique commune) et donc potentiellement plus approprié que le référentiel ONEMA DR5.

12.3.1.1.2 Évaluation de la qualité de la reproduction

Notre connaissance de la qualité de la reproduction des TRF du BV du Chéran est assez limitée car seules les données mesurées en Haute-Savoie sont disponibles. En effet, la FDP74 a recensé entre 2000 et 2005 les frayères disponibles sur les rivières de ce département et a comptabilisé les géniteurs présents sur sites (Figure 70). Ainsi, notre vision des capacités de cette espèce à utiliser les habitats de reproduction est ancienne et limitée (voire nulle pour le territoire de la Savoie) et il est indispensable pour le SMIAC de réduire cette lacune.



*Figure 70 : Linéaire prospecté par la FDP74 pour la localisation des nids de TRF et la comptabilisation de géniteurs sur les sites de reproduction.*

Nous proposons au SMIAC de lancer, dès l'hiver 2015-2016, une première campagne de recensement des frayères de Savoie, en priorité. Suivant les capacités humaines du SMIAC, il conviendra évidemment d'effectuer le même travail en Haute-Savoie (moins prioritaire) pour mettre à jour la carte précédente. Parmi les points clés des descriptions, il sera indispensable de compter le nombre de frayères disponibles, d'estimer leur surface (mesures individuelles), compter le nombre de géniteurs présents sur site et le nombre de nids présents au moment du recensement.

Ces données seront à compiler dans la BDD SMIAC pour dresser un bilan de la qualité de la reproduction sur tout le territoire.

### 12.3.1.2 Le cas particulier du Dadon

Tous les résultats précédents en lien avec la qualité du milieu (physico-chimie, hydrobiologie et population piscicole) soulignent une situation inquiétante à l'aval du Chéran, puisqu'ils illustrent une dégradation notable de la qualité écologique de cette zone. Notamment, les stations situées à l'aval du Dadon (et à moindre mesure de la Néphaz) présentent des valeurs de paramètres physico-chimiques dépassant ponctuellement les seuils de tolérance de la TRF, pouvant expliquer en partie la forte diminution de la densité et de la biomasse de cette espèce à l'aval de ces deux affluents.

Même s'il est, à cette heure, encore difficile d'estimer pleinement l'effet de la qualité de l'eau sur la population de TRF (notamment au regard de l'effet conjoint naturel possible de la température de l'eau, cf. la partie 12.3.2.2), il est indispensable pour le SMIAC de **continuer les investigations sur la qualité environnementale du sous-BV du Dadon** et de mettre en lien la situation actuelle avec la qualité de la population de TRF.

Ce constat, dans le cadre du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, est à l'initiative des propositions faites par le SMIAC et inscrites au Programme De Mesure 2016-2021 ratifié par le Conseil Générale de Haute-Savoie (Tableau 10). Les propositions sont très exactement les éléments à surveiller (outre la qualité physico-chimique) pour comprendre la situation du Dadon et améliorer la qualité écologique de cette rivière.

**Tableau 10 : Propositions inscrites au Programme De Mesures 2016-2021. Synthèse pour le Dadon.**

Pression	Action 2010 - 2015	Mesure 2016 - 2021	Action 2016 - 2021 envisagée
<b>Morphologie</b>	Etablir un plan de restauration et de gestion physique du cours d'eau.	MIA0101 - Réaliser une étude globale ou un schéma directeur visant à préserver les milieux aquatiques	Etude transversale spécifique au Dadon de diagnostic de l'état actuel pour faire le bilan des réalisations et de ce qu'il reste à faire.
<b>Continuité</b>	Reconnecter les annexes aquatiques et milieux humides du lit majeur et restaurer leur espace fonctionnel. Travaux en lien avec les travaux de protection de crues liés en amont.	MIA0203 - Réaliser une opération de restauration de grande ampleur de l'ensemble des fonctionnalités d'un cours d'eau et de ses annexes	Reconnecter les annexes aquatiques et milieux humides du lit majeur et restaurer leur espace fonctionnel.
		MIA0301 - Aménager un ouvrage qui contraint la continuité écologique (espèces ou sédiments)	Rendre transparent aux sédiments les ouvrages
		RES0303 - Mettre en place les modalités de partage de la ressource en eau	Etude des volumes alloués entre usagers sur le BV du Chéran
<b>Pesticides</b>		IND0101 - Réaliser une étude globale ou un schéma directeur portant sur la réduction des pollutions associées à l'industrie et de l'artisanat	

**Substances**

IND0901 - Mettre en compatibilité une autorisation de rejet avec les objectifs environnementaux du milieu ou avec le bon fonctionnement du système d'assainissement récepteur

ASS0201 - Réaliser des travaux d'amélioration de la gestion et du traitement des eaux pluviales strictement

Dans le cadre du présent diagnostic et dans l'optique de continuer le travail réalisé depuis 2013, nous encourageons le SMIAC à construire rapidement un cahier des charges à même de balayer toutes les propositions faites dans le cadre du SDAGE 2016-2021. Il sera bien entendu indispensable, à mesure de la réalisation des actions envisagées pour limiter les pressions listées précédemment, d'**enregistrer les réponses de la population piscicole « en continue »** (i.e. au fur et à mesure que les actions seront initiées) et non pas seulement à la fin de tous les travaux de restauration.

## 12.3.2 Anticipation des possibles altérations environnementales et préconisations pour le SMIAC

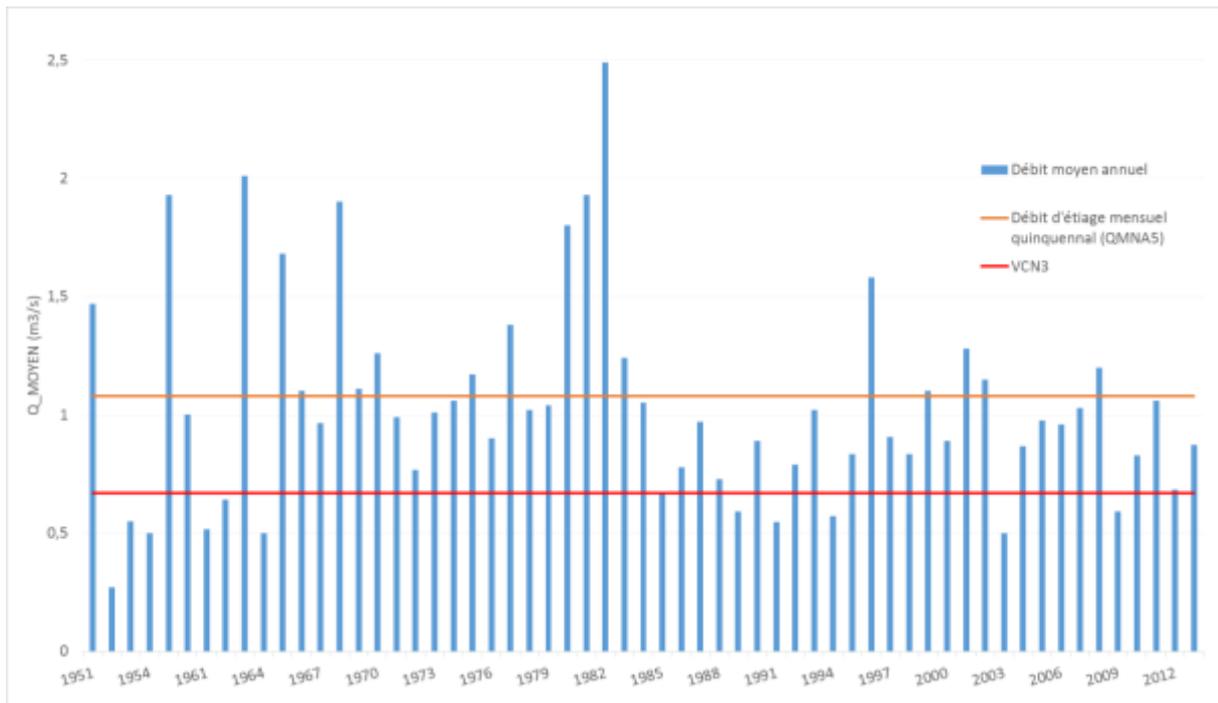
### 12.3.2.1 La ressource en eau

#### 12.3.2.1.1 L'évolution du régime hydrologique

Afin d'étudier l'évolution du régime hydrologique du Chéran, nous nous intéressons tout particulièrement aux débits annuels pour la chronique 1950-2013 enregistrés à la station de La Charniaz située sur la commune d'Allèves (Figure 8 et Figure 71). Pour mieux comprendre la situation hydrologique, nous avons figuré le débit d'étiage mensuel quinquennal (ou QMNA5) et le VCN3 (débit minimal moyen calculé sur 3 jours consécutifs). Le QMNA5 correspond au débit ayant une probabilité de ne pas se reproduire plus d'une fois par 5 ans et permet d'apprécier statistiquement le plus petit écoulement d'un cours d'eau sur une période donnée (ici 5 années). Le VCN3 permet quant à lui de caractériser une situation d'étiage sévère sur une courte période.

Entre 1950 et 2013, 40 années présentent un débit moyen annuel  $< \text{QMNA5}$ . On peut remarquer notamment une occurrence plus importante de ces années entre 1950 et 1964 et principalement à partir du milieu des années 1980 jusqu'à 2013. De plus, on observe une différence notable entre la première moitié de chronique et la seconde, avec l'occurrence plus importante de débits moyens élevés ( $> 1.50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) qui ne sont plus observés (hormis pour l'année 1996, avec une valeur de  $1.58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) dès 1983.

De la même manière, entre 1950 et 2013, 11 années ont un débit moyen annuel  $< \text{VCN3}$  : 6 années pour la période [1952-1964] et 5 années à partir de 1990.



**Figure 71 : Evolution des débits moyen annuels du Chéran (exprimés en  $m^3.s^{-1}$ ) entre 1951 et 2013. La ligne orange indique le débit d'étiage mensuel quinquennal (ou QMNA5 à  $1.08 m^3.s^{-1}$ ) recalculé par le SMIAIC. La ligne rouge indique la valeur du volume consécutif minimal pour 3 jours (VCN3,  $0.67 m^3.s^{-1}$ ). D'après la Banque HYDRO.**

Ces deux indicateurs permettent donc d'identifier 3 périodes de la chronique qui se distinguent par leurs débits : [1950-1964] où les débits moyens annuels sont faibles mais avec l'occurrence d'année plus humides ; [1965-1982] avec une absence d'année sèche et un début des années 1980 très humide ; [1983-2013] avec la quasi-totalité des années considérées comme sèches et l'absence d'année humide (hormis 1996).

Ainsi, si l'on s'intéresse à la tendance d'évolution du débit moyen annuel depuis les années 1980 (Figure 72), on remarque une baisse notable du débit avec une perte annuelle de  $0.10 m^3.s^{-1}$  (pente de la courbe de tendance), soit un débit moyen annuel passant d' $\sim 10 m^3.s^{-1}$  en début des années 1980 à  $\sim 6 m^3.s^{-1}$  en fin de chronique (valeur estimée à partir de la courbe de tendance).

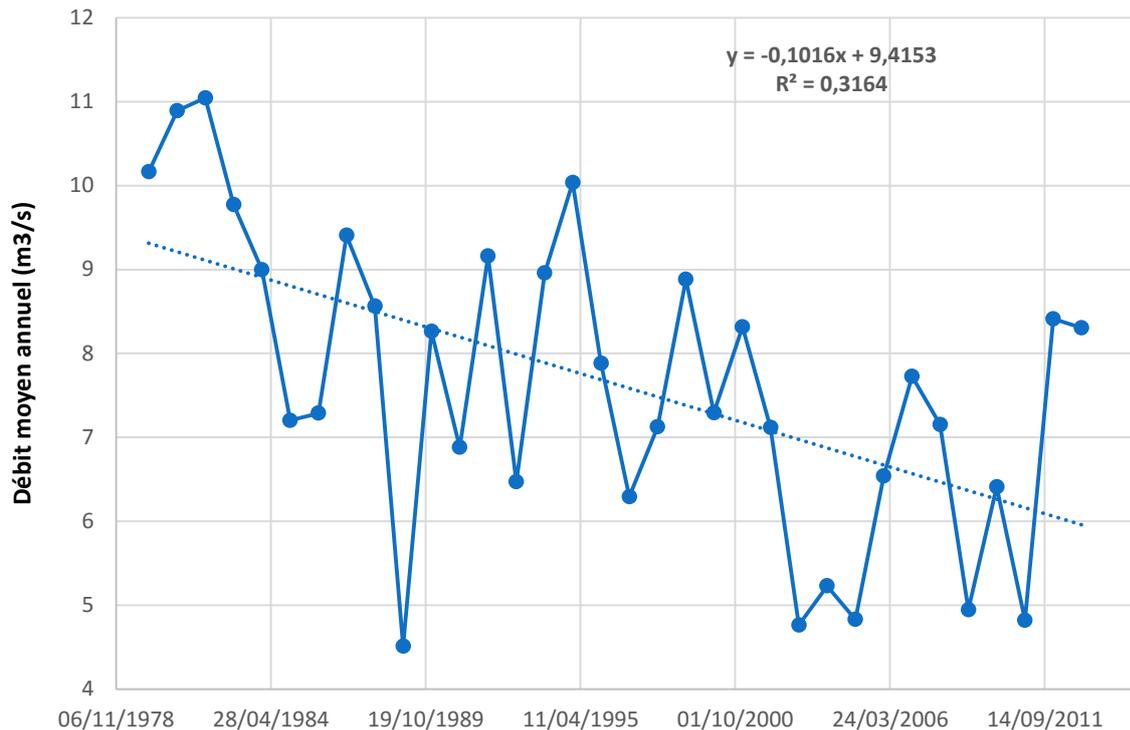


Figure 72 : Evolution des débits moyens annuels entre 1980 et 2013 et tendance d'évolution.

Pour comprendre une des raisons probables la baisse du débit annuel moyen, nous avons présenté dans la Figure 73, entre 1950 et 2013, la fréquence d'occurrence de périodes de 5 jours successifs présentant un débit moyen < QMNA5.

Ainsi nous constatons que ces périodes, qui traduisent un épisode d'étiage sévère, sont plus denses ces 30 dernières années, notamment pour les périodes [1985-1992] et après 2010. Il en résulte que les plus grands nombres de ces occurrences sont observés principalement à partir des années 2000 (~250 occurrences, 94 uniquement pour l'année 2009) et les années 1980 (~200 occurrences, 96 uniquement pour l'année 1989).

Il est à noter aussi le faible nombre de périodes sèches dans le début des années 1980, corroborant que ces années étaient les plus humides de toute la chronique.

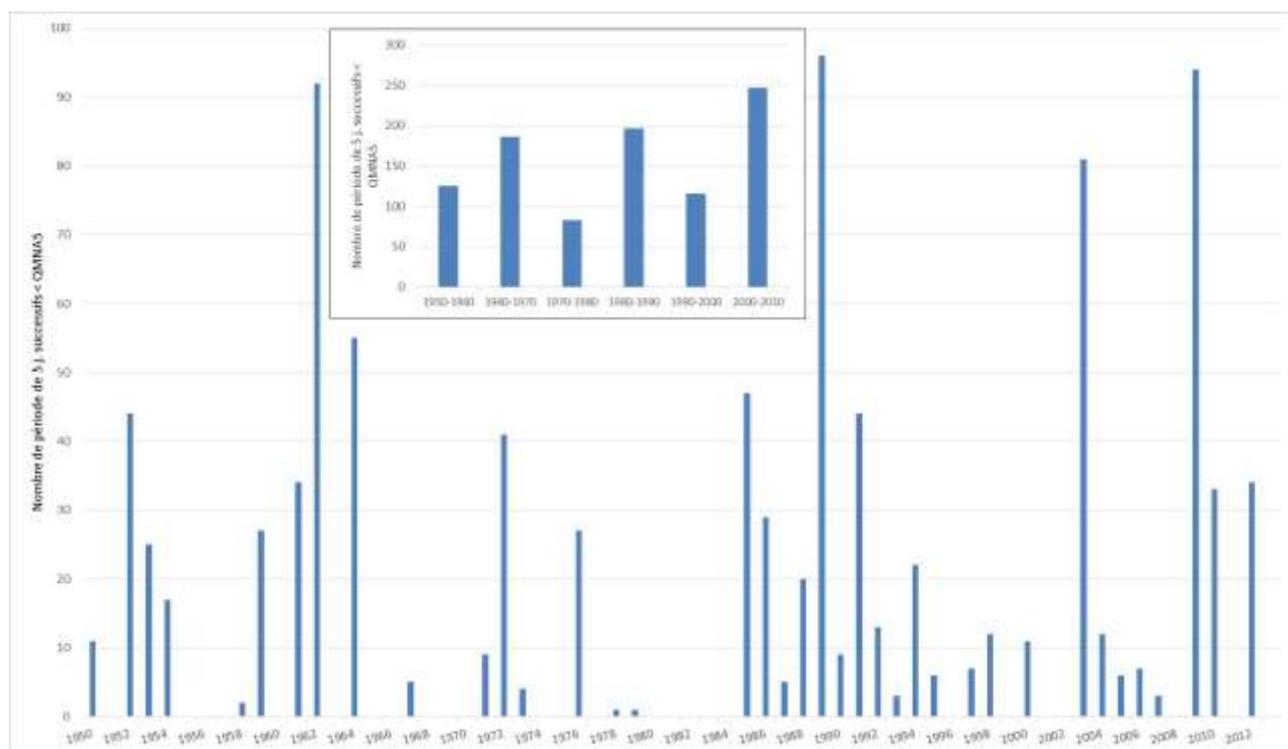


Figure 73 : Fréquence d'occurrence de périodes de 5 jours successifs présentant un débit moyen < QMNA5, entre 1950 et 2013. Le graphique en haut présente ces fréquences par période de 10 ans.

#### 12.3.2.1.2 Surveillance météorologique et lien avec l'hydrologie

En l'état actuel, il est impossible de rapprocher l'évolution des débits de l'évolution de certains paramètres environnementaux connus pour impacter directement l'hydrologie d'une rivière (principalement la pluviométrie, la fonte des neiges). En effet, il existe peu de données locales permettant d'évaluer ces impacts. Ainsi, le SMIAC a pris la décision de surveiller certains de ces paramètres, notamment la pluviométrie, en équipant le BV de pluviomètres (Figure 74). Certaines stations de mesures étaient déjà présentes dans le BV (données de particulier) mais ont parfois été abandonnées.

Deux stations « SMIAC » ont été installées en 2014 dans les communes de Rumilly et d'Arith en partenariat avec l'association météorologique ROMMA (Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin) garante de la bonne installation des appareils. Une station devrait être installée en amont, dans la commune de St François, en partenariat avec le PNR des Bauges (financeur principal pour cette station) pour suivre la tête du BV. Il est possible qu'une dernière station soit installée sur un des affluents principaux du Chéran (Dadon ou Néphaz) courant 2015 (en cours de discussion).

Les données enregistrées par les stations du SMIAC sont disponibles sur le site de l'association ROMMA qui propose l'historique des mesures et un premier traitement statistique de la donnée (moyenne de la pluviométrie notamment).

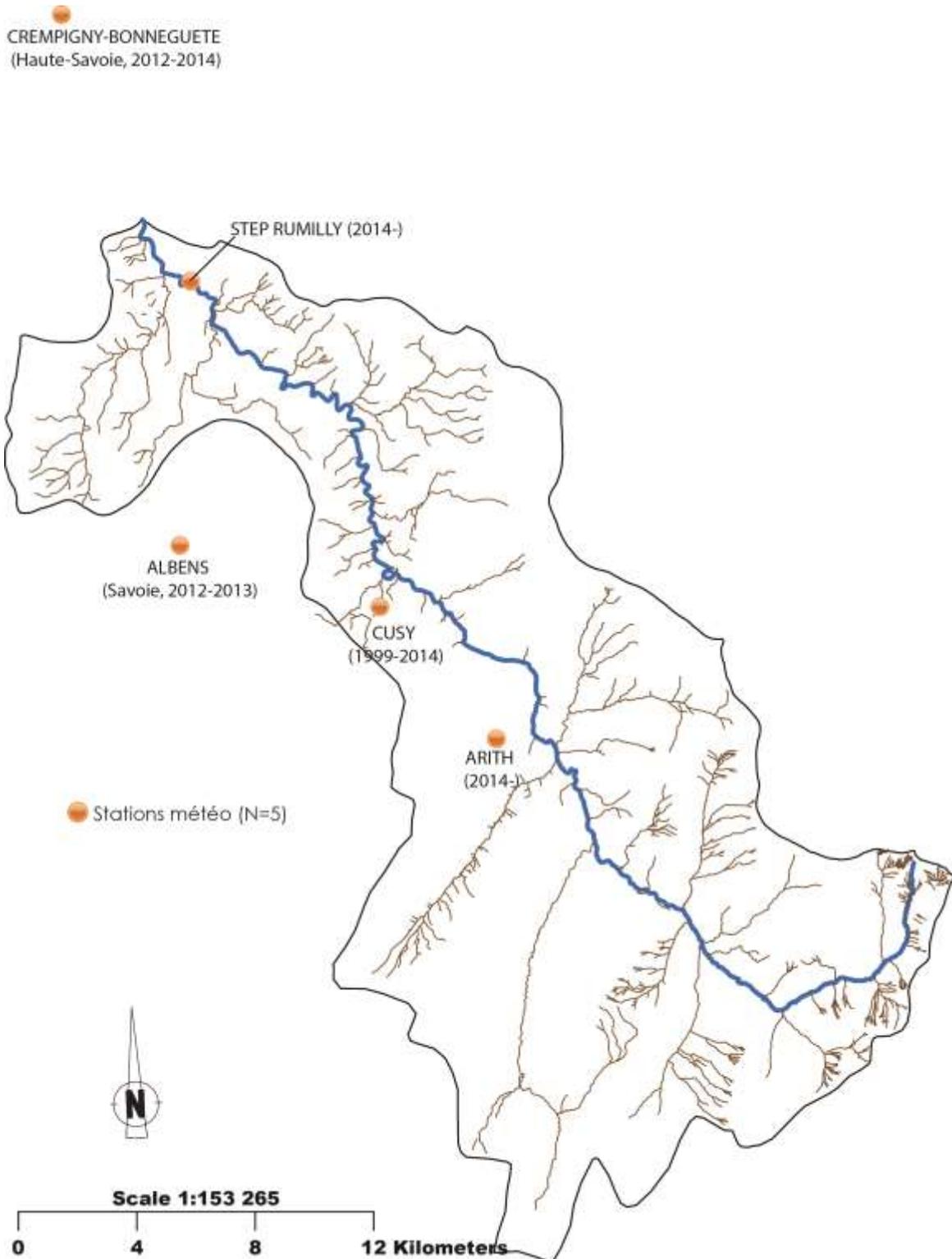
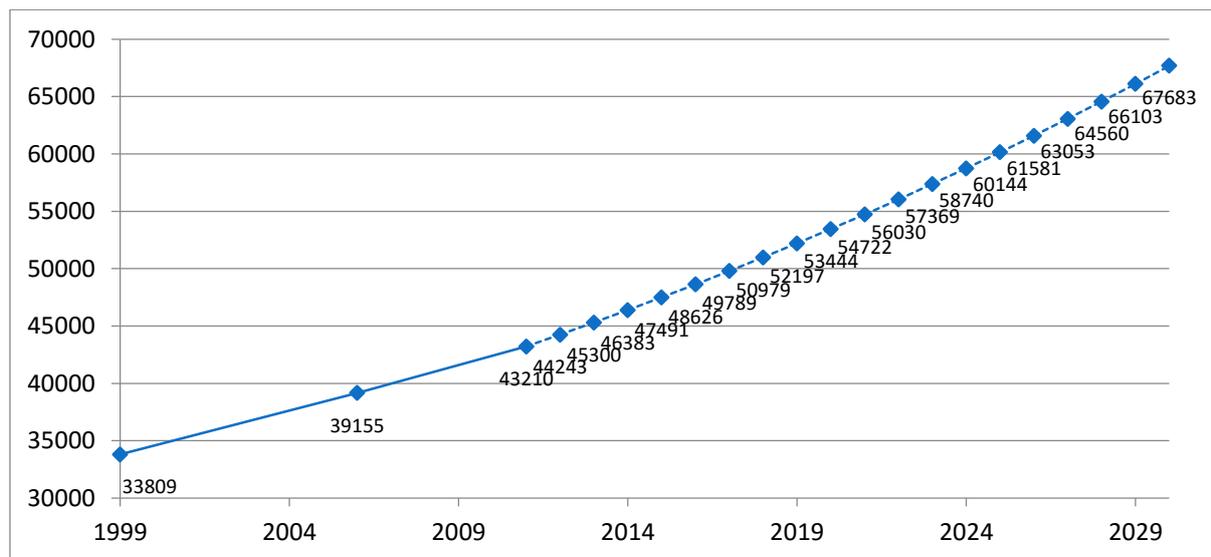


Figure 74 : Localisation des stations météorologiques situées dans/à proximité du BV du Chéran. Les stations « ALBENS » et « CREMIGNY-BONNEGUETE » sont des stations suivies par l'association ROMMA. Leurs données ne sont disponibles que sur 2 et 3 années. La station « CUSY » est une station suivie par un particulier (Mr François Rey), les données sont mensuelles. Les stations « STEP RUMILLY » et « ARITH » sont les stations météorologiques installées et suivies par le SMIAC depuis juillet 2014.

### 12.3.2.1.2.1 Prise en compte de l'évolution de la démographie du BV du Chéran

Comme nous l'avons vu dans la partie 8.3.1.2, la population du BV du Chéran a augmenté d'une vingtaine de pourcent entre 1999 et 2011 (N ind. = 43210 hab. en 2011). Si l'on conserve cette tendance d'évolution (soit +2.39%/an), on peut donc s'attendre à un nombre total d'habitants dans le BV d'~ 68000 ind. en 2030 (Figure 75), soit ~25000 individus de plus qu'en 2011 (+54.4%).



**Figure 75 : Evolution du nombre d'habitants dans le BV du Chéran entre 1999 et 2030. Les valeurs présentées pour 1999, 2006 et 2011 sont issues d'un recensement. Les valeurs pour les années suivantes sont issues d'un calcul pour une croissance annuelle de 2.39% du nombre d'habitants.**

Même s'il est difficile de donner des chiffres plus précis (surement inférieurs à cette estimation à cause d'un taux de fécondité continuellement en baisse), il donc apparait indispensable de prendre en compte l'augmentation importante de la démographie pour adapter la gestion de la ressource d'ici 15 ans. Pour ce faire, il sera nécessaire de croiser les données d'évolution des débits du Chéran avec les données de prélèvements réalisés pour l'eau potable et l'agriculture, de manière à anticiper les risques liés au manque d'eau dans le BV.

Nous encourageons donc à nouveau le SMIAAC à lancer rapidement une étude globale sur la ressource en eau en prenant en compte l'évolution de la démographie pour, dès à présent, guider au mieux les gestionnaires (notamment le choix des élus lors de la discussion des PLU) pour adapter les aménagements futurs du territoire et anticiper les conséquences de la réduction indéniable de la ressource.

### 12.3.2.2 La température de l'eau

#### 12.3.2.2.1 Le réseau de mesure

Durant la deuxième moitié de la première année d'étude, 15 thermomètres ont été achetés par le SMIAC pour surveiller l'évolution longitudinale de la température du Chéran. Quatorze thermomètres ont été installés entre Bellevaux et l'aval du Dadon de manière à couvrir l'influence d'intrants locaux tels que les affluents principaux ou les résurgences du réseau karstique (Figure 76).

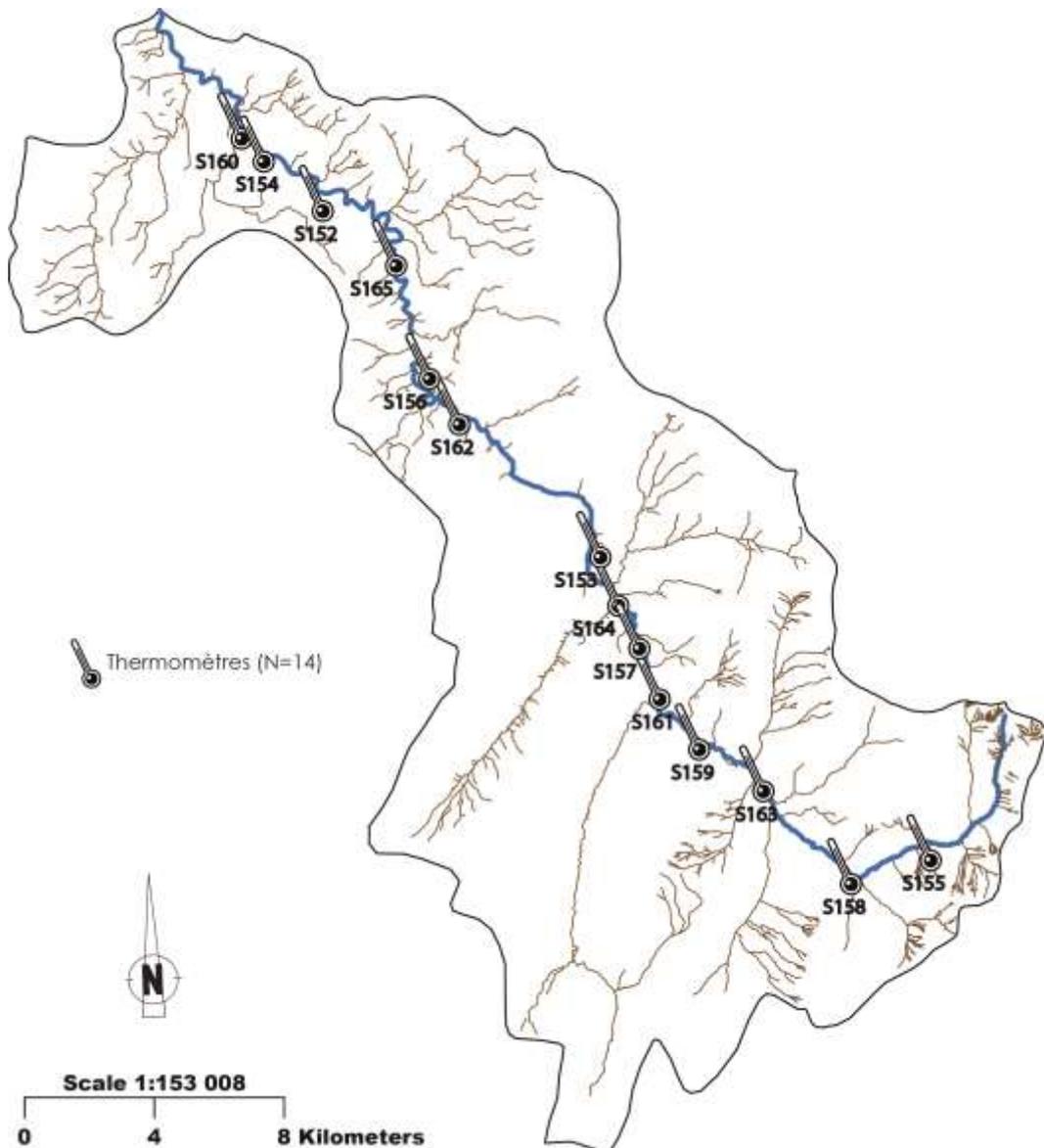


Figure 76 : Localisation des 14 thermomètres mesurant la température de l'eau du Chéran. La première année de mesure permettra de réduire le nombre de thermomètres sur le Chéran, au profit de mesures dans les affluents. Le descriptif des thermomètres est donné en Annexe 10.

#### 12.3.2.2.2 Evolution longitudinale de la température

Les premières données thermiques ont été enregistrées à partir du 11/09/2013 et une donnée horaire est enregistrée par thermomètre. L'intérêt d'avoir installé autant de thermomètres sur le linéaire est de nous permettre de connaître les redondances thermiques entre les différentes stations de manière à ne laisser que celles qui singularisent les variations thermiques entre l'amont et l'aval.

Au bout d'une année de suivi, le Tableau 11 nous permet d'identifier les stations qui limitent ces redondances. Les stations successives présentant des différences de température moyenne  $<1^{\circ}\text{C}$  ne sont pas conservées pour la suite du suivi. En effet, nous considérons qu'il y a peu de différence thermique entre les deux stations pour avoir à les garder. Le choix de conserver une des deux stations est déterminé par l'écart thermique mesuré entre les stations situées en amont et en aval. Si ces écarts sont  $>1^{\circ}\text{C}$ , la station suivante est conservée et comparée à celle à son aval. Si l'écart est  $<1^{\circ}\text{C}$ , cette station n'est pas conservée et on regarde l'écart avec la station suivante.

Ainsi, au regard des écarts de température moyenne entre les stations, 6 stations sur 14 sont à conservées sur le linéaire du Chéran (les stations signalées dans les cases jaunes).

Le Tableau 12 nous montre les différences de températures maximales observées entre deux stations thermiques et mesurées au même moment. Ainsi, à la même heure, on observe une différence maximale de température de **11.23°C** entre la station de Bellevaux et la station située à l'amont direct du Dadon.

Tableau 11 : Répartition des moyennes des différences absolues de température entre deux stations thermiques. Les différences considérées comme faibles (<1°C) apparaissent dans les cases grises. Les cases vertes sont les moyennes maximales observées ; le texte rouge indique la moyenne minimale observée.

Moyennes des différences absolues de température entre deux stations		Station 2														Statistiques sur les moyennes		
		S152	S153	S154	S155	S156	S157	S158	S159	S160	S161	S162	S163	S164	S165	Min	Max	Médiane
Station 1	S152	-	0,93	0,22	3,34	0,42	1,15	2,51	1,54	0,50	1,32	0,58	1,80	1,19	0,16	0,16	3,34	1,15
	S153	0,93	-	1,24	2,50	0,73	0,45	1,96	1,09	1,39	0,70	0,68	1,27	0,67	0,59	0,45	2,50	0,93
	S154	0,22	1,24	-	3,79	0,72	1,46	3,42	2,17	0,38	1,90	0,92	2,25	1,20	0,27	0,22	3,79	1,24
	S155	3,34	2,50	3,79	-	2,94	2,40	0,81	1,92	3,86	1,92	2,82	2,08	2,36	2,66	0,81	3,86	2,50
	S156	0,42	0,73	0,72	2,94	-	0,86	2,46	1,33	0,93	1,10	0,28	1,45	0,95	0,18	0,18	2,94	0,93
	S157	1,15	0,45	1,46	2,40	0,86	-	1,94	0,83	1,57	0,55	0,80	1,06	0,81	0,75	0,45	2,40	0,86
	S158	2,51	1,96	3,42	0,81	2,46	1,94	-	1,45	3,33	1,41	2,30	1,37	2,05	1,62	0,81	3,42	1,96
	S159	1,54	1,09	2,17	1,92	1,33	0,83	1,45	-	2,02	0,47	1,14	0,43	1,47	0,89	0,43	2,17	1,33
	S160	0,50	1,39	0,38	3,86	0,93	1,57	3,33	2,02	-	1,92	1,05	1,97	1,53	0,54	0,38	3,86	1,53
	S161	1,32	0,70	1,90	1,92	1,10	0,55	1,41	0,47	1,92	-	0,97	0,76	1,07	0,74	0,47	1,92	1,07
	S162	0,58	0,68	0,92	2,82	0,28	0,80	2,30	1,14	1,05	0,97	-	1,31	0,99	0,27	0,27	2,82	0,97
	S163	1,80	1,27	2,25	2,08	1,45	1,06	1,37	0,43	1,97	0,76	1,31	-	1,60	1,13	0,43	2,25	1,37
	S164	1,19	0,67	1,20	2,36	0,95	0,81	2,05	1,47	1,53	1,07	0,99	1,60	-	1,00	0,67	2,36	1,19
	S165	0,16	0,59	0,27	2,66	0,18	0,75	1,62	0,89	0,54	0,74	0,27	1,13	1,00	-	0,16	2,66	0,74
Statistiques sur les moyennes	Min	0,16	0,45	0,22	0,81	0,18	0,45	0,81	0,43	0,38	0,47	0,27	0,43	0,67	0,16			
	Max	3,34	2,50	3,79	3,86	2,94	2,40	3,42	2,17	3,86	1,92	2,82	2,25	2,36	2,66			
	Médiane	1,15	0,93	1,24	2,50	0,93	0,86	1,96	1,33	1,53	1,07	0,97	1,37	1,19	0,74			

Tableau 12 : Répartition des maximums des différences absolues de température entre deux stations thermiques. Les cases vertes sont les maximums maximaux observés ; les cases rouges indiquent le maximum minimal observé.

Maximums des différences absolues de température entre deux stations		Station 2													
		S152	S153	S154	S155	S156	S157	S158	S159	S160	S161	S162	S163	S164	S165
Station 1	S152	-	5,43	3,33	9,51	2,42	5,37	8,93	7,53	2,85	6,76	3,41	7,78	4,63	1,33
	S153	5,43	-	5,83	9,00	4,03	3,64	8,07	5,85	6,28	4,87	3,42	6,50	3,91	4,66
	S154	3,33	5,83	-	11,23	4,12	6,27	9,81	7,46	2,48	7,08	5,03	7,97	4,90	1,33
	S155	9,51	9,00	11,23	-	8,49	7,25	3,43	4,95	10,62	5,62	7,10	5,35	7,93	5,31
	S156	2,42	4,03	4,12	8,49	-	4,55	7,50	6,04	3,90	5,39	2,84	6,37	3,07	1,53
	S157	5,37	3,64	6,27	7,25	4,55	-	6,80	4,77	6,55	3,78	4,62	5,74	3,15	4,23
	S158	8,93	8,07	9,81	3,43	7,50	6,80	-	4,19	9,57	5,57	7,49	5,46	6,80	5,06
	S159	7,53	5,85	7,46	4,95	6,04	4,77	4,19	-	8,02	3,73	6,04	4,99	4,97	3,54
	S160	2,85	6,28	2,48	10,62	3,90	6,55	9,57	8,02	-	7,27	4,98	8,05	4,98	2,50
	S161	6,76	4,87	7,08	5,62	5,39	3,78	5,57	3,73	7,27	-	5,40	4,05	3,83	3,22
	S162	3,41	3,42	5,03	7,10	2,84	4,62	7,49	6,04	4,98	5,40	-	6,38	4,10	1,66
	S163	7,78	6,50	7,97	5,35	6,37	5,74	5,46	4,99	8,05	4,05	6,38	-	5,64	5,12
	S164	4,63	3,91	4,90	7,93	3,07	3,15	6,80	4,97	4,98	3,83	4,10	5,64	-	2,93
S165	1,33	4,66	1,33	5,31	1,53	4,23	5,06	3,54	2,50	3,22	1,66	5,12	2,93	-	

Statistiques sur les maximums		
Min	Max	Médiane
1,33	9,51	5,37
3,42	9,00	5,43
1,33	11,23	5,83
3,43	11,23	7,25
1,53	8,49	4,12
3,15	7,25	4,77
3,43	9,81	6,80
3,54	8,02	4,99
2,48	10,62	6,28
3,22	7,27	5,39
1,66	7,49	4,98
4,05	8,05	5,74
2,93	7,93	4,63
1,33	5,31	3,22

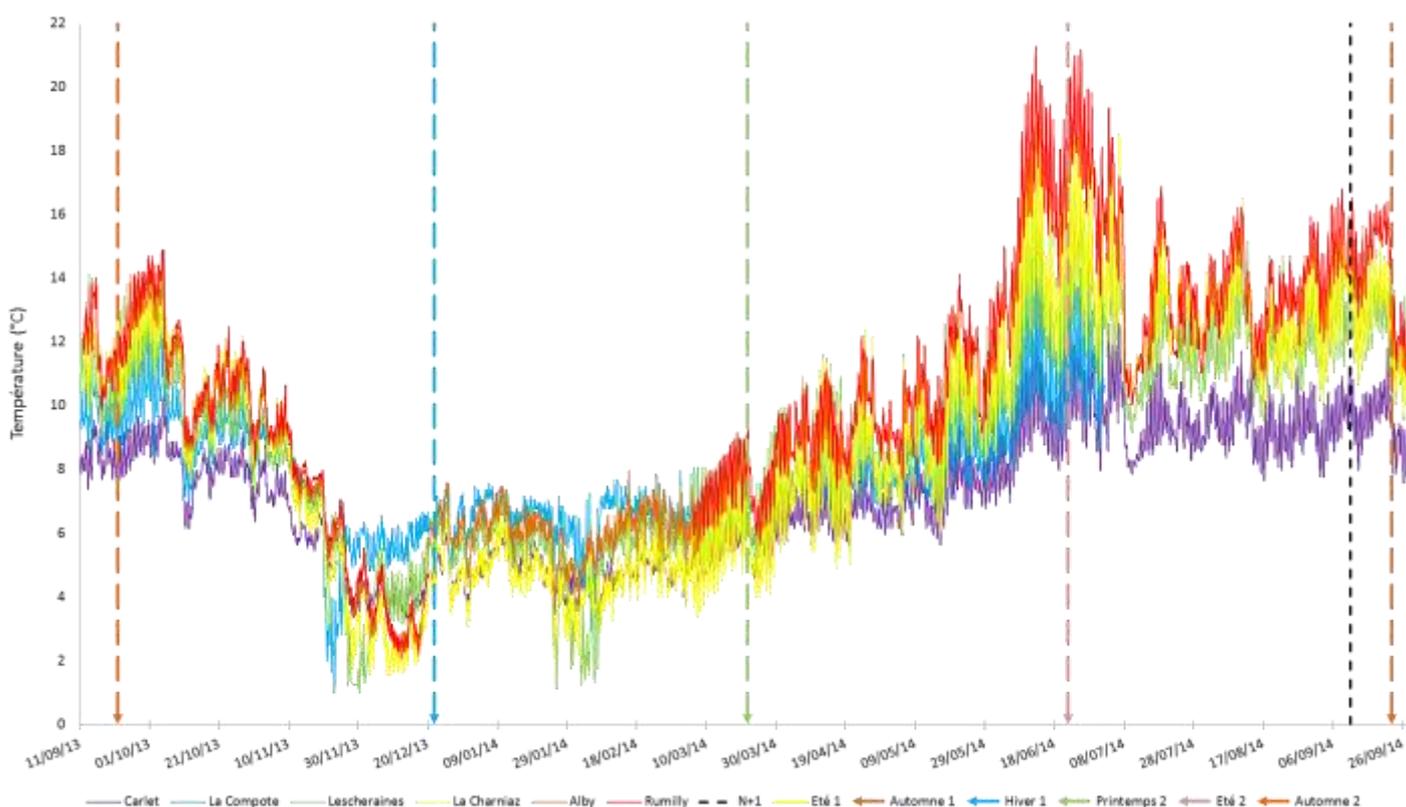
Statistiques sur les maximums	Min	1,33	3,42	1,33	3,43	1,53	3,15	3,43	3,54	2,48	3,22	1,66	4,05	2,93	1,33
	Max	9,51	9,00	11,23	11,23	8,49	7,25	9,81	8,02	10,62	7,27	7,49	8,05	7,93	5,31
	Médiane	5,37	5,43	5,83	7,25	4,12	4,77	6,80	4,99	6,28	5,39	4,98	5,74	4,63	3,22

Les statistiques descriptives des températures enregistrées par les 6 stations sélectionnées sont données dans le Tableau 13. Ainsi, près de 43000 températures ont été relevées en un an pour une température moyenne variant de 7.1 °C ( $\pm 2.7^{\circ}\text{C}$ ) pour la station située dans la passe à poisson d'Alby à 11.1°C (3.6°C) pour la station située en amont du Dadon.

**Tableau 13 : Statistiques descriptives des relevés thermiques des 6 thermomètres sélectionnés pour l'étude.**

STATIONS	N	Moyenne	ET	MIN	MAX
<b>S154</b>	6866	11,1	3,6	2,1	21,3
<b>S157</b>	8496	9,1	3,2	1,0	19,0
<b>S158</b>	8675	7,2	2,1	2,9	12,7
<b>S163</b>	6651	7,8	1,9	1,0	15,0
<b>S164</b>	8640	8,9	3,8	1,5	19,3
<b>S165</b>	3648	7,1	2,7	2,4	14,7
<b>Général</b>	42976	8,6	3,3	1,0	21,3

Les thermogrammes enregistrés par les 6 stations sélectionnées sont présentées dans la Figure 77. Ces thermogrammes figurent bien l'écart de température important observé entre l'amont et l'aval (ici entre le pont de Carlet et Rumilly amont Dadon), surtout durant les mois de juin et juillet où l'échauffement de l'eau est plus important dans la zone de plaine à l'aval (température maximale observée autour de 21.5°C).

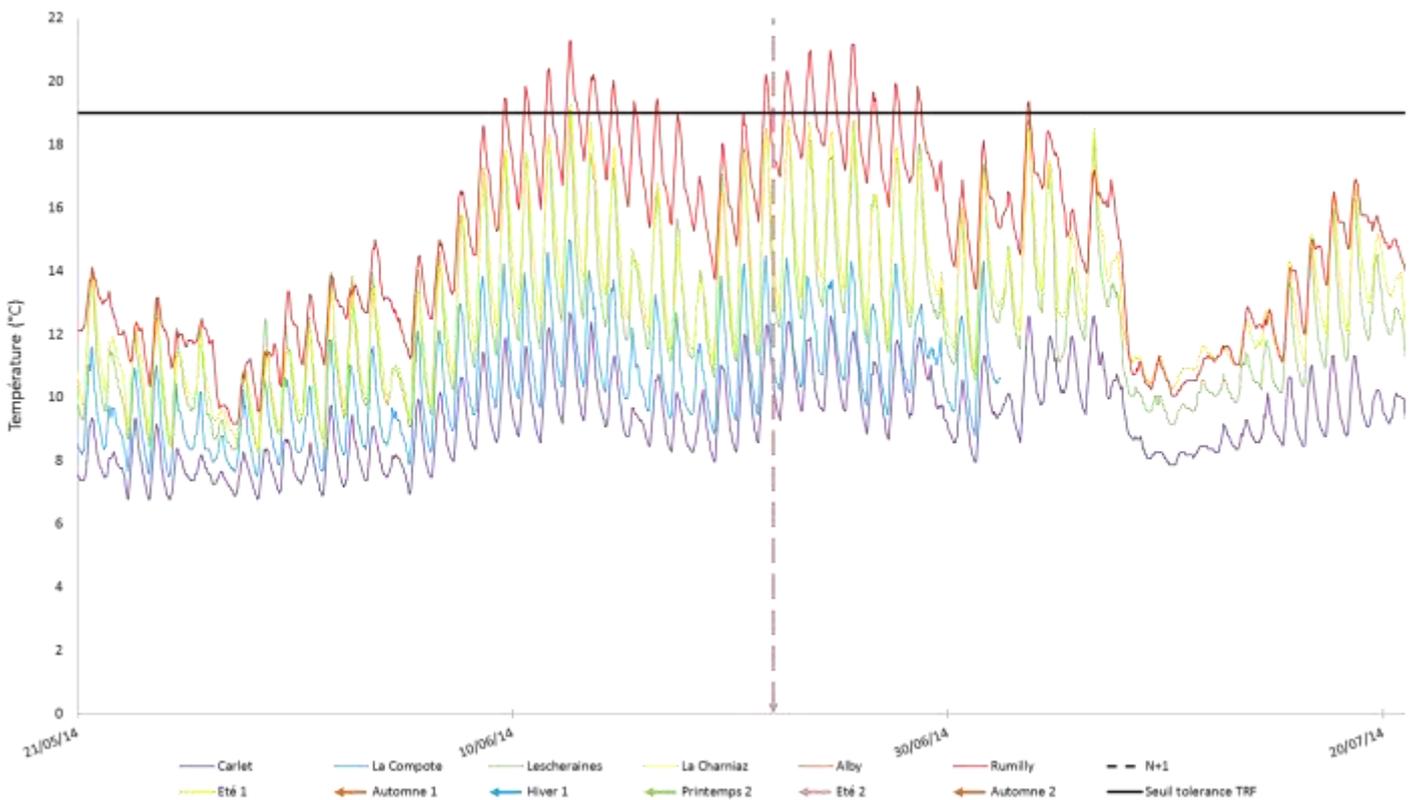


**Figure 77 : Thermogrammes enregistrés pour les 6 sondes thermiques sélectionnées pour l'étude. Les flèches de couleur verticales pointillées indiquent les saisons. La ligne noire verticale pointillée indiquent la fin de la première année de suivi (du 11/09/2013 au 11/09/2014).**

12.3.2.2.3 Température et tolérance biologique de la truite

Si l'on s'intéresse à la température enregistrée par les 6 sondes thermiques, au regard du seuil de tolérance de la truite (Figure 78), on remarque que la situation en aval peut être problématique pour cette espèce. En effet, pour la sonde à Rumilly (S154), au total 93 heures ont été enregistrées avec une température >19°C au cours de l'été 2014 (Figure 78). Au maximum, 11 heures consécutives ( $\bar{x}=5.8 \pm 2.5$ ) avec une températures >19°C ont été enregistrées pour la seule station de Rumilly (S154).

Au même titre que la station de Rumilly, on remarque que la station située à Lescheraines présente des températures proches du seuil de 19°C, voir qui le dépassent ponctuellement (une heure en juin notamment). Cette station étant située au milieu du BV, cela succite un questionnement important sur l'impact de l'aval du BV sur la biologie de l'espèce.



**Figure 78 : Thermogrammes enregistrés pour les 6 sondes thermiques sélectionnées pour l'étude entre le 21/05/2014 et le 20/07/2014. La ligne noire horizontale pleine indique le seuil maximum de préférendum métabolique de la truite (19°C, température maximale en deçà duquel la nutrition et la croissance sont optimales. Voir Caudron et al., 2006<sup>8</sup> pour revue de la littérature).**

12.3.2.2.4 Risques populationnels et sanitaires liés à l'échauffement de la température de l'eau

Parmi les risques sanitaires à surveiller au niveau du BV du Chéran, la PKD (Proliférative Kidney Disease ou maladie rénale proliférative) est la maladie infectieuse la plus redoutée

puisqu'elle touche préférentiellement les truites, les ombres et les saumons. Elle provoque, chez les sujets atteints, une importante hypertrophie des reins et éventuellement du foie et de la rate qui peut entraîner dans les populations des taux de mortalité relativement importants, notamment chez les juvéniles. L'agent infectieux est un parasite nommé *Tetracapsula bryosalmonae*<sup>27</sup> qui utilise comme hôte intermédiaire des bryozoaires<sup>28</sup>. La température de l'eau joue un rôle particulièrement important dans le cycle de développement de ce parasite qui se propage dans le milieu naturel lorsque celle-ci atteint 9°C<sup>29</sup>. L'apparition de la maladie chez la truite arc en ciel nécessite une température d'au moins 15°C pendant 2 semaines.

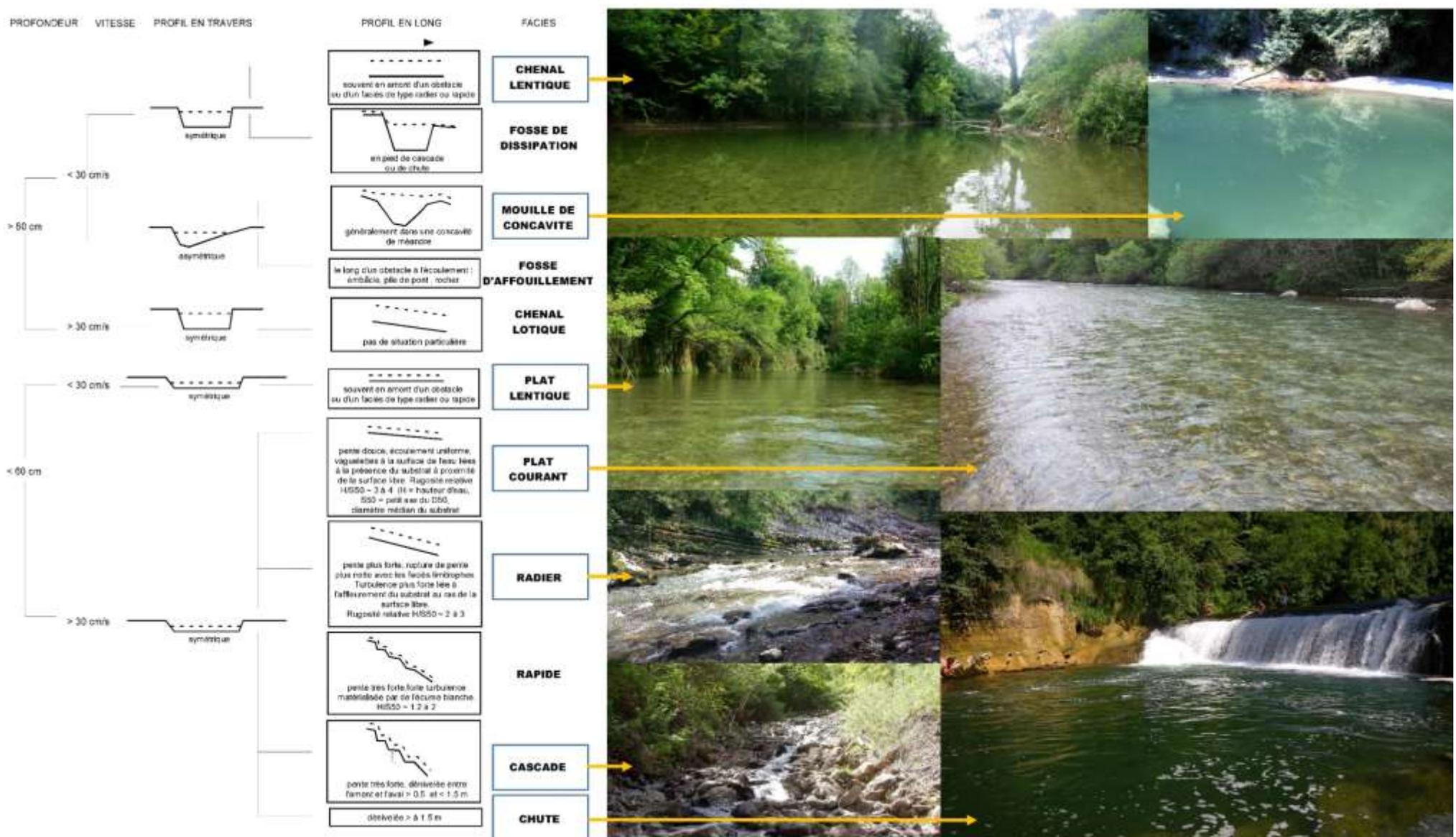
Lorsque l'on s'intéresse au thermogramme de la Figure 78, on remarque que le seuil de 15°C est très souvent dépassé durant l'été, notamment pour la station la plus en aval, et que seules les températures nocturnes repassent ponctuellement sous le seuil des 15°C. Ce constat a déjà été souligné dans des travaux précédents réalisés par la Fédération De Pêche de Haute-Savoie qui argumente de manière chiffrée le risque de développement de cette maladie dans le BV du Chéran<sup>8</sup>.

Ainsi, dans un contexte de changement global ayant pour incidence locale un possible réchauffement des eaux, les conditions thermiques sont donc fortement susceptibles d'être prochainement propices au développement de *Tetracapsula bryosalmonae*. Il est donc nécessaire d'estimer rapidement les risques sanitaires liés au développement de la PKD et ses effets supposés sur le stock de TRF dans les prochaines années, de manière à (1) guider au mieux les actions des gestionnaires pour limiter l'effet synergique de facteurs anthropiques sur une population de TRF potentiellement affaiblie et (2) guider les acteurs locaux pour une pratique de la pêche adaptée (en terme de quota et de taille limite) afin de réduire les pressions pour cette espèce.

## 13 ANNEXES



Annexe 1 : Clés de classification des faciès d'écoulement (à gauche) et illustrations photographiques des faciès rencontrés sur le Chéran (à droite). Schéma modifié d'après Malavoi & Souchon, 2002.<sup>5</sup>



a. Les Eparis [1974-2014]

Écoulements mensuels (Naturels)		Données calculées sur 41 ans											
	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
<b>Débits (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.569 #	0.552	0.498 #	0.464 #	0.368 #	0.340 #	0.246 #	0.115 #	0.202 #	0.423 #	0.498 #	0.583 #	0.404
<b>Qsp (l/s/km<sup>2</sup>)</b>	24.6 #	23.9	21.5 #	20.1 #	15.9 #	14.7 #	10.6 #	5.0 #	8.7 #	18.3 #	21.6 #	25.2 #	17.5
<b>Lame d'eau (mm)</b>	66 #	59	57 #	52 #	42 #	38 #	28 #	13 #	22 #	49 #	55 #	67 #	553

Modules interannuels ( loi de GALTON - septembre à août )		Données calculées sur 41 ans		
	Quinquennale sèche	Médiane	Quinquennale humide	Module
<b>Débits (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.290[0.260;0.320]	0.400[0.330;0.500]	0.500[0.450;0.560]	0.404[0.370;0.441]

Basses eaux ( loi de GALTON - janvier à décembre )		Données calculées sur 41 ans		
	Médiane	Quinquennale sèche	Moyenne	Ecart type
<b>VCN3 (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.034[0.029;0.040]	0.021[0.017;0.025]	0.040	0.021
<b>VCN10 (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.040[0.034;0.046]	0.025[0.020;0.029]	0.046	0.025
<b>QMNA (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.066[0.055;0.079]	0.038[0.030;0.046]	0.080	0.051

Crues ( loi de GUMBEL - septembre à août )		Données calculées sur 40 ans			
	Xo	Gradex	Biennale	Quinquennale	Décennale
<b>QJ (m<sup>3</sup>/s)</b>	3.630	1.390	4.100[3.800;4.600]	5.700[5.200;6.500]	6.800[6.100;7.800]
<b>QIX (m<sup>3</sup>/s)</b>	7.070	3.580	8.400[7.500;9.500]	12.000[11.000;14.000]	15.000[14.000;18.000]

Maximums connus

<b>Hauteur maximale instantanée (cm)</b>	184	8 juillet 1980 10:00
<b>Débit instantané maximal (m<sup>3</sup>/s)</b>	20.900 #	8 juillet 1980 10:00
<b>Débit journalier maximal (m<sup>3</sup>/s)</b>	8.970 #	22 décembre 1991

Débits classés		Données calculées sur 14772 jours													
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
<b>Débit (m<sup>3</sup>/s)</b>	2.560	1.970	1.310	0.907	0.581	0.418	0.322	0.240	0.180	0.134	0.093	0.056	0.038	0.029	0.022

b. La Néphaz [1994-2014]

Ecoulements mensuels (Naturels)						Données calculées sur 21 ans							
	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débits (m3/s)	0.791 #	0.787 #	0.726 #	0.651 #	0.363 #	0.278 #	0.221 #	0.163 #	0.203 #	0.316 #	0.612 #	0.709 #	0.483
Qsp (l/s/km2)	25.5 #	25.4 #	23.4 #	21.0 #	11.7 #	9.0 #	7.1 #	5.3 #	6.5 #	10.2 #	19.7 #	22.9 #	15.6
Lame d'eau (mm)	68 #	63 #	62 #	54 #	31 #	23 #	19 #	14 #	16 #	27 #	51 #	61 #	493

Modules interannuels ( loi de GALTON - septembre à août )		Données calculées sur 21 ans		
	Quinquennale sèche	Médiane	Quinquennale humide	Module
Débits (m3/s)	0.340[0.280;0.390]	0.480[0.380;0.630]	0.610[0.530;0.740]	0.483[0.418;0.559]

Basses eaux ( loi de GALTON - janvier à décembre )		Données calculées sur 21 ans		
	Médiane	Quinquennale sèche	Moyenne	Ecart type
VCN3 (m3/s)	0.071[0.060;0.083]	0.051[0.042;0.060]	0.076	0.032
VCN10 (m3/s)	0.077[0.065;0.090]	0.055[0.045;0.065]	0.083	0.035
QMNA (m3/s)	0.110[0.089;0.140]	0.072[0.054;0.089]	0.126	0.074

Crues ( loi de GUMBEL - septembre à août )				Données calculées sur 20 ans		
	Xo	Gradex	Biennale	Quinquennale	Décennale	
QJ (m3/s)	4.520	1.470	5.100[4.600;5.800]	6.700[6.000;8.100]	7.800[6.900;9.700]	
QIX (m3/s)	10.600	5.090	12.000[11.000;15.000]	18.000[16.000;23.000]	22.000[19.000;29.000]	

Maximums connus	
Hauteur maximale instantanée (cm)	177   14 novembre 2002 13:29
Débit instantané maximal (m3/s)	27.900 #   14 novembre 2002 13:29
Débit journalier maximal (m3/s)	8.370 #   30 novembre 1996

Débits classés		Données calculées sur 7527 jours													
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
Débit (m3/s)	3.300	2.580	1.590	1.100	0.653	0.451	0.332	0.258	0.201	0.155	0.115	0.081	0.069	0.058	0.054

Annexe 3 : Evolution de la population du BV du Chéran entre 1999 et 2011. Source : Insee, RP2009, RP2006 et RP1999 exploitation principale.

Code INSEE	Commune	population permanente 1999	population permanente 2006	population permanente 2011	augmentation 1999/2006	augmentation 1999/2011	augmentation 2006/2011	densité 2006 hab/km <sup>2</sup>	densité 2010 hab/km <sup>2</sup>
73004	Aillon le Jeune	339	424	451	25.1%	33.0%	6.4%	12	13
73005	Aillon le Vieux	169	173	182	2.4%	7.7%	5.2%	8	8
73010	Albens	2651	3025	3438	14.1%	29.7%	13.7%	198	211
73020	Arith	289	371	381	28.4%	31.8%	2.7%	15	16
73036	Bellecombe en Bauges	458	595	670	29.9%	46.3%	12.6%	26	28
73062	Cessens	331	388	430	17.2%	29.9%	10.8%	29	32
73081	Le Châtelard	549	593	697	8.0%	27.0%	17.5%	33	37
73090	La Compôte en Bauges	216	211	233	-2.3%	7.9%	10.4%	28	30
73101	Doucy en Bauges	72	82	102	13.9%	41.7%	24.4%	6	8
73106	Ecole en Bauges	238	248	268	4.2%	12.6%	8.1%	8	9
73139	Jarsy	247	294	302	19.0%	22.3%	2.7%	9	9
73146	Lescheraines	554	708	744	27.8%	34.3%	5.1%	87	89
73178	La Motte en Bauges	310	422	446	36.1%	43.9%	5.7%	42	44
73192	Le Noyer	141	164	194	16.3%	37.6%	18.3%	13	15
73234	Saint François de Sales	124	137	151	10.5%	21.8%	10.2%	9	10
73277	Sainte Reine	124	140	160	12.9%	29.0%	14.3%	10	11
74002	Alby sur Chéran	1631	1935	2088	18.6%	28.0%	7.9%	295	307
74004	Allèves	264	343	367	29.9%	39.0%	7.0%	39	41
74035	Bloye	428	482	560	12.6%	30.8%	16.2%	110	121
74046	Boussy	344	422	514	22.7%	49.4%	21.8%	81	96
74054	Chainaz les Frasses	517	578	630	11.8%	21.9%	9.0%	104	109
74061	Chapeiry	598	732	817	22.4%	36.6%	11.6%	127	135
74097	Cusy	1280	1593	1831	24.5%	43.0%	14.9%	91	101
74138	Gruffy	1161	1382	1488	19.0%	28.2%	7.7%	96	101
74142	Héry sur Alby	709	877	936	23.7%	32.0%	6.7%	120	124
74161	Marcellaz Albanais	1405	1644	1844	17.0%	31.2%	12.2%	113	122
74165	Marigny Saint Marcel	630	621	677	-1.4%	7.5%	9.0%	84	88
74170	Massingy	607	752	863	23.9%	42.2%	14.8%	61	67
74192	Moye	851	1028	1062	20.8%	24.8%	3.3%	43	43
74194	Mûres	646	673	697	4.2%	7.9%	3.6%	129	130
74225	Rumilly	11223	12781	14079	13.9%	25.4%	10.2%	757	799
74233	Saint Félix	1617	2017	2263	24.7%	40.0%	12.2%	306	329
74254	Saint Sylvestre	512	580	624	13.3%	21.9%	7.6%	109	113

<b>74255</b>	Sales	1552	1529	1732	-1.5%	11.6%	13.3%	166	176
<b>74310</b>	Viuz la Chiésaz	1022	1211	1289	18.5%	26.1%	6.4%	87	91

Annexe 4 : Liste des stations de mesures référencées dans la BDD SMIAC. Les stations sont regroupées par rivière, puis ordonnées par leur position longitudinale (de l'amont vers l'aval).

ID	CODE_STATION	COMMUNE	RIVIERE	NOM_STATION	X_L93_SMIAC	Y_L93_SMIAC
63	S42	Marigny	Balvey	Chez_Vidal	931201,683	6529856,875
65	S44	Rumilly	Balvey	Amont_Route_De_Balvey	929856,96	6529986,336
118	S92	Lescheraines	Bellecombe	Pont_D_Etrier_D_911	941445,904	6518277,622
135	S135	Bellecombe_En_Bauges	Bellecombe	Amont_Scieries	945757	6519587
122	S96	Bellecombe_En_Bauges	Bellecombe	Pont_D_Etrier_D_61	944044,372	6519755,913
34	S16	Cusy	Bogey	Chez_Les_Bogey	934968,526	6521866,361
45	S26	Albens	Boiran		927393,593	6527027,12
46	S27	Albens	Boiran	Ansigny	927654,007	6527449,51
52	S32	Bloye	Boiran		927906,798	6528611,319
55	S35	Bloye	Boiran	Bloye	928249,403	6528948,077
17	S114	Bloye	Boiran	Mesures_Regis	928710,358	6529685,466
158	S158	Ecole	Chéran	Carlet_Amont	948544,6292	6509521,16
60	S4	Ecole	Chéran	Ecole_Carlet	948201,49	6509762,804
71	S5	Jarsy	Chéran	Pont_De_Carlet	948173,818	6509798,012
82	S6	Jarsy	Chéran	Aval_Passerelle	950787,226	6510113,181
93	S7	Jarsy	Chéran	Jarsy_Amont_Passerelle	950887,509	6510156,277
155	S155	Jarsy	Chéran	Pont_Bellevaux	950997,1854	6510253,242
145	S145	Bellevaux	Chéran	Passerelle_De_La_Fougere	952647	6510897
13	S110	Jarsy	Chéran	Aval_Ecole_Droit_Jarsy	946436,869	6511248,724
24	S120	Jarsy	Chéran	Amont_Porcherie	946264,069	6511601,905
25	S121	Jarsy	Chéran	Aval_Porcherie	945969,79	6512118,99
163	S163	Compote	Chéran	Pont_Compote_Amont	945837,5003	6512398,405
26	S122	Compote	Chéran	Amont_Pont_D_60A	945821,355	6512401,023
111	S86	Chatelard	Chéran	Pont_D_Escorchevel_D_911	944675,958	6513165,234
159	S159	Chatelard	Chéran	Plan_Chere	943860,8449	6513693,411
2	S10	Chatelard	Chéran	Pont_Du_Plan_De_Chere	943835,407	6513711,007
113	S88	Chatelard	Chéran	Passerelle_Picot_Aval_Du_Chatelard	942763,172	6514501,563
12	S11	Chatelard	Chéran	Aval_Nant_D'Aillon_Amont_Secteur_Gravierie	942740,848	6514925,384
116	S90	Motte_En_Bauges	Chéran	Aval_Nant_D'Aillon_Amont_Secteur_Gravierie	942677,607	6515122,757
161	S161	Chatelard	Chéran	Aillon_Aval	942641,1509	6515253,272
23	S12	Lescheraines	Chéran	Lescheraines_Base_De_Loisirs	942227,827	6516493,436
157	S157	Lescheraines	Chéran	Base_Loisirs_Lescheraines	942014,7461	6516825,375
140	S140	Lescheraines	Chéran	Aval_Direct_Pont	941557	6517494
15	S112	Lescheraines	Chéran	Mesures_Regis	941400,206	6518076,192

164	S164	Bellecombe_En_Bauges	Chéran	Charniaz	941369,9311	6518156,525
128	S129	Alleves	Chéran	La_Charniaz_Station_Debit	941338,282	6518194,622
119	S93	Arith	Chéran	Pont_De_Prerouge	940637,396	6518600,313
120	S94	Arith	Chéran	Limite_Departementale_Savoie_Hte_Savoie_Lieu-Dit_Martinod	940659,89	6519239,562
121	S95	Arith	Chéran	Amont_Immediat_Pont_De_L_Eau_Morte_Entre_Arith_Et_Alleves	940778,096	6519623,208
153	S153	Alleves	Chéran	Martinod	940816,2551	6519658,902
31	S13	Alleves	Chéran	Martinod	940837,763	6519822,519
146	S146	Alleves	Chéran	Aval_Pont_De_Bange	940391	6520992
32	S14	Alleves	Chéran	Aval_Pont_De_Bange	939653,667	6521082,635
33	S15	Alleves	Chéran	Alleves	939354,641	6521165,143
151	S151	Alleves	Chéran	Gorges_Amont	938419	6521509
150	S150	Alleves	Chéran	Gorges_Aval	938307	6521824
162	S162	Cusy	Chéran	Cusy	936466,1324	6523776,465
36	S18	Cusy	Chéran	Cusy_Amont_Passerelle_Camping	936367,112	6523815,611
39	S20	Cusy	Chéran	Cusy_Passerelle	935957,491	6524049,941
40	S21	Cusy	Chéran	Cusy_Reserve_Active	935687,298	6524116,214
144	S144	Hery_Sur_Alby	Chéran	Moulin_Janin_Habitations	935555	6525160
156	S156	Hery_Sur_Alby	Chéran	Moulin_Janin	935547,3509	6525197,496
41	S22	Hery_Sur_Alby	Chéran	Moulin_Janin	935486,371	6525263,954
123	S97	Hery_Sur_Alby	Chéran	Lieu_Dit_Sous_La_Pesse	934937,915	6527127,071
51	S31	Alby_Sur_Chéran	Chéran	Amont_Pont_Vieux	934645,324	6528537,36
148	S148	Alby_Sur_Chéran	Chéran	Amont_Pont_Vieux	934655	6528591
165	S165	Alby_Sur_Chéran	Chéran	Passe_Poisson	934521,9819	6528703,069
72	S50	Marigny	Chéran	Saint_Sylvestre_Rocher_Fey	932144,129	6530351,33
152	S152	Marigny	Chéran	Les_Routes	932259,3696	6530401,633
5	S102	Marigny	Chéran	Lieu_Dit_Sous_Les_Cochet	932113,169	6530933,089
74	S52	Marigny	Chéran	St_Marcel	931454,302	6531114,602
6	S103	Boussy	Chéran	Lieu_Dit_Les_Perouses_Amont_Prise_D'Eau_Barrage_Nestle	930642,126	6531593,175
79	S57	Rumilly	Chéran	Rumilly_Boussy	930506,82	6531776,18
154	S154	Rumilly	Chéran	Rumilly_Karting	930441,3251	6531936,891
83	S60	Boussy	Chéran	Droit_De_La_Salle_Des_Fetes_De_Boussy	930275,222	6532147,849
85	S62	Rumilly	Chéran	Amont_Champ_De_Captage	930017,443	6532379,866
87	S64	Rumilly	Chéran	Aval_Pompage_Cpf_Amont_Dadon	929808,672	6532501,556

160	S160	Rumilly	Chéran	Dadon_Aval	929755,7104	6532647,356
89	S66	Boussy	Chéran	Amont_Ruisseau_De_Boussy	929812,542	6532951,131
94	S70	Rumilly	Chéran	Amont_Rumilly_Et_Aval_Dadon	929799,061	6533126,095
97	S73	Rumilly	Chéran	Aval_Step_Rumilly	928891,152	6533858,272
127	S128	Rumilly	Chéran	Rejet_Tefal	928952,869	6533947,663
98	S74	Rumilly	Chéran	Aval_Step_Rumilly	928399,754	6534227,18
133	S133	Rumilly	Chéran	Station_Temperature_Onema	928276,93	6534235,23
100	S76	Rumilly	Chéran	Rumilly_Aval_Pont_Neuf	928084,03	6534459,695
11	S109	Rumilly	Chéran	Sous_Les_Gremillons	927859,279	6534814,321
101	S77	Rumilly	Chéran	Rumilly_Amont_Confluence_Nephaz	928104,136	6534822,207
102	S78	Rumilly	Chéran	Aval_Rumilly_Aval_Cimetiere_Stand_De_Tir	927795,7	6534856,832
103	S79	Rumilly	Chéran	Aval_Rumilly	927410,261	6535347,722
115	S9	Jarsy	Chérel	Aval_Pont_D_60	946806,188	6511671,166
67	S46	Viuz_La_Chiesaz	Creux_Des_Vaches	La_Chanson	936790,919	6529983,591
37	S19	Cusy	Cusy	Balevaz	935520,165	6523851,884
21	S118	Rumilly	Dadon	Mesures_Regis_Amont	929281,797	6530954,44
75	S53	Rumilly	Dadon	Madrid	929786,131	6531275,819
78	S56	Rumilly	Dadon	Base_De_Loisirs	929769,693	6531687,602
22	S119	Rumilly	Dadon	Mesures_Regis_Aval	929748,116	6531850,645
84	S61	Rumilly	Dadon	La_Riziere	929894,63	6532157,117
86	S63	Rumilly	Dadon	Amont_Immediat_Chéran_Stand_De_Tir	929747,868	6532402,166
66	S45	St_Sylvestre	Eau_Salee	Amont_Nant_Des_Eparis	934680,862	6529995,778
76	S54	Chapeiry	Eau_Salee	Chez_Doche	934916,669	6531273,628
129	S130	Alby_Sur_Chéran	Eparis	Station_Debit	935232,552	6529435,51
57	S37	Chapeiry	Eparis	Pont_De_Pelevoz_Aval_Alby_Sur_Chéran	935335,464	6529435,622
3	S100	Alby_Sur_Chéran	Eparis	Amont_Immediat_Chéran	934481,767	6529848,623
68	S47	Viuz_La_Chiesaz	Eparis	Le_Creux_Des_Vaches	936434,943	6530182,487
80	S58	Seynod	Eparis	Aval_D_38	936858,537	6531802,422
149	S149	Seynod	Eparis	Amont_D_38	936820	6531878
73	S51	Seynod	Fatte		937806,918	6530782,131
38	S2	Nant_St_Reine	Grands_Près	Nant_St_Reine_Amont	945007,616	6506784,99
131	S132	Ecole	Grands_Près	Pont_De_La_Croix_De_Fer	946205,727	6509470,284

18	S115	Ecole	Grands_Près	Mesures_Regis	946234,743	6510865,805
108	S83	Ecole	Grands_Près	Pont_D_911	946253,157	6511379,195
126	S127	Gruffy	Gruffy	Step_Gruffy	936349,928	6526111,772
29	S125	Jarsy	Jarsy	Aval_D_60B	947219,241	6511140,069
107	S82	Jarsy	Jarsy	Plan_Du_Chéran	946838,864	6511173,322
69	S48	Viuz_La_Chiesaz	La_Crevaz	Amont_Petit_Etang	937177,947	6530258,013
70	S49	Viuz_La_Chiesaz	La_Crevaz	Amont_Departementale	937023,352	6530289,319
58	S38	Massingy	Lenard	Amont	926114,561	6529564,907
77	S55	Massingy	Lenard	Aval	926744,048	6531541,767
1	S1	Aillon_Le_Jeune	Lindar	Pont_De_La_Verne_D_32	940671,547	6506332,793
7	S104	Moye	Longet	Bessine	925484,279	6531674,49
35	S17	Cusy	Mièges	La_Curiaz	934785,685	6523025,933
49	S3	Ecole	Molines	Carlet	948564,117	6509756,68
47	S28	Mures	Mures	Cimetiere	935801,067	6527580,229
50	S30	Mures	Mures	Chez_Guedin	936564,598	6528067,217
141	S141	Aillon_Le_Jeune	Nant_Aillon	Pont_De_Verne	940186	6506627
14	S111	Aillon_Le_Jeune	Nant_Aillon	Mesures_Regis	940110,994	6507370,711
142	S142	Aillon_Le_Jeune	Nant_Aillon	Hameau_De_La_Combe	940137	6507611
106	S81	Aillon_Le_Vieux	Nant_Aillon	Tournassat_Ancien_Moulin	940182,58	6507909,618
143	S143	Attily	Nant_Aillon	Martinet	942090	6514220
114	S89	Chatelard	Nant_Aillon	Pont_D_Attily_Amont_Chéran	942652,252	6514847,217
53	S33	Alby_Sur_Chéran	Nant_Bore	Zi_Alby	932602,478	6528580,934
54	S34	Alby_Sur_Chéran	Nant_Bore	Zi_Alby	932512,879	6528734,57
56	S36	Marigny	Nant_Bore	Vieux_Marigny	932136,789	6529034,545
125	S99	Marigny	Nant_Bore	Lieu_Dit_Bel_Air	930678,255	6529522,672
19	S116	Marigny	Nant_Bore	Mesures_Regis	930944,581	6529703,222
61	S40	Marigny	Nant_Bore	Amont_Route_De_Vaudry	931802,577	6529788,762
96	S72	Sales	Nant_Cruet	Aval	930113,311	6533766,832
109	S84	Compote	Nant_Doucy	Amont_Chéran_Aval_Passerelle	945698,782	6512669,844
20	S117	Compote	Nant_Doucy	Mesures_Regis	945854,323	6512980,229
110	S85	Compote	Nant_Doucy	Amont_D_50	945931,939	6513059,49

104	S8	Jarsy	Nant_Enfer	Bellevaux	950722,057	6510550,358
27	S123	Chatelard	Nant_Granges	Pont_Du_Champet	943751,866	6514566,977
147	S147	Chatelard	Nant_Granges	Amont_D_911	943861	6514786
28	S124	Chatelard	Nant_Granges	Amont_Plage_De_Depot	944005,072	6514964,444
9	S106	Marcellaz_Albanais	Nant_Nanche	Les_Ouches	932759,381	6532531,13
91	S68	Boussy	Nant_Nanche	Boussy	931534,274	6532976,289
90	S67	Boussy	Nant_Nanche	Moulin_Des_Iles	930833,887	6532977,317
92	S69	Boussy	Nant_Nanche	Nanche_Aval	930022,724	6532993,285
136	S136	Boussy	Nant_Nanche	Aval_Ruisseau	930254	6533054
30	S126	Compote	Nant_Rossanaz	Cret_Belly	945374,024	6511505,669
139	S139	Compote	Nant_Rossanaz	Sortie_Massif_Forestier	945413	6511631
138	S138	Compote	Nant_Rossanaz	Milieu_Terres_Agricoles	945607	6511982
137	S137	Compote	Nant_Rossanaz	Aval_Ruisseau	945903	6512231
48	S29	Cessens	Néphaz	Amont	925500,887	6527683,829
64	S43	Massingy	Néphaz	Ligny	925427,915	6530001,433
8	S105	Massingy	Néphaz	Amont_Confluence_Vergogne	927330,815	6531689,589
81	S59	Rumilly	Néphaz	Mothe	927646,255	6532120,499
88	S65	Rumilly	Néphaz	Les_Praillats	928069,78	6532804,259
95	S71	Rumilly	Néphaz	Sous_La_Piscine_Amont_Agglomeration	928196,552	6533254,775
130	S131	Rumilly	Néphaz	Station_Debit	928349,336	6533593,166
16	S113	Rumilly	Néphaz	Mesures_Regis	928148,146	6534131,429
99	S75	Rumilly	Néphaz	Amont_Chéran	928156,026	6534234,272
112	S87	Doucy_En_Bauges	Petit_Nant	Aval_Ruisseau_Du_Grand_Nant	946262,433	6513730,05
59	S39	Viuz_La_Chiesaz	Sauget	Amont_Pont_Du_Chene	936365,566	6529551,636
117	S91	Lescheraines	St_Francois	Pont_D'Arith_D_62B	941351,065	6517591,039
42	S23	Gruffy	Veise	Gruffy	936145,795	6525843,764
43	S24	Gruffy	Veise	Aval	935254,148	6526142,198
44	S25	Gruffy	Veise	Le_Buisson	937038,644	6526612,397
124	S98	Massingy	Vergonne	Pont_D_153	926877,325	6528569,213
62	S41	Massingy	Vergonne	Pont_De_Combachenex	927640,944	6529878,5

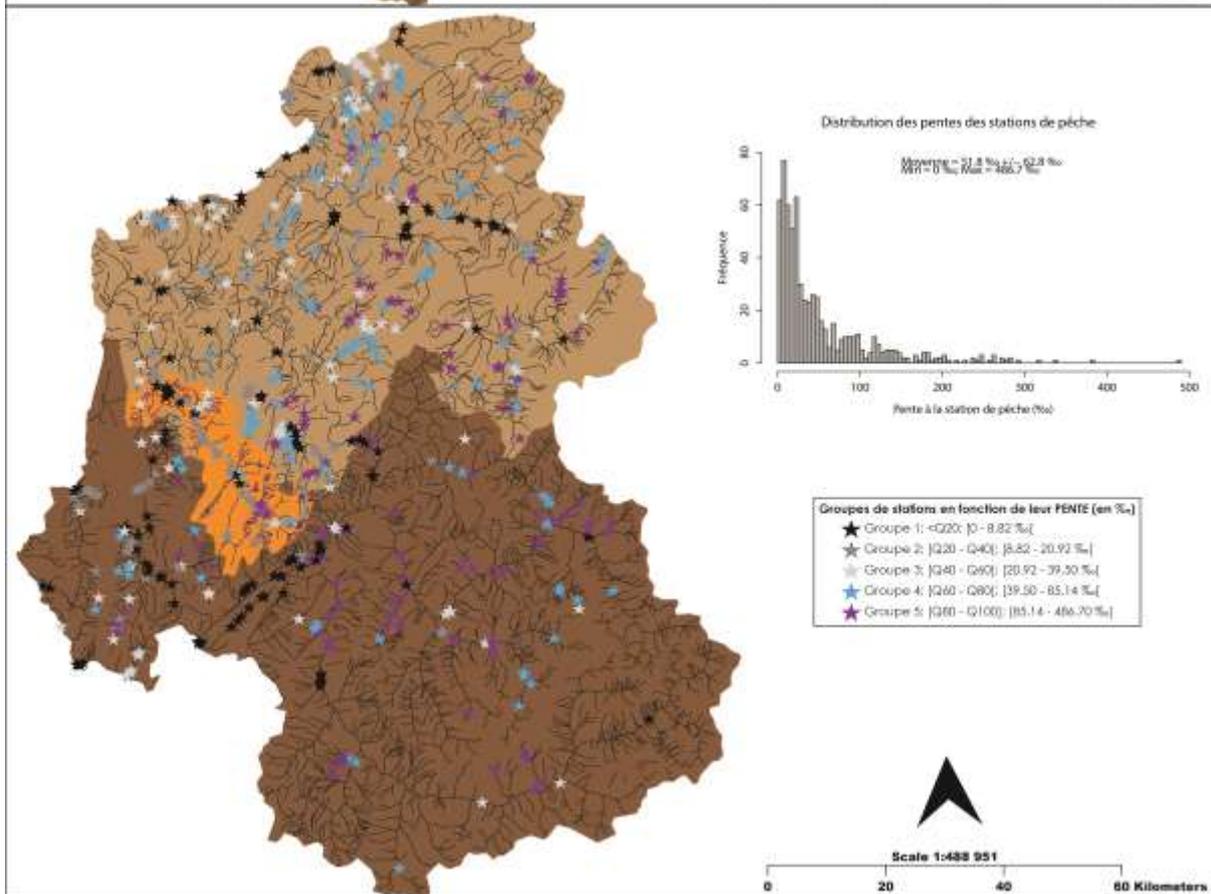
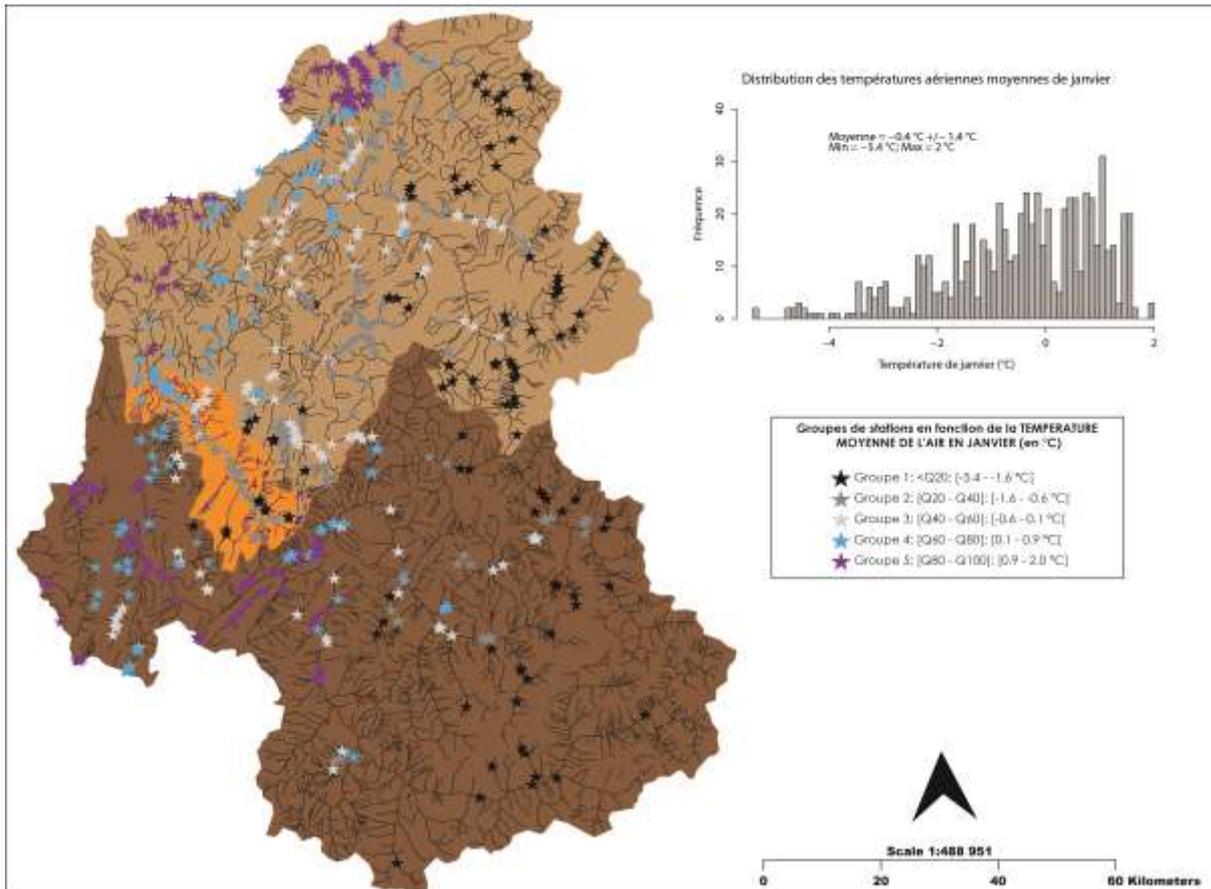
Annexe 5 : Les paramètres de qualité de l'eau (adaptation du texte « Le Réseau-rivières : suivi de la qualité de l'eau des rivières du Québec », produit par le MDDEP).

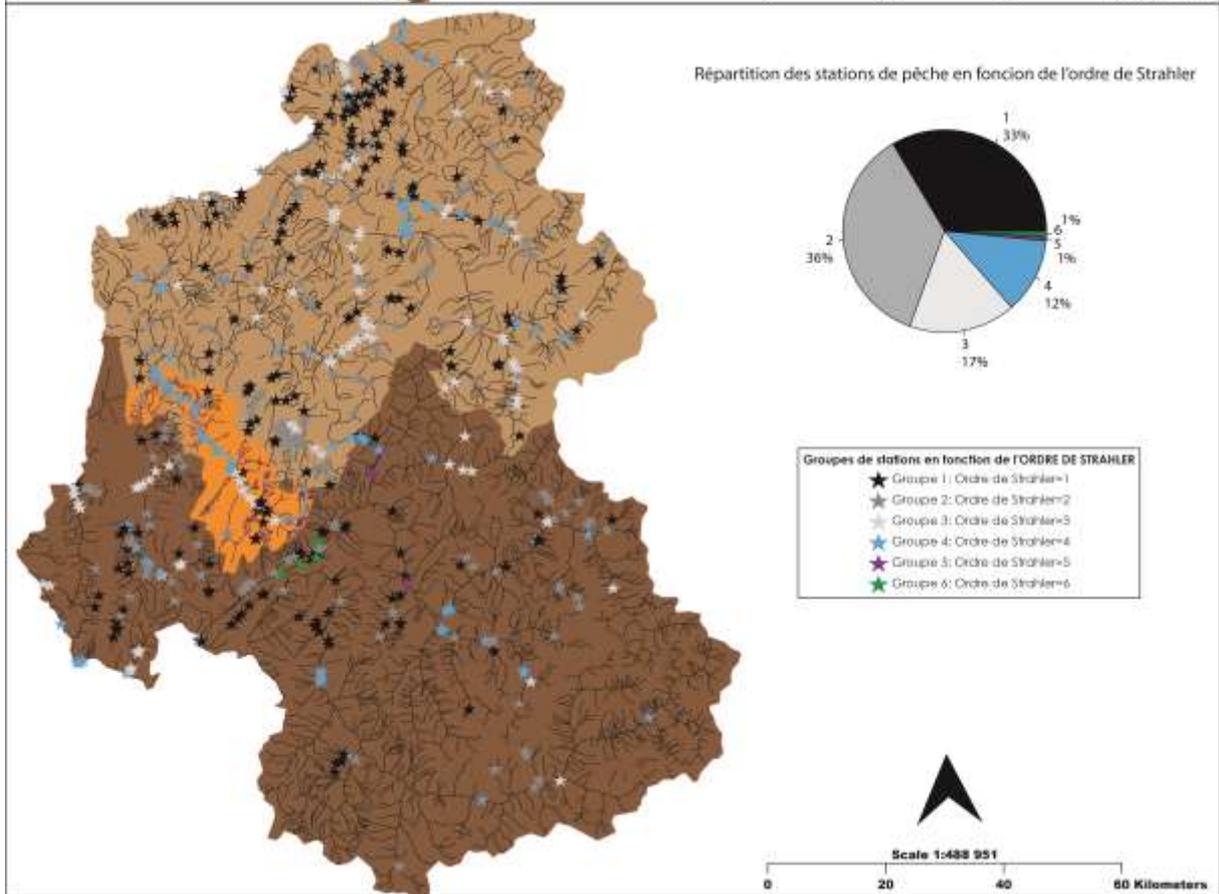
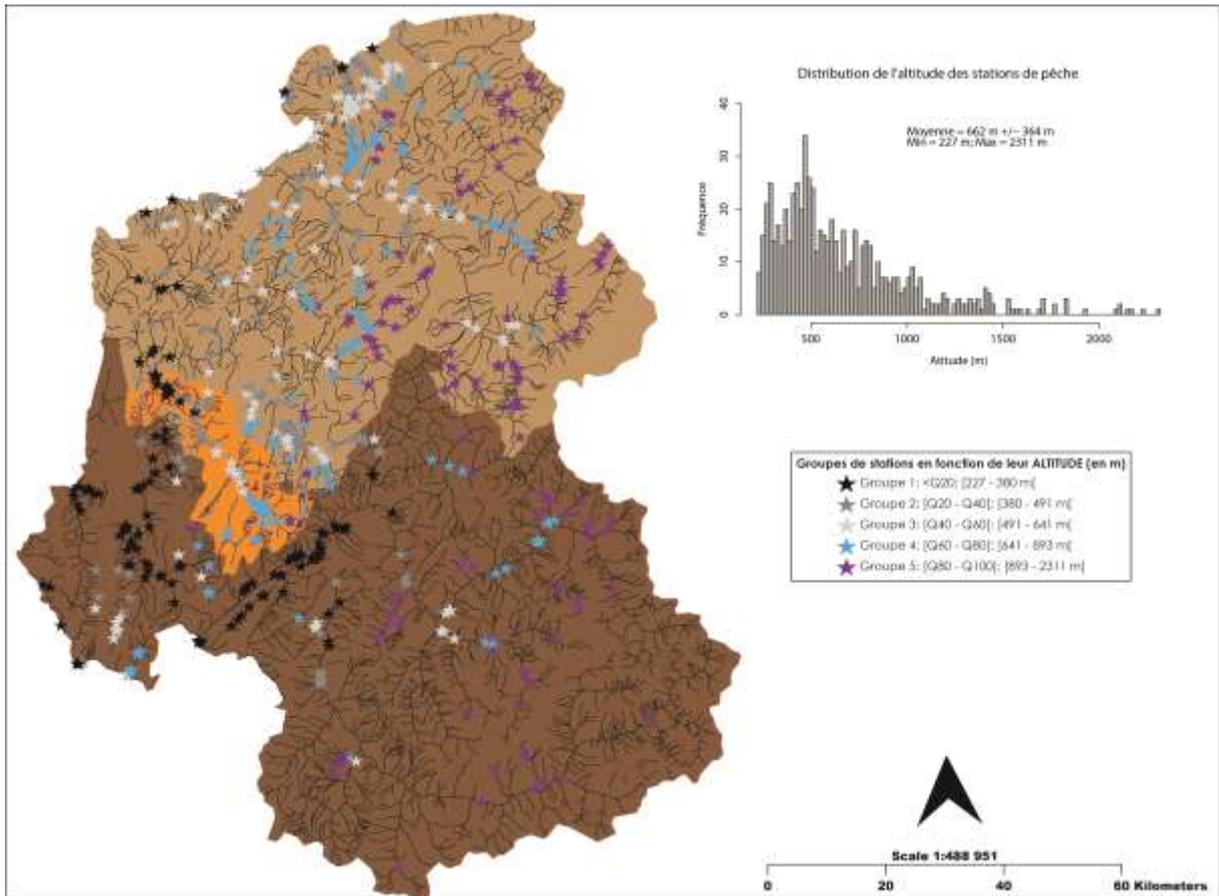
	Nom	Symbole	Unité	Description	Gamme des classes d'aptitude à la biologie					
					Bleu	vert	jaune	orange	rouge	
Paramètres <i>in situ</i>	Température (cours d'eau à salmonidés)	temp.	°C	La température de l'eau varie naturellement au cours de l'année, mais le déboisement des rives ou les rejets industriels contribuent à élever la température de l'eau. La température de l'eau en affecte la qualité, notamment parce que l'eau chaude diminue la concentration en oxygène dissous, au détriment de la vie aquatique.	<20,0	21,5	25,0	28,0	>28,0	
	pH	pH	unité pH	Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau. Les eaux naturelles ont un pH voisin de 7, le plus souvent compris entre 6 et 8. Plus le pH est bas, plus la solution est dite acide. Plusieurs espèces de poissons et autres organismes aquatiques ne peuvent supporter une eau trop acide. La pollution atmosphérique et les précipitations acides demeurent la plus importante source d'acidité des plans d'eau.	min.	>6,5	6,0	5,5	4,5	<4,5
					max.	<8,2	9,0	9,5	10,0	>10,0
	Oxygène dissous	O2	mg/L	Les organismes aquatiques ont besoin d'une quantité suffisante d'oxygène dissous dans l'eau pour survivre, ce qui en fait un important critère pour la vie aquatique. Les facteurs pouvant mener à une réduction de l'oxygène dissous sont l'augmentation de la température de l'eau et la décomposition de grandes quantités de matière organique.		>8	6	4	3	<3
Saturation en oxygène	Saturation	%	Renseigne le niveau d'oxygénation de l'eau.		>90	70	50	30	<30	
Paramètres laboratoire	Carbone organique dissous	COD	mg/L	Le carbone organique dissous (COD) permet de suivre l'évolution de la pollution organique des milieux aquatiques. Il provient de la décomposition de débris organiques végétaux et animaux. Il peut également provenir de substances organiques émises par les effluents municipaux et industriels. C'est le COD qui donne une coloration brune ou ambrée à l'eau. Puisque les micro-organismes aquatiques consomment d'importantes quantités d'oxygène pour décomposer les molécules organiques, des concentrations élevées de COD peuvent affecter les réserves d'oxygène des cours d'eau.		<5	7	10	15	>15
	Demande biologique en oxygène	DBO5	mg/L	La DBO mesure la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies lors de la décomposition (par oxydation) des polluants organiques et biodégradables. Une DBO élevée indique donc que les concentrations en oxygène dissous seront réduites, ce qui peut représenter une menace pour certaines espèces de poissons.		<3	6	10	25	>25
	Demande chimique en oxygène	DCO	mg/L	La DCO correspond à la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées.		<20	30	40	80	>80
	Ammonium	NH4+	mg/L	L'ammonium est toxique pour la vie aquatique. Son niveau de toxicité varie selon le pH et la température de l'eau. Dans les eaux naturelles, l'ammonium provient principalement du lessivage des terres agricoles ainsi que des eaux usées municipales et industrielles.		<0,5	1,5	4,0	8,0	>8,0
	Nitrites	NO2	mg/L	Les nitrates et les nitrites constituent la forme la plus abondante d'azote dans l'eau. Bien que naturellement présents en faibles quantités dans les eaux de surface, des concentrations trop élevées de nitrites-nitrates peuvent être toxiques pour la faune aquatique.		<0,03	0,3	0,5	1,0	>1,0
	Nitrates	NO3	mg/L			>2				
	Orthophosphates	PO4	mg/L	Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des algues et des plantes aquatiques. Lorsque trop abondant dans un milieu aquatique, le phosphore risque d'accélérer le processus d'eutrophisation (i.e. un vieillissement accéléré du cours d'eau occasionné par un excès d'éléments nutritifs et engendrant la prolifération d'algues, l'envasement du littoral et la dégradation des réserves d'oxygène). Les principaux apports en phosphore proviennent de l'érosion, des activités agricoles et industrielles, des engrais et des rejets d'eaux usées municipales. Le phosphore total (Ptot) est la somme du phosphore dissous et en suspension.		<0,1	0,5	1,0	2,0	>2,0
	Phosphore total	Ptot	mg/L			<0,05	0,2	0,5	1,0	>1,0
Matière en suspension	MES	mg/L	Particules organiques ou inorganiques présentes dans l'eau et qui contribuent à en réduire la clarté.		<25	50	100	150	>150	

Annexe 6 : Liste des références scientifiques utilisées dans l'étude de la confrontation aux données internationales. Le détail des références sont à retrouver en partie 14.

ID	Article	Production									Espèce	Période mesure	Caractéristiques rivière				
		g/m <sup>2</sup>			kg/m <sup>2</sup>			kg/ha					Où	Largeur (m)	Longueur (m)	Débit -m3/s)	SURF_STATIONS/ BV (m <sup>2</sup> )
		min	max	Moy.	min	max	Moy.	min	max	moyenne							
1	Baldigo & Warren, 2008	0,5	14		0,0005	0,014	0	5	140		salmo trutta	Juillet	USA				
2	Jenkins et al., 1999	1,35	15,68	8,04	0,00135	0,01568	0,00804	13,5	156,8	80,4	salmo trutta	Juillet	USA	2-8	340-500	0,1-0,3	230-670
3	Wills, 2006	0,2	5,8	1	0,0002	0,0058	0,001	2	58	10	salmo trutta	Eté/automne	USA				
4	Askey et al., 2007	0	25,5	3,3	0	0,0255	0,0033	0	255	33	salmo trutta	août/septembre	USA	45	1000		45000
5	Kwak & Watters, 1997	4,96	56,8	25,3	0,00496	0,0568	0,0253	49,6	568,6	253	salmo trutta		USA	5	344	0,16	1720
6	Sanchez-Hernandez et al., 2012		24	15	0	0,024	0,015		240	150	salmo trutta	Juin-septembre	Espagne				
7	Almodovar et al., 2006	7,37	24,02	13,68	0,00737	0,02402	0,01368	73,7	240,2	136,8	salmo trutta		Espagne	2,4-9		0,5-4,5	173-3470
8	Lobon-Cervia, 2009	0,3	40,2		0,0003	0,0402	0	3	402		salmo trutta		Espagne				
9	Dineen et al., 2007	0,22	2,97		0,00022	0,00297	0	2,2	29,7		salmo trutta	mai/août/octobre	Irlande				100-150
10	Kennedy et al., 2012		1,237			0,001237			12,37		salmo trutta		Irlande	24-45	2,2-3,2		
11	Jonsson et al., 2011	0,7	13,5		0,0007	0,0135	0	7	135		salmo trutta	juillet/septembre	Norvège				114-705
12	Woodford & McIntosh et al., 2011	0	6,25	0,72	0	0,00625	0,00072	0	62,5	7,2	salmo trutta	hiver/été	Nouvelle-Zélande				

*Annexe 7 : Distribution géographique des stations de pêche utilisées dans la mise en place d'un standard départemental au regard des 4 variables retenues par les ACP : la température aérienne moyenne de janvier, la pente, l'altitude et l'ordre de Strahler.*





## Annexe 8 : Localisation des stations de mesure dans le cadre de la surveillance écologique.

Station de mesure amont BV : (1) CARLET



Station de mesure milieu BV : (2) ARITH





**Annexe 9: Récapitulatif des caractéristiques des stations de mesure dans le cadre de la surveillance écologique.**

Année	Département	N° Station	Nom Station	Localisation	Cours d'eau	Commune	Mesures réalisées	X_L93	Y_L93	REMARQUE
2014	73	1	CARLET	Pont de Carlet	Chéran	Jarsy	PC; MB ; IBGN; IBD; PECHE	948173	6509798	station AERMC - 06070400
	73	2	ARITH	Pont de Prérrouge	Chéran	Arith	PC; MB; IBGN; IBD; PECHE	940637	6518600	Code AE - 06070490
	74	3	RUMILLY	Stand de tir - cimetière	Chéran	Rumilly	PECHE	927795	6534856	station AERMC - 06071000
2015	73	1	CARLET	Pont de Carlet	Chéran	Jarsy	PC; MB; IBGN; IBD; PECHE	948173	6509798	station AERMC - 06070400
	73	2	ARITH	Pont de Prérrouge	Chéran	Arith	PC; MB; IBGN; IBD; PECHE	940637	6518600	Code AE - 06070490
	74	3	RUMILLY	Stand de tir - cimetière	Chéran	Rumilly	PECHE	927795	6534856	station AERMC - 06071000
2016	74	3	RUMILLY	Stand de tir - cimetière	Chéran	Rumilly	PECHE	927795	6534856	station AERMC - 06071000

PC : physico-chimie.

MB : Métaux bryophytes

Code AE : code agence de l'eau

Annexe 10 : Liste des thermomètres aquatiques utiliser pour mesurer l'évolution de la température de l'eau du Chéran (cf. la Figure 76 pour leur localisation dans le BV du Chéran).

Gradient longitudinal	ID_THERMO	CODE_STATION_SMIAC	NUM_THERMO	LOCALISATION	X_L93	Y_L93
Amont  Aval	4	S155	10389651	PONT_BELLEVAUX	950997,19	6510253,24
	7	S158	10389654	CARLET_AMONT	948544,63	6509521,16
	13	S163	10393446	PONT_COMPOTE_AMONT	945837,50	6512398,41
	8	S159	10393441	PLAN_CHERE	943860,84	6513693,41
	10	S161	10393443	AILLON_AVAL	942641,15	6515253,27
	6	S157	10389653	BASE_LOISIRS_LESCHERAINES	942014,75	6516825,38
	14	S164	10393448	CHARNIAZ	941369,93	6518156,53
	2	S153	10389649	MARTINOD	940816,26	6519658,90
	12	S162	10393445	CUSY	936466,13	6523776,47
	5	S156	10389652	MOULIN_JANIN	935547,35	6525197,50
	11	S165	10393447	PASSE_ALBY	934521,98	6528703,07
	1	S152	10389648	LES_ROUTES	932259,37	6530401,63
	3	S154	10389650	RUMILLY_KARTING	930441,33	6531936,89
	9	S160	10393442	DADON_AVAL	929755,71	6532647,36

## 14 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Lecuret, C., P. Barret, & F. Bignon, *Etude "Bilan - Evaluation - Perspectives" du Contrat de rivière du Chéran*, Rapport 2010.
2. GEN Vallet & TELEOS, *Etude piscicole du Chéran. Développement d'une souche de truite autochtone*, Rapport 2003. p. 93.
3. SAGE Environnement, *Suivi de la qualité des eaux du bassin versant du Chéran*, Rapport 2009. p. 70.
4. TERE0, *Étude de la qualité des cours d'eau, Programme 2011-2012, Bassin versant du Rhône*, Rapport CG74. 2012. p. 82 (+ Annexes p. 407).
5. Malavoi, J.R. & Y. Souchon, *Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière: clé de détermination qualitative et mesures physiques*. Bull. Fr. Pêche Piscic., 2002(365-366): p. 357-372.
6. EauFrance, *Banque Hydro*, 2007, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.
7. R Development Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, 2010.
8. Caudron, A., et al., *Programme INTERREG III A - Identification sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en Vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final.*, Rapport 2006.
9. Alabaster, J.S. & R.S. Lloyd, *Water quality criteria for freshwater fish*. 1980, London: Butterworths. 297 pp.
10. Elliott, J., *Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts*. Stress and fish, 1981.
11. Kwak, T.J. & T.F. Waters, *Trout Production Dynamics and Water Quality in Minnesota Streams*. Transactions of the American Fisheries Society, 1997. **126**(1): p. 35-48.
12. Almodovar, A., G.G. Nicola, & B. Elvira, *Spatial variation in brown trout production: The role of environmental factors*. Transactions of the American Fisheries Society, 2006. **135**(5): p. 1348-1360.
13. Askey, P.J., et al., *Spatial patterns in fish biomass and relative trophic level abundance in a wastewater enriched river*. Ecology of Freshwater Fish, 2007. **16**(3): p. 343-353.
14. Baldigo, B.P. & D.R. Warren, *Detecting the response of fish assemblages to stream restoration: Effects of different sampling designs*. North American Journal of Fisheries Management, 2008. **28**(3): p. 919-934.
15. Dineen, G., S.S.C. Harrison, & P.S. Giller, *Growth, production and bioenergetics of brown trout in upland streams with contrasting riparian vegetation*. Freshwater Biology, 2007. **52**(5): p. 771-783.
16. Jenkins, T.M., et al., *Effects of populations density on individual growth of brown trout in streams*. Ecology, 1999. **80**(3): p. 941-956.
17. Jonsson, B., N. Jonsson, & O. Ugedal, *Production of juvenile salmonids in small Norwegian streams is affected by agricultural land use*. Freshwater Biology, 2011. **56**(12): p. 2529-2542.

18. Kennedy, R.J., R. Rosell, & J. Hayes, *Recovery patterns of salmonid populations following a fish kill event on the River Blackwater, Northern Ireland*. Fisheries Management and Ecology, 2012. **19**(3): p. 214-223.
19. Lobon-Cervia, J., *Recruitment as a driver of production dynamics in stream-resident brown trout (Salmo trutta)*. Freshwater Biology, 2009. **54**(8): p. 1692-1704.
20. Sanchez-Hernandez, J., et al., *References data on the growth and population parameters of brown trout in siliceous rivers of Galicia (NW Spain)*. Limnetica, 2012. **31**(2): p. 273-288.
21. Wills, T.C., *Comparative abundance, survival, and growth of one wild and two domestic brown trout strains stocked in Michigan rivers*. North American Journal of Fisheries Management, 2006. **26**(3): p. 535-544.
22. Woodford, D.J. & A.R. McIntosh, *Location of demographic sources affects the distributions of a vulnerable native fish in invaded river networks*. Freshwater Biology, 2011. **56**(2): p. 311-324.
23. Pella, H., et al., *Le réseau hydrographique théorique (RHT) français et ses attributs environnementaux*. Géomorphologie, 2012. **3**(3): p. 317-336.
24. Fausch, K.D., et al., *Landscapes to Riverscapes: Bridging the Gap between Research and Conservation of Stream Fishes: A Continuous View of the River is Needed to Understand How Processes Interacting among Scales Set the Context for Stream Fishes and Their Habitat*. BioScience, 2002. **52**(6): p. 483-498.
25. Kareiva, P. & U. Wennergren, *Connecting landscape patterns to ecosystem and population processes*. Nature, 1995. **373**(6512): p. 299-302.
26. Mobrand, L.E., et al., *An approach to describing ecosystem performance "through the eyes of salmon"*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1997. **54**(12): p. 2964-2973.
27. Canning, E., et al., *Tetracapsula bryosalmonae n. sp. for PKX organism, the cause of PKD in salmonid fish*. Bulletin of the European association of fish pathologists, 1999. **19**(5): p. 203-206.
28. Anderson, C.L., E.U. Canning, & B. Okamura, *18S rDNA sequences indicate that PKX organism parasitizes Bryozoa*. BULLETIN-EUROPEAN ASSOCIATION OF FISH PATHOLOGISTS, 1999. **19**: p. 94-97.
29. Gay, M., B. Okamura, & P. De Kinkelin, *Evidence that infectious stages of Tetracapsula bryosalmonae for rainbow trout Oncorhynchus mykiss are present throughout the year*. Diseases of Aquatic Organisms, 2001. **46**(1): p. 31-40.