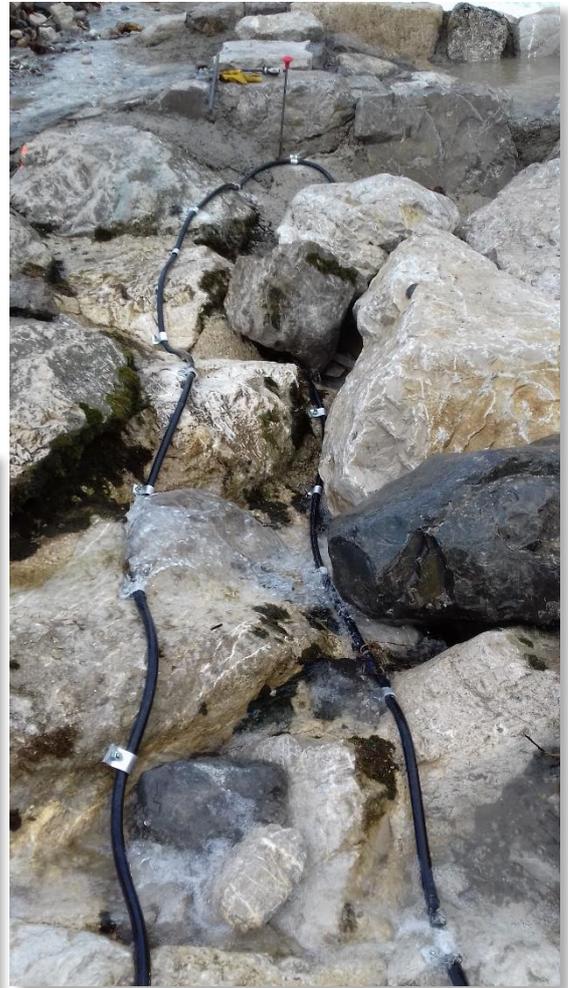


# SUIVI DU FRANCHISSEMENT PISCICOLE DE L'OUVRAGE DU PONT SNCF DE MARIGNIER (GIFFRE)

## Rapport Final



CHASSERIEAU C.

Mai 2020

Rapport FDP74.20/02

Partenaires de l'étude :



Référence à citer :

CHASSERIEAU, C. (2020). Suivi du Franchissement piscicole de l'ouvrage du Pont SNCF de Marignier (Giffre) – Rapport final. Rapport FDP74.20/02, 64 p + annexes.

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ETUDE.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJECTIFS .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>5</b>
3.1	PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE RFID MISE EN ŒUVRE POUR LE SUIVI .....	5
3.2	DESCRIPTION DU DISPOSITIF TELEMETRIQUE MIS EN PLACE SUR L'OUVRAGE .....	6
3.3	CAPTURE ET MARQUAGE DES POISSONS.....	9
3.4	BANCARISATION DES DONNEES TELEMETRIQUES ISSUES DU DISPOSITIF FIXE.....	11
3.5	MESURES DES PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX .....	12
3.5.1	<i>Le débit.....</i>	<i>12</i>
3.5.2	<i>La température.....</i>	<i>14</i>
3.6	ACQUISITION D'AUTRES DONNEES PISCICOLES PAR PECHE D'INVENTAIRE .....	15
3.7	ANALYSE DES DONNEES ET TESTS STATISTIQUES.....	15
<b>4</b>	<b>RESULTATS DISCUTES.....</b>	<b>16</b>
4.1	FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF DE DETECTION .....	16
4.1.1	<i>Alimentation et réglage des antennes .....</i>	<i>16</i>
4.1.2	<i>Définition des débits limitants pour le fonctionnement du dispositif de détection .....</i>	<i>19</i>
4.2	CAPTURES ET MARQUAGE DES POISSONS .....	22
4.2.1	<i>Bilan des marquages réalisés entre 2016 et 2018.....</i>	<i>22</i>
4.2.2	<i>Caractérisation de l'échantillon marqué pour le suivi de Marignier .....</i>	<i>26</i>
4.3	DETECTIONS AU DISPOSITIF FIXE ET FRANCHISSEMENT DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER .....	29
4.3.1	<i>Effectifs, origines et caractéristiques des poissons détectés au niveau du dispositif .....</i>	<i>29</i>
4.3.2	<i>Définition des groupes d'individus en fonction de leur comportement de déplacement et de leur évolution dans l'ouvrage .....</i>	<i>35</i>
4.3.3	<i>Franchissement des individus détectés au niveau de l'ouvrage .....</i>	<i>38</i>
4.4	AUTRES DONNEES SUR LES DEPLACEMENTS D'INDIVIDUS .....	52
4.4.1	<i>Recaptures par la pêche (amateur ou scientifique).....</i>	<i>52</i>
4.4.2	<i>Données historiques des inventaires piscicoles en amont de l'ouvrage de Marignier .....</i>	<i>54</i>
<b>5</b>	<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>65</b>

# TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : LOCALISATION DU SITE D'ETUDE ET DES AUTRES SUIVIS D'OUVRAGE MIS EN ŒUVRE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ARVE. ....	1
FIGURE 2 : OUVRAGE DU PONT SNCF DE MARIGNIER SUR LE GIFFRE AVAL, AVANT ET APRES AMENAGEMENT. ....	2
FIGURE 3 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES ANTENNES PIT-TAG. ....	5
FIGURE 4 : A) SCHEMA DE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF DE DETECTION RFID DE MARIGNIER AVEC LE DISCERNEMENT DU SENS DE PASSAGE ET DE LA RAMPE UTILISEE ; (B) EMBLACEMENT DES 4 ANTENNES DE DETECTION SUR L'OUVRAGE AMENAGE. ....	6
FIGURE 5 : SCHEMA D'IMPLANTATION DES DIFFERENTS ELEMENTS QUI COMPOSENT LE DISPOSITIF DE DETECTION RFID MIS EN PLACE POUR LE SUIVI DE L'OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DU PONT SNCF DE MARIGNIER. ....	7
FIGURE 6 : ANCRAGE DES ANTENNES AU FOND DU LIT. A) ANTENNE A4 A L'AMONT DE LA RAMPE RUSTIQUE ; B) ANTENNE A2 A L'AMONT DE LA RAMPE TECHNIQUE AU NIVEAU DE LA SECONDE RANGEE DE MENHIRS ; C) ZOOM DU GOUJON D'ANCRAGE ET DE LA BAGUE DE FIXATION. ....	8
FIGURE 7 : LOCALISATION DE LA SOURCE ELECTRIQUE PRIVEE ET DU CHEMINEMENT DU CABLE ELECTRIQUE ENTERRE QUI ALIMENTE LE DISPOSITIF TELEMETRIQUE. ....	8
FIGURE 8 : MARQUAGE INTERNE D'UNE TRUITE AVEC UN PIT-TAG DE 23 MM ;.....	10
FIGURE 9 : FORMAT DES DONNEES GENEREES PAR UN LECTEUR-ENREGISTREUR OREGON RFID .....	11
FIGURE 10 : LOCALISATION DES STATIONS DE SUIVI DU DEBIT ET DE LA TEMPERATURE UTILISEES POUR CARACTERISER LES CONDITIONS ABIOTIQUES DU MILIEU, ASSOCIEES AUX PRODUCTEURS DES DONNEES AINSI QUE DES STATIONS HISTORIQUES D'INVENTAIRES PISCICOLES. ....	12
FIGURE 11 : DEBITS MOYENS JOURNALIERS ENTRE 2016 ET 2020 DANS LE GIFFRE A PLAN SERAPHIN (COMMUNE MARIGNIER) ; SOURCE : DREAL. ....	13
FIGURE 12 : DEBITS MOYENS MENSUELS ENTRE 2016 ET 2019 DANS LE GIFFRE A PLAN SERAPHIN (COMMUNE MARIGNIER) CONFRONTES A LA MOYENNE INTERANNUELLE ; SOURCE : DREAL. ....	13
FIGURE 13 : TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DES 3 STATIONS DE SUIVI DE LA TEMPERATURE (DONNEES ENTRE JUIN 2016 ET NOVEMBRE 2019).....	14
FIGURE 14 : NOMBRES DE DETECTIONS JOURNALIERES DES « TAGS TEMOINS » DECRIVANT LE BON FONCTIONNEMENT DE CHACUNE DES 4 ANTENNES CONSTITUANT LE DISPOSITIF DE DETECTION RFID DU SEUIL DU PONT SNCF DE MARIGNIER, COUPLES AU DEBIT MOYEN JOURNALIER DU GIFFRE ENREGISTRE A LA STATION HYDROLOGIQUE V0154010 DE LA DREAL A PLAN SERAPHIN.....	17
FIGURE 15 : NOMBRE DE DETECTIONS JOURNALIERES DU «PIT-TAG TEMOIN » DECRIVANT LE BON FONCTIONNEMENT DE L'ANTENNE COUPLE AU NOMBRE JOURNALIER DE POISSONS DISTINCTS (TOUTES ESPECES CONFONDUES) DETECTES PAR L'ANTENNE. (A) ANTENNE A1 ; (B) ANTENNE A2; (C) ANTENNE A3 ; (D) ANTENNE A4. ....	18
FIGURE 16 : DEBIT HORAIRE DU GIFFRE ENREGISTRE A LA STATION LIMNIMETRIQUE DE LA DREAL A PLAN SERAPHIN AVEC LE POINTAGE DES JOURS DE TESTS DE DETECTION (POINTS ROUGES) (A) POUR L'ANNEE 2017 ET (B) POUR L'ANNEE 2018. ....	20
FIGURE 17 : COURBE DES DEBITS INSTANTANES CLASSES POUR LES 3 PERIODES DE FONCTIONNEMENT DES ANTENNES (A3 ET A4 EN JAUNE, A1 EN VERT ET A2 EN MARRON) ET IDENTIFICATION DES VALEURS DE DEBIT DU TABLEAU 7 RELIEES AU POURCENTAGE DE TEMPS OU CES DERNIERES SONT INFÉRIEURES OU ÉGALES. ....	21
FIGURE 18 : LOCALISATION DES SECTEURS DE COURS D'EAU PROSPECTES ENTRE 2016 ET 2018 POUR EFFECTUER LES MARQUAGES RFID POUR LES SUIVIS D'OUVRAGES SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ARVE. ....	23
FIGURE 19 : EFFECTIFS DE POISSONS MARQUES PAR ESPECE REPARTIS PAR COURS D'EAU ET PAR ANNEE AVEC LE TOTAL CHIFFRE PAR COURS D'EAU A DROITE TOUTES ESPECES ET ANNEES CONFONDUES .....	23
FIGURE 20 : POURCENTAGES SPECIFIQUES INTERANNUELS AU SEIN DE L'EFFECTIF MARQUE ENTRE 2016 ET 2018.....	24
FIGURE 21 : POURCENTAGES SPECIFIQUES INTERANNUELS AU SEIN DE L'EFFECTIF MARQUE ENTRE 2016 ET 2018 POUR LE SUIVI DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER.....	24
FIGURE 22 : POURCENTAGES SPECIFIQUES DE L'EFFECTIF D'INDIVIDUS MARQUES DANS LE GIFFRE COMPARES A CEUX DES DENSITES ESTIMEES LORS DE L'INVENTAIRE PISCICOLE DE 2016 AU SOUGEY.....	25

FIGURE 23 : A GAUCHE, REPARTITION DU NOMBRE D'INDIVIDUS MARQUES (ENTRE 2016 ET 2018) DANS LE CADRE DES SUIVIS RFID DU BASSIN VERSANT DE L'ARVE REPARTIS PAR COURS D'EAU, PAR TAILLE DE TRANSPONDEUR AINSI QUE PAR ESPECE ET A DROITE, LA PART D'INDIVIDUS MARQUES PAR TAILLE DE TRANSPONDEUR, TOUTES ESPECES CONFONDUES PAR COURS D'EAU. ....	26
FIGURE 24 : HISTOGRAMMES DES LONGUEURS TOTALES DES INDIVIDUS MARQUES ENTRE 2016 ET 2018 DANS LE CADRE DU SUIVI DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER ET DE CELUI DE SAINT PIERRE EN FAUCIGNY POUR LES OMBRES COMMUNS.....	29
FIGURE 25 : EFFECTIFS MENSUELS SPECIFIQUES DES INDIVIDUS MARQUES DANS LE CADRE DE CE SUIVI ET DETECTES AU NIVEAU DU DISPOSITIF DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER.....	32
FIGURE 26 : LOCALISATION DES POINTS DE MARQUAGE DES POISSONS DETECTES AU NIVEAU DU DISPOSITIF RFID DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER AVEC LEUR REPARTITION PAR ZONE D'ELOIGNEMENT. ....	33
FIGURE 27 : BOX-PLOTS DES DISTANCES PARCOURUES ENTRE LEUR POINT DE MARQUAGE ET L'OUVRAGE DE MARIGNIER PAR ESPECE ET PAR STADE DE DEVELOPPEMENT.....	34
FIGURE 28 : A, B ET C) HISTOGRAMMES DES LONGUEURS TOTALES DES INDIVIDUS DETECTES ENTRE 2016 ET 2020 AU NIVEAU DU DISPOSITIF RFID DE L'AMENAGEMENT DE MARIGNIER ; D) NOMBRE D'ANNEES ENTRE LA DATE DE MARQUAGE ET LA 1 <sup>ERE</sup> DETECTION. ....	35
FIGURE 29 : DEFINITION DES DIFFERENTS GROUPES D'INDIVIDUS EN FONCTION DE LEURS COMPORTEMENTS ET DE LEURS DETECTIONS AUX ANTENNES DU DISPOSITIF DE MARIGNIER. ....	36
FIGURE 30 : NOMBRE DE FRANCHISSEMENTS DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER EFFECTUES PAR UN INDIVIDU D'UNE ESPECE ET D'UN STADE SPECIFIQUE AU COURS DU SUIVI ENTRE 2016 ET 2020. ....	39
FIGURE 31 : NOMBRE ET POURCENTAGE DE FRANCHISSEMENTS PAR ESPECE EN FONCTION DU TYPE D'AMENAGEMENT UTILISE POUR LA MONTAISON. ....	39
FIGURE 32 : NOMBRES MENSUELS DE CONTACTS EN AVAL ET EN AMONT DE L'OUVRAGE ET NOMBRE MENSUELS DE FRANCHISSEMENTS ET DE DEVALAISONS DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER PAR LES TRUITES FARIO POUR LES 3 ANNEES COMPLETES DE SUIVI. ....	42
FIGURE 33 : NOMBRES MENSUELS DE CONTACTS EN AVAL ET EN AMONT DE L'OUVRAGE ET NOMBRE MENSUELS DE FRANCHISSEMENTS ET DE DEVALAISONS DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER PAR LES BARBEAUX FLUVIATILES POUR LES 3 ANNEES COMPLETES DE SUIVI. ....	44
FIGURE 34 : NOMBRES MENSUELS DE CONTACTS EN AVAL ET EN AMONT DE L'OUVRAGE ET NOMBRE MENSUELS DE FRANCHISSEMENTS ET DE DEVALAISONS DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER PAR LES CHEVESNES POUR LES 3 ANNEES COMPLETES DE SUIVI. ....	45
FIGURE 35 : GRAPHIQUES RELIANT DES TEMPS DE PASSAGES DES BARBEAUX, DES CHEVESNES ET DES TRUITES EN FONCTION DES VARIABLES ABIOTIQUES : (A) DEBIT HORAIRE, (B) TEMPERATURE HORAIRE, (C) MOIS DE PASSAGE ET (D) HEURE DE PASSAGE....	48
FIGURE 36 : BOX-PLOTS MENSUELS DES DEBITS ET TEMPERATURES HORAIRES DU GIFFRE PENDANT LA PERIODE DE SUIVI MIS EN RELATION AVEC LES DEBITS ET TEMPERATURES ENREGISTRES AU MOMENT DES TRAVERSEES DE L'OUVRAGE (MONTAISON ET DEVALAISON) PAR LES TRUITES FARIO (TRF), LES BARBEAUX FLUVIATILES (BAF) ET LES CHEVESNES (CHE). ....	51
FIGURE 37 : HEURE EN FONCTION DES MOIS DES TRAVERSEES DE L'OUVRAGE (MONTAISON ET DEVALAISON CONFONDUES) PAR LES TRUITES FARIO (TRF), LES BARBEAUX FLUVIATILES (BAF) ET LES CHEVESNES (CHE). ....	52
FIGURE 38 : NOMBRE D'INDIVIDUS RECAPTURES LORS DES OPERATIONS DE PECHE ELECTRIQUE DE SONDAGE OU A LA CANNE PAR DES PECHEURS AMATEURS DURANT LE SUIVI DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER. ....	53
FIGURE 39 : DISTANCE PARCOURUE PAR LES INDIVIDUS RECAPTURES ENTRE LEURS POINTS DE MARQUAGE ET DE RECAPTURE EN FONCTION DU LAPS DE TEMPS ECOULES ENTRE LES 2 CONTACTS. ....	54
FIGURE 40 : HISTOGRAMMES DES ABONDANCES SPECIFIQUES SUR CHACUNE DES STATIONS PISCICOLES HISTORIQUES PROCHES DE L'OUVRAGE ETUDIE. ....	55
FIGURE 41 : VALEURS DE DENSITE (INDIVIDUS/10 ARES, BLEU) ET BIOMASSE (KG/HA, VERT) DE TRUIE FARIO PAR STATION DE SUIVI PISCICOLE.....	56
FIGURE 42: CHRONOLOGIE ET FONCTIONNEMENT DES ANTENNES ET DEBITS MOYENS JOURNALIERS SUR L'ANNEE.....	65
FIGURE 43 : ETAT DE LA RAMPE ENROCEE RIVE DROITE ET DES ANTENNES A3 ET A4 APRES LES CRUES DE DE FIN DECEMBRE 2017 – DEBUT JANVIER 2018. LES FLECHES ROUGES INDIQUENT LES FRAGMENTS D'ANTENNES RESTANTS.....	66
FIGURE 44 : CHRONOLOGIE DE L'ETAT DU SEUIL DU PONT SNCF DE MARIGNIER AVANT LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT EN 2015, UNE FOIS LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT REALISES (2016 – 2017) ET APRES LES CRUES DE FIN DECEMBRE 2017 – DEBUT JANVIER 2018.....	66

FIGURE 45 : EVOLUTION DE L'ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX DE RESTAURATION DES DIGUES A L'AVAL IMMEDIAT DE L'AMENAGEMENT DE MARIGNIER ASSOCIE A L'ENGRAVEMENT DE LA PASSE A MACRORUGOSITES AU COURS DE L'HIVER 2019 – 2020.....	68
FIGURE 46 : SITUATION DU TRONÇON CANALISE DU GIFFRE A L'AVANT DE L'OUVRAGE DU PONT SNCF DE MARIGNIER A L'ISSUE DES TRAVAUX DE RESTAURATION DES DIGUES.....	68
FIGURE 47 : EVOLUTION DU PROFIL EN LONG DE LA RAMPE RUSTIQUE ENTRE LE 18 MAI 2016 APRES LA FINALISATION DES TRAVAUX, LE 2 SEPTEMBRE 2016 APRES LES CRUES DE L'ETE 2016 ET LE 12 JUIN 2017 APRES LA CRUE DU 6 JUIN 2017.....	69
FIGURE 48 : SITUATIONS « PROJET » (A) ET « REALISE » (B) DE L'AMENAGEMENT DU SEUIL DU PONT SNCF DE MARIGNIER EN PERIODE D'ETIAGE ET LOCALISATION DU TRANSECT DE JAUGEAGE A DEUX ZOOMS DIFFERENTS (C) ET (D).....	75
FIGURE 49 : SCHEMAS DES MESURES VERTICALES REALISEES TOUS LES 50 CM SUR CHACUNE DES DEUX SECTIONS CORRESPONDANT A CHAQUE COTE DE L'AMENAGEMENT.....	76

## TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES « PROJET » DES DEUX RAMPES CONSTITUANT L'AMENAGEMENT DU SEUIL DU PONT SNCF DE MARIGNIER.....	2
TABLEAU 2 : CARACTERISTIQUES DES ANTENNES DU DISPOSITIF DE DETECTION MIS EN ŒUVRE POUR LE SUIVI.....	7
TABLEAU 3 : RECAPITULATIF DES OPERATIONS DE CAPTURES ET MARQUAGE EFFECTUEES POUR LE SUIVI.....	9
TABLEAU 4 : VALEURS GUIDES POUR LES TAILLES D'INDIVIDUS A MARQUER EN FONCTION DES TAILLES DE TRANSPONDEURS DISPONIBLES.....	10
TABLEAU 5 : REPARTITION SPATIO-TEMPORELLE DES DONNEES PISCICOLES EXISTANTES A PROXIMITE DE L'OUVRAGE ETUDIE.....	15
TABLEAU 6 : RECAPITULATION DES TEMPS D'ARRET ET DU POURCENTAGE DE FONCTIONNEMENT OPTIMAL DE CHACUNE DES ANTENNES AU COURS DU SUIVI.....	19
TABLEAU 7 : VALEURS MAXIMALES DES DEBITS INSTANTANES ENREGISTREES LORS DES TESTS DE DETECTION DE SURFACE POUR LES 3 TAILLES DE TRANSPONDEURS SUR CHACUNE DES 4 ANTENNES DU DISPOSITIF.....	21
TABLEAU 8 : BILAN DES DETECTIONS PAR ANTENNE ET PAR TAILLE DE TRANSPONDEURS ASSOCIEES AUX DEBITS MINIMUM ET MAXIMUM OBSERVES AU COURS DU SUIVI RFID 2016-2020.....	22
TABLEAU 9 : LONGUEUR TOTALE ET BIOMASSE MOYENNES ET MEDIANES PAR ESPECE AU SEIN DE L'ECHANTILLON MARQUE DANS LE CADRE DU SUIVI DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER.....	26
TABLEAU 10 : DEFINITION DE L'AGE ADULTE DES 4 ESPECES DITES « MOBILES » A PARTIR DE LA BIBLIOGRAPHIE.....	27
TABLEAU 11 : DECOMPTE PAR ESPECE DES INDIVIDUS DETECTES AU NIVEAU DU DISPOSITIF RFID DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER POUR CHAQUE ANNEE DU SUIVI (DE 2016 A 2020) ET AU GLOBAL.....	30
TABLEAU 12 : DECOMPTE PAR ESPECE DES INDIVIDUS DETECTES AU NIVEAU DU DISPOSITIF RFID DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER ET ORIGINAIRES DU GIFFRE ET DE L'ARVE, POUR CHAQUE ANNEE DU SUIVI EN FONCTION DE LEUR ANNEE DE MARQUAGE.....	32
TABLEAU 13 : EFFECTIFS DE POISSONS MARQUES, « SUPPOSES MIGRANTS » ET DETECTES CLASSES PAR GROUPE DE COMPORTEMENT DE DEPLACEMENT DONNANT ACCES AUX PARAMETRES D'ATTRACTIVITE ET DE FRANCHISSABILITE.....	37
TABLEAU 14 : EFFECTIF SPECIFIQUE D'INDIVIDUS AYANT FRANCHI UNE SEULE FOIS OU FRANCHI ET DEVALE L'OUVRAGE POUR CONNAITRE LE NOMBRE D'INDIVIDUS MARQUES ETANT RESTE EN AMONT DE L'OUVRAGE DE MARIGNIER.....	46
TABLEAU 15 : TEMPS DE FRANCHISSEMENT ET DE DEVALAISON, MINIMA, MAXIMA ET MOYENS PAR GAMME DE DUREES OBSERVEES POUR CHACUNE DES ESPECES DETECTEES ET AYANT TRAVERSEES L'AMENAGEMENT AU COURS DU SUIVI.....	47
TABLEAU 16 : SYNTHESE DES RESULTATS DES TESTS DE CORRELATION DE SPEARMAN POUR LES TRUITES FARIO ET LES BARBEAUX FLUVIATILES.....	49

## TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : INSTALLATION DU DISPOSITIF DE DETECTION RFID SUR L'OUVRAGE DE MARIGNIER (BEAUFILS & CHASSERIEAU, 2017).	65
ANNEXE 2 : REDUCTION DE L'ENVERGURE DU DISPOSITIF TELEMETRIQUE SUITE A DES EVENEMENTS HYDROLOGIQUES ET/OU DES TRAVAUX .....	66
ANNEXE 3 : DESTABILISATION DE LA RAMPE RUSTIQUE ET DU PROFIL EN TRAVERS DE L'ANTENNE A3 .....	69
ANNEXE 4 : LOCALISATION DES POINTS DE MARQUAGE (DE 2016 A 2018) POUR CHACUNE DES ESPECES CIBLES.....	70
ANNEXE 5 : DETAILS DES TESTS DE CORRELATION DE SPEARMAN ENTRE LES TEMPS DE PASSAGES ET LES PARAMETRES ABIOTIQUES POUR LES TRUITES FARIO ET LES BARBEAUX FLUVIATILES. ....	72
ANNEXE 6 : JAUGEAGE DU 02 SEPTEMBRE 2016 EN AMONT IMMEDIAT DE L'AMENAGEMENT DU SEUIL DU PONT SNCF DE MARIGNIER.....	75

# 1 Introduction et contexte de l'étude

L'ouvrage du pont SNCF de Marignier (N°ROE 14665) est situé sur le Giffre aval (tronçon de rivière torrentielle de 10 m à 27 m de large pour une pente moyenne de 6‰), à environ 2.7 km de la confluence avec l'Arve (Figure 1). Ce tronçon aval (de la confluence avec l'Arve jusqu'à Marignier) appartient à la masse d'eau fortement modifiée N°FRDR561 qui se caractérise par une hydrologie artificielle liée à l'exploitation de deux barrages EDF situés en amont (Mieussy et Taninges). Ce tronçon est pourtant classé en réservoir biologique mais son état écologique a été défini comme étant moyen dans le SDAGE 2016 - 2021. Les risques de non atteinte du bon état (prévu en 2027) sont liés à la morphologie et la continuité. Ce tronçon aval appartient à la liste des cours d'eau classés en liste 2 (au titre de l'article L. 214-17 du code de l'environnement), ce qui signifie que la libre circulation des poissons et le transport suffisant des sédiments doivent être restaurés dans un délai de 5 ans suite au classement.

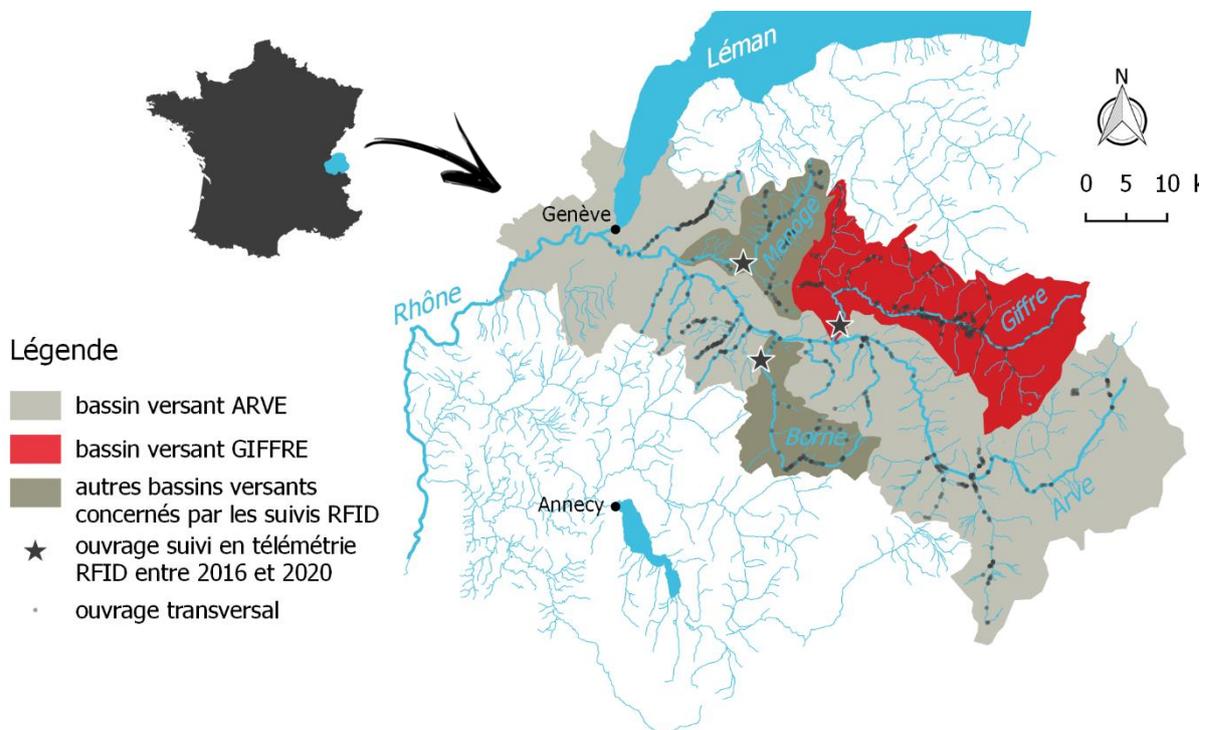


Figure 1 : Localisation du site d'étude et des autres suivis d'ouvrage mis en œuvre sur le bassin versant de l'Arve.

L'ouvrage ciblé par ce suivi était, avant 2016, un seuil en palplanches haut de 1.2 m (Figure 2). Dans le cadre du Contrat de Rivière pour le Giffre et ses Affluents porté par le SM3A (Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents), l'action B-4-1-5 a pour but de «Restaurer la libre circulation piscicole au niveau du seuil sous le pont de la voie SNCF à Marignier». Ainsi en 2016, cet ouvrage a été aménagé en deux rampes dont les caractéristiques sont mentionnées au Tableau 1. L'une est dite rustique en enrochements libres implantée côté rive droite et la seconde dite technique

ou à macrorugosités, située côté rive gauche, est constituée de menhirs verticaux et d'une rugosité de fond créée par des petits blocs. La transition latérale entre les deux types de rampe est gérée au moyen d'une crête étanche en enrochements pour assurer la bonne répartition des débits. Cette dualité de l'ouvrage est prévue pour optimiser les franchissements piscicoles puisque la rampe technique est dimensionnée pour une franchissabilité pour des faibles débits (d'un étiage de 2.4 m<sup>3</sup>/s et un module de 9,8 m<sup>3</sup>/s) et la rampe en enrochements jointifs pour une gamme de débits supérieurs au module (10-11 m<sup>3</sup>/s).



Figure 2 : Ouvrage du pont SNCF de Marignier sur le Giffre aval, avant et après aménagement.

Tableau 1 : Caractéristiques « projet » des deux rampes constituant l'aménagement du seuil du pont SNCF de Marignier.

Type de rampe	Rampe technique (à macrorugosités)	Rampe rustique (en enrochements libres)
Côté d'implantation	rive gauche	
Nature des matériaux	blocs d'enrochement liaisonnés	blocs d'enrochement libres
Largeur (m)	11	14,5
Longueur utile (m)	42,5	42,5
Côte moyenne de la crête du seuil (m NGF)	467,75	468,15
Pente moyenne	5,50%	5,50%
Caractéristiques du profil en long	3 zones de replat intermédiaires en forme de « petites moulles » (zone de repos pour le poisson)	
Caractéristiques du profil en travers		forme légèrement cintrée pour concentrer l'écoulement dans la partie centrale

Ce type d'aménagement a été choisi pour les raisons suivantes (source Dossier Loi sur l'Eau 2015) :

- bonne fonctionnalité,
- ouvrage « ubiquiste », bien adapté à toutes les espèces cibles (même celles dépourvues de capacité de saut comme le chabot, voire aussi l'ombre commun même si ses capacités de saut ne semblent pas nulles),

- bonnes conditions de montaison et dévalaison,
- plage de fonctionnalité élargie (notamment pour la gamme des forts débits),
- ouvrage moins sensible au phénomène d'engrèvement qu'une « passe classique » en génie civil,
- bonne transition avec les ouvrages de protection latérale (empierrements / digues) et bonne insertion paysagère (substrat rocheux),
- limitation des coûts de maintenance et d'entretien.

L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse ainsi que l'OFB (Office Français de la Biodiversité anciennement ONEMA) préconisent d'évaluer l'impact, sur les milieux et les populations, des actions de protection et de restauration des milieux aquatiques. Cette acquisition de connaissances permet d'une part, d'apprécier l'efficacité des travaux réalisés par rapport aux objectifs initiaux et d'autres part, de mieux comprendre le fonctionnement des milieux et donc d'être en capacité de mieux les gérer. Les suivis d'évaluation d'efficacité de travaux permettent également d'avoir des retours d'expérience sur les solutions techniques choisies en fonction des objectifs initiaux. Ces retours sont importants pour orienter des aménagements futurs pertinents et efficaces.

L'aménagement du seuil du pont SNCF de Marignier présente la particularité de combiner deux types de rampes qui doivent optimiser le franchissement piscicole face aux conditions hydrologiques. C'est le premier ouvrage de ce type dans le département de la Haute-Savoie. Afin de vérifier son efficacité et de quantifier les déplacements piscicoles via ce dernier, le suivi biologique s'est orienté vers un suivi télémétrique utilisant la technologie RFID (Radio Fréquence Identification). Une telle méthode de suivi a été choisie car elle permet de quantifier un flux de poissons préalablement marqués franchissant ou dévalant l'ouvrage (muni de plusieurs antennes de détection) et ce à tout moment du jour ou de la nuit. Ainsi certains patrons de franchissement de l'ouvrage (période de passage, temps de passage, flux...) peuvent être mis en évidence. En plus de l'efficacité des travaux entrepris, ce suivi donnera des éléments sur la dynamique piscicole sur ce secteur du Giffre.

La Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de Haute-Savoie (FDAAPPMA 74) intervient comme partenaire technique au maître d'ouvrage qui est le SM3A.

Ce rapport synthétise les résultats annuels décrits précédemment (BEAUFILS & CHASSERIEAU, 2017, 2018 ; CHASSERIEAU, 2019a) et dresse le bilan final du suivi télémétrique de l'aménagement du seuil du pont SNCF de Marignier.

## 2 Objectifs

Les objectifs de ce suivi sont de :

- Evaluer l'efficacité de franchissement des rampes d'aménagement du seuil du pont SNCF à Marignier par les différentes espèces piscicoles en présence sur ce secteur du Giffre via un dispositif RFID.
- Confronter les franchissements observés au niveau des différentes rampes avec les variables de thermie et de débit disponibles, via respectivement le réseau de sondes de température présent sur le linéaire aval du Giffre et la station limnimétrique N°V0154010 située à plan Séraphin, soit 4 km en amont du site d'étude ; [cette station est tenue par la DREAL et les données sont disponibles sur la Banque Hydro]. L'analyse de cette confrontation permettra de statuer sur la complémentarité des 2 types de rampes et de leur efficacité de fonctionnement.
- Formuler le cas échéant des propositions d'amélioration des aménagements à l'échelle du site pour améliorer son efficacité.

## 3 Matériel et méthodes

### 3.1 Principe de la technologie RFID mise en œuvre pour le suivi

L'efficacité d'un ouvrage de franchissement s'évalue de manière pertinente via des dispositifs télémétriques, en particulier via la technologie RFID puisqu'ils permettent de quantifier le flux de poissons marqués franchissant ou dévalant l'ouvrage et ce à tout moment du jour ou de la nuit. Ainsi certains patrons de franchissement d'ouvrages (période de passage, temps de passage, flux...) peuvent être mis en évidence uniquement via de telles technologies.

La technologie RFID utilise des transpondeurs passifs ou PIT-tag (Passive Integrated Transponder) qui sont des marques non alimentées par une batterie. Ils émettent une fréquence radio lorsqu'ils sont excités par un champ magnétique (constitué par une antenne). Le signal transmis est un code unique qui permet l'identification précise d'un individu marqué. Cette méthode permet le marquage rapide d'un grand nombre d'individus (plusieurs centaines) pour un temps quasi illimité (très longue durée de vie de la marque, généralement le temps de vie de l'individu pour les espèces étudiées ici). Ceux-ci peuvent ensuite être détectés grâce à des antennes fixes ou mobiles, à une distance maximale variant de 30 à 80 cm en moyenne (Figure 3). Les antennes fixes sont disposées ici au fond du lit et fixées sur des gros blocs mais il est également possible suivant le gabarit du cours d'eau de les installer en position verticale.

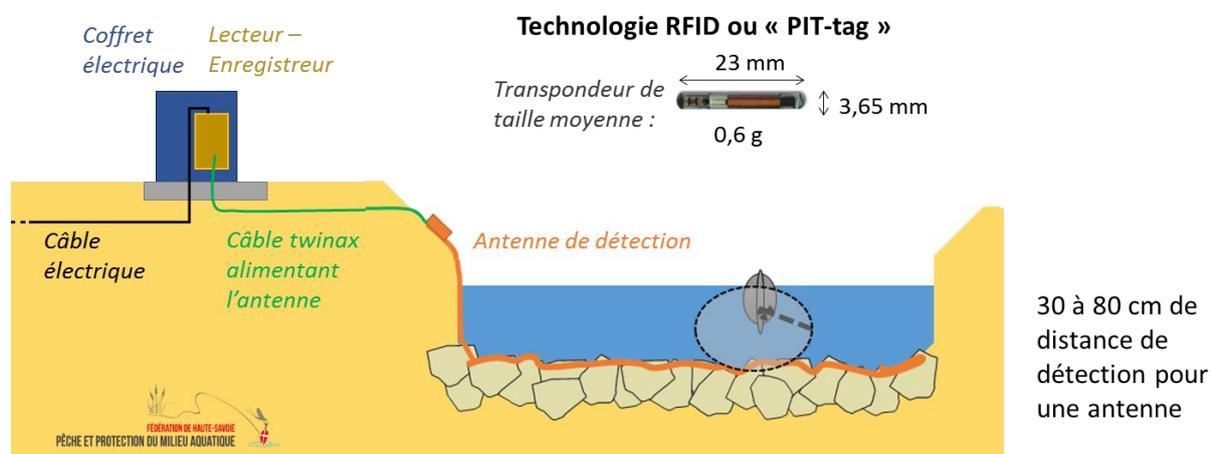


Figure 3 : Principe de fonctionnement des antennes PIT-tag

Lorsqu'un poisson marqué passe dans le champ de détection d'une antenne, une donnée de la forme « date / heure / numéro du poisson / numéro de l'antenne » est créée et enregistrée par un lecteur/enregistreur relié à l'antenne de détection et situé en berge. Plusieurs lecteurs peuvent être nécessaires pour couvrir l'ensemble de l'ouvrage. Les données engendrées par chaque lecteur sont téléchargées régulièrement, dans l'idéal, à un pas de temps hebdomadaire.

Ces données permettent de connaître: le nombre d'individus (par espèce) ayant transité dans l'ouvrage, les sens de déplacement (montaison et/ou dévalaison), les temps de franchissement, les relations éventuelles avec les variables du milieu (débit et température) et les caractéristiques morphologiques des individus (taille, poids, âge).

### 3.2 Description du dispositif télémétrique mis en place sur l'ouvrage

L'aménagement de l'ouvrage du pont SNCF de Marignier à l'issue des travaux en 2016 était constitué de deux rampes différenciées, l'une dite rustique en enrochements libres (côté rive droite) et l'autre, dite technique ou à macrorugosités constituée de menhirs verticaux et d'une rugosité de fond créée par des petits blocs (côté rive gauche). Afin de distinguer les voies et les sens de passage des poissons transitant par l'ouvrage, il a été fait le choix de munir chaque rampe d'une paire d'antennes de détection (une à l'aval et une à l'amont) (Figure 4). Les antennes implantées côté rive gauche (A1 et A2) sont reliées aux lecteurs par des câbles twinax enterrés sous l'ouvrage ou dans les digues (fourreaux aiguillés mais non câblés installés sous l'ouvrage en phase travaux).

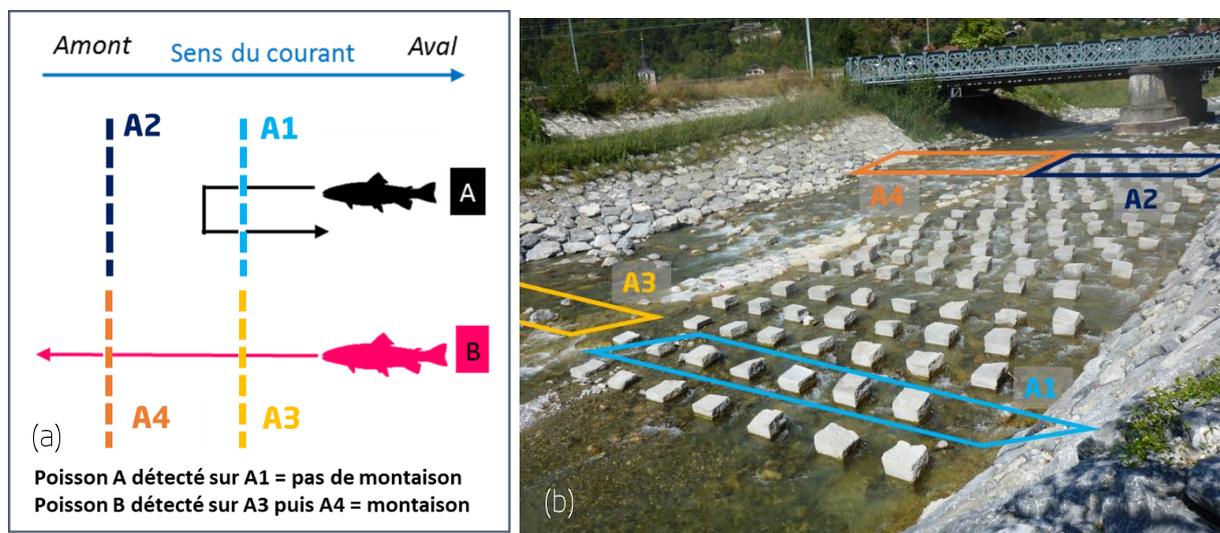


Figure 4 : a) Schéma de principe de fonctionnement du dispositif de détection RFID de Marignier avec le discernement du sens de passage et de la rampe utilisée ; (b) Emplacement des 4 antennes de détection sur l'ouvrage aménagé.

Ainsi, initialement le dispositif RFID de Marignier totalise 4 antennes plates (dites « pass-over ») dont les caractéristiques sont définies dans le Tableau 2. Elles sont reliées à 4 lecteurs / enregistreurs de marque Oregon RFID disposés en rive droite (Figure 5). L'installation du dispositif RFID a été effectuée entre 07 avril et le 19 décembre 2016, en plusieurs fois compte tenu des conditions hydrologiques défavorables au début de l'été 2016, du remaniement de la rampe rustique (rive droite) au cours de l'été 2016 et des arrachages successifs de l'antenne A2 installée dès le mois d'avril 2016 (Annexe 1). Le dispositif de détection dans son ensemble était installé et efficace en date du 21 décembre 2016.

Cependant plusieurs événements au cours du suivi ont réduit le nombre d'antennes constituant le dispositif (Annexe 2) :

1. En décembre 2017, une crue biennale a déstabilisé et emporté la rampe rustique rive droite. A partir de cette date, seules les antennes A1 et A2 étaient encore fonctionnelles et apportent des éléments sur les déplacements piscicoles via la partie gauche de l'ouvrage, c'est-à-dire la passe à macrorugosités.

2. A partir de l'automne 2019, les travaux de restauration des digues à l'aval immédiat de l'ouvrage ont perturbé le flux sédimentaire, provoquant l'engravement de plus de la moitié de la passe à macrorugosités et rendant inefficace les détections de l'antenne A1 qui s'est retrouvée sous une couche de matériaux de plus de 90 cm (soit la hauteur des « plots » de la passe).

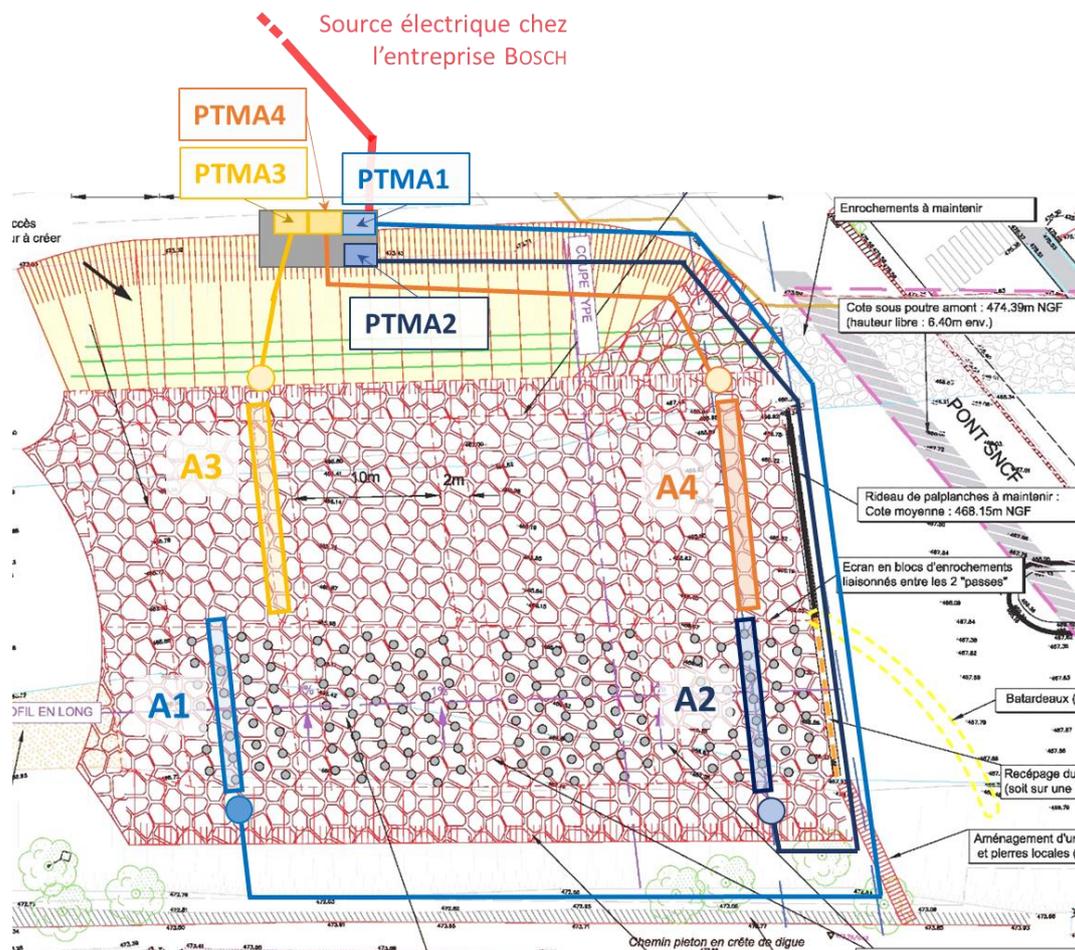


Figure 5 : Schéma d'implantation des différents éléments qui composent le dispositif de détection RFID mis en place pour le suivi de l'ouvrage de franchissement du pont SNCF de Marignier.

Tableau 2 : Caractéristiques des antennes du dispositif de détection mis en œuvre pour le suivi.

Antenne	Forme	Longueur (m)	Largeur (m)	Distance de détection (cm)		
				tag 12 mm	tag 23 mm	tag 32 mm
A1	à plat, presque rectiligne	13,5	0,6	33	60 à 65	80 à 90
A2	à plat, presque rectiligne	14	0,7	33 à 35	60 à 70	90 à 100
A3	à plat, suit la déclinaison des blocs	14	0,6	33	60 à 65	80 à 90
A4	à plat, suit la déclinaison des blocs	14	0,5	13	33 à 35	40 à 45

Les antennes sont fixées à la surface de l'ouvrage, sur les « faces aval » des blocs de la rampe rustique et entre les blocs de rugosité de fond de la rampe technique à l'aide de goujons d'ancrage (Figure 6). Cette solution a été choisie pour que les antennes restent à demeure durant toute la durée du suivi.



Figure 6: Ancre des antennes au fond du lit. a) antenne A4 à l'amont de la rampe rustique; b) antenne A2 à l'amont de la rampe technique au niveau de la seconde rangée de menhirs; c) zoom du goujon d'ancre et de la bague de fixation.

Il s'est avéré que le calage et la taille des blocs de 300 à 700 kg (50 – 70 cm) définie pour la rampe rustique, ne soient pas suffisants aux vues des caractéristiques hydrologiques du Giffre pour maintenir un profil satisfaisant pour des antennes de détection RFID de type « pass over ». Plusieurs crues d'importance moyenne survenues en début d'été 2016 et juin 2017 ( $86 \text{ m}^3/\text{s} < QH$  au pic de crue  $< 133 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ont déstabilisé un certain nombre de blocs dont certains choisis comme points de fixation des antennes (Annexe 3). Ces derniers avaient pourtant été sélectionnés pour leur grande taille et leur stabilité initiale.

Pour fonctionner, le dispositif télémétrique RFID est relié au réseau électrique de l'entreprise ROBERT BOSCH AUTOMOTIVE Steering Marignier SAS située en rive droite à proximité immédiate du site d'étude (Figure 7). L'entreprise BOSCH fournit à titre gracieux l'électricité nécessaire pour alimenter les 4 lecteurs / enregistreurs depuis le 30 mai 2016 et ce, pour toute la durée du suivi (partenariat régi par une convention).

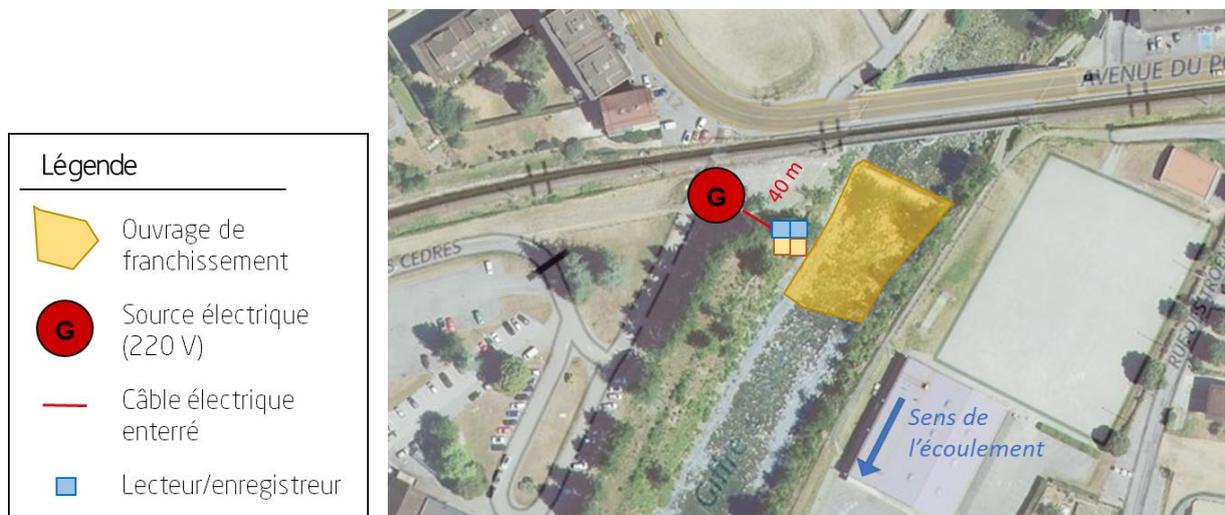


Figure 7: Localisation de la source électrique privée et du cheminement du câble électrique enterré qui alimente le dispositif télémétrique.

### 3.3 Capture et marquage des poissons

La capture des poissons s'effectue par pêche électrique de sondage (non-exhaustif) ou d'inventaire selon la méthode par enlèvement successif (DE LURY, 1951). La FDAAPPMA 74 n'a pas effectuée seule toutes les captures en vue des marquages. En effet, afin d'optimiser les opérations de captures et minimiser le dérangement des poissons, elle s'est associée aux opérations de captures piscicoles pouvant être effectuées entre 2016 et 2018 par d'autres opérateurs sur le périmètre d'étude. Pour ces dernières, au cours de la biométrie habituelle, le personnel de la fédération effectuait les opérations de marquage.

Il y a eu au total 12 jours de captures, opérés entre le 20 janvier 2016 et le 07 septembre 2018 qui ont permis de prospecter un cumul de 8,7 km (Tableau 3).

Tableau 3 : Récapitulatif des opérations de captures et marquage effectuées pour le suivi

Cours d'eau	Date	Linéaire prospecté (m)	Total prospecté (m)	Opérateur	SONDAGE	INVENTAIRE	Raison	Débit (m <sup>3</sup> /s) <sup>(a)</sup>
ARVE	10/03/2016	580	3260	FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	54,50
	16/03/2016	214		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	52,50
	31/01/2017	1389		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	21,00
	01/02/2017	256		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	38,00
	27/02/2018	820		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	37,00
LE GIFFRE	20/01/2016	440	5444	SAGE ENVIRONNEMENT	X		Pêche avant travaux	4,90
	04/08/2016	202		SAGE ENVIRONNEMENT		X	Suivi biologique contournement Marignier	2,58
	03/10/2016	1779		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	2,23
	06/10/2016	1664		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	2,20
	12/12/2016	83		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	6,09
	22/08/2018	507		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	2,18
	07/09/2018	768		FDAAPPMA 74	X		Marquage RFID - suivi	2,34

<sup>(a)</sup> Pour l'Arve, la station limnimétrique de référence est celle tenue par l'OFEV à Genève : station du Bout du Monde (2140)  
Pour le Giffre, c'est celle tenue par la DREAL à Plan Séraphin - commune de Marignier (V0154010)

L'aménagement réalisé à Marignier a une vocation d'être multispécifique c'est-à-dire qu'il est conçu pour rendre possible les déplacements de toutes les espèces piscicoles. Aussi, les espèces ciblées pour le suivi sont celles en présence sur le tronçon du Giffre aval (sauf les petites espèces communes comme la loche franche, le vairon, le gardon ou l'épinoche). L'échantillonnage dans le Giffre s'est focalisé sur les 4 espèces suivantes (par ordre d'importance en fonction des densités observées dans le peuplement piscicole en place) : la truite fario, le chabot, le barbeau fluviatile et le chevesne. Une autre espèce non présente dans le Giffre d'après les données de pêches historiques mais recensée dans l'Arve au niveau de Bonneville a été ciblée par les opérations de marquage dans l'Arve : l'ombre commun. Cette dernière suscite notamment l'intérêt des gestionnaires quant au franchissement d'ouvrages.

Chaque individu ainsi capturé est anesthésié dans une solution d'eugénol (3 ml d'une solution à 10 % pour 10 l d'eau) puis pesé et mesuré, ceci permettant, outre d'avoir les caractéristiques morphologiques des individus franchissant le dispositif, de choisir la taille du transpondeur (appelé aussi PIT-tag) à insérer dans le poisson.

En effet, pour éviter la moindre gêne de l'individu dans son développement et ses déplacements, gêne pouvant être occasionnée par le transpondeur, il convient de respecter la « règle des 2 % » énoncée par WINTER & ROSS (1983) communément adoptée en télémétrie. Cela signifie que le poids du transpondeur dans l'air ne doit pas dépasser 2 % du poids du poisson dans l'air. Cette notion a été convertie en longueur totale par espèce en prenant une certaine marge pour s'assurer du bien-être du poisson notamment pour les petits individus et les petites espèces (Tableau 4).

Tableau 4 : Valeurs guides pour les tailles d'individus à marquer en fonction des tailles de transpondeurs disponibles.

Transpondeur Oregon RFID - type HDX		Poids de l'individu (g) marqué à 2%	Poids de l'indiv. retenu (g) pour le marquage	Longueur totale spécifique (cm)				
Taille (mm)	Poids (g)			Truite fario	Chabot, Blageon, Spirin	Chevaîne	Barbeau fluviatile	Ombre commun
12	0,1	5	6	8	8	9	8	8
23	0,6	30	40	15		18	16	13
32	0,8	40	100	21		24	20	17

Les individus ciblés pour le marquage sont incisés à l'aide d'un bistouri (incision < 5 mm) légèrement en arrière de la ceinture pectorale pour les salmonidés et les cyprinidés mais derrière la ceinture pelvienne et un peu décalé par rapport à la ligne centrale pour le chabot (voir OVIDIO *et al.*, 2007). Le transpondeur désinfecté à la bétadine dermique (10 %) est inséré dans la cavité péritonéale à la verticale puis basculé vers la ceinture pelvienne (Figure 8)



Figure 8 : Marquage interne d'une truite avec un PIT-tag de 23 mm ;  
(a) Incision en position ventrale et centrale réalisée au bistouri juste en dessous de la ceinture pectorale; (b) insertion du PIT-tag dans la cavité générale du poisson.

En plus du marquage, un prélèvement d'écaillés est réalisé afin de définir ultérieurement l'âge du poisson au moment de sa capture. Cette information est importante pour l'analyse de la dynamique des populations.

Les prélèvements d'écaillés se font dans la zone standardisée définie par OMBREDANE & RICHARD (1990) pour les salmonidés et par VITALI & BRAGHERI (1984) pour les grands cyprinidés. Le traitement et la lecture des écaillés se font au laboratoire à l'aide d'un lecteur microfiches.

Une fois la biométrie, la chirurgie et les prélèvements réalisés, les individus sont stockés pour la phase de réveil dans des viviers immergés dans le cours d'eau. Ces derniers sont placés de préférence dans un endroit ombragé, abrité mais bien oxygéné. Une fois que les individus sont totalement réveillés et présentent un état de santé satisfaisant, ils sont remis à l'eau là où ils ont été capturés (ou à l'aval dans le cas de la pêche de sauvegarde).

Ce suivi télémétrique, en plus d'étudier le franchissement de l'ouvrage en question, a vocation également d'essayer d'appréhender les dynamiques de populations à l'échelle du cours d'eau ou un peu plus largement, à l'échelle du bassin versant. La FDAAPPMA 74 a réalisé entre 2013 et 2020 plusieurs suivis de cette nature et son retour d'expérience montre que seulement 10 % des individus marqués sont détectés au niveau des dispositifs de détection.

De plus, pour définir des schémas de déplacements à l'échelle d'une population plutôt que des comportements individuels, un nombre suffisant de détections de poissons au niveau de l'ouvrage est nécessaire. L'idéal serait d'obtenir des détections d'une trentaine d'individus de chaque grande espèce (truite fario, barbeau fluviatile et chevesne). Le chabot n'étant pas connu pour effectuer des « longs » déplacements, les objectifs de détection sont plus modestes.

Ainsi, il est prévu de marquer, au total en plusieurs campagnes de marquage, 2000 individus toutes espèces et tous stades confondus.

### 3.4 Bancarisation des données télémétriques issues du dispositif fixe

Dans un premier temps, une visite hebdomadaire du site d'étude permettait le téléchargement des données ainsi que la vérification du bon fonctionnement de l'ensemble du dispositif RFID.

A partir de 2018, seules les 2 antennes de la rampe à macrorugosités demeuraient en place. Leur implantation autour des « plots » limitant les possibilités d'arrachements, les visites sur site se sont espacées pour finir par devenir mensuelles en 2019.

La Figure 9 décrit le format des données générées par les lecteurs-enregistreurs Oregon RFID.

#### Upload #21

Reader: ptfi3 Site: AA

D 2018-01-24 19:12:21.88 00:00:00.60 HW 0000\_0000000000000356 A3 4 8934

D 2018-01-24 19:31:11.31 00:00:00.20 HW 0000\_0000000000000337 A4 2 8933

E 2018-01-24 19:33:00.01 14.9V 0.20A 0.00A 0.00A 2.16A 1.95A ON ON 3N

D 2018-01-24 19:42:20.07 00:00:00.20 HW 0000\_0000000000000356 A3 2 8935

D 2018-01-24 20:01:09.30 00:00:00.20 HW 0000\_0000000000000337 A4 2 8936

D 2018-01-24 20:12:18.66 00:00:00.00 HW 0000\_0000000000000356 A3 1 8939

Figure 9: Format des données générées par un lecteur-enregistreur Oregon RFID

Après un prétraitement sous Excel (suppression des lignes « d'erreurs » et inutiles pour les futures analyses), les données de détections sont compilées sous Access pour être reliées aux caractéristiques biologiques des individus et aux informations spatio-temporelles de leur lieu de marquage.

### 3.5 Mesures des paramètres environnementaux

Les conditions hydrologiques et thermiques jouent un rôle essentiel dans les déplacements et comportements piscicoles. Pour les salmonidés par exemple, les variations de débits stimulent leurs migrations aussi bien vers l'amont que vers l'aval (BANKS, 1969 ; NORTHCOTE, 1984 ; JONSSON, 1991 ; CRISP, 1996) et tandis qu'une fluctuation de température peut déclencher leurs mouvements vers l'amont (OVIDIO *et al.*, 1998 ; CLAPP *et al.*, 1990 ; MEYERS *et al.*, 1992).

La température de l'eau est aussi importante dans le succès de passage d'obstacles des poissons car elle conditionne l'efficacité musculaire et les capacités de saut et de nage des poissons (WARDLE, 1980 ; BEACH, 1984 ; LARINIER *et al.*, 1993 ; CROZE & LARINIER, 2001). OVIDIO *et al.* (2002) ont montré par exemple dans l'Ourthe (affluent de la Meuse) que les obstacles étaient majoritairement franchis dans une gamme de température entre 10°C et 12°C (espèces étudiées : la truite, l'ombre et le brochet).

Les variables hydrologiques et thermiques ont été enregistrées et compilées en plusieurs points de la zone d'étude afin de les confronter aux mouvements piscicoles détectés au niveau du dispositif RFID.

#### 3.5.1 Le débit

La station hydrologique sur le Giffre à Plan Séraphin – commune de Marignier (V0154010) gérée par la DREAL Rhône-Alpes a été utilisée pour obtenir les données de débit durant la période de suivi. Cette station est située à environ 4 km à l'amont de l'ouvrage de Marignier. Le débit enregistré à Plan Séraphin n'est pas réellement celui observé au niveau de l'ouvrage étudié mais les fluctuations de débit enregistrées sont similaires puisque les deux points (station hydrologique et ouvrage étudié) sont situés dans le même tronçon court-circuité et à l'aval de la confluence du Risse (affluent majeur du Giffre aval) (Figure 10).

#### Légende

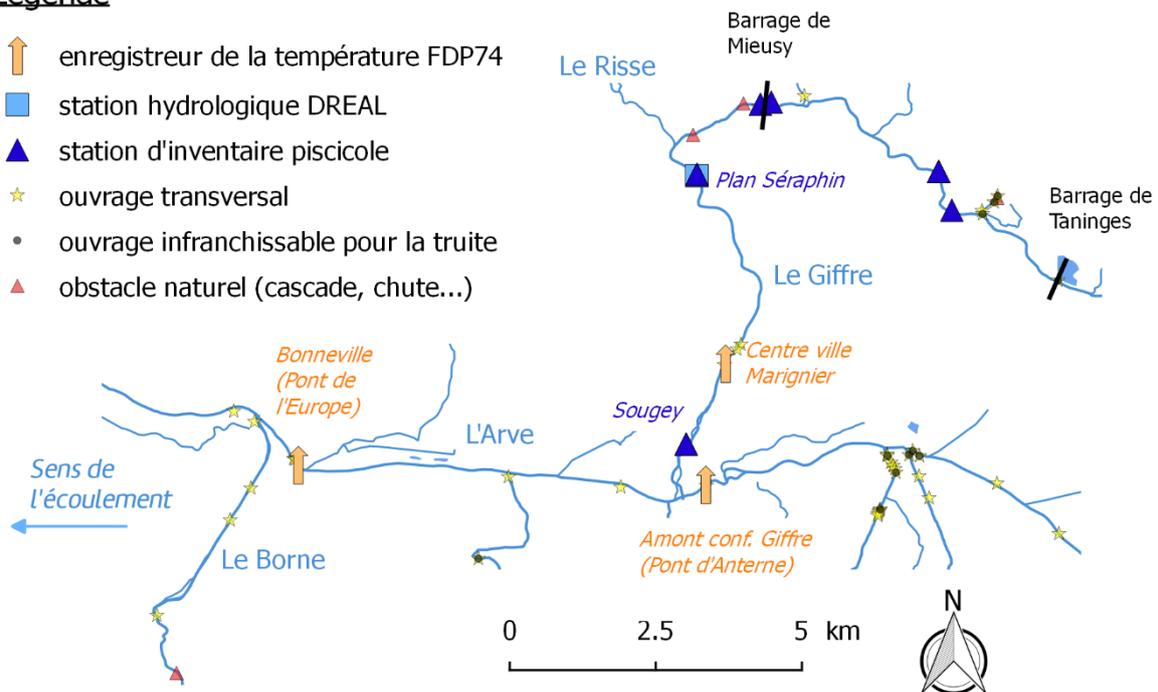


Figure 10 : Localisation des stations de suivi du débit et de la température utilisées pour caractériser les conditions abiotiques du milieu, associées aux producteurs des données ainsi que des stations historiques d'inventaires piscicoles.

Les Figure 11 et Figure 12 synthétisent les conditions hydrologiques survenues durant la période de suivi mais l'analyse des résultats a été réalisée à partir du débit horaire.

Le Giffre étant une rivière de régime essentiellement nival, la période de hautes eaux se situent au printemps au moment de la fonte de neige (Figure 11 et Figure 12). Durant la période d'étude, plusieurs crues hivernales et estivales ont eu lieu et ont pu déstabiliser ou détruire le dispositif de suivi et perturber les déplacements piscicoles. Les conditions hydrologiques mensuelles entre décembre 2016 et mai 2020 suivent globalement la tendance interannuelle. On notera cependant que les mois de janvier et avril 2018 se caractérisent par un débit moyen mensuel élevé (non comparable aux autres années de la période étudiée) ainsi que les mois de juillet et août 2019. Les conditions hydrologiques des mois de novembre et de décembre ont fortement fluctué entre 2017 et 2019. Le mois de novembre 2018 marque un étiage sévère alors que les mois de novembre 2019 et décembre 2018 et 2019 se caractérisent par un débit moyen mensuel plus conséquent que celui observé en 2017.

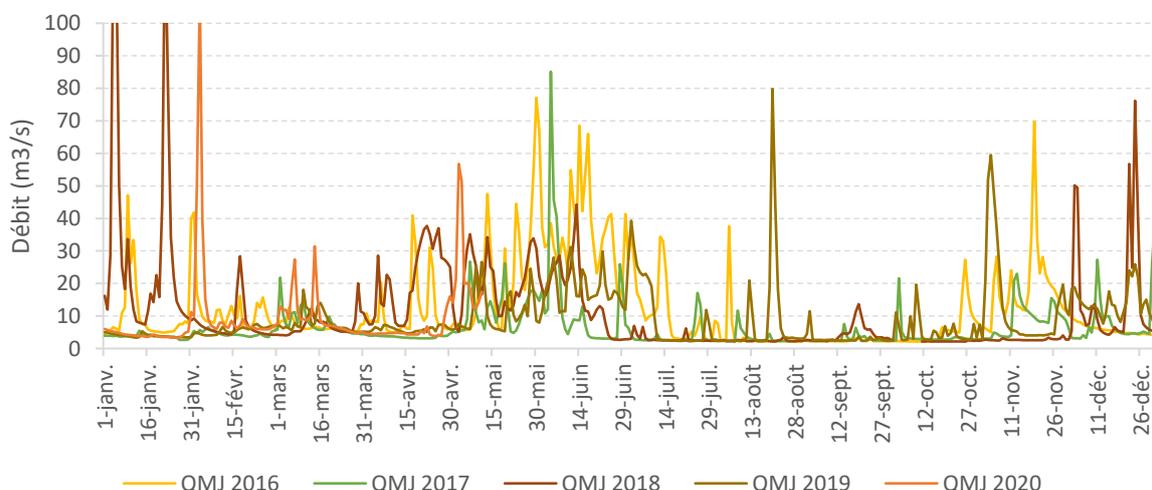


Figure 11 : Débits moyens journaliers entre 2016 et 2020 dans le Giffre à Plan Séraphin (commune Marignier) ; source : DREAL.

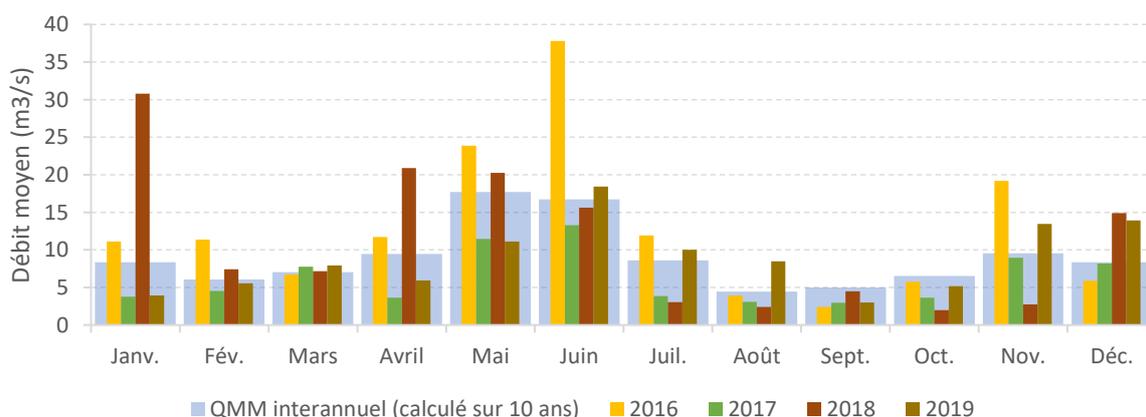


Figure 12 : Débits moyens mensuels entre 2016 et 2019 dans le Giffre à Plan Séraphin (commune Marignier) confrontés à la moyenne interannuelle ; source : DREAL.

### 3.5.2 La température

Pour bien appréhender ce paramètre, des thermogrammes ont été posés dans le Giffre au niveau du site d'étude et dans l'Arve (Figure 10). Ils enregistrent la température de l'eau au pas de temps horaire et ce, durant toute la durée du suivi. Toutes les modalités de pose des enregistreurs, de validation et de traitement des données thermiques sont décrites dans le manuel d'utilisation de la Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles (MACMASalmo V1.0, DUMOUTIER *et al.*, 2010).

Une fois récoltées, les données sont vérifiées pour s'affranchir d'éventuelles valeurs incorrectes causées par un dysfonctionnement, une mise hors d'eau ou un engravement de l'enregistreur. Après la phase de validation, les données brutes permettent de calculer un certain nombre de variables thermiques à l'aide d'une macro Excel *MACMASalmo1.0* (DUMOUTIER *et al.*, 2010). Ici, les températures journalières minimales, maximales et moyennes ainsi que les amplitudes thermiques journalières ont été étudiées afin de caractériser le profil thermique des 3 stations de l'aire d'étude.

La chronique de données thermiques est complète pour la station au niveau du site d'étude tandis que qu'elle ne couvre que la période novembre 2016 à novembre 2018 pour les deux stations situées dans l'Arve. Les données de la dernière année de suivi n'ont pu être récupérées puisque l'Arve ayant un régime glaciaire, la récupération des enregistreurs ne peut se faire en période estivale, synonyme de hautes eaux mais se réalise en période hivernale. L'hiver 2019-2020 a été exceptionnellement chaud donc les conditions hydrologiques favorables pour intervenir ne se sont pas présentées avant le traitement des données.

Le profil thermique du Giffre aval montre une grande amplitude de température entre l'hiver et l'été. Il n'est pas rare que les températures horaires dépassent les 20°C l'été, ce qui est le seuil limite de tolérance pour la truite fario. En comparaison, le profil thermique de l'Arve est plus tamponné avec des températures moyennes journalières qui ne dépassent jamais les 12°C (Figure 13). Les températures hivernales dans l'Arve à Bonneville suivent celles du Giffre aval alors qu'elles sont légèrement plus élevées dans l'Arve en amont de la confluence avec le Giffre.

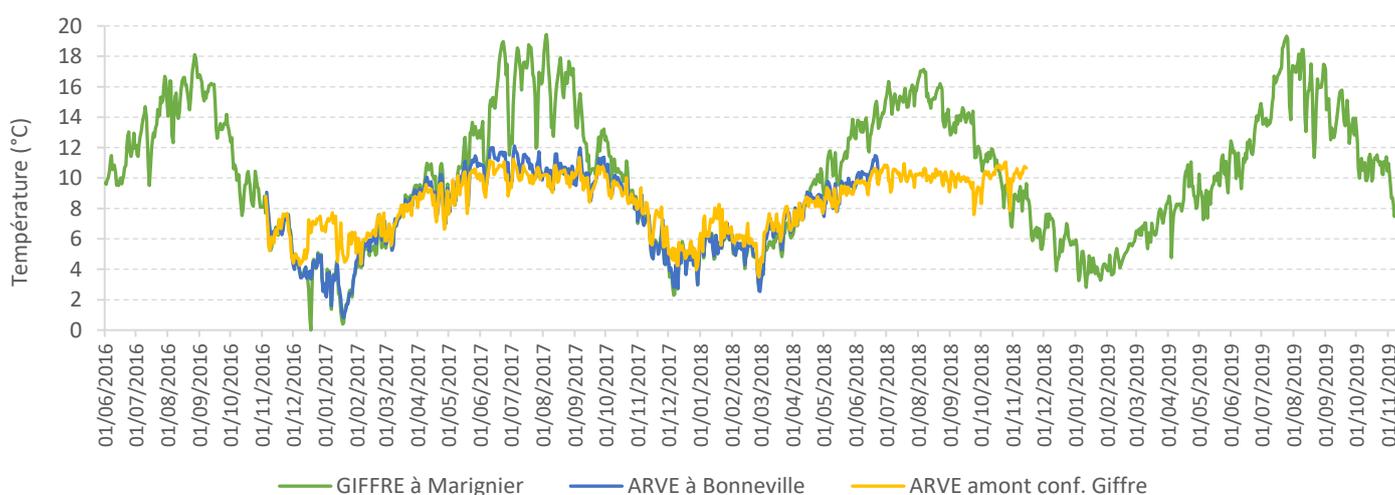


Figure 13: Températures moyennes journalières des 3 stations de suivi de la température (données entre juin 2016 et novembre 2019).

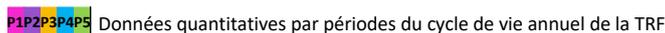
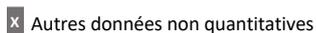
Les données de température au pas de temps horaires enregistrées dans le Giffre au niveau du centre-ville de Marignier ont été utilisées pour caractériser les déplacements piscicoles au niveau de l'ouvrage étudié.

### 3.6 Acquisition d'autres données piscicoles par pêche d'inventaire

Suite à l'aménagement du seuil du pont SCNF de Marignier, des mouvements piscicoles sont nouvellement possibles vers l'amont. Leur impact sur les peuplements en place en amont de l'ouvrage peut être estimé en comparant les données historiques issues d'inventaires et de sondages.

Le Tableau 5 dresse la liste des données disponibles entre 2005 et 2019 (soit une période de 15 ans) sur un secteur de 7 km englobant la zone d'aménagement (Figure 10). Elles ont été acquises par des bureaux d'études (respectivement TERE0, ASCONIT et SAGE Environnement) pour le compte du Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples du Haut Giffre (SIVOM Haut Giffre) en 2005 dans le cadre de l'étude piscicole, puis en 2011 dans le cadre de l'étude DMB du Giffre et pour EDF en 2016 et 2019 dans le cadre du suivi biologique du relèvement du débit réservé de Taninges.

Tableau 5 : Répartition spatio-temporelle des données piscicoles existantes à proximité de l'ouvrage étudié.

CdE	Station	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
LE GIFFRE	Avl bge Mieussy							P4								
	Plan Séraphin	P4						P4	<i>Seuil du Pont SNCF de Marignier infranchissable</i>							P4
	Sougey	P4						P4					P4			P4

### 3.7 Analyse des données et tests statistiques

L'analyse des données a été réalisée sous le logiciel Excel 2013 à l'aide de formules de conditions et les tests statistiques à l'aide du logiciel XLSTAT 2019 4.2.

Le test de corrélation de Spearman a été utilisé pour mettre en évidence les éventuelles corrélations entre les temps de passage et les paramètres abiotiques (heures, mois, températures, débits).

## 4 Résultats discutés

### 4.1 Fonctionnement du dispositif de détection

#### 4.1.1 Alimentation et réglage des antennes

Le fonctionnement du dispositif RFID est vérifié à l'aide de PIT-tags « témoin » positionnés sur chaque antenne de détection. Ces derniers sont détectés deux fois par heure, soit 48 fois par jour. Les variations du nombre de détections journalières indiquent des dysfonctionnements plus ou moins conséquents pouvant induire des pertes de données momentanées, ou plus longues lors de l'arrachage d'une antenne par exemple. Un nombre de détection supérieur à 48 fois par jour peut également engendrer une perte de données par le phénomène de collision de PIT-tags. C'est-à-dire que lorsque plusieurs PIT-tags se présentent en même temps sur l'antenne, cette dernière n'est pas capable de les lire de manière simultanée ; un décalage de quelques millisecondes entre les PIT-tags est nécessaire pour qu'elle puisse tous les identifier.

Le dispositif de détection RFID du seuil du pont SNCF de Marignier était fonctionnel avec 4 antennes et alimenté en électricité depuis le 21 décembre 2016. La Figure 14 fait état du fonctionnement de chacune de ces 4 antennes au cours de la période de suivi (entre décembre 2016 à mai 2020) mis en relation avec le débit moyen journalier du Giffre.

Sur la totalité de la période de suivi, les antennes ont été bien opérantes lorsqu'elles étaient en place. On remarque cependant plusieurs dérèglements d'une ou plusieurs antennes après des épisodes de hautes eaux notamment (Figure 14). En effet, les débits élevés vont engendrer du charriage de matériaux et provoquer un déplacement partiel ou complet des antennes. Il en découle un léger dérèglement de ces dernières qui peut avoir des conséquences sur l'efficacité de détection des poissons. Après ces épisodes de forte hydrologie, une maintenance a été effectuée dans un délai bref pour retrouver et maintenir une bonne efficacité de détection de l'ensemble du dispositif.

La Figure 15 et le Tableau 6 récapitulent les périodes d'arrêt et les pourcentages de fonctionnement de chacune des antennes pour leur durée de fonctionnement respective. On notera que les antennes A2 et A4, situées en amont, ont été fonctionnelles sur la quasi-totalité de leur période de fonctionnement (respectivement 97 % et 98 %) ce qui a permis de valider le franchissement de l'ouvrage même si les données n'ont pas permis de calculer les temps de passage des individus.

Les résultats de passage des poissons peuvent donc être adoptés en l'état sans y ajouter une marge d'erreur ; ils reflètent de toute façon un minima du nombre de poissons transitant via l'ouvrage.

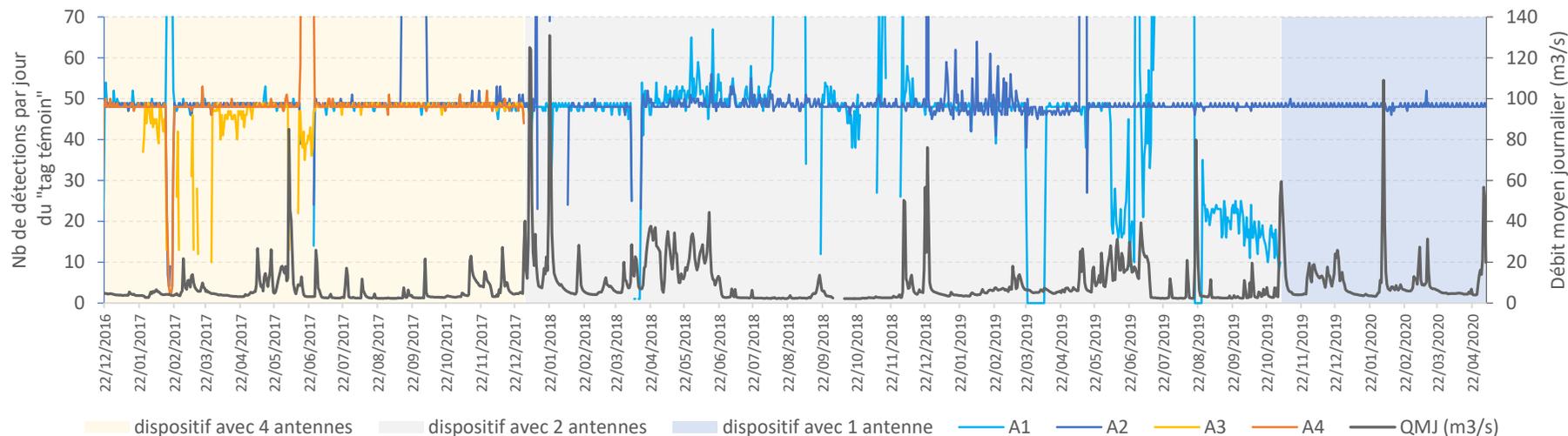
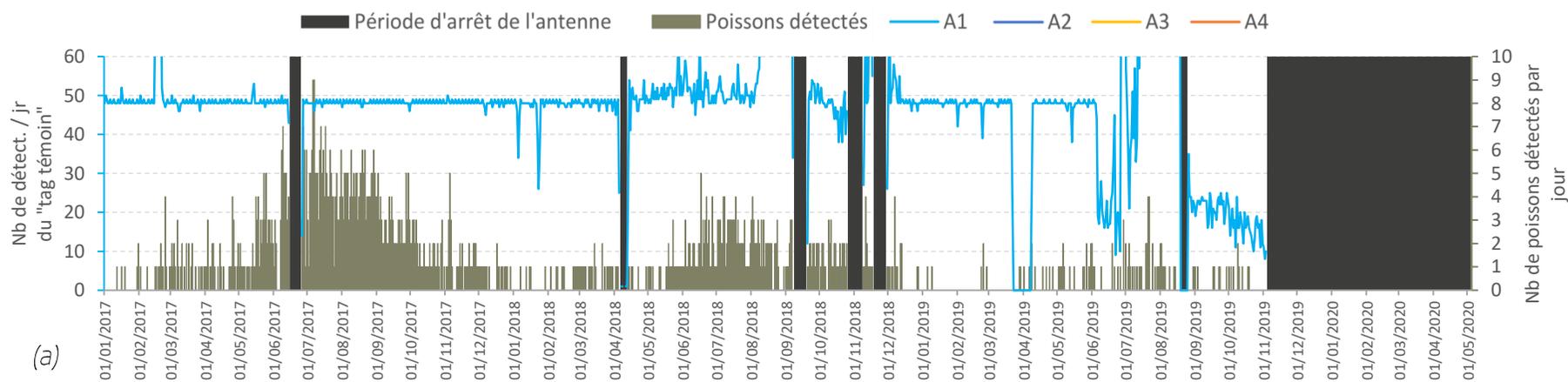


Figure 14 : Nombres de détections journalières des « tags témoins » décrivant le bon fonctionnement de chacune des 4 antennes constituant le dispositif de détection RFID du seuil du pont SNCF de Marignier, couplés au débit moyen journalier du Giffre enregistré à la station hydrologique V0154010 de la DREAL à Plan Séraphin.



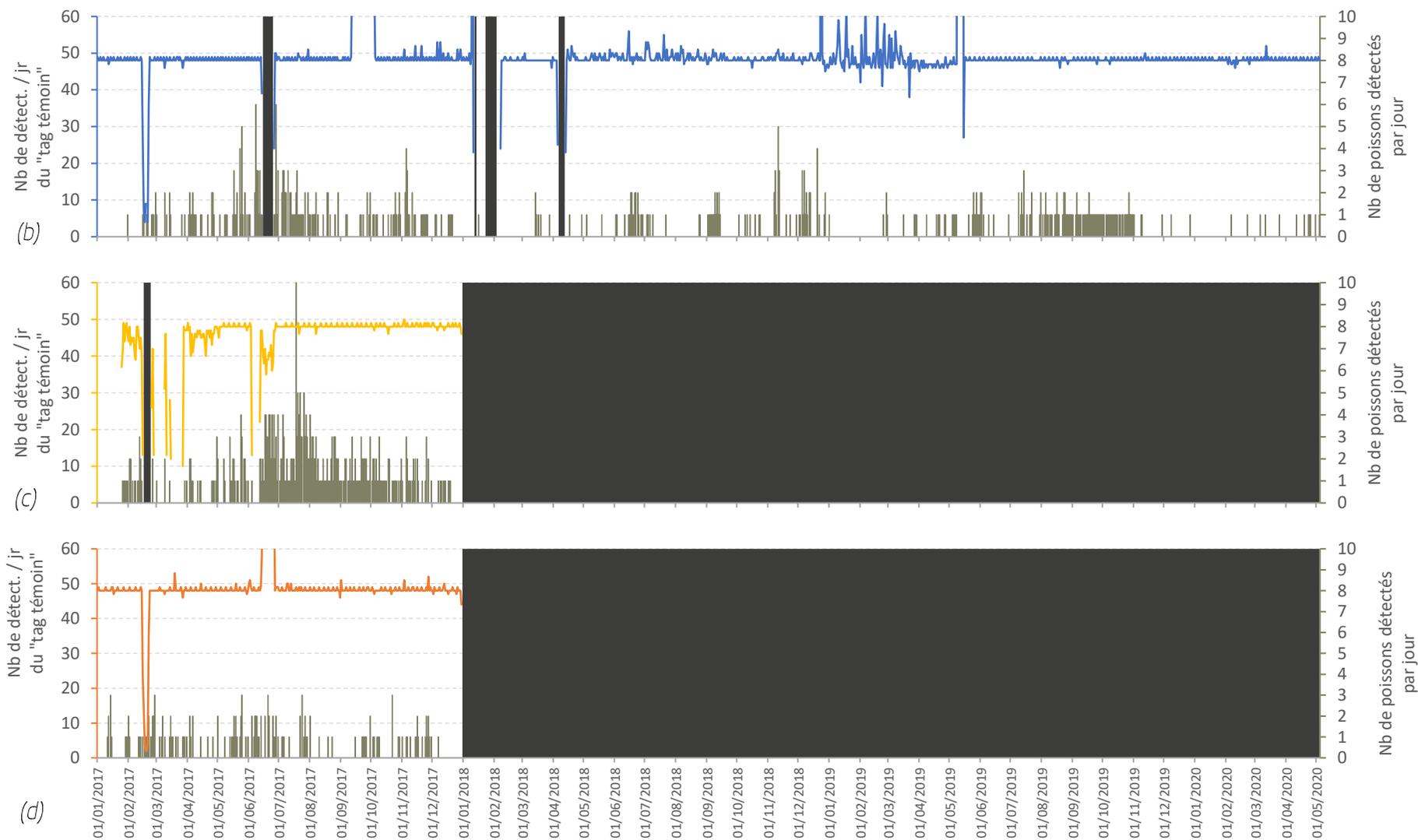


Figure 15 : Nombre de détections journalières du «PIT-tag témoin » décrivant le bon fonctionnement de l'antenne couplé au nombre journalier de poissons distincts (toutes espèces confondues) détectés par l'antenne. (a) Antenne A1 ; (b) Antenne A2; (c) Antenne A3; (d) Antenne A4.

Tableau 6 : Récapitulation des temps d'arrêt et du pourcentage de fonctionnement optimal de chacune des antennes au cours du suivi.

Les cases grises indiquent que les antennes n'existent plus à ces périodes.

Période d'arrêt					Antenne(s) concerné(es)				Flux de poissons journalier sur les autres antennes et / ou avant et après l'arrêt
début	fin	année	nb de jrs	raison	A1	A2	A3	A4	
16-févr.	23-févr.	2017	7				X		1
4-juin	12-juin	2017	8	crue ; maintenance			X		1 à 7
15-juin	26-juin	2017	11	crue ; maintenance	X	X			1 à 7
23-janv.	6-févr.	2018	14	crue ; maintenance		X			1
6-avr.	12-avr.	2018	6	crue ; maintenance	X	X			1
8-sept.	19-sept.	2018	11		X				1 à 3
26-oct.	8-nov.	2018	13		X				1 à 3
18-nov.	29-nov.	2018	11		X				1
19-août	25-août	2019	6		X				1
<b>% de temps de fonctionnement optimal</b>					<b>86%</b>	<b>97%</b>	<b>88%</b>	<b>98%</b>	

#### 4.1.2 Définition des débits limitants pour le fonctionnement du dispositif de détection

Les antennes ont une distance de détection définie par leur design, leurs caractéristiques intrinsèques (taille de câble, longueur, forme) et leur environnement. Cette distance de détection diffère légèrement entre les 4 antennes qui composent le dispositif de détection RFID de Marignier (voir Tableau 2).

Suivant le débit du Giffre, la hauteur d'eau sur l'ouvrage est plus ou moins importante et donc les antennes remplissent entièrement ou partiellement leur rôle de détection dans la lame d'eau.

Afin de définir la gamme de débits pour laquelle les antennes sont fonctionnelles sur l'intégralité de la lame d'eau, des tests de détection ont été réalisés avec des transpondeurs positionnés à la surface de l'eau. Les trois tailles de transpondeurs utilisées pour les marquages ont été testées : 12 mm, 23 mm et 32 mm. Ces tests ont été effectués régulièrement entre les mois d'avril et de décembre 2017 et ceux de janvier à juin 2018, à raison de 21 fois au cours de l'année 2017 et 15 fois en 2018 (Figure 16). Cette fréquence de tests a permis de couvrir un large panel de valeurs de débit, soit entre 2,29 m<sup>3</sup>/s et 30,7 m<sup>3</sup>/s, ce qui représente 94 % des débits observés dans le Giffre au cours du suivi (période du 21 décembre 2016 au 5 mai 2020)

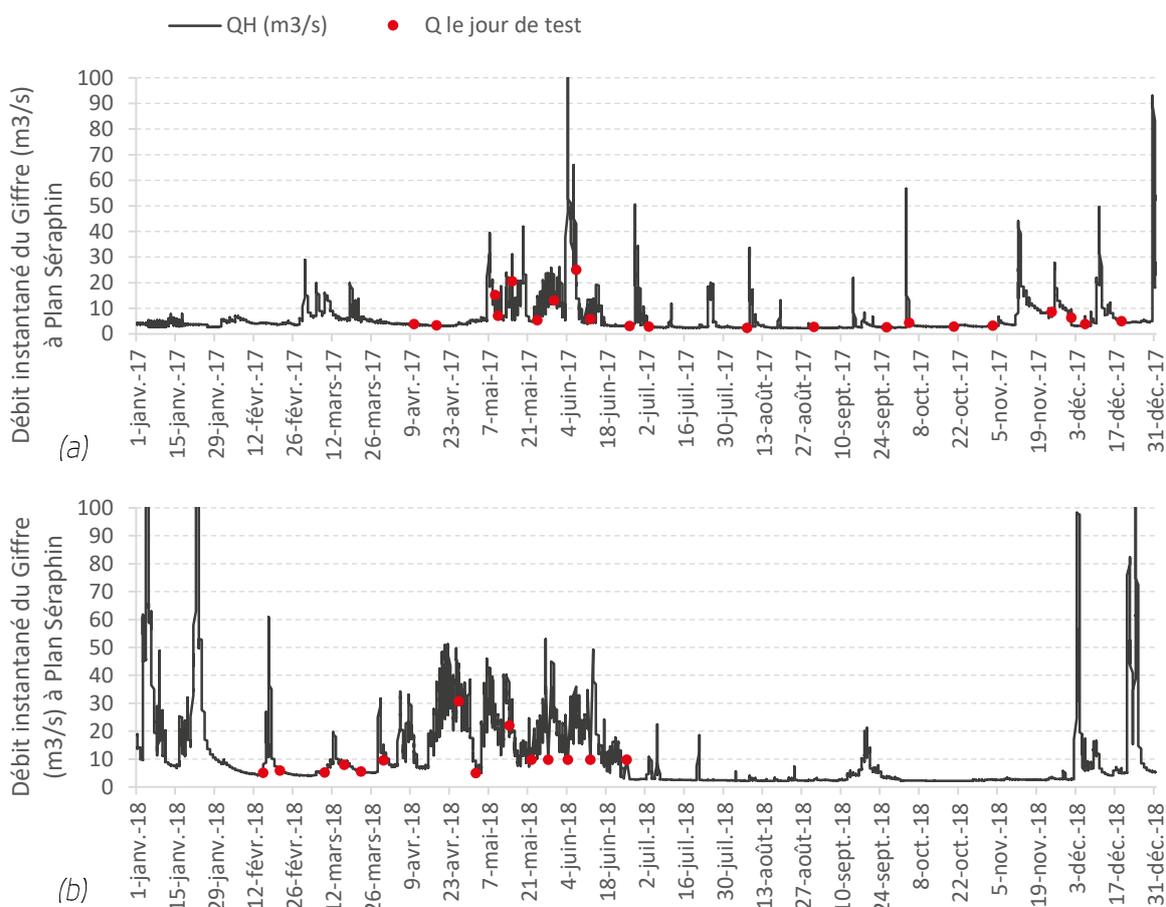


Figure 16 : Débit horaire du Giffre enregistré à la station limnimétrique de la DREAL à Plan Séraphin avec le pointage des jours de tests de détection (points rouges) (a) pour l'année 2017 et (b) pour l'année 2018.

Les résultats de ces tests de détection de surface montrent qu'au-dessus de  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ , la capacité de détection sur la partie supérieure de la lame d'eau est limitante pour les deux antennes aval A1 et A3 (Tableau 7 et Figure 17). Cela signifie qu'en 2017, le dispositif de détection (composé de 4 antennes) a été efficace sur 91% des débits observés dans le Giffre (sans tenir compte des quelques dysfonctionnements techniques évoqués précédemment) (Figure 17). Pour les années suivantes (dispositif avec 2 antennes), ce pourcentage tombe à 81% ce qui reste très acceptable.

Tableau 7 : Valeurs maximales des débits instantanés enregistrées lors des tests de détection de surface pour les 3 tailles de transpondeurs sur chacune des 4 antennes du dispositif.

Antenne	Valeur de débit (m <sup>3</sup> /s)				% de fonctionnement optimal au cours du suivi en fonction du débit (*)			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Taille de tag								
12 mm	NA	9,7	7,7	12,1	NA	77%	82%	91%
23 mm	5,1	20,5	12,1	22,9	56%	91%	91%	98%
32 mm	12,1	30,7	12,1	22,9	81%	96%	91%	98%

(\*) ces valeurs ne tiennent pas compte des pannes électriques ou dysfonctionnements "matériel"

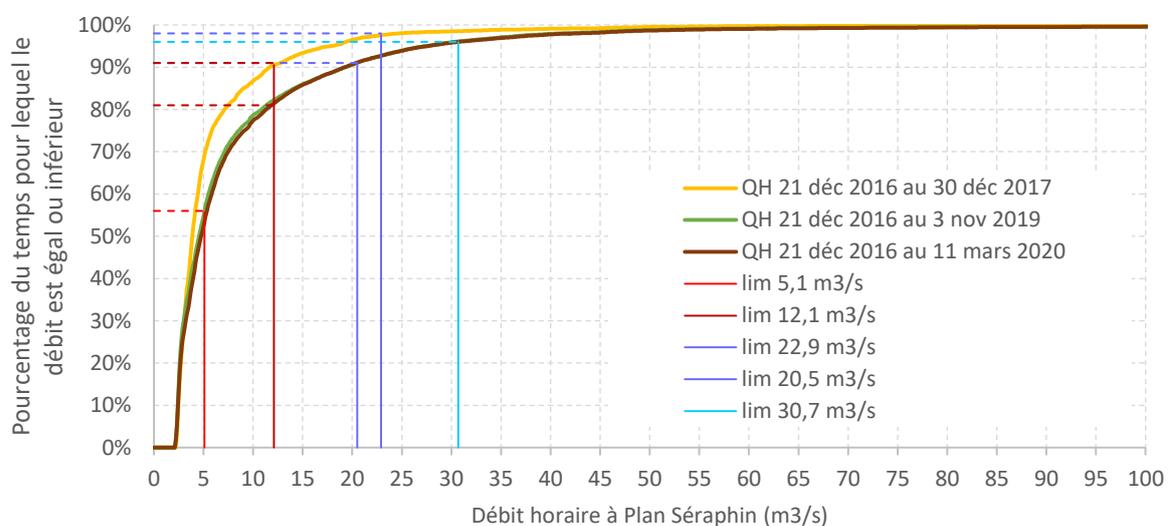


Figure 17 : Courbe des débits instantanés classés pour les 3 périodes de fonctionnement des antennes (A3 et A4 en jaune, A1 en vert et A2 en marron) et identification des valeurs de débit du Tableau 7 reliées au pourcentage de temps où ces dernières sont inférieures ou égales.

Il est à noter que l'antenne A1 (aval, côté passe à macrorugosités) n'a pas ou a peu détecté en surface les transpondeurs de 12 mm et de 23 mm contrairement aux 3 autres antennes. En effet, cette antenne est largement recouverte de matériaux, ce qui limite sa distance de détection dans la lame d'eau. Ce résultat négatif pour l'antenne A1 et ces deux tailles de tags en surface ne signifie pas pour autant que celle-ci est inopérante pour ces tailles de tags. En effet, les petits individus marqués d'un PIT-tag de 12 mm ont tendance à évoluer à proximité du fond du lit pour être protégés par les matériaux en remontant dans les radiers. Les données de détection de poissons appuient cela, puisque des détections de truite, de barbeau, de chevesne et de chabot sont observées sur cette antenne pour ces deux tailles de transpondeurs (Tableau 8). La capacité de détection de A1 n'est cependant pas optimale ce qui a pu engendrer une perte d'information pour définir l'entrée dans la passe de certains individus.

Les résultats sur les débits « limitants » ne signifient pas pour autant que les antennes aient été inopérantes pour des débits plus élevés pour les 3 tailles de PIT-tags. En effet, les poissons se déplacent généralement dans la lame d'eau plutôt qu'en surface ; ils sont donc détectés même si la hauteur de détection de l'antenne ne couvre pas l'intégralité de la lame d'eau. Les données de

détection de poissons présentées au Tableau 8 appuient ces hypothèses, puisqu'elles sont enregistrées à des débits nettement supérieurs aux seuils définis dans le Tableau 7.

Tableau 8 : Bilan des détections par antenne et par taille de transpondeurs associées aux débits minimum et maximum observés au cours du suivi RFID 2016-2020.

Antenne	Nb de détections			Nb d'individ. détectés par antenne (*)			Gamme de débits concernés					
	12 mm	23 mm	32 mm	12 mm	23 mm	32 mm	12 mm		23 mm		32 mm	
							min	max	min	max	min	max
A1	55882	352190	66756	33	80	97	2,2	30,7	2,1	51,8	2,2	54,1
A2	1227	282181	5750	23	80	42	2,4	56,9	2,0	52,4	2,3	50,4
A3	244538	2955	16594	21	16	25	2,2	56,7	2,4	133,0	2,2	31,0
A4	763	12274	10753	16	30	48	2,3	20,0	2,2	42,3	2,2	104,0

(\*) toutes espèces confondues

## 4.2 Captures et marquage des poissons

### 4.2.1 Bilan des marquages réalisés entre 2016 et 2018

Le suivi du franchissement de l'aménagement de l'ouvrage du pont SNCF de Marignier n'est pas le seul mis en œuvre dans le bassin versant de L'Arve. Deux autres suivis de même nature ont débuté également en 2016, l'un beaucoup plus en aval sur la Menoge à Pont de Fillinges et l'autre sur le Borne à Saint Pierre en Faucigny. Des déplacements inter-affluents peuvent être observés, c'est pourquoi les résultats des marquages sont présentés dans un premier temps à l'échelle du bassin de l'Arve.

Depuis le début des suivis en 2016, 4243 poissons ont été marqués sur un linéaire total cumulé de 30.3 km en 32 jours de pêche électrique (Figure 18, Figure 19 et Annexe 4).

A l'échelle du bassin versant de l'Arve, la majorité des individus marqués sont des truites (62 %) puis secondairement des barbeaux fluviatiles (16 %) et des chabots (11 %) (Figure 20). Les autres espèces (chevesne, blageon, spirilin, et ombre commun) représentent entre 1 % et 6 % de l'effectif total.

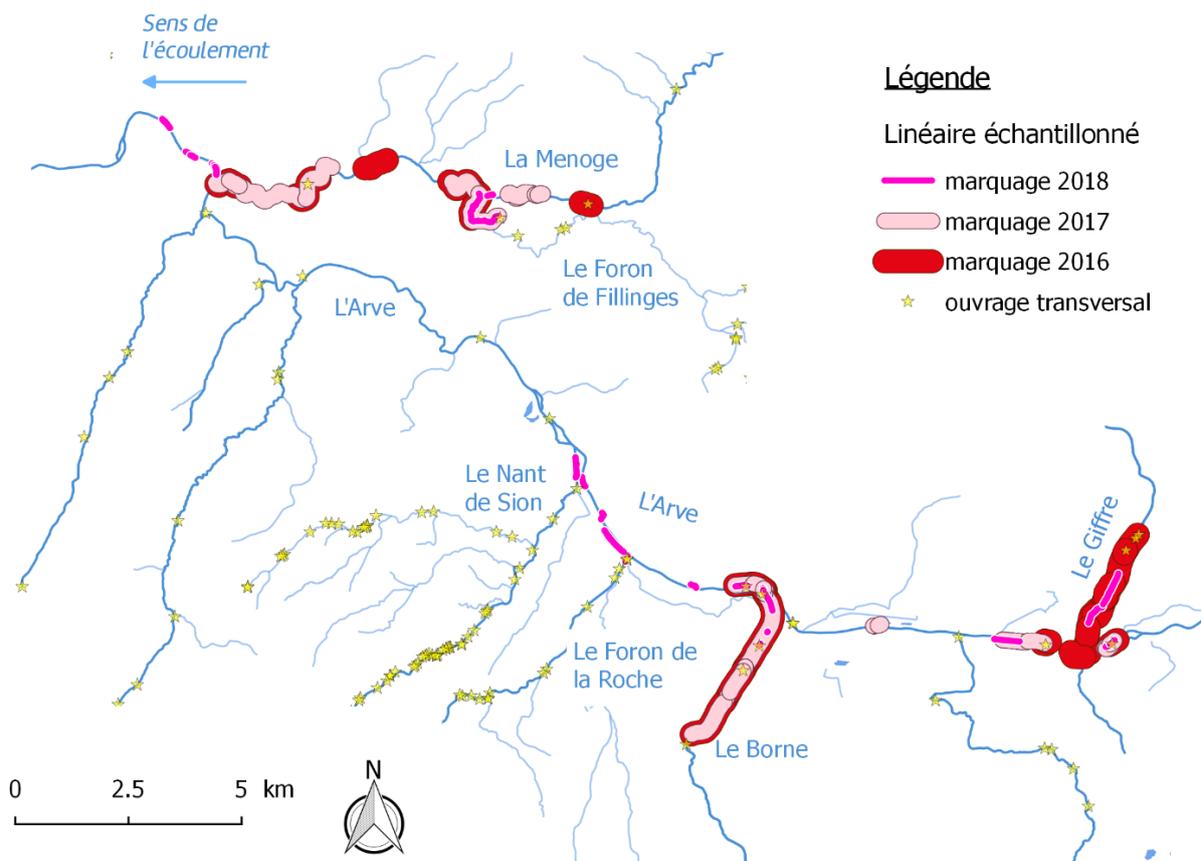


Figure 18 : Localisation des secteurs de cours d'eau prospectés entre 2016 et 2018 pour effectuer les marquages RFID pour les suivis d'ouvrages sur le bassin versant de l'Arve.

									Totaux annuels	TOTAL par CdE				
LE GIFFRE	2018	17	35					207	268	1042				
	2017													
	2016	33	108	49				584	774					
LE BORNE	2018	4	38					145	187	1243				
	2017	16	0					119	145					
	2016	7		263	4			632	911					
L'ARVE	2018	1	9					111	135	332				
	2017	2	18					95	134					
	2016	6		56					63					
NANT DE SION + FORON DE LA ROCHE	2018	1	0					10	10	10				
	2017													
	2016													
MENOGE + FORON DE FILLINGS	2018	85	1	26					129	1616				
	2017	166	2	47				231	441					
	2016			358	83	15	107	4	60		1046			
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1100	<b>TOTAL global</b>	<b>4243</b>
		■ BARBEAU FLUVIATILE	■ BLAGEON	■ CHABOT	■ CHEVESNE	■ OMBRE COMMUN	■ SPIRLIN	■ TRUITE FARIO						

Figure 19 : Effectifs de poissons marqués par espèce répartis par cours d'eau et par année avec le total chiffré par cours d'eau à droite toutes espèces et années confondues

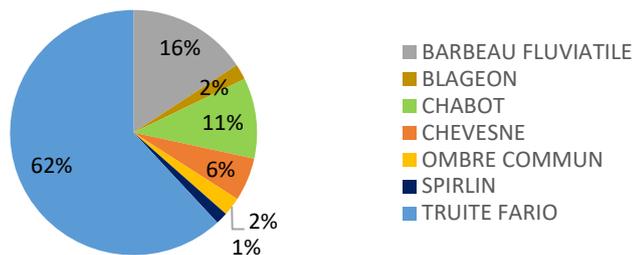
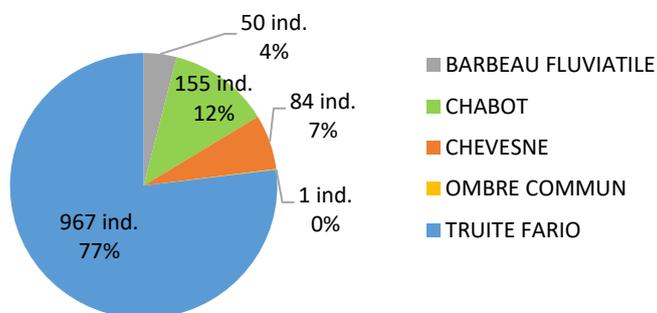


Figure 20 : Pourcentages spécifiques interannuels au sein de l'effectif marqué entre 2016 et 2018.

30% des marquages (soit 1257 individus) ont été effectués sur des linéaires « proches » de l'ouvrage de Marignier. Ils concernent le Giffre et l'Arve entre Bonneville et Vougy.

Lorsqu'on fait un focus sur ce sous-échantillon, la répartition par espèce suit la tendance interannuelle globale avec une dominance de la truite fario (77 %) (Figure 21). La 2<sup>ème</sup> espèce majoritairement marquée dans le Giffre est le chabot (12 %) pour lequel la pression de marquage a été forte en 2016 (73 % de l'effectif marqué la première année, soit 114 ind.). Les grands cyprinidés, Barbeau fluviatile et Chevesne, représente respectivement 4 % et 7 % de l'effectif marqué dans le Giffre. Un seul individu d'ombre commun a pu être marqué dans l'Arve à l'aval du seuil de Vougy dans le cadre des opérations de marquage dédiées à ce suivi. Cependant d'autres individus (n = 89) ont été capturés et marqués dans l'Arve, le Borne, le Nant de Sion et le Foron de la Roche sur le secteur Arenthon - Bonneville (soit entre 8 km et 13 km en aval de la confluence Giffre - Arve). Ils peuvent potentiellement remontés et être détectés par le dispositif RFID installé à Marignier.



#### Focus sur les marquages interannuels pour le suivi de l'ouvrage de Marignier.

Figure 21 : Pourcentages spécifiques interannuels au sein de l'effectif marqué entre 2016 et 2018 pour le suivi de l'ouvrage de Marignier.

Lorsque l'on confronte l'échantillon de poissons marqués dans le Giffre aval aux résultats de l'inventaire piscicole de 2016 sur ce secteur (voir Tableau 5), on observe qu'il est relativement représentatif du peuplement piscicole en place (Figure 22). Les proportions de barbeau / chabot / truite de l'échantillon marqué sont conformes à celles observées au niveau de la station de pêche « Sougey ». Le chevesne faiblement présent dans le Giffre aval, n'est pas répertorié lors de l'inventaire en 2016 alors qu'il était contacté en 2011 (voir Figure 40). Cette espèce est reconnue comme étant « mobile » dans la littérature scientifique (par exemple FREDRICH *et al.*, 2003 ; DE LEEUW & WINTER, 2008). L'objectif d'évaluer le caractère multispécifique de l'aménagement nécessitait de couvrir le panel le plus large d'espèces, aussi le chevesne a été recherché et fait l'objet de marquage (7 % de l'effectif marqué).

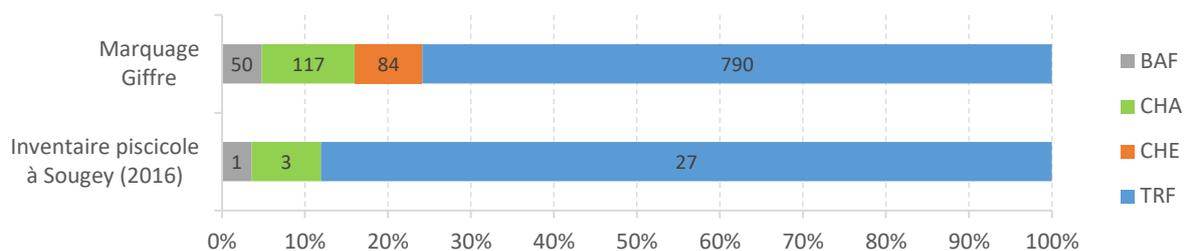


Figure 22 : Pourcentages spécifiques de l'effectif d'individus marqués dans le Giffre comparés à ceux des densités estimées lors de l'inventaire piscicole de 2016 au Sougey.

Pour avoir des données comparables, les espèces non ciblées par les marquages (la loche franche et le vairon) ont été soustraites des données d'inventaire ainsi que les individus de toutes les espèces inférieurs à 8 cm (puisque'ils n'ont pas fait l'objet de marquages).

Sur le plan purement technique, la Figure 23 fait état du nombre de poissons marqués par taille de transpondeur. Cette information croisée avec la « performance » des lecteurs présentée au 4.1.2 permet de définir la part des individus éventuellement non détectés lors des périodes de hautes eaux notamment.

Ainsi dans le Giffre, la majorité des individus (71 %) sont marqués avec des tags de 32 mm et 23 mm. Ces deux tailles de tags sont respectivement détectées à minima dans 81 % et 56 % du temps sur toute la hauteur de la lame d'eau en tenant compte des limites de détection de A1 définies au paragraphe 4.1.2. Les poissons munis d'un petit tag de 12 mm appartiennent pour presque la moitié à des espèces évoluant essentiellement au fond de la rivière (surtout pour le chabot et le barbeau). Ces derniers sont donc a priori détectés par les antennes posées au fond du lit.

On en conclue que 85 % des individus marqués<sup>1</sup> ont été détectables par le dispositif RFID sur l'ensemble de la lame d'eau, soit 53 % du temps au cours du suivi (quand le débit était inférieur à 5.1 m<sup>3</sup>/s). Le reste du temps, ces individus ont pu être détectés par les antennes aval s'ils évoluaient dans la partie inférieure de la lame d'eau ou alors par les antennes amont qui sont opérantes sur l'intégralité de la lame d'eau pour des débits plus élevés (jusqu'à 30,7 m<sup>3</sup>/s pour A2 ; cf. paragraphe 4.1.2).

<sup>1</sup> Les 741 individus équipés d'un tag de 23 mm ou 32 mm auxquels viennent s'ajouter les barbeaux et les chabots munis d'un tag de 12 mm (142 individus).

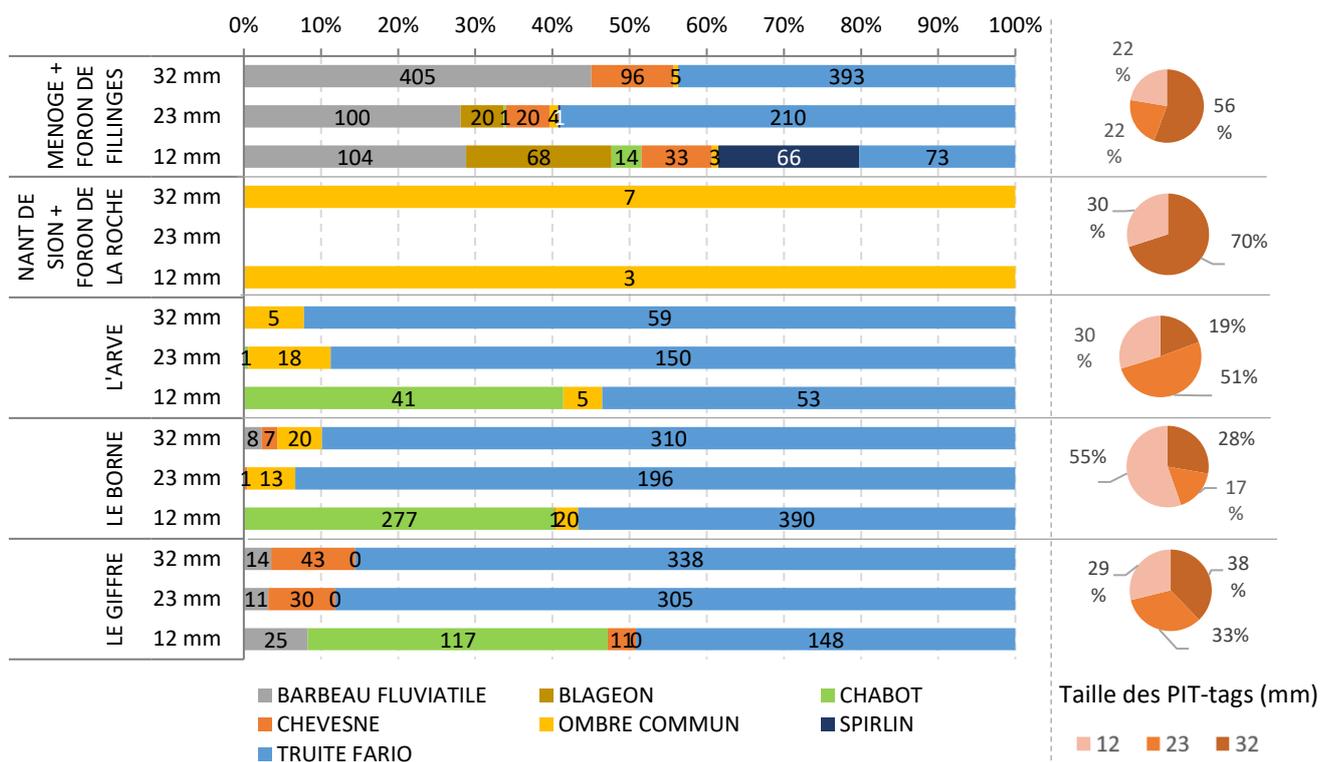


Figure 23 : A gauche, Répartition du nombre d'individus marqués (entre 2016 et 2018) dans le cadre des suivis RFID du bassin versant de l'Arve répartis par cours d'eau, par taille de transpondeur ainsi que par espèce et à droite, la part d'individus marqués par taille de transpondeur, toutes espèces confondues par cours d'eau.

#### 4.2.2 Caractérisation de l'échantillon marqué pour le suivi de Marignier

Le Tableau 9 fait état des caractéristiques morphologiques des poissons marqués dans le cadre de ce suivi.

Tableau 9 : Longueur totale et biomasse moyennes et médianes par espèce au sein de l'échantillon marqué dans le cadre du suivi de l'ouvrage de Marignier.

		Barbeau fluviatile	Chevesne	Truite fario	Ombre commun	Chabot
Longueur totale (mm)	moyenne (± écart type)	233 (± 205)	241 (± 100)	195 (± 67)	220 (± 97)	113 (± 14)
	médiane	135	217	191	213	112
	mini ; maxi	85 ; 750	97 ; 500	83 ; 542	106 ; 530	85 ; 141
Biomasse (g)	moyenne (± écart type)	547 (± 1032)	260 (± 335)	104 (± 132)	162 (± 239)	20 (± 8)
	médiane	28	118	71	88	18
	mini ; maxi	4 ; 3096	9 ; 1340	7 ; 1445	10 ; 1267	7 ; 40

En plus des caractéristiques morphologiques (longueur totale et biomasse), l'âge des individus de barbeau fluviatile, chevesne et truite fario a été défini à partir de leurs écailles (scalimétrie). Les ombres communs n'ont pas fait l'objet de cette analyse, les individus ont donc été classés par stade de développement défini à leur date de capture. Cette information de l'âge est importante pour approcher la dynamique de leurs populations. Les chabots n'étant pas pourvus d'écaille ne peuvent bénéficier de cette méthode pour la définition de leur âge ; cette caractéristique reste indéfinie pour cette espèce dans le cadre de cette étude.

La scalimétrie a été réalisée par lecture directe pour une sélection semi-aléatoire d'au minimum 30 individus marqués entre 2016 et 2018 et répartis au prorata des classes de tailles échantillonnées, dans l'objectif d'être le plus représentatif possible. Ainsi, l'âge par lecture directe a été déterminé pour 60 % des barbeaux marqués dans le cadre de ce suivi (n = 30), pour 48 % des chevesnes (n = 40) et pour 10 % des truites (n = 100). L'âge des autres individus a été extrapolé par proportion, en fonction de leur longueur totale. Tous les individus détectés au dispositif (entre 2016 et 2020) se sont vus quant à eux, attribués un âge par lecture directe.

Suivant les espèces, la première maturité est atteinte à des âges différents. Ne disposant pas de données locales sur l'âge de la maturité sexuelle des cyprinidés, il a été choisi d'après la littérature scientifique, de considérer comme géniteurs les barbeaux fluviatiles âgés de 4 ans et les chevesnes âgés de 3 ans (Tableau 10). Pour les salmonidés, les études haut-savoyardes suggèrent de considérer l'ombre commun et la truite fario « adulte » à l'âge 2 ans.

Tableau 10 : Définition de l'âge adulte des 4 espèces dites « mobiles » à partir de la bibliographie.

Famille	Espèce	Maturité sexuelle		Rivière	Pays	Source	Age adulte retenu	
		Mâle	Femelle					
Cyprinidés	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	4 ans	5 ans	Iles britanniques	Maitland & Campbell (1992) in Britton & Pegg (2011)	4 ans	
		<i>Barbus barbus</i>		7 à 8 ans	Ourthe	Belgique		Poncin (1989)
		<i>Barbus barbus sclateri</i>	2 à 4 ans	6 à 7 ans	Guadalquivir	Espagne		Herrera <i>et al.</i> (1988)
Cyprinidés	Chevesne	<i>Leuciscus cephalus</i>	2 à 3 ans	4 à 5 ans	Ourthe	Belgique	Philippart (1977) in Poncin <i>et al.</i> (1987)	3 ans
		<i>Leuciscus cephalus orientalis</i>	2 à 3 ans	3 à 4 ans	Aras	Turquie	Türkmen <i>et al.</i> (1999)	
Salmonidés	Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i>	2 à 3 ans		Arve	France	Gadais (2012)	2 ans
	Truite fario	<i>Salmo trutta</i>	1 an	2 ans	Scorf	France	Baglinière & Maise (1991)	2 ans
		<i>Salmo trutta</i>	2 à 3 ans	3 à 4 ans	Ruisseau de Chevenne	France	Champigneulle <i>et al.</i> (1988)	
		<i>Salmo trutta</i>	(1 à) 2 ans		Redon	France	Champigneulle <i>et al.</i> (2003)	

Suivant les espèces, les stades de développement sont plus ou moins représentés au sein de l'effectif de poissons marqués. La Figure 24 met en évidence que les barbeaux marqués sont pour 78 % des juvéniles et immatures et pour 22 % des géniteurs au moment de leur capture tandis que cette tendance est inverse pour les chevesnes marqués qui sont pour 82 % des géniteurs. Cette grande

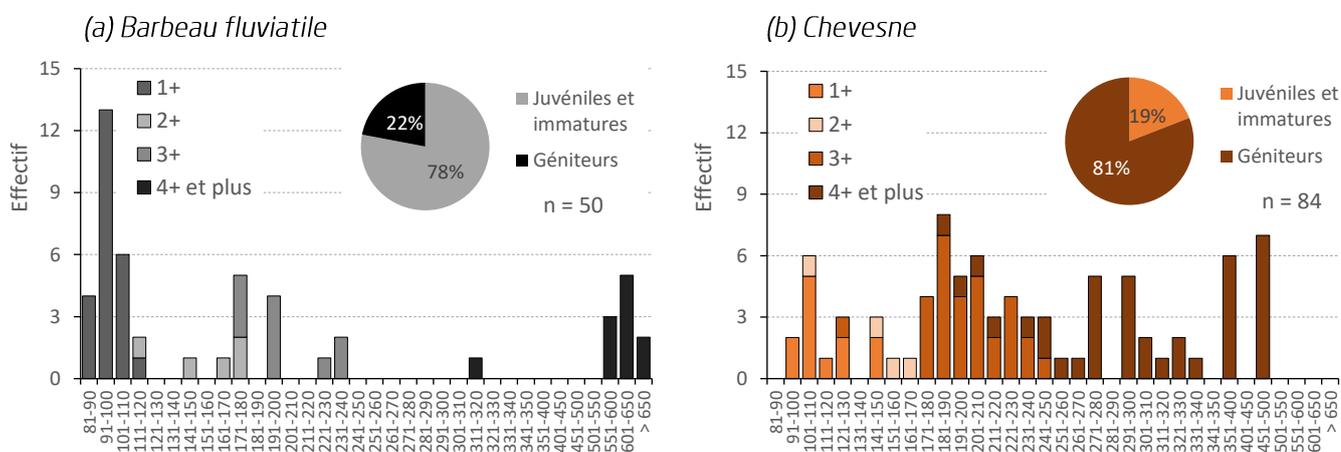
différence entre la représentation des deux stades au sein de l'échantillon marqué pour ces deux espèces ne résulte pas d'une sélection de certains individus lors des pêches de sondage mais illustre simplement les moindres contacts de certaines classes de tailles lors de l'échantillonnage.

Concernant la truite fario qui est l'espèce dominante de l'échantillon marqué, les deux stades sont représentés de manière presque équivalente (Figure 24). Le stade « géniteurs » correspond à des individus entre 150 mm et 550 mm. Cette grande disparité de tailles au sein de ce stade de développement s'explique d'une part, car il intègre des individus vivant dans l'Arve (n = 176) et dans le Giffre (n = 791) qui ont des croissances différentes et d'autre part, car les individus ont été capturés et mesurés à deux périodes différentes : en hiver (n = 272) ou en été -début d'automne (n = 695). Il est à noter que cette fraction de l'échantillon marqué est soumise aux captures de la pêche amateur. Cependant peu d'informations sur les prises des pêcheurs sont remontées à la fédération (connaissance de 8 captures à la canne entre 2017 et 2019).

Comme évoqué précédemment, un seul ombre commun a été capturé lors des opérations de marquage dédiées au suivi de l'ouvrage de Marignier. Cette espèce, difficilement capturable en pêche électrique, a pourtant fait l'objet de prospections spécifiques au cours de l'hiver dans l'Arve. L'échantillon marqué présenté à la Figure 24 intègre les individus capturés plus en aval dans l'Arve, le Borne, le Nant de Sion et le Foron de la Roche sur le secteur Arenthon – Bonneville qui peuvent potentiellement être détectés ou recapturés dans le Giffre. En effet, cette espèce est capable de réaliser de grandes migrations au moment de sa phase de reproduction. GADAIS (2012) et CHASSERIEAU *et al.* (2015) ont respectivement mis en évidence des migrations maximales de 29 km en dévalaison et 9 km en montaison pour cette espèce sur la partie aval du bassin de l'Arve.

La majorité des individus marqués sont des juvéniles capturés au cours de l'été. Ces derniers se capturent plus aisément dans les courants puisqu'ils vivent en bancs et qu'ils sont moins bien nageant que les adultes.

Concernant l'espèce chabot, les individus marqués dans le Giffre mesurent entre 81 mm et 150 mm (Figure 24), soit la gamme de tailles définie par BAUDOIN *et al.* (2014) pour considérer un chabot comme adulte ou en approche de la maturité sexuelle. La grande majorité de l'échantillon (n = 133, soit 85 %) se répartit dans 4 classes centimétriques : 91-100 mm, 101-110 mm, 111-120 mm et 121-130 mm.



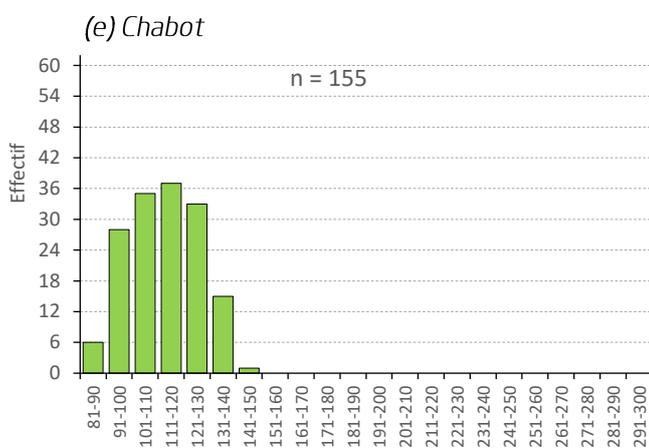
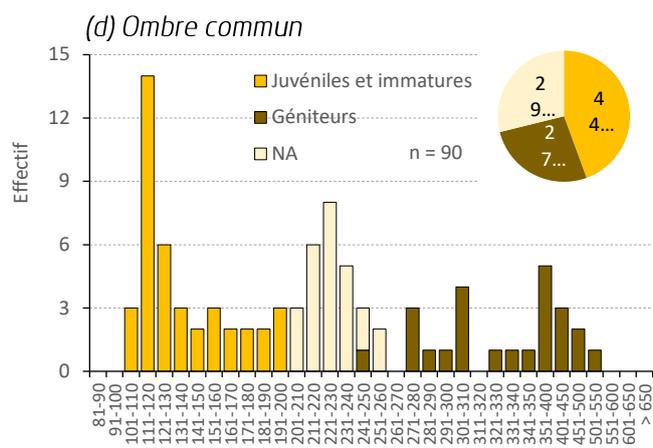
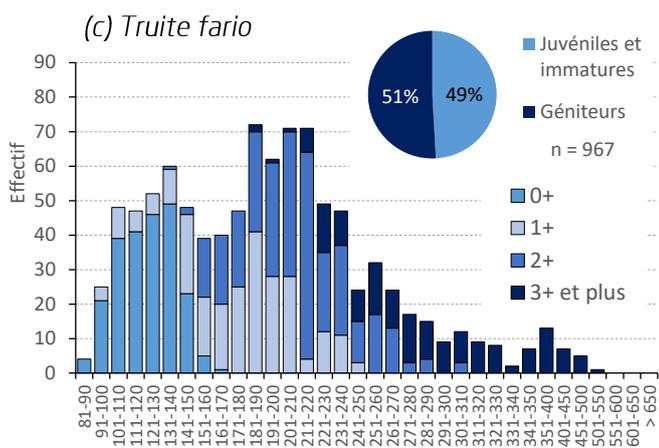


Figure 24: Histogrammes des longueurs totales des individus marqués entre 2016 et 2018 dans le cadre du suivi de l'ouvrage de Marignier et de celui de Saint Pierre en Faucigny pour les ombres communs. Pour les Cyprinidés et la truite fario, les histogrammes tiennent compte de l'âge des individus au moment de l'opération de marquage.

### 4.3 Détections au dispositif fixe et franchissement de l'ouvrage de Marignier

#### 4.3.1 Effectifs, origines et caractéristiques des poissons détectés au niveau du dispositif

Au total, 273 individus différents (toutes espèces confondues) ont été détectés entre 2016 et 2020 au niveau du dispositif RFID de l'ouvrage de Marignier (Tableau 11). Toutes les espèces marquées dans le Giffre ont été détectées. La quantité d'individus détectés par espèce suit à une exception près la tendance du nombre d'individus marqués par espèce. Ainsi l'espèce la plus détectée au niveau de l'aménagement du seuil du pont SNCF de Marignier est la truite fario qui représente 82 % des individus détectés. Les deux autres espèces bien représentées chaque année sont le barbeau fluviatile (7 %) et le chevesne (8 %). Elles appartiennent également au groupe des « grandes espèces mobiles ». La dernière espèce contactée au niveau du dispositif télémétrique est le chabot qui ne représente que 3 % de l'effectif des individus détectés. Cette espèce a pourtant fait l'objet d'une forte pression de marquage la première année du suivi avec 108 individus marqués (soit 14 % de l'échantillon marqué en 2016 dans le Giffre aval). La littérature scientifique fait état de déplacements pour cette espèce mais ces derniers restent majoritairement restreints de l'ordre quelques mètres à plusieurs centaines de mètres à l'échelle annuelle. Par exemple, Ovidio *et al.* (2007) ont observé sur des petits cours d'eau

belges des distances maximales de déplacements de 365 m en 138 jours, soit une distance potentielle annuelle de 965 m. Cependant des déplacements plus conséquents ont été observés grâce à l'outil génétique notamment. Lors du programme INTERREG ESPACE, LIZEE *et al.* (2015) ont mis en évidence dans le bassin de l'Arve des comportements « aventuriers » d'individus de chabot ayant parcouru jusqu'à 15 km (par exemple une montaison entre le Foron de Reignier et le Borne).

Au niveau des individus détectés, le grand absent est l'ombre commun. Cette espèce référencée dans l'Arve jusqu'en aval du seuil de Vougy (point de contact connu le plus en amont) ne semble pas s'aventurer dans le Giffre pour l'instant.

Tableau 11 : Décompte par espèce des individus détectés au niveau du dispositif RFID de l'ouvrage de Marignier pour chaque année du suivi (de 2016 à 2020) et au global.

INDIV. DETECTES		Effectifs totaux annuels										Eff. Total interrannuel Pois. différents			Pourcentages annuels							
Espèce	Rivière d'origine	2016 (6 mois)		2017		2018		2019		2020 (4 mois)		par CdE	tot.	equiv. en %	2016 (%)		2017 (%)		2018 (%)		2019 (%)	
		par CdE	tot.	par CdE	tot.	par CdE	tot.	par CdE	tot.	par CdE	tot.				par CdE	tot.	par CdE	tot.	par CdE	tot.	par CdE	tot.
BARBEAU FLUVIATILE	FORON DE FILLINGES			1	11							1			0%		1%		0%		0%	
	BORNE		3	1	11	1	12	1	12		0	1	20	7%	0%	3%	1%	9%	2%	21%	3%	31%
	GIFFRE	3		9		11		11			18				3%		8%		19%		28%	
CHABOT	GIFFRE	7	7	1	1		0		0		0	8	8	3%	6%	6%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
CHEVESNE	ARVE		5	0	9	1	2		6		1	1	21	8%	0%	4%	0%	8%	2%	3%	0%	15%
	GIFFRE	5		9		1		6		1	20				4%		8%		2%		15%	
TRUITE FARIO	MENOGE			1								1			0%		1%		0%		0%	
	ARVE	2		8	97	2	44	4	21		0	15	224	82%	2%	87%	7%	82%	3%	76%	10%	54%
	BORNE	3		9		3		1			15				3%		8%		5%		3%	
	GIFFRE	98		79		39		16			193				83%		67%		67%		41%	
Total		118		118		58		39		1		273		100%	100%		100%		100%		100%	

Au niveau de la dynamique de détection, on remarque que les 2 premières années de suivi enregistrent le plus d'individus puis, que les effectifs détectés des années suivantes s'effondrent et ce malgré une 2<sup>ème</sup> campagne de marquage en 2018 (où 338 individus ont été marqués, ce qui correspond à 27 % de l'échantillon marqué sur le secteur proche de l'aménagement). Les chiffres annuels du Tableau 11 mettent en évidence un gradient décroissant du nombre d'individus détectés de truite alors que les effectifs des grands cyprinidés se maintiennent au cours du temps malgré un nombre d'individus marqués nettement inférieurs (134 individus marqués de Barbeau et Chevesne contre 967 individus de Truite). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette chute dans les effectifs détectés de truite :

- leur taux de capture par les pêcheurs amateurs est plus important que celui des cyprinidés,
- leur longévité est plus courte que celle des cyprinidés,
- le renouvellement de la population se fait rapidement ; en effet ce tronçon aval du Giffre présente des conditions de milieu (notamment sur le plan thermique) défavorables au développement de la vie salmonicole. La population de truite sur ce secteur est totalement déstructurée (FDAAPPMA 74, 2016).
- L'utilisation moins prononcée de la passe technique par rapport aux cyprinidés. En effet, les premiers résultats de franchissement avec une configuration de l'aménagement complet, avaient mis en évidence que les truites fario utilisaient aussi bien les 2 côtés de l'ouvrage

alors que les cyprinidés remontaient préférentiellement du côté de la passe technique (entre 75 % pour les chevesnes et 94 % pour les barbeaux) (BEAUFILS & CHASSERIEAU, 2018)

Le Tableau 12 appuie les éléments précédents. Il fait état du taux de recontacts annuel en fonction de l'effort de marquage annuel. On observe que le taux de recontacts annuel des truites décroît largement à partir de 2018 tandis que celui des chabots montre une chute dès 2017. A l'inverse les taux de recontacts des cyprinidés se maintiennent voire augmentent au cours du suivi.

Le taux spécifique de recontacts interannuel (colonne de droite du Tableau 12) met en évidence que l'effort de marquage sur les grands cyprinidés a été plus efficace que celui effectué pour la truite puisque 36 % des individus de barbeau et 25 % des chevesnes marqués dans le Giffre aval sont remontés au niveau de l'aménagement de Marignier contre seulement 22 % des truites. Concernant le chabot, c'est seulement 5 % de l'effectif marqué qui s'est déplacé jusqu'à l'ouvrage étudié. Ce taux a été atteint la première année puis a été nul les suivantes.

Ces chiffres indiquent :

- d'une part, que pour avoir des résultats suffisants durant plusieurs années et exploitables pour la truite et le chabot, l'effort de marquage doit se poursuivre tout au long du suivi.  
En effet le nombre de détections d'individus a été important en fin d'année 2016 et en 2017 suite à la session de marquage du mois d'octobre 2016 au cours de laquelle presque 600 poissons ont été équipés d'un tag dont 467 truites fario (Figure 25).
- et d'autre part, que les cyprinidés résident et se cantonnent au tronçon aval du Giffre.  
Le comportement peu mobile de cette famille de poissons avait déjà été observé entre 2013 et 2015 dans le cadre du programme INTERREG ESPACE. Les 9 individus suivis en radiotéléométrie dans ce programme sur le tronçon aval du Giffre avaient tous été définis comme « sédentaires » (CHASSERIEAU *et al.*, 2015). Dans le cadre de la présente étude, on observe à travers des détections aux antennes et des recaptures par pêche électrique que 3 individus de Chevesne marqués en 2014 dans le Giffre aval (sur les 5 restants à l'issue du programme INTERREG ESPACE) sont toujours présents entre 2016 et 2018 et n'ont guère bougés de leur point de première capture.

Le taux de recontacts global entre 2016 et 2020 sur le secteur proche de l'ouvrage de Marignier s'élève à 20 %. Ce chiffre majoré ceux observés sur les deux autres affluents de l'Arve bénéficiant de ce type de suivi téléométrique au cours de la même période, à savoir 9 % pour la Menoge (CHASSERIEAU, 2019b) et 12 % pour le Borne (BEAUFILS, 2020). Ceci s'explique en partie par le fait que la session de marquage d'octobre 2016 a été opérée à proximité immédiate de l'ouvrage de Marignier et à une période de forts déplacements pour l'espèce Truite fario. A la suite immédiate de celle-ci le nombre de détections mensuelles est passé de 4 (sept. 2016) à 100 (oct. 2016) (Figure 25). Une opération similaire a été effectuée dans le Borne en octobre 2016 mais le dispositif de détection n'a été effectif qu'à la mi-décembre 2016, aussi les migrations en phase de pré-reproduction des truites à l'automne 2016 n'ont pu être enregistrées.

Il est à noter également qu'une petite quantité de poissons a été enregistrée plusieurs années de suite au niveau du dispositif RFID de Marignier. Le pourcentage annuel d'individus « différents », c'est-à-dire qui ne se sont présentés qu'une seule fois au niveau de l'aménagement au cours du suivi s'élève entre 54 % (2019) et 66 % (2017). On remarque que ce sont chez les truites et les chevesnes qu'il y a le plus de renouvellement (entre 50 % et 89 % de l'effectif annuel se sont présentés une seule fois), alors que les barbeaux (comme déjà évoqué précédemment) montrent une certaine fidélité dans leurs

déplacements annuels puisque ce n'est que 17 % à 36 % de l'effectif annuel qui est « nouvellement détecté ».

Tableau 12 : Décompte par espèce des individus détectés au niveau du dispositif RFID de l'ouvrage de Marignier et originaires du Giffre et de l'Arve, pour chaque année du suivi en fonction de leur année de marquage.

Espèce	Année de marquage	Effectif marqué	Effectif annuel détecté				Effectif annuel détecté (a)				% détectés VS marqués (b)
			2016	2017	2018	2019 et 2020	2016	2017	2018	2019 et 2020	
BARBEAU FLUVIATILE	2016	33	3	9	5	7	6%	18%			36%
	2018	17			6	4			22%	22%	
CHABOT	2016	114	7	1			6%				5%
	2017	18					1%		0%	0%	
	2018	23									
CHEVESNE	2014			1	1						25%
	2016	49	5	8	1	3	10%	18%	2%	8%	
	2018	35				4					
TRUITE FARIO	2014		3								22%
	2016	640	97	79	12	3	16%				
	2017	64		8	1	1			4%	2%	
	2018	263			28	16					
Total		1256	115	106	54	38	14%	12%	4%	3%	20%

(a) prend en considération les 313 individus originaires du Giffre et de l'Arve avec des doublons interannuels

(b) prend en considération les 255 individus différents détectés et originaires du Giffre et de l'Arve

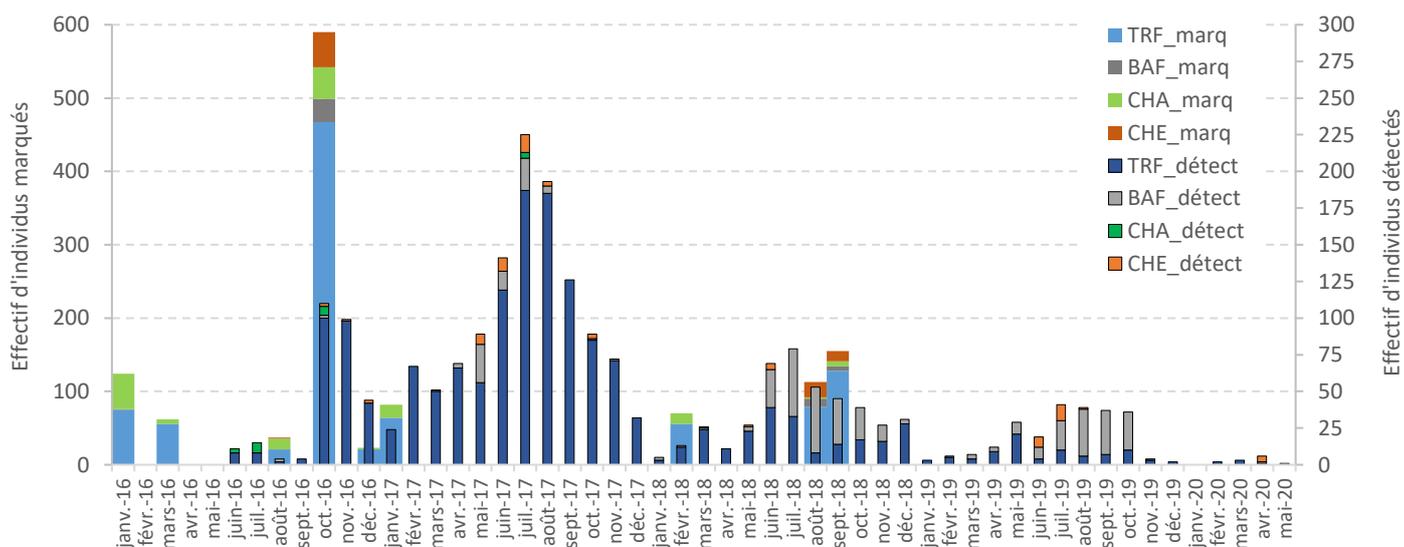


Figure 25 : Effectifs mensuels spécifiques des individus marqués dans le cadre de ce suivi et détectés au niveau du dispositif de l'ouvrage de Marignier.

La majeure partie de l'effectif contacté au dispositif RFID provient du Giffre aval et du secteur de l'Arve proche de la confluence Giffre - Arve, soit 93 % de l'effectif détecté (n = 255 ind.) (Figure 26). On identifie ainsi 4 zones d'origine des poissons détectés en fonction de leur éloignement de l'ouvrage de Marignier. La grande majorité (88 % ; n = 239) des individus contactés au niveau de l'aménagement étudié sont issus de la zone 1 (= Giffre aval), c'est-à-dire d'un éloignement maximal de 2.7 km de l'ouvrage de Marignier. On notera que la majorité des cyprinidés (n = 38, soit 93 % des individus détectés de cette famille) sont issus de cette zone tout comme la totalité des chabots détectés. Ces derniers, issus pour 5 d'entre eux (sur 8 au total) de la zone de travaux se sont déplacés l'été soit en moyenne, 141 jrs après leur marquage et ont parcouru en moyenne 409 m ( $\pm 125$ ) (Figure 27). C'est l'espèce qui a effectué les plus petits déplacements pour se rendre jusqu'à l'aménagement de Marignier. Les autres espèces, connues pour être plus mobiles ont effectué en moyenne 1.5 km à 2.5 km entre leur site de marquage et l'ouvrage de Marignier (tous stades de développement confondus et sans tenir compte des valeurs extrêmes des 2 individus du bassin de la Menoge).

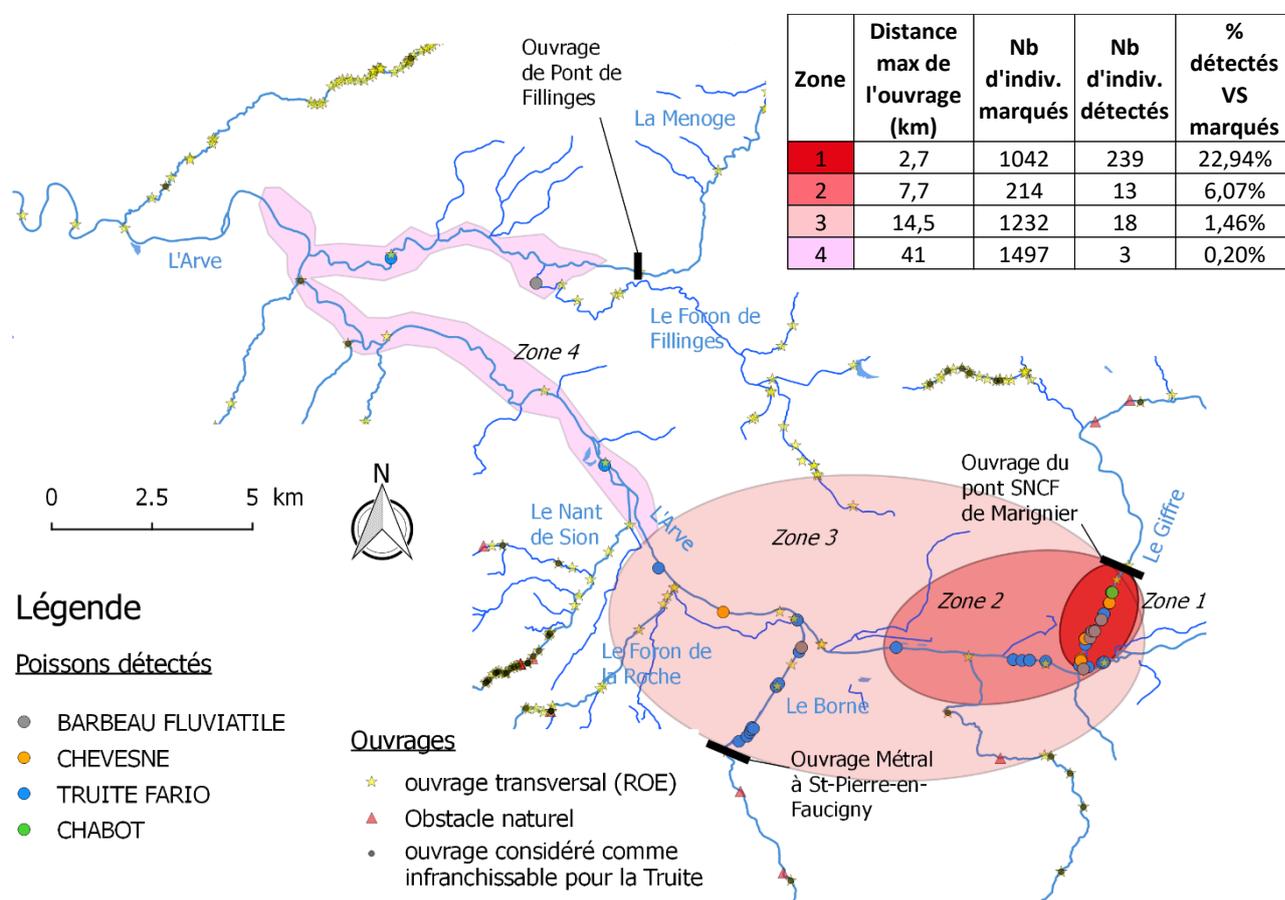


Figure 26 : Localisation des points de marquage des poissons détectés au niveau du dispositif RFID de l'ouvrage de Marignier avec leur répartition par zone d'éloignement.

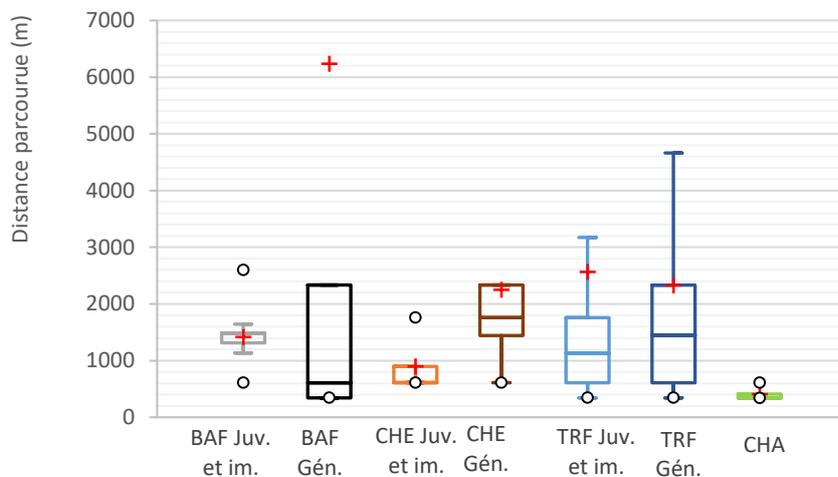


Figure 27: Box-plots des distances parcourues entre leur point de marquage et l'ouvrage de Marignier par espèce et par stade de développement. Les valeurs extrêmes ne sont pas affichées sur le graphique.

Les autres individus proviennent de l'Arve (secteur Bonneville – Vougy) (n = 13, soit 5 % des individus détectés) et du Borne (n = 16, soit 6 % des individus détectés) qui se situe à environ 10 km de l'ouvrage de Marignier (Figure 26). Deux individus (une truite et un barbeau) sont issus d'affluents plus éloignés (la Menoge et le Foron de Fillinges). Ils ont parcouru respectivement 32.9 km et 38.8 km pour arriver jusqu'au dispositif de Marignier et ont franchi la passe à poissons au niveau du barrage EDF d'Arthaz-Pont-Notre-Dame puis les 6 seuils en enrochements sur le cours principal de l'Arve.

Des connexions en sens inverse sont observées. Entre 2016 et 2019, ce sont 5 individus du Giffre (4 truites et 1 chevesne) qui ont été contactés dans le Borne au niveau du seuil Métral et 1 truite dans la Menoge à Pont de Fillinges. Parmi eux, 3 ont également été détectés au niveau de l'aménagement de Marignier entre 6 et 13 mois avant.

La grande majorité des individus détectés sont des adultes considérés comme géniteurs (Figure 28). Ce groupe d'individus dominant pour les truites (65 %) et les chevesnes (81 %) mais ne représentent que 45 % des individus détectés chez le Barbeau. Cependant ces barbeaux adultes sont présents presque chaque année au niveau des antennes de détection alors que les juvéniles et immatures sont contactés de manière plus occasionnelle.

Ces pourcentages d'adultes détectés prennent en considération l'âge auquel les individus ont été contactés par les antennes et non celui de leur date de marquage. La très grande majorité des individus détectés (94 %) l'ont été dans la même année ou l'année suivant celle de leur date de marquage (Figure 28-d). Ce constat amène la conclusion suivante : pour maintenir un nombre de détections au niveau du dispositif de détection de Marignier, la pression de marquage doit être maintenue dans le temps.

Lorsqu'on regarde les classes de tailles des individus détectés par rapport à celles de l'effectif marqué (Figure 24 et Figure 28), il apparaît que presque tous les individus de Barbeau de plus de 550 mm marqués ont été détectés au niveau de l'ouvrage (7 individus sur 9) tandis que chez le Chevesne, c'est moins de la moitié des « grands » individus marqués (351 mm – 500 mm) qui a été enregistrée au niveau du dispositif de détection (5 individus sur 13).

Chez la Truite, les poissons détectés se répartissaient au moment de leur marquage, de manière assez équitable dans les 4 classes d'âges définies (avec un léger déséquilibre pour les adultes : 55 %). L'histogramme de tailles des individus détectés arbore la même allure que celui des individus marqués. On notera cependant que les individus de plus de 250 mm représentent 22 % de l'effectif détecté

contre 17 % de l'effectif marqué. Comme les poissons ont été détectés en grande majorité dans l'année ou l'année suivant leur marquage, cela signifie que tous les stades de truite dans le Giffre sont relativement mobiles.

Les chabots contactés au niveau du dispositif de Marignier mesuraient entre 81 mm et 130 mm ; 7 individus sur 8 appartiennent aux classes de tailles majoritaires c'est-à-dire entre 91 mm et 130 mm.

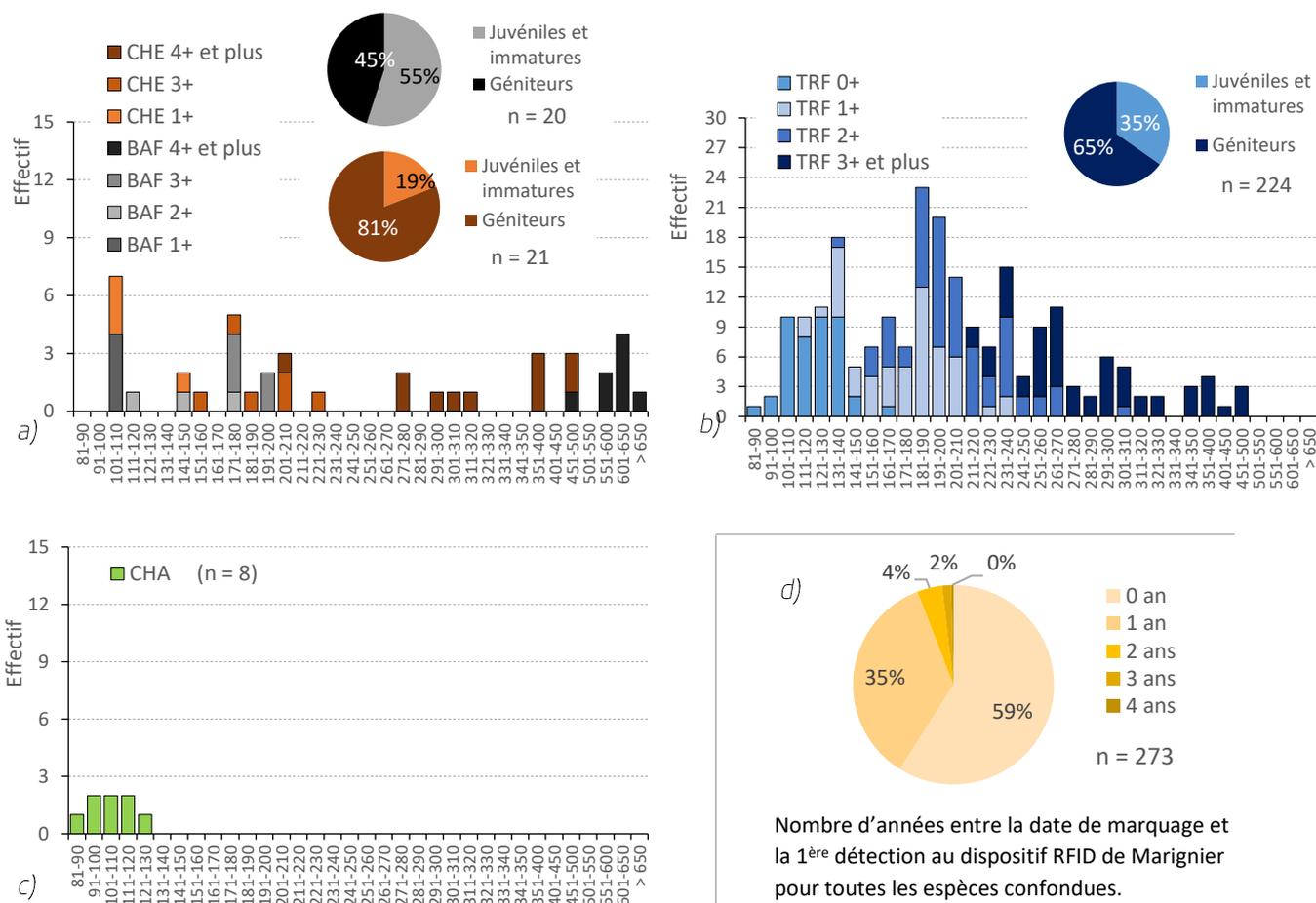


Figure 28 : a, b et c) Histogrammes des longueurs totales des individus détectés entre 2016 et 2020 au niveau du dispositif RFID de l'aménagement de Marignier ; d) Nombre d'années entre la date de marquage et la 1<sup>ère</sup> détection au dispositif RFID de Marignier pour toutes les espèces confondues.

Les caractéristiques présentées dans les histogrammes sont celles observées au moment des marquages alors que les camemberts prennent en considération le nombre d'années entre la date de marquage et la date de détection.

#### 4.3.2 Définition des groupes d'individus en fonction de leur comportement de déplacement et de leur évolution dans l'ouvrage

Le but premier de ce suivi est d'évaluer le franchissement de l'aménagement par les espèces présentes dans le Giffre. Cette efficacité de franchissement se décompose, selon plusieurs auteurs (par exemple BUNT *et al.*, 1999 ; AARESTRUP *et al.*, 2003), en plusieurs paramètres de franchissement qui sont liées à différents comportements de déplacements.

Le premier paramètre est « l'attractivité » qui prend en compte la probabilité d'un individu à détecter l'entrée de l'ouvrage et à y pénétrer. Pour un aménagement qui couvre l'intégralité de la largeur du lit mineur comme celui étudié ici, cette attractivité correspond à l'arrivée des poissons sur l'ouvrage. Le second paramètre est « la franchissabilité » qui est définie par la probabilité qu'un individu parcourt l'ensemble de l'aménagement et en sort par l'amont.

L'efficacité de franchissement correspond au produit de ces deux probabilités. L'estimation de ces paramètres de franchissement, en particulier l'attractivité, ne peut reposer sur l'ensemble des individus marqués d'un PIT-tag puisqu'une fraction de l'échantillon marqué ne cherche pas nécessairement à franchir l'ouvrage et n'a donc pas un comportement « migrant ». Aussi, l'effectif sur lequel reposent ces estimations de franchissement est le nombre d'individus marqués par un PIT-tag corrigé par la part de « migrants » au sein des populations étudiées. Les pourcentages d'individus dits migrants au sein des populations étudiées a été défini par télémétrie radio lors d'une précédente étude sur le bassin de l'Arve (voir CHASSERIEAU *et al.*, 2015) et sont redonnés dans le Tableau 13 avec les effectifs « corrigés » de poissons marqués d'un PIT-tag.

Afin de définir l'efficacité de franchissement de l'ouvrage de Marignier, les individus marqués ont été classés en 3 groupes différents en fonction de leurs comportements de déplacements (Figure 29).

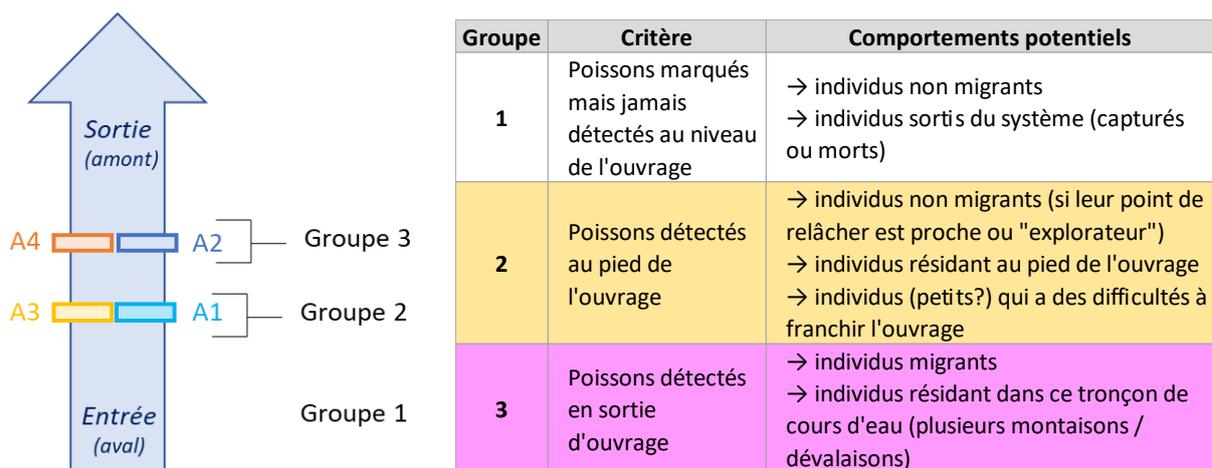


Figure 29 : Définition des différents groupes d'individus en fonction de leurs comportements et de leurs détections aux antennes du dispositif de Marignier.

Ainsi sur les 1101 individus de Barbeau fluviatile, de Chevesne et de Truite fario marqués dans la Giffre aval et l'Arve proche de la confluence Giffre-Arve, 601 sont estimés migrants à partir des taux observés par CHASSERIEAU *et al.* (2015) (Tableau 13). Le chabot est considéré comme une espèce peu migrante à l'échelle annuelle. Les déplacements de chabot dans le Giffre aval se caractérisent essentiellement par de la dévalaison naturelle (LIZEE *et al.*; 2015). Cependant sur certains secteurs du bassin de l'Arve des déplacements en montaison sont observés à des taux non négligeables (par exemple au niveau du Foron de Taninges, entre 6 % et 12 % de migrants). Dans la présente étude, on observe 5 % d'individus « migrants » (un taux comparable (6 %) a été observé dans le Borne (BEAUFILS, 2020)) mais aucun franchissement de l'aménagement pour cette espèce. L'efficacité de franchissement pour le chabot est donc nulle.

Pour les 3 autres espèces considérées comme plus mobiles, le taux de poissons non détectés parmi les individus marqués se situe entre 64 % et 78 % (Tableau 13). La part non détectée de l'échantillon est composée :

1. d'individus considérés comme sédentaires,
2. d'individus qui se sont déplacés vers l'amont mais pas jusqu'au niveau de l'ouvrage de Marignier ou vers l'aval (concerne au moins 20 individus (dont 19 truites et 1 chevesne) sur les 47 recapturés à la canne ou en pêche électrique),
3. d'individus sortis du système, c'est-à-dire capturés ou morts (concerne au minimum 17 individus de truite (soit 2 %) d'après les informations recueillies).

Suivant le taux de migrants définis pour l'espèce, l'attractivité va varier entre 91 % pour le chevesne qui est considéré comme plutôt sédentaire dans le Giffre aval à 38 % pour la truite qui est définie comme davantage mobile. Le paramètre de franchissabilité montre également une grande amplitude suivant l'espèce considérée. Seulement 7 chevesnes ont franchi l'aménagement ce qui représente un taux de franchissabilité de 33 % et donc une efficacité de franchissement de 30 %. A l'inverse, la grande majorité de barbeaux (n = 18, soit 100 %) et de truites (n = 163, soit 78 %) qui ont migré jusqu'au niveau de l'ouvrage de Marignier, le franchissent. Il en résulte une efficacité de franchissement minimale de 67 % pour le barbeau et de 30 % pour la truite fario.

Tableau 13 : Effectifs de poissons marqués, « supposés migrants » et détectés classés par groupe de comportement de déplacement donnant accès aux paramètres d'attractivité et de franchissabilité.

		Taux de migrants dans la population <sup>(a)</sup> (cf. Chasseriau et al., 2015)	53%	27%	57%	Esp. peu migrante				
Groupe		Critère	BARBEAU FLUVIATILE	CHEVESNE	TRUITE FARIO	CHABOT	BARBEAU FLUVIATILE	CHEVESNE	TRUITE FARIO	CHABOT
Poissons marqués	0	Poissons marqués dans le Giffre et l'Arve (secteur Bonneville - Vougy)	50	84	967	155				
	0'	Poissons marqués dans le Giffre et l'Arve et supposés migrants	27	23	551	x				
Poissons détectés	1	Poissons marqués mais jamais détectés au niveau de l'ouvrage	32	63	759	147	64%	75%	78%	95%
	2	Poissons détectés au pied de l'ouvrage	0	14	46	8	0%	17%	5%	5%
	3	Poissons détectés en sortie d'ouvrage	18	7	163 <sup>(b)</sup>	0	36%	8%	17%	0%
Attractivité			67%	91%	38%	5%				
Franchissabilité			100%	33%	78%	0%				
<b>Efficacité de franchissement</b>			<b>67%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>0%</b>				

<sup>(a)</sup> Taux défini à l'échelle du bassin de l'Arve

<sup>(b)</sup> Effectif qui inclut la truite recapturée à la canne à Plan Séraphin mais non détectée au dispositif fixe (passage en hiver 2016)

Ces résultats sont définis sur la globalité de la période d'étude 2016 – 2020, avec des configurations de l'aménagement qui diffèrent entre le début et la fin du suivi. Les résultats de la première campagne avaient mis en évidence que les truites franchissaient l'aménagement aussi bien via la passe que par la rampe rustique (BEAUFILS & CHASSERIEAU, 2018). Cette dernière n'existant plus à partir de 2018, il est possible que le nombre de franchissements des truites soit légèrement sous-estimé. Les modifications de la configuration de l'aménagement ne peuvent cependant pas expliquer la différence entre le taux de franchissabilité du barbeau et du chevesne. Les aptitudes de nage et de saut de ces deux espèces sont pourtant considérées comme similaires (BAUDOIN et al., 2014) mais leur motivation à franchir un

ouvrage peut différer comme cela a pu être mis en évidence par exemple dans le Rhône genevois (CHASSERIEAU *et al.*, 2015).

L'efficacité de franchissement dépendant des paramètres d'attractivité et de franchissabilité. Pour l'aménagement de Marignier dans sa configuration initiale, c'est-à-dire couvrant l'intégralité du lit mineur, cette notion d'efficacité de franchissement est moins importante que pour un ouvrage qui ne rétablit que partiellement la continuité écologique, comme par exemple la passe à poissons d'Arthaz-Pont-Notre-Dame dans l'Arve. Cette passe à fentes verticales est implantée en rive gauche du barrage d'Arthaz haut de 3.6 m. Les poissons qui se présentent à l'aval doivent donc trouver l'entrée pour effectuer une montaison. Cette recherche peut engendrer un éventuel retard dans une migration de reproduction par exemple. CHASSERIEAU *et al.* (2015) avait mis en évidence que cet ouvrage était peu attractif pour les cyprinidés (0.06 %).

En effet, un aménagement complet de la largeur du lit mineur supprime les retards éventuels liés à la recherche de l'entrée du dispositif de franchissement. Ainsi pour l'ouvrage de Marignier, le diagnostic d'efficacité de l'aménagement repose essentiellement sur le paramètre de franchissabilité. Aussi les chiffres précédents mettent en évidence que l'aménagement est tout à fait franchissable pour le barbeau fluviatile et la truite fario et moyennement pour le chevesne. Pour le chabot, les résultats appuient une difficulté de montaison. En comparaison, l'aménagement du seuil Métral dans le Borne (Saint-Pierre-en-Faucigny), qui consiste à un coursier (rampe en enrochements libres) et une passe avec 6 bassins successifs, a été franchi via le coursier (pente 12,5 %) par 44 % des chabots (n = 8 individus) (BEAUFILS, 2020).

### 4.3.3 Franchissement des individus détectés au niveau de l'ouvrage

Les individus qui ont franchi l'ouvrage ont pu le franchir une ou plusieurs fois, soit dans la même année, soit une fois par an, ou une combinaison de ces deux options. Certains adultes vivent également temporairement dans l'ouvrage, pouvant effectuer plusieurs allers-retours via la passe ou la rampe, avec entre 12 et 18 franchissements par an. Cela a été observé pour un barbeau et 3 truites au cours du printemps - été 2017. De tels comportements ont déjà été mis en évidence dans d'autres types d'aménagements, comme par exemple dans la passe à poissons de Verbois (qui est une passe à bassins) sur le Rhône (CHASSERIEAU *et al.*, 2015).

La Figure 30 montre que le nombre de franchissement de l'ouvrage varie en fonction de l'espèce et du stade de développement. Chez la truite, la grande majorité des individus (80 % des géniteurs et 94 % des juvéniles et immatures) n'a franchi qu'une seule fois l'aménagement pour aller coloniser et / ou explorer des secteurs plus en amont. Le comportement de « multi-franchissements » est tout de même observé chez les deux stades de développement mais davantage marqué chez les géniteurs (20 % contre 6 % des individus). Chez les cyprinidés la différence du nombre annuel de franchissements est très marquée entre les deux stades de développement. Les géniteurs de Barbeau et de Chevesne effectuent majoritairement (respectivement 64 % et 57 %) entre 2 et 5 franchissements par an. Les jeunes barbeaux ont quant à eux franchi une seule fois l'ouvrage pour s'aventurer en amont du pont SNCF. Ces derniers n'ont pas été enregistrés en dévalaison. Ils ont donc élu domicile sur le secteur en amont de l'ouvrage. Aucun juvénile de Chevesne n'a franchi l'aménagement au cours du suivi. Il en est de même pour les chabots.

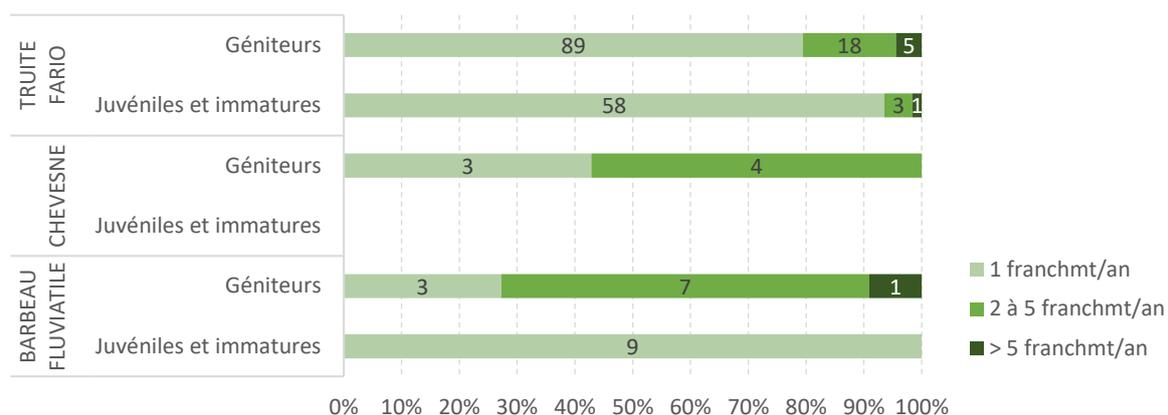


Figure 30: Nombre de franchissements de l'ouvrage de Marignier effectués par un individu d'une espèce et d'un stade spécifique au cours du suivi entre 2016 et 2020.

Le dispositif initial composé de 4 antennes permettait de définir la voie de passage empruntée par les poissons lors de leur montaison. La Figure 31 fait état des résultats pour les années 2016 et 2017 lorsque l'aménagement était intégral. Les années suivantes (2018 à 2020), les franchissements enregistrés se sont effectués côté passe à macrorugosités, étant donné que la rampe rustique n'existait plus.

La Truite fario utilisait les deux types d'aménagement, passe à macrorugosités rive gauche et rampe en enrochements rive droite, parfois même de manière combinée, pour accéder à l'amont (Figure 31). Une légère préférence pour la passe rive gauche est à noter ; en effet 39 % des franchissements de truite fario ont eu lieu de ce côté entre 2016 et 2017 (33 % ont eu lieu côté rampe). Pour les cyprinidés, la tendance diffère puisqu'ils ont franchi l'ouvrage préférentiellement via la passe (soit pour 94 % des franchissements de Barbeau et 75 % de Chevesne).

Ces résultats montrent que la dualité de l'aménagement fonctionne bien et permet aux cyprinidés de remonter aisément. Un aménagement de type « rampe rustique » seule, d'une pente de 5 %, est également tout à fait franchissable par les cyprinidés comme cela a pu être observé au cours du suivi RFID sur la Menoge au niveau de Pont de Fillings (CHASSERIEAU, 2019b).

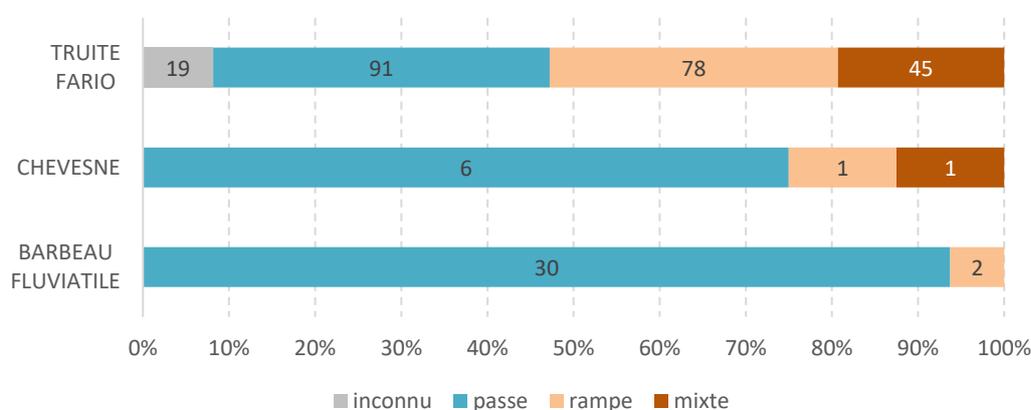


Figure 31: Nombre et pourcentage de franchissements par espèce en fonction du type d'aménagement utilisé pour la montaison.

#### 4.3.3.1 Période de déplacements et de franchissement des espèces

Les Figure 32, Figure 33 et Figure 34 font état de la dynamique de passage (en montaison et dévalaison) et de séjour au niveau de l'ouvrage de Marignier pour chacune des espèces détectées entre 2017 et 2019. Les contacts en aval et en amont ont été distingués des traversées complètes de l'ouvrage (en montaison et en dévalaison) puisqu'ils concernent une approche de l'ouvrage. Les années 2016 et 2020 ne sont pas présentées pour ce volet de l'analyse pour plusieurs raisons :

- La récolte de données ne couvrait pas l'intégralité de l'année,
- Le dispositif ne fonctionnait que partiellement donc les contacts bancarisés ne reflètent qu'une partie des allers - venues et séjours des poissons dans l'ouvrage sans en donner une image exacte.
- Trop peu d'individus ont été détectés sur les 5 derniers mois de suivi (seulement 6 au total, toutes espèces confondues).

De plus, seuls sont indiqués les franchissements et les dévalaisons dont on disposait du mois de passage. En effet, un certain nombre de montaisons sont identifiées par un recontact en amont alors que le poisson aurait dû arriver par l'aval. Ce cas de figure est également constaté pour les dévalaisons avec un recontact en aval alors qu'il aurait dû être en amont. Ces passages « inconnus » correspondent à 23 % des montaisons enregistrées (mais 48 % des individus identifiés) et 16 % des dévalaisons enregistrées (et 24 % des individus identifiés). Ces passages non décrits signifient que le poisson en question est passé :

- soit avant que le dispositif soit en fonctionnement intégral, c'est à dire entre mai et décembre 2016,
- soit au moment d'un dysfonctionnement d'une antenne amont (ce qui a été rare, soit 3 % de la durée du suivi qui correspond à 43 jours en cumulé (donc environ un mois et demi),
- soit à partir de 2018, il a réussi à franchir la chute côté rive droite avec des conditions hydrologiques idéales (peu concerner 23 truites sur 58),
- soit il est passé lors d'un épisode de hautes eaux est n'a pu être détecté s'il a dévalé trop rapidement.

Dans cette partie, il est fait la distinction des contacts par stade de développement lorsque les effectifs mensuels de ces derniers sont suffisants, ce qui est le cas pour l'espèce Truite fario. Pour les cyprinidés, la distinction n'est pas faite entre les contacts des géniteurs et ceux des juvéniles pour les années 2017 et 2019 car la catégorie « Juvéniles et immatures » ne compte que très peu de données ces années-là.

##### 4.3.3.1.1 Chez la Truite fario

Les résultats pour la Truite fario sont majoritaires en 2017 d'une part, car c'est l'année qui suit la première campagne de marquage et d'autre part, car l'aménagement se composait des deux types de rampe (technique et rustique). Cette espèce rhéophile a pu à partir de 2018 être davantage attirée par la chute engendrée par le côté rive droite « seuil en palplanches » plutôt que les remous de la passe à macrorugosités. De plus, les blocs de la rampe rustique ont créé sur le site des caches et de l'habitat

favorable pour cette espèce. Certains individus ont pu ne pas chercher à remonter puisqu'ils trouvaient sur place tout le nécessaire pour accomplir toutes les phases de leur cycle de vie.

La Truite fario est l'espèce dominante du peuplement piscicole du Giffre aval. Il n'est donc pas étonnant de la contacter toute l'année au niveau de l'ouvrage de Marignier. La Figure 32 met en évidence pour l'année 2017 une forte activité de déplacement, et a fortiori, de franchissements, au cours des mois de juin à août pour les géniteurs avec un nombre de contacts au pied d'ouvrage qui culmine en juillet et en août (environ 200 contacts par mois) occasionnés par une poignée d'individus. La grande majorité de ces contacts estivaux (93 % pour les mois de juin à août) est générée par seulement 5 individus. Ces derniers ont élu domicile au niveau de l'ouvrage durant la période estivale et, vont et viennent entre l'amont et l'aval. Il en est de même pour un jeune individu entre les mois de juillet et septembre qui est à l'origine de 97 % des contacts à l'aval de l'ouvrage sur cette période.

A partir du mois de septembre 2017, le nombre de contacts au pied de l'ouvrage diminue et le nombre de franchissements augmente pour culminer au mois de novembre et ce, pour les deux stades de développement. On observe ainsi qu'au mois de novembre 2017, 22 franchissements ont été enregistrés et réalisés par 18 individus alors qu'au mois de juillet 2017 le même nombre de franchissements a été occasionné par deux fois moins d'individus ( $n = 10$ ). Ce flux vers l'amont en période hivernale, sans temps d'attente au pied ou à l'amont de l'ouvrage, est à mettre en lien avec la phase de reproduction de l'espèce. A cette période les truites mûres se consacrent entièrement à la reproduction en recherchant activement un site de frai et des partenaires. Ce type de déplacements rapides et unidirectionnel avait également été observé en 2014 dans l'Arve en phase de pré-reproduction (CHASSERIEAU *et al.*, 2015).

Les deux autres années de suivi montrent une dynamique de passages au niveau de l'ouvrage de Marignier bien différente pour cette espèce. On retrouve toujours quelques individus vivant au niveau de l'ouvrage tout au long de l'année. En 2018, ils ne sont plus que 2 (parmi les 5 en 2017) à occasionner un maximum de contacts estivaux au pied de l'ouvrage (quasiment 100 %). On observe deux périodes de franchissements pour les géniteurs, l'une au printemps et l'autre, aux mois de novembre - décembre. Les juvéniles de truite sont quant à eux contactés uniquement sur le dernier trimestre. Les franchissements enregistrés en décembre 2018 sont réalisés pour les  $\frac{3}{4}$  par ces jeunes individus.

La dynamique 2019 de déplacements et de temps de séjours arbore un profil plus homogène au cours de l'année. Seuls des individus adultes de Truite sont enregistrés au niveau du dispositif de Marignier cette année-là ce qui s'explique par le fait qu'aucun alevin de l'année n'a été équipé d'un tag lors des dernières opérations de marquage en 2018. Les deux périodes de franchissement signalées en 2018 se dessinent avec seulement 1 à 3 franchissements mensuels en 2019. Par contre on n'observe pas de petit pic de montaison en fin d'année au mois de décembre. A cette période, les travaux de rénovation des digues à l'aval immédiat de l'ouvrage étaient encore en cours et se sont finalisés au mois de février 2020 avec réalisation des banquettes. Cette année-là les déplacements liés à la phase de reproduction de la truite ont pu être moindre au niveau de l'ouvrage de Marignier du fait de ce dérangement temporaire.

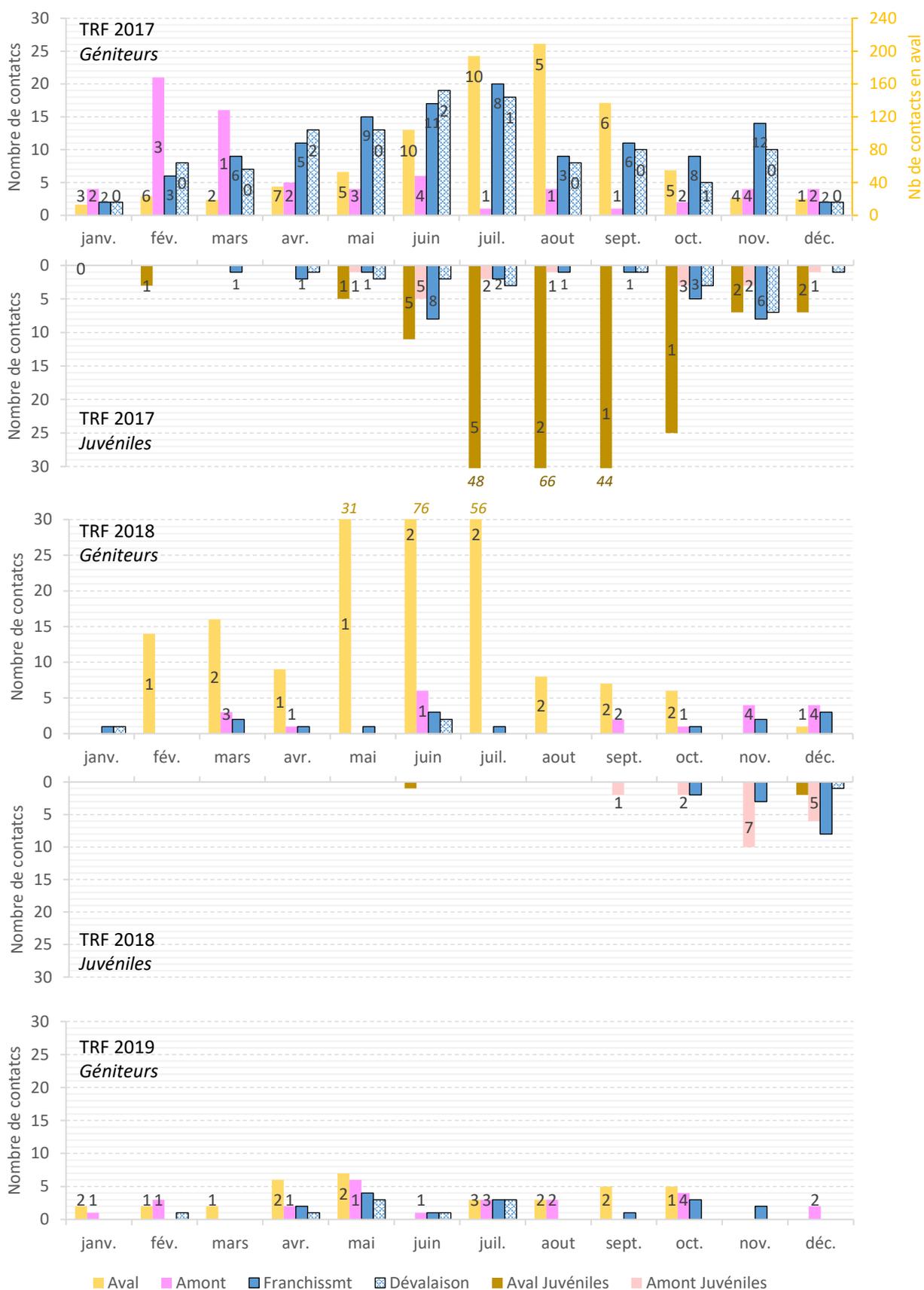


Figure 32 : Nombres mensuels de contacts en aval et en amont de l'ouvrage et nombre mensuels de franchissements et de dévalaisons de l'ouvrage de Marignier par les truites fario pour les 3 années complètes de suivi.

*Le numéro sur les histogrammes correspond au nombre d'individus concernés par le nombre de contacts. Par exemple, en juillet 2017, les 194 contacts en aval de l'ouvrage ont été occasionnés par 10 individus.*

En 2017, le dispositif de détection couvrant l'intégralité de l'ouvrage, les passages des poissons étaient enregistrés dans les deux sens et sur les deux côtés de l'aménagement. Ainsi il a pu être défini que 59 % des individus ayant franchi l'ouvrage l'ont dévalé la même année. Lorsqu'on regarde le stade de développement, il apparaît qu'en 2017, 52 % des juvéniles et 61 % des adultes dévalent après leur montaison. Ces mouvements vers l'aval s'effectuaient pour 40 % via la rampe rugueuse et à 60 % via la rampe technique. En 2018, les dévalaisons « précises » sont anecdotiques et en faible nombre en 2019. Une partie des individus dévalent par la chute côté rive droite et ne sont donc pas enregistrés.

#### *4.3.3.1.2 Chez le Barbeau fluviatile*

Les données de passages du Barbeau fluviatile au niveau de l'ouvrage de Marignier restent fournies tout au long du suivi (entre 2017 et 2019) contrairement à celles de la Truite fario. Ceci est en partie dû à un petit groupe de géniteurs (n = 4) qui est recensé chaque année en montaison et en dévalaison. La Figure 33 met en évidence que les barbeaux adultes sont présents au niveau de l'ouvrage de Marignier essentiellement entre mai et août. A cette période, synonyme de reproduction pour eux, la majorité des géniteurs franchissent et dévalent l'ouvrage sans stagner à proximité. Suivant les années et les conditions du milieu du moment, le pic d'activité a lieu en mai, juin ou juillet.

On observe cependant entre les mois de juin et août 2018, 2 à 3 individus restés à l'aval de l'ouvrage sans le franchir (entre 25 et 42 contacts à l'aval de l'ouvrage au mois de juillet et août respectivement).

A dehors de la période estivale, quelques franchissements sont observés. Ceux effectués par les juvéniles se concentrent entre juillet et octobre. Il est à noter que ces jeunes barbeaux n'ont pas redévalé l'ouvrage. La majorité d'entre eux a franchi rapidement l'aménagement sans séjourner au pied ou en amont. On observe cependant deux exceptions contactés à l'automne 2018 en période de basses eaux. Ces 2 juvéniles ont séjourné 3 mois au pied de l'ouvrage (entre septembre et novembre) sans le franchir cette année-là.

L'année 2019 se distingue des 2 précédentes d'une part, car elle enregistre moins de traversées complètes (montaisons et dévalaisons) de l'ouvrage et d'autre part, car on observe le séjour prolongé de 2 individus adultes en amont du seuil durant les mois d'août à octobre (Figure 33). Ce dernier point peut s'expliquer en partie par la mise en œuvre des travaux de restauration des digues en aval immédiat de l'aménagement. Ces opérations ont débuté en fin d'été, et à partir du 5 septembre les engins ont commencé à travailler dans le lit avec la réalisation d'un batardeau (voir aussi Annexe 2). Cette occupation du tronçon en l'aval de l'ouvrage a pu inciter ces 2 individus à rester à l'amont.

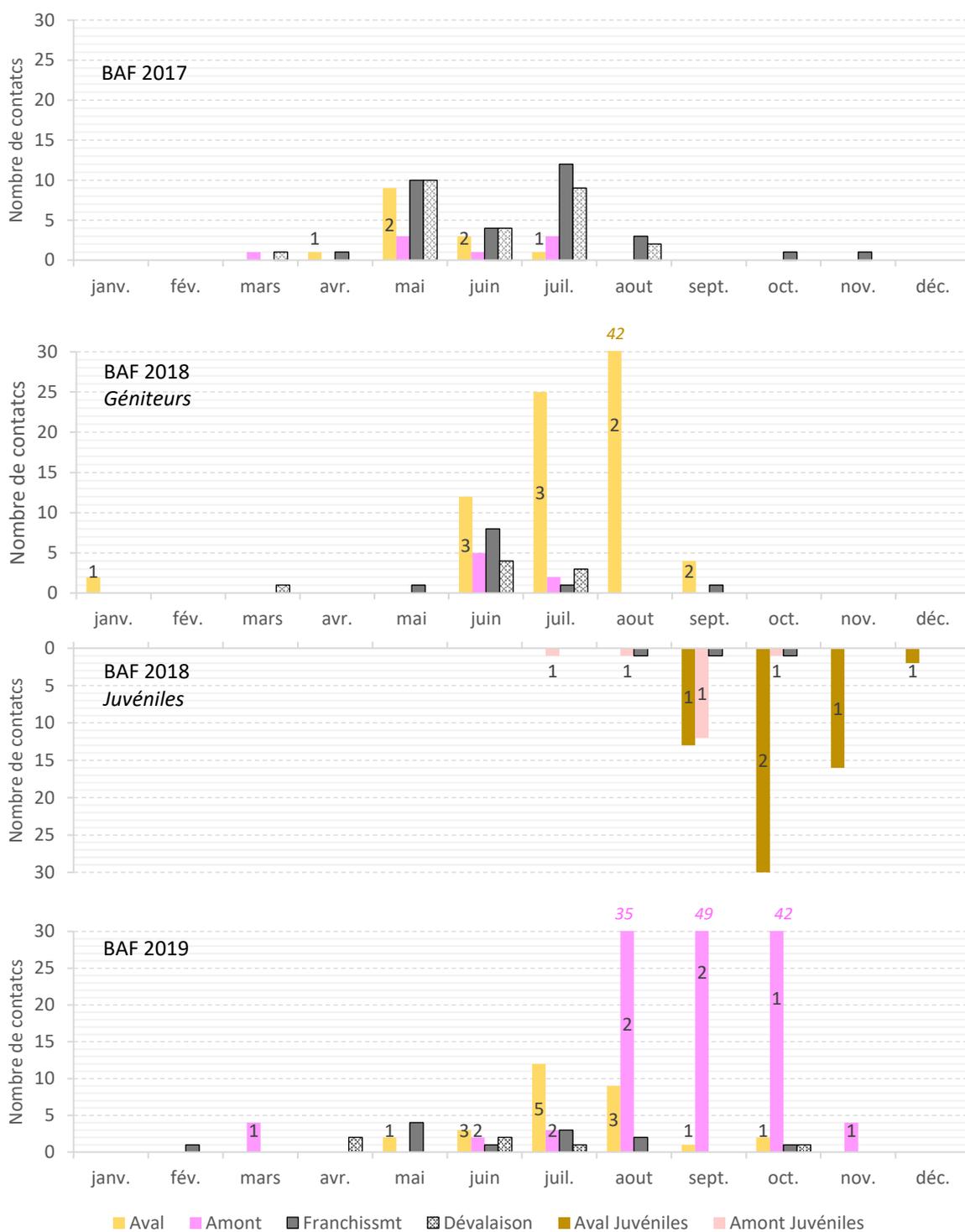


Figure 33 : Nombres mensuels de contacts en aval et en amont de l'ouvrage et nombre mensuels de franchissements et de dévalaisons de l'ouvrage de Marignier par les barbeaux fluviatiles pour les 3 années complètes de suivi. Le numéro sur les histogrammes correspond au nombre d'individus concernés par le nombre de contacts. Par exemple, en juillet 2018, les 25 contacts en aval de l'ouvrage ont été occasionnés par 3 individus.

#### 4.3.3.1.3 Chez le Chevesne

Les données concernant le Chevesne sont moins fournies que celles pour la Truite et le Barbeau, notamment pour les années 2018 et 2019. Cette espèce de cyprinidés d'eaux vives se trouve en limite amont de son aire de répartition et elle est définie comme moins mobile comparée au Barbeau qui appartient à la même famille et qui a des capacités de nage voisines de celles du Chevesne.

La Figure 34 met en évidence que cette espèce se déplace dans le Giffre aval essentiellement entre mai et août, période à laquelle elle se reproduit. Cette période de forte d'activité migratoire est également recensée dans la Menoge au niveau de l'ouvrage de Pont de Fillinges (CHASSERIEAU, 2019b). Certains individus sont restés un moment au pied de l'ouvrage au cours de cette période sans pour autant le franchir par la suite. Ce constat se vérifie en particulier pour les 3 individus juvéniles s'étant présentés au niveau de l'aménagement de Marignier. Quelques contacts sont enregistrés à l'automne et en hiver sans pour autant faire l'objet de franchissement.

On notera que le nombre de montaisons enregistrées est supérieures à celui des dévalaisons ce qui signifie que certains individus sont partis coloniser le linéaire amont (concerne la moitié des individus, soit n =7).

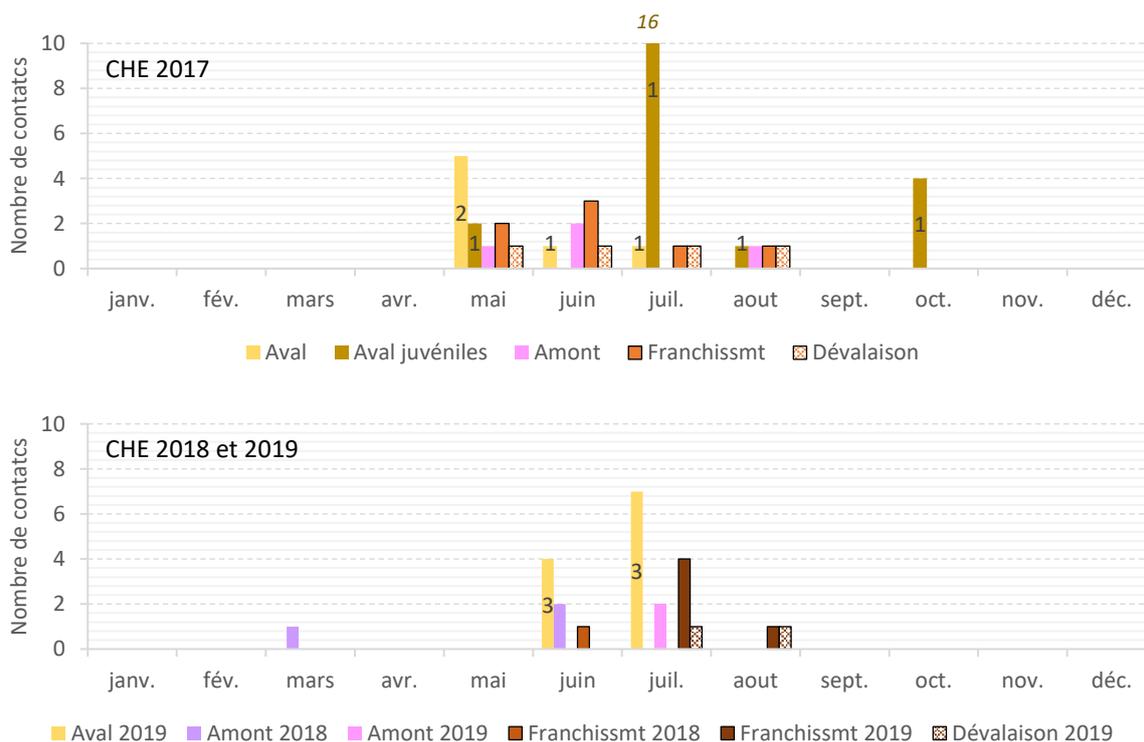


Figure 34 : Nombres mensuels de contacts en aval et en amont de l'ouvrage et nombre mensuels de franchissements et de dévalaisons de l'ouvrage de Marignier par les chevesnes pour les 3 années complètes de suivi. Le numéro sur les histogrammes correspond au nombre d'individus concernés par le nombre de contacts. Par exemple, en juillet 2017, les 16 contacts en aval de l'ouvrage ont été occasionnés par un seul individu juvénile.

#### 4.3.3.1.4 Chez le Chabot

Les quelques individus de chabot identifiés au niveau de l'ouvrage de Marignier se sont présentés essentiellement aux mois de juin et juillet. Deux individus ont également été détectés au mois d'octobre. Ces périodes ne correspondent pas à la période de reproduction mentionnée dans la littérature : avril à mai pour les cours d'eau alpins (FOX, 1978 in ZBINDEN *et al.*, 2004). Plus localement dans le Borne, des montaisons au niveau de l'aménagement du seuil Métral (Saint-Pierre-en-Faucigny) sont observées en mai et juin (BEAUFILS, 2020). Une étude sur le comportement migratoire du chabot dans des petits cours d'eau belges (affluents secondaires de la Meuse) a mis en évidence des déplacements d'individus de toutes tailles, toute l'année, dans les deux sens (vers l'amont et vers l'aval) et sur des distances variant de l'ordre de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres (OVIDIO *et al.*, 2007).

Ces données de passages et de séjours montrent que le secteur de Marignier est très fréquenté par les truites fario et les barbeaux fluviatiles et secondairement par les chevesnes et les chabots. La période de passage au niveau de l'aménagement diffère d'une espèce à l'autre. Les cyprinidés ont tendance à franchir l'ouvrage de Marignier majoritairement entre le mois de mai et le mois d'août tandis que les individus de truite fario franchissent tout au long de l'année. Les chabots se sont présentés majoritairement en juin – juillet.

Jusqu'au printemps 2016, les poissons se trouvaient bloqués à l'aval de l'ancien seuil en palplanches. Depuis que la continuité piscicole est rétablie au niveau de ce point, ils peuvent se déplacer librement sur tout le Giffre aval jusqu'à la première chute naturelle située à « le Pont du Giffre » (en amont de la confluence avec le Risse), soit sur environ 8 km. On observe que 75 % des individus ayant franchi l'ouvrage (n = 149) sont restés en amont de l'ouvrage de Marignier, en faisant abstraction d'éventuelles dévalisations non enregistrées et de captures non déclarées (Tableau 14).

Tableau 14 : Effectif spécifique d'individus ayant franchi une seule fois ou franchi et dévalé l'ouvrage pour connaître le nombre d'individus marqués étant restés en amont de l'ouvrage de Marignier.

Espèce	Indiv. n'ayant jamais franchi	1 seul franchissement et jamais redescendus	Indiv. redescendus après 1 ou plusieurs franchissements	Indiv. restés en amont
BARBEAU FLUVIATILE	0	9	5	6
CHABOT	8	0	0	0
CHEVESNE	14	3	0	4
TRUITE FARIO	51	109	46	18
Total	73	121	51	28

#### 4.3.3.2 Temps de passage dans l'ouvrage mis en relation avec les variables abiotiques

L'aménagement de Marignier d'une pente moyenne de 5.5 % a été conçu pour permettre le passage de toutes les espèces même celles dont les capacités de nage et de saut sont limitées. Son

franchissement ne représente pas de difficulté apparente. Aussi, il ne faut que quelques minutes pour les poissons les plus rapides pour le gravir tandis que les plus lents mettent plusieurs dizaines voire centaines de jours. Ces temps très longs sont enregistrés pour des jeunes truites en octobre 2016. Le record de vitesse en montaison est détenu par une truite et un chevesne avec un temps de passage chiffré à un peu plus de 4 min à un débit de 2.6 m<sup>3</sup>/s (Tableau 15). La grande majorité des franchissements s'effectuent en moins de 2 h (toutes espèces confondues). Les moyennes des temps de franchissement pour cette gamme de durée se situent entre 30 min et 1 h.

La dévalaison de l'ouvrage s'effectue classiquement plus rapidement que sa montaison : 56 % des dévalaisons enregistrées (toutes espèces confondues) s'opèrent en moins de 2 h. Les autres durées de dévalaison se répartissent assez équitablement dans les 3 gammes de durées supérieures.

La dévalaison la plus rapide a été réalisée par un chevesne en moins de 20 secondes à un débit de 2,4 m<sup>3</sup>/s. Les deux autres espèces effectuent aussi des dévalaisons « éclairs » inférieures à la minute pour les plus rapides.

Tableau 15 : Temps de franchissement et de dévalaison, minima, maxima et moyens par gamme de durées observées pour chacune des espèces détectées et ayant traversées l'aménagement au cours du suivi.

Espèce	Voie de passage	Temps de franchissement			Temps moyen de franchissement (± écart type ; nb concernés)			
		MINI (min)	MAXI (min)	MAXI (jrs)	<2h (min)	entre 2h et 12h (min)	entre 12h et 2jrs (min)	> 2 jrs (jrs)
BARBEAU FLUVIATILE	passee	13,0	166,0	0,1	37,3 (± 23,6 ; n = 33)	237,1 (± 143,8 ; n = 6)	1189,6 (± 233,3 ; n = 5)	44,8 (± 51,3 ; n = 10)
	rampe	26,9	59,0	0,0	44,2 (± 15,5 ; n = 4)	NA	NA	NA
CHEVESNE	passee	4,7	20024,3	13,9	57,7 (± 40,4 ; n = 8)	127,8 (NA ; n = 1)	NA	12,3 (± 2,3 ; n = 2)
TRUITE FARIO	passee	10,8	354672,4	246,3	46,6 (± 27,2 ; n = 88)	321,4 (± 166,1 ; n = 18)	1573,1 (± 558,9 ; n = 18)	66,6 (± 93,1 ; n = 9)
	rampe	4,3	5678,2	3,9	30,8 (± 28,4 ; n = 29)	330,2 (± 128,3 ; n = 12)	2012,4 (± 2769,2 ; n = 6)	3,9 (NA ; n = 1)
Nb de franchmt concernés (total = 250)				65%	15%	12%	9%	

Espèce	Temps de dévalaison		Temps moyen de dévalaison (± écart type ; nb concernés)			
	MINI (min)	MAXI (jrs)	<2h (min)	entre 2h et 12h (min)	entre 12h et 2jrs (min)	> 2 jrs (jrs)
BARBEAU FLUVIATILE	0,7	6,1	29,2 (± 30,3 ; n = 26)	292,5 (± NA ; n = 2)	1651,5 (± 763,5 ; n = 4)	3,8 (± 17,0 ; n = 4)
CHEVESNE	0,3	74,8	5,6 (± 8,7 ; n = 4)	NA	NA	56,8 (± NA ; n = 2)
TRUITE FARIO	0,4	36,0	15,1 (± 25,8 ; n = 70)	350,9 (± 164,8 ; n = 21)	1420,1 (± 560,6 ; n = 24)	11,7 (± 9,6 ; n = 23)
Nb de déval. concernées (total = 180)		56%	13%	16%	16%	

Les différents temps de franchissements ont été mis en relation avec les périodes des franchissements (mois, heure), les débits horaires du Giffre enregistrés à la station limnimétrique de Plan Séraphin, la température horaire de l'eau enregistrée dans le centre-ville de Marignier et le stade de développement des individus (Figure 35).

Les graphiques de la Figure 35 ne montrent pas de corrélation évidente entre les temps de passages et ces paramètres. Ces données ont cependant été testées statistiquement à l'aide du test de corrélation de Spearman et des relations en ressortent pour les espèces Truite fario et Barbeau fluviatile (Tableau 16). Le faible jeu de données pour le Chevesne ne permet pas de réaliser ces tests.

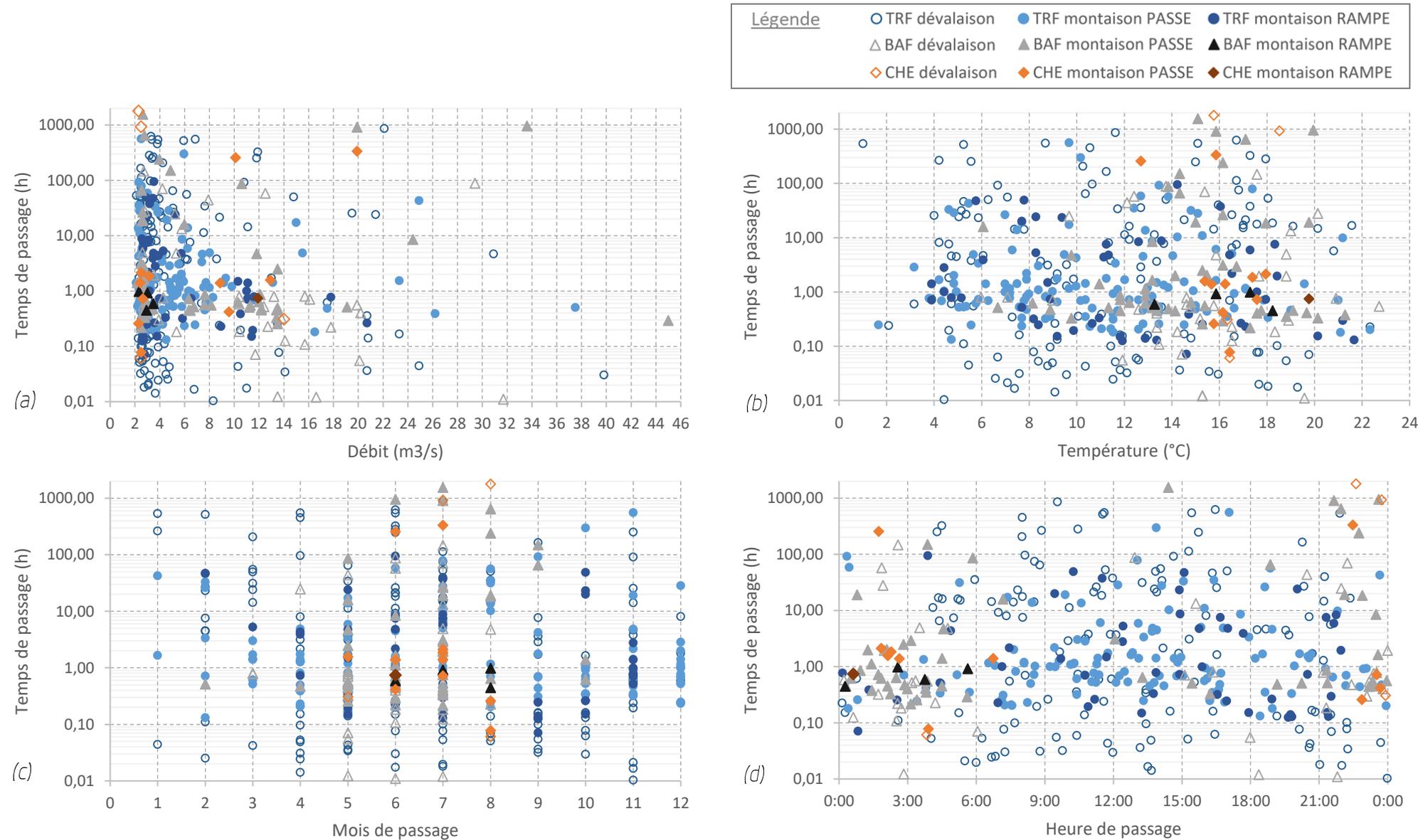


Figure 35 : Graphiques reliant des temps de passages des barbeaux, des chevesnes et des truites en fonction des variables abiotiques : (a) débit horaire, (b) température horaire, (c) mois de passage et (d) heure de passage.

Tableau 16 : Synthèse des résultats des tests de corrélation de Spearman pour les truites fario et les barbeaux fluviatiles. Les valeurs en gras sont significatives. Le détail des tests est donné en Annexe 5.

**Matrice de corrélation (Spearman) :**

Espèce	Sens	Stade	Type d'aménagement	Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Truite fario	montaison	juvéniles et im.	rampe	Tps passage	-0,267	0,321	<b>-0,806</b>	0,248	<b>1</b>
			pas	Tps passage	-0,259	-0,105	0,340	-0,144	<b>1</b>
		géniteurs	rampe	Tps passage	<b>-0,400</b>	-0,001	0,027	-0,178	<b>1</b>
			pas	Tps passage	-0,094	0,121	-0,005	-0,003	<b>1</b>
	dévalaison	juvéniles et im.	Tps passage	0,206	-0,051	0,028	-0,066	<b>1</b>	
		géniteurs	Tps passage	<b>-0,200</b>	<b>-0,189</b>	-0,113	0,058	<b>1</b>	
Barbeau fluviatile	montaison	tous	Tps passage	<b>0,287</b>	<b>0,339</b>	-0,057	-0,117	<b>1</b>	
		géniteurs	Tps passage	0,209	<b>0,288</b>	0,027	-0,144	<b>1</b>	
	dévalaison	tous	Tps passage	0,116	0,028	<b>-0,494</b>	-0,005	<b>1</b>	

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$

**p-values (Spearman) :**

Espèce	Sens	Stade	Type d'aménagement	Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Truite fario	montaison	juvéniles et im.	rampe	Tps passage	0,458	0,368	<b>0,008</b>	0,492	<b>0</b>
			pas	Tps passage	0,210	0,615	0,096	0,489	<b>3,1957E-07</b>
		géniteurs	rampe	Tps passage	<b>0,013</b>	0,994	0,871	0,284	<b>0</b>
			pas	Tps passage	0,350	0,227	0,961	0,976	<b>0</b>
	dévalaison	juvéniles et im.	Tps passage	0,396	0,837	0,911	0,790	<b>8,3772E-06</b>	
		géniteurs	Tps passage	<b>0,030</b>	<b>0,040</b>	0,222	0,533	<b>0</b>	
Barbeau fluviatile	montaison	tous	Tps passage	<b>0,029</b>	<b>0,010</b>	0,668	0,380	<b>0</b>	
		géniteurs	Tps passage	0,138	<b>0,039</b>	0,850	0,307	<b>0</b>	
	dévalaison	tous	Tps passage	0,498	0,872	<b>0,002</b>	0,978	<b>0</b>	

- La montaison des truites juvéniles via la rampe rustique est plus rapide (< 5 min) à débit plus fort (entre 3.5 m<sup>3</sup>/s et 17.8 m<sup>3</sup>/s). Ce constat peut aussi être fait pour les géniteurs sans que cette corrélation soit significative (car des montaisons lentes sont aussi effectuées dans la même gamme de débits (3.5 m<sup>3</sup>/s à 5.6 m<sup>3</sup>/s)). Cela ne signifie pas pour autant qu'il n'y a pas de montaison rapide à fort débit via la passe à macrorugosités, bien au contraire. Les franchissements rapides (moins de 10 min) côté rive gauche se font à une gamme de débit entre 2.1 m<sup>3</sup>/s et 37.5 m<sup>3</sup>/s. Aussi, l'utilisation d'une rampe plutôt que l'autre en fonction du débit comme définie dans le projet initial, n'est pas vérifiée. Cela n'est pas étonnant puisque le débit d'étiage du Giffre ne se concentre pas dans la passe à macrorugosités comme prévu initialement. Il se divise grossièrement à l'équité entre les deux côté de l'aménagement (Annexe 6)
- La montaison de la rampe rustique par les géniteurs de Truite est plus rapide en hiver qu'au printemps et en été. En effet, à la belle saison ces individus vont avoir tendance à séjourner dans l'aménagement côté enrochements libres qui offre des caches et des zones bien oxygénées grâce aux petites chutes occasionnées par l'ajustement des blocs. A l'inverse en hiver, toute leur énergie et leur temps sont dédiés à la reproduction. Les passages sont brefs pour rejoindre des partenaires sur les zones de frai.

- Concernant la dévalaison des truites adultes, sa célérité dépend de la période de l'année et de la journée. Elle semble être plus longue en période estivale et en milieu de journée.
- La montaison de l'aménagement par les barbeaux adultes va être plus longue en fin de journée (entre 21h et minuit) que le matin (entre minuit et 4h). A l'automne, toutes les montaisons réalisées par les barbeaux juvéniles sont rapides (de l'ordre de l'heure) alors que celles des adultes peuvent être plus ou moins longues.
- Assez intuitivement la dévalaison des barbeaux est plus rapide lorsque le débit du Giffre est plus élevé.

Sans tenir compte de la durée des passages dans l'ouvrage, plusieurs tendances sur les conditions de déplacements des barbeaux et des truites peuvent être relevées (Figure 36 et Figure 37) :

- La grande majorité des déplacements (97 %) via l'aménagement de Marnier sont effectués à des températures supérieures à 4°C. Seules quelques truites se sont déplacées à des températures inférieures en période hivernale.
- Les cyprinidés traversent l'ouvrage majoritairement entre mai et juillet avec des conditions de débit très variées (entre 2.4 m<sup>3</sup>/s et 45 m<sup>3</sup>/s) et dans une gamme de températures entre 8°C et 22°C. Cette fourchette de températures est un peu plus étendue que celle définie comme étant celle optimale pour cette espèce (13°C et 20°C) par TISSOT & SOUCHON (2010) dans leur synthèse bibliographique. Elle est similaire à celle observée dans la Menoge au niveau de l'ouvrage de Pont de Fillings (CHASSERIEAU, 2019b). Le contexte montagnard du Giffre explique en partie la phase d'activité à des températures inférieures à 13°C, notamment au printemps où le Giffre est alimenté essentiellement par la fonte des neiges. Les cyprinidés du Giffre effectuent leurs déplacements printaniers en phase de pré-reproduction à des températures entre 9°C et 16°C soit une plage environ similaire à celle observée par MELCHER & SCHMUTZ (2010) dans la rivière Pielach (affluent du Danube, Autriche).
- Les barbeaux et chevesnes bougent et franchissent l'ouvrage essentiellement entre 21 h et 6 h du matin, soit entre le coucher et le lever du soleil. Ce constat également fait dans la Menoge (CHASSERIEAU, 2019b) est en accord avec la littérature scientifique de cette espèce (BERGE, 2012 ; BARRAS & CHERRY, 1990) même si on se situe dans un contexte hydrologique marginal pour ces espèces (torrent de montagne à régime essentiellement nival).
- Les truites (juvéniles / immatures et géniteurs confondus) sont très mobiles toute l'année même en dehors de leur période de reproduction. Cette mobilité constante a également été relevée par OVIDIO & PHILIPPART (2002) dans plusieurs affluents de la Meuse belge grâce à un suivi radiotéléométrique avec un pointage régulier (minimum 5 fois par semaine) des poissons suivis. L'étude d'envergure en radiotéléométrie à l'échelle du bassin de l'Arve n'avait pas fourni cette précision car les individus marqués étaient recherchés une seule fois par semaine (CHASSERIEAU *et al.*, 2015). La Figure 36 met en évidence de nombreux déplacements en été lors de la période de hautes eaux mais on observe également un nombre non négligeable (13 %) de traversées de l'ouvrage en période d'étiage (juillet à octobre), soit à des débits inférieurs à 2.5 m<sup>3</sup>/s. La majorité des montaisons pour cette espèce (73 %) s'effectuent dans une gamme de débits moyens inférieurs au module (entre 2.5 m<sup>3</sup>/s et 9.8 m<sup>3</sup>/s). On notera également que 3 % des franchissements par les truites sont effectués à plus de 19.5 m<sup>3</sup>/s (valeur qui

correspond à deux fois le module et au-delà de laquelle les paramètres hydrauliques du dispositif semblaient moins compatibles avec les critères de franchissabilité des espèces cibles).

- Les truites sont actives aussi bien le jour que la nuit dans une gamme de températures comprises entre 1°C et 22°C (Figure 36). La très grande majorité des déplacements (91 %) sont tout de même effectués dans la gamme de températures 4°C - 19°C, mentionnée par de nombreux auteurs (VARLEY 1967 ; ELLIOTT 1975 ; ALABASTER & LLOYD, 1980 ; ELLIOTT 1981 ; CRISP 1996 ; ELLIOTT & HURLEY 2001) comme étant le preferendum thermique de la truite fario ; elle correspond à une gamme thermique à laquelle les individus de cette espèce continuent à s'alimenter.

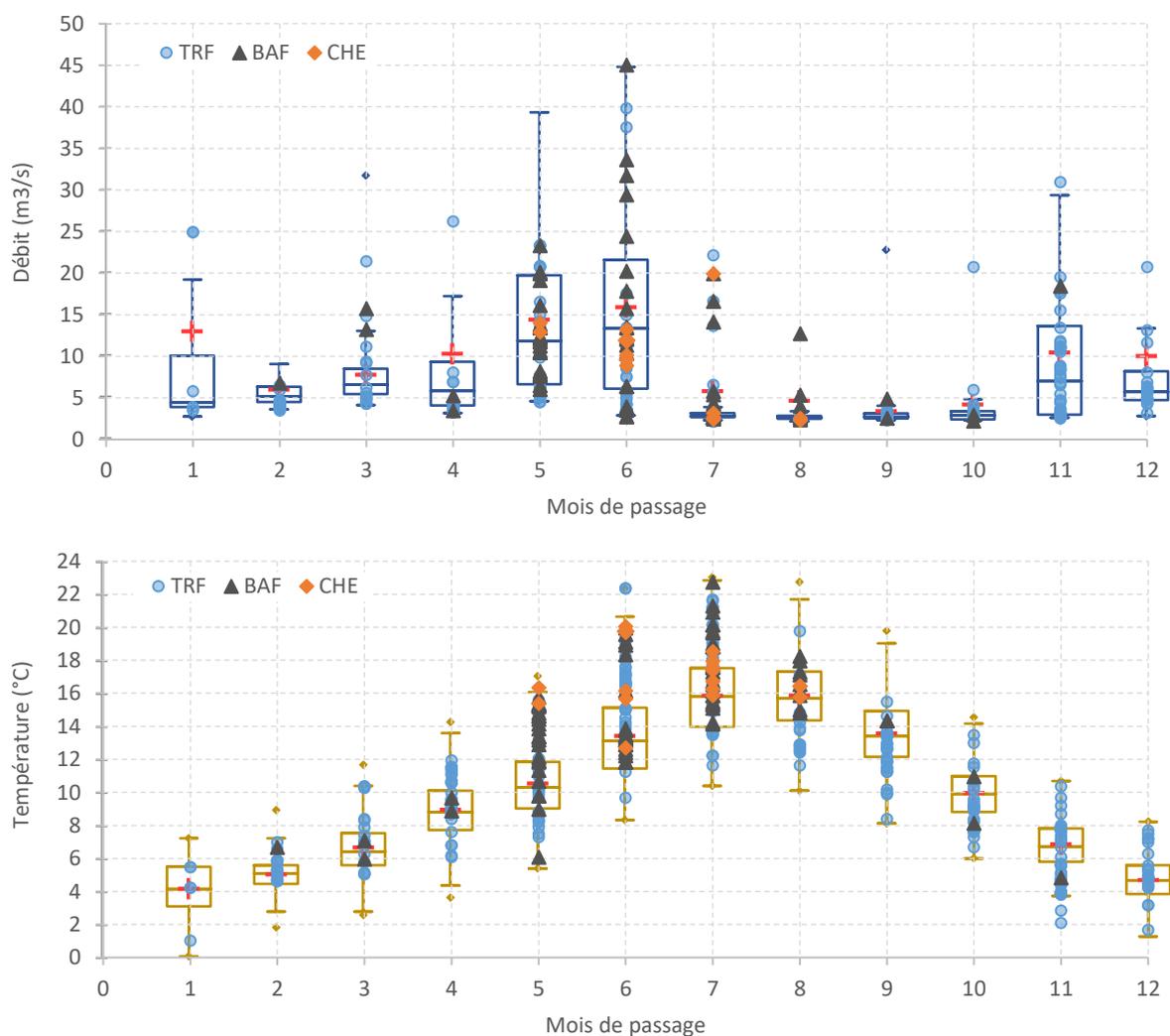


Figure 36 : Box-plots mensuels des débits et températures horaires du Giffre pendant la période de suivi mis en relation avec les débits et températures enregistrés au moment des traversées de l'ouvrage (montaison et dévalaison) par les truites fario (TRF), les barbeaux fluviatiles (BAF) et les chevesnes (CHE).

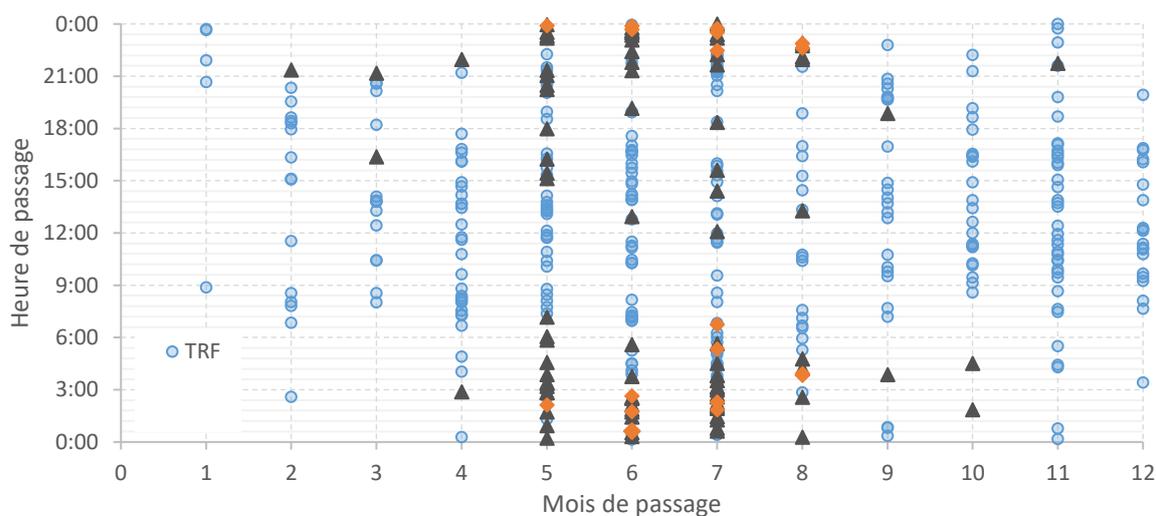


Figure 37 : Heure en fonction des mois des traversées de l'ouvrage (montaison et dévalaison confondues) par les truites fario (TRF), les barbeaux fluviatiles (BAF) et les chevesnes (CHE).

## 4.4 Autres données sur les déplacements d'individus

### 4.4.1 Recaptures par la pêche (amateur ou scientifique)

Les recaptures d'individus marqués lors des opérations de pêche électrique ou par l'intermédiaire de captures à la canne faites par les pêcheurs amateurs, fournissent des informations précieuses et complémentaires à celles fournies par le dispositif de détection RFID. Elles donnent accès à des données de déplacements en d'autres points du bassin versant et précisent les aires de vie des individus (mobilité ou sédentarité).

Dans le cadre de ce suivi, ce sont 47 recaptures qui ont été obtenues entre 2016 et 2019, dont 39 lors de pêches électriques qui concernent deux espèces, la Truite fario ( $n = 33$ ) et le Chevesne ( $n = 6$ ) et 8 par les pêcheurs amateurs qui ciblent uniquement la Truite fario. Parmi elles, 12 individus de Truite ont également été détectés au niveau du dispositif RFID installé au niveau de l'ouvrage de Marignier. Les recaptures ont été effectuées dans le Giffre ( $n = 36$ ), dans l'Arve ( $n = 10$ ) et dans le Borne ( $n = 1$ ). Celles réalisées dans le Giffre représentent 4.4 % des poissons marqués toutes espèces confondues, ce qui est relativement peu par rapport à la récurrence des secteurs prospectés.

L'effort de pêche électrique n'a pas été constant chaque année par cours d'eau aussi les informations fournies à la Figure 38 sont simplement descriptives. Une comparaison interannuelle est à proscrire. Il est à noter que les données transmises par les pêcheurs amateurs concernent des poissons marqués les années antérieures à celle de l'année de marquage (Figure 38). Elles ont été plus abondantes au cours de l'année 2017. En 2016, un gros effort de marquage avait été mis en œuvre dans le Giffre aval lors du début du suivi de l'ouvrage de Marignier, ce qui se ressent également dans le nombre de recaptures par pêche électrique cette année-là. Le nombre de recaptures les années suivantes est 5

fois moins important et ciblent davantage les individus marqués les années antérieures (soit entre 2014 et 2018). Le secteur prospecté lors de la campagne de marquage en septembre 2018 avait intégralement été parcouru en octobre 2016. Parmi les 416 poissons marqués en 2016 sur ce secteur seulement 2 ont été recapturés (soit 0.5 %) par pêche électrique en septembre 2018 environ 2 ans après leur première capture. Durant ce laps de temps, des mortalités (naturelles et/ou par capture à la canne) ont pu avoir lieu ainsi que des déplacements en dehors de ce secteur. Ces informations semblent indiquer tout de même que le renouvellement de la population de truite du Giffre aval semble être rapide.



Figure 38 : Nombre d'individus recapturés lors des opérations de pêche électrique de sondage ou à la canne par des pêcheurs amateurs durant le suivi de l'ouvrage de Marignier. Les étiquettes des données correspondent aux années de marquage.

58 % des individus recapturés n'ont pas effectué plus de 500 m entre le lieu de marquage et le lieu de recapture (Figure 39). Parmi eux une grande majorité (70 %) a pourtant été recapturée plus de deux ans après leur marquage. Ces individus peuvent être qualifiés de sédentaires même s'ils effectuent des déplacements modestes qui nécessitent une libre circulation au sein du Giffre aval ou dans certains tronçons de l'Arve. D'autres individus se révèlent très mobiles puisqu'ils ont parcouru plusieurs kilomètres voire plus de 10 km en moins d'un an. La distance moyenne des individus recapturés dans le cadre de ce suivi s'élève à 1647 m ( $\pm$  3780).

On notera le parcours atypique d'une truite marquée en septembre 2018 dans le Giffre aval, qui a été détectée au niveau de l'aménagement de Marignier en novembre 2018 avant d'être capturée à la canne en juillet 2019 en amont du seuil Métral dans le Borne. Son domaine vital se révèle donc étendu puisqu'il se chiffre à minimum 15 km. Cet individu n'est pas le seul à vivre à cheval entre ces deux affluents de l'Arve puisque 5 individus originaires du Giffre ont été contactés au niveau du seuil Métral dans le Borne (et 2 d'entre eux également à celui de Marignier) et 16 individus marqués dans le Borne ont été détectés au niveau de l'aménagement de Marignier. Cela correspond à 1 % de l'effectif de truites marquées et à 6 % de celles détectées au niveau des deux dispositifs télémétriques.

Il est à noter que les chevesnes recapturés ont été marqués plus de 2 ans et demi auparavant ce qui appuie le caractère peu mobile de cette espèce dans le Giffre aval.

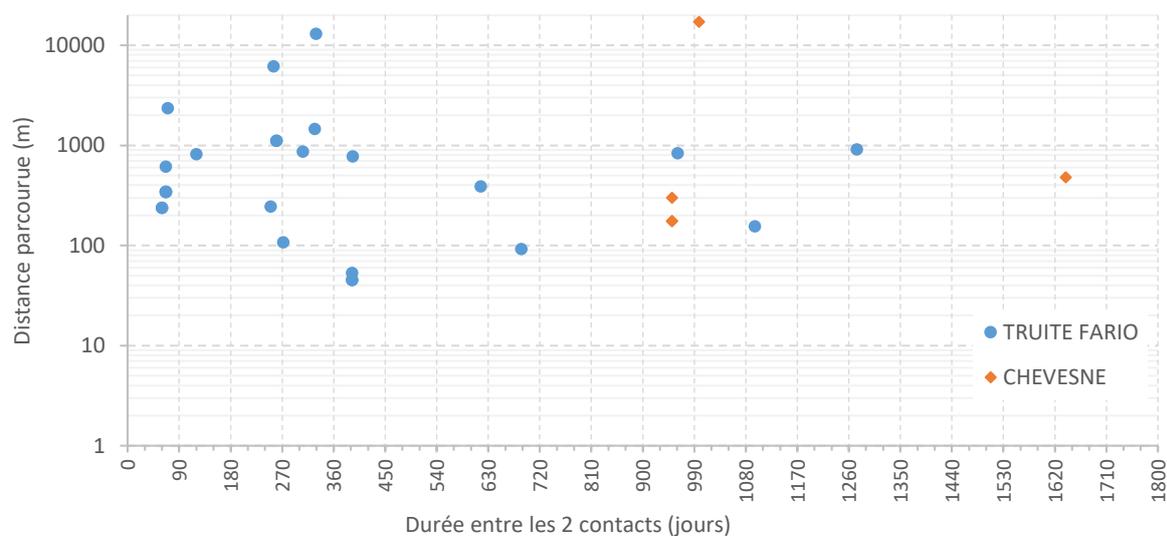


Figure 39: Distance parcourue par les individus recapturés entre leurs points de marquage et de recapture en fonction du laps de temps écoulés entre les 2 contacts.

Les caractéristiques biométriques comme l'âge ou la longueur totale des individus ne semblent pas être corrélées avec les distances parcourues observées entre les deux captures.

#### 4.4.2 Données historiques des inventaires piscicoles en amont de l'ouvrage de Marignier

Les données historiques d'inventaire (2005 à 2016) montrent clairement une rupture dans la composition du peuplement piscicole entre le secteur aval de « Sougey » (en aval de Marignier) et celui amont de « Plan Séraphin ». Au niveau de Plan Séraphin, le peuplement piscicole est caractéristique de la zone à truite avec la présence de la Truite fario (abondance 1) et du Chabot (abondance 1 à 2 suivant les années) tandis qu'à l'aval au niveau de Sougey, il est mixte (truite/cyprinidés d'eau vive) avec en accompagnement de ces deux espèces, plusieurs taxons de la famille des cyprinidés (abondance 0.1) (Figure 40). Il est à noter que la population de truite fario dans le Giffre aval est déstructurée (classe d'abondance variant de 0.1 à l'aval à 1 à l'amont). Sur ce secteur et au vu des éléments disponibles, le milieu ne semble actuellement pas apte à héberger une population fonctionnelle (FDAAPPMA 74, 2016).

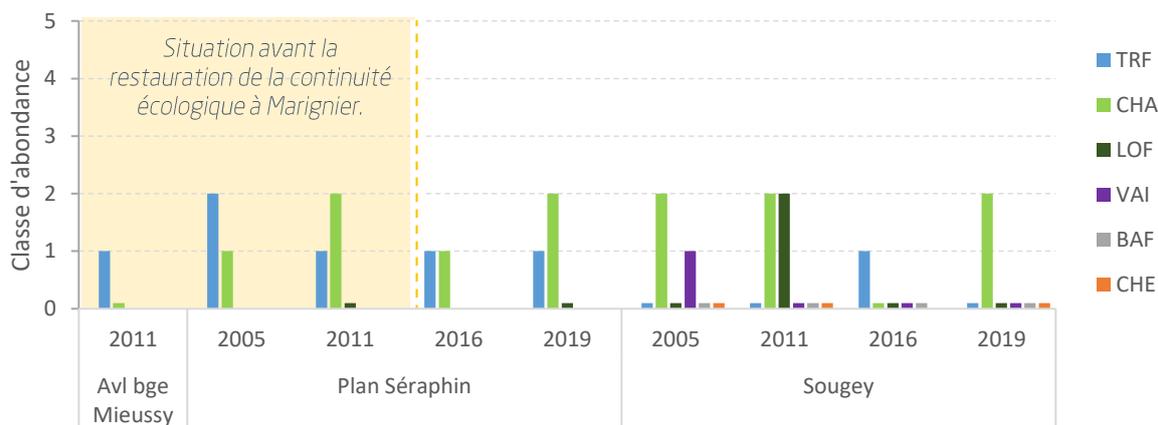


Figure 40 : Histogrammes des abondances spécifiques sur chacune des stations piscicoles historiques proches de l'ouvrage étudié.

D'autres espèces présentes de manière anecdotique en 2005, 2011 et 2016 ont été soustraites des histogrammes, à savoir l'épinoche et la truite-arc-en-ciel (car issue des déversements pour cette dernière).

Les données récentes, récoltées en 2019 à Plan Séraphin, soit 3,6 km en amont de l'ouvrage du pont SNCF de Marignier ne montrent pas d'évolution notable au regard de la situation avant 2016 aussi bien au niveau de la composition spécifique et que dans l'augmentation des classes d'abondance pour les espèces déjà présentes (Figure 40). Les deux espèces de cyprinidés ayant franchi l'ouvrage de Marignier, à savoir le Barbeau fluviatile et le Chevesne, n'apparaissent actuellement pas dans le peuplement piscicole au niveau de Plan Séraphin. Depuis 2011, l'abondance des populations de truite et de chabot est relativement stable au niveau de Plan Séraphin. On observe une diminution d'un point pour la classe d'abondance du Chabot entre 2011 et 2016 qui peut s'expliquer en partie par la crue morphogène de mai 2015 (de l'ordre d'une décennale). Le Chabot étant une espèce benthique, ce type d'évènement hydrologique avec un fort transit sédimentaire a de forts impacts sur les populations. Le retour à une classe d'abondance de 2 en 2019 semble correspondre à un retour à la situation de 2011 (avant la crue). De plus cette espèce n'ayant pas franchi l'aménagement étudié, cette amélioration n'est pas la conséquence du rétablissement de la continuité piscicole.

La Figure 41 permet de faire un focus sur la Truite fario qui est l'espèce cible de la gestion piscicole départementale. Les données démographiques des populations de truite du secteur d'étude sont confrontées sur la référence départementale (standard départemental défini dans le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG) (FDAAPPMA, 2016)). Les densités et biomasses post travaux (2019) aussi bien à plan Séraphin qu'à Sougey sont légèrement inférieures à celles observées en 2016. Au regard des données antérieures, ce constat ne correspond qu'à une fluctuation interannuelle normale des caractéristiques de la population. Le statut des deux populations, à savoir perturbé à Plan Séraphin et dégradé à Sougey, reste inchangé.

Le rétablissement de la continuité piscicole au niveau de l'ouvrage du pont SNCF de Marignier n'a pas d'influence en 2019 sur la composition du peuplement piscicole et la dynamique de population de truite fario au niveau du secteur de Plan Séraphin.

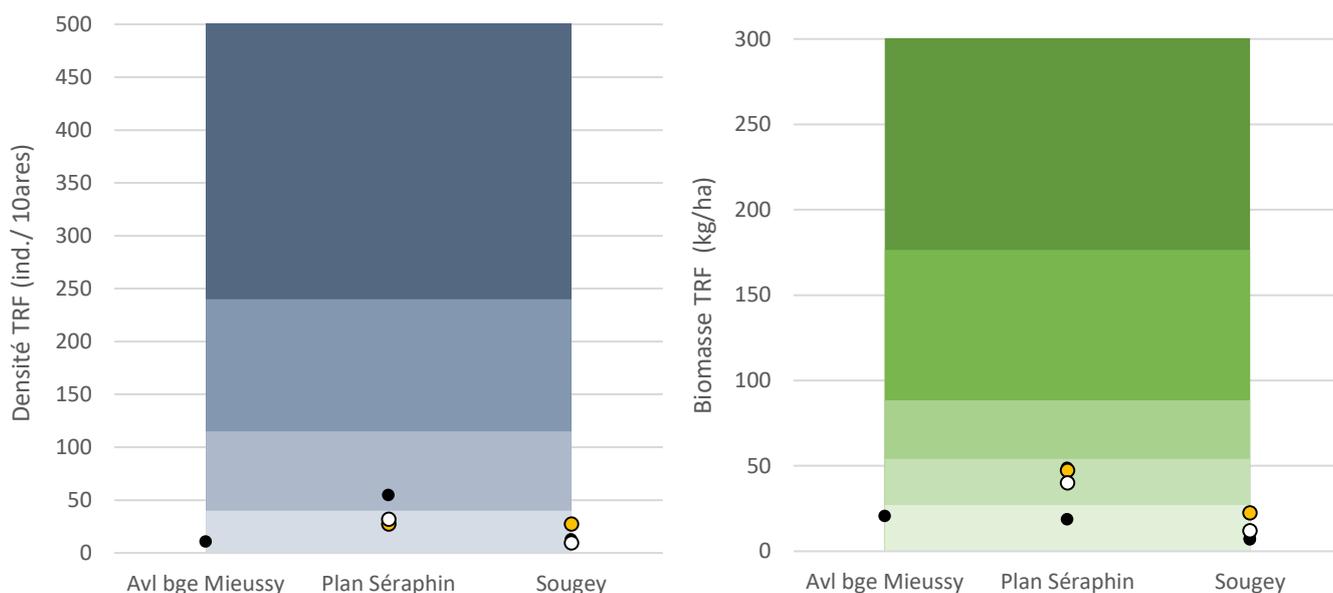


Figure 41 : Valeurs de densité (individus/10 ares, bleu) et biomasse (kg/ha, vert) de truite fario par station de suivi piscicole. Les stations suivent un gradient amont – aval de la gauche vers la droite. Les points blancs correspondent à l'année post-travaux (2019), les points jaunes à l'année des travaux (2016) et les points noirs aux données avant travaux (2015 et 2011). Le gradient de couleurs définit les 5 classes du standard départemental, de bas en haut : dégradé / perturbé / moyen / standard départemental bas / standard départemental haut.

Le nombre de montaisons non suivies de dévalaison (voir 4.3.3.1) laissent penser que le peuplement piscicole à Plan Séraphin est susceptible d'évoluer prochainement. Les inventaires ultérieurs réalisés dans le cadre du suivi du relèvement de débit de la prise d'eau EDF de Taninges ou de l'observatoire piscicole départemental (réalisé par la FDAAPPMA 74) permettront de suivre l'évolution du peuplement piscicole sur ce secteur et d'évaluer l'inertie d'un potentiel enrichissement spécifique et/ou démographique lié au rétablissement de la continuité écologique à Marignier.

## 5 Conclusion et perspectives

L'ouvrage du pont SCNF de Marignier constituait jusqu'au début de l'année 2016 une discontinuité sur le cours du Giffre aval. Ce seuil en palplanches, haut de 1.2 m et considéré infranchissable par le ROE, figure sur un tronçon de cours d'eau classé en liste 2 (N°L2\_360). Le maître d'ouvrage se trouvait donc dans l'obligation de le rendre franchissable à une échéance de 5 ans suite à la publication du 19 juillet 2013 de l'arrêté du préfet de bassin Rhône Méditerranée dressant la liste des cours d'eau mentionnés au 2° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement.

L'aménagement de l'ouvrage de Marignier présentait dans sa configuration initiale la particularité de combiner deux types de rampes qui devaient permettre la franchissabilité piscicole, tant à de faibles qu'à de forts débits, et l'accès pour différentes espèces (la Truite fario, le Chabot ou encore l'Ombre commun) à la partie intermédiaire du Giffre (i.e. jusqu'à la confluence avec le Risse), qui offre un habitat favorable au frai. Cependant un an et demi après sa construction, la rampe rustique rive droite a été déstabilisée et emportée lors de la crue biennale du mois de décembre 2017 ne laissant qu'une seule voie de passage pour les poissons : la passe à macrorugosités côté rive gauche. La rampe rustique doit tout de même être reconstruite mais les démarches administratives liées à sa destruction prennent du temps. D'ici 2021 l'ouvrage devrait retrouver sa configuration initiale avec un aménagement total de la largeur du lit mineur.

Le suivi télémétrique (utilisation de la technologie RFID) qui fait l'objet de ce rapport permet de dresser le bilan des déplacements piscicoles sur le tronçon aval du Giffre suite à la reconquête de continuité écologique. Il a débuté le 30 mai 2016 et s'est terminé le 5 mai 2020, soit une durée de 3.5 ans.

Afin de distinguer les voies et les sens de passage des poissons transitant par l'ouvrage, le dispositif télémétrique était au début composé de 4 antennes dites « pass-over » et de 4 lecteurs-enregistreurs. Suite à l'évènement hydrologique de décembre 2017, il a été réduit de moitié. Aussi les données à partir de 2018 décrivent uniquement les déplacements piscicoles effectués via la passe technique (à macrorugosités). La télémétrie RFID, mise en œuvre dans ce suivi, n'est pas adaptée pour décrire l'attractivité de l'ouvrage. Donc aucune information n'est disponible quant aux éventuels individus s'étant présentés sur la partie droite de l'ouvrage faisant face, en remontant à partir de 2018, au rideau de palplanches initial. De même, les mouvements vers l'aval ne sont décrits qu'à moitié à partir de 2018 puisque non détectés lorsqu'ils sont effectués côté rive droite.

En dehors de cet arrachage, le système d'accroche des antennes (avec des goujons d'ancrage) sur les blocs a montré qu'il était résistant et, a bien tenu dans le temps. Il a également fait ses preuves sur les deux autres sites suivis dans des cours d'eau à fort charriage (Menoge et Borne) (CHASSERIEAU, 2019b ; BEAUFILS, 2020). La mise en œuvre de ces 3 suivis RFID nous a permis d'améliorer et de corriger le design et la mise en place de nos antennes de détections :

- intégration du projet de suivi télémétrique dès la phase travaux afin de faciliter et prévoir l'alimentation électrique des antennes (en pied de berge et dans un périmètre plus éloigné notamment pour le raccordement à une source électrique pérenne) et leur installation hors d'eau en phase travaux quand cela est possible.
- enfouissement de fourreaux déjà câblés ; les fourreaux une fois posés forment des coudes ce qui rend plus difficile le passage des câbles,
- protection du câble de cuivre constituant les antennes dans un tube polyéthylène haute densité ;

- pare-blocs en métal en amont des coffrets contenant les tuners box...

La pérennité d'une antenne « pass-over » fixée à la surface d'une rampe dépend également de la taille des blocs qui la composent, de leur stabilité et de leur agencement. La blocométrie de la rampe rustique de Marignier calculée à 300 – 700 kg et donc, leur calage les uns par rapport aux autres semblaient insuffisants pour une rampe en enrochements libres en régime torrentiel comme celui du Giffre (débit instantané calculé à 190 m<sup>3</sup>/s pour un retour de crue 2 ans ; source DREAL). A titre de comparaison, l'aménagement de Pont de Fillinges dans la Menoge a été réalisé avec des blocs de 3 à 4 tonnes (débit instantané calculé à 48 m<sup>3</sup>/s pour un retour de crue 2 ans ; source DREAL) ce qui a permis les dresser et bien les ancrer dans le socle de l'ouvrage. Les 8 antennes qui composaient le dispositif RFID dans la Menoge ont tenu et résisté à plusieurs crues importantes : deux quinquennales (11 décembre 2017 et 4 janvier 2018) et une cinquantennale (22 janvier 2018) (CHASSERIEAU, 2019b). Moins d'un an après travaux (automne 2016), des affouillements dans la rampe de Marignier étaient déjà observables au niveau du merlon central qui séparait les deux types de rampes.

On estime une faible perte d'information liée aux dysfonctionnements partiels du dispositif (bruit parasite, désétalonnage d'une antenne...) et / ou à ses caractéristiques limitantes face aux conditions hydrauliques lors d'évènements de hautes eaux (détection uniquement sur les 33 cm à 100 cm inférieurs de la lame d'eau). Sur la totalité de la période de suivi, les antennes ont été bien opérantes lorsqu'elles étaient en place, soit entre 86 % et 98 % de la période d'étude suivant l'antenne considérée. On considère que 85 % des individus marqués ont été détectables par le dispositif RFID sur l'ensemble de la lame d'eau durant 53 % du temps au cours du suivi (quand le débit était inférieur à 5.1 m<sup>3</sup>/s). Le reste du temps, ces individus ont pu être détectés par les antennes aval s'ils évoluaient dans la partie inférieure de la lame d'eau ou alors par les antennes amont qui étaient efficaces sur l'intégralité de la lame d'eau pour des débits plus élevés (jusqu'à 30, 7 m<sup>3</sup>/s). Aussi les résultats de franchissement peuvent être adoptés en l'état sans y ajouter une marge d'erreur ; ils reflètent de toute façon un minima du nombre de détections.

Sur le secteur proche (au maximum 7.7 km) en aval de l'aménagement étudié, 1257 poissons ont été capturés dans le Giffre et l'Arve entre janvier 2016 et septembre 2018 et équipés d'un PIT-tag. L'échantillon marqué se composait pour 77 % de truites fario, 12 % de chabots, 7 % de chevesnes et 4 % de barbeaux fluviatiles. Un seul individu d'ombre commun a pu être marqué dans l'Arve à l'aval du seuil de Vougy. Il constitue le point amont de son aire de répartition actuellement connue dans le bassin de l'Arve.

Toutes les espèces marquées dans le Giffre ont été détectées au niveau du dispositif de l'ouvrage de Marignier, à savoir par ordre d'importance : la Truite fario (82 % des individus détectés), le Chevesne (8 %), le Barbeau fluviatile (7 %) et dans une moindre mesure, le Chabot (3 %). L'Ombre commun, absent des résultats, migre pourtant facilement sur des longues distances notamment lors de sa phase de reproduction (par exemple, OVIDIO *et al.*, 2004). Néanmoins, le site d'étude se situe en dehors de son aire de répartition historique (LEGER & KREITMANN, 1931) et connue actuellement ; son absence semble donc légitime. Les poissons détectés sont originaires pour 88 % (n = 239) d'un secteur très proche de l'ouvrage, éloigné au maximum de 2.7 km (tronçon aval du Giffre : confluence – ouvrage du pont SNCF). Les autres individus (les 3 grandes espèces « mobiles » sont concernées) proviennent pour 6 % du Borne, 5 % de l'Arve et 1 % du bassin versant la Menoge. Le Giffre se place donc comme un affluent

attractif pour les truites, les barbeaux et les chevesnes issus d'autres secteurs du bassin versant de l'Arve. Ces poissons migrants font soit un bref séjour occasionnel au moment de leur période de reproduction (présence enregistrée une seule année au cours du suivi) ou alors ils peuvent être qualifiés « d'habituels » puisqu'on les retrouve plusieurs années de suite au niveau de l'ouvrage de Marignier (n = 4, soit 12 % de ces individus originaires d'autres affluents). Des connexions en sens inverse sont également observées (individus originaires du Giffre migrant vers des affluents en aval).

Ce suivi pluriannuel a mis en évidence la nécessité de maintenir une pression de marquage sur certaines espèces pour obtenir des résultats exploitables sur l'ensemble de la durée de l'étude. En effet, la Truite fario dont l'état des populations est dégradé dans le Giffre aval (FDAAPPMA, 2016), a une espérance de vie plus courte que les cyprinidés et, est la cible principale de la pêche de loisirs. Cette espèce qui est considérée comme « mobile », a vu son nombre de détections chuter entre 2017 et 2020 avec la décroissance des opérations de marquage.

Comme cela avait été observé précédemment (CHASSERIEAU, 2019a, 2019b ; BEAUFILS & CHASSERIEAU, 2018 ; CHASSERIEAU *et al.*, 2015, ), le taux de recontacts d'individus marqués pour une étude de déplacements à l'échelle d'une aire géographique d'environ 20 km comme celle-ci, se chiffre à environ 10 %. Pour un secteur plus restreint (ici les 2.7 km du Giffre aval), ce pourcentage est deux fois plus élevé et se chiffre à 20 %. Cependant il existe une grande variabilité de cette valeur entre les espèces. Les recontacts sont minoritaires pour le chabot (seulement 7 %).

L'aménagement du seuil du pont SNCF de Marignier, conçu pour être le plus transparent possible dans le but de rétablir la continuité écologique, remplit tout à fait son rôle et permet la libre circulation des poissons. Les 3 espèces dites « mobiles » (la Truite fario, le Barbeau fluviatile et le Chevesne) ont franchi l'ouvrage sans difficulté en seulement quelques minutes pour les plus rapides (record enregistré en un peu plus de 4 min). La majorité des franchissements (65 %) sont réalisés en moins de 2 h pour toutes les espèces. Mais certains individus prennent davantage leur temps pour le gravir et mettent plusieurs jours voire plusieurs mois (record de lenteur détenu par une truitelle en 246 jours). Sur les 255 individus détectés et originaires du Giffre, 188 ont franchi l'ouvrage, soit un taux multi-spécifique de franchissabilité de 74 % (se chiffrant entre 0 % et 100 % suivant les espèces). Les quelques individus de chabot détectés au pied de l'ouvrage entre juin et juillet principalement, ne l'ont pas franchi. Il est possible que les conditions hydrauliques post travaux de la passe à macrorugosités (qui intégrait notamment le Chabot comme espèce cible) n'étaient pas en adéquation (en particulier pour les vitesses d'écoulement) avec les capacités de franchissabilité de cette espèce. En effet, la répartition du débit du Giffre entre les deux rampes ne correspond pas à celle définie dans le projet. De plus, le fort transit de matériaux existant dans le Giffre aval apporte régulièrement des blocs à l'amont de la passe. Ces derniers viennent obstruer certaines voies de passages entre les menhirs verticaux et engendrent des vitesses d'écoulement supérieures dans celles d'à côté. Un entretien régulier (notamment après une crue morphogène) est nécessaire pour maintenir un écoulement régulier sur ce côté de l'aménagement. Les caractéristiques de ce type de rampe (à macrorugosités) sont minutieusement calculées pour permettre la franchissabilité d'un maximum d'espèces. Pour la garantir, il faut donc maintenir les conditions hydrauliques homogènes « calculées » en enlevant tout élément étranger (blocs, troncs, ...).

La truite fario franchit l'ouvrage de Marignier toute l'année en empruntant de manière environ équivalente les deux types de rampe et majoritairement dans une gamme de débit entre 2.5 m<sup>3</sup>/s et 9.8 m<sup>3</sup>/s. La montaison de la rampe rustique par les truites adultes est plus rapide en hiver qu'au printemps et en été en lien avec leur motivation à trouver un site et des partenaires de frai sur le secteur en amont. En période estivale, ces individus vont avoir tendance à séjourner dans l'aménagement côté enrochements libres qui offre des caches et des zones bien oxygénées grâce aux petites chutes occasionnées par l'ajustement des blocs. Cette occupation des seuils en enrochements libres par les truites adultes avait été mise en évidence dans l'Arve lors du programme INTERREG ESPACE (CHASSERIEAU *et al.*, 2015). Ces ouvrages apportent de l'habitat favorable pour cette espèce sur des secteurs homogènes et bien souvent rectilignes.

Quel que soit leur stade de développement (juvénile / immature ou géniteurs) les truites ont tendance à franchir l'ouvrage une seule fois. Le pic de franchissements se réalise en automne et en hiver en lien avec leur phase de reproduction. A l'inverse, les géniteurs de cyprinidés sont présents sur le site d'étude uniquement au printemps et en été. Ils franchissent l'aménagement plusieurs fois en particulier au mois de juin lors de leur période de frai et préférentiellement côté passe. Ces montaisons sont effectuées à des températures entre 8°C et 22°C et principalement entre le crépuscule et l'aube. Les juvéniles de Chevesne sont quant à eux restés au pied de l'ouvrage tandis que les jeunes barbeaux ne l'ont franchi qu'une seule fois pour aller ensuite coloniser le linéaire amont.

Parmi les individus ayant franchi l'ouvrage, 75 % sont restés en amont (en faisant abstraction d'éventuelles dévalaisons non enregistrées et de captures non déclarées). Pour l'instant, la donnée historique d'inventaire piscicole acquise au niveau de Plan Séraphin (3.6 km en amont de l'ouvrage) n'enregistre pas d'évolution par rapport à la situation pré-travaux. Ce point d'inventaire est susceptible d'être prospecté à l'avenir dans le cadre du suivi du relèvement de débit de la prise d'eau EDF de Taninges ou de l'observatoire piscicole départemental (réalisé par la FDAAPPMA 74), ce qui permettra de suivre l'évolution du peuplement piscicole ainsi que la dynamique des populations et, de les mettre en lien avec la reconnexion avec le linéaire aval du Giffre.

## 6 Bibliographie

- AARESTRUP, K., LUCAS, M. C., & HANSEN, J. A. (2003). Efficiency of a nature-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Ecology of freshwater fish*, 12(3), 160-168.
- ALABASTER, J.S. & LLYOD, R. (1980). Water quality criteria for fresh water fish, *Butter Worths Ed.*, London, 297p.
- BAGLINIERE, J. L., & MAISSE, G. (1991). La truite. Biologie et écologie. *Editions Quae*
- BANKS, J.W. (1969). A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *Journal Fish Biol.*, 1, 85-136.
- BARRAS, E. (1995). Thermal related variations of seasonal and daily spawning periodicity in *Barbus barbus*. *J. Fish Biol.* 46 (5) : 915-917.
- BARRAS, E. & CHERRY, B. (1990). Seasonal activities of female barbel *Barbus barbus* (L.) in the River Ourthe (Southern Belgium), as revealed by radio tracking. *Aquatic Living Resources*: 283-294.
- BAUDOIN, J.M., BURGUN, V., CHANSEAU, M., LARINIER, M., OVIDIO, M., SREMSKI, W., STEINBACH, P. & VOEGTLE, B., 2014. Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes. *ONEMA*, 200 pages
- BEACH, M.H. (1984). Fish pass design-criteria for the design and approval fish passes and others structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers. *MAFF Fisheries Research Technical Report 78*:46 pp.
- BEAUFILS, M. (2020). Suivi du franchissement piscicole de l'ouvrage du seuil Métral (Borne) - Rapport final. Rapport FDP74.20/06, 49 p. + annexes.
- BEAUFILS M., CHASSERIEAU C. (2018). Rapport annuel - Suivi du franchissement des ouvrages du seuil du Pont SNCF (Giffre) et du seuil Métral (Borne) - Données 2017. Rapport FDP74.18/04, 40 p + annexes.
- BERGE, J. (2012). Apport de la télémétrie acoustique pour la compréhension de l'utilisation dynamique des habitats par les poissons dans un grand fleuve aménagé, le Rhône. *Thèse école doctorale Lyon 1*, 258 p.
- BRITTON, J. R., & PEGG, J. (2011). Ecology of European barbel *Barbus barbus*: implications for river, fishery, and conservation management. *Reviews in Fisheries Science*, 19(4), 321-330.
- BUNT, C. M., KATOPODIS, C., & MCKINLEY, R. S. (1999). Attraction and passage efficiency of white suckers and smallmouth bass by two Denil fishways. *North American Journal of Fisheries Management*, 19(3), 793-803.

- CHAMPIGNEULLE, A., MELHAOUI, M., MAISSE, G., BAGLINIERE J. L., GILLET, C., GERDEAUX D. (1988). Premières observations sur la truite (*Salmo trutta* L.) dans le Redon, un petit affluent frayère du lac Léman. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 310, 59-76.
- CHAMPIGNEULLE, A., LARGIADER, C. R., CAUDRON, A. (2003). Reproduction de la truite (*Salmo trutta* L.) dans le torrent de Chevenne, Haute-Savoie. Un fonctionnement original ? *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 369, 41-70.
- CHASSERIEAU, C. (2019a). Rapport annuel, Suivi du franchissement de l'ouvrage du seuil du Pont SNCF de Marignier (Giffre) -Données 2018. Rapport FDP74.19/03, 33 p. + annexes.
- CHASSERIEAU, C. (2019b). Suivi du Franchissement piscicole de l'ouvrage de Pont de Fillings (Menoge) – Rapport final. Rapport FDP74.19/08, 59 p + annexes.
- CHASSERIEAU, C. GRIMARDIAS, D., BEAUFILS, M., & CATTANEO, F. (2015). Aires de vie, déplacements et franchissements de 4 espèces cibles : la truite fario (*Salmo trutta*), le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*), le chevaine (*Squalius cephalus*) et l'ombre commun (*Thymallus thymallus*). Chapitre 2, (p. 18 – 157), in Interreg IV A ESPACE Arve & Rhône – Vers une continuité écologique au-delà des frontières. Rapport final.
- CLAPP, D.F., CLARK, R.D. & DIANA, J.S. (1990). Range activity and habitat of large, free-ranging brown trout in a Michigan Stream. *Trans Am. Fish. Soc.* 119, 1022-1034.
- CRISP, D. T. (1996). Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia*, 323, 201-210.
- CROZE, O., & LARINIER, M. (2001). Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivière. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Guide technique n°4 : 28 p.
- DE LEEUW, J. J., & WINTER, H. V. (2008). Migration of rheophilic fish in the large lowland rivers Meuse and Rhine, the Netherlands. *Fisheries Management and Ecology*, 15 (5-6), 409-415.
- DE LURY, D.B. (1951). On the planning of experiments for the estimation of fish population. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 18, 281-307.
- DUMOUTIER, Q., VIGIER, L., CAUDRON, A. (2010). Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles. Rapport, 29p.
- ELLIOTT, J.M. (1975). The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology*, 44, 805-821.
- ELLIOTT, J.M. (1981). Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. pp 209-245 In Stress and fish, Pickering Ed., *Academic Press* London.
- ELLIOTT, J.M. & HURLEY, M.A. (2001). Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology*, 46, 679-692.

- FDAAPPMA 74, (2016). Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles, 656 p.
- FREDRICH, F., OHMANN, S., CURIO, B., & KIRSCHBAUM, F. (2003). Spawning migrations of the chub in the River Spree, Germany. *Journal of Fish Biology*, 63(3), 710-723.
- JONSSON, N. (1991). Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic J. Freshw. Res.* 66, 20-35.
- GADAIS, R. (2012). Etude des comportements migratoires post-reproduction chez l'ombre commun (*Thymallus thymallus* L. 1758) par radiopistage sur le bassin versant de l'Arve. FDPPMA74, 52 p. + annexes.
- HERRERA, M., HERNANDO, J. A., FERNANDEZ-DELGADO, C. & BELLIDO, M. (1988). Age, growth and reproduction of the barbel, *Barbus sclateri* (Günther, 1868), in a first-order stream in southern Spain. *Journal Fish Biology* 33, 371-381.
- LARINIER, M., TRAVADE, F., PORCHER, J.P. & GOSSET, C. (1993). Passes à poissons : expertise et conception des ouvrages de franchissement. Ed. Collection *Mise au point*, CSP. 336 p.
- LEGER, L. & KREITMANN, L. (1931): Etudes d'hydrobiologie piscicole des eaux alpines. Carte piscicole du département de la Haute-Savoie. - *Trav. Lab. Hydrobiol. Piscic. Univ. Grenoble* 23: 145-155
- LIZEE, MH., HUCHET, P., CHASSERIEAU, C., GRENIER, R., MEGLE CZ, E., CHAPPAZ, R., DUBUT, V. (2015). Fonctionnement des populations de Chabots (*Cottus gobio*) - Diversité et Structuration génétique de l'espèce le long de l'Arve et de ses affluents. Chapitre 3 (p. 165 – 205) In Interreg IV A ESPACE Arve & Rhône – Vers une continuité écologique au-delà des frontières. Rapport final,
- MEYERS, L.S., THUENGLER, F.T. & KORNELY, G.W. (1992). Seasonal movements of brown trout in the northeast Wisconsin. *N. Am. J. Fish. Mgmt* 12, 433-441.
- NORTHCOTE, T. G. (1984). Mechanisms of fish migration in rivers. In Mechanisms of migration in fishes. p. 317-355. Eds.: J. D. MCCLEAVE, G.P. ARNOLD, J.J. DODSON & W.H. NEIL. *Plenum Publishing Corporation*. New York.
- OMBREDANE, D., & RICHARD, A., (1990). Détermination de la zone optimale de prélèvement d'écaillés chez les smolts de truite de mer (*Salmo trutta* L.). *Bull. Fr. Pêche Pisc.*, 319, 224- 238.
- OVIDIO, M. & PHILIPPART, J.-C. (2002). The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. *Hydrobiologia* 483(1): 55-69.
- OVIDIO, M., BARAS, E., GOFFAUX, D., BIRTLES, C. & PHILIPPART, J.C. (1998). Environmental unpredictability rules fall migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes. *Hydrobiol.* 371/372, 262-274.
- OVIDIO, M., DETAILLE, A., BONTINCK, C., NEUS, Y., RIMBAUD G., & PHILIPPART, J.C. (2007) Élaboration de recommandations pratiques pour la préservation - restauration d'éléments de l'habitat hydraulique du chabot dans les cours d'eau non navigables de Wallonie. Rapport pour le Ministère

de la Région Wallonne, Division de l'Eau Direction des Cours d'Eau Non Navigables. *Université de Liège*, LDPH, 116 pages + annexes (novembre 2007).

- PONCIN, P. (1989) Effects of different photoperiods on the reproduction of the barbel, *Barbus barbus* (L.), reared at constant temperature, *Journal Fish Biology* 35, 395-400.
- PONCIN, P., MELARD, C. & PHILIPPART, J. C. (1987). Utilisation de la température et de la photopériode pour contrôler la maturation sexuelle en captivité de trois espèces de poissons cyprinidés européens : *Barbus barbus* (L.), *Leuciscus cephalus* (L.) et *Tinca tinca* (L.) – Résultats préliminaires, *Bull. Fr. Pêche Piscic* 304, 1-12.
- TÜRKMEN, M., HALILOGLU, H. I., ERDOGAN, O. & YILDIRIM, A. (1999). The growth and reproduction characteristics of chub *Leuciscus cephalus orientalis* (Nordmann, 1840) living in the river Aras. *Tr. Journal of Zoology* 23, 355-364.
- VARLEY, M.E. (1967). Water temperature and dissolved oxygen as environmental factors affecting fishes. pp 29-52 In *British freshwater fishes, Fishing News*, London.
- VITALI, R. & BRAGHERI L. (1984). Population dynamics of *Barbus barbus plebejus* (Valenciennes) and *Leuciscus cephalus cabeda* (Risso) in the middle River Po (Italy). *Hydrobiologia* 109, 105-124.
- WARDLE, C.S. (1980). Effects of temperature on the maximum swimming speed of fishes. In Ali, M.A. (ed.), *Environment Physiology of Fishes*. Plenum Press, New York: 519-531.
- WINTER J.D. & ROSS, M.J. (1983). Methods in analyzing fish habitat utilization from telemetry data. *Acquisition and Utilisation of Aquatic Habitat Inventory Information, American Fisheries Society; Western division, Fish. Soc., Portland, Oregon*. p. 273-330.
- ZBINDEN, S., PILOTTO, J.-D. & DUROUVENOZ, V. (2004). Biologie, menaces et protection du Chabot (*Cottus gobio*) en Suisse. *Informations concernant la Pêche N°77 – L'environnement pratique*, OFEFP, Berne, 2004, 42 p. + annexes.

## 7 Annexes

### Annexe 1 : Installation du dispositif de détection RFID sur l'ouvrage de Marignier (BEUFILS & CHASSERIEAU, 2017)

Les travaux d'effacement du seuil ont démarré le 20 janvier 2016. Au cours de l'année 2016 et en plusieurs phases le dispositif télémétrique a pu être mis en place. Son installation a nécessité 45 homme-jours de travail, soit presque le double de ce qui avait été initialement prévu, en raison des problèmes rencontrés et listés ci-dessous.

- Les 2 antennes rive gauche ont été installées dans le lit au cours de la première quinzaine d'avril 2016, avant la remise en eau du site après les travaux. Elles ont été raccordées à l'électricité et mise en fonctionnement le 30 mai 2016.
- Une crue intervenue au début du mois de juillet 2016 a occasionné l'arrachage de l'antenne A2 et l'a de fait rendue non fonctionnelle. Sa réparation a été réalisée le 22 août 2016 : il a fallu attendre un débit suffisamment bas pour pouvoir replacer l'antenne, qui à l'origine, avait été posée hors d'eau. L'antenne A2 a donc pu de nouveau fonctionner mais seulement pendant un mois puisqu'elle a été arrachée une nouvelle fois le 24 septembre 2016 par l'entreprise de BTP effectuant le nettoyage à la pelle mécanique de la passe à rugosités. Sa seconde réparation n'a pu être réalisée que le 19 décembre 2016.
- L'antenne A4 (amont rive droite) a pu être mise en place le 28 septembre 2016 lorsque les débits l'ont permis.
- L'antenne A3 n'a pu être installée que le 19 décembre 2016 car le pied de l'ouvrage où elle devait être fixée a été endommagé par les crues de l'été 2016. Aussi, entre le 12 et le 19 décembre l'entreprise de BTP a repris la moitié aval du coursier situé en rive droite. Étant en hautes eaux, les antennes ont pu être posées grâce au batardeau mis en place par l'entreprise pour les travaux de réfection de l'ouvrage.

Au final, l'état de fonctionnement optimal du dispositif de détection RFID a été atteint le 21 décembre 2016 (Figure 42).

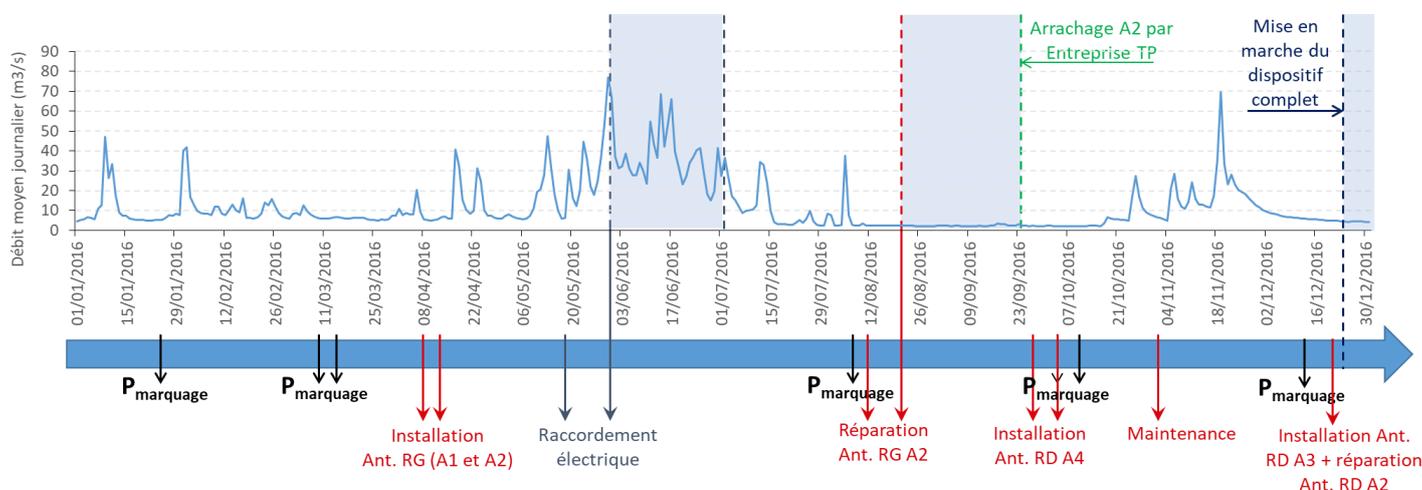


Figure 42: Chronologie et fonctionnement des antennes et débits moyens journaliers sur l'année

## Annexe 2 : Réduction de l'envergure du dispositif télémétrique suite à des événements hydrologiques et/ou des travaux

### 1. Conséquence de la crue biennale du 30 décembre 2017 (BEAUFILS & CHASSERIEAU, 2018)

Lors de la crue du 30 décembre 2017, les antennes A3 et A4 ont été emportées en même temps que l'intégralité de la rampe enrochée rive droite (Figure 43 et Figure 44). Ces deux antennes se sont arrêtées de fonctionner au moment du premier pic de crue le 30 décembre à 22h alors que le débit du Giffre à Plan Séraphin (station V0154010 de la DREAL) s'élevait à environ 100 m<sup>3</sup>/s.

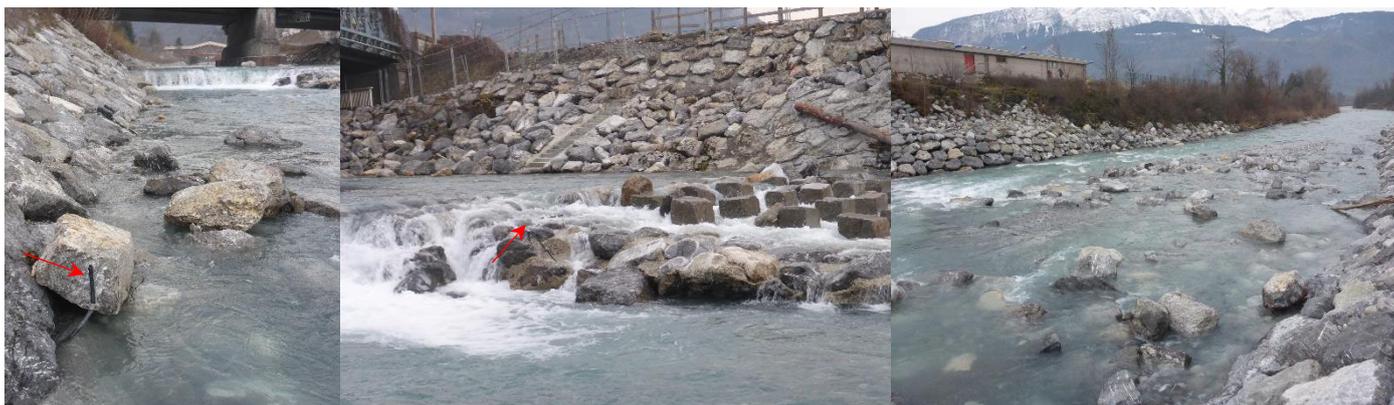


Figure 43 : Etat de la rampe enrochée rive droite et des antennes A3 et A4 après les crues de de fin décembre 2017 – début janvier 2018. Les flèches rouges indiquent les fragments d'antennes restants.



Figure 44 : Chronologie de l'état du seuil du pont SNCF de Marignier avant les travaux d'aménagement en 2015, une fois les travaux d'aménagement réalisés (2016–2017) et après les crues de fin décembre 2017 – début janvier 2018.

A partir du 31 décembre 2017, seules les antennes A1 et A2 restaient en place, ce qui implique que le suivi piscicole se cantonne à décrire les déplacements via la passe à macrorugosités implantée côté rive gauche. Les crues de fin décembre 2017 – début janvier 2018 ayant légèrement déplacées ces antennes de détection, il a fallu les régler de nouveau pour qu'elles soient efficaces. Cela a été possible après la décrue, soit le 16 janvier 2018 pour avoir accès aux « tuners boxes » en pied de digue.

## 2. Conséquence des travaux de restauration des digues à l'aval immédiat de l'ouvrage (septembre 2019 à février 2020)

Les travaux de restauration des digues à l'aval immédiat de l'aménagement de Marignier ont débuté à la fin de l'été 2019. A partir du 5 septembre, suite à la pêche de sauvegarde, les engins ont commencé le travail dans le lit mineur avec la réalisation d'un batardeau côté rive droite au début. Cette modification des écoulements lors de la crue du 6 novembre (pic à 40 m<sup>3</sup>/s) a engendré un dépôt conséquent de matériaux sur la partie aval de la passe recouvrant l'antenne A1 de plus de 90 cm de substrat (Figure 45). A partir du 13 novembre, le batardeau a été basculé pour effectuer la restauration de la digue rive gauche. Lors du remaniement des matériaux et du curage de la partie basse de la passe, l'antenne A1 a été arrachée, stoppant nette la récolte de données en ce point de l'ouvrage. Etant donnée la situation de dérangement, de l'impossibilité d'intervenir rapidement et de la fin proche du suivi télémétrique, la FDAAPPMA 74 a décidé de ne pas entreprendre de maintenance de cette antenne. A partir du mois de novembre 2019, la seule antenne encore en fonctionnement est l'antenne A2 située en amont de la passe à macrorugosités.

**12 novembre 2019 : 5,2 m<sup>3</sup>/s**

Batardeau en rive droite  
Écoulement canalisé côté rive gauche



**09 décembre 2019 : 12,1 m<sup>3</sup>/s**

Batardeau en rive gauche  
Écoulement canalisé côté rive droite



**24 janvier 2020 : 3,4 m<sup>3</sup>/s**

Situation finalisée avec l'implantation en cours des banquettes minérales



12 novembre 2019 : 5,2 m³/s



09 décembre 2019 : 12,1 m³/s



24 janvier 2020 : 3,4 m³/s



Engrèvement de l'aval de la passe suite à la crue du 6 novembre et recouvrement de l'antenne A1 par une couche épaisse de galets (env. 90 cm)

Curage partiel de l'aval de la passe réalisé par l'entreprise de TP au moment du basculement du batardeau et arrachage de l'antenne A1.

Situation en fin de suivi avec un engrèvement conséquent de la moitié inférieure de la passe.

Figure 45 : Evolution de l'état d'avancement des travaux de restauration des digues à l'aval immédiat de l'aménagement de Marignier associé à l'engrèvement de la passe à macrorugosités au cours de l'hiver 2019-2020. Les cercles rouges indiquent les points de repères entre les photos.

Les travaux sur les digues avec le retrait du batardeau ont été finalisés le 20 décembre 2019. La dernière partie de cette tranche d'aménagements consistait à réaliser des banquettes minérales pour diversifier l'écoulement sur ce tronçon rectifié (Figure 46). Cette phase a été effectuée directement dans le lit mineur en eau au début de l'année 2020 (janvier à début février).



Figure 46 : Situation du tronçon canalisé du Giffre à l'aval de l'ouvrage du pont SNCF de Marignier à l'issue des travaux de restauration des digues. Source : SM3A

## Annexe 3 : Déstabilisation de la rampe rustique et du profil en travers de l'antenne A3

Le début de l'été 2016 a été marqué par une hydrologie contraignante pour l'aménagement juste réalisé puisque 3 pics de crue moyenne (inférieure à une crue biennale) ont été enregistrés à la station limnimétrique de Plan Séraphin :

- le 30 mai 2016 à 116 m<sup>3</sup>/s (débit horaire),
- le 11 juin à 87 m<sup>3</sup>/s (débit horaire),
- et le 17 juin à 86 m<sup>3</sup>/s (débit horaire)

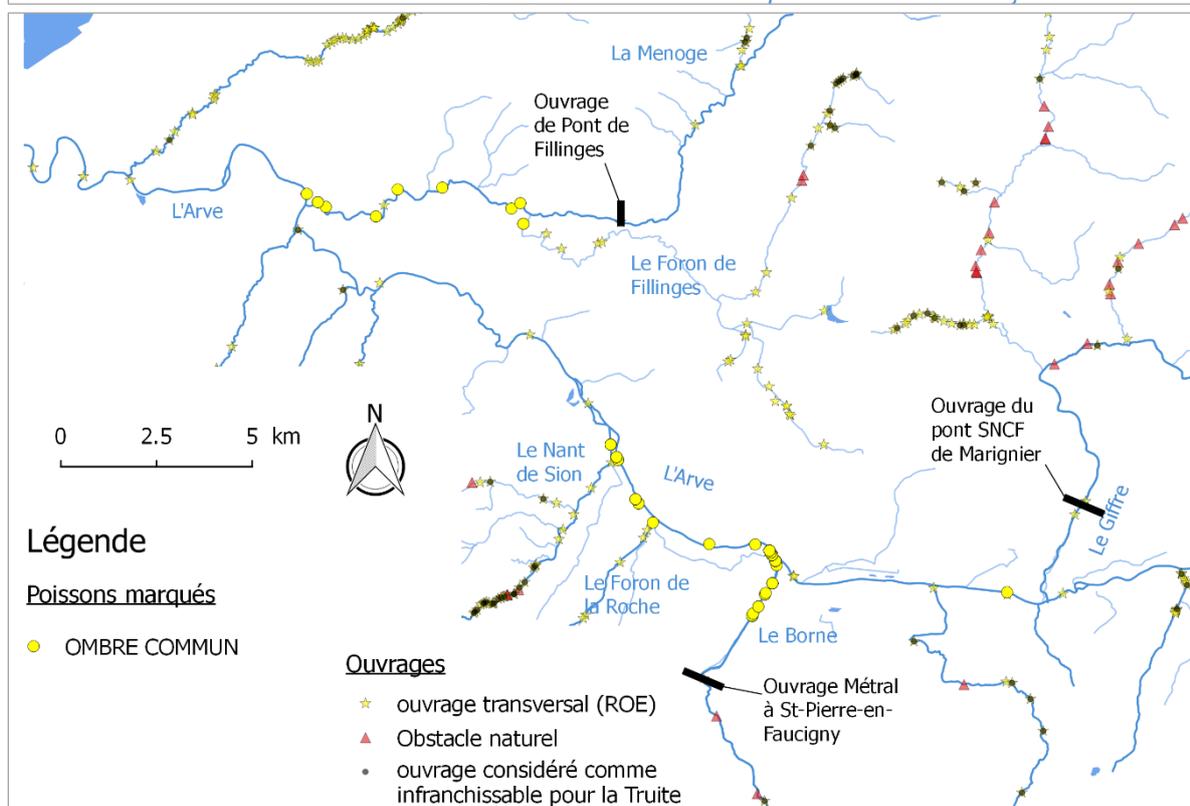
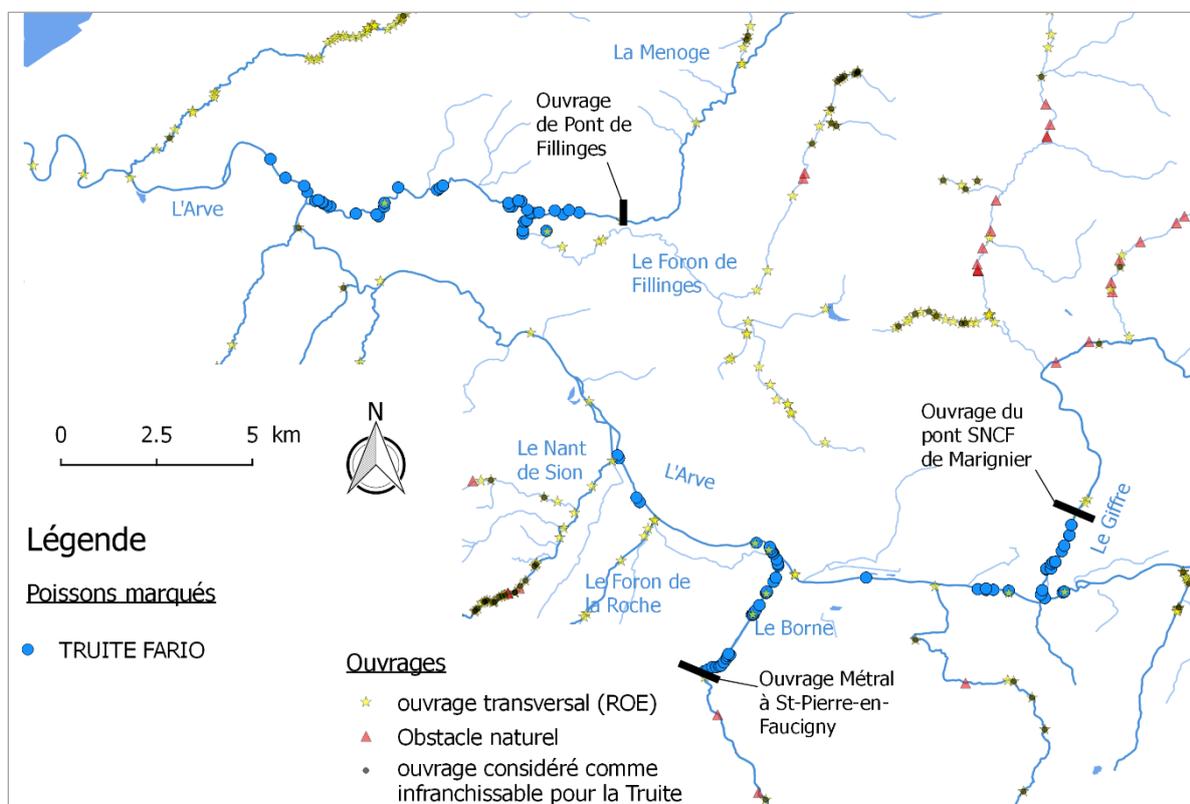
Suite à ces événements, la rampe rustique a été déstabilisée sur son tiers aval comme le montrent les photos du 2 septembre (Figure 47). L'antenne A3 n'étant pas encore installée sur l'ouvrage à l'issue de l'été 2016, sa position « projet » a été déplacée vers l'amont, sur la partie de l'ouvrage présentant une meilleure stabilité. Après 5 mois de fonctionnement (décembre 2016 – mai 2017), la crue survenue le 6 juin 2017 (QH de pointe = 133 m<sup>3</sup>/s) a déplacée plusieurs blocs sur le profil en travers de l'antenne A3, la rendant temporairement inefficace.

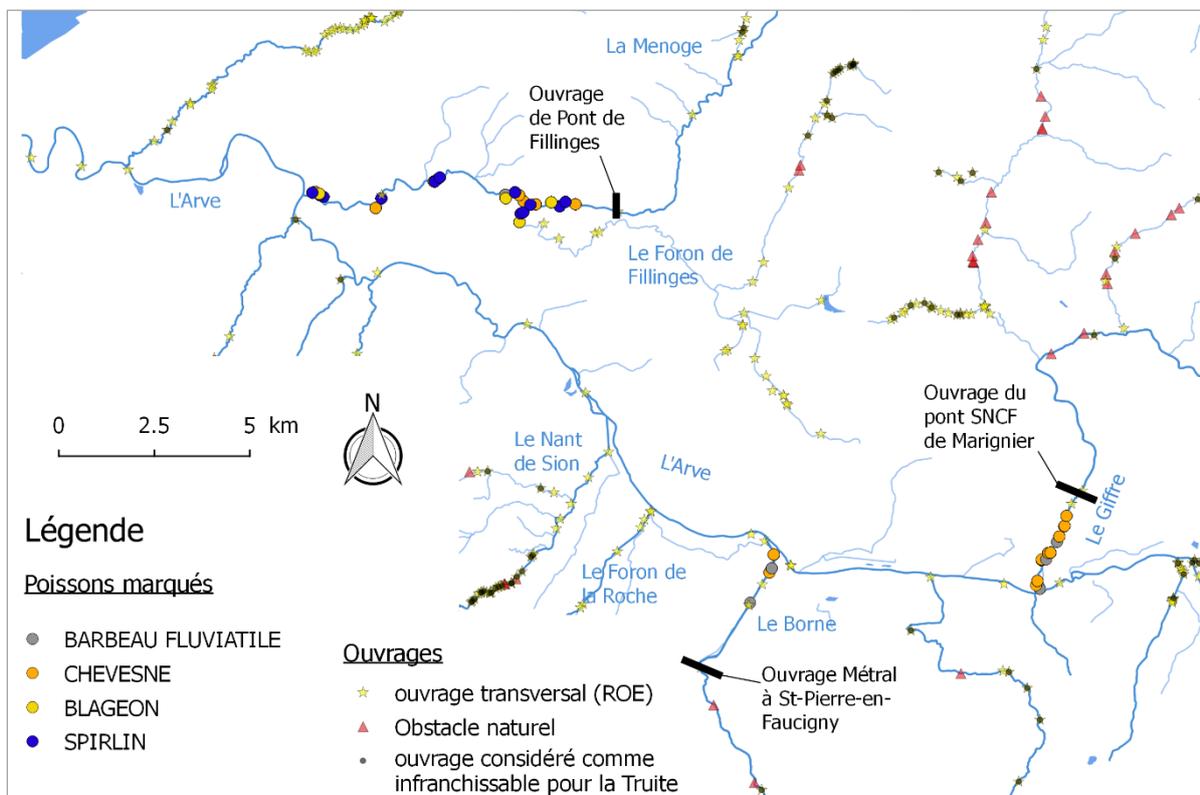
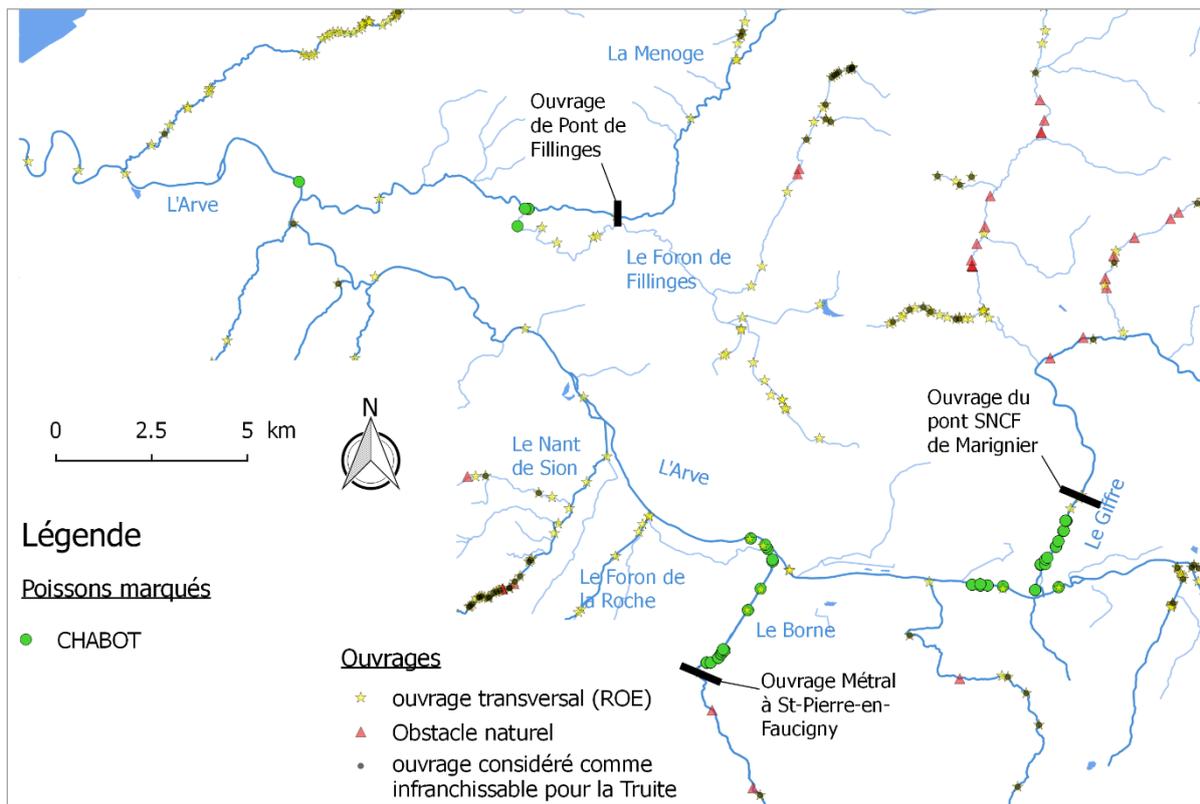


Figure 47 : Evolution du profil en long de la rampe rustique entre le 18 mai 2016 après la finalisation des travaux, le 2 septembre 2016 après les crues de l'été 2016 et le 12 juin 2017 après la crue du 6 juin 2017. Les cercles rouges indiquent les points de repères entre les photos.

La situation de septembre 2016 montre le déplacement de blocs majeurs sur le tiers inférieur de l'ouvrage et un affouillement de la partie centrale bétonnée à l'aval.  
La situation de juin 2017 montre une désorganisation des blocs sur plus de la moitié (aval) de la rampe rustique.

Annexe 4 : Localisation des points de marquage (de 2016 à 2018) pour chacune des espèces cibles.





## Annexe 5 : Détails des tests de corrélation de Spearman entre les temps de passages et les paramètres abiotiques pour les truites fario et les barbeaux fluviatiles.

### Matrice de corrélation (Spearman) :

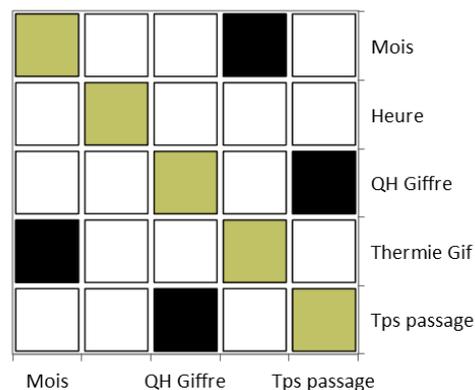
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	-0,102	0,483	<b>-0,953</b>	-0,267
Heure	-0,102	<b>1</b>	-0,152	0,055	0,321
QH Giffre	0,483	-0,152	<b>1</b>	-0,370	<b>-0,806</b>
Thermie Gif	<b>-0,953</b>	0,055	-0,370	<b>1</b>	0,248
Tps passage	-0,267	0,321	<b>-0,806</b>	0,248	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

### p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>0</b>	0,788	0,162	<b>&lt;0,0001</b>	0,458
Heure	0,788	<b>0</b>	0,682	0,892	0,368
QH Giffre	0,162	0,682	<b>0</b>	0,296	<b>0,008</b>
Thermie Gif	<b>&lt;0,0001</b>	0,892	0,296	<b>0</b>	0,492
Tps passage	0,458	0,368	<b>0,008</b>	0,492	<b>0</b>

### Cartes des corrélations :



### Matrice de corrélation (Spearman) :

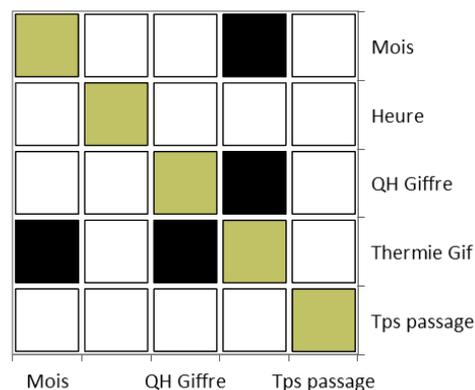
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	-0,174	0,203	<b>-0,629</b>	-0,259
Heure	-0,174	<b>1</b>	0,204	-0,149	-0,105
QH Giffre	0,203	0,204	<b>1</b>	<b>-0,403</b>	0,340
Thermie Gif	<b>-0,629</b>	-0,149	<b>-0,403</b>	<b>1</b>	-0,144
Tps passage	-0,259	-0,105	0,340	-0,144	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

### p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>3,19567E-07</b>	0,403	0,328	<b>0,001</b>	0,210
Heure	0,403	<b>3,19567E-07</b>	0,326	0,474	0,615
QH Giffre	0,328	0,326	<b>3,19567E-07</b>	<b>0,047</b>	0,096
Thermie Gif	<b>0,001</b>	0,474	<b>0,047</b>	<b>3,19567E-07</b>	0,489
Tps passage	0,210	0,615	0,096	0,489	<b>3,19567E-07</b>

### Cartes des corrélations :



### Matrice de corrélation (Spearman) :

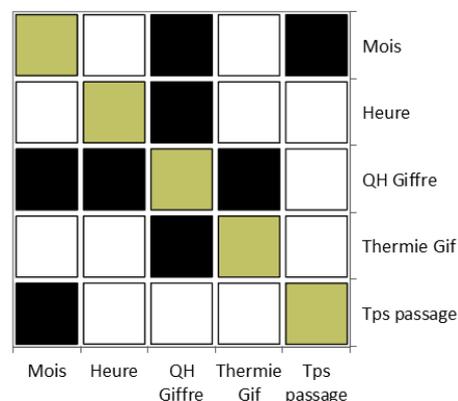
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	0,217	<b>-0,336</b>	0,151	<b>-0,400</b>
Heure	0,217	<b>1</b>	<b>-0,523</b>	0,318	-0,001
QH Giffre	<b>-0,336</b>	<b>-0,523</b>	<b>1</b>	<b>-0,484</b>	0,027
Thermie Gif	0,151	0,318	<b>-0,484</b>	<b>1</b>	-0,178
Tps passage	<b>-0,400</b>	-0,001	0,027	-0,178	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

### p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>0</b>	0,189	<b>0,040</b>	0,363	<b>0,013</b>
Heure	0,189	<b>0</b>	<b>0,001</b>	0,052	0,994
QH Giffre	<b>0,040</b>	<b>0,001</b>	<b>0</b>	<b>0,002</b>	0,871
Thermie Gif	0,363	0,052	<b>0,002</b>	<b>0</b>	0,284
Tps passage	<b>0,013</b>	0,994	0,871	0,284	<b>0</b>

### Cartes des corrélations :



Matrice de corrélation (Spearman) :

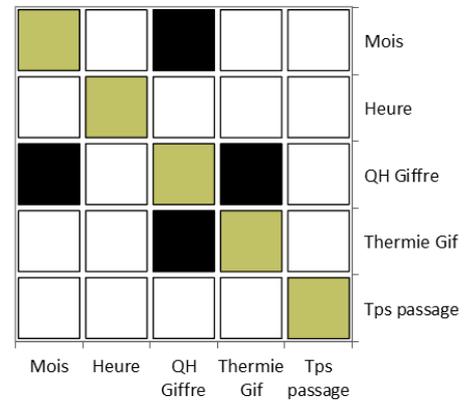
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	-0,084	<b>-0,308</b>	-0,026	-0,094
Heure	-0,084	<b>1</b>	0,146	-0,055	0,121
QH Giffre	<b>-0,308</b>	0,146	<b>1</b>	<b>-0,453</b>	-0,005
Thermie Gif	-0,026	-0,055	<b>-0,453</b>	<b>1</b>	-0,003
Tps passage	-0,094	0,121	-0,005	-0,003	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>0</b>	0,403	<b>0,002</b>	0,793	0,350
Heure	0,403	<b>0</b>	0,144	0,586	0,227
QH Giffre	<b>0,002</b>	0,144	<b>0</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	0,961
Thermie Gif	0,793	0,586	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0</b>	0,976
Tps passage	0,350	0,227	0,961	0,976	<b>0</b>

Cartes des corrélations :



Matrice de corrélation (Spearman) :

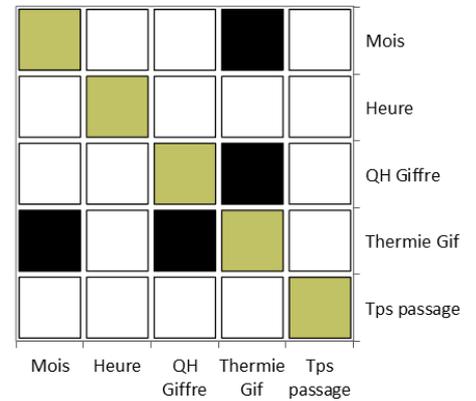
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	-0,065	0,217	<b>-0,750</b>	0,206
Heure	-0,065	<b>1</b>	0,235	-0,130	-0,051
QH Giffre	0,217	0,235	<b>1</b>	<b>-0,473</b>	0,028
Thermie Gif	<b>-0,750</b>	-0,130	<b>-0,473</b>	<b>1</b>	-0,066
Tps passage	0,206	-0,051	0,028	-0,066	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>8,37715E-06</b>	0,791	0,369	<b>0,000</b>	0,396
Heure	0,791	<b>8,37715E-06</b>	0,331	0,595	0,837
QH Giffre	0,369	0,331	<b>8,37715E-06</b>	<b>0,042</b>	0,911
Thermie Gif	<b>0,000</b>	0,595	<b>0,042</b>	<b>8,37715E-06</b>	0,790
Tps passage	0,396	0,837	0,911	0,790	<b>8,37715E-06</b>

Cartes des corrélations :



Matrice de corrélation (Spearman) :

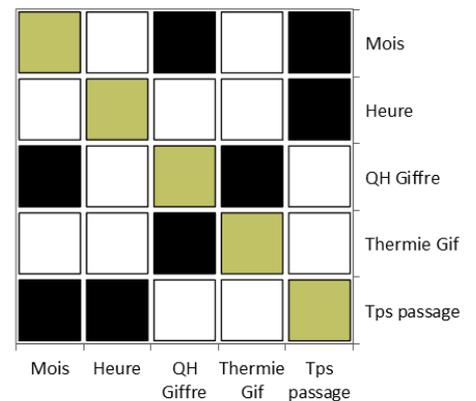
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	0,023	<b>-0,328</b>	0,175	<b>-0,200</b>
Heure	0,023	<b>1</b>	0,144	0,009	<b>-0,189</b>
QH Giffre	<b>-0,328</b>	0,144	<b>1</b>	<b>-0,400</b>	-0,113
Thermie Gif	0,175	0,009	<b>-0,400</b>	<b>1</b>	0,058
Tps passage	<b>-0,200</b>	<b>-0,189</b>	-0,113	0,058	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>0</b>	0,807	<b>0,000</b>	0,057	<b>0,030</b>
Heure	0,807	<b>0</b>	0,118	0,925	<b>0,040</b>
QH Giffre	<b>0,000</b>	0,118	<b>0</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	0,222
Thermie Gif	0,057	0,925	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0</b>	0,533
Tps passage	<b>0,030</b>	<b>0,040</b>	0,222	0,533	<b>0</b>

Cartes des corrélations :



Les cases noires dans les matrices de corrélations indiquent les corrélations significatives (alpha = 0.05)

Tous les stades (n = 58)

Matrice de corrélation (Spearman) :

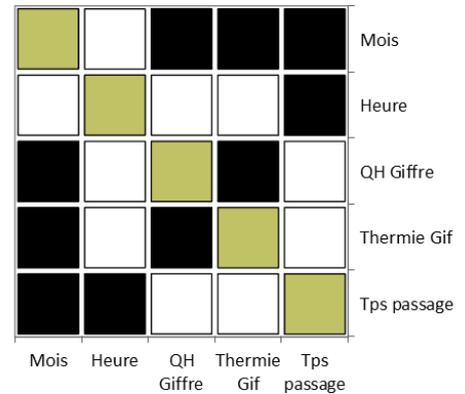
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	-0,094	<b>-0,609</b>	<b>0,433</b>	<b>0,287</b>
Heure	-0,094	<b>1</b>	0,199	-0,132	<b>0,339</b>
QH Giffre	<b>-0,609</b>	0,199	<b>1</b>	<b>-0,365</b>	-0,057
Thermie Gif	<b>0,433</b>	-0,132	<b>-0,365</b>	<b>1</b>	-0,117
Tps passage	<b>0,287</b>	<b>0,339</b>	-0,057	-0,117	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>0</b>	0,482	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,029</b>
Heure	0,482	<b>0</b>	0,133	0,322	<b>0,010</b>
QH Giffre	<b>&lt; 0,0001</b>	0,133	<b>0</b>	<b>0,005</b>	0,668
Thermie Gif	<b>0,001</b>	0,322	<b>0,005</b>	<b>0</b>	0,380
Tps passage	<b>0,029</b>	<b>0,010</b>	0,668	0,380	<b>0</b>

Cartes des corrélations :



Géniteurs (n = 52)

Matrice de corrélation (Spearman) :

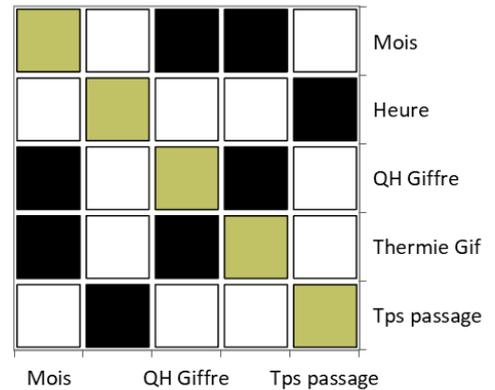
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	-0,130	<b>-0,549</b>	<b>0,513</b>	0,209
Heure	-0,130	<b>1</b>	0,217	-0,114	<b>0,288</b>
QH Giffre	<b>-0,549</b>	0,217	<b>1</b>	<b>-0,410</b>	0,027
Thermie Gif	<b>0,513</b>	-0,114	<b>-0,410</b>	<b>1</b>	-0,144
Tps passage	0,209	<b>0,288</b>	0,027	-0,144	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>0</b>	0,357	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,000</b>	0,138
Heure	0,357	<b>0</b>	0,122	0,420	<b>0,039</b>
QH Giffre	<b>&lt; 0,0001</b>	0,122	<b>0</b>	<b>0,003</b>	0,850
Thermie Gif	<b>0,000</b>	0,420	<b>0,003</b>	<b>0</b>	0,307
Tps passage	0,138	<b>0,039</b>	0,850	0,307	<b>0</b>

Cartes des corrélations :



Tous les stades (n = 36)

Matrice de corrélation (Spearman) :

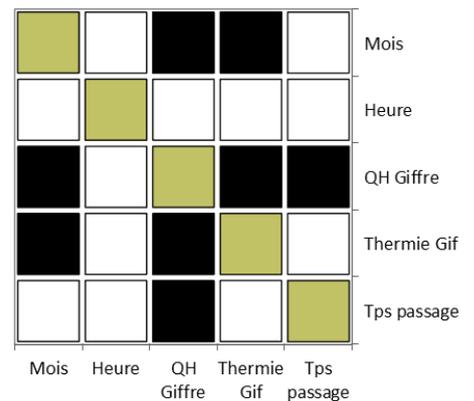
Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>1</b>	-0,041	<b>-0,440</b>	<b>0,678</b>	0,116
Heure	-0,041	<b>1</b>	-0,087	0,038	0,028
QH Giffre	<b>-0,440</b>	-0,087	<b>1</b>	<b>-0,507</b>	<b>-0,494</b>
Thermie Gif	<b>0,678</b>	0,038	<b>-0,507</b>	<b>1</b>	-0,005
Tps passage	0,116	0,028	<b>-0,494</b>	-0,005	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

p-values (Spearman) :

Variables	Mois	Heure	QH Giffre	Thermie Gif	Tps passage
Mois	<b>0</b>	0,814	<b>0,008</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	0,498
Heure	0,814	<b>0</b>	0,612	0,827	0,872
QH Giffre	<b>0,008</b>	0,612	<b>0</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
Thermie Gif	<b>&lt; 0,0001</b>	0,827	<b>0,002</b>	<b>0</b>	0,978
Tps passage	0,498	0,872	<b>0,002</b>	0,978	<b>0</b>

Cartes des corrélations :



Les cases noires dans les matrices de corrélations indiquent les corrélations significatives (alpha = 0.05)

## Annexe 6 : Jaugeage du 02 septembre 2016 en amont immédiat de l'aménagement du seuil du pont SNCF de Marignier.

A l'issue des travaux (Compte rendu de réunion N°20, 03 août 2016), la maîtrise d'œuvre assure que 80 % du débit d'étiage passe via la rampe technique comme prévu dans le projet.

Afin de chiffrer plus précisément la répartition du débit du Giffre entre les deux rampes, la FDAAPPMA 74 a réalisé un jaugeage en amont immédiat de l'aménagement le 02 septembre 2016 entre 13 h et 14 h (Figure 48). Les calculs de débit ont été réalisés à l'aide du logiciel Moulinet (Source : ONEMA).

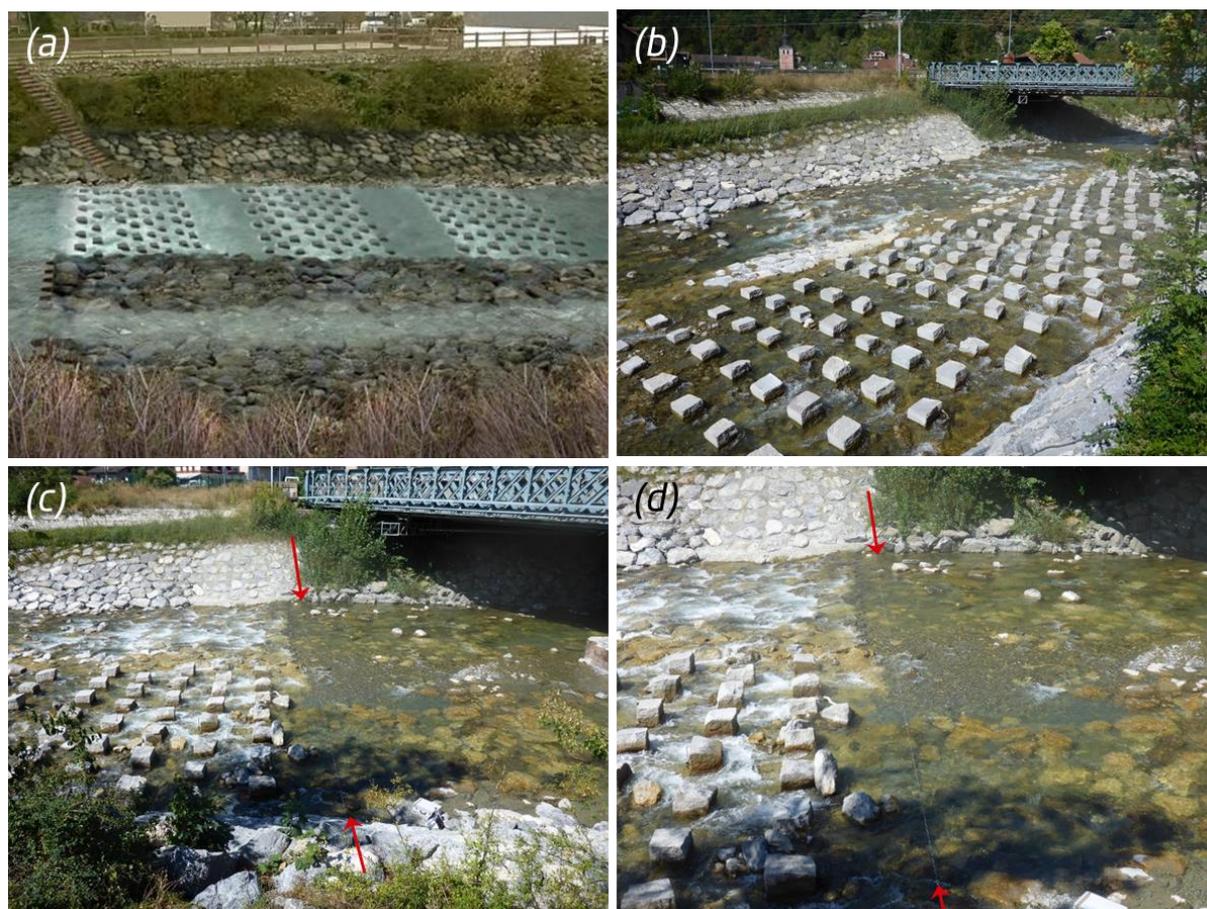


Figure 48 : Situations « projet » (a) et « réalisé » (b) de l'aménagement du seuil du pont SNCF de Marignier en période d'étiage et localisation du transect de jaugeage à deux zooms différents (c) et (d).  
Les flèches rouges indiquent les extrémités du transect de jaugeage sur chacune des rives.

Les résultats indiquent qu'à l'issue des travaux et après les premiers évènements de hautes eaux de l'été 2016, le débit d'étiage se répartit de la façon suivante dans l'aménagement (Figure 49) : 54 % côté rampe rustique (rive droite) et 46 % côté rampe technique (rive gauche). Il n'y a donc pas de concentration de l'écoulement vers la rampe technique en période d'étiage comme initialement prévu.

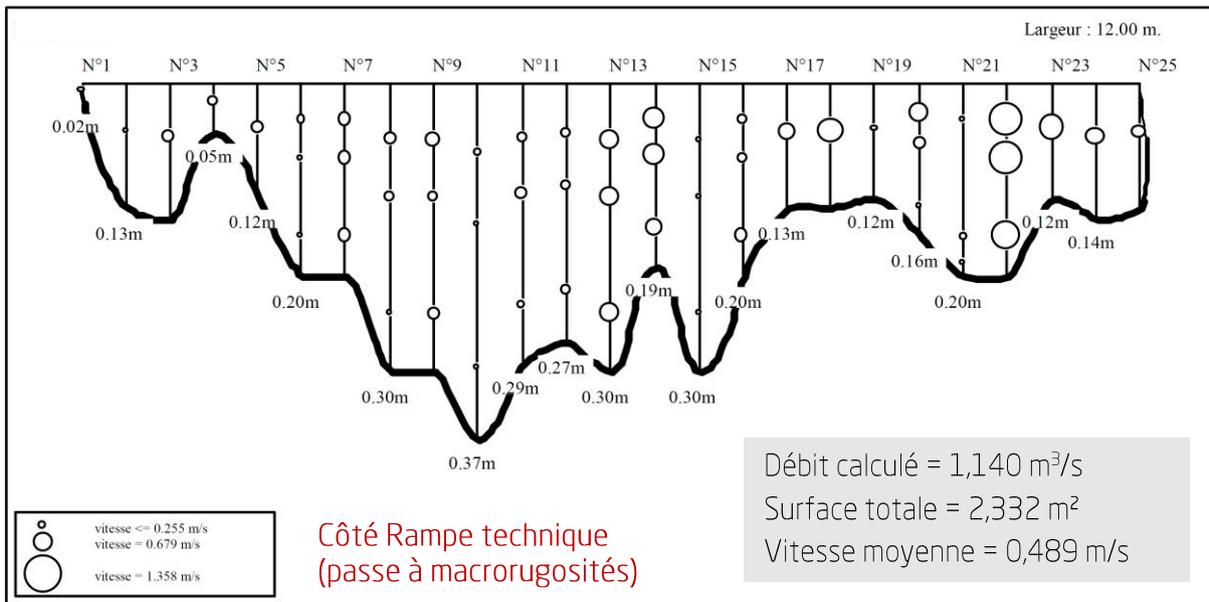
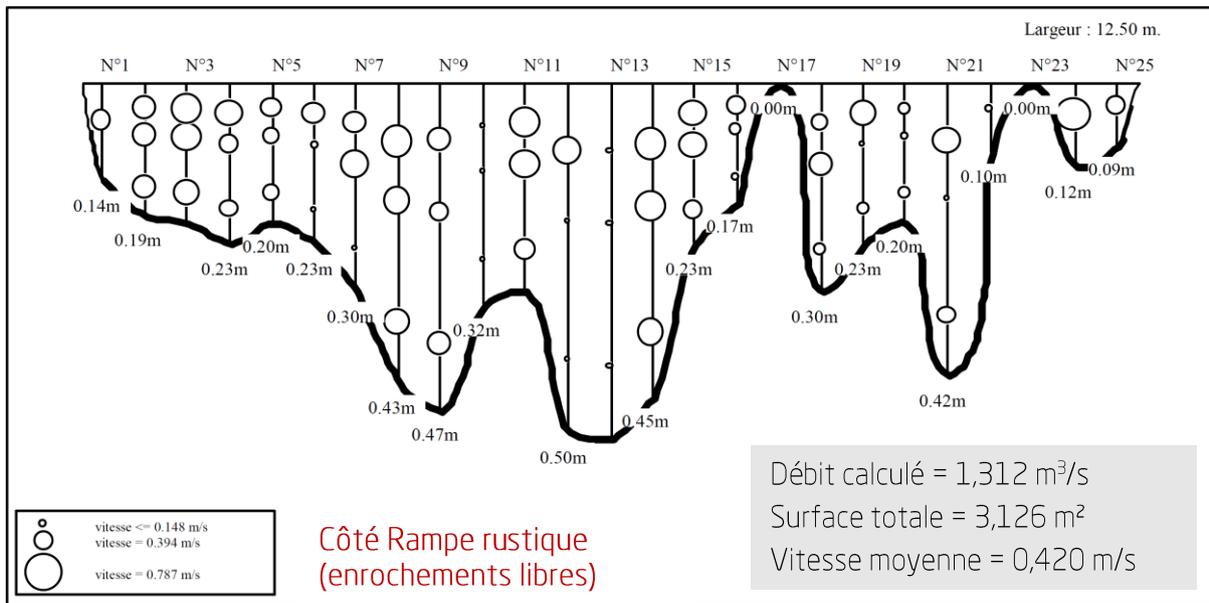


Figure 49 : Schémas des mesures verticales réalisées tous les 50 cm sur chacune des deux sections correspondant à chaque côté de l'aménagement.