hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Echelles Spatiales fonctionnelles des Processus Associés à la Continuité Ecologique
ARVE & RHONE

Interreg FRANCE-SUISSE

NOTE D'AVANCEMENT N°3

BILAN DES ACTIONS AU 15 FEVRIER 2015

Avec la participation financière de :

Conseils techniques et participation de :

hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Echelles Spatiales fonctionnelles des Processus Associés à la Continuité Ecologique

ARVE & RHONE

Interreg FRANCE-SUISSE

SOMMAIRE

RAPPEL DES OBJECTIFS GLOBAUX 1

MODULE 1 : ECHELLE DE FONCTIONNEMENT DES POPULATIONS 3

1) LE RESEAU DE STATIONS FIXES RADIO 3
2) LES OPERATIONS DE MARQUAGE 7
La méthode *7*
Résultats *14*
3) LE SUIVI REGULIER DES POISSONS MARQUES EN RADIO 15
La méthode *15*
Résultats *17*
4) LE VOLET CHABOT 23
La méthode *23*
Résultats *27*

MODULE 2 : CAPACITE ET EFFICACITE DE FRANCHISSEMENT D'OUVRAGES 31

1) MISE EN PLACE DES STATIONS D'ENREGISTREMENT PITTAG 31
2) MARQUAGE PITTAG DES POISSONS 35
La méthode *35*
Résultats *36*

MODULE 3 : INTEGRITE PHYSIQUE DU CONTINUUM AQUATIQUE 48

ETAT DES LIEUX D'UN SITE PILOTE : LE TRONÇON AVAL DU BORNE 52

MODULE 4 : TRANSFERT VERS UNE GESTION TRANSFRONTALIERE 53

MODULE 5 : VALORISATION, COMMUNICATION ET ECHANGES 59

BIBLIOGRAPHIE 61

ANNEXES 63

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : ORGANISATION DU PROJET ESPACE EN 5 MODULES 2
FIGURE 2 : POSITIONS DES STATIONS DE SUIVI (EN RADIOTELEMETRIE ET PAR LA METHODE PITTAG) SUR LE TERRITOIRE ETUDIE..... 4
FIGURE 3 : EXEMPLE DE CONFIGURATION DE STATION RADIO FIXE. (A) POSITIONS D'IMPLANTATIONS DES ANTENNES ;(B) RECEPTEUR ATS R4500C ;(C) ET (D) RESPECTIVE ANTENNE 1 ET ANTENNE 2 ORIENTER SUR CHACUN DES COURS D'EAU POUR CARACTERISER LE PASSAGE DE L'UN A L'AUTRE PAR LES POISSONS. 4
FIGURE 4 : LES 4 SITES SUISSES SUIVIS DANS LE CADRE DU PROGRAMME ESPACE AVEC POUR CHACUN LA DEFINITION DE L'AIRE DE DETECTION DE CHACUN DES ANTENNES. POUR UN SITE, 2 BOITIERS D'ENREGISTREMENTS, AU MINIMUM (MUNIS D'1 OU 2 ANTENNES), SONT NECESSAIRES POUR COUVRIR LES ZONES A PROXIMITE DES OUVRAGES ET DECRIRE L'APPROCHE DES POISSONS FACE A CES DERNIERS..... 5
FIGURE 5 : ZONE DE DETECTION DE L'ANTENNE OMNIDIRECTIONNELLE DE LA STATION FIXE RADIO IMPLANTEE A LA CENTRALE EDF D'ARTHAZ-PONT-NOTRE-DAME. 6
FIGURE 6 : ZONES DE DETECTION DES DEUX ANTENNES YAGI DIRECTIONNELLES DE LA STATION FIXE RADIO DE BONNEVILLE 6
FIGURE 7 : POSITIONNEMENT DE LA STATION RADIO FIXE SUR LE SITE DE LA STATION D'EPURATION DE BONNEVILLE..... 7
FIGURE 8 : LES DIFFERENTES ETAPES DE LA PROCEDURE DE MARQUAGE..... 7
FIGURE 9 : CAPTURE DES POISSONS PAR PECHE ELECTRIQUE DANS LES HABITATS ATTRACTIFS SUR LE PLAN PISCICOLE ; (A) PECHE DANS LES EMBACLES SUR LA LAIRE ; (B) PECHE DANS LES ENROCHEMENTS SUR LE PARCOURS KAYAK SUR L'ARVE A ANNEMASSE ; (C) CAPTURE DES POISSONS LORS DE LA VIDANGE DE LA PASSE A POISSONS DE CHANCY-POUGNY ; (D) PECHE DES EMBACLES SUR LE GIFFRE AVAL..... 8
FIGURE 10 : LES 3 TAILLES D'EMETTEURS INTERNES UTILISES DANS LE CADRE DU PROGRAMME ESPACE ARVE ET RHONE 10
FIGURE 11 : PROCEDURE DE MARQUAGE EXTERNE SUR UN OMBRE COMMUN. (A) PAR L'ANESTHESIE, LE POISSON EST PLACE DANS UN « BAC DE MARQUAGE » POUR MAINTENIR SA POSITION DROITE ; (B) PERFORATION DU MUSCLE DORSAL PAR LES AIGUILLES HYPODERMIQUES ET POSE DE L'EMETTEUR ; (C) MISE EN PLACE DES CONTRE-MARQUES ; (D) SERTISSAGE DES SLEEVES POUR FIXER L'EMETTEUR ; (E) POISSON MARQUE. 11
FIGURE 12 : (A) ATELIER DE MARQUAGE ; (B) MARQUES INTRODUITES DANS LES POISSONS MARQUES ; (C) INSERTION DE L'EMETTEUR EN DESSOUS DE LA CEINTURE PELVIENNE ; (D) POINTS DE SUTURE POUR REFERMER L'INCISION ; (E) BARBEAU FLUVIATILE ANESTHESIE DANS LE BAC DE MARQUAGE..... 12
FIGURE 13 : PROCEDURE DE MARQUAGE POUR L'IMPLANTATION D'UN EMETTEUR RADIO. (A) ATELIER DE MARQUAGE ITINERANT EN PLACE ; (B) BAC DE MARQUAGE MUNI D'UNE POMPE DE SURFACE POUR LA CIRCULATION DE L'ANESTHESIANT LEGER LORS DE L'OPERATION CHIRURGICALE ; (C) TRUITE FARIO ENDORMIE PRETE POUR L'OPERATION DE MARQUAGE ; (D) CHAMP OPERATOIRE STERILE POUR MINIMISER LES RISQUES D'INFECTION LIES A L'OPERATION ; (E) SUTURE DE L'OUVERTURE AVEC DU FIL MONOFILAMENT RESORBABLE ; (F) POINTS DE SUTURE TERMINES..... 13
FIGURE 14 : BILAN DES MARQUAGES RADIO = EFFECTIFS SPECIFIQUES MENSUELS ET EFFECTIF CUMULE DES 4 ESPECES ETUDIES GRACE A LA TELEMETRIE. 14
FIGURE 15 : CARTE DES EFFECTIFS DES POISSONS MARQUES D'UN RADIO-EMETTEUR EN FONCTION DES ESPECES PAR « POINT » DE MARQUAGE. 15
FIGURE 16 : MODE DE RADIOPISTAGE (A) A PIED, (B) EN CANOË ET (C) EN BATEAU DE TOURISME POUR LE RHONE 16
FIGURE 17 : LINEAIRES PROSPECTES DE MANIERE HEBDOMADAIRE OU EXCEPTIONNELLE LORS DES PROSPECTIONS PRESENTES SELON LES SECTEURS EN FONCTION DU MODE DE PISTAGE UTILISE. 16

FIGURE 18 : ILLUSTRATIONS DE LA METHODE DE RADIOPISTAGE PAR « HOMING-IN » ET DE L'INTENSITE DU SIGNAL RADIO EN FONCTION DE LA DISTANCE ANTENNE – EMETTEUR 17
FIGURE 19 : DISTANCES DE DETECTION (EN M) DEFINIES POUR UN PANEL DE 14 EMETTEURS-TESTS LOCALISES LORS DES PROSPECTIONS HEBDOMADAIRES EN MODE A PIED ET EN CANOË. 19
FIGURE 20 : TAUX DE DETECTION HEBDOMADAIRE GLOBAL (INDIFFERENCIE SELON LE MODE DE SUIVI) ENTRE JUIN 2014 (P25) ET JANVIER 2015 (P58) ET MIS EN RELATION AVEC LE DEBIT ET LA CONDUCTIVITE DE L'ARVE. 20
FIGURE 21 : REPARTITION DES CONTACTS (TRACKING MOBILES) AVEC LES POISSONS RADIOMARQUES LE LONG DU RHONE GENEVOIS. 21
FIGURE 22 : EXEMPLES DE GRAPHIQUES DE DEPLACEMENTS (EN M) DE QUELQUES INDIVIDUS DE TRUITE SUIVIS EN RADIOTELEMETRIE. 22
FIGURE 23 : EXEMPLES DE GRAPHIQUES DE DEPLACEMENTS (EN M) DE 2 INDIVIDUS DE BARBEAU FLUVIATILE (BAF) ET 2 INDIVIDUS DE CHEVAINE (CHE) SUIVIS EN RADIOTELEMETRIE ET LOCALISES SUR L'ARVE AVAL (ENTRE ANNEMASSE ET LA CONFLUENCE DE LA MENOGE). 23
FIGURE 24 : PLAN D'ECHANTILLONNAGE DES POPULATIONS DE CHABOT SUR LES BASSINS DE L'ARVE ET DU RHONE 24
FIGURE 25 : ETAPES DU DEROULEMENT DE L'ETUDE SUR LES POPULATIONS DE CHABOTS DU CONTINUUM ARVE – RHONE GENEVOIS 25
FIGURE 26 : LES INTERETS DES MICROSATELLITES DANS L'ANALYSE DU GENOME 25
FIGURE 27 : HYPOTHESES DE DEPART DU « VOLET CHABOT » ET EXEMPLE DE RESULTATS OBTENUS DANS UNE ETUDE SIMILIAIRE 26
FIGURE 28 : ECHANTILLONNAGE DES CHABOTS. (A) PECHE ELECTRIQUE DE SONDAGE SUR L'ARVE A BONNEVILLE ; (B) ET (C) BIOMETRIE EFFECTUEE POUR CHAQUE INDIVIDU ECHANTILLONNE ; (D) CHABOT DANS LE MILIEU ; (E) ET (F) PRELEVEMENT D'UN MORCEAU DE NAGEOIRE CAUDALE CONSERVEE DANS L'ALCOOL ABSOLU. 27
FIGURE 29 : EFFECTIFS DES INDIVIDUS DE CHABOT ECHANTILLONNES EN FONCTION DE LEUR LONGUEUR TOTAL PRESENTES PAR SOUS BASSINS VERSANTS. 27
FIGURE 30 : DEMARCHE DE MISE AU POINT DES 2 KITS DE MULTIPLEX POUR LE VOLET CHABOT. 28
FIGURE 31 : AMPLIFICATION DE 25 MARQUEURS GENETIQUES PAR INDIVIDU DE CHABOT ET RESULTATS POUR QUELQUES INDIVIDUS DE LA POPULATION DU FORON DE SCIONZIER ET DE LA BIALLE. 28
FIGURE 32 : EXPLICATIONS DU TRAITEMENT DE DONNEES POUR LE VOLET CHABOT ET DES PARTICULARITES DES RESEAUX DENTRITIQUES. 29
FIGURE 33 : ETAPES DE MODELISATION DU RESEAU DENTRITIQUE PROPRE AU BASSIN DE L'ARVE POUR L'ETUDE CHABOT 30
FIGURE 34 : SCHEMA DU FONCTIONNEMENT D'UN DISPOSITIF PITTAG INSTALLE DANS UNE PASSE A POISSONS 31
FIGURE 35 : VUE DEPUIS L'AVAL DE LA STATION PITTAG DU NANT DE SION (A) EN MARS 2014 ; (B) APRES LA CRUE DE NOVEMBRE 2014. L'ENROCHEMENT RIVE DROITE S'EST DEMANTELE ET A DU ETRE REMANIE POUR REIMPLANTER L'ANTENNE 1 (CELLE A L'AVAL). 32
FIGURE 36 : 1) EXTRAIT DU CADASTRE DE LA COMME DE VETRAZ-MONTHOUX DE LA ZONE CIBLEE POUR L'IMPLANTATION DE LA STATION PITTAG ; 2) SCHEMA DES DIFFERENTS ELEMENTS DE LA STATION D'ENREGISTREMENT ; 3) BOITE ETANCHE (ENV. 1M² D'EMPRISE) QUI CONTIENT LES DIFFERENTS ELEMENTS DE LA STATION D'ENREGISTREMENT PITTAG ; 4) VUE DEPUIS LA RIVIERE DE LA CONFIGURATION DU SITE ; 5) EXEMPLE D'ANTENNES TRANSVERSALES QUI SERONT MISES EN PLACE SUR LA MENOGE AVAL. 33
FIGURE 37 : INSTALLATION DE LA STATION PITTAG DE LA MENOGE AVAL SUR LA COMMUNE DE VETRAZ-MONTHOUX. 1A) BRANCHEMENT A LA SOURCE ELECTRIQUE CHEZ LE PROPRIETAIRE PRIVE RIVERAIN M. MENZLER ; 1B) ANCRAGE DE LA BOITE « LECTEUR » ; 2) MISE EN PLACE DES TWINAX ; 3) MISE EN PLACE DES ANTENNES ; 4) VUE D'ENSEMBLE DE LA STATION. 34
FIGURE 38 : MARQUAGE INTERNE D'UNE TRUITELLE AVEC UN PITTAG DE 12 MM ; (A) INCISION EN POSITION VENTRALE ET CENTRALE REALISEE AU SCALPEL JUSTE EN DESSOUS DE LA CEINTURE PECTORALE ; (B) INSERTION DU PITTAG DANS LA CAVITE GENERALE DU POISSON 35
FIGURE 39 : EFFECTIFS MENSUELS DES POISSONS MARQUES AVEC UN PITTAG PRESENTES PAR ESPECES ET L'EFFECTIF TOTAL EN CUMULE MENSUEL 36
FIGURE 40 : POSITIONS INITIALE DES INDIVIDUS MARQUES D'UN PITTAG POUR LES 4 ESPECES ETUDIEES SUR LE SECTEUR GENEVE – SCIENTRIER, SECTEUR « PROCHE » DU DISPOSITIF SUIVI : LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ-PONT-NOTRE-DAME. 37

FIGURE 41 : EFFECTIFS SPECIFIQUES DES INDIVIDUS MARQUES D'UN PITTAG SUR LE SECTEUR GENEVE-SCIENTRIER, PRESENTES PAR COURS D'EAU D'ORIGINE ET DE MANIERE GLOBALE. 38
FIGURE 42 : HISTOGRAMME DES LONGUEURS TOTALE DES INDIVIDUS MARQUES PRESENTES PAR ESPECE ET PAR COURS D'EAU D'ORIGINE COMPARES AUX LONGUEURS TOTALES DES INDIVIDUS CONTACTES A LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ : A) TRUITE FARIO ; B) CHEVAINE ; C) OMBRE COMMUN ; D) BARBEAU FLUVIATILE..... 39
FIGURE 43 : ORIGINES DES INDIVIDUS CONTACTES A LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ-PONT-NOTRE-DAME AVEC LES DISTANCES PARCOURUES ENTRE LEUR POINT DE MARQUAGE ET LEUR POINT DE CONTACT A LA PASSE. 39
FIGURE 44 : MISE EN RELATION DE L'ETAT DE FONCTIONNEMENT DES 3 ANTENNES QUI COMPOSENT LE DISPOSITIF PITTAG ET DU NOMBRE JOURNALIER DE POISSONS DANS LA PASSE (OU DETECTES A AU MOINS DES 3 ANTENNES). 40
FIGURE 45 : DISPOSITIONS INITIALES DES ANTENNES A3 ET A2 DANS LES 2 DERNIERS BASSINS DE LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ. A) DIFFERENCE DE POSITIONNEMENT SUR UNE OUVERTURE DE BASSIN DES ANTENNES A3 ET A2 PAR RAPPORT AU SENS DE L'ECOULEMENT (PASSE FERMEE) ; B) ANTENNE A3 POSITIONNEE A L'AVAL DE L'OUVERTURE, PASSE EN EAU ; C) ANTENNE A2 INITIALEMENT POSITIONNEE EN AMONT DE L'OUVERTURE, FRACTUREE SUR SA PARTIE BASSE CAR NON PROTEGEE..... 41
FIGURE 46 : ARBRE DE DECISION POUR DEFINIR LE STATUT D'UN INDIVIDU DETECTE PAR LE DISPOSITIF PITTAG DE LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ-PONT-NOTRE-DAME. 42
FIGURE 47 : BOX PLOTS DES PARAMETRES (A) LONGUEUR TOTALE LT ET (B) POIDS P POUR LES GROUPES D'INDIVIDUS DE CHAQUE STATUT..... 43
FIGURE 48 : COMPARAISON DES BOX PLOTS (A) DES PERIODES DE CONTACTS POUR CHACUN DES GROUPES DE STATUT IDENTIFIES PRECEDEMMENT ; (B) DES PERIODES DE FRANCHISSEMENT OU SORTIE PAR L'AVAL DE LA PASSE ; (C) DES GAMMES DE DEBITS MOYENS JOURNALIERS QUI CARACTERISENT L'ENTREE DES INDIVIDUS DANS LA PASSE, LEUR SORTIE PAR L'AVAL ET LEUR FRANCHISSEMENT AVEC SORTIE PAR L'AMONT. 44
FIGURE 49 : TEMPS DE RESIDENCE DANS LA PASSE A POISSONS POUR LES INDIVIDUS AYANT REUSSI A LA FRANCHIR (PAP OK) ET CEUX N'AYANT PAS REUSSI (EXIT)..... 45
FIGURE 50 : TEMPS DE RESIDENCE DECOMPOSE EN 2 PARTIES : SUR LA GAUCHE DES GRAPHIQUES LE TEMPS PASSE DANS LA PARTIE MEDIANE DE LA PASSE (A1 → A2) ET SUR LA DROITE DANS LE DERNIER BASSIN DE LA PASSE AVANT LA SORTIE VERS L'AMONT (A2 → A3), (A) POUR LES INDIVIDUS RESTES MOINS DE 6H DANS LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ ET (B) POUR LES INDIVIDUS RESTES PLUS DE 6H DANS LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ. DANS LES TONS VERTS, LES INDIVIDUS AYANT FRANCHI LA PASSE A POISSONS (PAP OK) ET DANS LES TONS ROUGE/ROSE, LES INDIVIDUS N'AYANT PAS REUSSI A FRANCHIR LA PASSE (EXIT)..... 46
FIGURE 51 : RELATION ENTRE LES TEMPS DE RESIDENCE DANS LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ ET (A) LE DEBIT MOYEN JOURNALIER DU FRANCHISSEMENT D'UNE PART ET (B) LA LONGUEUR TOTALE DE L'INDIVIDU D'AUTRE PART, POUR LES 2 GROUPES D'INDIVIDUS : CEUX AYANT REUSSI A FRANCHIR LA PASSE (PAP OK) ET CEUX AYANT ECHOUE (EXIT)..... 46
FIGURE 52 : MISE EN RELATION DE L'ETAT DE FONCTIONNEMENT DES 2 ANTENNES QUI COMPOSENT LE DISPOSITIF PITTAG DE LA STATION DU NANT DE SION ET DU NOMBRE JOURNALIER DE POISSONS ENREGISTRES PAR LE DISPOSITIF..... 47
FIGURE 53 : STATIONS D'ENREGISTREMENT DE LA THERMIE EN 2012-2013 ET CELLES PLACEES POUR 2014-2015 SUR LE BASSIN DE L'ARVE 49
FIGURE 54 : LOCALISATION DES STATIONS DE SUIVI HYDROLOGIQUES SUR LE BASSIN DE L'ARVE. 50
FIGURE 55 : TRANSECT AU DROIT DE LA STATION DE MESURE DU NIVEAU DE L'EAU DU NANT DE SION A PROXIMITE DE L'INSTALLATION PITTAG DU PONT DE LA RD19 51
FIGURE 56 : COURBE TARAGE POUR LE NANT DE SION A ARENTHON (AMONT PONT DE LA RD 19) AVEC L'EXPRESSION DE LA RELATION HAUTEUR SONDE/DEBIT. 51
FIGURE 57 : COURBE DES DEBITS SUR LA STATION DU NANT DE SION AU PONT DE LA RD19 ENTRE LE 1ER JUILLET ET LE 1ER OCTOBRE 2014..... 52
FIGURE 58 : QUELQUES ACTIONS DE COMMUNICATION (A) FETE DE LA SCIENCE A LA MEDIATHEQUE DE BONNEVILLE ET (B) SUR LA GRAVIERE AU BORD DE L'ARVE ; (C) TOURNAGE DE L'EMISSION « AU FIL DE L'ARVE AU FIL DE L'EAU » ; (D) ASSEMBLEE GENERALE 2014 DE LA FDPPMA 74.. 59

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LISTE DES ESPECES-CIBLES ENVISAGEES, STATUTS DE MENACE EN FRANCE (D'APRES UICN-FRANCE ET AL., 2010) ET EN SUISSE (KIRCHHOFER ET AL., 2007), ET PRINCIPAUX INTERETS 9

TABLEAU 2 : LISTE DES MODELES D'EMETTEURS ET DE LEURS CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES UTILISES DANS LE CADRE DU PROGRAMME INTERREG ESPACE ARVE ET RHONE 10

TABLEAU 3 : STATUTS DES POISSONS MARQUES COTE FRANCE A LA DATE DU 20 JANVIER 2015 18

TABLEAU 4 : PROPORTION D'INDIVIDUS MIGRANTS PAR ESPECE ET SECTEUR DE RELACHER. CES RESULTATS REPOSENT SUR LES INDIVIDUS MARQUES PAR RADIOTELEMETRIE. SONT CONSIDERES COMME MIGRANTS LES INDIVIDUS REMONTES JUSQU'AU BARRAGE SUIVANT. 20

TABLEAU 5 : NOMBRE DE DETECTION AU NIVEAU DES DIFFERENTES STATIONS FIXES SUR CHACUN DES OUVRAGES SUISSES ETUDIES ... 37

TABLEAU 6 : CARACTERISTIQUES DES INDIVIDUS MARQUES POUR CHACUNE DES 4 ESPECES CIBLES DANS UN SECTEUR DE 23 KM AUTOUR D'ARTHAZ-PONT-NOTRE-DAME. 38

TABLEAU 7 : CARACTERISTIQUES DES INDIVIDUS AYANT ETE CONTACTES A LA PASSE A POISSONS D'ARTHAZ ET EFFECTIF DES INDIVIDUS DE CHAQUE STATUT DEFINI A LA FIGURE 46. 43

TABLEAU 8 : EXEMPLE DE TABLEAU DE DONNEES D'UNE STATION DE PHYSICO-CHIMIE 48

TABLEAU 9 : RECAPITULATIF DES ACTIONS DE COMMUNICATION MENEES POUR LE PROGRAMME ESPACE ARVE ET RHONE 60

Rappel des objectifs globaux

Objectifs communs à la France et à la Suisse :

- Décrire les déplacements, identifier les habitats utilisés au cours du cycle de vie et évaluer les échelles spatiales nécessaires au maintien de 5 espèces représentatives de la biodiversité piscicole du bassin Arve – Rhône genevois
- Evaluer la fonctionnalité en termes de franchissement des aménagements, anciens et récemment construits, en intégrant les effets modulateurs de l'hydrologie et de la thermie
- Constituer une base de données environnementale à l'échelle du bassin Arve – Rhône genevois sous forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) compilant l'ensemble des données physiques et biologiques utiles à l'évaluation de la connectivité écologique
- Identifier, sur la base du SIG créé, les « *points noirs* » à la continuité écologique sur les bassins de l'Arve et du Rhône genevois
- Développer, avec l'ensemble des acteurs gestionnaires, un outil d'aide à la décision permettant de hiérarchiser et *'prioriser'* les obstacles à la continuité écologique devant être restaurés
- Définir de manière collaborative à l'aide de l'outil créé des stratégies de gestion durable, coordonnées entre les différents gestionnaires et cohérentes pour une restauration de la continuité écologique sur l'ensemble de l'espace Arve et Rhône

Plus spécifiquement pour la Suisse :

- Evaluer l'efficacité de franchissement des passes à poissons de Chancy-Pougny, Verbois et Vessy afin de répondre d'une part aux exigences définies par la LEaux (Loi fédérale sur la protection des eaux) en termes d'assainissement des ouvrages, mais également aux besoins de critères quantitatifs, objectifs pour le processus de certification 'Naturemade Star' (notamment pour Chancy-Pougny)

Plus spécifiquement pour la France :

- Evaluer l'efficacité de certains ouvrages de franchissement déjà réalisés sur des ouvrages structurant la continuité du cours principal de l'Arve (passe à ombre d'Arthaz, …)
- Evaluer les effets sur la continuité écologique de quelques grands ouvrages fragmentant l'habitat sur le bassin versant (Arve et affluents). Le choix de ces ouvrages se fera en concertation avec les structures gestionnaires locales (contrats de rivière, SAGE, …)
- Mieux connaître les relations entre le cours principal de l'Arve et les affluents, ainsi que les rôles joués par les affluents dans les processus biologiques (refuge thermique, refuge hydraulique, zone de reproduction, …) en rapport avec leur qualité et leur niveau d'accessibilité
- Utiliser le Nant de Sion comme site atelier pour mieux comprendre les relations entre migration génésique et facteurs environnementaux, en particulier l'hydrologie, la température, l'habitat physique et la qualité de l'eau

- Réaliser le diagnostic biologique et géomorphologique du tronçon aval du Borne, tronçon clé par sa position de confluence avec l'Arve où seront réalisés des futurs aménagements de restauration d'habitat

Le bilan des actions réalisées depuis le début effectif du programme (avril 2013) est fait par module. Les différents indicateurs de réalisation et résultats sont indiqués en bleu pour chaque module concerné. La Figure 1 présentée dans le document de présentation du projet a été légèrement modifiée pour intégrer le volet concernant le site pilote du Borne aval. Elle rappelle l'organisation en module du programme INTERREG ESPACE Arve & Rhône.

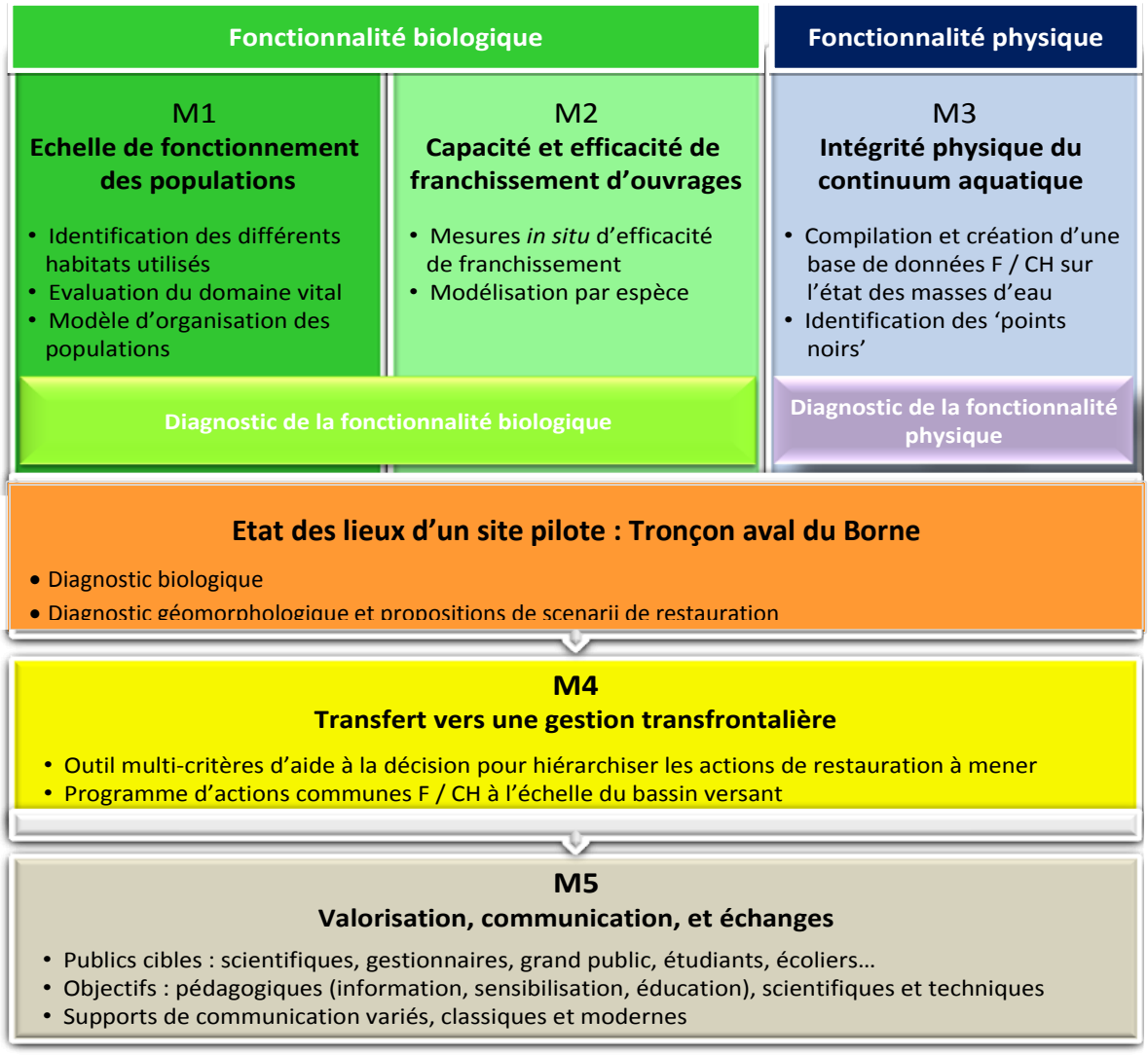


Figure 1 : Organisation du projet ESPACE en 5 modules

Module 1 : Echelle de fonctionnement des populations

Objectifs du M1 :

- Définir le 'home range' des 4 espèces piscicoles définies comme les plus mobiles dans le document de présentation, soit le barbeau fluviatile, le chevaine, l'ombre commun et la truite fario.
  Indicateur de réalisation : 200 poissons marqués par radiotélémétrie
  Indicateur de résultats : 2 000 recontacts de poissons suivis par radiotélémétrie
- Définir la phénologie des déplacements et migrations et identifier les habitats utilisés pour les 5 espèces cibles
- Evaluer les relations cours principal – affluents

Ce module vise à caractériser les déplacements des espèces cibles du programme ESPACE Arve et Rhône. L'outil utilisé ici est la radiotélémétrie, c'est-à-dire un suivi régulier et à distance de poissons marqués à l'aide d'un émetteur. Cette méthode s'applique aux 4 espèces cibles préalablement citées.

Concernant le chabot, celui-ci étant benthique, plus petit, et n'effectuant que des « petits » déplacements (quelques centaines de mètres, UTZINGER *et al.;* 1998), il a été choisi, pour cette espèce, d'utiliser l'outil biomoléculaire pour caractériser ses déplacements. Cependant, avant d'entreprendre quelques travaux, il est essentiel et nécessaire de réaliser un état de l'art concernant l'espèce et plus particulièrement de balayer les thématiques de caractérisation biomoléculaire et de dynamique des populations pour cette espèce. Des prémices de recherches bibliographiques ont été faites par les deux porteurs de projet, mais celles-ci restent à être approfondies pour cibler les possibilités d'apport de nouvelles connaissances tout en répondant aux questionnements des gestionnaires et acteurs de l'eau locaux.

La méthode de suivi par radiotélémétrie consiste à :

1) Mettre en place un réseau de stations fixes de suivi
2) Réaliser des opérations de marquage sur l'ensemble du territoire
3) Suivre très régulièrement les déplacements des poissons marqués via un suivi mobile (à pied, en canoë ou autre mode de déplacement) afin d'avoir une position hebdomadaire de chaque poisson marqué

1) Le réseau de stations fixes radio

Le suivi par radiotélémétrie se concentre sur les cours principaux de l'Arve et du Rhône genevois. Le réseau de stations fixes radio permet un enregistrement 24h/24h du passage d'un poisson en un point du territoire. Cela apporte une donnée supplémentaire par rapport au suivi mobile qui permet d'avoir la position du poisson à un instant t. En effet, si un poisson était habituellement détecté en amont d'une station fixe et que cette dernière l'a détecté une fois, ceci nous permet de dire que l'individu a dévalé et qu'il doit être cherché en aval. Le réseau fixe prévoit un maillage régulier du linéaire entre Chancy-Pougny et Scionzier (Figure 2). Ces stations sont équipées d'un récepteur ATS

R4500C® configuré en mode « stationnaire » et relié à une (ou deux en configuration de confluence) antenne(s) fixée(s) en direction du cours d'eau (Figure 3).

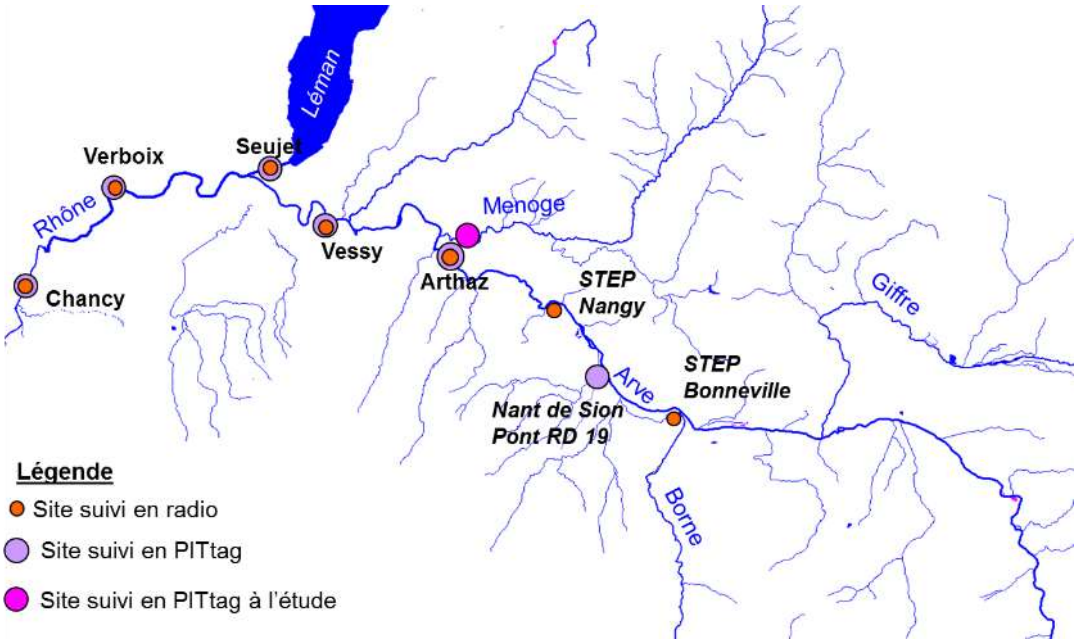


Figure 2 : Positions des stations de suivi (en radiotélémétrie et par la méthode PITtag) sur le territoire étudié

Figure 3 : Exemple de configuration de station radio fixe. (a) positions d'implantations des antennes ;(b) récepteur ATS R4500C ;(c) et (d) respectivement antenne 1 et antenne 2 orientées sur chacun des cours d'eau pour caractériser le passage de l'un à l'autre par les poissons

L'ensemble des stations côté suisse était en place à la fin de l'année 2013. La figure 4 illustre les zones de couvertures des antennes de chacun des 4 sites.

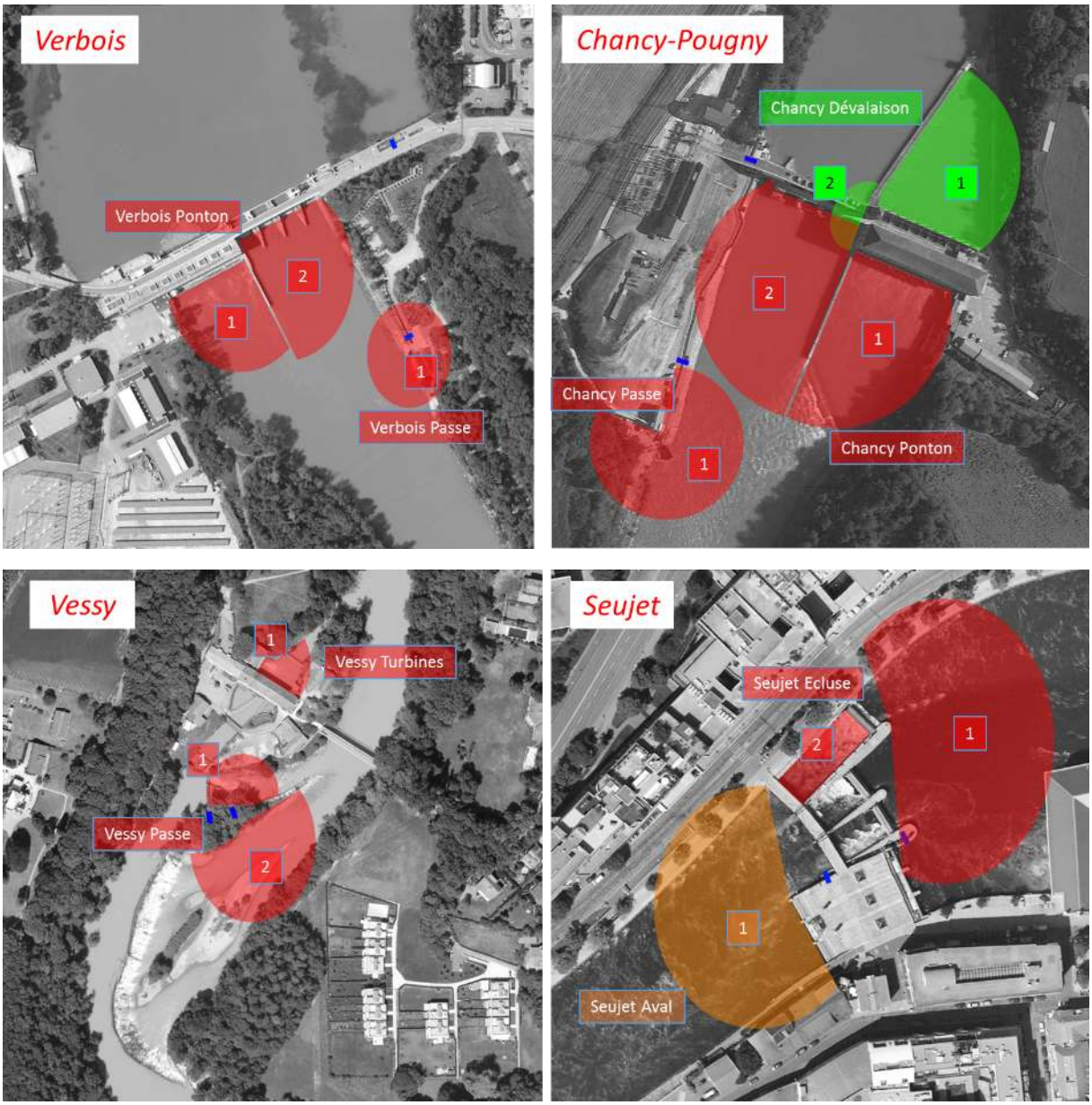


Figure 4 : Les 4 sites suisses suivis dans le cadre du programme ESPACE avec pour chacun la définition de l'aire de détection de chacune des antennes. Pour un site, 2 boitiers d'enregistrements, au minimum (munis d'1 ou 2 antennes), sont nécessaires pour couvrir les zones à proximité des ouvrages et décrire l'approche des poissons face à ces derniers

Côté français, les stations d'**Arthaz-Pont-Notre-Dame** implantée dans l'enceinte de la centrale électrique EDF ainsi que celle de Bonneville implantée sur le site de la station d'épuration de Bonneville (tenue par la Régie des Eaux de Bonneville), sont en fonctionnement depuis respectivement novembre 2013 et le 19 avril 2014. Il n'y a pas eu d'intervention sur ces dernières au cours des 6 derniers mois. Les figures 5 et 6 rappellent les aires de détection des antennes de chacun de ces 2 sites.

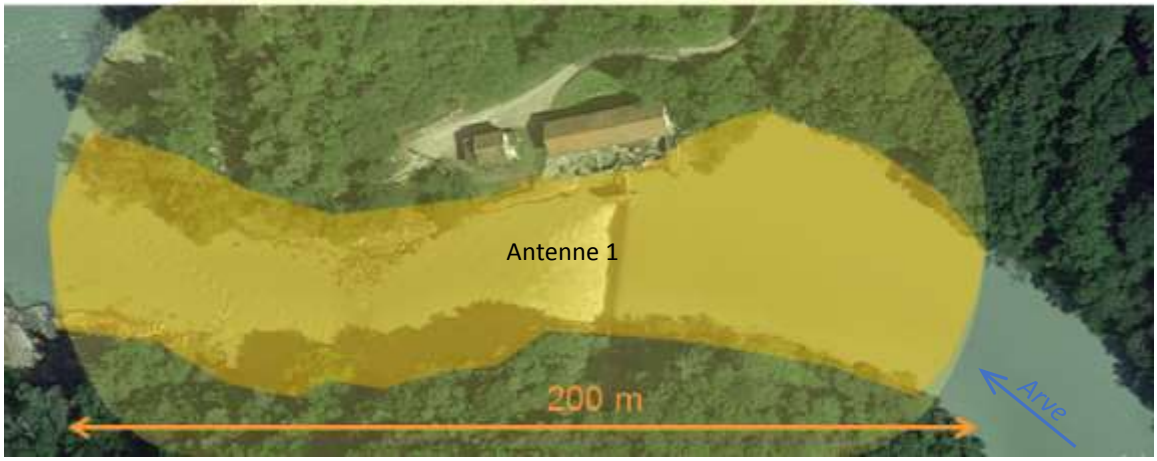


Figure 5 : Zone de détection de l'antenne omnidirectionnelle de la station fixe radio implantée à la centrale EDF d'Arthaz-Pont-Notre-Dame

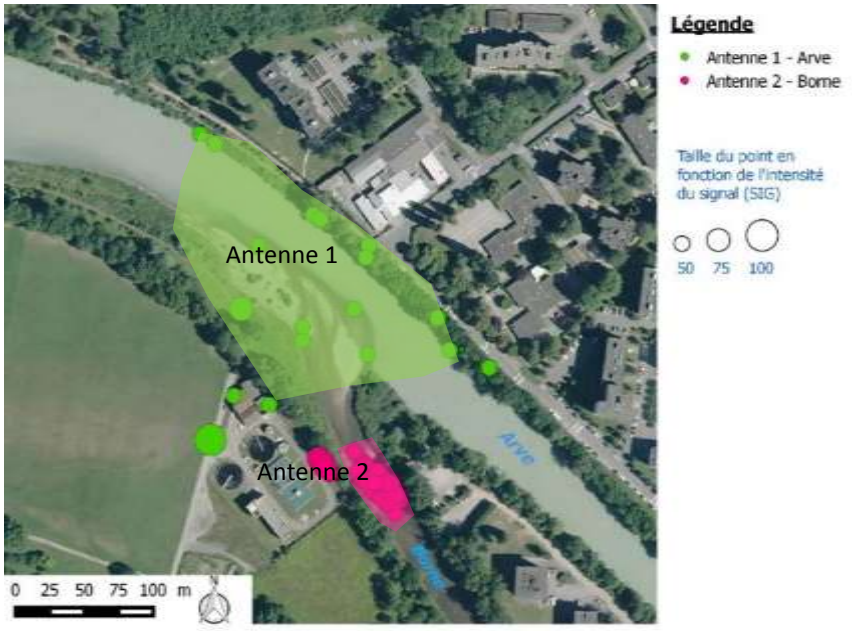


Figure 6 : Zones de détection des deux antennes Yagi directionnelles de la station fixe radio de Bonneville

La **station de Scientrier,** située dans l'enceinte de la station d'épuration de Scientrier (tenue par le Syndicat des eaux des Rocailles et de Bellecombe), a été modifiée le 5 décembre 2014. En effet, un dysfonctionnement a été observé au cours du mois de novembre, mois durant lequel la station n'a pas fonctionné correctement. L'antenne omnidirectionnelle (antenne fouet) en place a été remplacée

par une antenne directionnelle Yagi à 3 éléments. L'étendue de la zone de détection de l'antenne a été définie ce même jour et est présentée à la figure 7.

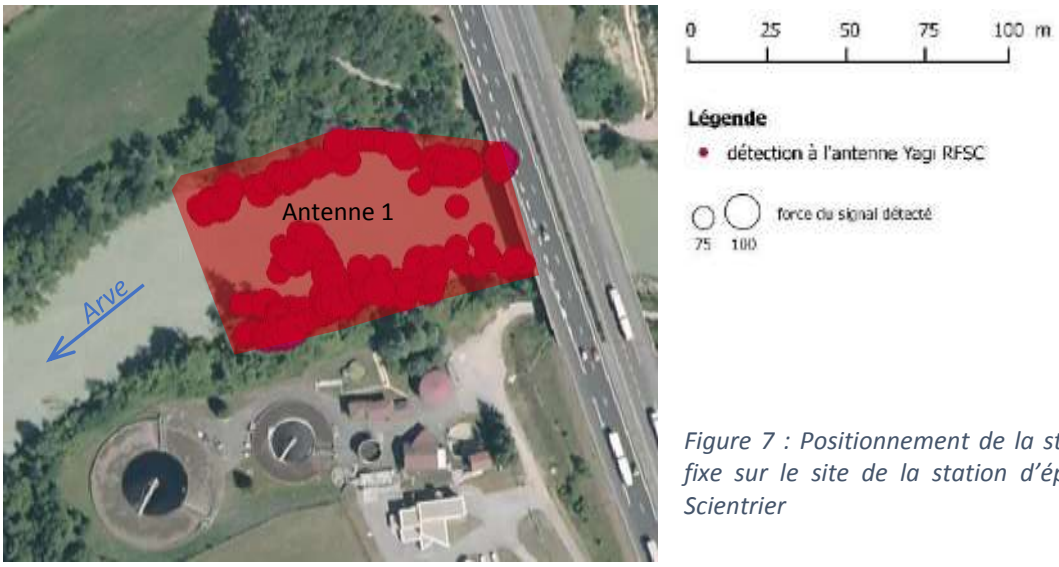


Figure 7 : Positionnement de la station radio fixe sur le site de la station d'épuration de Scientrier

2) *Les opérations de marquage*

La méthode

La phase de marquage est le point initial du suivi piscicole par télémétrie. La figure 8 synthétise les étapes successives de la procédure.

Figure 8 : Les différentes étapes de la procédure de marquage

Les poissons à marquer sont capturés par pêches électriques de sondage réalisées à l'aide d'un appareil thermique de marque *Hans & Grassl* ou par vidange de passes à poissons. Les zones prospectées sont sélectionnées en fonction de leur accessibilité (profondeur et vitesse de courant) et de leur attractivité d'habitat (celles qui semblent intéressantes pour accueillir des poissons) (Figure 9). Seules les espèces cibles, listées dans le tableau 1, sont mises de côté pour être marquées après la pêche. Parmi les poissons capturés, seuls ceux qui pèsent plus de 550 g (dans l'idéal) seront marqués d'un émetteur. En effet, WINTER (1988) a mis en évidence que les marques n'engendraient qu'une moindre gêne pour les individus lorsque ces dernières ne représentaient pas plus de 2% de leur poids dans l'air. Cette règle est communément adoptée dans les études de migration et de marquage. Les autres individus (<550g) peuvent être marqués d'un simple PITtag.

Figure 9 : Capture des poissons par pêche électrique dans les habitats attractifs sur le plan piscicole ; (a) pêche dans les embâcles sur la Laire ; (b) pêche dans les enrochements sur le parcours kayak sur l'Arve à Annemasse ; (c) capture des poissons lors de la vidange de la passe à poissons de Chancy-Pougny ; (d) pêche des embâcles sur le Giffre aval

Tableau 1 : liste des espèces-cibles envisagées, statuts de menace en France (d'après Uicn-France et al., 2010) et en Suisse (Kirchhofer et al., 2007), et principaux intérêts

Famille / espèce	Nom vernaculaire	Statut de menace F / CH	Intérêt		
			Patrimonial	Halieutique	Ecologique
Salmonidés					
Thymallus thymallus	Ombre commun	Vulnérable / Menacée[1]	oui	oui	pélagique sténoèce forte mobilité
Salmo trutta	Truite de rivière	Non menacée / Potentiellement menacée[2]	oui	oui	pélagique sténoèce forte mobilité
Cyprinidés					
Barbus barbus	Barbeau fluviatile	Non menacée / Potentiellement menacée*	oui	non	benthique euryèce forte mobilité
Squalius cephalus	Chevaine	Non menacée	oui	non	pélagique euryèce forte mobilité
Cobitidés					
Cottus gobio	Chabot	Données insuffisantes[3] / Potentiellement menacée	oui	non	benthique sténoèce sédentaire non manipulée

[1] *Egalement inscrite à l'annexe III de la Convention de Berne*
[2] *"Fortement menacée" pour la forme lacustre en Suisse*
[3] *Espèce d'intérêt communautaire, An. II de la Directive Habitats Faune Flore 92/43/CEE*

Les émetteurs utilisés pour le programme ESPACE Arve et Rhône sont sur la fréquence 149 MHz bien qu'habituellement les études de télémétrie en milieu aquatique utilisent une basse fréquence (50 MHz) car moins de pertes de signal à l'interface eau-air sont occasionnées. Cependant, comme l'étude est menée en collaboration avec la Suisse, il a fallu s'adapter à la loi de l'utilisation des fréquences radios suisses (OFCOM, 2014) qui impose le range d'utilisation des fréquences de tracking animalier suivant : 148 - 149 MHz. Deux types d'émetteurs interviennent dans le cadre du suivi individuel de poissons :

- Emetteurs externes transcorporels (fournisseur ATS – Modèle 1815C - Type F2020, 8.6 g) ou marques « sac à dos » utilisés côté suisse pour marquer les barbeaux fluviatiles et les chevaines lors de la période de migration pré-reproduction. Ce type de marque est plus adapté lorsque la période de marquage correspond à la période de reproduction des individus marqués puisque non intrusif. Cependant, les inconvénients principaux de ce type d'émetteurs sont qu'ils limitent la croissance du poisson (McCallister *et al*. 1992, in Baras *et al.* 2001) et peuvent provoquer une érosion et une blessure permanente des tissus corporels du fait du passage d'un élément étranger dans ceux-ci (Baras *et al*., 2001). De plus, l'émetteur est positionné sur un côté du dos du poisson, ce qui peut provoquer une perturbation dans la nage de ce dernier.

- Emetteurs internes, qui sont préférés pour leur moindre gêne dans la stature du poisson et pour une meilleure cicatrisation post-marquage des tissus corporels (BARAS *et al*., 2001). L'implantation intra-péritonéale est habituellement considérée comme la procédure adéquate pour les études de télémétrie à long terme, en comparaison aux marques externes ou intra-gastriques (BARAS *et al*.., 1996), car elle possède les avantages de placer l'émetteur à proximité du centre de gravité du poisson, de le protéger des interactions avec l'environnement, de ne pas gêner la nage, de ne pas modifier l'appétit de l'individu ou encore de ne pas être rendu plus visible face aux prédateurs (BRIDGER ET BOOTH, 2003). Le risque d'expulsion est également moins fréquent avec ce type de marque (GOSSET & RIVES, 2004). L'inconvénient est que les implants péritonéaux nécessitent un temps de marquage plus long, une anesthésie plus profonde et un risque plus élevé d'infection (BRIDGER ET BOOTH, 2003).

Nous avons choisi d'utiliser 3 tailles différentes d'émetteurs : fournisseur ATS - émetteurs de modèle – *type* : F1815C - *F1210*, F1820C - *F1215* et F1835C - *F1230* (Figure 8). En effet, la taille de l'émetteur est influencée par la dimension de la pile à l'intérieur. Plus la pile est volumineuse, plus la durée de vie de l'émetteur est longue. Ainsi, avec plusieurs tailles d'émetteurs, nous pouvons implanter dans de gros individus des marques plus grandes et suivre les déplacements plus longtemps.

Figure 10 : Les 3 tailles d'émetteurs internes utilisés dans le cadre du programme ESPACE Arve et Rhône

Le tableau 2 fait état des dimensions et longévité des différents émetteurs utilisés.

Tableau 2 : Liste des modèles d'émetteurs et de leurs caractéristiques morphologiques utilisés dans le cadre du programme INTERREG ESPACE Arve et Rhône

Modèle	**Type**	**Poids** *g*	**Longueur** *mm*	**Hauteur** *mm*	**Capacité de la batterie** *jours*	**1/2 vie moyenne [Ecart type]** *jours*	
F1815C	F2020	8.6	43	12	250	199.3	[± 20.5]
F1815C	F1210	11	57	12	257	217.2	[± 43.5]
F1820C	F1215	13	64	12	373	207.9	[± 52.8]
F1835C	F1230	23	68	18	924	230.0	[± 36.1]

Suivant le type d'émetteur utilisé, l'opération de marquage est différente.

Les **émetteurs externes** se positionnent sur le dos du poisson. La procédure de fixation est la suivante (Figure 11) : les muscles dorsaux sont transpercés par deux aiguilles droites hypodermiques afin d'y passer les deux câbles de fixation de l'émetteur. Ces câbles reçoivent une contre-marque (rondelle plastique) qui est bloquée par le sertissage d'un sleeve et par la réalisation d'un nœud d'arrêt, sécurisé par un collage à la colle ethyl-cyanoacrylate. L'émetteur, ses câbles, les aiguilles ainsi que les plaies engendrées par le marquage sont désinfectés avec une solution antiseptique de povidone iodée (Bétadine® dermique 10%).

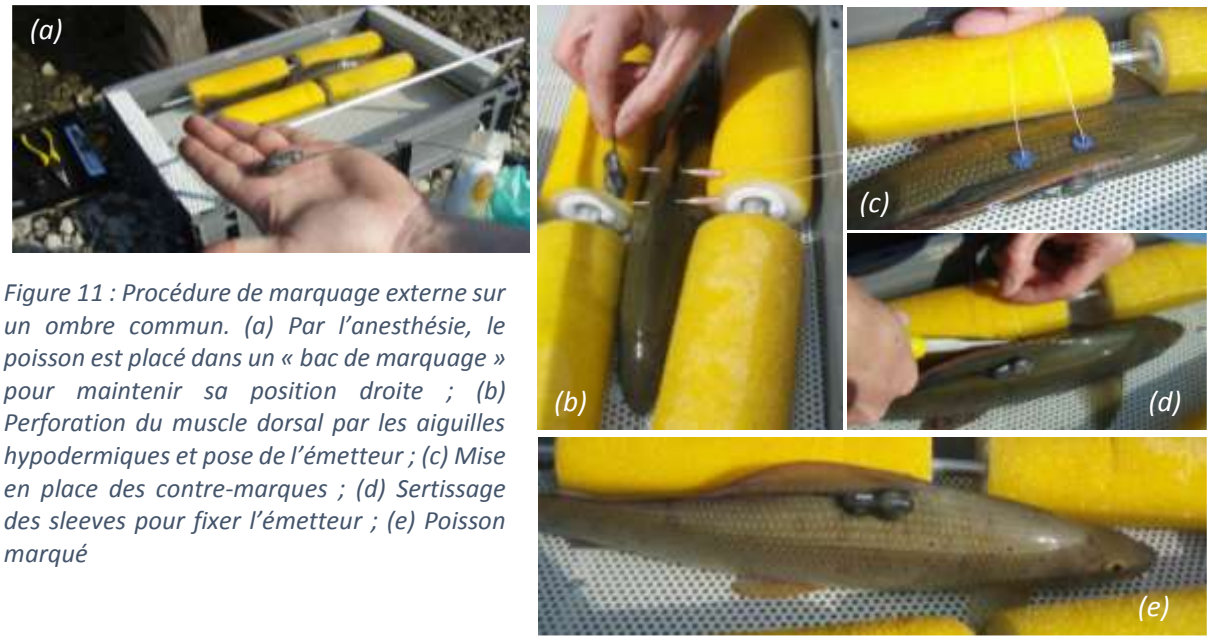


Figure 11 : Procédure de marquage externe sur un ombre commun. (a) Par l'anesthésie, le poisson est placé dans un « bac de marquage » pour maintenir sa position droite ; (b) Perforation du muscle dorsal par les aiguilles hypodermiques et pose de l'émetteur ; (c) Mise en place des contre-marques ; (d) Sertissage des sleeves pour fixer l'émetteur ; (e) Poisson marqué

Les **émetteurs internes** nécessitent une opération chirurgicale plus lourde (Figure 12). Des précautions sanitaires et de désinfection sont prises pour minimiser le risque d'infection (port de gants de chirurgie, désinfection du matériel, …). Une incision de 2 à 3 cm est faite dans la partie ventrale juste en arrière de la ceinture pelvienne à l'aide d'un scalpel (N°3) muni d'une lame courbe (N°12) et d'une canule afin de ne pas endommager les tissus internes du poisson. L'émetteur est introduit dans la cavité générale du poisson et vient se positionner au niveau de la ceinture pelvienne de manière centrale ce qui limite le déséquilibre du poisson. L'incision est refermée avec au minimum 3 points de suture (point de chirurgien) réalisés à l'aide d'une aiguille de suture courbe 3/8 T 24 mm munie d'un fil tressé résorbable en polyglyconate (longueur 70 cm). Pour limiter les infections post opératoires, une injection d'antibiotique (Marbocyl 2%) est faite à l'aide d'une seringue à insuline.

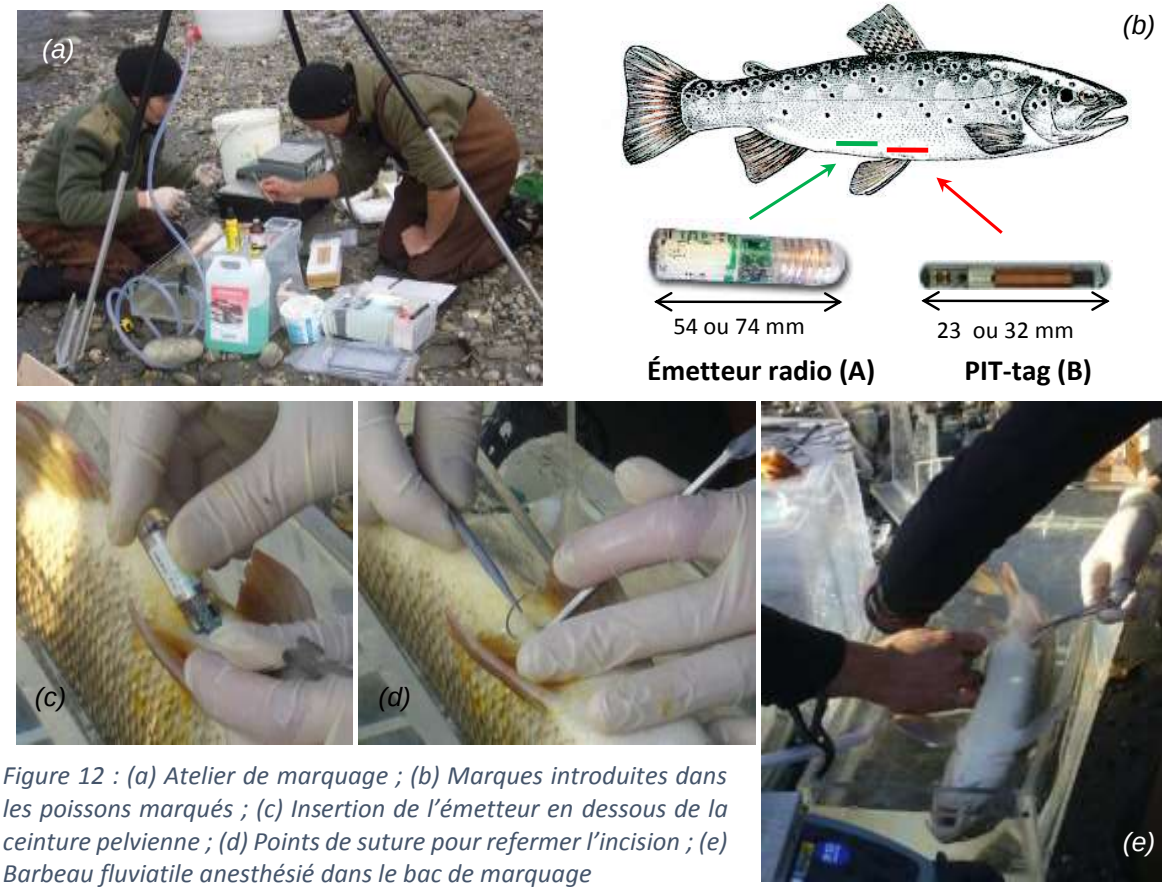


Figure 12 : (a) Atelier de marquage ; (b) Marques introduites dans les poissons marqués ; (c) Insertion de l'émetteur en dessous de la ceinture pelvienne ; (d) Points de suture pour refermer l'incision ; (e) Barbeau fluviatile anesthésié dans le bac de marquage

La procédure de marquage interne a été optimisée au cours du second semestre 2014 suite au retour d'expérience de la première session de marquage au début de l'année 2014. En effet, du matériel stérile (champ de chirurgien, gants, …) a été préféré afin de minimiser les éventuelles infections liées à l'opération. De plus, la circulation gravitaire de l'anesthésiant léger dans le bac de marquage a été remplacée par une circulation « mécanique » créée par une pompe de surface *SHURFLO Standard 8000-443-136*. Le bac de marquage a donc été remanié pour pouvoir accueillir un tel dispositif de manière pérenne (Figure 13).

Figure 13 : Procédure de marquage pour l'implantation d'un émetteur radio. (a) atelier de marquage itinérant en place ; (b) bac de marquage muni d'une pompe de surface pour la circulation de l'anesthésiant léger lors de l'opération chirurgicale ; (c) truite fario endormie prête pour l'opération de marquage ; (d) champ opératoire stérile pour minimiser les risques d'infection liés à l'opération ; (e) suture de l'ouverture avec du fil monofilament résorbable ; (f) points de suture terminés

Résultats

A l'issue de l'année 2014, 210 poissons ont été marqués sur tout le territoire (Figure 14). La répartition par espèce est la suivante : 64 barbeaux fluviatiles (BAF), 70 chevaines (CHE), 11 ombres communs (OBR), 65 truites fario (TRF) (dont 2 truites de lac).

Figure 14 : Bilan des marquages radio = effectifs spécifiques mensuels et effectif cumulé des 4 espèces étudiées grâce à la télémétrie

Côté Suisse, le marquage s'est déroulé entre le 6 juin 2013 et le 27 novembre 2014. Les campagnes de marquage d'automne 2014 ont été plus restreintes (difficulté d'échantillonnage hors période de migration sur Rhône et Arve). Il a été possible sur le Rhône en capturant les poissons lors des vidanges des passes à poissons au niveau des grands barrages. Deux petits affluents ont également été échantillonnés, à savoir l'Allondon et la Laire. Au total, 85 poissons ont été équipés d'un émetteur radio (internes et externes confondus) selon la répartition par espèce suivante : 32 barbeaux, 40 chevaines et 13 truites (dont 2 truites de lac) dont 7 individus (4 chevaines et 3 truites) sur la dernière période (automne 2014).

Côté France, les opérations de marquage se sont déroulées entre le 17 décembre 2013 et le 29 octobre 2014, soit 29 jours de marquage à 3 ou 4 personnes. Les échantillonnages ont été faits en itinérance par pêche électrique de sondage uniquement. Le bilan des campagnes s'élève à 125 poissons marqués sur plus de 28 km de cours d'eau prospectés cumulés (Arve et aval des affluents suivants : Menoge, Nant de Sion, Foron de la Roche, Borne, Giffre et Foron de Scionzier). La répartition par espèce est la suivante : 52 truites, 11 ombres, 32 barbeaux et 30 chevaines.

La répartition des poissons sur l'ensemble de la zone d'étude est présentée sur la figure 15.

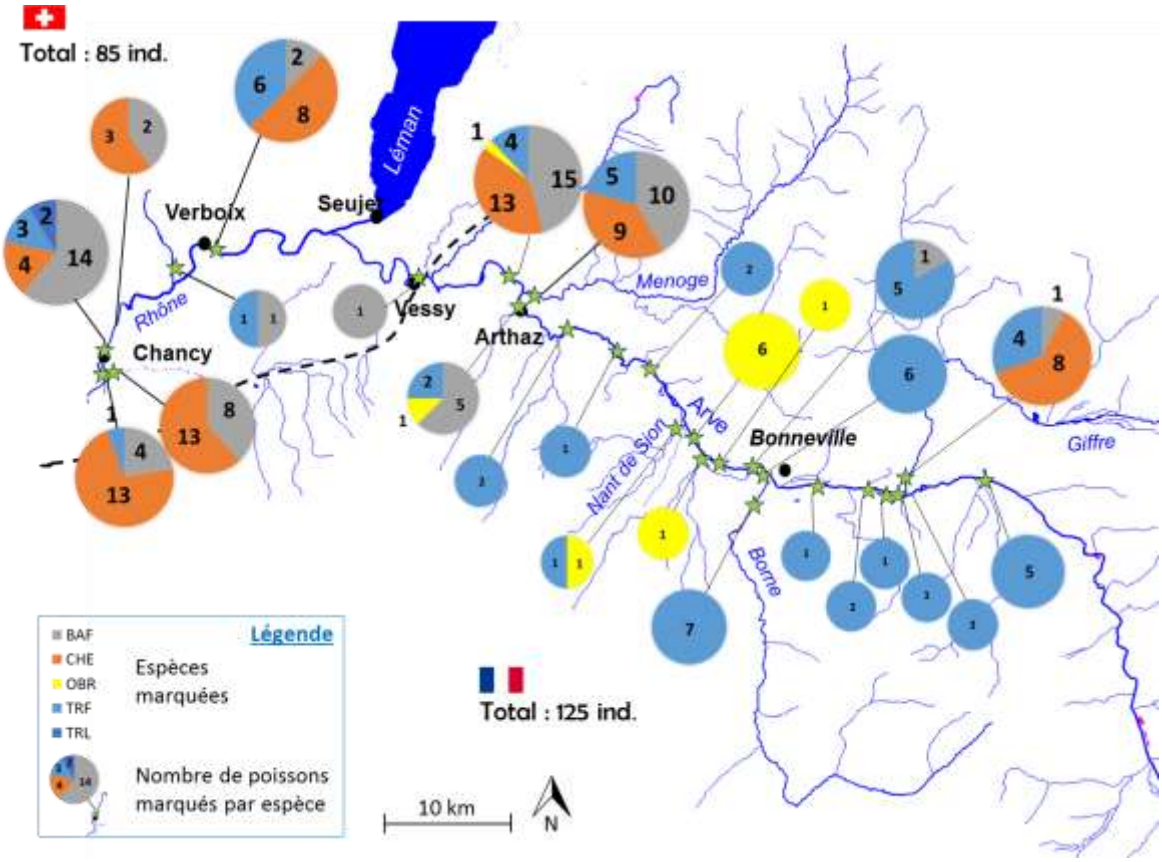


Figure 15 : Carte des effectifs des poissons marqués d'un radio-émetteur en fonction des espèces par « point » de marquage.

3) *Le suivi régulier des poissons marqués en radio*

La méthode

Le radiopistage ou radiotracking consiste à chercher activement les poissons marqués. Il s'effectue de manière hebdomadaire, sur tout le linéaire où les poissons ont été marqués. Un suivi régulier de chaque individu marqué donne des informations plus fines de leur comportement. Selon BARAS (1997), l'intervalle de positionnement optimal est journalier. Cet auteur a mis en avant les différences de « home-range » et de distances en localisant chaque jour des barbeaux et en exploitant les résultats jour par jour ou en agrandissant l'intervalle de temps. Même si la localisation quotidienne est plus précise, l'hebdomadaire est la plus efficace en termes de coûts-bénéfices, avec une imprécision de 5% d'après BARAS (1997), ce qui reste correct. Les prospections de radiopistage ont commencé à la suite immédiate des opérations de marquage. Elles s'effectuent à pied, en canoë pour les zones non accessibles par les berges et en bateau de tourisme sur le Rhône (Figure 16). Le linéaire

prospecté s'élève à environ 50 km sur l'Arve, 22 km sur le Rhône et environ 10 km sur l'aval des affluents (Menoge, Nant de Sion, Borne et Giffre) (Figure 17).

Figure 16 : Mode de radiopistage (a) à pied, (b) en canoë et (c) en bateau de tourisme pour le Rhône

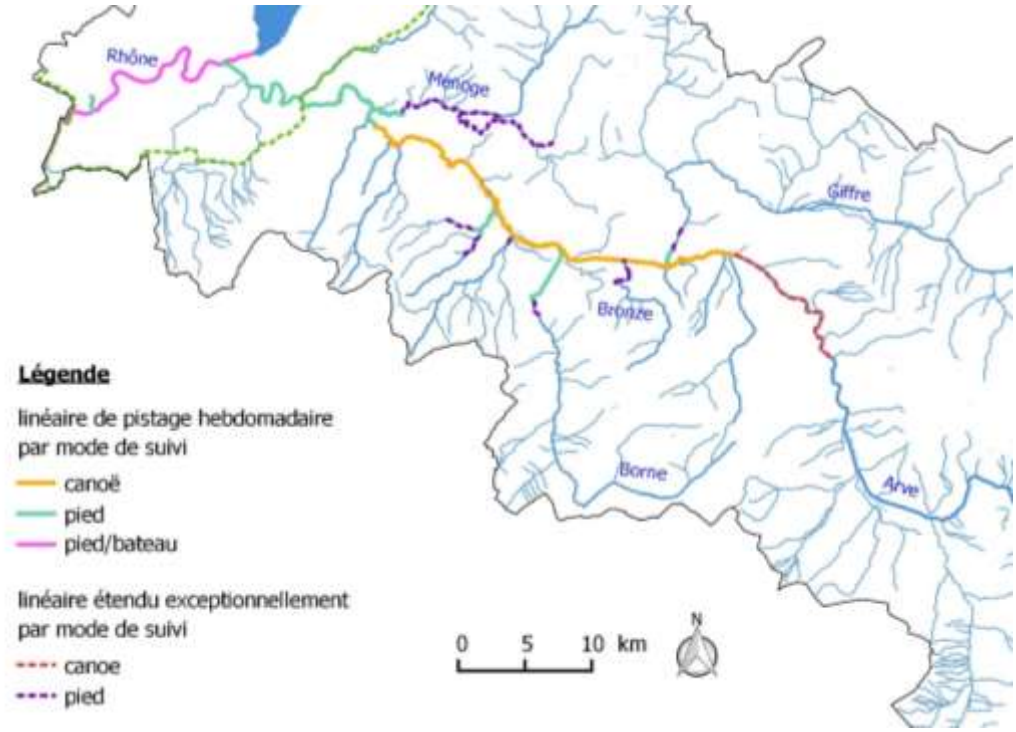


Figure 17 : Linéaires prospectés de manière hebdomadaire ou exceptionnelle, présentés selon les secteurs en fonction du mode de pistage utilisé

Lorsqu'un poisson est perdu, la zone prospectée est étendue. La méthode utilisée est dite du « homing-in », consistant à s'approcher au plus près du poisson pour recevoir le signal le plus fort possible afin d'avoir la position GPS la plus précise (Figure 18). Ainsi, l'opérateur, muni d'un récepteur ATS R4500C® relié à une antenne Yagi 3 éléments tenue de manière perpendiculaire au cours d'eau, « scanne » les fréquences de chaque émetteur en marchant jusqu'à trouver les poissons. Lorsque le récepteur identifie une fréquence de marquage, il émet trois « bips » successifs puis donne le code correspondant à l'émetteur permettant d'identifier l'individu repéré. L'opérateur va donc chercher le

signal le plus fort (intensité des bips sonores). Ainsi, l'intensité du signal et les coordonnées sont enregistrés par le récepteur. Les émetteurs sont également équipés d'une option « mortalité », c'est-à-dire qu'ils sont sensibles aux mouvements du poisson. Ainsi, lorsqu'un individu n'a pas bougé durant 24 h, le signal émettra 4 ou 5 bips, permettant à l'opérateur de reconnaitre un poisson mort.

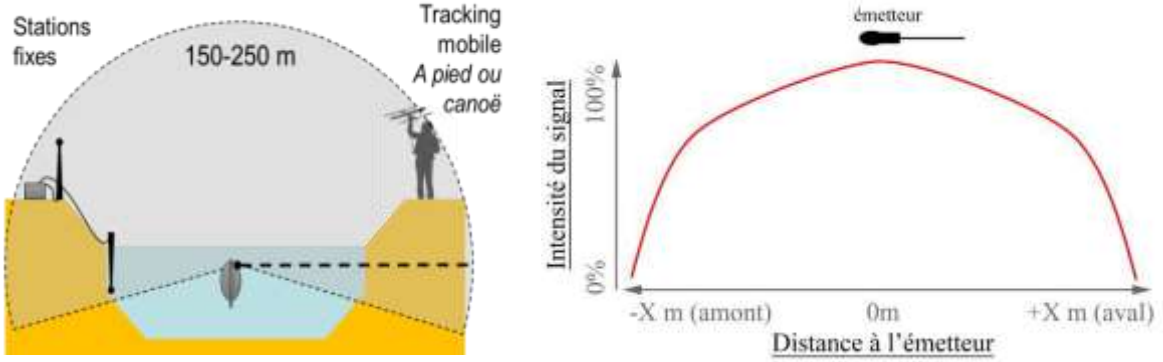


Figure 18 : Illustrations de la méthode de radiopistage par « homing-in » et de l'intensité du signal radio en fonction de la distance antenne – émetteur

Afin d'appréhender la précision des résultats de radio-tracking, des émetteurs-tests fixes ont été placés en un endroit connu et géoréférencé sur les linéaires de l'Arve et des affluents principaux par une personne ne réalisant pas de prospection. Chaque semaine, les positions de ces émetteurs-tests sont définies de la même manière que celles des poissons. Ainsi, des distances de localisation à pied et en canoë ont pu être calculées entre la position définie lors des prospections et la position réelle. Ceci permet donc de définir la « marge d'erreur » de détection et de pouvoir s'affranchir des distances non significatives pour la suite des résultats.

Résultats

Le suivi radiotélémétrique répond à des problématiques très différentes sur Suisse et sur France. En effet, côté genevois, cette méthode permet de caractériser l'arrivée d'un individu marqué à proximité d'un barrage, de quantifier sa durée d'attente et/ou de recherche de l'entrée de la passe à poissons en pied de barrage par exemple. Sur le linéaire français, il n'y a pas de gros barrages hydroélectriques. Les objectifs ciblent la connectivité et les aires de vie des populations.

- *Bilan au 20 janvier 2015 du suivi par radiotélémétrie côté France.*

Le tableau 3 fait état des statuts des 125 poissons marqués côté France. Le statut « mortalité post marquage » a été défini lorsqu'un individu mourrait 4 à 5 semaines après sa date de marquage. Cette durée est généralement celle nécessaire à la cicatrisation de l'implantation d'un émetteur interne (BARAS *et al*., 2001) et donc celle généralement adoptée pour quantifier la mortalité due à l'opération de marquage. Pour les individus « morts » et « perdus », une distinction de statut a été faite en fonction de leur période de mortalité ou disparition. La distinction a été faite lorsque

l'évènement coïncide avec leur période de reproduction. Les individus « perdus » n'ont jamais été détectés en signal de mortalité (4 ou 5 bips de l'émetteur). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer leur sortie du système :

- prédation (aviaire ou autre)
- capture par pêche à la ligne sans retour de l'émetteur par le pêcheur
- zone de prospection pas assez étendue lors de la disparition de l'individu perdu

Tableau 3 : Statuts des poissons marqués côté France à la date du 20 janvier 2015

Statuts	BAF Barbeau fluviatile	CHE Chevaine	OBR Ombre commun	TRF Truite fario	TOTAL
vivant	16	9		24	**49**
pêché				3	**3**
perdu	3	3	6	8	**20**
perdu à la repro	4	5			**9**
mort post-marquage		1	4	7	**12**
mort à la repro	8	10		1	**19**
mort	1	2	1	9	**13**
TOTAL	**32**	**30**	**11**	**52**	**125**

- Test de précision de localisation (résultats intermédiaires ; juin 2014)

Les distances de détection ont été calculées pour chaque pistage comme étant la distance entre la localisation « réelle » de l'émetteur « test » (donnée par la position GPS lors de sa pose) et la localisation hebdomadaire faite par l'opérateur depuis la berge lors du pistage à pied ou depuis le canoë. Ainsi, puisque l'émetteur n'a pas bougé, les distances maximales en amont et en aval résultantes de ces tests constituent les distances en-dessous desquelles on ne peut pas être certain que l'individu suivi se soit déplacé. Ce sont les « marges d'erreurs » de localisation d'un émetteur.

On estime que pour le pistage à pied le positionnement des poissons est effectué avec **75 m** d'erreur aussi bien en amont qu'en aval. En canoë, cette marge d'erreur s'évalue à **250 m** en amont et **75 m** en aval (valeur négative) (Figure 19). Ces valeurs sont données pour un intervalle de confiance à 95 %. Pour valider le déplacement d'un poisson entre 2 contacts, il faut au moins que les 2 positions soient éloignées de 150 m pour un poisson contacté à pied et de 325 m pour un poisson contacté en canoë. En-dessous de ces valeurs, il est impossible de savoir si le poisson s'est réellement « déplacé » ou si la différence de positions relève du manque de précision des localisations.

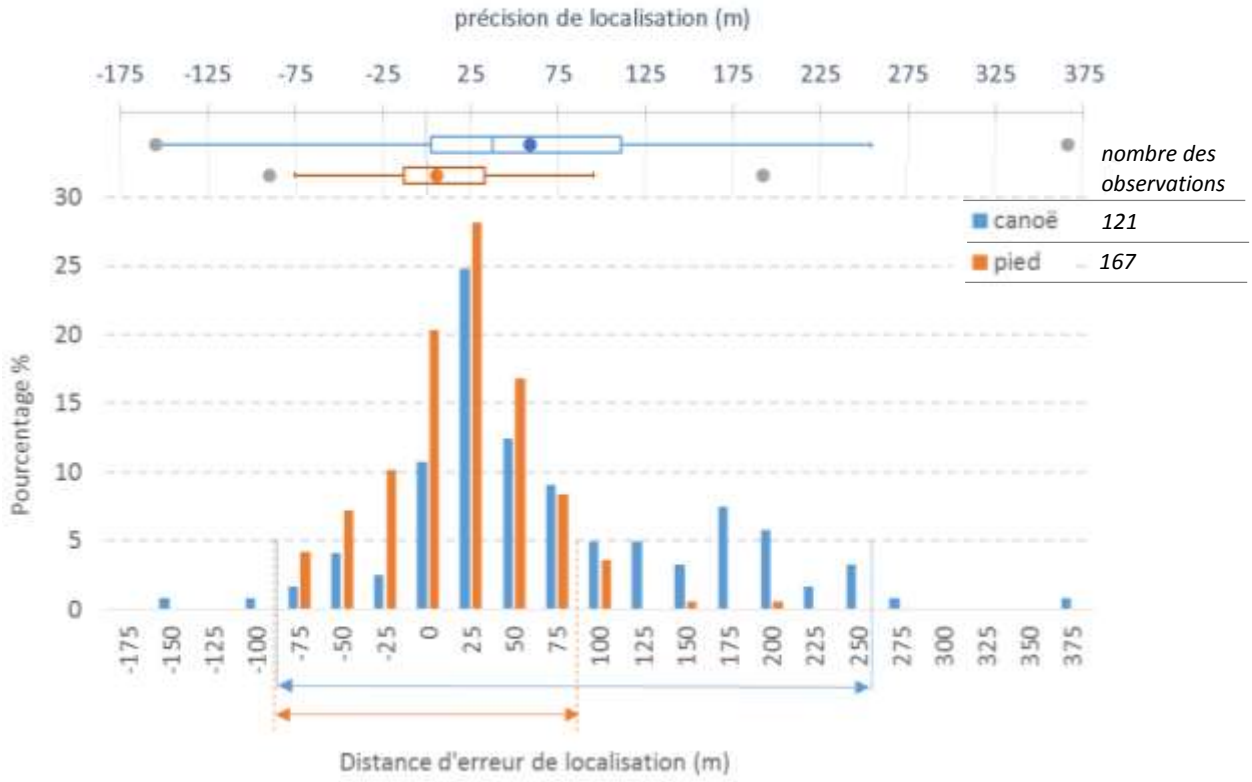


Figure 19 : Distances de détection (en m) définies pour un panel de 14 émetteurs-tests localisés lors des prospections hebdomadaires en mode à pied et en canoë

Les taux de détection sont équivalents pour les 2 modes de prospection, soit de **97 %**. On peut donc considérer que tout poisson présent sur le linéaire prospecté a été détecté lors des multiples prospections. Sur la figure 20, les taux de détection « canoë » et « à pied » ont été globalisés, ne présentant pas de différence, et mis en relation avec les conditions hydrologiques et de conductivité de l'eau sur le cours principal de l'Arve pour en évaluer leur impact sur le taux de détection. En effet, plusieurs auteurs (FREUD & HARTMAN, 2002 ; DAVID & CLOSS, 2001 ; VELLE *et al.* 1979 in LUCAS ET BARAS, 2000) ont mis en évidence l'impact des facteurs du milieu (température qui croit, conductivité > 500 µS/cm, profondeur > 5m) sur l'intensité de la force de signal qui diminue en fonction des facteurs évoqués. Le début de l'automne (P38) marque une hausse de la conductivité et une baisse des débits. A partir de cette période, le taux de détection varie entre 90 % et 100 %. C'est au cours de l'été, lorsque le débit dépasse 100 m3/s, que le taux de détection observé n'est pas optimum (soit entre 67 % et 86 %).

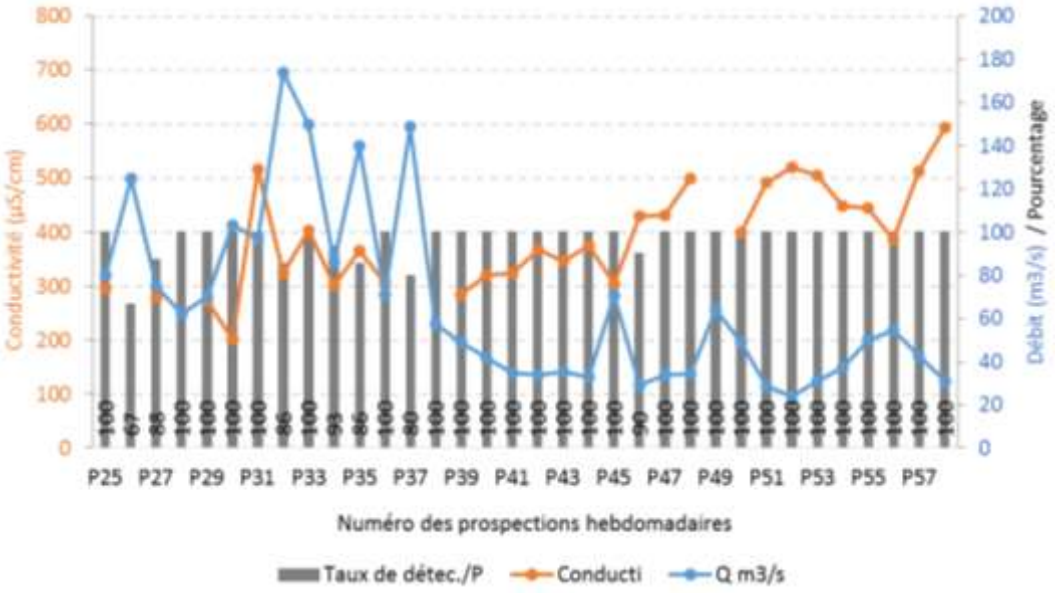


Figure 20 : Taux de détection hebdomadaire global (indifférencié selon le mode de suivi) entre juin 2014 (P25) et janvier 2015 (P58) et mis en relation avec le débit et la conductivité de l'Arve

- Comportements de migration et aires de vie des poissons suivis sur le Rhône genevois

Sur les 88 individus marqués en **Suisse** jusqu'au printemps dernier, 38 ont été détectés en montaison au pied des ouvrages (soit 43,2 %) : 1 sous l'ouvrage de Vessy, 4 sous l'ouvrage du Seujet, 18 sous l'ouvrage de Verbois et 15 sous l'ouvrage de Chancy-Pougny. Ces individus, que nous pouvons considérer alors en migration, montrent par espèce que seule une partie des populations ont un comportement migratoire (Table 4).

Tableau 4 : Proportion d'individus migrants par espèce et secteur de relâcher. Ces résultats reposent sur les individus marqués par radiotélémétrie. Sont considérés comme migrants les individus remontés jusqu'au barrage suivant.

	Chancy-Pougny			Verbois			Seujet			Vessy			Total		
	Détecté	Lâchés	%	Détecté	Lâchés	%	Détecté	Lâchés	%	Détecté	Lâchés	%	Détecté	Lâchés	%
CHE	7	23	30,4	0	7	0,0	1	13	7,7	0	0	-	8	43	18,6
BAF	7	12	58,3	13	17	76,5	3	5	60,0	1	1	100,0	24	35	68,6
TRF/TRL	1	1	100,0	5	6	83,3	0	3	0,0	0	0	-	6	10	60,0
Total	*15*	*36*	*41,7*	*18*	*30*	*60,0*	*4*	*21*	*19,0*	*1*	*1*	*100,0*	*38*	*88*	*43,2*

L'espèce au comportement migratoire le plus marqué est le barbeau fluviatile (BAF). Sur les 35 individus marqués (tous secteurs confondus), 69 % d'entre eux ont été détectés au barrage suivant. Les chevaines eux ne montrent un comportement migratoire que chez 19 % des individus marqués. Enfin, 60 % des truites (morphes fario et lacustres) montrent un comportement migratoire.

La représentation des contacts réalisés avec les poissons marqués montre que des poissons relâchés dans un secteur sont majoritairement contactés dans ce même secteur, ou dans ceux en aval (Figure 21). Très peu de poissons sont contactés dans les secteurs en amont de celui où ils ont été relâchés. Ceci souligne la forte fragmentation du Rhône et de l'Arve, et la faible probabilité de franchissement des ouvrages.

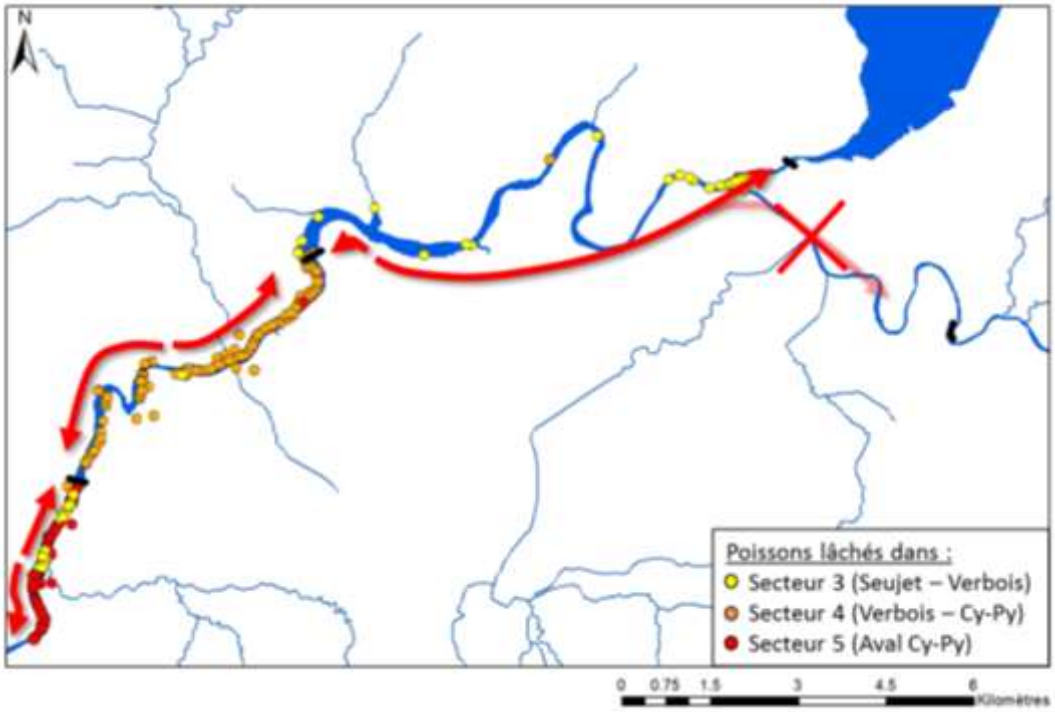


Figure 21 : Répartition des contacts (tracking mobile) avec les poissons radiomarqués le long du Rhône genevois

Enfin, les résultats actuels montrent que les Cyprinidés du Rhône ne s'engagent pas dans l'Arve. La plus faible température qui y règne au printemps (période de reproduction, entre 2 et 6°C de moins) peut expliquer cette « discontinuité écologique ».

En perspectives, en complément du suivi habituel sur l'ensemble de la zone d'étude, les efforts de marquage et suivi se focaliseront plus particulièrement sur les déplacements et franchissements concernant :

- Connectivité Rhône - Arve (Salmonidés)
- Franchissements Seujet (barbeaux au printemps 2015)

- Comportements et aires de vie des poissons suivis sur l'Arve côté France

Pour pouvoir définir le domaine vital des différentes espèces, un suivi sur un an, a minima, est nécessaire pour couvrir l'intégralité de leurs phases de vie. Ce ne sera qu'en juin 2015 que les schémas de déplacements et aires de vie de chacune pourront être approchés.

Parmi les truites, certaines ont effectué de grands déplacements sur une courte période dans la phase de pré-reproduction. La suite du suivi nous apprendra davantage sur leurs comportements post-reproduction. La figure 22 décrit les déplacements de quelques individus de truite suivis.

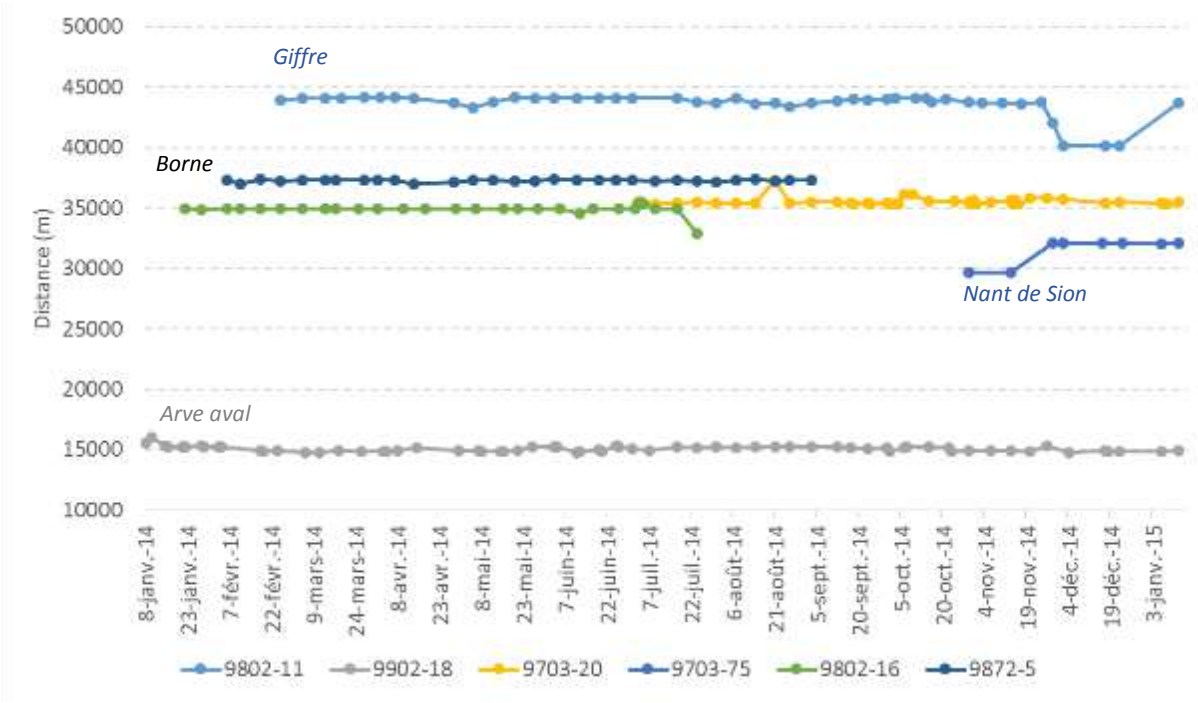


Figure 22 : Exemples de graphiques de déplacements (en m) de quelques individus de truite suivis en radiotélémétrie

Il est à noter que les investigations sur les ombres communs ont été stoppées rapidement suite aux fortes mortalités post-marquage qui ont été observées sur cette espèce fragile.

Concernant les cyprinidés, la première période du suivi a permis d'identifier la Menoge comme lieu de reproduction pour un groupe de barbeaux et de chevaines de l'Arve aval. La figure 23 décrit des exemples de déplacements observés pour 2 individus de chacune de ces espèces.

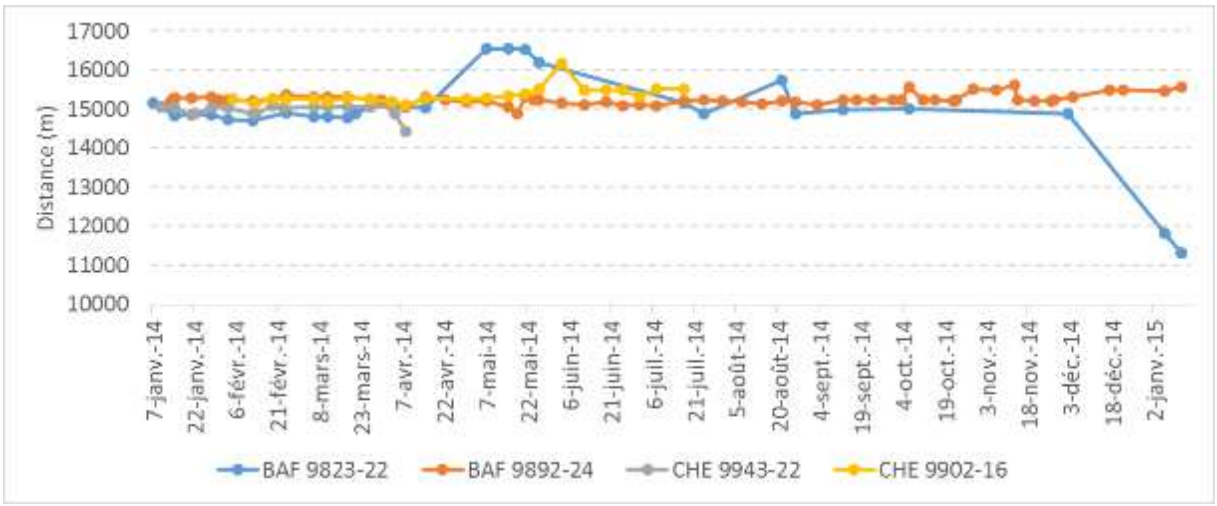


Figure 23 : Exemples de graphiques de déplacements (en m) de 2 individus de barbeau fluviatile (BAF) et 2 individus de chevaine (CHE) suivis en radiotélémétrie et localisés sur l'Arve aval (entre Annemasse et la confluence de la Menoge)

Indicateur de réalisation : **210** poissons marqués par radiotélémétrie au 20.01.2015

Indicateur de résultats : 3554 recontacts de poissons suivis par radiotracking au 10.03.2015 (+133 126 recontacts par le réseau de stations fixes)

4) *Le volet Chabot*

La méthode

Le chabot considéré comme peu mobile (OVIDIO *et al*., 2007), la télémétrie n'apparaît pas adéquate, donc les relations inter populations et les effets de la fragmentation seront uniquement étudiés par la biologie moléculaire. L'outil moléculaire, basé sur l'analyse du polymorphisme des microsatellites de l'ADN nucléaire, permet une analyse fine de la structuration génétique des populations (JUNKER *et al*, 2012), et se montre suffisamment sensible pour mettre en évidence des divergences récentes (jusqu'à quelques décennies). Les analyses génétiques seront effectuées à l'IMBE (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie), équipe Evolution Génome Environnement, de Marseille.

Les problématiques locales sur cette espèce sont les suivantes :

- Comment se situent les populations de chabots du territoire Arve et Rhône par rapport aux autres populations européennes connues ?
- Des différences génétiques entre les populations du territoire Arve et Rhône témoignent-elles de flux migratoires anciens ou récents ?

L'échantillonnage consiste en une cinquantaine de stations (= « populations »), distribuées le long de l'Arve et de ses affluents. Un atlas exhaustif des ouvrages transversaux existant sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie (CHASSERIEAU, 2010), couplé à l'emplacement des confluences, a été utilisé pour délimiter les cours d'eau principaux (Arve + Rhône) en une quinzaine de tronçons. Ce premier découpage a ensuite été croisé avec les données de présence « historique » du Chabot (observations entre 1999 et 2013). Ainsi, pour chaque affluent de l'Arve où le Chabot est présent, ont été déterminés : (i) un point d'échantillonnage à la confluence, (ii) un autre point en amont du premier obstacle, et (iii) un dernier point au niveau du tronçon correspondant sur le cours d'eau principal (Figure 24).

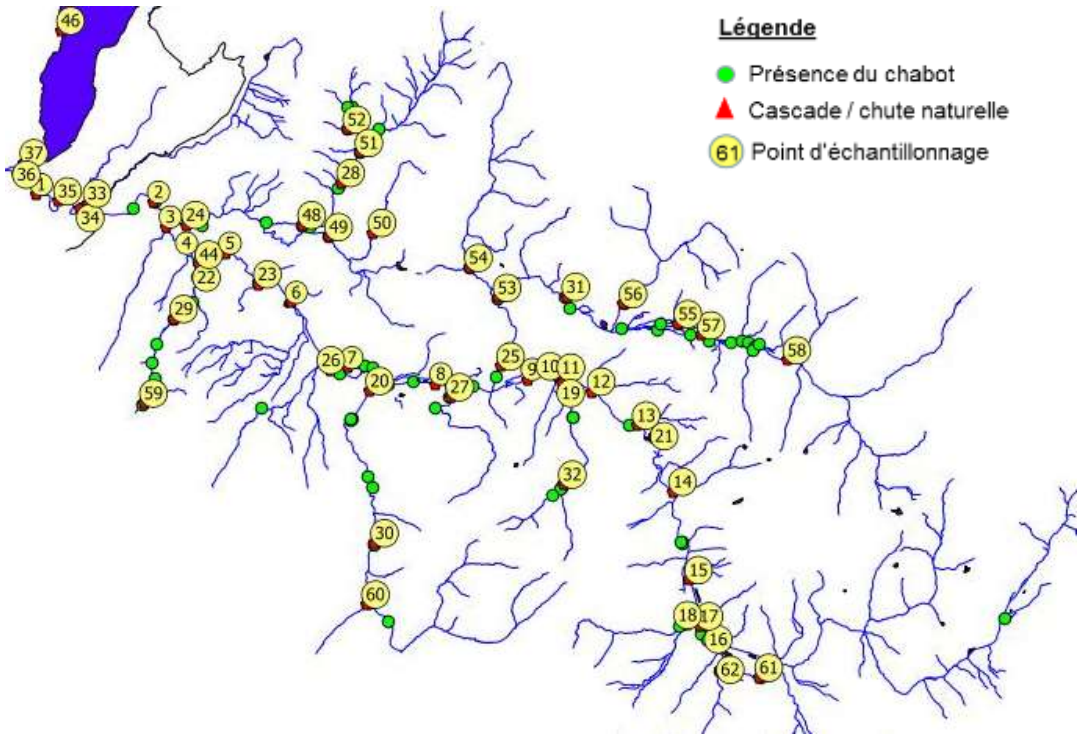


Figure 24 : Plan d'échantillonnage des populations de chabot sur les bassins de l'Arve et du Rhône

Entre 30 et 50 individus seront prélevés au niveau de chacune de ces stations, le but étant d'atteindre un total de 1 600 chabots échantillonnés (biométrie + prélèvement d'un morceau de nageoire caudale pour les analyses génétiques) (Figure 25).

Figure 25 : Etapes du déroulement de l'étude sur les populations de chabots du continuum Arve – Rhône genevois

Chacun de ces individus sera caractérisé par 20 marqueurs microsatellites. La figure 26 fait état de l'intérêt de leur utilisation dans l'analyse du génome. Les amorces qui serviront à amplifier ces microsatellites ont été sélectionnées dans la littérature (NOLTE *et al.*, 2005 ; ENGLBRETCH *et al.*, 1999) et certaines seront "re-designées" afin de pouvoir réaliser des amplifications en 2 kits multiplex. L'idée étant de jouer sur la longueur des fragments (au moins 3 longueurs différentes) et sur leur marquage avec différents fluorochromes (4 "couleurs" différentes). En effet, l'utilisation d'amorces marquées par des fluorochromes absorbant à des longueurs d'ondes différentes permettra, après calibrage du protocole, de réaliser des co-amplifications (10-12 amplifications dans un même tube).

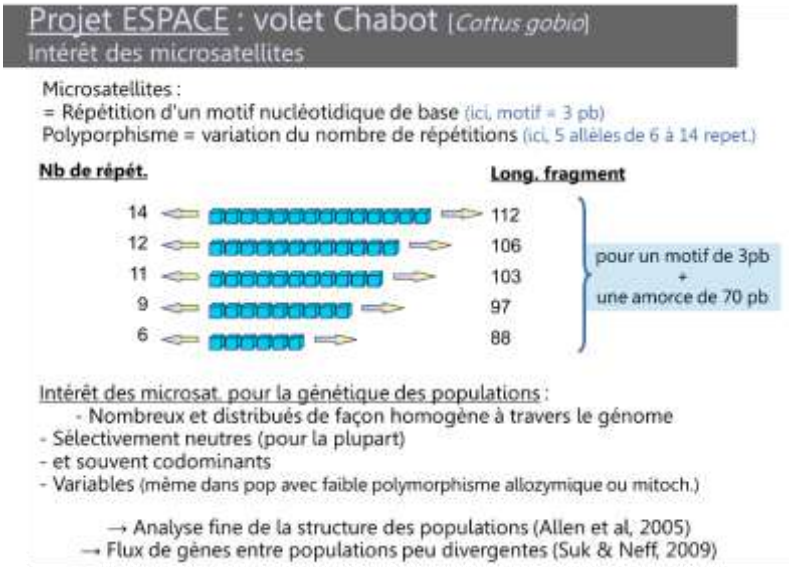


Figure 26 : Les intérêts des microsatellites dans l'analyse du génome

Les résultats de ces analyses doivent permettre une meilleure appréhension de la structure génétique des populations de chabot à l'échelle du bassin versant « Arve-Rhône ». Le Chabot (*Cottus gobio*) représente un modèle biologique particulièrement intéressant pour évaluer les effets de la fragmentation sur les organismes aquatiques. De par ses capacités de dispersion relativement limitées (KNAEPKENS *et al*, 2004), l'espèce apparaît particulièrement sensible à la présence de barrières affectant, notamment, les déplacements vers l'amont des cours d'eau (montaison). La confrontation des résultats avec les données paysagères (occupation du sol, présence d'ouvrages ou d'obstacles naturels, ...) et environnementales (physico-chimie, température, présence éventuelle de rejets, ...) caractérisant le cours d'eau a ainsi pour objectif de mettre en lumière les éléments représentant des barrières à la dispersion, ou inversement les tronçons connectés entre eux via des flux de gènes. Plus précisément, nous chercherons à évaluer dans quelle mesure le degré de connectivité, intégré à l'échelle de la population en termes de diversité et de structuration génétique, diffère de l'effet lié aux seules distances géographiques. La figure 27 illustre des résultats obtenus dans une étude similaire.

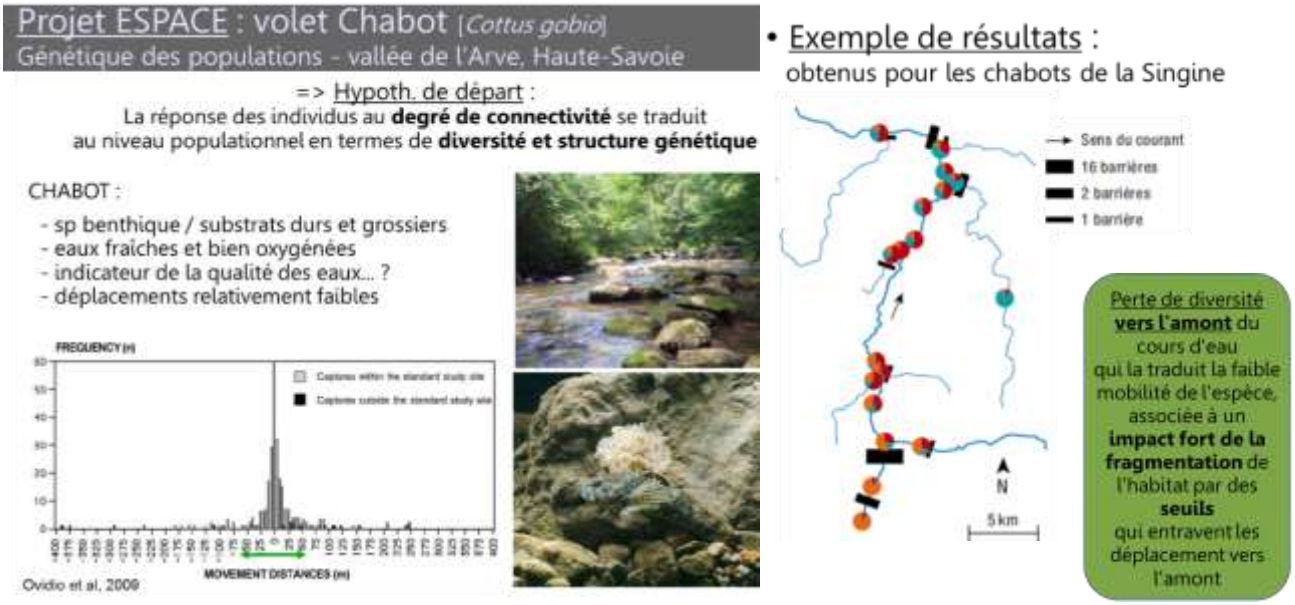


Figure 27 : Hypothèses de départ du « volet Chabot » et exemple de résultats obtenus dans une étude similaire

En effet, le bassin de l'Arve est fortement marqué par l'anthropisation qui se traduit par une artificialisation importante des milieux aquatiques (endiguements, infrastructures hydro-électriques, extractions de matériaux, ...) et une altération de leur dynamique associée à la fragmentation des habitats. Une meilleure compréhension du fonctionnement des populations piscicoles en lien avec les contraintes de l'environnement est une étape indispensable à la conservation de la biodiversité, tout comme au maintien des services rendus par cet écosystème d'eau douce.

Résultats

L'échantillonnage a été réalisé par pêche électrique de sondage entre le 13 mars et le 16 décembre 2014 sur les affluents de l'Arve puis son cours principal (Figure 28). Il a fallu 20 jours de terrain à 2 personnes minimum pour effectuer cet échantillonnage. Au total 1525 individus ont subi un prélèvement d'un morceau de nageoire caudale et sont en attente d'analyse au laboratoire. La figure 29 décrit les histogrammes de taille des populations rassemblées par grands sous bassins.

Figure 28 : Echantillonnage des chabots. (a) pêche électrique de sondage sur l'Arve à Bonneville ; (b) et (c) biométrie effectuée pour chaque individu échantillonné ; (d) chabot dans le milieu ; (e) et (f) prélèvement d'un morceau de nageoire caudale conservée dans l'alcool absolu

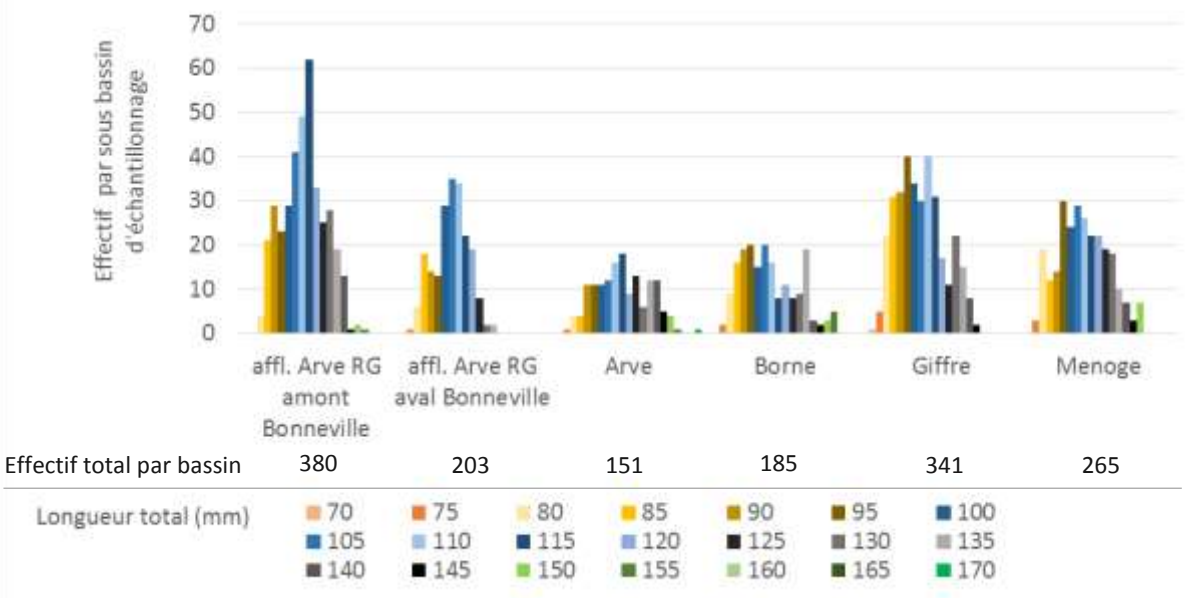


Figure 29 : Effectifs des individus de chabot échantillonnés en fonction de leur longueur total présentés par sous bassins versants

Concernant la partie au laboratoire, les 2 kits multiplex ont été testés, calibrés et validés selon les étapes suivantes (Figure 30):

- les amorces ont d'abord été testées 1 par 1.
- les kits ont été constitués (Cg1 = 12 marqueurs ; Cg2 = 13marqueurs),
- puis testés (+ modification de la concentration de certaines amorces),
- et enfin, validés.

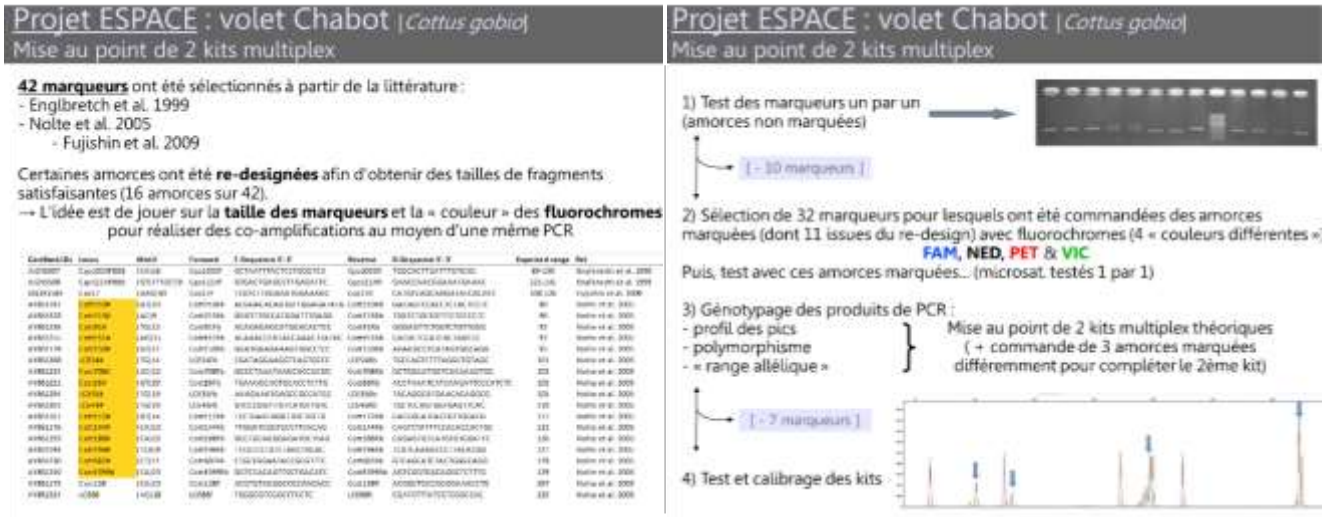


Figure 30 : Démarche de mise au point des 2 kits de multiplex pour le volet Chabot

Maintenant que les populations sont extraites et les kits validés, les amplifications vont pouvoir être commencer « en série » (Figure 31). 24 plaques d'amplifications doivent partir au génotypage d'ici le 17 février (représentant 33 populations de l'Arve, c'est à dire 1 090 individus + 1 population de la Durance).

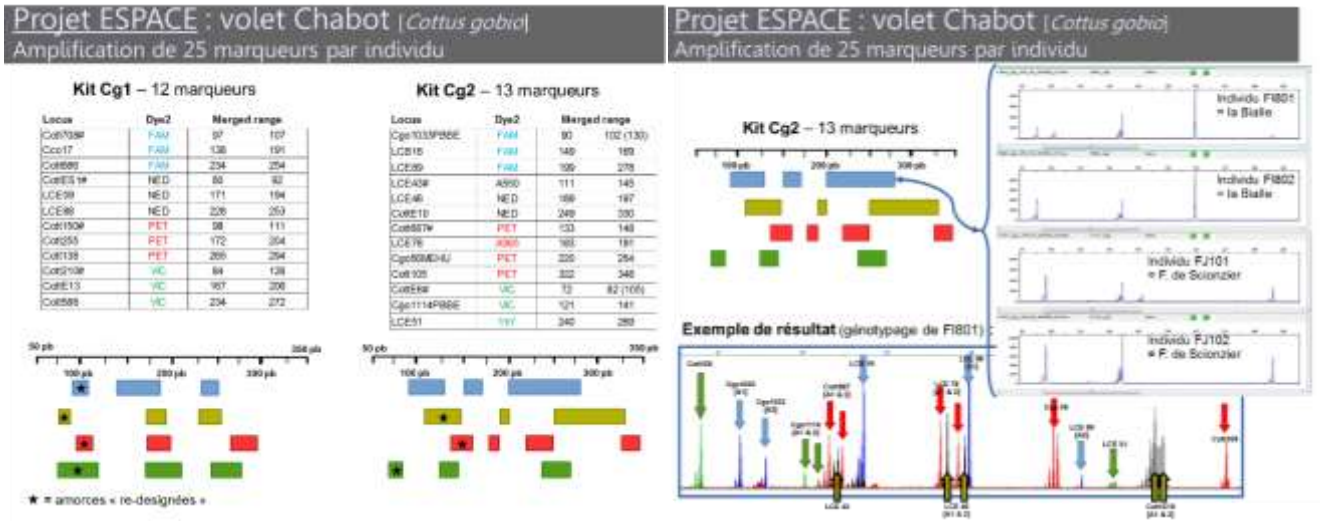


Figure 31 : Amplification de 25 marqueurs génétiques par individu de chabot et résultats pour quelques individus de la population du Foron de Scionzier et de la Bialle

L'approche statistique envisagée ainsi que le type de traitement de données pressenti sont présentés à la figure 32.

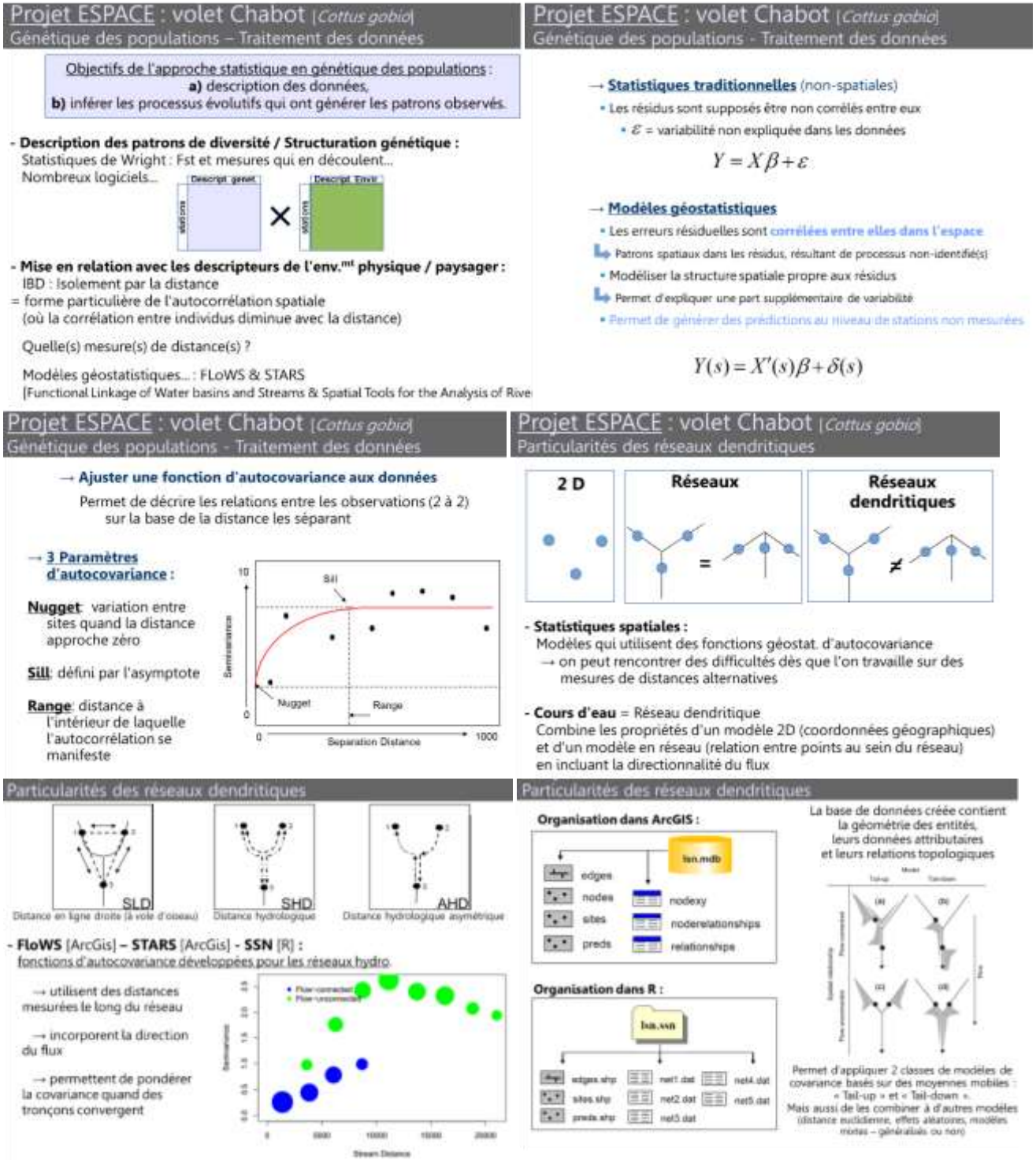


Figure 32 : Explications du traitement de données pour le volet Chabot et des particularités des réseaux dendritiques (densément ramifiés)

La première phase de travail dans le traitement de données a été de modéliser le réseau hydrographique propre à l'échantillonnage Chabot (Figure 33). Ce travail a nécessité de caler sur le réseau hydrographique :

- les stations d'échantillonnage,
- les ouvrages et les obstacles naturels (n'ont été conservés que ceux situés entre les stations).

Cette modélisation permet de calculer les distances que l'on veut (distances symétriques : euclidienne ou hydrologique, mais aussi distances asymétriques en prenant en compte la présence d'obstacles).

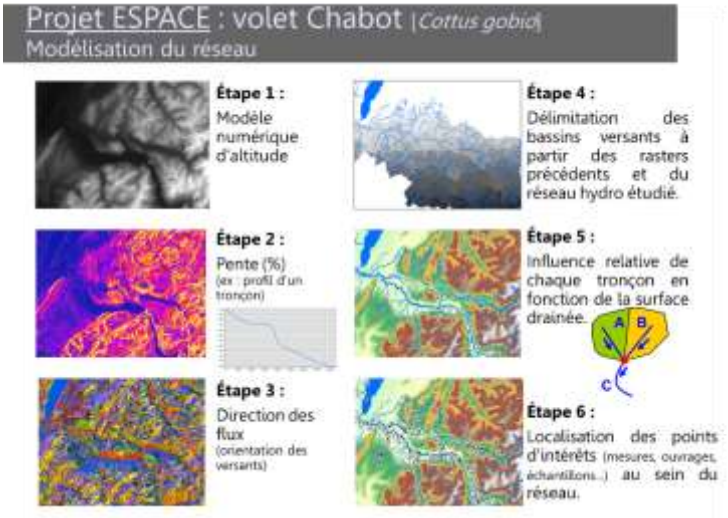


Figure 33 : Etapes de modélisation du réseau dendritique propre au bassin de l'Arve pour l'étude Chabot

Module 2 : Capacité et efficacité de franchissement d'ouvrages

Objectifs du M2 :

- Evaluer l'efficacité de franchissement des passes à poissons de Chancy-Pougny, Verbois et Vessy afin de répondre d'une part aux exigences définies par la LEaux en termes d'assainissement des ouvrages, mais également aux besoins de critères quantitatifs, objectifs pour le processus de certification 'Naturemade Star', notamment pour Chancy-Pougny
- Evaluer l'efficacité de certains ouvrages de franchissement déjà réalisés sur des ouvrages structurant la continuité du cours principal de l'Arve (passe à ombre d'Arthaz, rivière de contournement de Scionzier, …)
- Evaluer les effets sur la continuité écologique de quelques grands ouvrages fragmentant l'habitat sur le bassin versant (Arve et affluents). Le choix de ces ouvrages se fera en concertation avec les structures gestionnaires locales (contrats de rivière, SAGE, …)

Indicateur de réalisation : 10 000 poissons marqués par PITtag
Indicateur de résultats : 5 000 recontacts de poissons via les antennes de détection PITtag

Le choix des obstacles étudiés dans ce module repose à la fois sur une expertise des principaux requérants du projet et sur une concertation avec les différents partenaires. Ce choix inclut des obstacles majeurs, jugés 'prioritaires' de par leur impact potentiel ; certains avaient été ciblés lors du dépôt de projet.

La méthode utilisée ici est celle des transpondeurs ou Pit-tag (Passive Integrated Transponder). Il s'agit d'une marque passive dont l'énergie nécessaire à l'émission du signal et à la lecture du code est fournie par l'antenne lorsqu'il se trouve à proximité (50-60 cm) (figure 34). Ce type de marque permet de cibler un grand nombre d'individus de toutes tailles (taille minimum 55 mm), rapidement (inférieur à 30 secondes) et fourni une information individuelle (code unique) pendant un temps quasi illimité (très longue durée de vie de la marque).

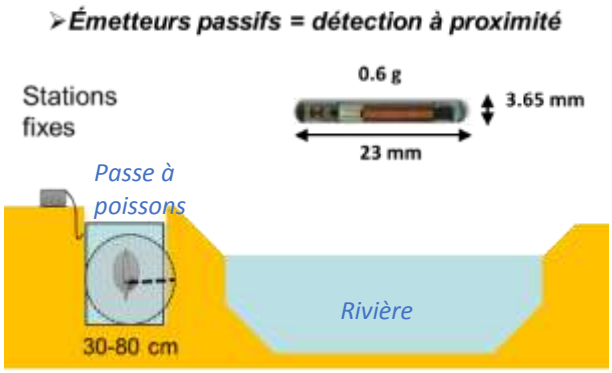


Figure 34 : Schéma du fonctionnement d'un dispositif PITtag installé dans une passe à poissons

1) Mise en place des stations d'enregistrement PITtag

Les **4 barrages du continuum Rhône-Arve sur la partie suisse** ont été équipés de dispositifs PITtag lors de la 1ère année du programme ESPACE et sont fonctionnelles. Ils se positionnent dans les

passes à poissons des barrages (sur Figure 3, les stations PITtag sont matérialisées par un petit rectangle bleu).

Sur la partie française, 2 stations ont été mises en place au printemps 2014 et fonctionnent en continu : l'une sur la seule **passe à poissons sur le cours de l'Arve française** et une sur l'aval du Nant de Sion (affluent « frayère » pour l'ombre commun), sur **l'ouvrage de franchissement routier de la RD 19** (commune d'Arenthon).

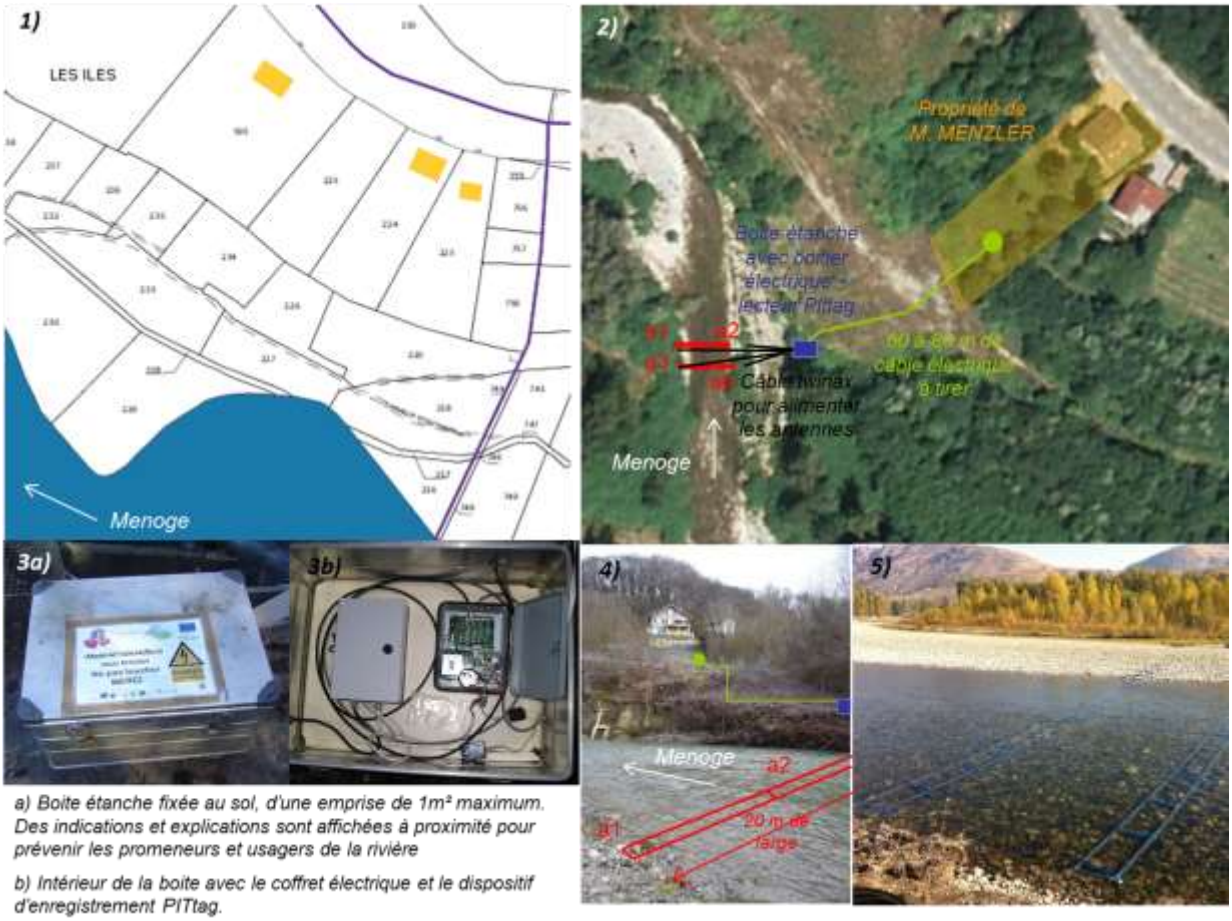
La seconde, celle sur l'affluent de l'Arve (Nant de Sion), a vu ses 2 antennes s'arracher lors d'une crue survenue le 17 novembre 2014 (Figure 35). Un arrêt de 15 jours a été nécessaire le temps de réparer les dégâts causés et de réinstaller le dispositif.

Figure 35 : Vue depuis l'aval de la station PITtag du Nant de Sion (a) en mars 2014 ; (b) après la crue de novembre 2014, l''enrochement Rive droite s'est démantelé et a dû être remanié pour réimplanter l'antenne 1 (celle à l'aval).

Suite à la proposition émise lors du comité technique du mois de mai 2014, 3 affluents de l'Arve entre Annemasse et Scionzier étaient retenus pour un suivi PITtag complémentaire aux stations existantes côté France. Ceux-ci étaient listés de l'aval vers l'amont : la Menoge, le Foron de Reignier et le Foron de la Roche.

Le plus intéressant en terme de suivi est la Menoge puisque qu'elle accueille déjà un bel effectif de poissons marqués, soit 183 individus toutes espèces confondues. Cependant, en terme de mise en œuvre, sa situation est la plus délicate puisque c'est le plus large affluent des 3 proposés, soit 20 m, et que son charriage est important et problématique en cas de crue. Ces éléments interviennent pour le dimensionnement des antennes d'une part, plus complexe pour des grandes largeurs et pour l'amarrage et la fixation de celles au fond du lit d'autre part.

La figure 36 présente le plan de situation de la station avec son implantation et son raccord à la source électrique chez le propriétaire riverain M. MENZLER. Elle se situe à 800 m de la confluence avec l'Arve sur la commune de Vétraz-Monthoux.



a) Boite étanche fixée au sol, d'une emprise de 1m² maximum. Des indications et explications sont affichées à proximité pour prévenir les promeneurs et usagers de la rivière

b) Intérieur de la boite avec le coffret électrique et le dispositif d'enregistrement PITtag.

Figure 36 : 1) Extrait du cadastre de la comme de Vétraz-Monthoux de la zone ciblée pour l'implantation de la station PITtag ; 2) Schéma des différents éléments de la station d'enregistrement ; 3) Boîte étanche (env. 1m² d'emprise) qui contient les différents éléments de la station d'enregistrement PITtag ; 4) Vue depuis la rivière de la configuration du site ; 5) Exemple d'antennes transversales qui seront mises en place sur la Menoge aval.

Après l'étude de faisabilité de mise en place de la station le 12 janvier 2015, plusieurs séries de tests à la Fédération ont été nécessaires pour établir le dimensionnement des 4 antennes qui couvrent la largeur du lit. Les premières interventions sur le terrain à Vétraz-Monthoux ont eu lieu la 1ère semaine de février. L'installation de la station PITtag s'est faite en plusieurs étapes :1) raccordement à la source électrique et ancrage du lecteur ; 2) installation des twinax (câble entre les antennes et le lecteur) et 3) installation des antennes. Cette dernière étape s'est avérée délicate. Des ajustements ont été faits ensuite sur l'alimentation de chaque lecteur pour la mise en marche définitive de la station (Figure 37). Celle-ci n'est pas encore opérationnelle mais le sera très prochainement.

Figure 37 : Installation de la station PITtag de la Menoge aval sur la commune de Vétraz-Monthoux. 1a) Branchement à la source électrique chez le propriétaire privé riverain M. MENZLER ; 1b) Ancrage de la boîte « lecteur » ; 2) Mise en place des twinax ; 3) Mise en place des antennes ; 4) Vue d'ensemble de la station.

2) *Marquage PITtag des poissons*

La méthode

Cette étape de marquage PITtag a été réalisée de manière conjointe aux marquages radio. En effet, la gamme des poissons marqués avec un PITtag est plus large que celle des poissons marqués avec un émetteur radio. Les tailles minimales requises des poissons pour un tel marquage en fonction des tailles des tags sont les suivantes : 55 mm pour les tags de 12 mm, 120 mm pour ceux de 23 mm et 135 mm pour un tag de 32 mm. Ainsi, lors des pêches de sondage et des vidanges de passes, tous les poissons appartenant aux espèces cibles et dans les gammes de tailles décrites précédemment ont été munis d'un tag.

La marque (PITtag de marque *Oregon RFID*, type HDX) est désinfectée dans la Bétadine dermique 10 % ainsi que le scalpel utilisé pour réaliser la petite incision (5 mm). Cette dernière est faite sur le ventre du poisson juste en dessous de la ceinture pectorale ou en dessous de la ceinture pelvienne si l'individu subit un marquage radio et permet l'insertion du tag dans la cavité générale du poisson. Le tag est glissé dans l'ouverture, à la main, avec une orientation penchée dirigée vers la queue ou la tête du poisson respectivement suivant la localisation de l'incision (Figure 38).

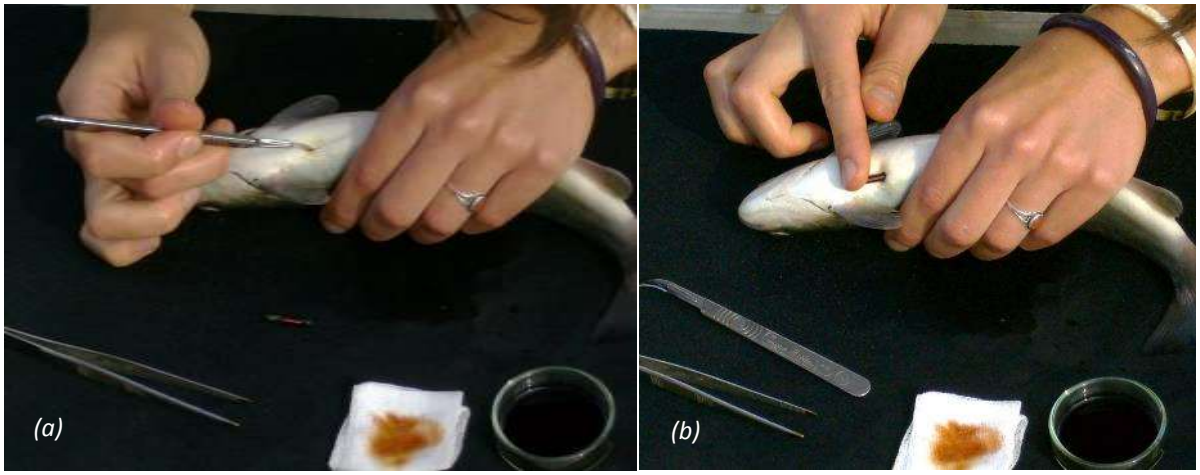


Figure 38 : Marquage interne d'une truitelle avec un PITtag de 12 mm ; (a) Incision en position ventrale et centrale réalisée au scalpel juste en dessous de la ceinture pectorale ; (b) insertion du PITtag dans la cavité générale du poisson

Il est à noter que les poissons marqués avec un émetteur radio sont également munis d'un PITtag afin qu'ils soient aussi détectés par le réseau de stations d'enregistrement PITtag.

Résultats

Depuis le début du programme au printemps 2013, 1 707 poissons ont été marqués par PITtag sur l'ensemble du territoire (Figures 39). La répartition par espèce est la suivante : 178 barbeaux fluviatiles (BAF), 495 chevaines (CHE), 77 ombres communs (OBR) et 957 truites fario (TRF). Les efforts de pêches ont été les mêmes pour les marquages en PITtag qu'en radio puisque les deux types de marques étaient appliquées en fonction de la taille des individus, celle-ci étant discriminante pour le marquage radio.

Côté suisse, en plus des espèces historiquement suivies, trois autres espèces bien présentes dans le Rhône ont été également marquées. Ces dernières sont : la vandoise (N = 2), le gardon (N = 73) et la brème bordelière (N = 1).

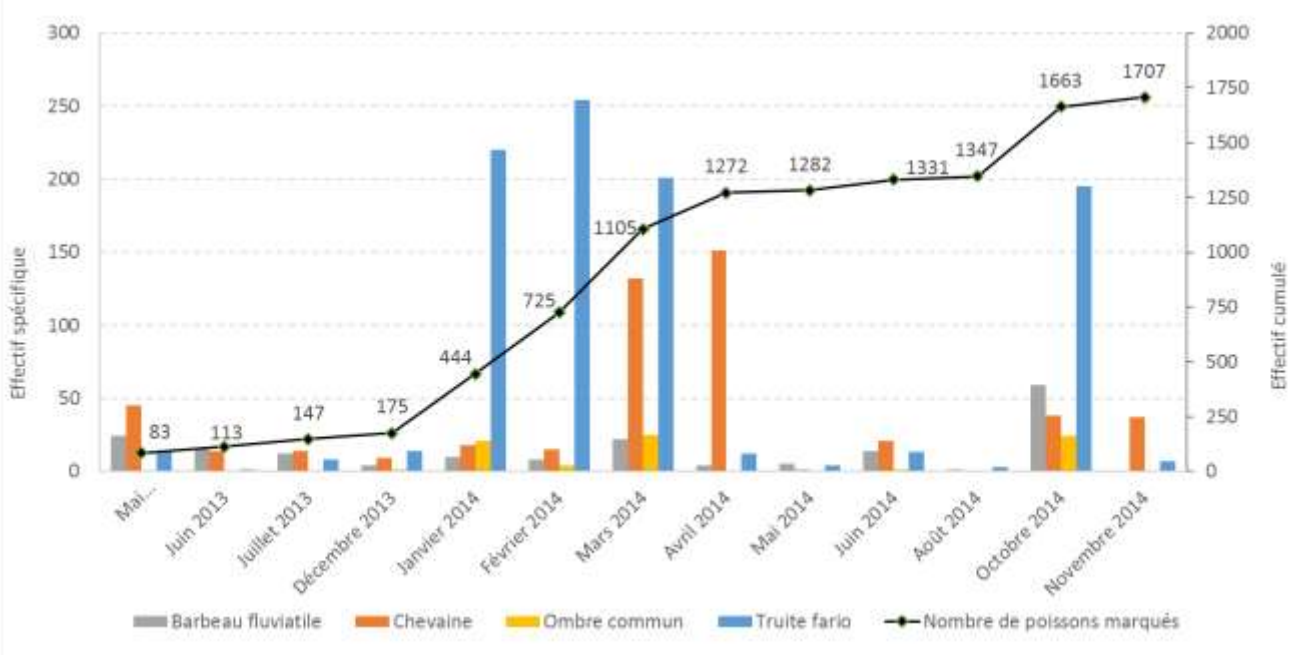


Figure 39 : Effectifs mensuels des poissons marqués avec un PITtag présentés par espèces et l'effectif total en cumulé mensuel

Les paragraphes suivants récapitulent le nombre de contacts aux différentes stations de suivi sur les barrages suisses et font un état du nombre de passages observés sur une des 2 stations PITtag côté France, celle de la passe à poissons d'Arthaz-Pont-Notre-Dame.

▪ Contacts télémétriques au niveau des barrages suisses (PIT-tag + radiotélémétrie)

Le tableau 5 fait état du dénombrement des contacts télémétriques (stations fixes) réalisés sur les différents ouvrages durant le second semestre 2014.

Tableau 5 : Nombre de détections au niveau des différentes stations fixes sur chacun des ouvrages suisses étudiés

Ouvrage	Stations PIT-tag		Stations radio	
Vessy	Passe	1866	Passe Aval turbines	885 15
Seujet	Passe	35	Aval barrage Ecluse	45 5
Verbois	Passe Amont Passe Aval	344 14762	Passe Ponton (pied du barrage)	14157 4157
Chancy-Pougny	Passe Amont Passe Aval	56 1309	Passe Ponton (pied du barrage)	27 3510

- Efficacité du dispositif de franchissement de la passe à poissons permettant de franchir le seuil de la centrale EDF d'Arthaz-Pont-Notre-Dame.

Sur la partie française, **la seule passe à poissons présente sur l'Arve (à Arthaz**) a été équipée de 3 antennes PITtag au début du mois d'avril 2014. Cette opération s'est révélée complexe notamment pour amener la source électrique jusqu'au dispositif de franchissement (voir Rapport d'avancement N°2). Depuis le mois d'avril 2014, la station PITtag fonctionne correctement. Les résultats obtenus sur l'ensemble de l'année 2014 sont présentés ci-après.

Entre le 17 décembre 2013 et le 29 octobre 2014, **575 individus ont été marqués à l'aide d'un PITtag sur un secteur « proche » de la passe à poissons** d'Arthaz-Pont-Notre-Dame (Figure 40), soit un linéaire cumulé de 23 km, avec respectivement 22 km sur l'Arve entre Genève et Scientrier et 1 km sur la Menoge (dont la confluence se situe à 0,9 km de la passe à poissons). Dans ce lot de poissons marqués, la répartition totale par espèce est la suivante : 352 (61%) de truite fario (TRF), 103 (18%) de barbeau fluviatile (BAF), 69 (12%) de chevaine (CHE) et 51 (9%) d'ombre commun (OBR) (Figure 41). Sur l'Arve, l'effectif de poissons marqués est essentiellement salmonicole (87% de l'effectif précité) tandis que sur la Menoge il est à dominance cyprinicole (66%).

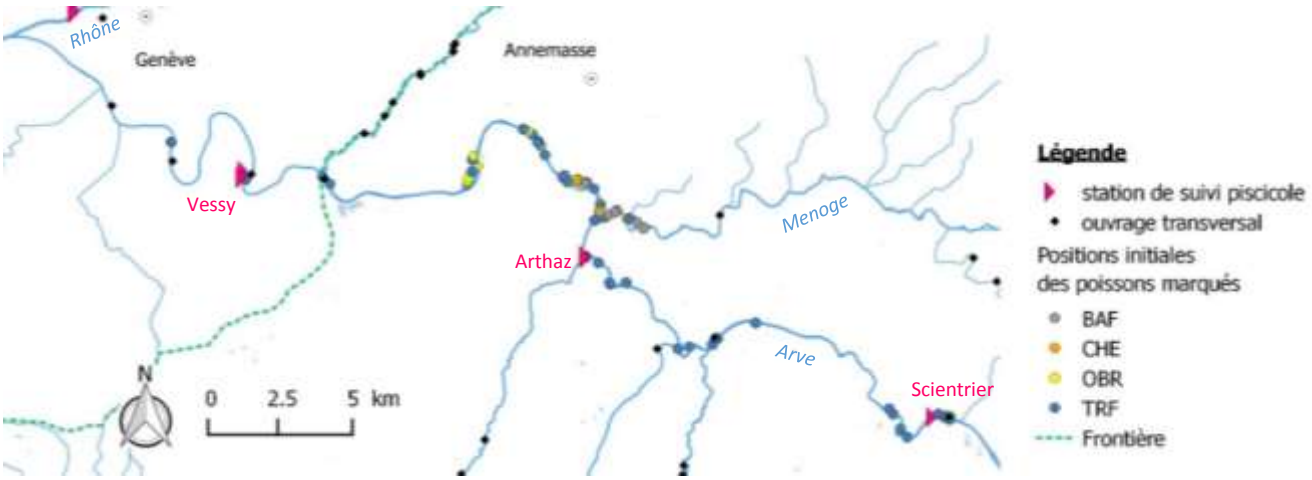


Figure 40 : Positions initiales des individus marqués d'un PITtag pour les 4 espèces étudiées sur le secteur Genève – Scientrier, secteur « proche » du dispositif suivi : la passe à poissons d'Arthaz-Pont-Notre-Dame

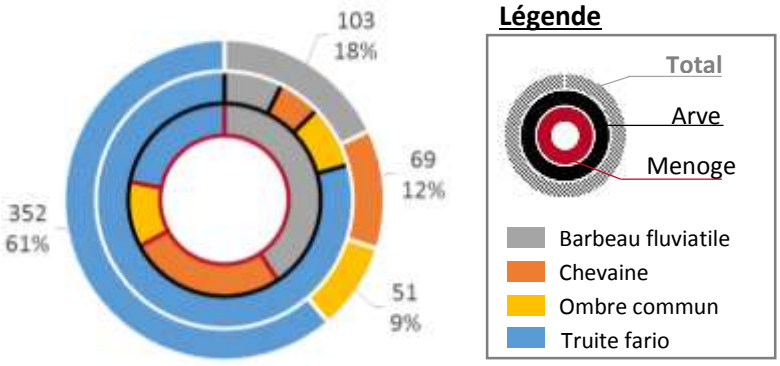


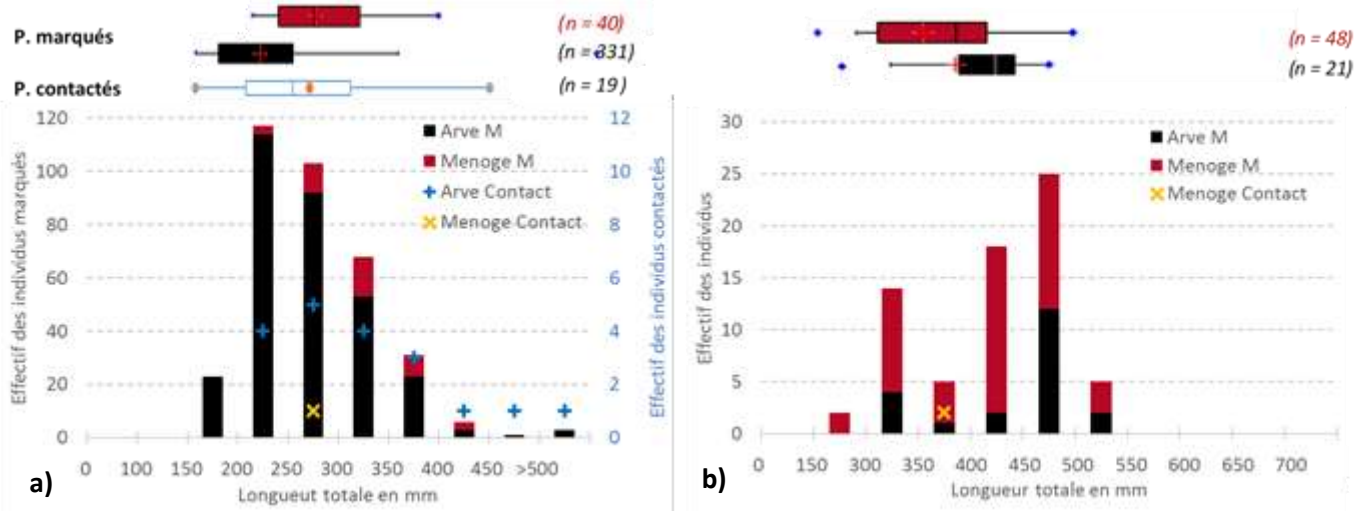
Figure 41 : Effectifs spécifiques des individus marqués d'un PITtag sur le secteur Genève-Scientrier présentés par cours d'eau d'origine et de manière globale

Parmi ces individus marqués, 9 ont été capturés directement dans la passe à poissons les 21/03/2014 et 19/08/2014 et répartis de la manière suivante : 5 barbeaux, 3 truites et 1 ombre commun. Ces individus ont été relâchés à 250 m en amont de l'ouvrage.

Les caractéristiques morphologiques des poissons marqués sur le secteur Genève – Scientrier sont synthétisées au tableau 6 et à la figure 42 :

Tableau 6 : Caractéristiques des individus marqués pour chacune des 4 espèces cibles dans un secteur de 23 km autour d'Arthaz-Pont-Notre-Dame.

		Longueur Totale en mm (LT)			Poids en g		
Espèce		moyenne (± écrat type)	min	max	moyenne (± écrat type)	min	max
Truite fario	TRF	225 (± 62)	110	560	141 (± 161)	14	1698
Ombre commun	OBR	247 (± 79,5)	114	435	159 (± 153)	20	634,5
Chevaine	CHE	363 (± 87,4)	140	495	666,5 (± 366)	29	1472
Barbeau fluviatile	BAF	465 (± 115)	146	680	1114 (± 639)	31,4	3425,6



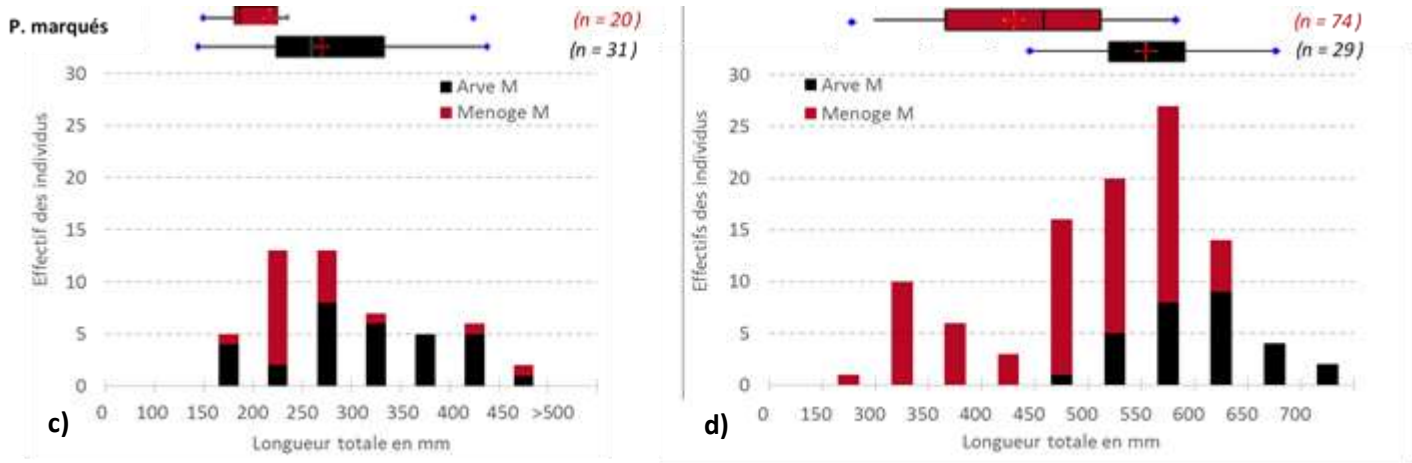


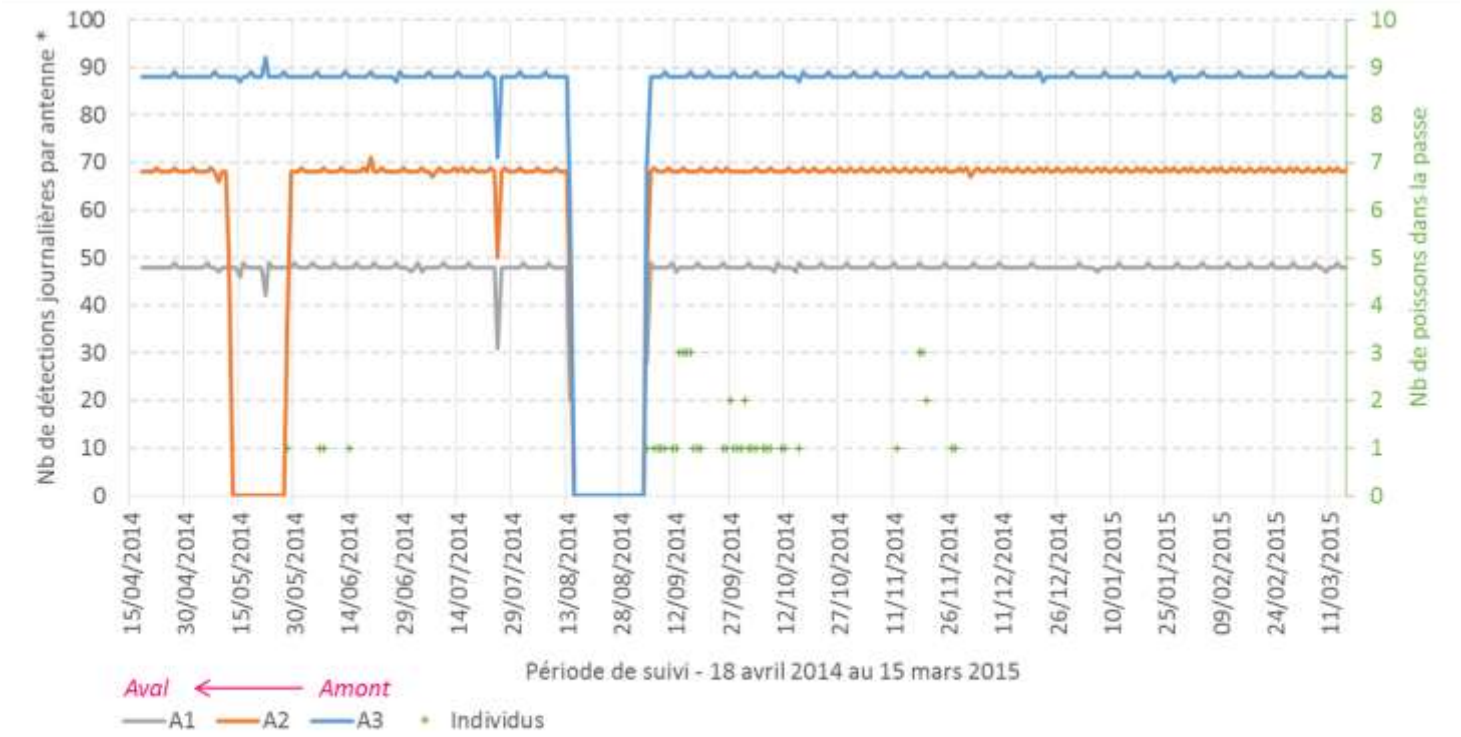
Figure 42 : Histogramme des Longueurs totales des individus marqués présentés par espèce et par cours d'eau d'origine comparés aux longueurs totales des individus contactés à la passe à poissons d'Arthaz : a) truite fario ; b) chevaine ; c) ombre commun ; d) barbeau fluviatile

Les truites marquées sur l'Arve sur le secteur ciblé ici sont significativement plus petites que celles marqués sur la Menoge (Mann & Whitney ; $p < 0{,}0001$). En effet, l'Arve est plus salmonicole que la Menoge et la recherche d'individus a été plus dense que l'Arve. Pour les 3 autres espèces, les individus marqués sur l'Arve sont significativement plus grands que ceux marqués sur la Menoge (Mann & Whitney ; *pOBR* < 0,05 ; *pCHE* < 0,05 ; *pBAF* < 0.0001).

Entre le mois d'avril 2014 et le mois de mars 2015, **22 individus marqués ont été détectés par le dispositif PITtag de la passe à poissons d'Arthaz**, soit 20 truites et 2 chevaines. Parmi ces derniers, 21 individus sont issus du secteur « proche » de la passe à poissons et 1 chevaine est originaire du Rhône (Verbois). Ils ont parcouru entre 0,2 et 28,7 km depuis leur lieu de marquage pour arriver jusqu'à la passe à poissons (Figure 43). Le linéaire moyen parcouru est de 3,9 km (± 5,7 km).

Figure 43 : Origines des individus contactés à la passe à poissons d'Arthaz-Pont-Notre-Dame avec les distances parcourues entre leur point de marquage et leur point de contact à la passe

Concernant le dispositif PITtag en lui-même, son fonctionnement a couvert 94% de la période suivie entre le 18 avril 2014 et le 17 mars 2015, soit 20 jours d'interruption du fait du dysfonctionnement du lecteur PITtag entre le 14 août et le 4 septembre 2014 (Figure 44). Cet arrêt du dispositif PITtag est intervenu au début d'une période de montaison. Il a donc pu occasionner la perte de quelques contacts d'individus cherchant à remonter via la passe.



* Le fonctionnement de chaque antenne est vérifié par la détection d'un « marker tag ». Cette dernière est programmée pour se faire toutes les demi-heures, soit 48 détections du « marker tag » par jour. Une oscillation autour de cette valeur peut être observée suivant l''heure de la première détection.

Pour des raisons de lecture, une constante a été ajoutée au nombre de détection des antennes 2 (A2) et 3 (A3), soit respectivement 20 et 40.

Figure 44 : Mise en relation de l'état de fonctionnement des 3 antennes qui composent le dispositif PITtag et du nombre journalier de poissons dans la passe (ou détectés à au moins 1 des 3 antennes)

Chaque antenne a une dimension de 2 m par 0,4 m. Cette taille relativement petite leur confère une large zone de détection, soit environ 0,5 m de part et d'autre de l'antenne. Un poisson est potentiellement détectable sur une portée de 1 m pour chaque antenne.

Seule l'antenne A2 a subi des dommages lors de la 2nde quinzaine du mois de mai 2014. En effet, cette antenne était fixée en amont de la porte du bassin alors que les 2 autres l'étaient à l'aval (Figure 45). Cette défaillance n'a pas créé un manque d'acquisition de données puisque qu'aucun poisson n'a été détecté par les antennes 1 et 3 à cette même période.

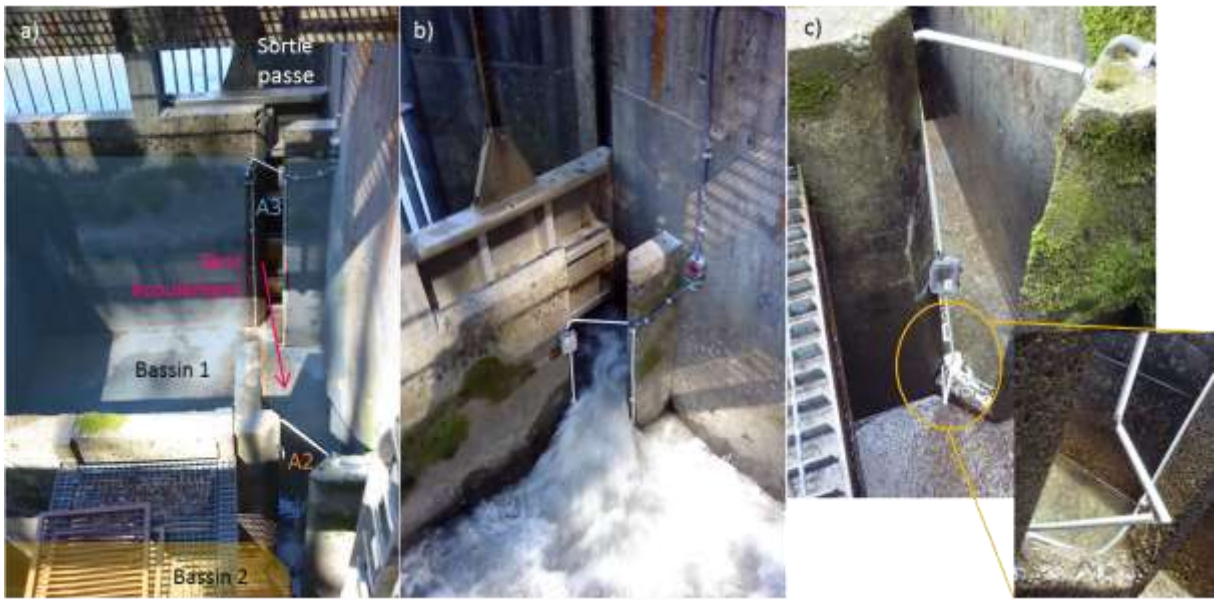


Figure 45 : Dispositions initiales des antennes A3 et A2 dans les 2 derniers bassins de la passe à poissons d'Arthaz. a) différence de positionnement sur une ouverture de bassin des antennes A3 et A2 par rapport au sens de l'écoulement (passe fermée) ; b) antenne A3 positionnée à l'aval de l'ouverture, passe en eau ; c) antenne A2 initialement positionnée en amont de l'ouverture, fracturée sur sa partie basse car non protégée

Tous les poissons ayant franchi la passe ont été détectés par l'ensemble du dispositif PITtag, soit les antennes 1, 2 et 3. Ils ont donc tous tenté de monter et de franchir la passe en une ou plusieurs fois.

L'arbre de décision (Figure 46) définit le statut de chaque poisson contacté par le dispositif PITtag. Suivant son cheminement dans la passe, il est détecté en A1, puis A2 et A3 dans un cheminement standard de montaison simple. Suivant l'antenne qui l'a détecté en dernier, il est possible de définir un statut au poisson : « passe franchie » ou « descente par l'aval » ou « vit dans la passe ».

Parmi les 22 individus contactés, 19 individus ont franchi la passe, soit 18 truites et 1 chevaine (celui issu de Verbois) (Tableau 7). La majorité des franchissements se sont faits en une fois (statut G, soit pour 13 individus) alors que 6 individus se sont présentés 2 fois à la passe avant de réussir à la franchir dans son intégralité (statuts AG, HG). Il est à noter que 2 individus qui avaient franchi la passe d'une traite ont dévalé par le tablier du seuil avant de réemprunter la passe et de la refranchir en une fois.

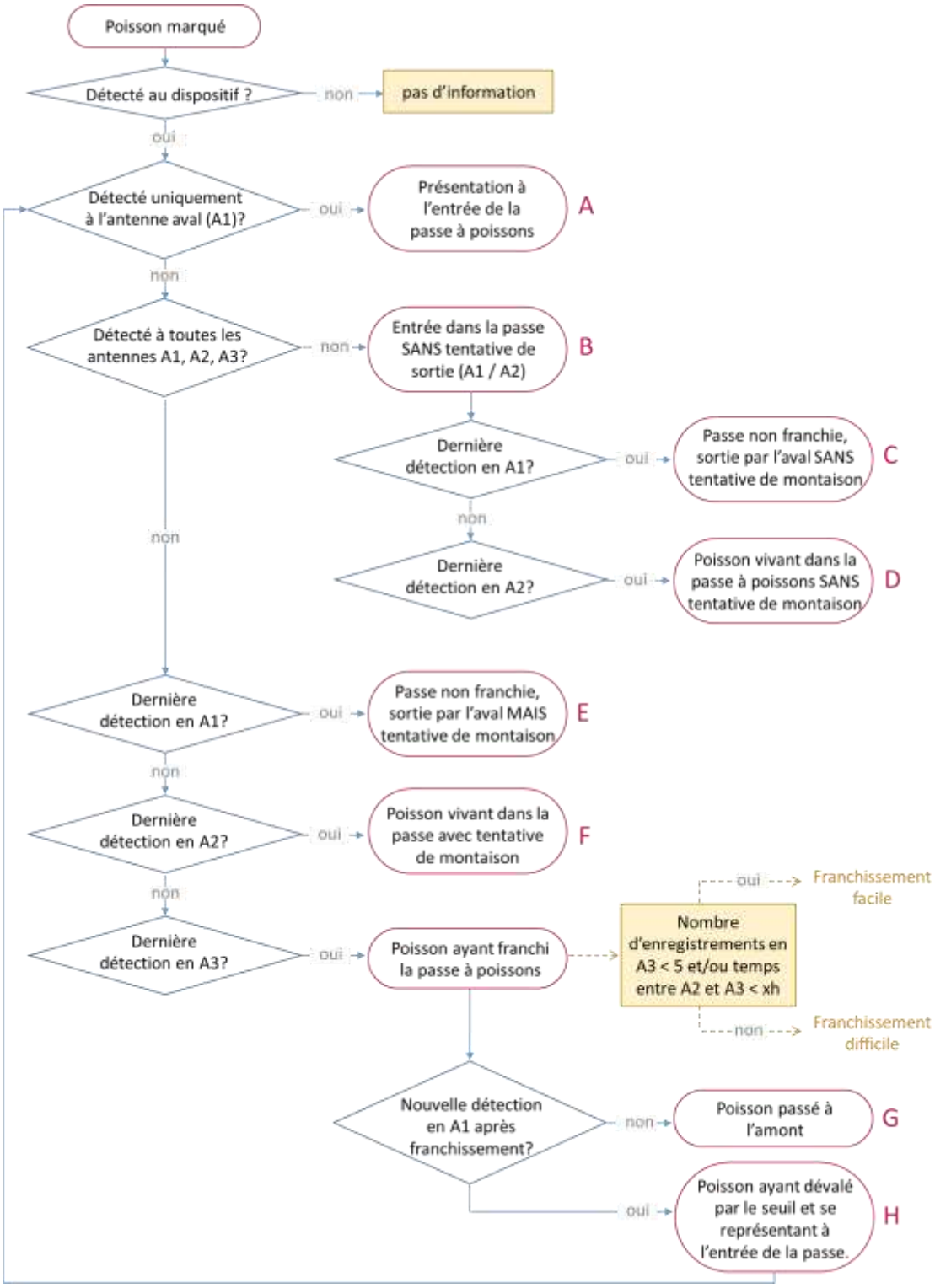


Figure 46 : Arbre de décision pour définir le statut d'un individu détecté par le dispositif PITtag de la passe à poissons d'Arthaz-Pont-Notre-Dame

Espèce			Truite fario	Chevaine
			TRF	CHE
Longueur Totale en mm (LT)		moyenne (± écrat type)	270,6 (± 83)	366,5
		min	153	358
		max	453	375
Poids en g		moyenne (± écrat type)	593,6 (± 261)	261.9
		min	34.8	591
		max	1025.2	596
Statuts	passe non franchie	E	2	1
	passe franchie	G	10	1
		HG	2	
		EG	5	
		AG	1	

Tableau 7 : Caractéristiques des individus ayant été contactés à la passe à poissons d'Arthaz et effectif des individus de chaque statut défini à la figure 46

Seuls les individus de l'espèce truite fario ont été intégrés dans les analyses suivantes puisque leur effectif est de 20. Seuls 2 individus de l'espèce chevaine se sont présentés à la passe à poissons d'Arthaz, soit trop peu pour pouvoir tirer des conclusions sur des caractéristiques d'individus migrants ou des périodes de migration.

Les truites ayant franchi la passe sont en moyenne plus grandes (entre 263 mm ± 107,1 et 358 mm ± 30,4 selon les statuts) et plus grosses (entre 257 g ± 207,9 et 481 g ± 128,1 selon les statuts) que celles n'ayant pas réussi à franchir la passe (moy_{Lt} = 215 mm ± 51,6 ; moy_{P} = 110 g ± 78,6) (Figure 47). Cependant, ces différences (de morphologie) ne sont pas significatives au regard des effectifs de chacun des groupes des statuts (Kruskal et Wallis ; Longueur totale $p > 0,05$; Poids $p > 0,05$).

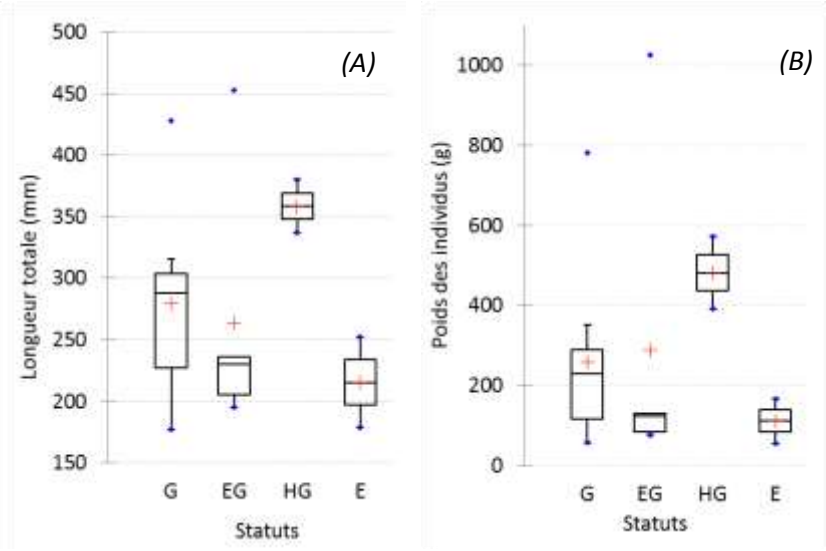


Figure 47 : Box plots des paramètres (A) Longueur totale Lt et (B) Poids P pour les groupes d'individus de chaque statut

La majorité des contacts à la passe à poissons (franchissement établi ou non) se sont effectués entre le 7 septembre et le 20 novembre 2014, soit sur une période de 2 mois et demi (Figure 48-A et B). Pour les groupes G, HG, et E, la date moyenne de passage à la passe se situe à la 2ème quinzaine du mois d'octobre alors que la date moyenne de passage des individus du statut EG (échec puis franchissement) est au début du mois de septembre. Il n'y a cependant pas de différence significative entre les dates de contact des différents groupes (Kruskal et Wallis ; $p_A > 0,05$), ni même entre les dates de franchissement et de non franchissement une fois les groupes fusionnés (Mann & Whitney ; $p_B > 0,05$).

La réussite de montaison dans un dispositif de franchissement est souvent conditionnée par les conditions hydrologiques du moment. Ainsi, à chaque entrée dans la passe, franchissement ou non franchissement, a été associée la moyenne des débits[1] journaliers (QMJ) correspondante.

Les truites contactées sont entrées en moyenne dans la passe d'Arthaz à un débit moyen journalier de 53,4 m^3/s (± 25,9) (Figure 48-C). Celles qui n'ont pu franchir la passe avaient des conditions de débit en moyenne de 56,9 m^3/s (± 23,9) alors que celles qui ont réussi à monter l'ouvrage ont été confrontées en moyenne à un débit de 43,2 m^3/s (± 14,2). Cependant, ces différences entre les gammes de débits d'entrée, de sortie par aval ou de franchissement de passe ne sont pas significatives (Kruskal et Wallis ; $p_C > 0,05$).

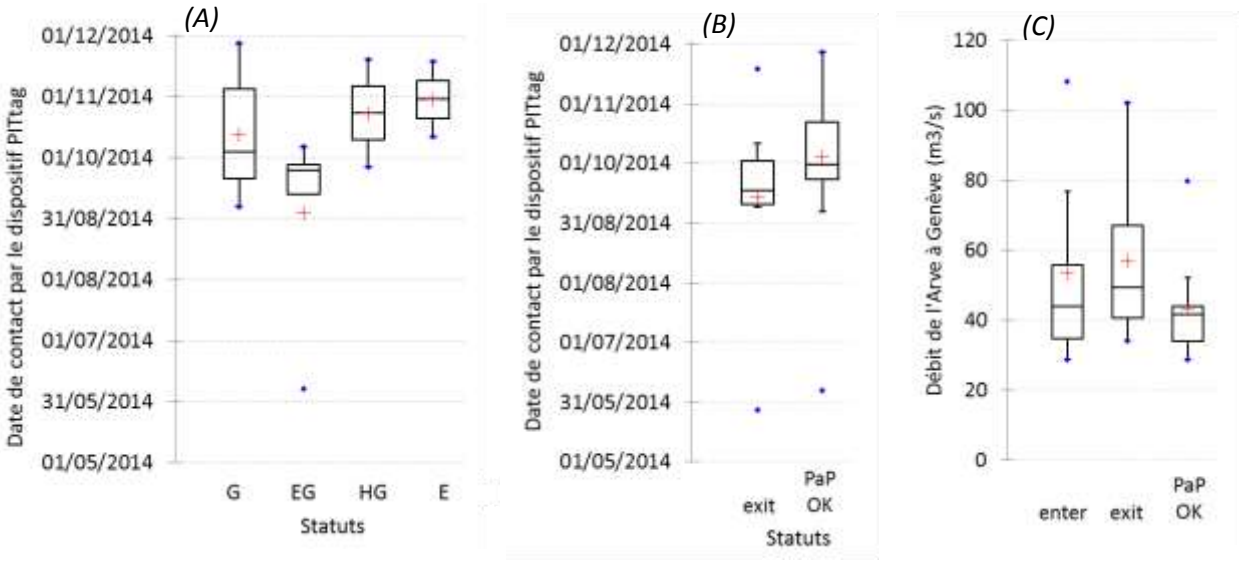


Figure 48 : Comparaison des Box plots (A) des périodes de contacts pour chacun des groupes de statut identifiés précédemment ; (B) des périodes de franchissement ou sortie par l'aval de la passe ; (C) des gammes de débits moyens journaliers qui caractérisent l'entrée des individus dans la passe, leur sortie par l'aval et leur franchissement avec sortie par l'amont

[11] Débits enregistrés à la station limnimétrique de Genève – Bout du Monde (source OFEV)

De manière générale, la passe à poissons d'Arthaz est un dispositif de franchissement qui fonctionne. En effet, 19 individus sur 22 ont réussi à franchir, soit 86%. Le temps nécessaire pour effectuer la montaison dans la passe est une dimension qui révèle la difficulté qu'ont les individus pour évoluer dans cette dernière. Il peut indiquer que l'ouvrage occasionne un éventuel « retard » dans la migration des individus cherchant à monter.

Ainsi, les individus qui ont franchi la passe ont mis en moyenne 1371 min ± 1932 [19,4 ; 8363], soit presque 1 jour, tandis que ceux qui n'ont pas réussi à la franchir sont restés pendant 951 min ± 1400 [57,6 ; 4243] dans la passe avant de sortir par l'aval (Figure 49). Il n'y a pas de différence significative entre le temps de passage des individus qui ont franchi la passe et le temps de passage des individus qui ont tenté de la franchir (Mann & Whitney ; $p > 0,05$).

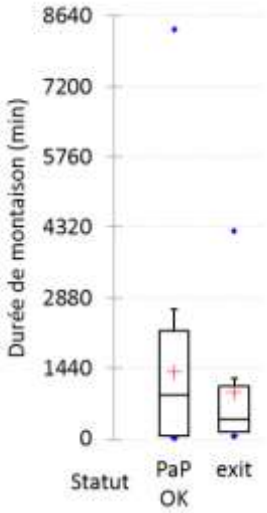
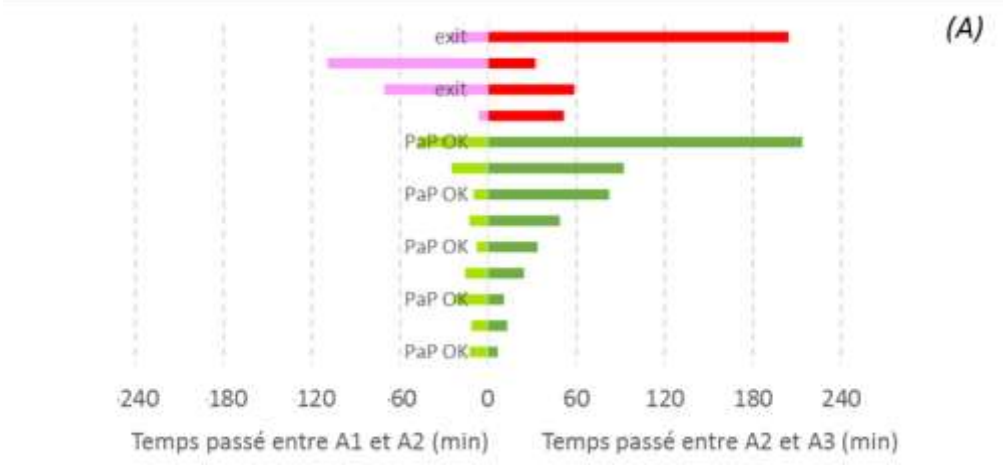


Figure 49 : Temps de résidence dans la passe à poissons pour les individus ayant réussi à la franchir (PaP OK) et ceux n'ayant pas réussi (exit)

Les individus contactés moins de 6 h dans la passe à poissons (individus ayant franchi l'ouvrage ou non) passent l'essentiel de leur temps de résidence dans la passe dans le dernier bassin à tenter de sortir (pour réussir ou non), soit respectivement 66% et 62% en moyenne de leur temps de passage dans la passe à poissons (Figure 50). Parmi les individus qui ont été enregistrés pendant plus de 6 h dans la passe à poissons, ceux qui ont finalement franchi l'ouvrage ont passé 48% de leur temps en moyenne dans le dernier bassin pour tenter de sortir tandis que ceux qui n'ont pas réussi à sortir de la passe par l'amont, ont consacré 74% de leur temps à tenter de sortir par l'amont pour finir par échouer et effectuer une sortie par l'aval. Cette différence n'est cependant pas significative (Mann & Whitney ; $p > 0,05$). La sortie de la passe à poissons d'Arthaz représente donc a priori une difficulté pour la majorité des individus qui y transite.



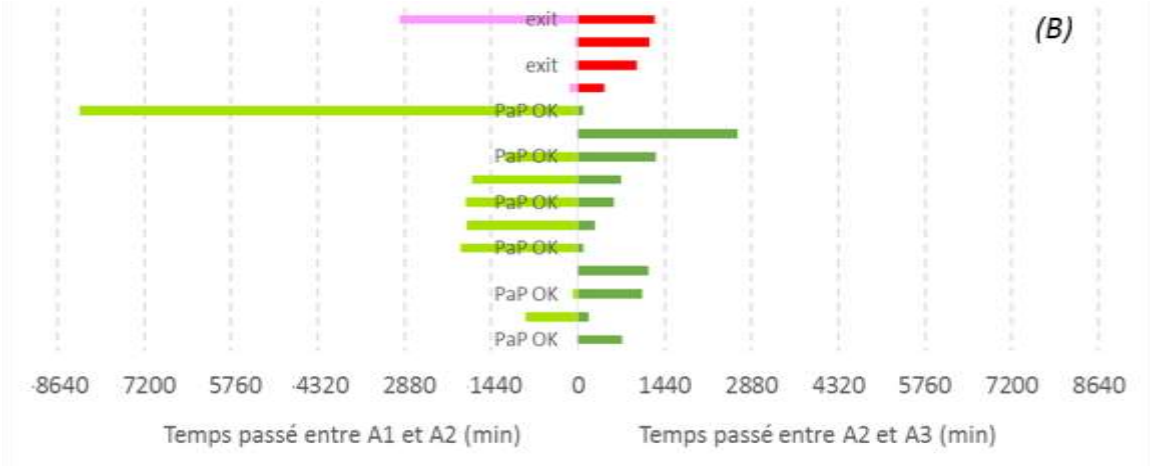


Figure 50 : Temps de résidence décomposé en 2 parties : sur la gauche des graphiques le temps passé dans la partie médiane de la passe (A1 → A2) et sur la droite dans le dernier bassin de la passe avant la sortie vers l'amont (A2 → A3), (A) pour les individus restés moins de 6 h dans la passe à poissons d'Arthaz et (B) pour les individus restés plus de 6h dans la passe à poissons d'Arthaz. Dans les tons verts, les individus ayant franchi la passe à poissons (PaP OK) et dans les tons rouge/rose, les individus n'ayant pas réussi à franchir la passe (exit)

Le temps de franchissement d'un ouvrage par un individu peut être influencé par le débit instantané qui règne dans l'ouvrage au moment de la montaison ou par les caractéristiques de l'individu lui-même. Les temps de franchissement observés sont de l'ordre de la journée en moyenne, il a été choisi de retenir le débit moyen journalier à la date du franchissement pour analyser cette relation temps de franchissement / débit. Lorsque ces durées de résidence dans la passe sont mises en relation avec les débits moyens journaliers ou la longueur totale des individus, aucune tendance n'apparait et ce pour les individus ayant réussi à franchir (PaP OK) et ceux ayant échoués (exit) (Figure 51).

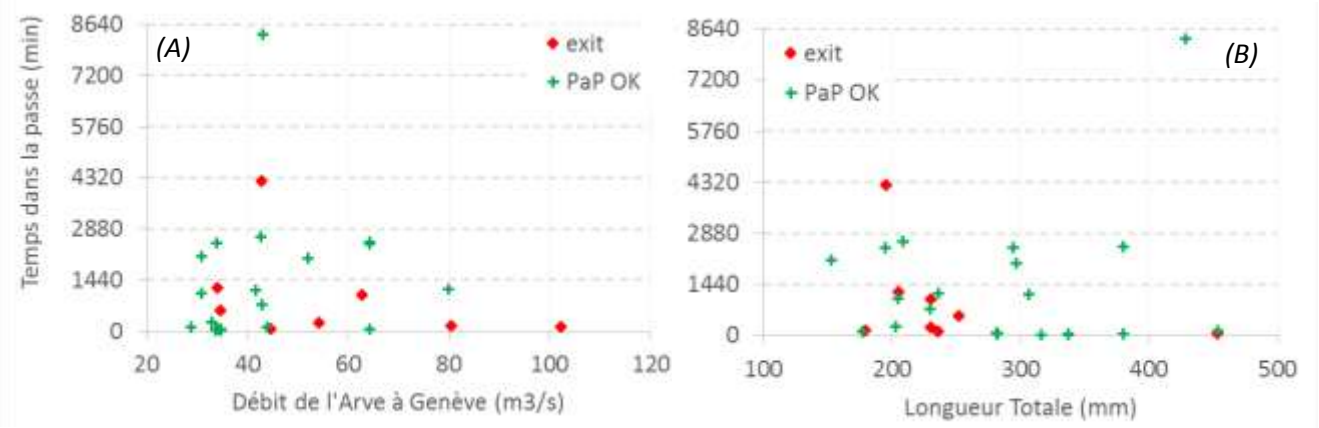
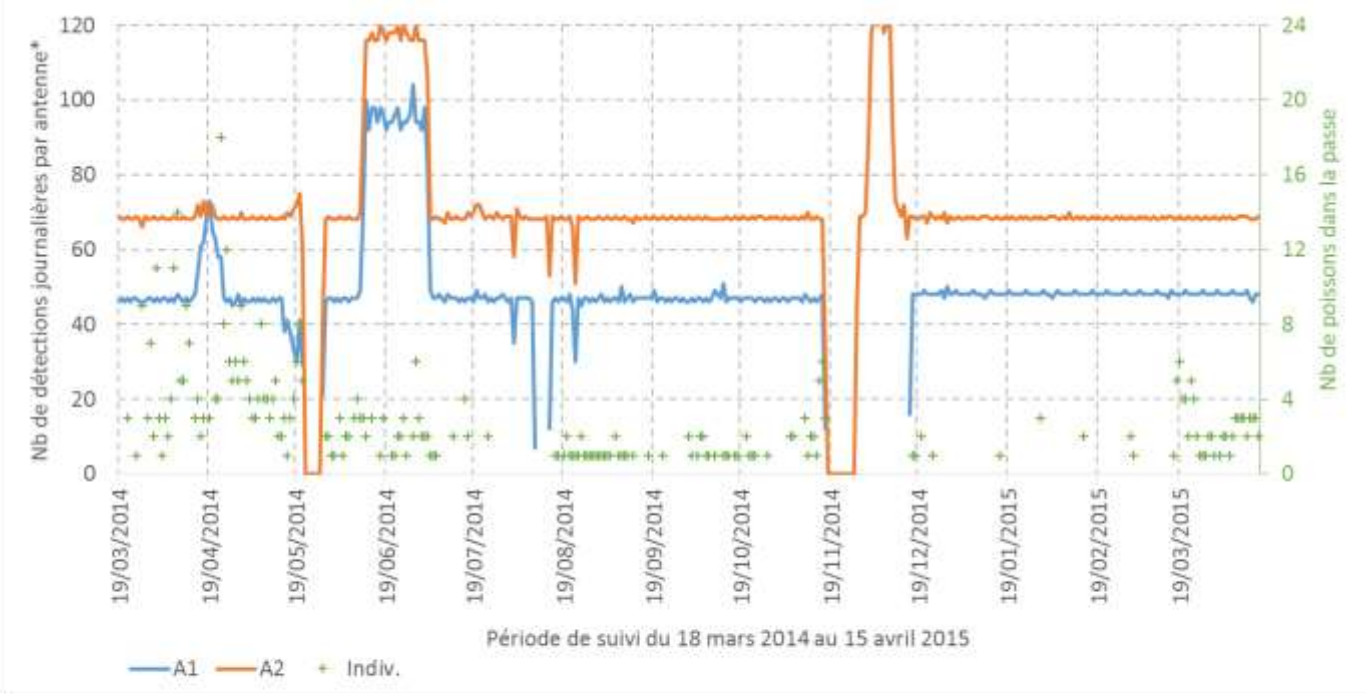


Figure 51 : Relation entre les temps de résidence dans la passe à poissons d'Arthaz et (A) le débit moyen journalier du franchissement d'une part et (B) la longueur totale de l'individu d'autre part, pour les 2 groupes d'individus : ceux ayant réussi à franchir la passe (PaP OK) et ceux ayant échoué (exit).

- Franchissement de l'ouvrage composé d'un seuil et du pont cadre de la RD 19 sur le Nant de Sion à Arenthon.

La station PITtag du Nant de Sion est en fonctionnement depuis le 18 mars 2014. Depuis cette date, elle a fonctionné 91% du temps. Les 2 fois où les antennes ont rompu suite à une crue, des pics de contacts sont observés. Ces interruptions de fonctionnement ont donc pu occasionner de la perte d'information à la fin du mois de mai 2014 et à la fin du mois de novembre 2014 (Figure 52).



* Le fonctionnement de chaque antenne est vérifié par la détection d'un « marker tag ». Cette dernière est programmée pour se faire toutes les demi-heures, soit 48 détections du « marker tag » par jour. Une oscillation autour de cette valeur peut être observée suivant l''heure de la première détection.

Pour des raisons de lecture, une constante (ici, 20) a été ajoutée au nombre de détection de l'antenne 2 (A2)

Figure 52 : Mise en relation de l'état de fonctionnement des 2 antennes qui composent le dispositif PITtag de la station du Nant de Sion et du nombre journalier de poissons enregistrés par le dispositif

Depuis le mi-mars 2014 (date de mise en route), 49 604 détections ont été enregistrées sur l'ensemble des 2 antennes PITtag du dispositif du pont de la RD19, parmi lesquelles on peut discerner 56 poissons différents (47 chevaines et 9 truites). Certains chevaines, marqués à l'aval proche de la première antenne, stagnent parfois longtemps à proximité de celle-ci : 75 % des détections sont dues à 3 individus seulement. Sur les 56 poissons enregistrés, au moins 13 ont franchi le seuil et le radier de pont : 5 truites et 9 chevaines. Nombre de chevaines vivent à proximité de cet ouvrage dans la fosse en aval direct et ne cherchent pas forcément à monter mais entrent dans le champ de détection de l'antenne aval.

Indicateur de réalisation : **1 707** poissons marqués par PITtag au 30.11.2014.

Indicateur de résultats : **79 696** détections sur toutes les stations PITtag au 20.04.2015.

Module 3 : Intégrité physique du continuum aquatique

Objectifs du M3 :

- Identifier les tronçons sur lesquels de graves problèmes se posent (les *'points noirs'*), notamment en termes de continuité écologique et de pointer ceux où il serait intéressant et bénéfique pour la vie aquatique de réaliser des aménagements pour diversifier l'habitat
- Coupler ces informations avec les données biologiques acquises afin de montrer d'éventuels liens entre migration et franchissement des espèces piscicoles et altérations du milieu

Ce module propose de compiler un vaste ensemble de données environnementales à l'échelle du bassin Arve - Rhône afin de réaliser une base de données franco-suisse sous forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG).

Peu de nouvelles investigations ont été menées pour cette partie au cours du 2nd semestre 2014.

Compilation des données existantes et publiques

La FDPPMA 74 compile régulièrement les données environnementales dont elle est destinataire. Une mise à jour des données publiques existantes sur le bassin de l'Arve côté français a été réalisée au cours de ce premier semestre 2014. Les producteurs de données sont nombreux : Conseil Général de Haute-Savoie, Contrats Rivière, communes, communautés de communes, Agence de l'eau, DDT, ONEMA, particuliers. Pour chaque station, une ligne d'informations est remplie en fonction des données existantes. Les paramètres renseignés sont la physico-chimie et l'hydrobiologie, et ce sur un grand nombre de stations. Le tableau 8 est un exemple pour une station de physico-chimie du genevois français.

Tableau 8 : Exemple de tableau de données d'une station de physico-chimie

Cours d'eau	Affluent de	Station	CodstaFD	Cod CG74	Cod Agence	Date	Annee	Saison	Operateur	Maitre d'ouvrage	COORD_X	COORD_Y
AIRE	ARVE	Frontière	Air01		06999125	05-juin-06	2006	PRINTEMPS			888650	2134500
AGLB STATIONM	AGLOC PRECISE	AGNOM STATION	AGCD ENTITEHY	AGCOORD XSTAT	AGCOORD YSTAT	AGNOM ENTITEH	AGX COORD	AGY COORD				
AIRE A ST-JULIEN-EN-GENEVOIS 2	Thérens - amont station d'épuration de St Julien en Genevois	AIRE	V0240560	937010.00	6565389.00	L'Aire	888424.162024	2134256.791456				
Debit	MES	Température	PH	O2_dissous	O2_dissous _satu	Conductivite	DBO5	COD				
0.079	3.2		8.8	10.9	114	606	1.4	2.6				
N_Kjeldahl	NH4	NO2	NO3	NH3	PO4	P_total	Ca	Mg	Ca_+_Mg	Trophie		
<1	0.19	0.25	19.1		0.53					Eutrophe		
N° Physico -chimie	Metaux_ sur_Bryophytes	Métaux_ sur_EAU	Metaux_ sur_Sédiments	Pesticides_ sur_Eau	Pesticides_ Sur_Sédiments	Micropoll_ sur_Eau	Micropoll_ sur_Sediments	Commentaires				
3244	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	Autres données dans fichiers agence				

Sur le canton de Genève, il existe déjà une compilation des données dans le domaine de l'eau. Cette dernière est en ligne et actualisée en permanence par le SITG[2] (http://ge.ch/sitg/). Le travail étant déjà effectué, il ne semble pas nécessaire de le doubler pour simplement uniformiser le format des données.

La mise en forme pour un partage de l'ensemble des données et un descriptif de ces dernières seront réalisés prochainement.

- Récolte de données de température

En plus des données existantes sur les paramètres de la qualité physico-chimique, une récolte de données thermiques complémentaires à celles du réseau de sondes de température existant à la FDPPMA 74, est réalisée dans le cadre du programme ESPACE. 8 sondes ont été posées sur l'Arve et l'aval de quelques affluents (Figure 53). Chaque thermographe (*Onset HOBO*) enregistre la température de l'eau au pas de temps horaire. Ils resteront sur site jusqu'à la fin du suivi piscicole.

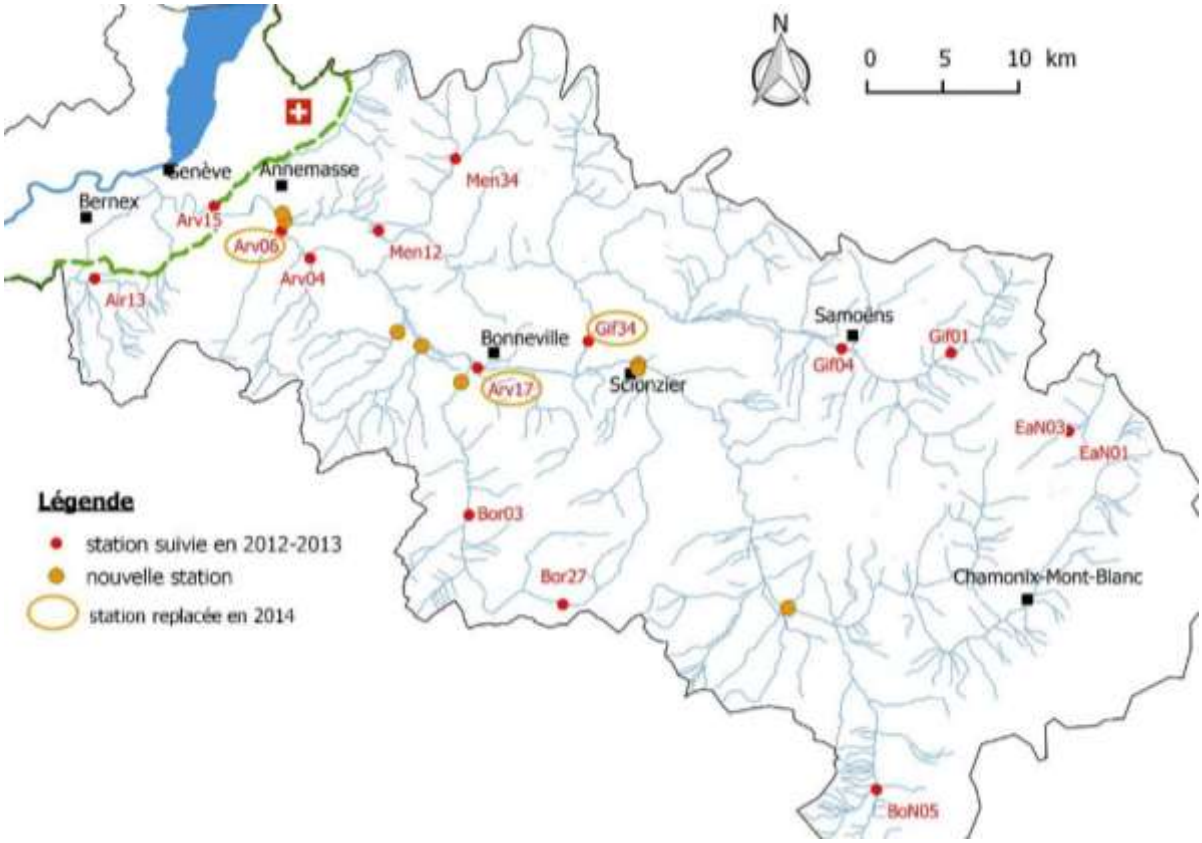


Figure 53 : Stations d'enregistrement de la thermie en 2012-2013 et celles placées pour 2014-2015 sur le bassin de l'Arve

[2] Système d'Information du Territoire à Genève

- Récolte de données de débit

Sur le bassin de l'Arve, il existe quelques stations hydrologiques tenues par la DREAL Rhône-Alpes et l'OFEV qui caractérisent le débit de l'Arve et ses principaux affluents (Figure 54).

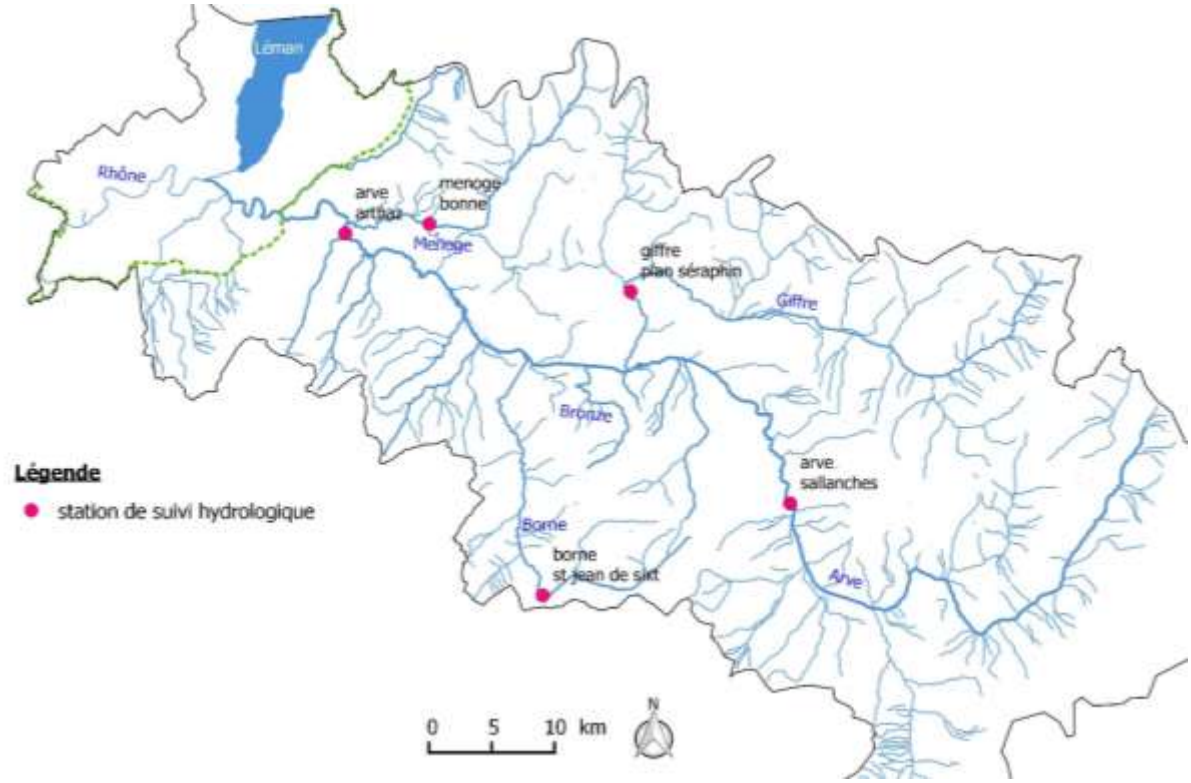


Figure 54 : Localisation des stations de suivi hydrologiques sur le bassin de l'Arve

Cependant, le Nant de Sion qui accueille une station de suivi piscicole est dépourvu de station limnimétrique fonctionnelle sur son linéaire. Afin de pouvoir exploiter les futures données de franchissement de l'ouvrage suivi (issues de la station PITtag du pont de la RD 19), il a été mis en place une station de mesure de débit. Celle-ci consiste en l'installation de 2 sondes de pression *Hobo U20-001*, l'une placée dans l'eau et l'autre à l'air. La différence des 2 données à un instant *t* permettra de définir le niveau de l'eau (Figue 55). En parallèle, plusieurs relevés (actuellement 18) des couples hauteur/vitesse sont réalisés sur un transect au droit de la station de mesure. Ces derniers servent à définir la courbe de tarage propre à la station qui permettra de définir le débit à partir des hauteurs d'eau enregistrées par la sonde (Figures 56 et 57). Un premier relevé des données a été réalisé le 25 juin 2014.

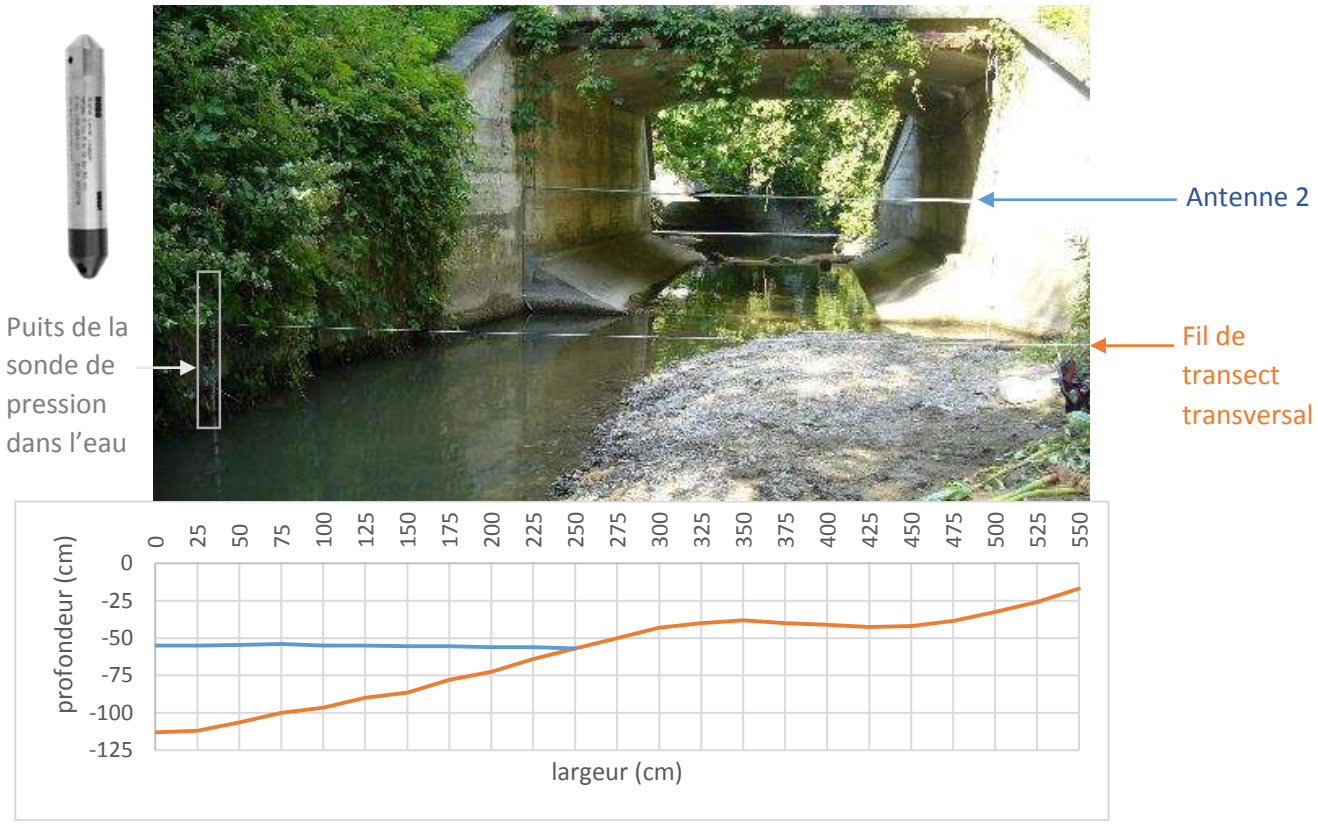


Figure 55 : Transect au droit de la station de mesure du niveau de l'eau du Nant de Sion à proximité de l'installation PITtag du pont de la RD19

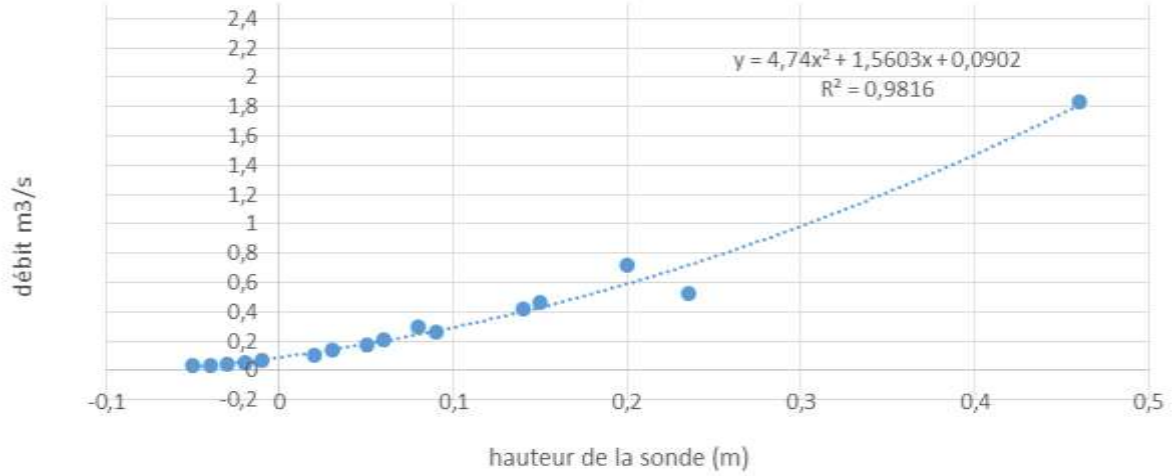


Figure 56 : Courbe de tarage pour le Nant de Sion à Arenthon (amont pont de la RD 19) avec l'expression de la relation hauteur sonde/débit

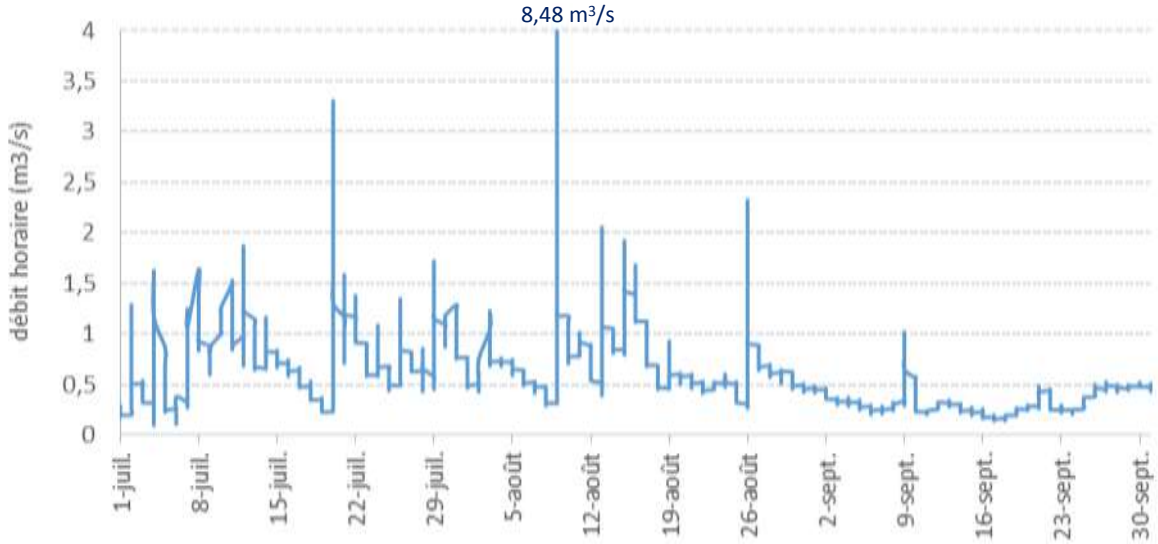


Figure 57 : Courbe des débits sur la station du Nant de Sion au pont de la RD19 entre le 1er juillet et le 1er octobre 2014

Etat des lieux d'un site pilote : le tronçon aval du Borne

Ce volet prévoit l'étude des différentes possibilités d'aménagements qui pourraient améliorer la qualité globale de la rivière sur ce tronçon et l'état des lieux avant travaux dans l'optique d'évaluer et de quantifier leur efficacité.

Rappel des trois phases proposées avec l'équipe en charge :

1) Réalisation d'un diagnostic biologique et géomorphologique de l'état du milieu - *FDPPMA 74*
2) Proposition de plusieurs scenarii de restauration écologique et morphologique globale du lit du cours d'eau à l'échelle du linéaire rectifié – *Equipe Hépia « Revitalisation des cours d'eau de montagne »*
3) Proposition d'un Avant-Projet détaillé – *Equipe Hépia « Revitalisation des cours d'eau de montagne ».*

Les données de relevés topographiques ont été effectuées par le SM3A (données LIDAR) et transmises à l'équipe de Hépia en février 2015. Le travail d'analyses et d'élaboration des scénarii va pouvoir commencer.

Pour le suivi biologique des potentiels futurs travaux, une méthodologie « clé en main » sera rédigée avec le positionnement des stations établi en fonction des propositions d'aménagement. Le retard accumulé sur ce volet ne permettra pas un échantillonnage des différents compartiments à l'issue du mois de juin 2015. Ceci n'est a priori pas pénalisant pour la suite du projet de restauration du Borne aval, puisqu'un délai entre la phase d'acceptation des scenarii et la phase de réalisation à

proprement parlé des travaux devrait être normalement suffisant pour débuter la campagne pré-travaux du suivi biologique. Un état des lieux des données piscicoles et de qualité d'eau historiques pourra être établi en même temps que la méthodologie de suivi.

Module 4 : Transfert vers une gestion transfrontalière

Objectifs du M4 :

- Hiérarchiser les obstacles à l'écoulement en termes d'impact pour la continuité écologique

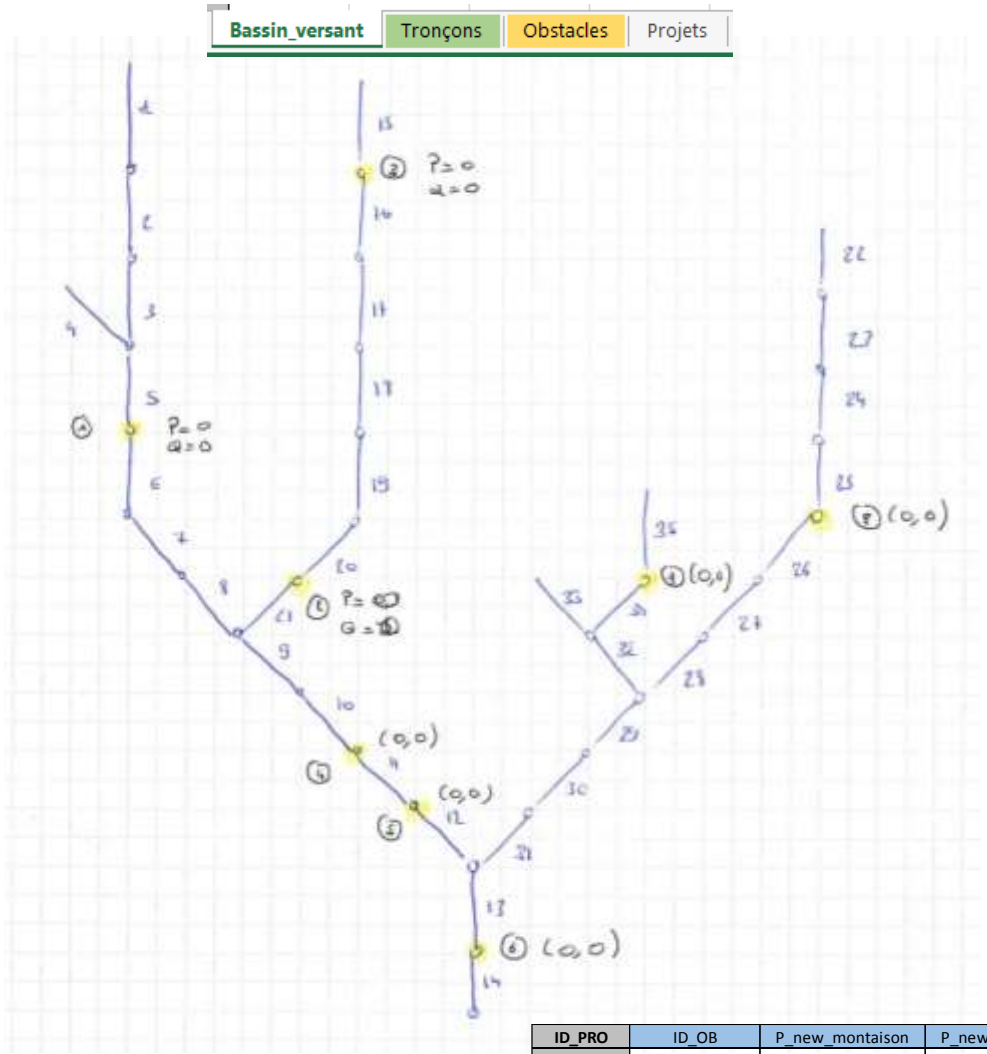
Réunions avec l'ensemble des parties prenantes à l'élaboration de l'outil d'aide à la décision : 5
Nombre de participants aux réunions de travail et d'échanges : 8

Le Module 4 constitue une synthèse des modules M1, M2, et M3. Il a pour objectif de coupler l'ensemble des informations biologiques recueillies et des résultats obtenus pour développer un outil d'aide à la décision. Ce dernier sera sous la forme d'un modèle spatialisé, simple d'utilisation, adapté aux gestionnaires, permettant de visualiser l'effet d'un effacement d'ouvrage (petit seuil par exemple) ou d'un accroissement des flux migratoires (création d'une passe à poissons par exemple, augmentation de la fonctionnalité d'un ouvrage existant, reconnexion d'un affluent d'un chenal principal, restauration d'un affluent « frayère », ...) sur le risque d'extinction d'une population.

L'outil s'appuie essentiellement sur les travaux de KEMP & O'HANLEY (2010), O'HANLEY (2011) et O'HANLEY *et al*. (2013). Le bureau d'études SAGE Environnement travaille sur son élaboration. Les schémas et figures suivantes décrivent son mode de fonctionnement.

Modélisation du bassin versant

Présentation des tables de données sur la base d'un bassin versant virtuel simple mais complet



ID_TR	longueur_troncon	valeur_habitat	ID_TRav	ID_BV
TR1	1	1	TR2	BV1
TR2	1	1	TR3	BV1
TR3	1	1	TR5	BV1
TR4	1	1	TR5	BV1
TR5	1	1	TR6	BV1
TR6	1	1	TR7	BV1
TR7	1	1	TR8	BV1
TR8	1	1	TR9	

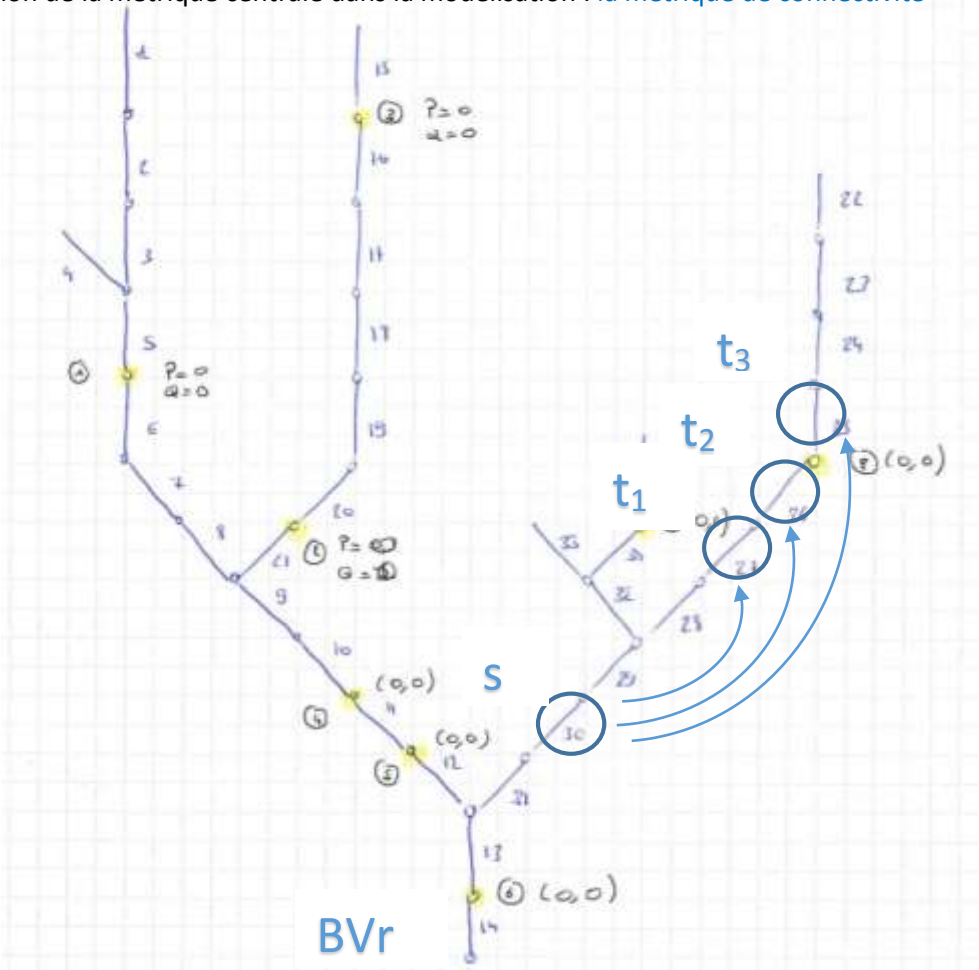
ID_PRO	ID_OB	P_new_montaison	P_new_devalaison	Cout
PRO1	OB1	1	1	1
PRO2	OB2	1	1	2
PRO3	OB3	1	1	3
PRO4	OB4	1	1	4
PRO5	OB5	1	1	1
PRO6	OB6	1	1	2
PRO7	OB7	1	1	3

ID_BV
BV1

ID_OB	Naturel	ID_Tram	P_montaison	P_devalaison	ID_BV
OB1	0	TR5	1	1	BV1
OB2	0	TR20	1	1	BV1
OB3	0	TR15	1	1	BV1
OB4	0	TR10	1	1	BV1
OB5	0	TR11	1	1	BV1
OB6	0	TR13	1	1	BV1
OB7	0	TR35	1	1	BV1
OB8	0	TR25	1	1	BV1

Métrique de connectivité : Yrsh

Présentation de la métrique centrale dans la modélisation : la métrique de connectivité

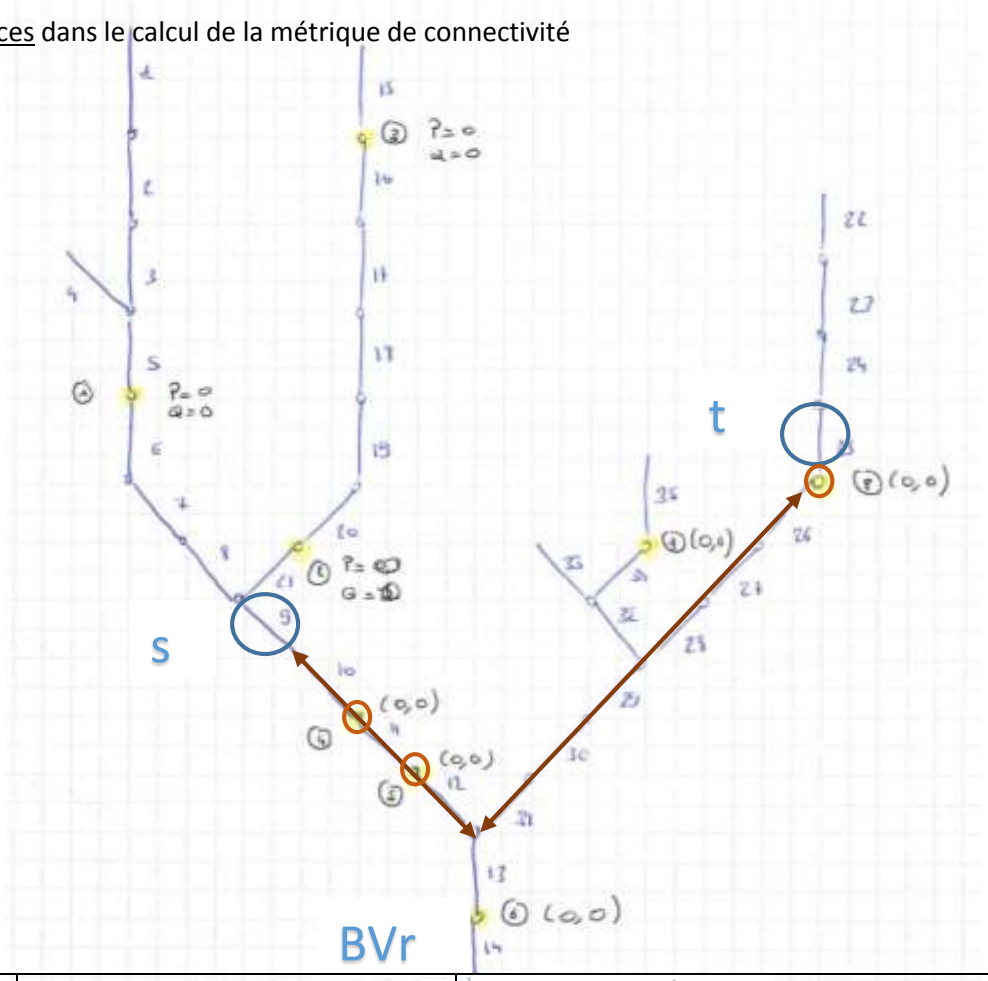


Y_{rsh}	Disponibilité de l'habitat de type h accessible depuis segment de cours d'eau s du bassin versant r, en tenant compte des effets des obstacles artificiels et naturels qui sont présents	Pour chaque tronçon t, de l'ensemble des segments de cours d'eau du jeu de données, sommer le produit de : - Proportion de l'habitat h, - L'intérêt de l'habitat h, - La surface du tronçon t, - Une pondération négative liée à la distance - La franchissabilité bidirectionnelle pour aller de s à t

$$y_{rsh} = \sum_{t \in N_r} \theta_{rth} W_{rth} L_{rt} D_{rst} \varphi_{rst}$$

Métrique de connectivité : Drst et φrst

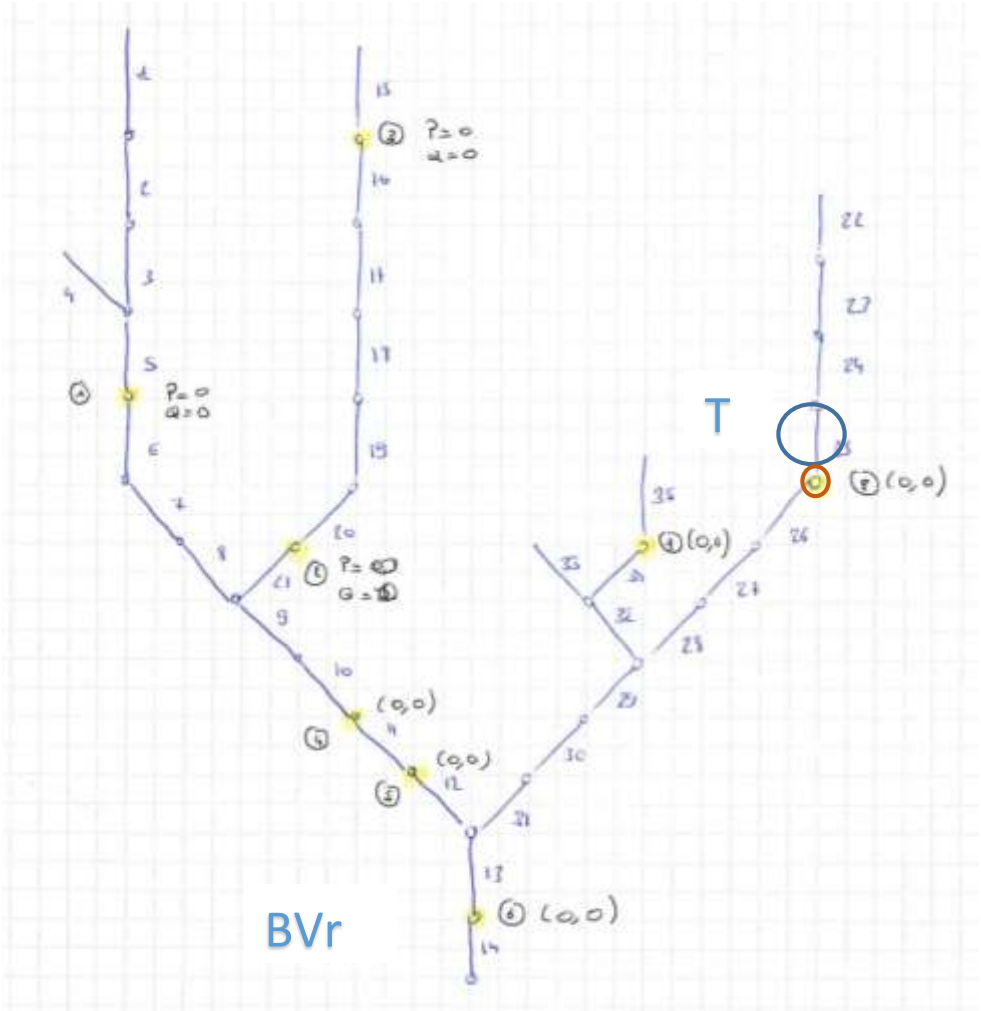
Sous indices dans le calcul de la métrique de connectivité



D_{rst}	Terme de pondération inverse de la distance entre les segments s et t du bassin versant r	$D_{rst} = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{rst}}{d_0}\right)^2}$ *Prends en compte la distance entre les tronçons et la distance de dispersion de l'espèce concernée.* *D_{rst} est fort quand la distance est faible et insuffisante et est faible quand l'espace est important.*
Φ_{rst}	franchissabilité bidirectionnel cumulative de tous les obstacles artificiels et naturels situés entre les segments de rivière s et t, du bassin versant r	$\varphi_{rst} = \underbrace{\prod_{j \in B^*_{rst}} (p_j q_j)}_{(2i)} \underbrace{\prod_{j \in B_{rst}} (p_j q_j)}_{(2ii)}$ Multiplier les probabilités de montaison et dévalaisons de chaque obstacle artificiel et naturel dans l'intervalle s à t. Peut être interprété comme la probabilité qu'un poisson fasse l'aller-retour.

Métrique de connectivité : Connectivité globale

Calcul de la connectivité globale à l'échelle du bassin versant



Z_{rs}	« C métrique » du tronçon s sur le bassin versant r : somme, pondérée par le nombre de type d'habitat sur le bassin versant r, du rapport « disponibilité optimale » sur « disponibilité réelle » (yc infranchissables) de chacun de ces types d'habitats au départ de s.	$z_{rs} = \frac{1}{m_r} \sum_{h=1}^{m_r} \frac{y_{rsh}}{y'_{rst}}$
Hr	Connectivité globale obtenue en sommant le produit de la connectivité de chaque tronçon par sa longueur/surface	$H_r = \sum_{s \in N_r} L_{rs} z_{rs}$

Algorithme de résolution de problème

Le calcul de la variable de connectivité à l'échelle du bassin versant étant effectué, l'étape suivante est la mise en place d'un algorithme permettant de déterminer la combinaison de projets qui permet d'obtenir la meilleure note de connectivité pour un budget donné. L'algorithme retenu est un « Greedy algorithme », qui retiendra à chaque étape de choix le projet qui présente le meilleur rapport « gain de connectivité/coût », en prenant en compte les projets déjà retenus.

Nombre de réunions pour l'élaboration de l'outil d'aide à la décision au 31.01.2015 : 4

Nombre de participants aux réunions de travail et d'échanges : [3 ;12]

Module 5 : Valorisation, communication et échanges

Objectifs du M5 :

- Favoriser en priorité le partage et le transfert des connaissances acquises entre les différents porteurs d'enjeux du territoire
- Faire connaître notre programme ESPACE Arve et Rhône et le valoriser

  Nombre de personnes concernées par les actions de communication : 250 000 personnes

Des actions de communication générale destinées à l'ensemble des porteurs d'enjeux et des actions spécifiques plus ciblées sur un ou plusieurs porteurs d'enjeux ont été programmées. Ces actions ciblent en priorité le territoire local (bassins de l'Arve et du genevois) mais des retombées plus larges aux échelles départementale, régionale, nationale, européenne et internationale sont également attendues.

La figure 58 et le tableau 9 récapitulent les différentes actions réalisées depuis le début effectif du programme INTERREG ESPACE Arve et Rhône ainsi que le nombre de personnes touchées par ces dernières. Certains des supports de communication sont présentés en annexe.

Figure 58 : Quelques actions de communication (a) fête de la science à la médiathèque de Bonneville et (b) sur la gravière au bord de l'Arve ; (c) tournage de l'émission « Au fil de l'Arve au fil de l'eau » ; (d) Assemblée Générale 2014 de la FDPPMA 74

Tableau 9 : Récapitulatif des actions de communication menées pour le programme ESPACE Arve et Rhône

Action de communication		Réalisation 30.06.2014	Date de Parution	Chiffrage	Source
Open conférences	ouverture du prog.	*annulée*			
	conclusion du prog.	*à venir - en préparation*	17 juin 2015		
Interventions pédagogiques	université de Savoie				
	Hépia - bachelor et master	1,5 jr avec les étudiants de Master : présentation du programme + utilisation de la télémétrie	3 et 4 novembre 2014	10	env. nb participants
	Autres…	1 à l'ISETA - Term Bac Pro Poisy	15 mai 2014	40	env. nb participants
Interventions auprès des collectivités	Contrats Riv., SAGE, asso pêche…	1 présentation au SAGE Arve	19 novembre 2013	50	env. nb participants
	DGNP, OFEV, asso pêche...	1 affiche d'information auprès des pêcheurs du genevois	1 décembre 2013	1 000	env. nb pêcheurs
		1 com° auprès des pêcheurs à l'échelle du BV Arve	mars 2014	200	estimation
		1 affiche de présentation sur chaque site suivi		100	estimation
		1 présentation des résultats préliminaires à la commission de la pêche du canton de Genève - *Onex*	16 décembre 2014	50	env. nb participants
	Autres…	1 présentation à la Maison du Salève	1er octobre 2013	10	env. nb participants
		1 communication interne Hépia	16 décembre 2014	20	env. nb participants
Encarts dans la presse locale et spécialisée		1 article dans le Messager genevois	26 décembre 2014	24 800	nb exemplaires tirés
		1 article dans le Dauphiné	3 octobre 2014	12 000	nb exemplaires tirés
		1 article dans Pêche info	février 2014	750	nb exemplaires tirés
		1 article La Tribune de Genève	4 février 2014	120 000	nb exemplaires tirés
		2 articles dans La Voix des Torrents (journal Pêche local)	février 2014 février 2015	7 500	nb exemplaires tirés
Présentation en assemblées générales des pêcheurs		2 présentations : 1 FD + 1 AAPPMA	15 février 2014 15 mars 2014	170	env. nb participants
		2 présentations : 1 FD + 1 société de Pêche	21 février 2015 6 mars 2015	150	env. nb participants
Journée d'informations à l'administration					
Salon pêche sportive		*annulé*			
Fête de la science		2 jours d'animation à Bonneville	27 septembre 2014 1er octobre 2014	100	estimation public sur place + pub ext
Communications scientifiques		1 présentation "Génétique Chabot" à l'université de Marseille	15 décembre 2014	10	env. nb participants
		Conférence internationale IS Rivers à Lyon	*à venir - Juin 2015*		
		Symposium for European Freshwater Sciences à Genève	*à venir - Juillet 2015*		
Supports spécifiques	Site internet	en ligne	20 janvier 2014	2 245	nb visisteurs
	Courts-métrages	1er film disponible en ligne sur le site internet	19 novembre 2014	385	nb vues
		2ème film en tournage			
	Newsletter	2 éditions	février 2014 novembre 2014	80	nb destinataires
	Plaquette	*annulée : remplacée par la version anglaise des films*			
Informations et visuels sur d'autres sites internet		http://campus.hesge.ch/ibem/eisa/html/projetsGB.html	7 mars 2014	1 000	estimation
		http://www.sauvonsleau.fr/	20 novembre 2014		
		https://fr-fr.facebook.com/pecheurdarve	3 avril 2014		
		http://hepia.hesge.ch/fr/news/	7 mars 2014		
		http://www.genevastreetfishing.com/concours-de-peche-d	6 mars 2015		
Autres		TV8 Mont Blanc *Au fil de l'Arve au fil de l'eau-* direct + rediffusion sur http://www.riviere-arve.tv/Milieux-aquatiques_r13.html	15 octobre 2014	20 191	chiffres wikipédia (nb par émissions) + nb de vues
		Population locale - rencontres terrain		200	estimation
TOTAL		**27 actions de communication**		**191 061**	**personnes touchées**

Nombre de personnes concernées par les actions de communication au 06.03.2015 : **191 061**

Bibliographie

BARAS E., BIRTLES C., WESTERLOPPE L., THOREAU X., OVIDIO M., JEANDRAIN D. & PHILIPPART J-C., 1996. A critical review of surgery techniques for implanting telemetry devices into the body cavity of fish. Laboratory of Fish Demography and Aquaculture, University of Liège. 12 p.

BARAS E., 1997. Selection of optimal positioning intervals in fish tracking: an experimental study on Barbus barbus. Hydrobiologia. Vol. 371-372, n° 0, p. 19-28.

BARAS E., BENECH V., MARMULLA G. & LUCAS M., 2001. Manuel de Biotélémétrie aquatique. Atelier pilote IER – ODRS – IRD - ULg – FAO, *Sélingué, Mali 29 janv. – 10 fév. 2001,* p 160.

BRIDGET C. J. & BOOTH R.K., 2003. The effects of biotelemetry transmitter presence and attachment procedures on fish physiology and behavior. *Reviews in Fisheries Science*. Vol. 11, n° 1, p. 13–34.

CHASSERIEAU C., 2010. Recensement des ouvrages transversaux sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie et continuité piscicole, Campagne 2010. Rapport FDP74.10/07. 44p + annexes.

DAVID B.O. & CLOSS G.P., 2001. Continuous remote monitoring of fish activity with restricted home ranges using radiotelemetry; *Journal of Fish Biology* 59, 705-715.

ENGLBRETCH C.C., LARGIADÈR C.R., HANFLING B. & TAUTZ D., 1999. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci in the European bullhead *Cottus gobio* L. (Osteichthyes) and their applicability to related taxa. Molecular Ecology 8(11), 1966-1969.

FREUD J.G. & HARTMAN K.J. , 2002. Influence of depth on detection distance of flow-frequency radio transmitters in the Ohio River. *North American Journal of Fisheries Management* 22 ; 1301-1305.

GOSSET C. & RIVES J., 2004. Anesthésie et procédures chirurgicales pour l'implantation de radio émetteurs dans la cavité ventrale de truites communes adultes (*Salmo trutta*). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. N° 374, p. 21–34.

JUNKER J., PETER A., WAGNER C.E., MWAIKO S., GERMANN B., SEEHAUSEN O. & KELLER I., 2012. River fragmentation increases localized population genetic structure and enhances asymmetry of dispersal in bullhead (*Cottus gobio*). Conservation Genetics 13(2), 545-556.

KEITH P., PERSAT H., FEUNTEUN E. & ALLARDI J., 2011. Les poissons d'eau douce de France. Coll. Inventaires & Biodiveristé. *Biotope Editions-Muséum national d'histoire naturelle.*552 p.

KEMP P.S. & O'HANLEY J.R., 2010. Procedures for evaluating and prioritising the removal of fish passage barriers : a synthesis. *Fisheries Management and Ecology*, 17, 297-322.

KIRCHHOFER A., BREITENSTEIN M. & ZAUGG B. 2007. Liste rouge poissons et cyclostomes - Liste rouge des espèces menacées en Suisse, Office fédéral de l'environnement, Berne, et Centre Suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel.

KNAEPKENS G., BRUYNDONCX L. & EENS M., 2004. Assessment of residency and movement of the endangered bullhead (*Cottus gobio*) in two Flemish rivers. Ecology of Freshwater Fish 13, 317-322.

LUCAS M.C. & BARAS E., 2000. Methods for studying spatial behavior of freshwayer fishes in the natural environnement. *Fish and Fisheries* 1, 283-316.

NOLTE A.W., STEMSHORN K.C. & TAUTZ D., 2005. Direct cloning of microsatellite loci from *Cottus gobio* through a simplified enrichment procedure. Molecular Ecology Notes 5, 628–636.

OFCOM, 2014. *Swiss National Frequency Allocation Plan and Specific Assignments*.

O'HANLEY J.R. 2011. Open rivers: Barrier removal planning and the restoration of free-flowing rivers. Journal of Env. Management 92 3112-3120.

O'HANLEY J.R, WRIGHT J., DIEBEL M., FREDORA M.A. & SOUCY C.L. 2013. Restoring stream habitat connectivity : A proposed method for prioritizing the removal of resident fish passage barriers. *Journal of Environnental Management* 125, 19-27.

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 Wallone, Division de l'Eau Direction des Cours d'Eau Non Navigables. Université de Liège, LDPH, 116 p+ annexes.

UICN-FRANCE, MNHN, SFI & ONEMA. 2010. La liste rouge des espèces menacées en France. *In* Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine, Paris, France.

UTZINGER J., ROTH C. & PETER A. 1998. Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. Journal of Applied Ecology **35**(6): 882-892.

VELLE J.I., LINDSAY J.E., WEEKS R.W. & LONG F.M., 1979. An investigation of the loss mechanisms encountered in propagation from a submerged fish transmitter. In Proceedings of the second international conference on Wildlife Biotelemetry (ed. F.M. Long). University of Laramie Press, Laramie, Wyoming, pp. 228-237.

WINTER J. D., 1983. Underwater biotelemetry. Pages 371–395 *in* L. A. NIELSEN and D. L. JOHNSON, editors. Fisheries techniques. *American Fisheries Society*, Bethesda, Maryland.

Annexes

Affiche pour la fête de la Science – Animations à Bonneville les 27 septembre et 1er octobre 2014

Vidéo sur la thématique du programme INTERREG ESPACE en ligne sur la chaine TV du SM3A, un des partenaires du programme.

http://www.riviere-arve.tv/Samedi-27-Septembre-2014-Marquage-et-pistage-des-poissons-de-l-Arve-Interreg-VI-ESPACE-ARVE-ET-RHONE_v946.html

Page web du site de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse

http://www.sauvonsleau.fr/jcms/j_5/accueil ; visité le 26 novembre 2014

Zoom sur l'encart du programme INTERREG ESPACE Arve et Rhône

http://www.sauvonsleau.fr/jcms/e_8385/programme-espace-arve-et-rhone-sortie-du-premier-film#.VHb-QjGG_To

BIODIVERSITÉ - RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

> JEUDI 20 NOVEMBRE 2014

Programme ESPACE Arve et Rhône: sortie du premier film

Le film réalisé par Philippe Laforge, présente les grandes lignes du programme, avec les problématiques des bassins de l'Arve et du Rhône genevois, les objectifs ambitieux du programme et les méthodes de suivi piscicoles mis en œuvre pour y répondre. Un second film sortira à la fin du programme en juin 2015 pour faire état des résultats et des perspectives du programme ESPACE.

La Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA74) et la Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève (HEPIA) se sont associées pour réaliser un programme commun relatif à la continuité écologique sur les bassins versants de l'Arve et du Rhône Genevois. Cette collaboration s'intègre dans le programme franco-suisse INTERREG IV A.

Cet ambitieux projet a pour objectifs de:

- Décrire les déplacements et les habitats de vie de 5 espèces piscicoles représentatives du secteur (truite fario, ombre commun, chevaine, barbeau fluviatile, chabot)
- Evaluer la fonctionnalité des dispositifs de franchissement d'ouvrages
- Caractériser les capacités de franchissement des espèces en fonction des paramètres physiques du milieu
- Identifier les « points noirs » de la connectivité
- Développer un outil d'aide à la décision afin de hiérarchiser les barrières à la continuité écologique.

Budget: 716 001 €

Période de réalisation: juin 2013 – juin 2015

>> En savoir plus sur le site du programme ESPACE

Mots-clés : FDPPMA74 , HEPIA

www.sauvonsleau.fr/jcms/e_8385/programme-espace-arve-et-rhone-sortie-du-premier-film

BIODIVERSITÉ - RESTAURATION ÉCOLOGIQUE - QUALITÉ DES EAUX ET SANTÉ - POLLUTION - EAU ET RARETÉ - CHANGEMENT CLIMATIQUE
> JEUDI 20 NOVEMBRE 2014

3 priorités pour la politique de l'eau 2016-2021 dans les bassins de la Saône et du Doubs.

Lutter contre les pollutions par les pesticides, restaurer la qualité écologique des rivières et s'adapter au changement climatique.

EAU ET RARETÉ - ECONOMIE D'EAU - EEDD
> VENDREDI 03 OCTOBRE 2014

Le CPIE du Haut-Doubs lance la campagne "L'eau au cœur de la vie"

Comment préserver la ressource en eau, tout en faisant des économies sur ses factures ?

Article dans la Voix des Torrents (journal local des pêcheurs du Chablais Genevois) – 3 pages sur l'avancement du programme à la fin de l'année 2014.

Page 1

ESPACE Arve & Rhône, mieux connaître pour les gérer de manière concertée et

Depuis juin 2013, la Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique et la Haute Ecole du Paysage d'Ingénierie et d'Architecture de Genève (Hépia) sont arrivés à mi-parcours du programme INTERREG ESPACE Arve et Rhône. Rappel des objectifs :

- décrire les déplacements et les habitats de vie de 4 espèces piscicoles « mobiles » (la truite fario, l'ombre commun, le chevaine et le barbeau fluviatile) à l'échelle du bassin Arve-Rhône genevois, et d'une moins « mobile », le chabot.
- évaluer la fonctionnalité des dispositifs de franchissement d'ouvrages existants, type passe à poissons et le franchissement d'ouvrages pouvant être problématiques ;
- d'identifier les « points noirs » de la connectivité sur ce territoire ;
- et au final développer un outil d'aide à la décision, créé de manière collaborative avec les partenaires et gestionnaires pour hiérarchiser les barrières à la continuité écologique devant être restaurées.

L'étude des déplacements des poissons, réalisée grâce à deux méthodes de télémétrie complémentaires, la radiotélémétrie et le PITtagging, fait suite aux nombreuses campagnes de marquage qui ont commencé en 2013. La première méthode permet de suivre les poissons à distance à tout moment tandis que la seconde permet d'identifier le passage en un point précis des poissons marqués, comme par exemple la remontée d'une passe à poissons. Les effectifs de poissons marqués en Suisse et en France à l'automne 2014 sont de 1663 avec un PITtag et 203 avec un émetteur radio (Figure 1). Ces poissons se répartissent entre Chancy-Pougny et Scionzier, soit 72 km.

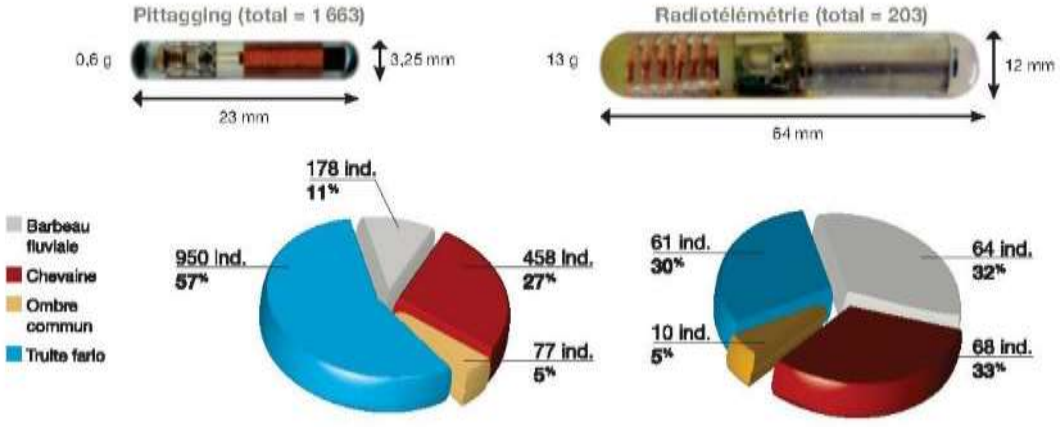


Figure 1 : Répartition par espèce des effectifs de poissons marqués d'un PITtag et d'un émetteur radio

Article dans la Voix des Torrents (journal local des pêcheurs du Chablais Genevois) – 3 pages sur l'avancement du programme à la fin de l'année 2014.

Page 2

les continuités piscicoles cohérente

Chaque semaine, les individus équipés d'un émetteur radio sont recherchés. Ces prospections sont réalisées à pied et en canoë et 2 à 3 jours de pistage sont nécessaires pour couvrir tout le linéaire étudié (Figures 2 et 3). Pour compléter ces recherches, 8 stations fixes, réparties sur les bassins Arve et Rhône genevois, enregistrent en continu les éventuels passages des individus marqués. Les données de ces dernières sont relevées chaque semaine.

Figure 2 : Modes de suivi des déplacements piscicoles. Radiopistage à pied (a) et en canoë (b) ; Antenne PITtag à la sortie de la passe à poissons d'Arthaz (c).

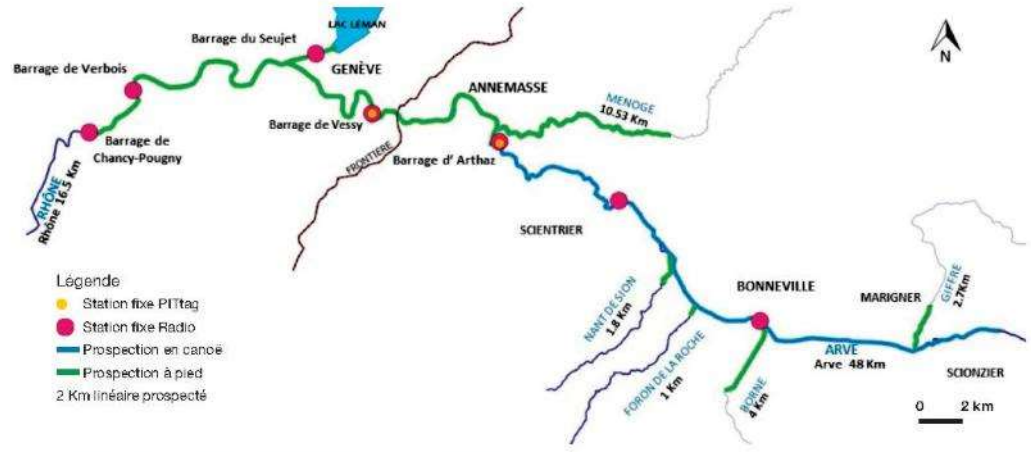


Figure 3 : Carte du linéaire prospecté chaque semaine sur 2 jours à 2 personnes pour chaque pays

Article dans la Voix des Torrents (journal local des pêcheurs du Chablais Genevois) – 3 pages sur l'avancement du programme à la fin de l'année 2014.

Page 3

ESPACE Arve & Rhône, mieux connaître les continuités piscicoles pour les gérer de manière concertée et cohérente (suite)

Actuellement côté France, 61 poissons dont 34 truites sont suivis de manière hebdomadaire. Parmi les truites, certaines ont effectué de grands déplacements sur une courte période dans la phase de pré-reproduction. La suite du suivi nous apprendra davantage sur leurs comportements post-reproduction. La première période du suivi a permis d'identifier la Menoge comme lieu de reproduction pour un groupe de barbeaux et de chevaines de l'Arve aval. Les investigations sur les ombres ont été stoppées rapidement suite aux fortes mortalités post-marquage qui ont été observées sur cette espèce fragile.

Pour pouvoir définir le domaine vital des différentes espèces, un suivi sur un an, a minima, est nécessaire pour couvrir l'intégralité de leurs phases de vie. Ce ne sera qu'en juin 2015 que les schémas de déplacements et aires de vie de chacune pourront être approchés.

L'étude des déplacements du chabot sera effectuée grâce à la méthode d'analyses génétiques: 1600 individus seront analysés. Les échantillonnages (prélèvement d'un morceau de nageoire par individu) sur les affluents de l'Arve ont été réalisés au cours de l'été 2014. Le cours principal de l'Arve sera prélevé au début de l'hiver, lorsque les débits seront favorables. Les analyses à proprement parler seront effectuées au laboratoire de l'université de Marseille par Marie-Hélène LIZEE.

Vous pouvez suivre l'avancement des opérations liées au programme INTERREG ESPACE et découvrir le 1er film de présentation de celui-ci sur le site internet: www.espace-arve-et-rhone.com.

Céline CHASSERIEAU