RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

OFB
OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ



RAPPORT D'ETUDE

octobre 2023

Évaluation par RFID de l'efficacité d'un dispositif de franchissement pour la truite fario

Etude sur un ouvrage hydraulique routier équipé de barrettes

Évaluation par RFID de l'efficacité d'un dispositif de franchissement pour la truite fario

Etude sur un ouvrage hydraulique routier équipé de barrettes

Rapport de l'étude partenariale Cerema / OFB

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
vf	Octobre 2023	Version coordonnée

Affaire suivie par

Claire Détruit – Agence de Clermont-Ferrand – Groupe Eau et Risques
Tél. : 06.68.93.98.83
Courrier : claire.detruit@cerema.fr
Direction Territoriale Centre-Est - Agence de Clermont-Ferrand - ZI du Bréet – 8 à 10 rue Bernard Palissy – 63017 Clermont-Ferrand Cedex 2

Références

n° d'affaire : C17NB0026

Partenaire : OFB

Convention de coopération du 19 mai 2017, avenant du 13 mars 2018 et contrat recherche et développement du 24 juin 2021.

Auteurs

Nom	Service	
Claire Détruit	Cerema - Direction territoriale Centre-Est	Rédacteur
Delphine Rebière	Cerema - Direction territoriale Centre-Est	Rédacteur
Pierre Sagnes	OFB - Pôle R&D écohydraulique de Toulouse	Rédacteur
Sylvie Tomanova	OFB - Pôle R&D écohydraulique de Toulouse	Rédacteur
Olivier Mercier	OFB - Pôle R&D écohydraulique de Toulouse	Rédacteur
Gaël Olivier	OFB - Direction régionale Auvergne-Rhône-Alpes	Rédacteur
David Goutaland	Cerema - Direction territoriale Centre-Est	Relecteur

---

Ce rapport présente à la fois le travail préparatoire pour identifier le site d'étude ainsi que les analyses et résultats obtenus.

Un **rapport synthétique des principaux résultats est également disponible** : OFB (2023) - Evaluation de l'efficacité pour la truite fario (*Salmo trutta fario*) d'un dispositif de franchissement piscicole aménagé dans un long ouvrage hydraulique.

Résumé

Le franchissement des cours d'eau par de grandes infrastructures linéaires implique la mise en place d'ouvrages hydrauliques (OH), difficilement franchissables par les poissons. Des solutions techniques existent pour faciliter la migration des poissons dans les ouvrages, mais les retours d'expérience, permettant de valider les critères de dimensionnement appliqués ou de les ajuster, restent rares. Dans cet objectif, la franchissabilité à la montaison par la truite fario (*Salmo trutta fario*) d'un OH équipé de barrettes échancrées a été étudiée à l'aide de la technologie RFID durant deux années.

Trois antennes de détection ont été installées : dans le cours d'eau à l'approche de l'OH, à l'entrée et à la sortie. Au total 358 truites fario (tailles comprises entre 82 et 255 mm) ont été capturées (137 individus en aval, 221 en amont de l'ouvrage) et marquées par PIT-tags. La proportion d'individus voulant franchir l'ouvrage a été augmentée par translocation d'individus de l'amont. L'efficacité du dispositif de franchissement a donc été évaluée selon deux approches : la translocation à l'aval de l'ouvrage d'individus capturés à l'amont et la migration naturelle d'individus capturés à l'aval de l'ouvrage.

L'étude a montré que le dispositif de franchissement piscicole était fonctionnel quelque soit l'approche utilisée (une efficacicté de 89 % par la méthode de translocation et de 78 % par la migration naturelle). L'utilisation de ces deux méthodes a mis en avant des comportements différents en fonction de la motivation à se déplacer, avec notamment des périodes de migration et des durées de franchissement de l'ouvrage qui ne sont pas les mêmes selon l'approche utlisée. L'obscurité à l'intérieur de l'ouvrage et les contrastes de luminosité à son entrée et sa sortie ne semblent pas gêner les déplacements des poissons, majoritaires en journée.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des acteurs qui ont permis que cette étude soit menée avec succès, et particulièrement :

- le Conseil Départemental du Puy-de-Dôme, propriétaire de l'ouvrage hydraulique, pour son accord de principe pour l'installation du dispositif de suivi ;
- M. Battut, propriétaire riverain, pour l'accès au site et le raccordement à son réseau électrique ;
- la Direction régionale Auvergne Rhône-Alpes et le service départemental du Puy-de-Dôme de l'OFB pour la réalisation des opérations de pêche électrique ;
- les personnes du Cerema qui ont participé à l'étude (suivi des équipements, appui logistique et appui au traitement des données) ;
- les communes de Saint-Julien-Puy-Lavèze et Saint-Sulpice pour autoriser et faciliter la réalisation de l'étude.
- La fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique du Puy de Dôme pour les échanges techniques et l'information de l'Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) locale sur le suivi mis en place.

Glossaire

ACF	Agence de Clermont-Ferrand du Cerema Centre-Est
AFB	Agence Française pour la biodiversité (devenue OFB en janvier 2020)
AAPPMA	Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques
CD	Conseil départemental
Cerema	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CT	Contrat territorial
DDT	Direction Départementale des Territoires
GéoIF	Géolocalisation des inventaires frayères
ICE	Information sur la continuité écologique
Irstea	Institut de recherche en sciences et technologie pour l'environnement et l'agriculture
LEMA	Loi sur l'eau et les milieux aquatiques
OFB	Office Français pour la Biodiversité
OH	Ouvrage hydraulique
PIT-Tag	Passive Integrated Transponder
RFID	Radio frequency identification
RHT	Réseau hydrographique théorique
ROE	Référentiel des obstacles à l'écoulement
SAGE	Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
Setra	Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
SIG	Système d'information géographique
TRF	Truite fario

SOMMAIRE

A- Contexte et objectifs de l'étude..... 6

B- Travail préparatoire pour le choix du site..... 7

C- Site d'étude..... 8

C.1 - La Clidane..... 8

C.2 - L'ouvrage hydraulique et le dispositif de franchissement..... 9

D- Matériels et méthodes..... 10

D.1 - Calendrier..... 10

D.2 - Suivi par RFID..... 10

D.2.1. Antennes de détection..... 11
D.2.2. Échantillonnage par pêche électrique et marquage des poissons..... 12
D.2.3. Caractéristiques des poissons étudiés..... 13

D.3 - Mesures des paramètres environnementaux..... 15

D.4 - Suivi des équipements..... 15

D.5 - Traitement des données..... 16

D.5.1. Paramètres et facteurs déterminants l'efficacité du dispositif de franchissement piscicole..... 16
D.5.2. Préparation des données..... 16
D.5.3. Analyses statistiques..... 17

E- Résultats..... 19

E.1 - Conditions de suivi et fonctionnement des équipements..... 19

E.1.1. Conditions hydrologiques..... 19
E.1.2. Fonctionnement du dispositif..... 20

E.2 - Efficacité du dispositif de franchissement piscicole..... 24

E.3 - Les poissons en migration..... 25

E.4 - Les poissons qui ont franchi l'OH..... 29

E.4.1. Caractéristiques..... 29
E.4.2. Effet de plusieurs facteurs sur les temps de franchissement de l'ouvrage hydraulique..... 38

E.5 - Les poissons qui n'ont pas franchi l'OH..... 41

E.5.1. Caractéristiques..... 41
E.5.2. Les facteurs qui expliquent les échecs de franchissement..... 43

E.6 - Les poissons jamais détectés..... 45

E.7 - Synthèse des principaux résultats..... 46

F- Discussion..... 47

F.1 - Fonctionnalité du dispositif de franchissement piscicole..... 47

F.2 - Comportement de la truite fario sur la Clidane..... 48

F.3 - Recommandations pour un futur suivi..... 48

Bibliographie..... 49

Annexes..... 50

A- Contexte et objectifs de l'étude

Les besoins biologiques de nombreuses espèces aquatiques nécessitent des déplacements pour, par exemple, rechercher de la nourriture, des refuges ou un lieu propice pour la reproduction. Ces déplacements contribuent au bon fonctionnement des cours d'eau, ce qui en fait un objectif majeur des politiques de restauration des cours d'eau (avec le transport sédimentaire). On parle de continuité écologique qui se définit comme la « libre circulation des organismes vivants et leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance, leur alimentation ou leur abri, le bon déroulement du transport naturel des sédiments ainsi que le bon fonctionnement des réservoirs biologiques (connexions, notamment latérales, et conditions hydrologiques favorables) »[1]. (ill.1).

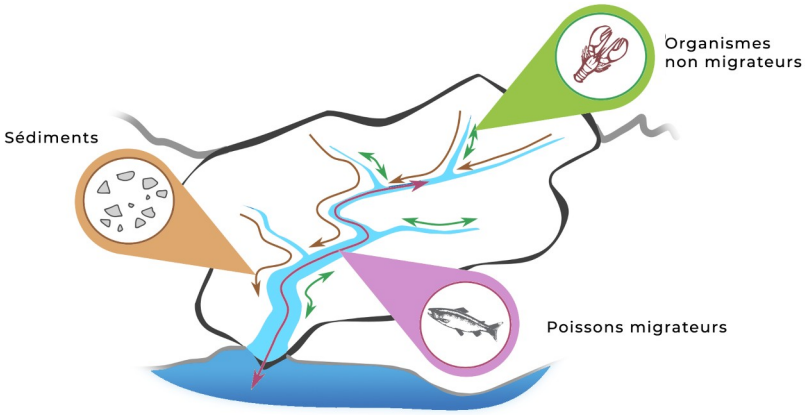


Illustration 1: La continuité écologique d'un cours d'eau : Transit sédimentaire et libre-circulation des organismes (source : Agence Française pour la Biodiversité d'après OIEau, 2019)

Les déplacements des espèces aquatiques peuvent être contraints voire interrompus par des obstacles, qui entraînent une fragmentation des milieux et affectent leur libre circulation. Ces obstacles sont de différentes natures (ouvrages en travers du lit mineur comme les seuils de moulins, barrages, ouvrages hydrauliques liés à une infrastructure, etc) et créent des barrières physiques dont les impacts sur les espèces sont potentiellement variés (blessures, mortalités, retard de migration, impacts indirects sur les paramètres démographiques, etc). Ces ouvrages entraînent également des modifications des caractéristiques du milieu qui peuvent devenir incompatibles avec les capacités de nage des espèces ou avec leur comportement migratoire : étalement de la lame d'eau, chute d'eau infranchissable, vitesses d'écoulement excessives (associées à une pente importante et à l'absence de rugosité sur le radier), uniformité des écoulements et absence de zone de repos (associées à des longueurs d'ouvrages parfois importantes), changement brusque de luminosité aux entrées et absence de lumière dans l'ouvrage.

L'obligation de restauration répond à la réglementation en vigueur et s'accompagne d'outils pour agir :

- La directive européenne cadre sur l'eau de 2000 intègre la continuité écologique comme critère du bon état écologique des cours d'eau ;
- La loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) de 2006 classe les cours d'eau sur lesquels des enjeux de continuité sont identifiés en deux listes, qui s'accompagnent de mesures spécifiques (art. L214.17 du code de l'environnement) ;
- Les documents de planification et de gestion des milieux aquatiques (SDAGE, SAGE et contrats de milieux) traduisent ces objectifs en mesure de restauration.

Dans le cas où la suppression de l'obstacle n'est pas envisageable, différentes solutions de gestion ou d'équipement existent pour permettre la libre circulation des espèces (BARAN, 2010). Le propriétaire de l'obstacle peut s'appuyer sur les recommandations techniques existantes pour intervenir sur son ouvrage en : 1) réalisant un diagnostic du site et en évaluant la franchissabilité de l'ouvrage (BAUDOIN *et al.*, 2014), 2) définissant la solution technique adaptée à la situation et aux espèces cibles (voir par exemple LARINIER *et al.*, 1994, 2006 ; Setra, 2013 ; Pêches et Océans Canada, 2016) et 3) aménageant l'obstacle.

De nombreux obstacles, notamment les ouvrages hydrauliques de rétablissement des écoulements sous les infrastructures de transports, sont aujourd'hui équipés de dispositifs de restauration de la continuité écologique mais très peu font l'objet d'une évaluation de leur efficacité. C'est pourquoi, l'OFB et le Cerema ont réalisé une évaluation de l'efficacité biologique d'un dispositif de franchissement piscicole aménagé dans un ouvrage hydraulique routier afin :

- d'améliorer la connaissance sur les déplacements d'une espèce holobiotique (la truite fario, *Salmo trutta*

1 Source : Agence française pour la biodiversité (AFB)

fario) et les facteurs qui peuvent influencer ses migrations ;

- d'évaluer l'efficacité d'un dispositif de franchissement piscicole (en analysant les trois séquences recommandées : attractivité du dispositif, entrée dans le dispositif et traversée du dispositif) ;
- d'alimenter des retours d'expériences afin de conforter ou d'ajuster les recommandations techniques existantes pour le dimensionnement des dispositifs.

B- Travail préparatoire pour le choix du site

Recensement des obstacles équipés selon les critères définis

L'étude a débuté par la recherche d'un site qui répondait aux critères préalablement fixés : un ouvrage hydraulique de rétablissement des écoulements sous une infrastructure de transport, équipé de barrettes pour le franchissement piscicole, des enjeux biologiques avec présence de frayères et d'habitats potentiellement intéressants (à l'amont notamment), une hydrologie compatible avec une installation pérenne du matériel, un diagnostic ICE validant la fonctionnalité théorique de l'aménagement, un point de raccordement électrique à proximité et un secteur géographique accessible pour les équipes du Cerema. Sur la base de cette liste de critères, un recensement des sites a été réalisé. Pour cela, les services intervenants dans la politique de restauration des continuités écologiques (OFB, Agences de l'eau, DDT, Fédérations de pêche et syndicats de rivière) ont été contactés, les bases de données métiers ont été consultées (ROE de l'OFB pour la connaissance des obstacles, banque de données Hydro et Réseau hydrographique théorique de l'IRSTEA pour connaître les caractéristiques hydrologiques du site et SIG référençant les frayères de l'OFB) et des visites sur le terrain pour les sites pré-sélectionnés ont été réalisées afin d'évaluer la qualité du site. Ce premier recensement a été capitalisé.

Réalisation de mesures sur les sites pré-identifiés

Dans un second temps, des mesures hydrauliques ont été effectuées sur les sites pré-sélectionnés de manière à valider la fonctionnalité théorique des dispositifs de franchissement par l'application de la méthode ICE (BAUDOIN *et al.*, 2014) et identifier ainsi le site d'étude. Les relevés suivants ont été réalisés :

- description du profil de l'ouvrage hydraulique et du dispositif de franchissement (type de dispositif, profil des barrettes, dimensions, etc),
- mesure des caractéristiques hydrauliques du site (profondeur de fosses au pied des barrettes, tirant d'eau sur les barrettes, vitesses en différents points du dispositif, etc),
- mesure des lignes d'eau (afin de déterminer les hauteurs de chute au niveau des barrettes).

Démarches auprès des acteurs concernés par le site retenu

La mise en place du suivi a nécessité les autorisations des partenaires suivants :

- le Conseil Départemental du Puy-de-Dôme, gestionnaire de l'infrastructure routière et propriétaire de l'ouvrage hydraulique, pour son accord de principe pour l'installation du dispositif de suivi (sous réserve de respecter les recommandations et prescriptions techniques émises pour l'installation des équipements sur la structure béton de l'ouvrage d'art) ;
- l'agriculteur, dont la ferme située à proximité du site permet l'alimentation électrique du dispositif ;
- deux communes pour le passage du câble électrique dans un ouvrage hydraulique communal à l'amont du site d'étude ;
- la DDT du Puy-de-Dôme pour l'opération de pêche électrique ;
- les propriétaires des parcelles situées le long du cours d'eau pour la réalisation de la pêche électrique ;
- le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation pour la validation du protocole expérimental pour le marquage des poissons.

Communication sur l'opération

Afin d'informer les pêcheurs de l'étude en cours, des panneaux d'information ont été installés sur le site (ill.2). La Fédération du Puy-de-Dôme pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique a également été informée.



Illustration 2 : Panneaux de communication installés sur le site

Deux marques ont été rapportées à la fédération de pêche. Les deux poissons avaient été capturés fin mai / début juin 2021, en amont du site d'étude et en aval du pont de l'autoroute au niveau du bassin d'orage (à ~ 1 km du site). Il s'agit de deux poissons marqués en juin 2020 sur le secteur amont et transloqués à l'aval de l'OH et présentant des tailles et poids de 233 mm et 139 g et 229 mm et 131 g (identification des numéros des TAGS). Les franchissements ont eu lieu (dates de la première détection à l'antenne sortie) les 11 juin et 19 juin 2020.

C- Site d'étude

Situé dans le département du Puy-de-Dôme, le site retenu est un ouvrage hydraulique qui permet à la route départementale 2089 de franchir la rivière Clidane. Il est équipé de barrettes pour le franchissement des poissons. Ce site est situé à 1 h de l'Agence de Clermont-Ferrand du Cerema (critère de sélection), ce qui a permis des déplacements réguliers pour le suivi des équipements et le déchargement des données (partie E.1.2).



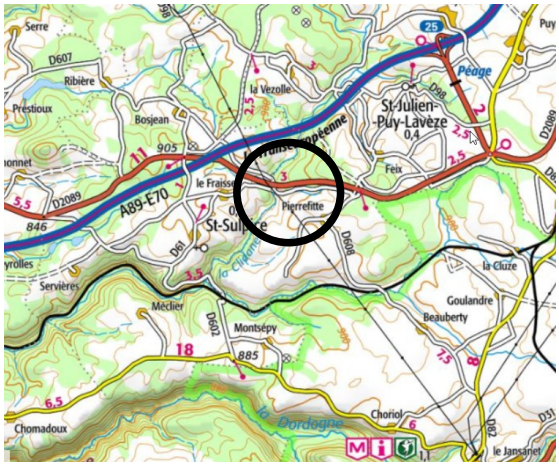


Illustration 3 : Localisation géographique du site (source : géoportail)

Cet ouvrage n'était pas référencé dans le ROE de l'OFB ; il porte désormais le numéro 111 713.

C.1 - La Clidane

Un secteur en tête de bassin versant

Localisé sur le bassin versant du Chavanon, qui est un affluent du bassin de la Dordogne (ill. 4), le site d'étude se situe en tête de bassin, avec des caractéristiques propres à ces secteurs : « *le bassin versant du Chavanon (…) est ce que l'on appelle un territoire de tête de bassin versant (ou zone de sources) caractérisé idéalement par de petits cours d'eau à l'eau fraîche, bien oxygénée, accueillant un cortège d'espèces animales et végétales singuliers (Truite fario, Chabot, Loutre, Moule perlière, Écrevisse à pattes blanches, ...)* ».(Parc Naturel Régional de Millevaches en Limousin, 2020).

Caractéristiques du cours d'eau

Un classement en liste 2. La Clidane (code masse d'eau FR105) est un cours d'eau naturel, de 22 km de longueur[2], classé sur la liste 2 et dont l'espèce holobiotique indicative est la truite fario[3].

Un cours d'eau en bon état écologique DCE. L'état écologique du cours d'eau (évaluation SDAGE 2016-2021 ; station de mesure 05069910 - La Clidane au niveau de Messeix[4]) est qualifié de bon.

2 Système d'Information sur l'Eau du bassin Adour Garonne (http://www.adour-garonne.eaufrance.fr/)
3 Document technique d'accompagnement des classements pour le bassin Adour-Garonne
4 SIE Adour Garonne / Fiche masse d'eau

Un réservoir biologique. La Clidane est définie dans le SDAGE Adour-Garonne 2016-2021 comme **un réservoir biologique**. Ce classement est établi en fonction des espèces et du fonctionnement / contribution du cours d'eau et se définit ainsi : « Les réservoirs biologiques, au sens de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (art. L214-17 du Code de l'Environnement), sont des cours d'eau ou parties de cours d'eau ou canaux qui comprennent une ou plusieurs zones de reproduction ou d'habitat des espèces aquatiques et permettent leur répartition dans un ou plusieurs cours d'eau du bassin versant. Ils sont nécessaires au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant. »[5].

Des enjeux de continuité pour la truite fario. C'est une rivière de **première catégorie piscicole** où les salmonidés constituent la population dominante (EPIDOR 2003). Les dernières **pêches d'inventaire** réalisées par la Fédération du Puy-de-Dôme pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique en différents points du cours d'eau (en 2016 et 2017) montrent que les peuplements piscicoles sont proches du référentiel en termes de diversité mais présentent un déficit de densité (par rapport aux valeurs théoriques). On notera la présence de la truite fario, du chabot et du vairon en aval de notre site d'étude, et de la truite fario uniquement sur la station de pêche amont. Les truites sont plutôt de petite taille (entre 10 et 16 cm). L'outil de **localisation des présences d'espèces et de leurs zones de frayères** de l'OFB (base nationale de données de Géolocalisation des Inventaires Frayères[6]) recense une frayère à truites à quelques centaines de mètres à l'amont du site d'étude.

Autre enjeu (sans influence sur le choix du site) : la présence de la loutre sur le secteur. Le secteur de la Clidane a été recolonisé par la Loutre de 1985 à 1990[7]. Le contrat de rivière Haute-Dordogne caractérise le secteur de la Haute-Dordogne « *comme un lieu d'importance européenne pour la sauvegarde de la loutre* ». Cet enjeu a conduit à l'aménagement d'un passage pour la loutre dans l'ouvrage hydraulique.

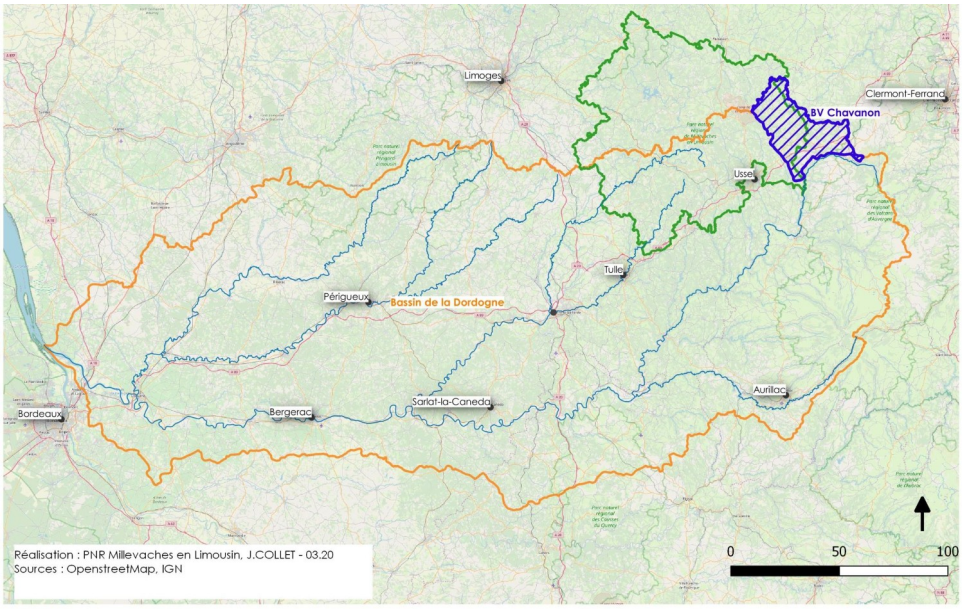


Illustration 4 : Localisation du bassin versant du Chavanon (source : CT du Chavanon)

C.2 - L'ouvrage hydraulique et le dispositif de franchissement

L'ouvrage hydraulique est une buse en béton armé de 73,60 m de longueur et 4,80 m de largeur (ill.5). Pour permettre le franchissement des poissons, cet ouvrage est équipé de **10 barrettes échancrées et perpendiculaires au courant** dont l'objectif est de : rehausser la ligne d'eau, concentrer les écoulements pour les faibles débits, diminuer les vitesses d'écoulement, retenir le substrat et offrir des zones de repos. Une banquette à double marche est aménagée en rive gauche pour le passage de la petite faune.

Les mesures réalisées le 21/06/2018 pour vérifier la fonctionnalité théorique du dispositif par la méthode ICE de l'OFB (partie B) ont permis de caractériser l'aménagement (annexe 1) :

- présence de 10 barrettes échancrées, d'une longueur de 3,60 m et d'une largeur de 0,20 m ;
- un espacement entre deux barrettes successives de 8 m environ ;
- chaque barrette présente une échancrure d'environ 1,20 m de large ;
- les échancrures sont alternées rive droite / rive gauche ; les échancrures en rive droite sont situées à environ

5 SIE Adour Garonne / Fiche cours d'eau / Réservoirs biologiques SDAGE 2016-2021
6 Réalisé dans le cadre de l'élaboration des inventaires de frayères (décret n° 2008-283 du 25 mars 2008). Description de la donnée (INSPIRE) : « (…) Pour les espèces de la liste 2, l'approche est déterministe : un point sur un tronçon signifie que des frayères avérées se retrouvent sur l'ensemble du tronçon » source : fiche descriptive des métadonnées 17/08/2017 Onema
7 Contrat de rivière Haute-Dordogne 2003

20 cm du bord de l'ouvrage, et entre 35 et 70 cm environ pour celles en rive gauche ;

- les hauteurs d'eau sur les échancrures sont supérieures à 25 cm pour un débit de 0,333 m³/s (mesuré le 21/06/2018).

Un ouvrage hydraulique est présent en amont du site d'étude mais celui-ci n'a pas été considéré comme limitant pour la continuité écologique en raison des caractéristiques observées sur le terrain (petite longueur, pas de chute, radier naturel, vitesse faible).



Première barrette échancrée à franchir pour les poissons



Vue intérieure de l'OH étudié, depuis l'aval



Sortie amont de l'OH



Première barrette aval aménagée sur le radier

Illustration 5 : L'ouvrage hydraulique sur la Clidane et le dispositif de franchissement

D- Matériels et méthodes

D.1 - Calendrier

L'étude a été réalisée de **mai 2019 à juin 2021**, ce qui a permis de **couvrir deux périodes de migration naturelle** de la truite fario[8] :

- Du 1er au 4 avril 2019 : installation des antennes et validation du dispositif par le gestionnaire de l'ouvrage,
- 15 et 16 mai 2019 : première opération de pêche / marquage des poissons,
- 11 juin 2020 : deuxième échantillonnage,
- 16 et 17 juin 2021 : démontage du site (validation de la remise en état par le gestionnaire de l'ouvrage).

D.2 - Suivi par RFID

La RFID (Radio Frequency IDentification) est une technologie qui permet de détecter localement - par des antennes - et d'enregistrer le passage des poissons préalablement marqués par « PIT-Tag » (Passive Integrated Transponder). Chaque PIT-Tag est associé à un identifiant unique, qui est transmis, au passage d'un poisson marqué à proximité des antennes, à un dispositif qui enregistre ce numéro ainsi que la date et l'heure de passage. La durée de vie des PIT-Tags est illimitée, ce qui permet un suivi des poissons sur de longues durées. Cette technologie est recommandée et couramment utilisée pour l'évaluation de l'efficacité des dispositifs de franchissement piscicole (ZYDLEWSKI et al., 2006 ; TOMANOVA et al., 2018 ; FprEN 17233, 2020). Elle est également particulièrement adaptée au suivi des espèces holobiotiques puisqu'elle permet, grâce à différentes tailles de marques, de marquer les petits individus. Le schéma global du dispositif de suivi est présenté en annexe 2.

8 La période de migration de la truite fario s'étend de la fin de l'été au début de l'hiver, suivant le secteur. Source : OFB

D.2.1. Antennes de détection

Trois antennes de détection fixes (ill.6) ont été installées à plat dans le lit du cours d'eau[9] :

- L'"**antenne rivière**" a été placée à environ 20 m à l'aval de l'ouvrage pour détecter les poissons en migration ;
- L'"**antenne entrée**" a été placée à l'entrée aval de l'ouvrage (en amont de la 1ère barrette aval) pour détecter les poissons qui ont trouvé et sont entrés dans le dispositif ;
- L'"**antenne sortie**" a été placée à la sortie amont de l'ouvrage (à env. 1.5 m de la sortie) pour détecter les poissons qui ont franchi l'ouvrage avec succès.

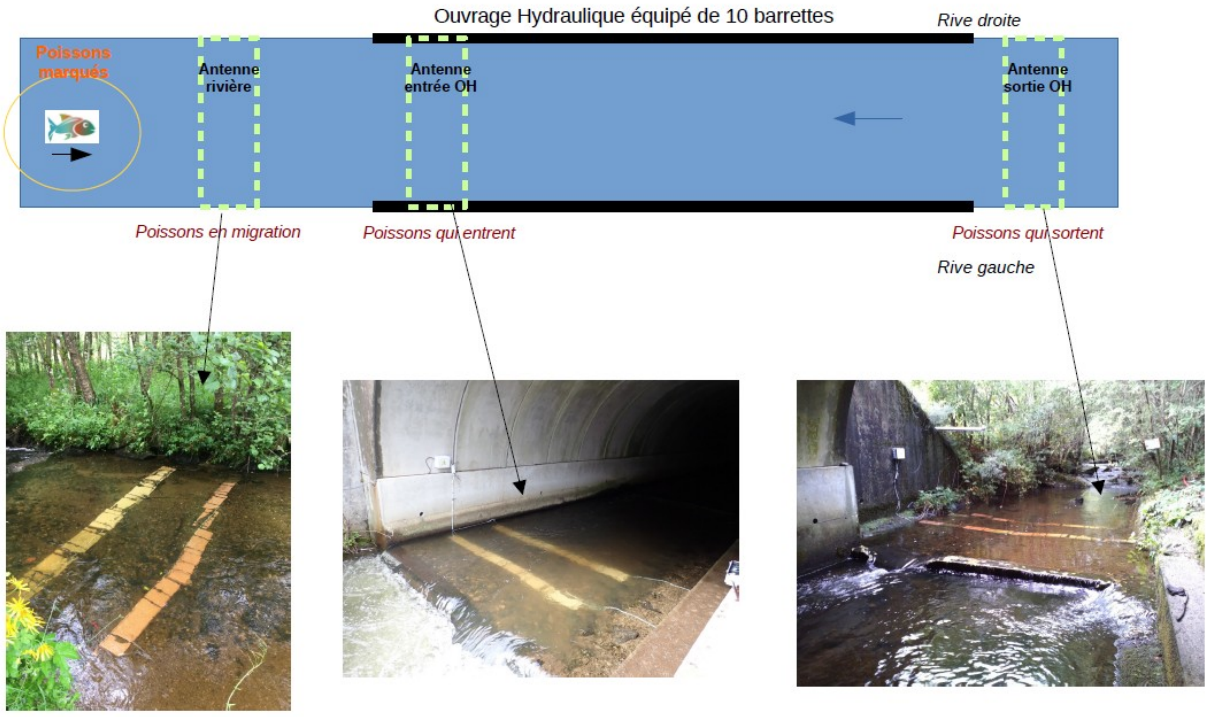


Illustration 6: Emplacement des trois antennes de détection RFID permettant d'étudier l'efficacité du dispositif de franchissement piscicole. Les indications portées au-dessous de chaque antenne (en rouge) indiquent le type d'information fourni par chacune d'entre-elles.

Les antennes ont été réalisées avec du câble HiFi (6 mm²). Chaque antenne était reliée à différents équipements (références en annexe 3) : un mouchard à proximité de l'antenne pour vérifier son fonctionnement (émission d'un signal régulier) ; un tuner pour le réglage des distances de détection ; un câble twinax qui transmet les informations entre le boîtier RFID (en berge) et le tuner (à proximité de l'antenne) ; un boîtier RFID (lecteur/enregistreur) qui génèrent le champ électromagnétique et enregistre les signaux émis par les marques (1 boîtier pour l'antenne sortie OH et 1 boîtier pour les deux antennes rivière et entrée OH). Les données de détection étaient enregistrées au format UTC. L'ensemble du système était raccordé au réseau électrique 220 volts et couplé à un transformateur 12-18 V. L'installation des équipements a été réalisée avant l'opération de pêche / marquage des poissons.
Différents réglages ont été nécessaires pour optimiser le fonctionnement des antennes (annexe 4) et la distance de détection qui varie en fonction de la taille du PIT-Tag et de la configuration de l'antenne (notamment : sa forme, sa dimension, son orientation (à plat ou verticale), du câble utilisé…) (tab.1).

	Distances de détection (mm)					
	PIT Tag 12 mm			PIT Tag 23 min		
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne
Ant. Rivière	18	30	24	60	83	72
Ant. Entrée	18	32	23	58	88	73
Ant. Sortie	10	23	15	37	89	59

Tableau 1: Distances de détection mesurées selon la taille des PIT-Tags (au dessus du câble min-max, moyenne)

9 Pour éviter tout risque d'embâcles et de dégradation de l'OH, les antennes ont été implantées à plat dans le cours d'eau. Pour l'antenne rivière, les deux options ont été testées et pour simplifier l'installation, l'antenne a également été posée sur le fond du cours d'eau.

D.2.2. Échantillonnage par pêche électrique et marquage des poissons

L'étude a été réalisée grâce à la capture et au marquage d'individus appartenant à la population locale de truite fario. **Deux opérations de marquage ont été réalisées** en 2019 et 2020 de manière à suivre deux cycles annuels de déplacement potentiel des poissons et augmenter l'effectif sur lequel repose l'évaluation. Les poissons ont été marqués en dehors de leur période de reproduction.

Afin d'augmenter la probabilité qu'un nombre important de poissons se présente à l'aval de l'ouvrage et tente de le franchir, certains individus ont été capturés à l'amont de l'OH, marqués, puis relâchés à l'aval de l'OH (WEIBEL et PETER, 2013). Cette méthode dite de translocation a précédemment été utilisée dans un certain nombre d'études (voir par exemple CAUDRON et al., 2020) pour étudier la fonctionnalité des ouvrages de franchissement. L'hypothèse sous-jacente à ce déplacement d'individus est que les poissons concernés cherchent à rejoindre rapidement leur habitat d'origine. En revanche, les poissons capturés à l'aval de l'obstacle devraient suivre un rythme de migration naturel et, pour certains, remonter le cours d'eau au moment de la période de reproduction de l'espèce (automne/hiver). Les poissons ont donc été échantillonnés sur deux secteurs (ill.7) :

- un **secteur aval** (entre 250 m et 950 m à l'aval de l'ouvrage[10]) : les poissons prélevés sur ce secteur ont été relâchés sur leur secteur de pêche après le marquage ;
- un **secteur amont** (avec prélèvements sur une distance d'environ 920 m) : ces poissons ont été transloqués et relâchés à environ 250 m à l'aval de l'ouvrage (au niveau du secteur 1).

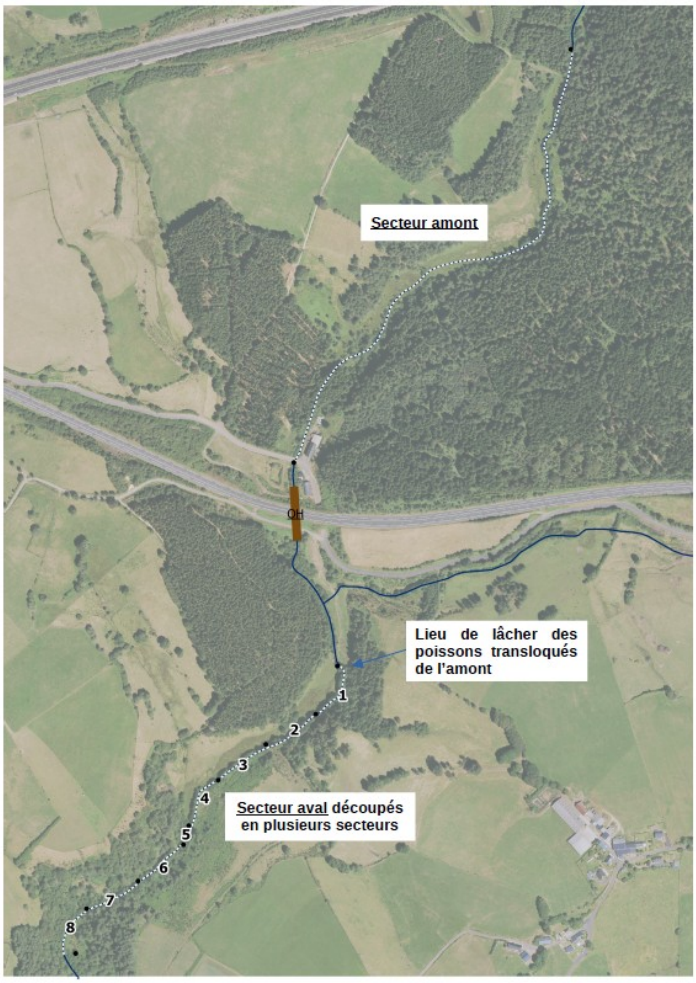


Illustration 7: Secteurs de pêche

Les truites ont été prélevées par pêche à l'électricité à pied (engin portatif "martin pêcheur"® de la société Dream Electronique, dans le respect des règles de sécurité, POTTIER et al., 2022) (ill.8). Les opérations se sont déroulées dans de bonnes conditions météorologiques et hydrologiques.

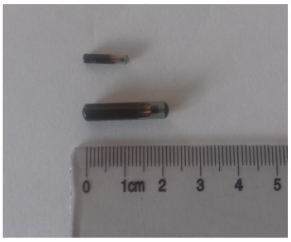




Illustration 8: Pêche électrique par les agents de l'OFB (opération de juin 2019) réalisée à l'aide d'un Martin-pêcheur (source : Dream électronique)

Ce sont uniquement les individus présentant une taille suffisante pour supporter, a minima, une marque de 12 mm (> 69 mm, suivant les recommandations de VOLLSET et al., 2020) qui ont été prélevés et marqués. Les autres individus dont la taille a été jugée insuffisante ont été relâchés. Les poissons ont été **anesthésiés** dans un bain d'eugénol (mélange à 10 % d'huile essentielle de clou de girofle et d'éthanol à 70°, dans une proportion de 2mL de solution pour 10L d'eau) puis mesurés (longueur totale en mm) et pesés (poids en g). Deux tailles de Pit-Tags ont été utilisées pour le **marquage des individus** : 12 mm et 23 mm (ill.9) ; le choix entre ces deux tailles dépendant de celle du poisson.

10 La distance de 250 m entre l'ouvrage et la limite amont de la zone de marquage permet de penser que les poissons qui se présentent à l'antenne rivière ont bien engagé un mouvement de montaison.



12 mm (pour les truites > 60 mm)

23 mm (pour les truites > 130 mm)

Illustration 9: Type de PIT-Tags utilisés

Les instruments nécessaires aux manipulations ainsi que l'ensemble des PIT-Tags ont été désinfectés avec un antiseptique. L'**insertion de la marque** se fait par incision sur la face ventrale du poisson et insertion dans la cavité péritonéale. L'incision est laissée ouverte pour une cicatrisation naturelle (pas de points de sutures qui peuvent causer des infections, recommandations des experts). Après marquage, les poissons ont été placés dans des **bacs de stabulation**, avec surveillance continue de la température de l'eau (renouvellement le cas échéant), pour vérifier que les poissons retrouvaient leur mobilité. Les poissons ont ensuite été placés dans des **viviers immergés dans la rivière** en attendant d'être relâchés dans le cours d'eau (la libération dans le milieu naturel se fait une fois l'opération de pêche terminée). Une faible mortalité a été observée puisque 5 poissons sur les 365 marqués sont morts après la pêche, l'anesthésie et le marquage (soit une mortalité de 1,4 %).
Après récupération complète suite à l'anesthésie, les poissons pêchés en aval de l'OH ont été relâchés sur leur secteur de pêche et les poissons pêchés à l'amont ont été relâchés à l'aval de l'ouvrage (translocation). La distance minimale entre l'ouvrage et les lâchers des poissons marqués a été de 250 m pour 1) limiter le risque que des poissons stationnent à proximité de l'antenne rivière et perturbent la détection (la présence d'individus marqués à proximité d'une antenne peut masquer le passage d'autres individus), et 2) pouvoir considérer que les poissons détectés sur cette antenne sont bien en mouvement de montaison. Ces différentes manipulations sont illustrées ci-dessous (ill.10).

Mesure et pesée de chaque individu 	Matériel de manipulation désinfecté 
Insertion du PIT-Tag au niveau de l'incision 	Récupération en viviers installés dans la rivière 

Illustration 10 : Opération de marquage des poissons

D.2.3. Caractéristiques des poissons étudiés

Au total, **358 truites (TRF) ont été marquées au cours des deux opérations :** 38 % sur le secteur aval et 62 % sur le secteur amont (tab.2). Si en 2019, le nombre de poissons marqués était identique entre les deux secteurs (82 et 85 poissons), en 2020, l'effectif amont est largement dominant. Ce résultat peut s'expliquer par l'ordre des tronçons prospectés : en 2020, c'est d'abord le tronçon amont qui a été prospecté, et avec 139 individus capturés, il a été décidé de limiter la prospection aval aux 4 secteurs de pêche S1 à S4. Quelques individus marqués en 2019 ont été recapturés en 2020 (7 sur le secteur amont et 8 sur le secteur aval). En 2019, 63,5 % des poissons marqués de l'aval viennent des secteurs les plus proches de l'OH (secteurs 1 à 4) (ill. 11), donc

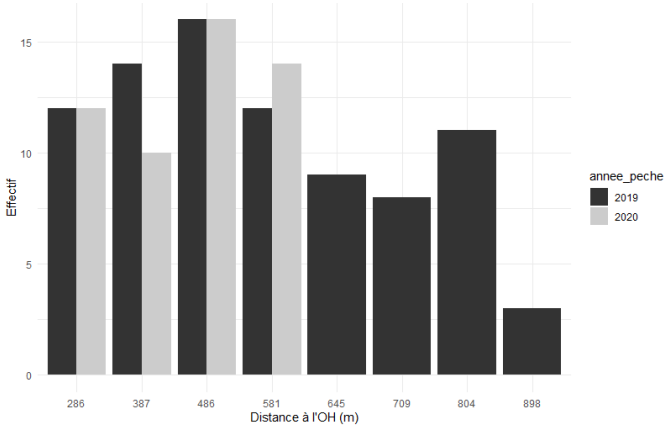
localisés à une distance maximum de 630 m de l'OH.

	Secteur amont	Secteur aval	Total
2019	82	85	167
2020	139	52	191
Total	**221**	**137**	**358**
	61,7 %	38,3 %	

Tableau 2 : Nombre de poissons marqués par année et secteurs de pêche

Secteurs aval	distance OH (depuis le centre du secteur)	2019	2020	Total
1	286	12	12	24
2	387	14	10	24
3	486	16	16	32
4	581	12	14	26
5	645	9		9
6	709	8		8
7	804	11		11
8	898	3		3
		85	52	137

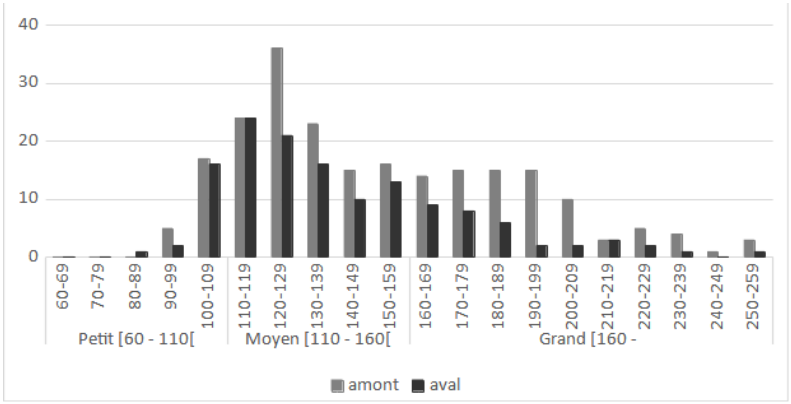
Illustration 11 : nombre de poissons marqués sur le secteur aval, par année et sous-secteurs



Les 358 truites marquées mesuraient entre 82 et 255 mm (tailles minimale et maximale capturées). Les poissons pêchés sur le secteur amont étaient en moyenne de plus grande taille que ceux de l'aval (avec des moyennes respectives de 152 mm et 141 mm) (ill. 12 et 13).
La **taille des poissons qui sera prise en compte dans les analyses statistiques est celle mesurée au moment du marquage**. Il n'y a pas eu de simulation de croissance pour les poissons qui se seraient présentés à l'ouvrage plus de 365 jours après leur marquage (5 poissons).

	Longueur totale (mm)		Poids (g)	
	Poissons du secteur amont (n=221)	**Poissons du secteur aval** (n=137)	**Poissons du secteur amont** (n=221)	**Poissons du secteur aval** (n=137)
Min	95	82	8	8
1er quartile	122	117	21	19
Médiane	141	132	33	26
Moy	152	141	46	37
3e quartile	180	159	64	47
Max	255	251	187	174

Illustration 12: Taille et poids des individus marqués selon le secteur de pêche (amont et aval de l'ouvrage)



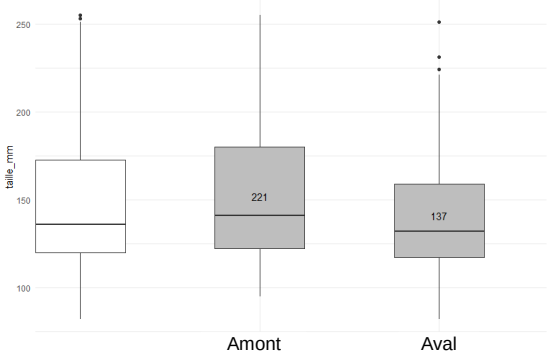


Illustration 13 : Taille des individus marqués selon le secteur de pêche (à l'amont et à l'aval de l'ouvrage)

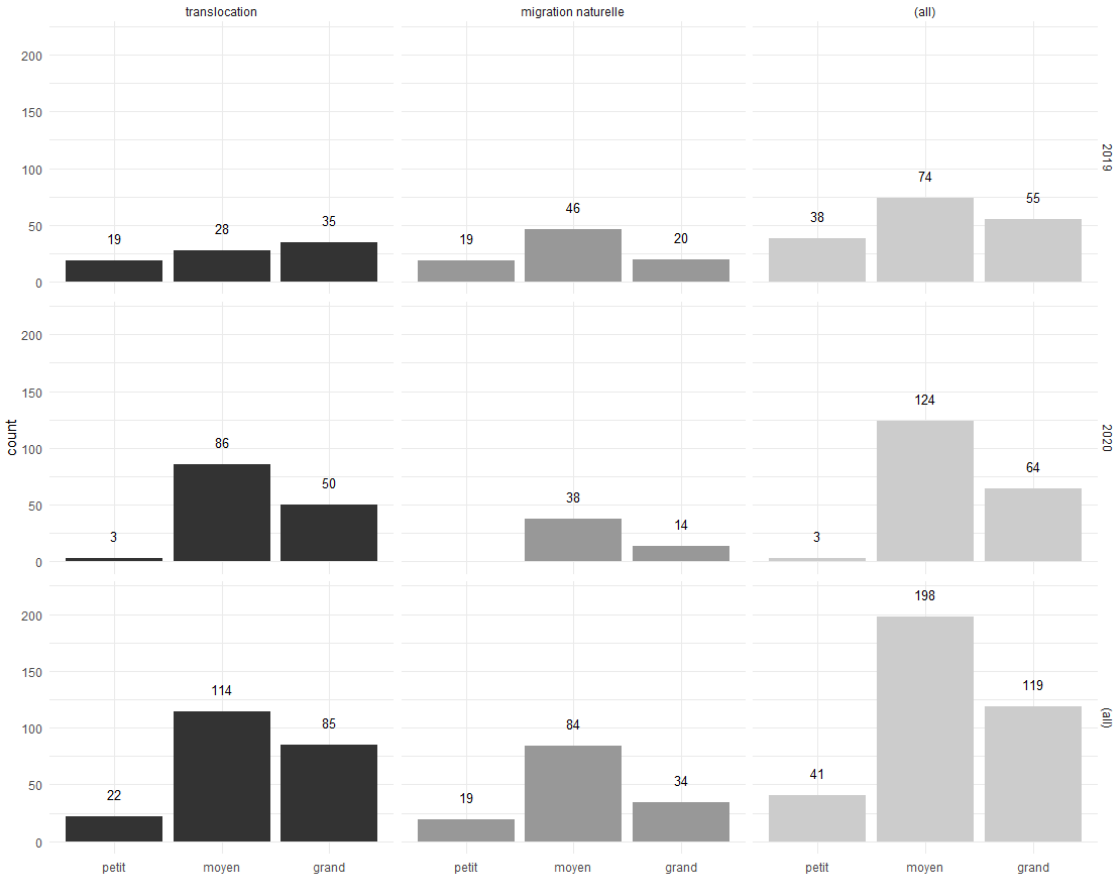


Illustration 14 : Nombre d'individus par classes de taille et en fonction de l'origine et/ou de l'année de pêche (Petit [60 - 110 mm[; moyen [110 - 160 [; grand > 160 mm)

D.3 - Mesures des paramètres environnementaux

Des relevés continus des hauteurs d'eau (estimateur du débit) par des sondes de mesure (IJINUS) installées à l'amont et à l'aval[11] de l'OH, et de la température de l'eau par une sonde thermique (HOBO) immergée ont été effectués, afin de pouvoir relier, *a posteriori*, l'efficacité du dispositif et les rythmes de franchissement avec certains paramètres environnementaux. Les mesures de hauteurs d'eau correspondent à des hauteurs entre le fond du lit et la surface de l'eau. Comme précédemment, les enregistreurs ont été réglés au format horaire UTC afin de se détacher des différents changements d'heure.

D.4 - Suivi des équipements

Un suivi régulier du site a été mis en place pour décharger les données des enregistreurs et s'assurer du bon fonctionnement des équipements. Un dispositif en milieu naturel est en effet très sensible aux événements naturels (embâcles, vitesses d'eau excessives, etc) et autres défaillances (électrique par exemple). Les équipes se sont rendues sur place une fois / semaine environ pendant les deux années de suivi. Les interventions ont été consignées dans un fichier.

Des prospections mobiles sur le secteur amont ont été réalisées à plusieurs reprises pour localiser les poissons après franchissement de l'OH, vérifier si des poissons avaient franchi lors du dysfonctionnement du dispositif et détecter les éventuels marques rejetées. Les prospections ont été réalisées avec une antenne mobile de la marque Oregon et un GPS. Quatre prospections mobiles ont été réalisées :

- deux prospections suite au dysfonctionnement des antennes fixes (le 25/06/2019 et 17/06/2020),
- une pour repérer les frayères et les éventuelles marques expulsées au niveau des frayères (23/01/2020),
- une en fin d'étude (27/04/2021) depuis l'entrée aval de l'OH.

La prospection du 23/01/20 visant à repérer les frayères n'a pas abouti et ne sera donc pas exploitée. Les autres prospections ont été exploitées pour vérifier les passages lors du dysfonctionnement des antennes (voir E.1.2).

11 La sonde aval devait permettre de vérifier la franchissabilité de la barrette aval qui semble, *a priori*, la plus difficile à franchir.

D.5 - Traitement des données

D.5.1. Paramètres et facteurs déterminants l'efficacité du dispositif de franchissement piscicole

L'analyse de la fonctionnalité du dispositif a été évaluée par quatre paramètres appliqués aux deux lots de poissons (les poissons transloqués et ceux en migration naturelle) :

- le **taux de migration** : c'est le nombre d'individus qui remontent réellement le cours d'eau par rapport à l'ensemble des individus marqués, et sont donc susceptibles d'emprunter le dispositif.
- l'**attractivité du dispositif** : c'est le nombre de poissons qui trouvent l'entrée du dispositif par rapport à ceux qui sont en migration (l'évaluation de l'efficacité du dispositif porte sur les individus qui sont réellement en montaison).
- la **franchissabilité du dispositif** (ou traversée) : c'est le nombre de poissons qui empruntent le dispositif et en sortent par rapport à ceux qui sont entrés.
- l'**efficacité de passage** : c'est le nombre d'individus qui franchissent le dispositif par rapport au nombre d'individus qui se présentent.

Trois temps de passage ont été estimés pour évaluer l'impact de cet aménagement sur les déplacements des poissons et les potentiels retards que celui-ci peut générer lors des migrations de reproduction :

1. **le temps d'approche**, soit la durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne entrée,
2. **le temps de franchissement (des neuf barrettes),** soit la durée entre la première détection à l'antenne entrée et la première détection à l'antenne sortie,
3. **le temps total de passage**, soit la durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne sortie.

Ces temps de passage ont été abordées selon deux méthodes qui utilisent :

(1) les premières dates de détections au dispositif (juste après le marquage des poissons). On pourra donc évaluer au bout de combien de temps les poissons marqués ont remonté le cours d'eau (partie E.3). L'OFB a également utilisé ces dates pour caractériser les éventuelles « hésitations » des poissons à l'aval de l'OH avant franchissement (consulter le rapport synthétique).

(2) les dates de détections seulement à partir du moment où le poisson s'engage dans le dispositif. C'est la méthode utilisée pour les parties E.4 et E.5. Dans ce cas, les hésitations à pénétrer dans l'OH (avec des allers-retours entre les antennes rivière et entrée) ne sont pas intégrées aux temps de parcours.

Enfin, **différents facteurs** pouvant influencer les passages des poissons dans le dispositif ont été étudiés. Il s'agit de la taille des poissons marqués, la hauteur d'eau dans la rivière au moment du passage et la période du franchissement (diurne, nocturne, crépusculaire).

Pour les poissons qui ont franchi le dispositif plusieurs fois, seules les détections liées au premier franchissement sont prises en compte.

D.5.2. Préparation des données

Le déchargement régulier des enregistreurs (détections, température et hauteurs d'eau) a généré un volume de données très important qu'il a fallu vérifier, valider et mettre en forme en vue de leur traitement (ill.15).

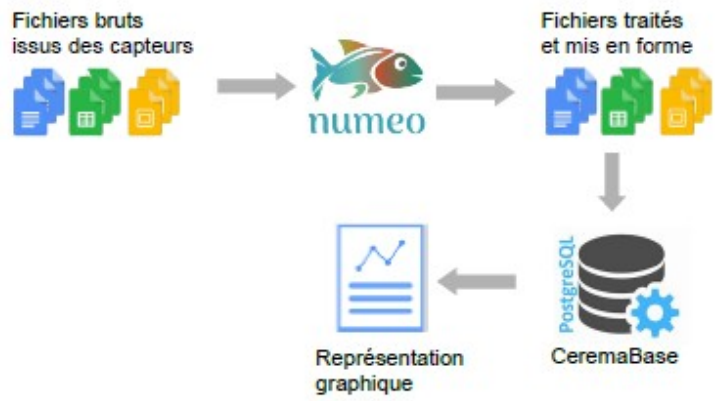


Illustration 15: La préparation des données (Cerema)

(a) Validation et mise en forme des données

Les données à exploiter sont issues des différents enregistreurs : le boîtier Cipam pour les antennes rivière et entrée, le boîtier Oregon pour l'antenne sortie, la sonde de température de l'eau et les deux sondes de hauteurs d'eau (amont et aval). Chaque enregistreur produit un fichier brut qui a son propre format (.txt, .csv, .xls). Le format des données peut lui aussi être hétérogène (exemple pour le format de la date et heure de l'enregistrement). L'harmonisation des données a été réalisée via un plugin Numéo développé sous *Qgis* qui a permis d'automatiser le traitement des fichiers bruts et de générer des fichiers mis en forme (ill.16). Trois tables de données sont mises en forme : une table des événements RFID (qui regroupent les détections des poissons aux trois antennes), une table des hauteurs d'eau (amont + aval), une table de la température. Numéo fait appel à deux tables de références qui concernent : 1/ les poissons marqués (date du marquage, secteur d'origine, numéro du TAG, longueur totale, etc), 2/ les périodes (date, heure locale et heure UTC). Une troisième table de référence, non utilisée par Numéo mais nécessaire aux étapes suivantes, concerne le matériel installé sur site. Un contrôle visuel des tables hauteurs d'eau et température est réalisé afin de s'assurer qu'il n'y ait pas de valeurs aberrantes.

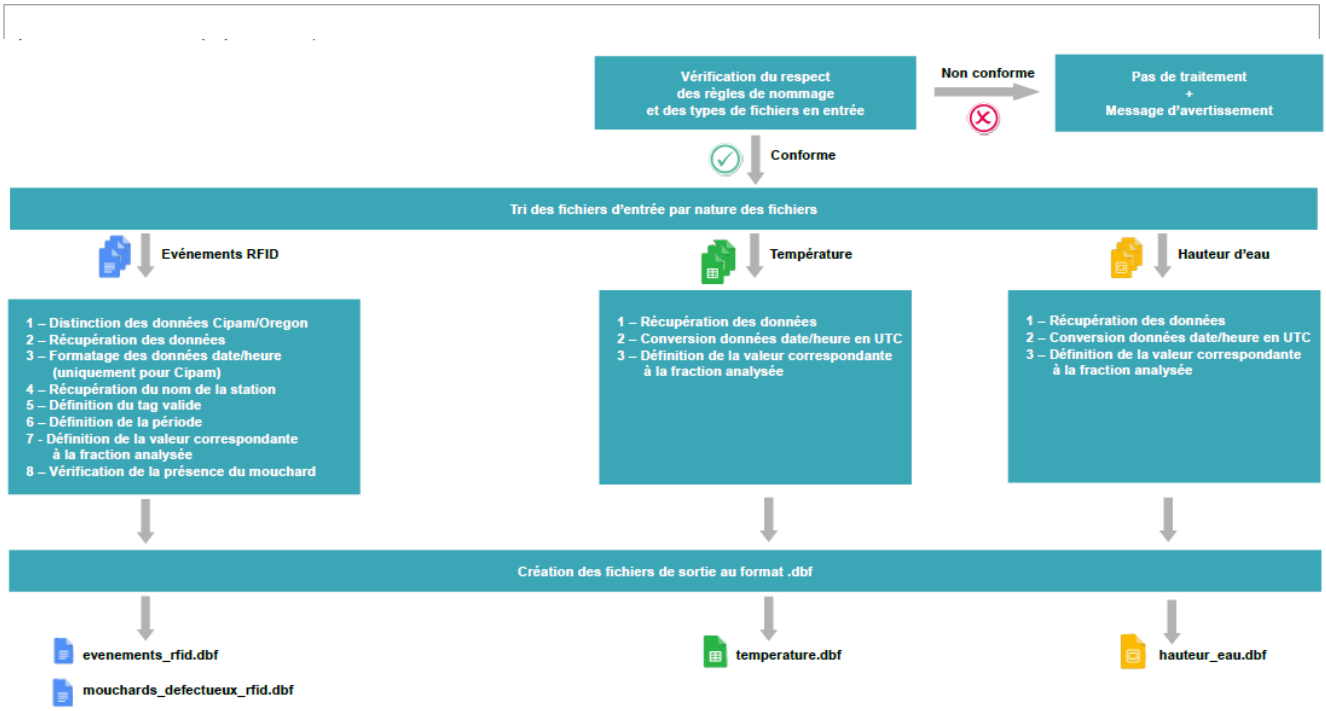


Illustration 16: Fonctionnement du plugin Numéo développé par le Cerema ACF / Groupe Territoires et Transitions

(b) Stockage des données

Les trois fichiers générés par Numéo contiennent un grand nombre de données dont l'exploitation nécessite un outil adapté. Il a été décidé d'utiliser la base de données du Cerema (CeremaBase) fondée sur le système PostGreSQL, qui regroupe l'ensemble des bases de données de référence et données internes Cerema. L'intérêt de cette base de données est de pouvoir manipuler le grand nombre de données capitalisées sur les deux années de suivi. L'architecture des données RFID est présentée en annexe 5. On retrouve donc les trois tables de données créées par Numéo ainsi que les tables de référence.

(c) Création de la table finale

Pour répondre aux objectifs de l'étude et évaluer ainsi l'efficacité du dispositif de franchissement piscicole au regard des caractéristiques des poissons et du milieu et leur influence sur cette efficacité, plusieurs métriques ont été créées afin de décrire, pour chaque poisson : leurs caractéristiques (biométrie, origine, date de pêche), les passages à chaque antenne (date, heure, nombre de franchissement, période de passages) et les conditions environnementales. Elles ont été calculées à partir de requêtes *SQL* sur les données de détections et de hauteurs d'eau (annexe 6). Ces métriques sont regroupées dans une table finale unique avec en colonne les métriques et en ligne chaque truite marquée (358 lignes) (annexe 7).

D.5.3. Analyses statistiques

La table finale est exploitée avec le logiciel libre de programmation *R* et l'interface de travail dédiée *Rstudio* (version 1.4.1717). Les statistiques descriptives ont été réalisées sur l'ensemble du jeu de données via des analyses uni et/ou bivariées. Les analyses explicatives ont été réalisées pour les deux approches

méthodologiques utilisées dans cette étude : la migration naturelle des individus issus des secteurs situés à l'aval de l'OH et la translocation des individus de l'amont vers l'aval (variable « origine »). La table finale a été traitée en séparant 3 jeux de données :

1. les poissons qui ont réussi le franchissement de l'ouvrage (n=222). L'objectif est de déterminer les facteurs qui influencent les temps de franchissement de l'ouvrage hydraulique ;
2. tous les poissons détectés à au moins une antenne (n=256). Ici, l'objectif est d'identifier les facteurs qui peuvent expliquer les échecs de franchissement ;
3. les poissons qui ne sont pas présentés à l'ouvrage (n=102). L'objectif est de regarder si la taille des individus et la hauteur d'eau dans la rivière peuvent avoir une influence sur la non présentation à l'ouvrage.

Les hypothèses sur les comportements observés ont été vérifiées avec des tests non paramétriques (les conditions d'application des tests paramétriques ne sont pas vérifiées). La nature des variables détermine le test à appliquer (tableau 3).

	Variable quantitative	Variable qualitative (2 groupes)	Variable qualitative (≥ 2 groupes)
Variable quantitative	Coefficient de corrélation de Spearman	Test de Wilcoxon	Test de Kruskal-Wallis
Variable qualitative (≥ 2 groupes)			Test de Fisher

Tableau 3 : Tests appliqués en fonction des variables

En cas de différence significative sur les tests de Kruskal-Wallis, des tests de comparaison 2 à 2 de Wilcoxon ajustés par la méthode de Bonferroni ont été appliqués.

E- Résultats

E.1 - Conditions de suivi et fonctionnement des équipements

E.1.1. Conditions hydrologiques

Sur les deux années de suivi, les précipitations relevées par Météo-France à la station de Saint-Sulpice (ill.17) ont été plutôt homogènes et similaires chaque année avec quelques points à souligner : des faibles précipitations pour les mois de juillet à septembre 2019 (malgré des intensités de pluie importantes en août liées à des épisodes orageux) et des cumuls mensuels plutôt élevés en automne et hiver (excepté en novembre 2020).

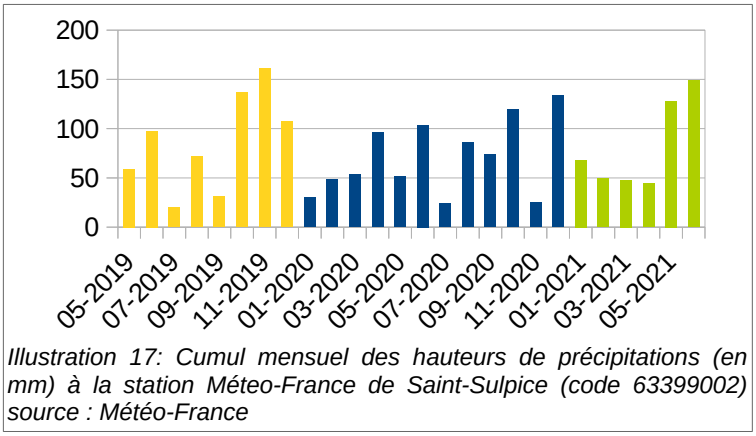


Illustration 17: Cumul mensuel des hauteurs de précipitations (en mm) à la station Météo-France de Saint-Sulpice (code 63399002) source : Météo-France

La chronique des hauteurs d'eau mesurées à l'amont de l'OH (ill.18) suit la tendance observée avec une montée du niveau de l'eau sur les mois de novembre à janvier, puis une diminution en période d'étiage (de juin à septembre environ). On retrouve l'épisode orageux du 28 août 2019 qui a provoqué une montée du niveau de l'eau avec un enregistrement à 607 mm le 28/08/2019 à 18h30 (ce qui a provoqué des déformations des antennes). D'autres pics sont identifiés : 559 mm le 05/03/2020, 517 mm le 12/06/2020 et 707 mm le 22/01/2021.

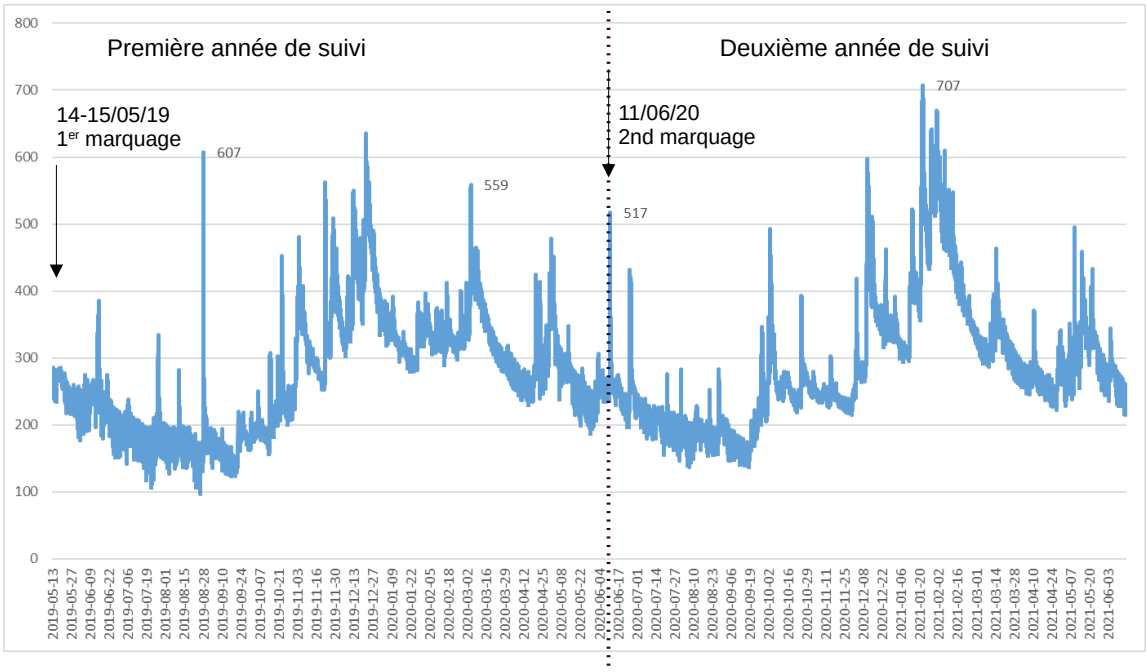


Illustration 18: Hauteurs d'eau mesurées à l'amont de l'OH (source : sonde de mesure amont)

Les observations de terrain illustrent ces tendances avec un étiage 2019 marqué (ill.19), des coups d'eau sur les mois de novembre à mars et un premier semestre 2021 davantage pluvieux (interventions plus compliquées).

au 12/09/2019 : importante baisse de la hauteur d'eau, concentration des écoulements au niveau des échancrures, rien ne se déverse par-dessus les barrettes



Barrette n°1 au niveau de l'antenne entrée OH
(photo prise le 12/09/19)



Barrette n°10 au niveau de l'antenne sortie OH
(photo prise le 12/09/19)

Illustration 19: OH en périodes de basses eaux

E.1.2. Fonctionnement du dispositif

(a) Les trois antennes de détection

État des lieux des principales pannes

Le suivi des équipements (D.4) (avec 104 déplacements sur le terrain sur environ 112 semaines de suivi), a révélé plusieurs dysfonctionnements (ill.20) qui ont nécessité des réparations. Les principaux dégâts étaient liés à des épisodes de débits importants ou des coupures électriques :

- 27/05/19 : changement de deux boîtiers Oregon par un boîtier CIPAM (relié aux ant. entrée et rivière).
- Antenne entrée arrachée à 3 reprises (24/12/19, 15/12/20 et 26/01/21). La casse du 26/01/21 a été réparée seulement le 23/02/21, car le niveau d'eau était trop important pour intervenir.
- Nombreuses déformations des antennes suite à coups d'eau, qui ont pu entraîner une diminution des distances de détections des marques.
- Des arbres tombés sur le câble twinax à l'aval (20/12/19 et 05/01/21).
- Plusieurs coupures électriques dont : une coupure générale le 22/10/20 qui a fortement endommagé les alimentations électriques (composants grillés/réparation complète achevée le 03/11/20) ; un dysfonctionnement général (arrêt CIPAM le 13/06 + coupure du réseau le 16/06) après le 2nd marquage.



Antenne sortie déformée 09/2019



Barrette n°10 ennoyée 11/2019



Antenne entrée arrachée 12/2020

Illustration 20: Photos du dispositif après un épisode de fort débit (photo de gauche) ou en période de hautes eaux (photos à droite)

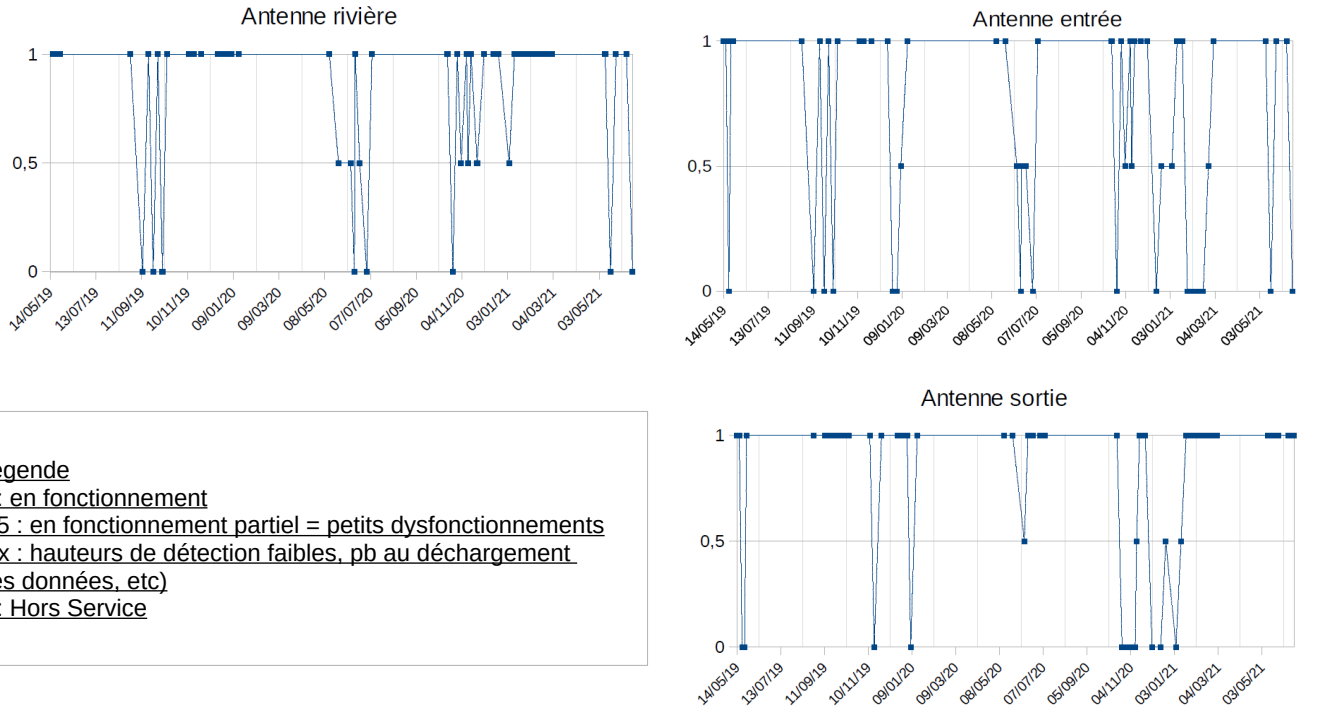
Fonctionnement du dispositif

Le dispositif a été fonctionnel (les trois antennes en fonctionnement) 588 jours sur la période de suivi du 15/05/2019 au 16/06/2021, soit un taux de fonctionnement de 77 % (588 j de fonctionnement / 763 j de suivi)[12], répartit selon les années comme suit :

- 2019 : 193 j de fonctionnement / 232 j de suivi (taux de fonctionnement : 83,19 %)
- 2020 (année complète) : 283 j de fonctionnement / 365 j de suivi (77,53 %),
- 2021 : 112 j de fonctionnement / 166 j de suivi (67,47 %).

Toujours à partir du fichier de suivi des interventions, le fonctionnement de chaque antenne a été regardé (ill. 21). On constate ainsi que c'est l'antenne entrée qui a le plus dysfonctionné avec un total de 15 « 0 » (contre 9 pour rivière et 11 pour sortie). À noter que lorsque le boîtier Cipam a dysfonctionné, ce sont les deux antennes rivière et entrée qui étaient hors-service.

12 Evaluation réalisée à partir du fichier de suivi.



Légende
1 : en fonctionnement
0,5 : en fonctionnement partiel = petits dysfonctionnements (ex : hauteurs de détection faibles, pb au déchargement des données, etc)
0 : Hors Service

Illustration 21: Fonctionnement des antennes RFID (observations aux dates de visite sur le terrain)

Vérification par prospection mobile

Prospection du 25 juin 2019 (secteur amont) : dysfonctionnements des antennes entrée et sortie

Du 21 au 26 mai 2019, les boîtiers des antennes entrée et sortie ont connu des dysfonctionnements (qui ont nécessité un changement des boîtiers le 27 mai). Une prospection mobile sur le secteur à l'amont de l'OH a été réalisée le 25/06/19 afin de vérifier si des poissons avaient franchi l'ouvrage sans être enregistrés. La prospection a été réalisé sur le même linéaire que celui parcouru lors de la pêche électrique sur le secteur amont, en partant de la sortie immédiate de l'OH (début de prospection à ~8 m de l'antenne sortie). Cela représente env. 930 m (distance calculée sur Qgis à partir de la donnée cours d'eau issue de Sandre). 14 poissons transloqués ont été détectées (ill. 22) sur 23 poissons qui avaient franchi l'OH au 25/06/19 (taux de détection de 60,8 %). Ces 14 individus avaient tous été détectés par au moins deux antennes fixes, et la majorité (10/14) a bien été enregistrée aux trois antennes. Il n'y a donc pas eu, *a priori*, de passage de poissons non enregistré pendant ce dysfonctionnement.

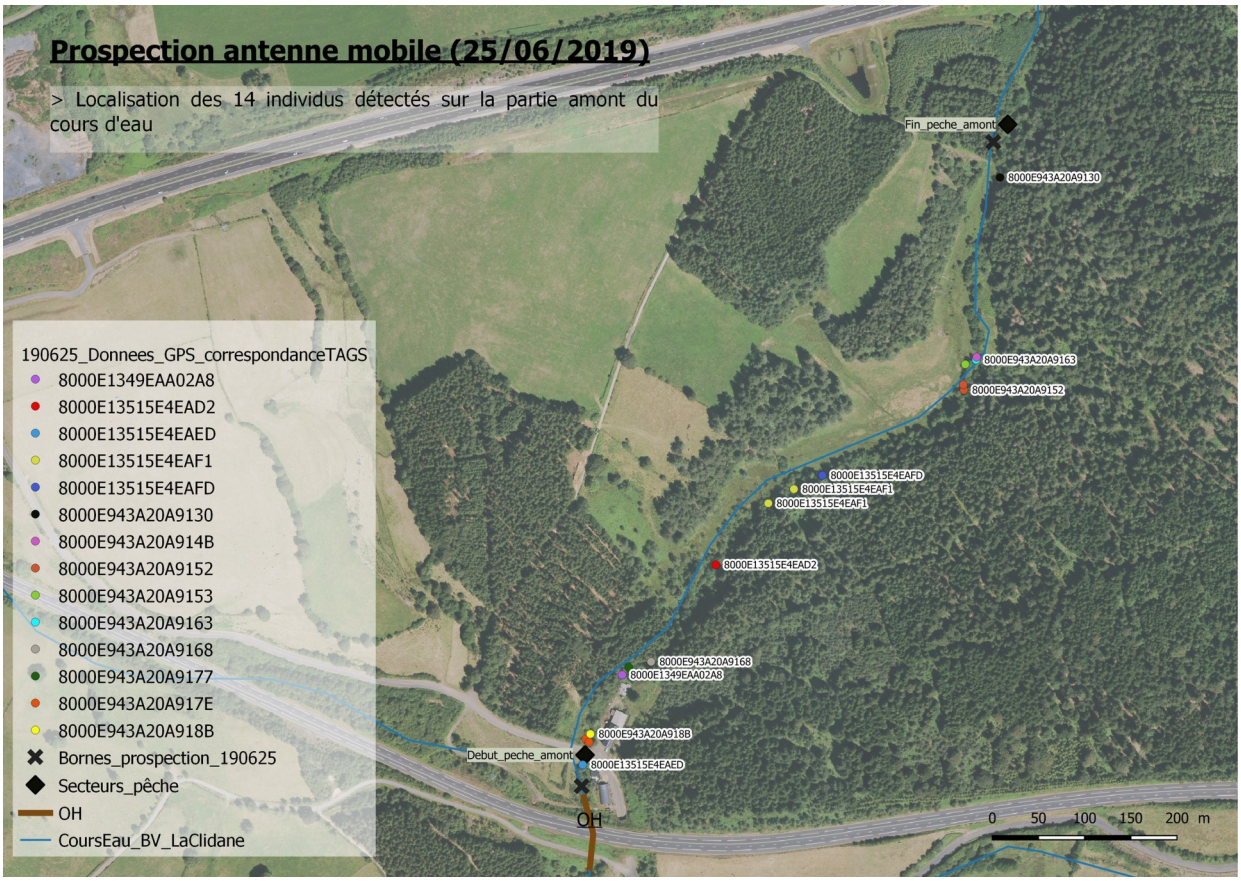


Illustration 22: Localisation des individus ayant franchi l'ouvrage et détectés par l'antenne mobile (14 TAGS)

<u>Prospection du 17 juin 2020</u> (secteur amont) : dysfonctionnement des antennes après le marquage de juin 2020

Le site a connu des dysfonctionnements dans les jours qui ont suivi la seconde campagne de marquage (arrêt du boîtier relié aux antennes rivière et entrée). Un passage à l'amont de l'ouvrage hydraulique a donc été réalisé afin de détecter les individus qui auraient franchi l'OH à partir du 13 juin. Le linéaire prospecté est le même que pour la prospection précédente (celui parcouru lors de la pêche électrique, en partant de la sortie immédiate de l'OH). 38 TAGS ont été détectés avec l'antenne mobile dont : 5 correspondent à des poissons marqués en 2019 sur le secteur amont, 1 poisson marqué en 2019, recapturé en 2020 (secteur amont) et relâché à l'aval, et 32 sont issus de la pêche 2020 sur le secteur amont.

Pour les poissons dont les passages auraient pu être impactés par ces pannes (33 TAGS 2020 détectés), après croisement avec les données enregistrées par les boîtiers des antennes fixes, on note que :

- un seul poisson amont marqué en 2020 n'a pas été enregistré par l'antenne sortie. Pour ce dernier, le boîtier relié à l'antenne sortie n'ayant pas connu de panne, on suppose que son passage à l'antenne sortie n'a pas été enregistré en raison d'une collision entre deux détections ;
- la majorité des poissons (29/33) avait été enregistrée aux trois antennes.

Pour information, la prospection mobile a enregistré un poisson amont marqué en 2019 qui n'était pas considéré comme ayant franchi le dispositif puisqu'il n'avait pas été détecté à l'antenne sortie. Enfin, la prospection mobile n'a pas permis de détecter l'ensemble des poissons qui ont franchi l'OH après translocation puisque 80 poissons marqués en 2020 ont été enregistrés par l'antenne sortie à la date de la prospection. Le taux de détection de 41 % est donc plutôt faible pour cette campagne.



Illustration 23 : Localisation des individus ayant franchi l'ouvrage et détectés par l'antenne mobile (38 TAGS)

(b) Les sondes hauteurs eau et thermique

Le fonctionnement de la sonde thermique n'a pas été continu, avec une interruption des enregistrements entre octobre 2019 et septembre 2020 (ill.24). Les données de température ne seront donc pas exploitables pour la suite de l'analyse (et notamment l'analyse de l'influence des facteurs abiotiques sur les déplacements des individus). Cependant, le dysfonctionnement de la sonde ne sera pas préjudiciable pour l'étude puisque que l'on constate que les températures ne dépassent que très rarement les 19 °C en été, qui est la température de confort de l'espèce. La Clidane étant un cours d'eau de tête de bassin versant, son régime thermique correspond à la température optimum de la truite. On peut relever une valeur maximale à 20,9 °C le 30 juin 2019 à 17 h et une valeur minimale à 1,58 °C le 30 novembre 2020 à 10 h et 11 h.

La sonde de mesure des hauteurs d'eau installée à l'aval de l'OH a dysfonctionné à partir de juin 2020 avec un décrochage important de la courbe. Il semblerait que ce décalage vienne d'un paramétrage différent lors de l'installation de la nouvelle sonde aval le 11 juin 2020. Nous utiliserons donc uniquement la chronique des hauteurs d'eau amont pour la suite de l'analyse. La hauteur maximale à l'amont a été atteinte le 22/01/2021 à 16h45 avec une mesure à 707 mm. Le minimum a été enregistré le 26/08/2019 à 13h15 avec 97 mm.

En conclusion :

- les données de température ne seront pas exploitées, la chronique étant incomplète ;
- seule la chronique des hauteurs d'eau amont sera utilisée pour la suite des analyses.

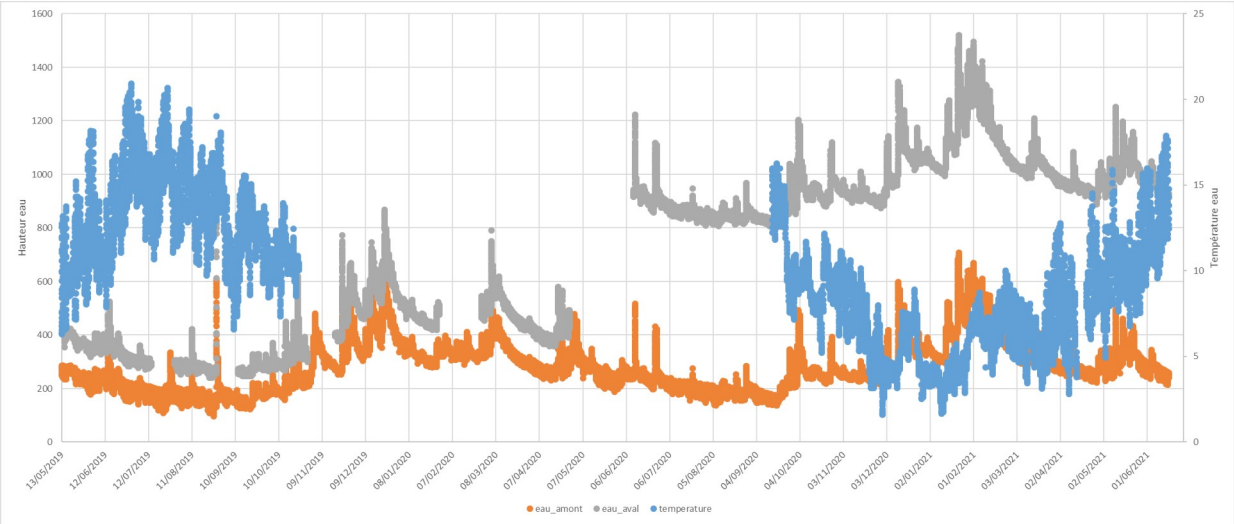


Illustration 24: Chroniques des hauteurs d'eau amont et aval et température (relevés terrain)

E.2 - Efficacité du dispositif de franchissement piscicole

Le **taux de migration est plus élevé chez les individus de l'amont transloqués** avec près de 90 % des poissons de ce groupe qui ont été détectés à l'approche de l'ouvrage (antenne "rivière") alors que les poissons de l'aval sont 42,3 % à avoir remonté le cours d'eau (ill.25).

L'attractivité du dispositif pour les poissons qui se présentent à l'aval de l'OH ainsi que sa **franchissabilité sont élevées quelle que soit l'origine des individus** (près de 94 % des poissons transloqués pénétrent dans l'ouvrage et 95 % en sortent ; respectivement 93 % et 83 % pour ceux en migration naturelle) (tab.4). Les poissons qui s'engagent dans le dispositif vont donc très majoritairement au bout de leur déplacement.

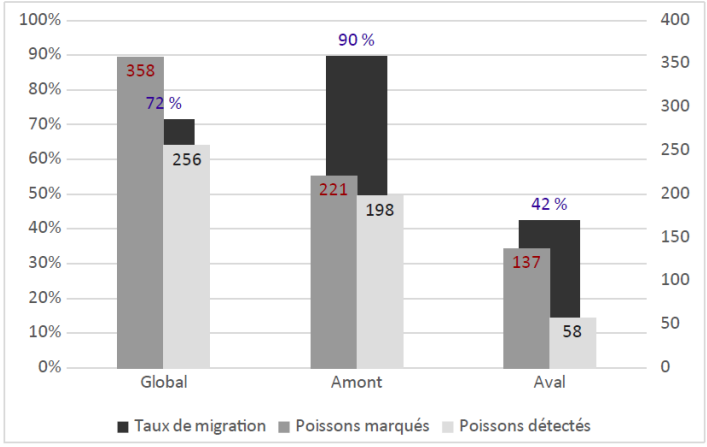


Illustration 25: Nombre de poissons détectés à l'antenne rivière et taux de migration des poissons marqués (nb : nombre)

L'efficacité du dispositif a été évaluée à 89,4 % par la méthode de la translocation et 77,6 % par le suivi des migrations naturelles (tab.4 et ill.26). Le dispositif ne semble donc pas, à première vue, poser de problème pour les individus qui souhaitent le franchir.

	Total	Poissons transloqués	Poissons en migration naturelle
Nb de poissons marqués	358	221	137
Nb poissons détectés à l'antenne rivière	256	198	58
Nb poissons détectés à l'antenne entrée	241	187	54
Nb poissons détectés à l'antenne sortie	222	177	45
Migration (%) (nb ant. rivière / nb marqués)	**71,5**	**89,6**	**42,3**
Attractivité (%) (nb ant. entrée / nb ant. rivière)	94,1	94,4	93,1
Franchissabilité (%) (nb ant. sortie / nb ant. entrée)	92,1	94,6	83,3
Efficacité du dispositif (%) (nb ant. sortie / nb ant. rivière)	**86,7**	**89,4**	**77,6**

Tableau 4 : Nombre de poissons détectés

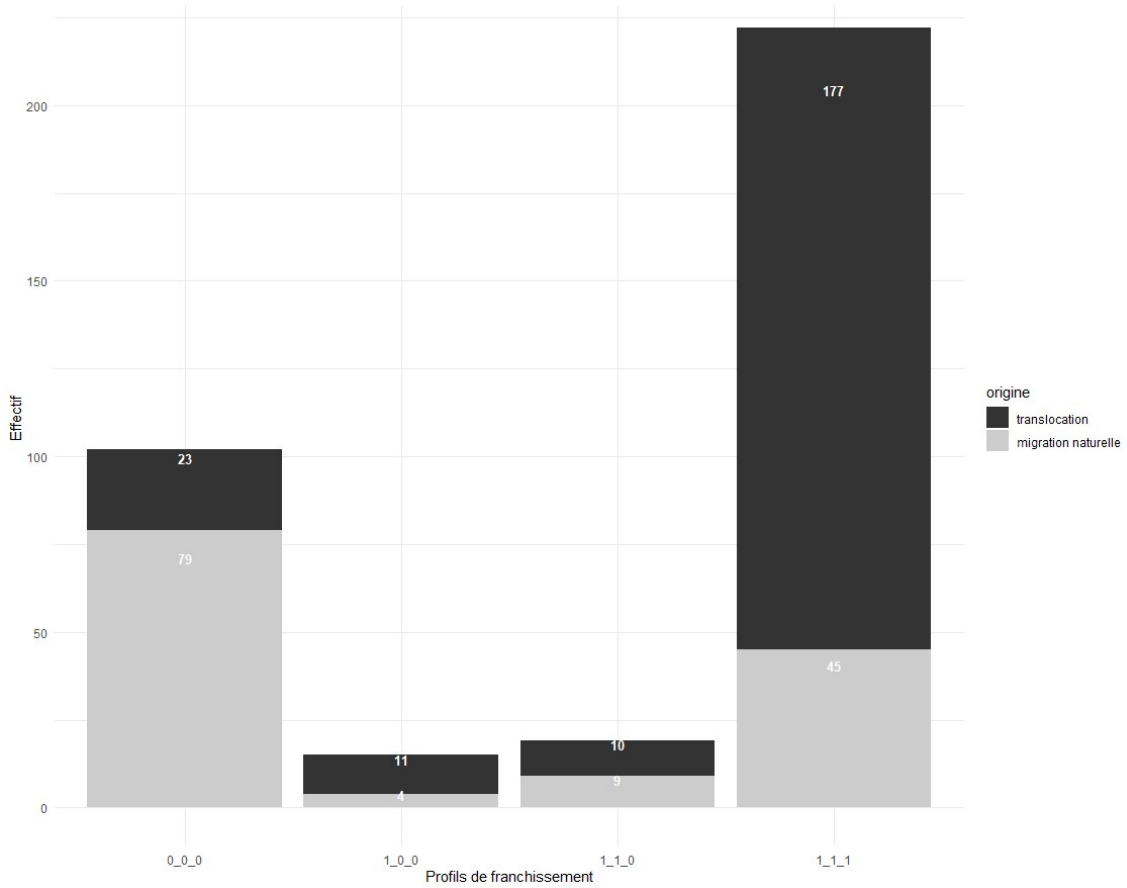


Illustration 26: Effectifs de poissons selon l'antenne où ils se sont arrêtés

4 profils de franchissement : 0_0_0 = poisson jamais détecté au dispositif ; 1_0_0 = poisson arrêté à ant. rivière (échec) ; 1_1_0 = poisson arrêté à ant. entrée (échec) ; 1_1_1 = poisson qui a franchi l'ouvrage (détection aux trois antennes)

E.3 - Les poissons en migration

On considère ici les individus qui se sont présentés à l'antenne rivière la toute première fois après l'opération de marquage / translocation. L'analyse porte sur 198 poissons de l'amont et 58 poissons de l'aval.

Origine. Les résultats précédents (tab.4) montrent que les poissons transloqués ont plus fortement remonté le cours d'eau (avec un taux de migration de 89,6 %) que ceux de l'aval (42,3 %). Le taux de migration des poissons de l'aval varie peu entre les différents secteurs d'origine (ill.27).

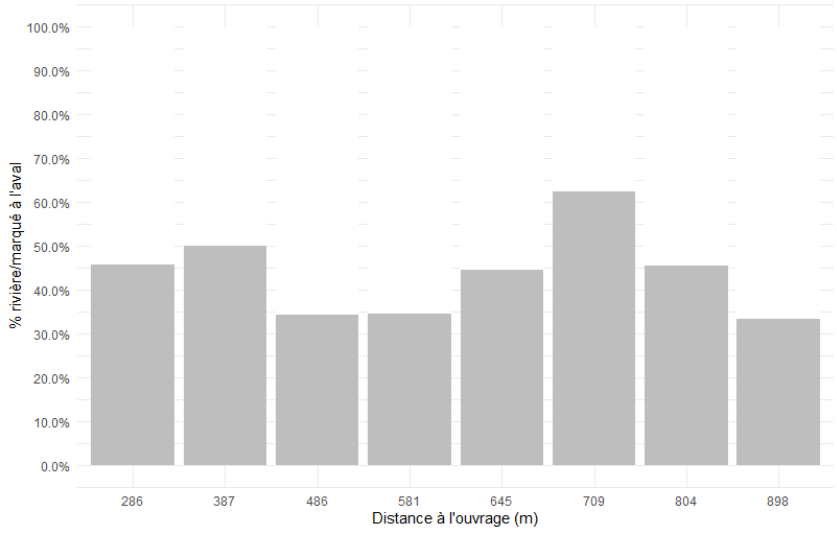


Illustration 27: Taux de migration des individus de l'aval par secteurs de pêche

Taille des poissons. Trois classes de taille ont été définies : les petits individus de moins de 110 mm, ceux de taille moyenne (entre 110 et 160 mm) et les grands individus de plus de 160 mm. En comparant la taille des poissons qui se sont présentés à l'antenne rivière avec ceux marqués (tab.5), on remarque que :

- pour les individus transloqués, la migration a davantage concerné les grands individus (taux de migration de 93 %) ; les petits et moyens individus ont migré dans des proportions élevées cependant (respectivement 82 % et 90 %) ;
- pour les poissons de l'aval, ce sont les poissons de petite taille qui ont plus fortement migré avec presque la moitié des poissons marqués de moins de 110 mm qui se sont déplacés. Les individus les plus grands ont moins bougé avec un taux de migration de seulement 38 %.

Poissons transloqués	Petit	Moyen	Grand
marqués	22	114	85
en migration	**18**	**102**	**78**
	81,8%	**89,5%**	**92,8%**

Poissons en migration naturelle	Petit	Moyen	Grand
marqués	19	84	34
en migration	**9**	**36**	**13**
	47,4%	**42,8%**	**38,2%**

Tableau 5 : Parts des individus ayant migré par classe de taille

Période de migration. Deux périodes sont observées en fonction de l'origine des poissons (ill.28) avec :

- un retour vers les habitats d'origine pour les poissons transloqués les jours qui suivent le marquage. Cette observation est très fortement marquée pour la campagne 2020 puisque 79 % des poissons en migration (101/128 marqués en 2020) se sont présentés à l'antenne rivière en juin 2020.
  Ils se présentent à l'antenne rivière en très grande majorité dans les deux jours qui suivent la translocation : 78 % des poissons transloqués le 15 mai 2019 ont été détectés à l'antenne rivière les 15 et 16 mai 2019 (21 poissons sur les 27 détectés en mai 2019) et 88 % des poissons transloqués le 11 juin 2020 se présentent à l'antenne rivière les 11 et 12 juin 2020 (88/101)) (ill.29).
- une migration à l'automne liée à la reproduction pour les poissons de l'aval. La migration naturelle, que l'on observe dès le début de l'automne pour la truite fario, est très visible la première année du suivi et semble, a priori, un peu moins marquée en 2020.

Les détections enregistrées après juin 2020 sont majoritairement dues à des poissons marqués en 2020, mais on retrouve également quelques individus de 2019. Pour les poissons en migration naturelle, il pourrait s'agir d'une deuxième montaison (voir partie.E.4.1).

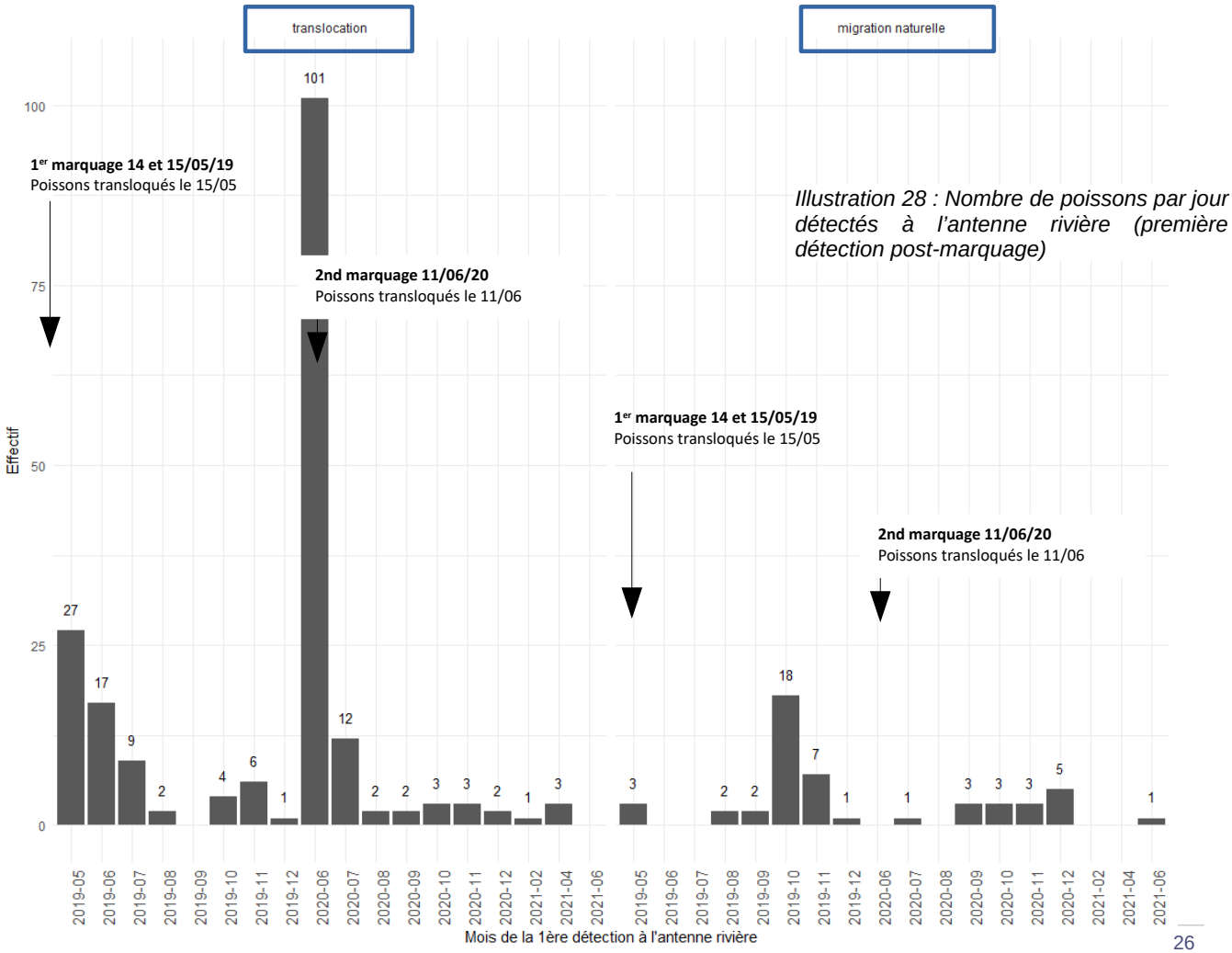


Illustration 28 : Nombre de poissons par jour détectés à l'antenne rivière (première détection post-marquage)

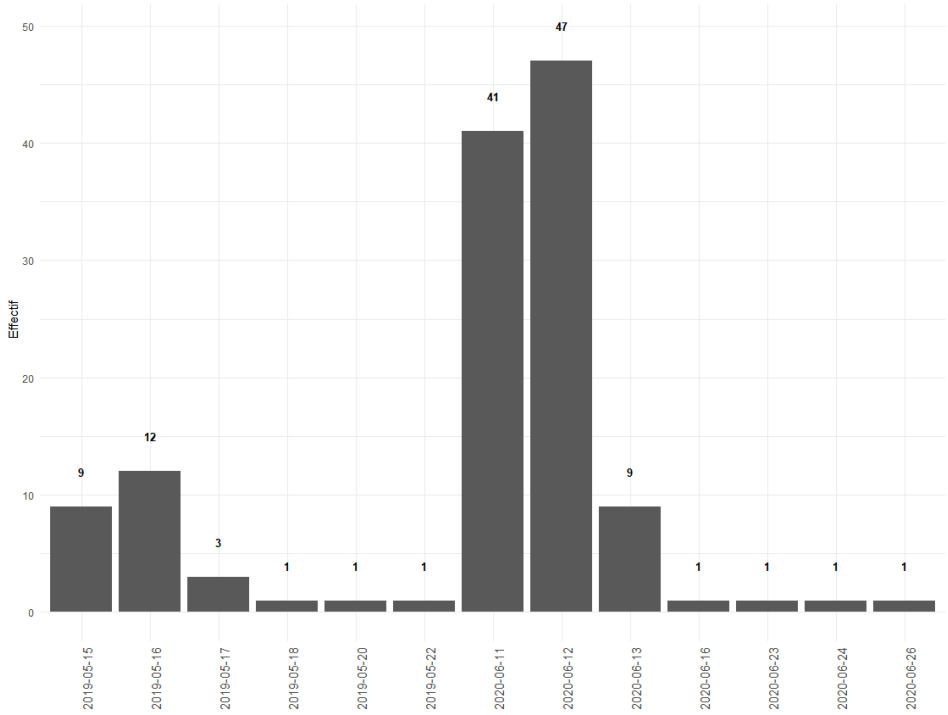


Illustration 29: Premières détections post-marquage à l'ant. rivière (en mai 2019 et juin 2020) des poissons transloqués

Une migration diurne. Les poissons transloqués comme ceux en migration naturelle se déplacent en très grande majorité le jour (d'après les heures de détections à l'antenne rivière - ill.30).

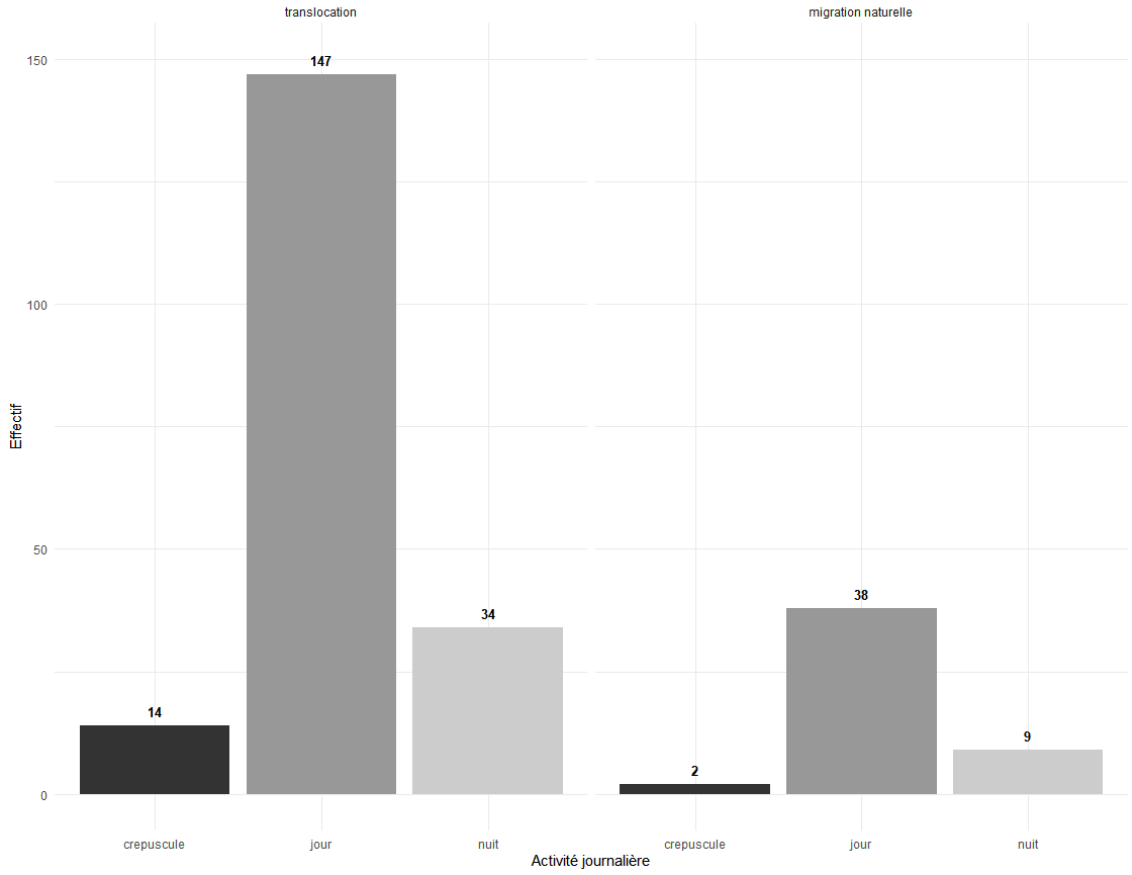


Illustration 30: Activité journalière des poissons en montaison (enregistrements à l'antenne rivière)

<u>Les hauteurs d'eau au moment de la migration</u>. La hauteur d'eau lors du passage à l'antenne rivière[13] (estimée à partir de la chronique des hauteurs d'eau de la sonde amont) est en moyenne de 279,6 mm. Le minimum enregistré est de 135 mm, le maximum de 507,2 mm.

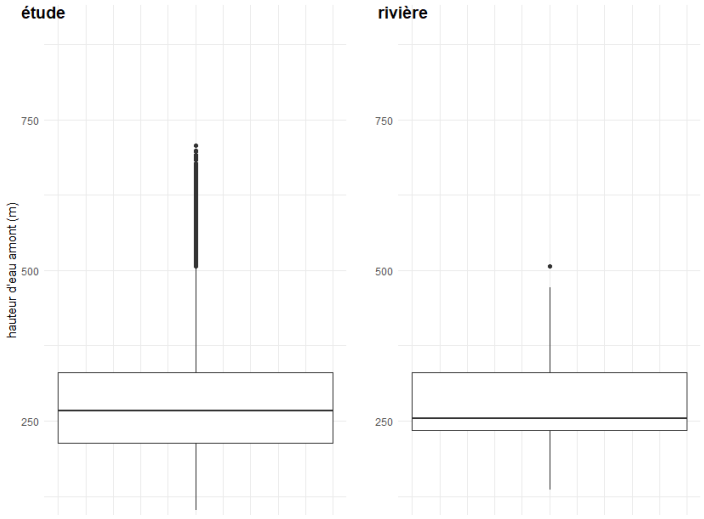


Illustration 31: Statistiques sur les hauteurs d'eau mesurées par la sonde amont sur : l'ensemble du suivi (graphe de gauche) et celles mesurées au passage à l'antenne rivière (graphe de droite)

La chronique des hauteurs d'eau (ill.32) indique une montée du niveau de l'eau après le marquage des poissons en juin 2020, ce qui est confirmé par les précipitations à la station de Saint-Sulpice (ill. 33). Ces conditions hydrologiques ont donc été favorables au déplacement des individus et peuvent expliquer le pic de détection post marquage plus marqué en 2020.

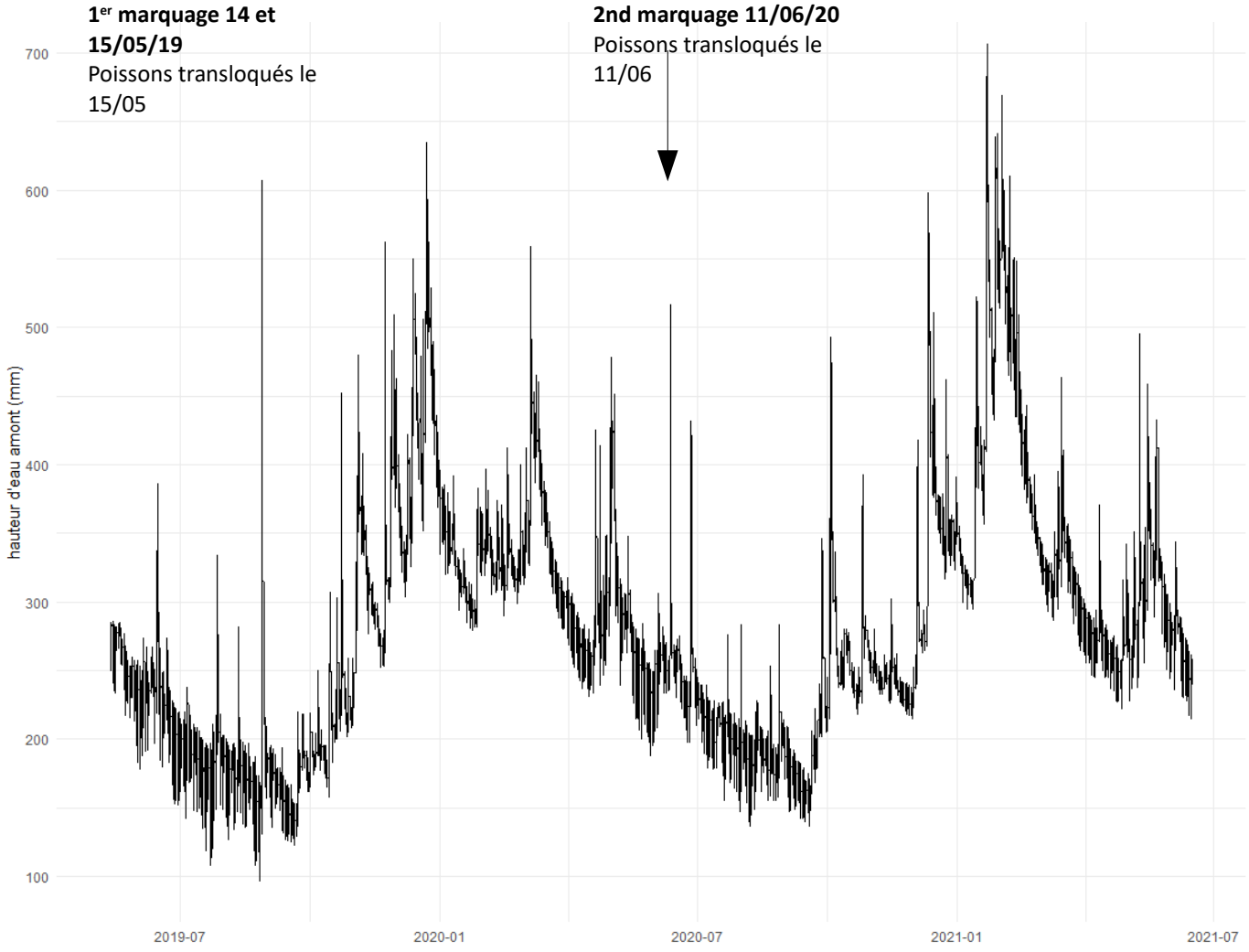


Illustration 32: Hauteurs d'eau mesurées à l'amont de l'OH par la sonde IJINUS

13 = moyenne horaire de la sonde amont lors de la 1ère détection à l'antenne rivière (cf. dictionnaire des données présenté en C.2.2)

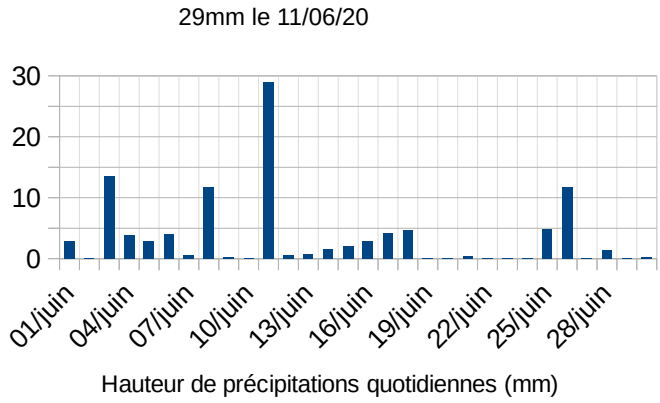


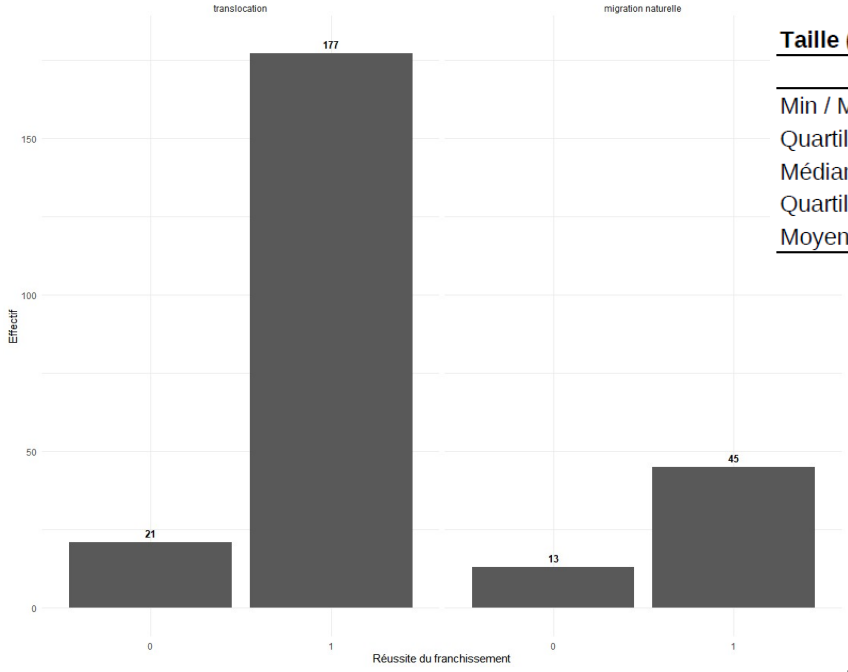
Illustration 33: Hauteurs de précipitations du mois de juin 20 - station de Saint-Sulpice (source : Météo-France)

E.4 - Les poissons qui ont franchi l'OH

On regarde ici le comportement des poissons au franchissement de l'ouvrage. Les différents paramètres (dates, heures, hauteurs d'eau, etc) retenus sont ceux lorsque le poisson **se présente au dispositif dans l'intention de franchir l'ouvrage.** L'analyse est donc différente de la précédente (partie. E.3) où nous avons regardé le comportement du poisson après le marquage (il s'agissait alors de la toute première détection du poisson à l'antenne rivière). Les statistiques qui vont suivre concernent uniquement le premier franchissement.

E.4.1. Caractéristiques

Les poissons transloqués comme ceux en migration naturelle qui se présentent à l'antenne rivière franchissent en grande majorité l'ouvrage. Ainsi, 89 % des poissons transloqués en migration (177/198)) ont franchi l'ouvrage avec succès (il s'agit de poissons qui mesurent entre 97 et 255 mm). Les poissons de l'aval qui se sont présentés à l'antenne rivière sont 78 % à avoir franchi l'OH (45/58), avec une taille entre 82 et 187 mm (ill.34).



Taille (mm)

	Translocation	Migration naurelle
Min / Max	97 / 255	82 / 187
Quartile 1	124	115
Médiane	141	127
Quartile 3	177	154
Moyenne	153	134

Illustration 34: effectif des poissons selon échec / réussite du franchissement et l'origine (« 0 » : échec du franchissement ; « 1 » : réussite) et taille (en mm) des poissons qui ont franchi

L'ouvrage a été franchi par toutes les tailles de poissons (ill.35). Les poissons en migration naturelle de petite taille (< 110 mm) ont tous franchi le dispositif.

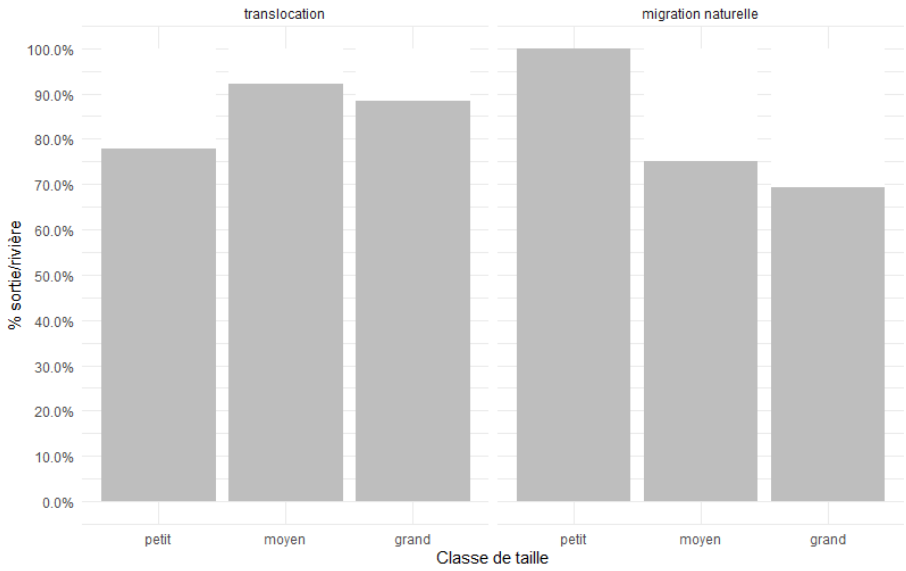


Illustration 35: distribution (en %) des poissons qui ont franchi le dispositif par rapport à ceux détectés à l'antenne rivière selon la classe de taille et l'approche

La distance à parcourir pour atteindre l'entrée de l'OH (de 250 à 950 m) pour les poissons de l'aval ne semble pas, *a priori*, avoir d'effet sur la capacité de franchissement (ill.36) : les poissons pêchés sur les secteurs les plus éloignés de l'OH (secteurs situés entre 630 m et 950 m de l'OH) ont presque tous remonté le cours d'eau et franchi le dispositif.

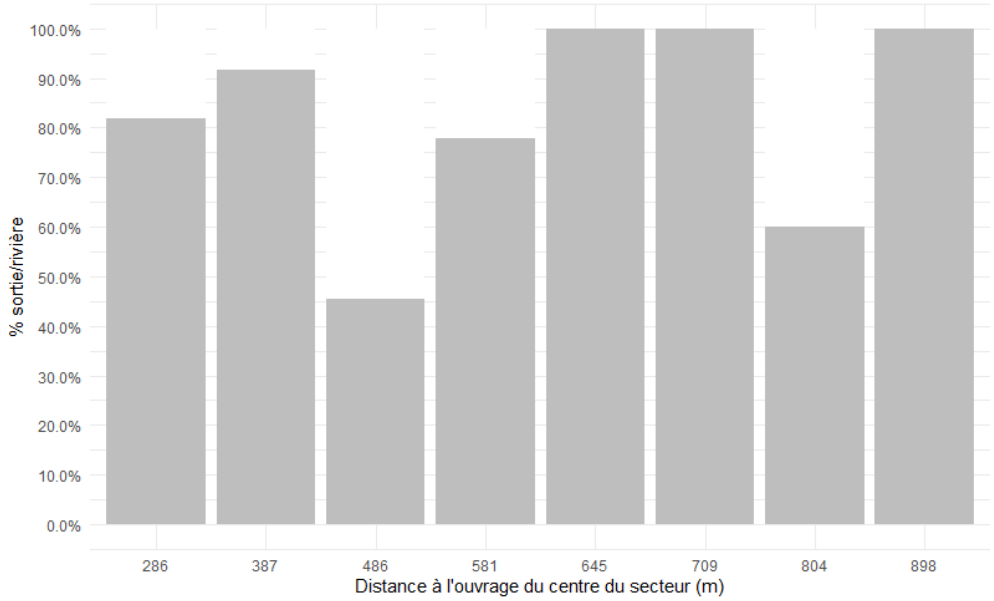


Illustration 36: distribution (en %) des poissons de l'aval qui ont franchi l'ouvrage par rapport à ceux détectés à l'antenne rivière selon la distance à l'OH du secteur de pêche / lâcher (n=45/58)

Période d'activité. Les mois de franchissement de l'ouvrage ont été regardés pour chaque approche (translocation / migration naturelle) et décomposés selon deux déplacements (migrer jusqu'à l'antenne rivière et franchir l'ouvrage). Les migrations depuis les secteurs de lâcher jusqu'à l'aval de l'ouvrage et les franchissements de l'ouvrage se font aux même périodes quelle que soit l'approche étudiée (ill.37). Ces observations mettent en évidence l'origine du déplacement (naturelle / forcée) et l'effet saison qui lui est lié :

- les poissons transloqués se sont très majoritairement présentés à l'antenne rivière après leur translocation et ont franchi l'ouvrage sur la même période (pics en mai / juin 2019 et juin 2020). Leur déplacement sert donc à regagner leurs habitats d'origine.
- les poissons capturés en aval migrent très majoritairement en septembre - octobre - novembre, donc pendant la période de reproduction de l'espèce.
- quelques poissons transloqués migrent en période de reproduction, ce qui laisse supposer que ces individus ont trouvé des habitats qui leur convenaient à l'aval et ont migré à l'automne.

Les individus comptabilisés à l'antenne rivière ne sont pas forcément les mêmes que ceux comptabilisés à l'antenne sortie.

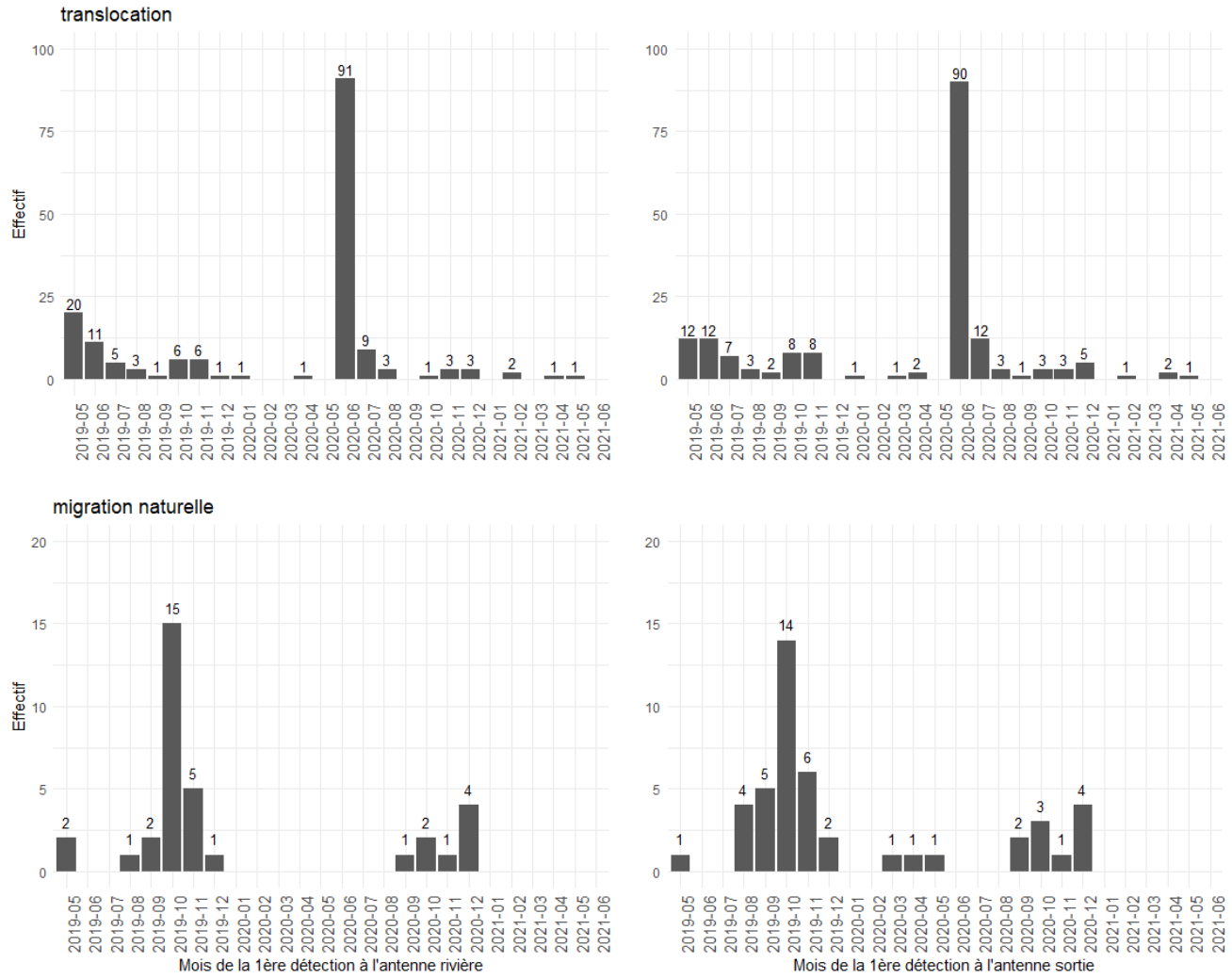


Illustration 37: nombre d'individus différents détectés chaque mois de suivi à l'antenne rivière (graphes de gauche) et à l'antenne sortie (graphes de droite) pour les poissons transloqués de l'amont (graphes du haut) et ceux issus de l'aval (graphes du bas) (n = 222 poissons qui ont franchi l'ouvrage).

Les observations précédentes peuvent se résumer par le graphique ci-dessous (ill.38) qui regroupe les franchissements en deux périodes : un passage de février à septembre, considéré comme hors période de migration (code '0') ; un passage d'octobre à janvier, considéré comme une migration naturelle pour la reproduction (code '1'). 26 % des franchissements sont considérés comme liés à une migration naturelle (et concernent les poissons de l'aval et les poissons transloqués dans des proportions similaires) et 74 % sont hors période de reproduction. Pour ce dernier résultat, au regard de la contribution des poissons transloqués dans ce groupe (avec un résultat de 91 %), on considère que c'est une migration de retour vers les habitats amont.

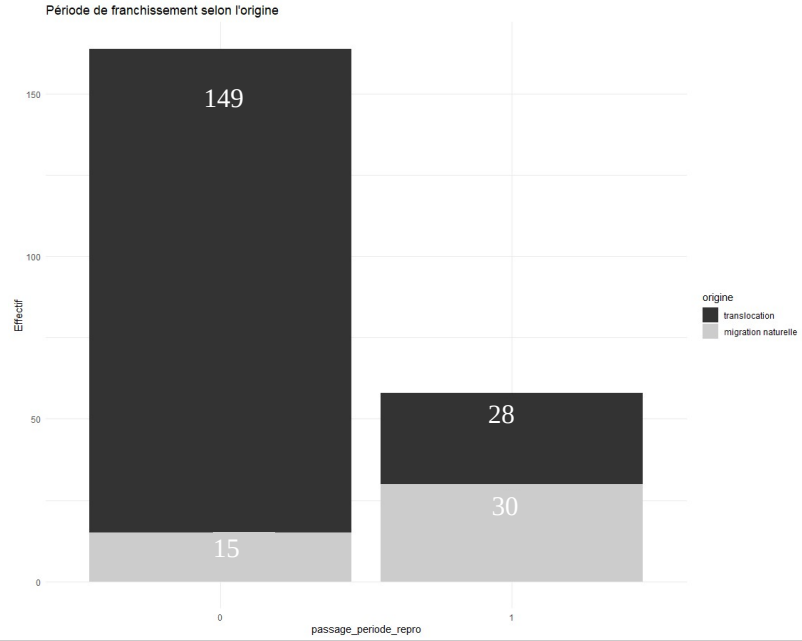


Illustration 38: Effectifs des poissons ayant franchi l'OH selon la période de franchissement et l'origine (passage de février à septembre '0' ; passage d'octobre à janvier '1').(n=222)

<u>À quel moment de la journée les poissons ont-ils franchi l'ouvrage ?</u> La longueur de l'OH engendre un important contraste lumineux aux entrées qui peut avoir une influence sur le comportement des poissons. Pour évaluer l'impact éventuel de la luminosité sur l'engagement du poisson, les franchissements des poissons ont été analysés selon trois périodes (nuit, jour, crépuscule) qui se caractérisent par des changements de luminosité ± intenses aux entrées. Les résultats montrent que les entrées et sorties du dispositif se font très majoritairement en journée, pour les individus transloqués comme ceux en migration naturelle (ill.39).

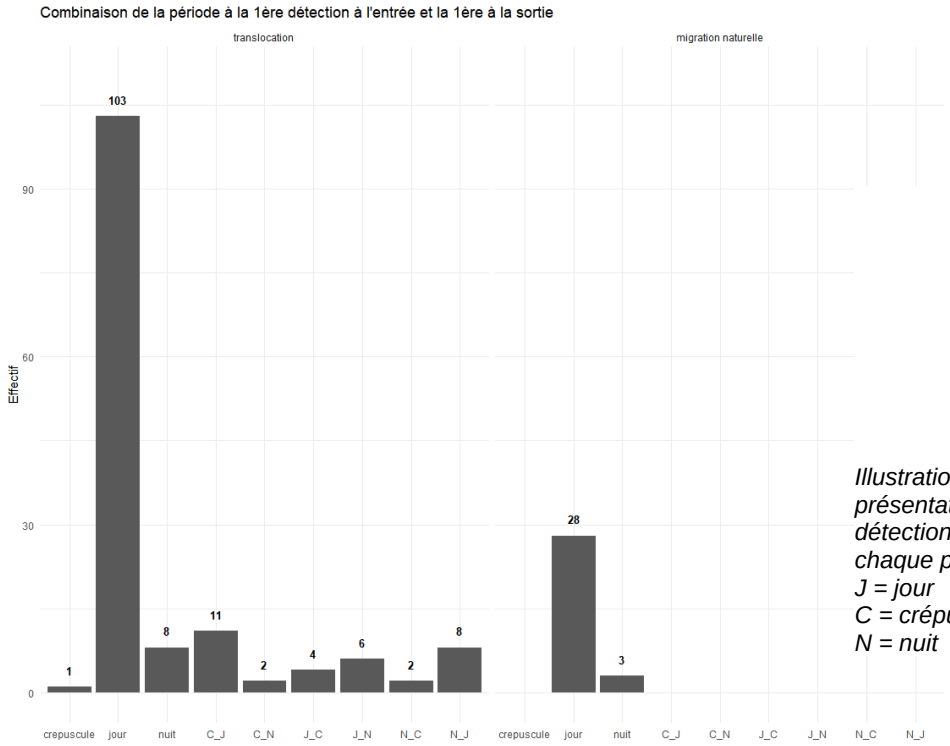


Illustration 39 : combinaison de la période de présentation à l'entrée et sortie de l'OH (1ère détection entrée + 1ère détection sortie) pour chaque poisson
J = jour
C = crépuscule
N = nuit

Pour les poissons qui sont entrés et sortis de jour (103 transloqués et 28 de l'aval), le passage dans l'ouvrage s'est fait le même jour pour la quasi-totalité des poissons (ill. 40). Les poissons qui passent plus de 100 jours dans l'ouvrage sont des erreurs (problèmes de détection aux antennes ou collisions entre TAGS).

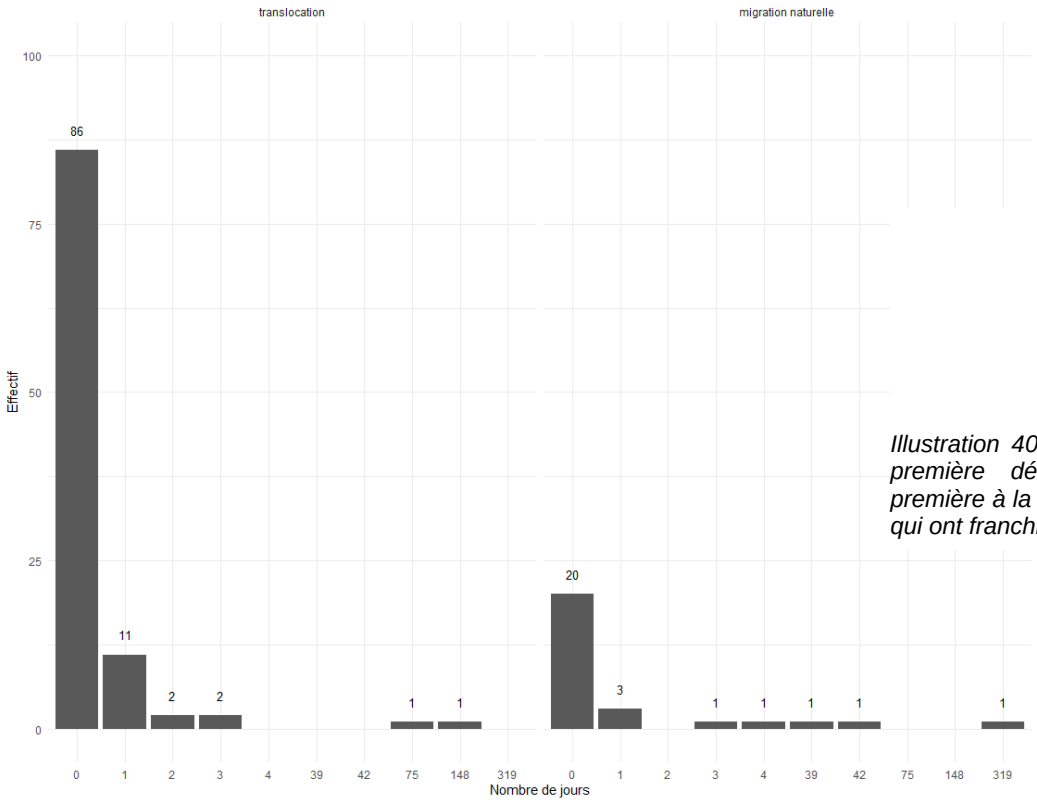


Illustration 40: Nombre de jours entre la première détection à l'entrée et la première à la sortie pour les 131 poissons qui ont franchi de jour

La hauteur d'eau au moment du franchissement. Les hauteurs d'eau dans la rivière[14] sont très proches au passage à chaque antenne (ill.41).

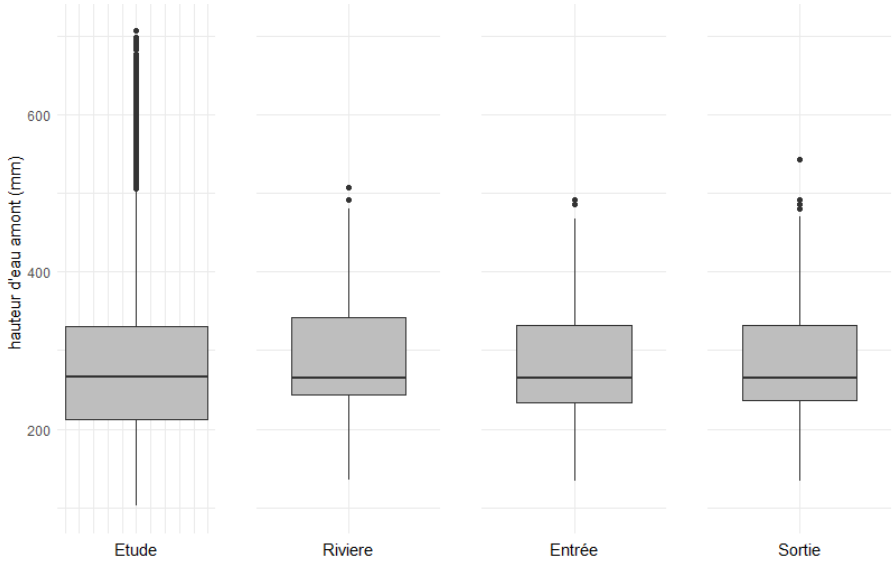


Illustration 41 : Hauteurs d'eau dans la rivière lors du franchissement de l'OH par les 222 poissons

Type de franchissement (direct ou indirect). Les poissons franchissent en grande majorité le dispositif sans faire d'aller-retour entre les antennes rivière et entrée (déplacements qualifiés de « directs »), quelle que soit l'approche (69 % de franchissement direct pour les poissons transloqués et 76 % pour ceux de l'aval). Les déplacements indirects, qui peuvent donc révéler des hésitations, sont réalisés à 87 % par des poissons transloqués et par des petits poissons comme des grands (ill.42 et 43).

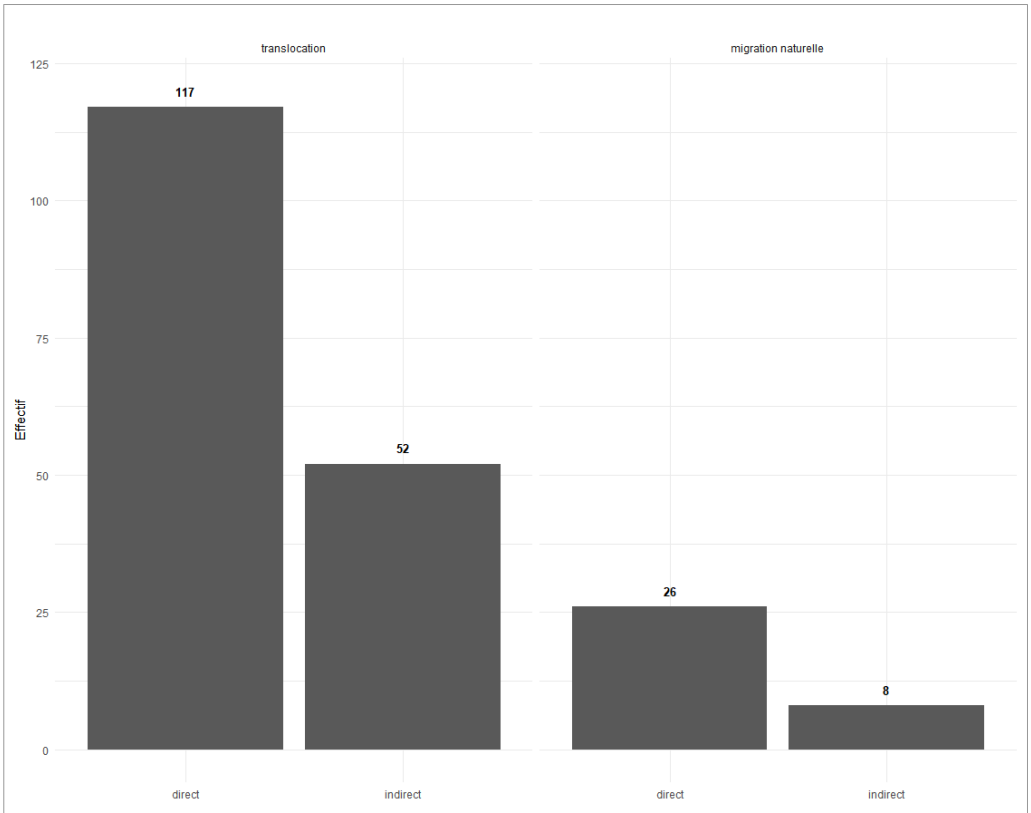


Illustration 42: nombre de poissons selon le type de franchissement (direct / indirect) et les deux approches étudiées

14 = moyenne horaire de la sonde amont lors de la première détection à chaque antenne (cf. dictionnaire des données en annexe 8)

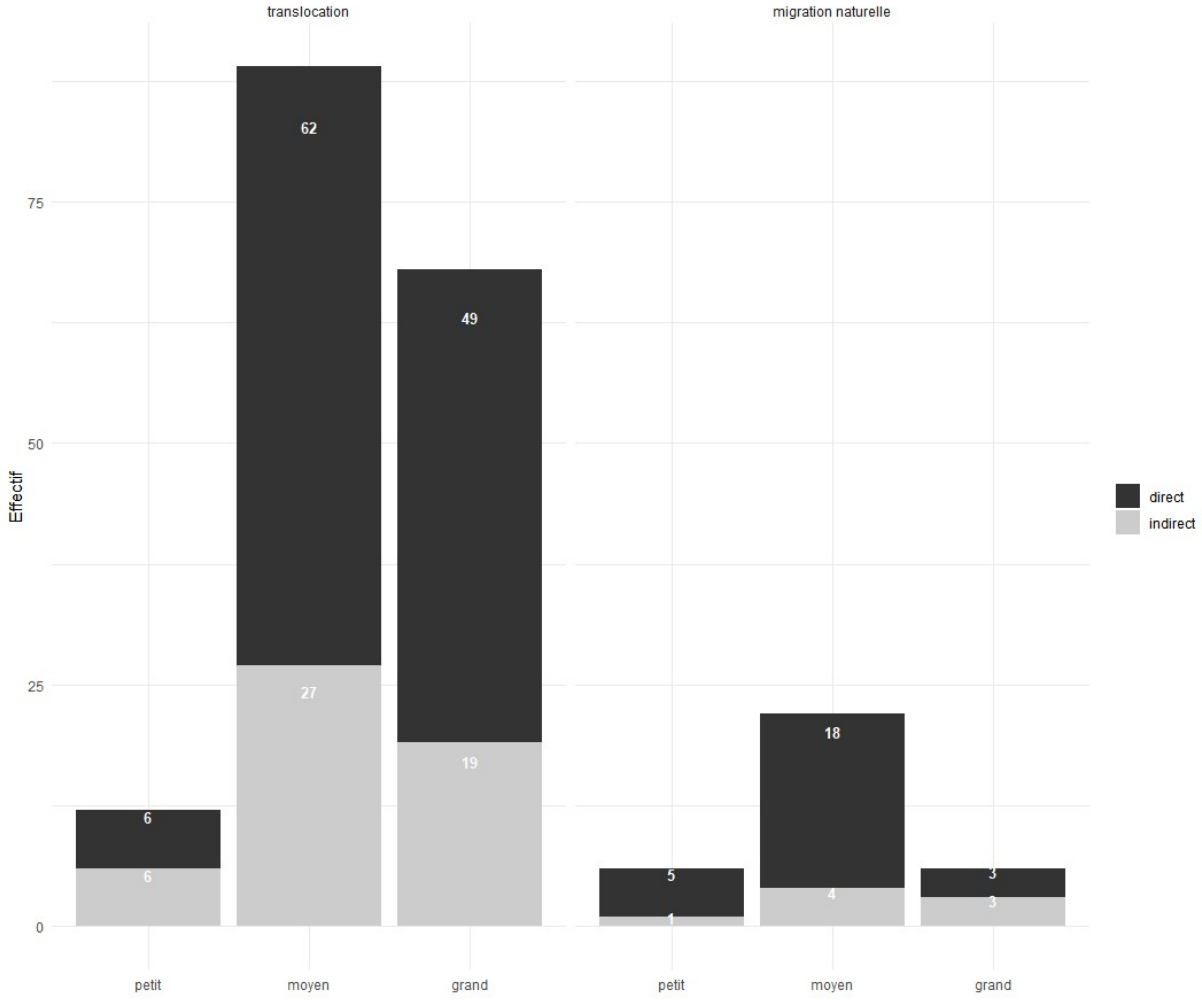


Illustration 43: nombre de poissons par classe de taille selon le type de franchissement

Nombre de franchissements. 67 % des poissons transloqués et 73 % des poissons en migration naturelle franchissent l'ouvrage une seule fois (ill.44). On relève quelques comportements particuliers :

- 45 franchissements réalisés par un poisson transloqué de 192 mm ;
- 12 poissons en migration naturelle franchissent l'ouvrage entre 2 et 9 fois ;
- les petits individus comme les grands peuvent franchir l'ouvrage plusieurs fois.

Nombre de franchissement par poisson

	Translocation	Migration naurelle	Total
1	118	33	151
2	29	7	36
3 à 6	27	3	30
7 à 10	1	2	3
11 à 60	2	-	2
	177	45	222

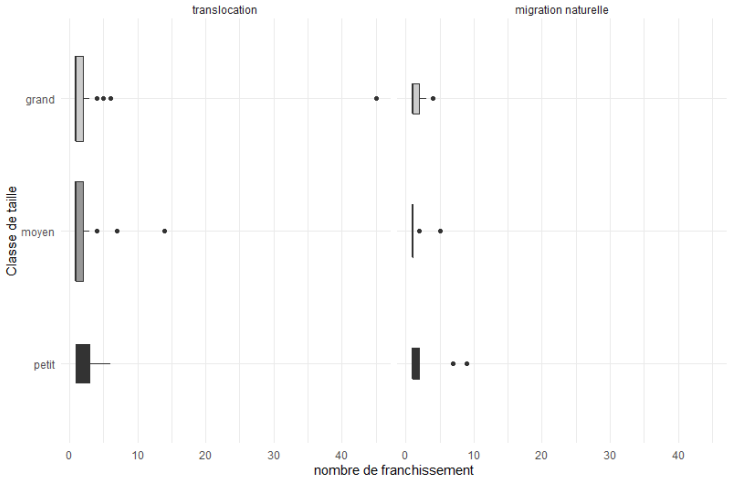


Illustration 44: Effectifs de poissons selon le nombre de franchissement et l'approche utilisée (tableau) et nombre de franchissement selon la taille des poissons (boxplot)

Pour les 12 poissons de l'aval qui franchissent l'ouvrage plusieurs fois, il est intéressant de regarder la période de ces allers-retours (ill.45). Le 1er franchissement se fait sans surprise sur les mois de migration pour la

reproduction. Pour 58 % des poissons, le second franchissement se fait sur la même période (voir le même mois). Le poisson a donc pu hésiter entre l'amont et l'aval de l'OH et explorer différents habitats. Le graphique indique également que des poissons ont fait deux migrations de reproduction en 2019 et 2020.

On a également regardé si les durées de passage dans l'OH (= franchir les 9 barrettes) diminuaient à chaque franchissement. Les résultats (ill. 46) ne permettent pas de dégager une tendance quelconque.

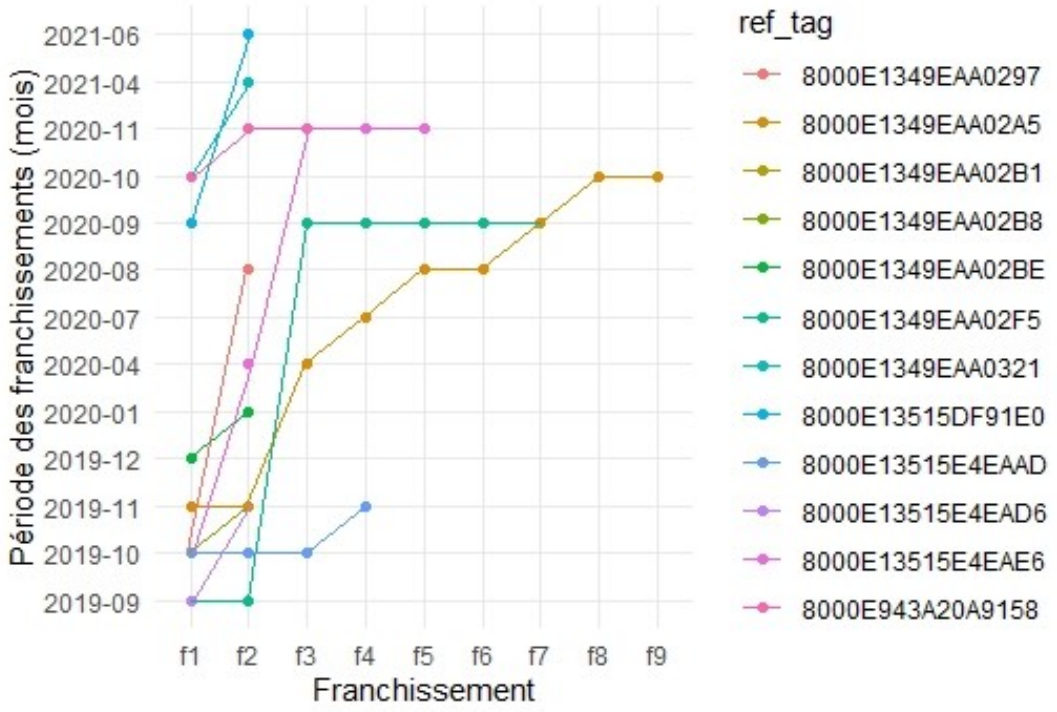


Illustration 45: Périodes de franchissement pour les 12 poissons de l'aval qui ont franchi l'OH plusieurs fois

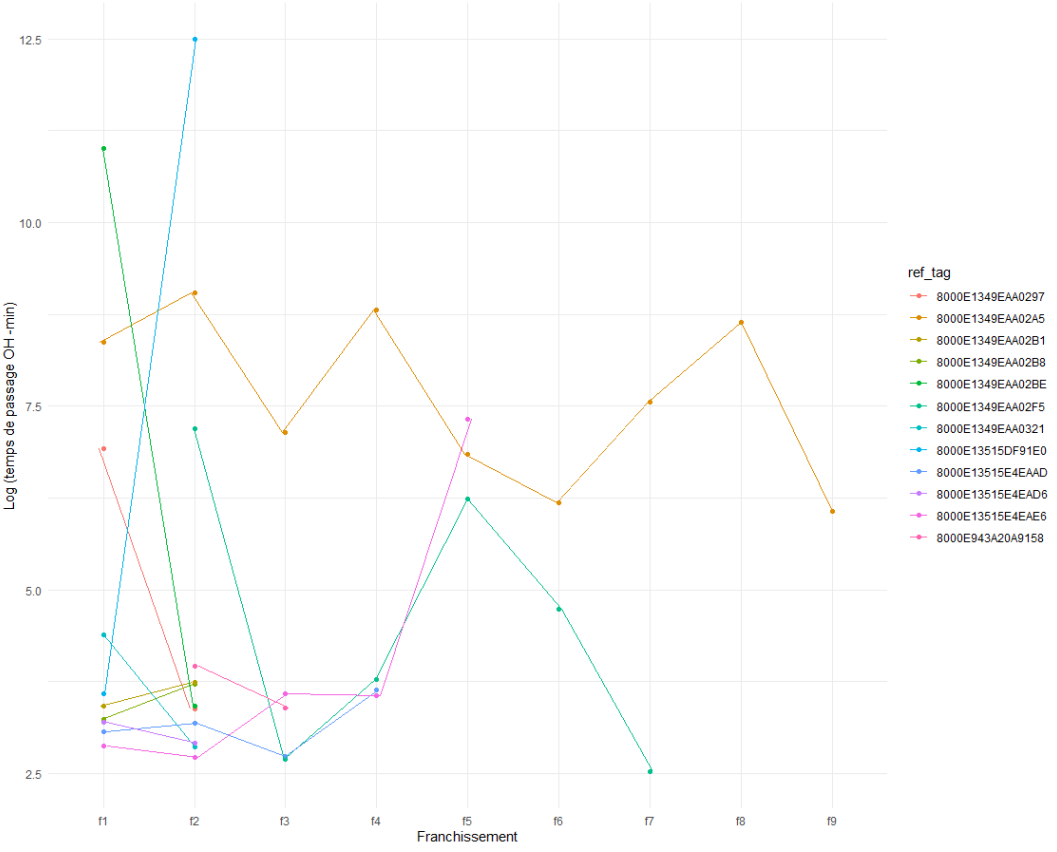


Illustration 46 : temps de franchissement des barrettes pour chaque franchissement des 12 poissons de l'aval

<u>Dévalaison des poissons après franchissement</u>. 25 poissons transloqués et 16 en migration naturelle ont dévalé après avoir franchi l'ouvrage et n'ont jamais été revus à au moins une antenne de détection. 86 % des poissons transloqués ne dévalent donc pas après leur franchissement, ce qui est le comportement attendu puisque leur déplacement était lié à l'opération de translocation. Pour les 36 % des poissons du secteur aval qui dévalent après franchissement de l'ouvrage, on observe que :

- les poissons des secteurs aval proches comme ceux plus éloignés de l'OH sont concernés (excepté les deux secteurs les plus éloignés de l'OH - 804 et 898 m) (ill.47) ;
- ce sont davantage les petits individus qui ont dévalé (45 % des poissons de petite taille qui ont franchi le dispositif ont dévalé) (ill.48) ;
- les dévalaisons se font en grande majorité après la période de reproduction (de sept. à déc.) (ill.49).

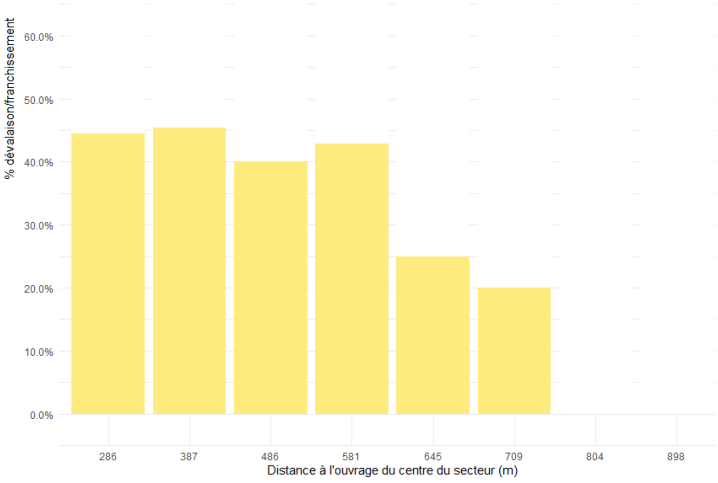


Illustration 47: Part des poissons capturés à l'aval qui ont dévalé par rapport à ceux qui ont franchi, selon les secteurs de pêche

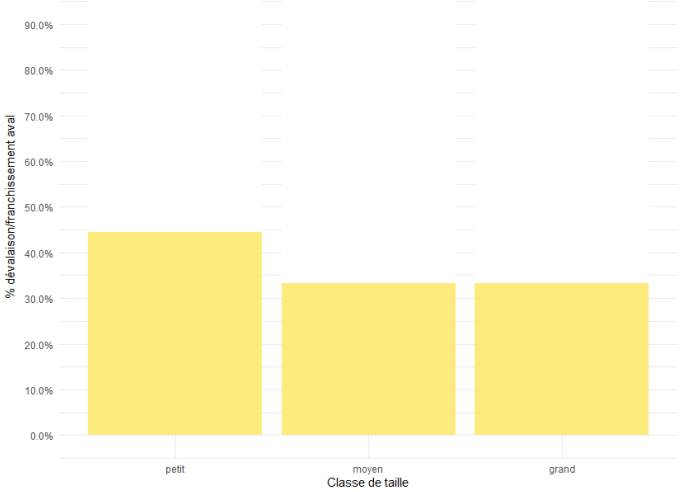


Illustration 48: Part des poissons de l'aval qui ont dévalé par rapport à ceux qui ont franchi, selon leur taille

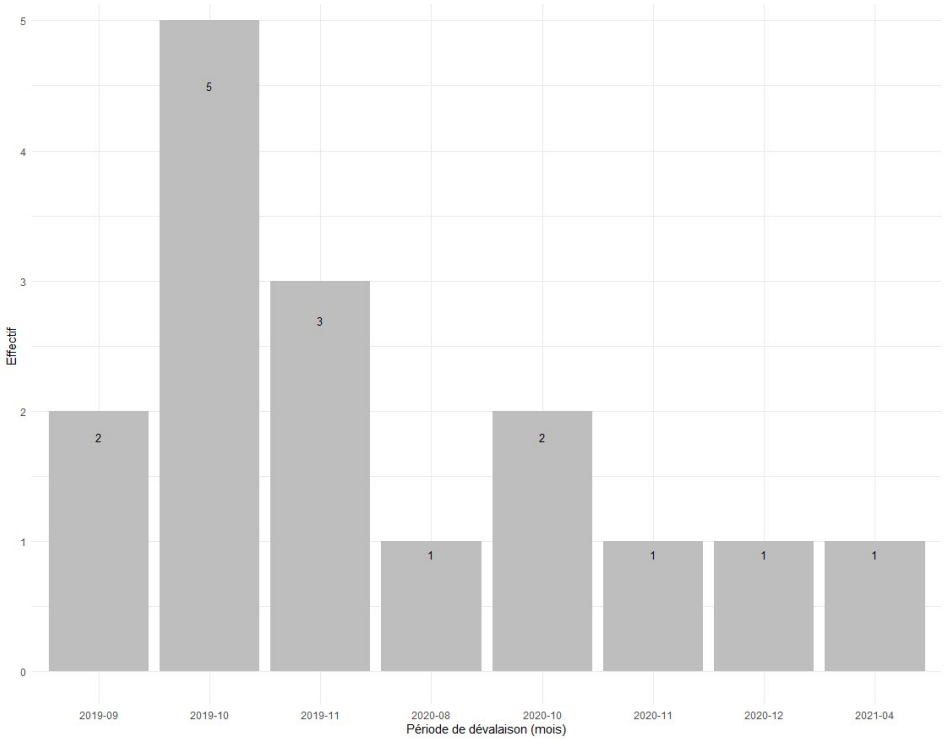


Illustration 49: Périodes de dévalaison des 16 poissons de l'aval

Quelques comportements particuliers. Pour chaque poisson, un graphique de son déplacement au cours du temps a été tracé (annexe 8). Voici ici deux exemples avec les comportements particuliers du :

- poisson avec le franchissement le plus rapide (moins d'une minute) (poisson transloqué de 120mm avec franchissement en avril 2021 - 8000E1349EAA028B) (ill.51),
- poisson qui a franchi l'ouvrage le plus de fois (45 franchissements) (poisson transloqué de 192 mm – 8000E943A20A9162 (ill.50).

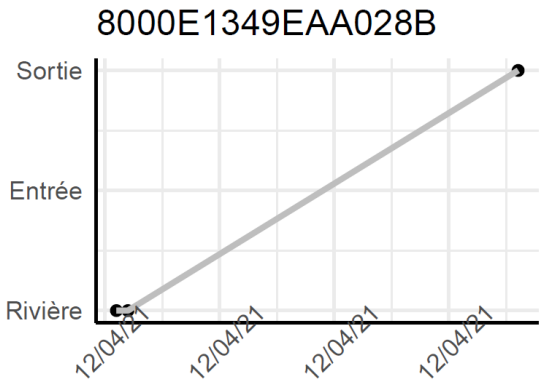


Illustration 51: Poisson transloqué avec le franchissement le plus rapide

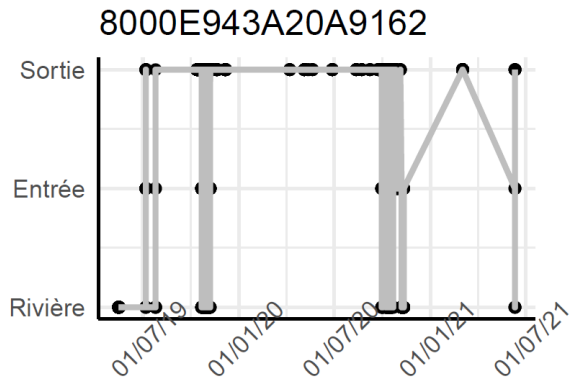


Illustration 50: Poisson transloqué qui a franchi 45 fois l'OH

Les temps de passage dans l'OH

Les déplacements des poissons ont été analysés avec trois temps qui sont liés à l'attractivité du dispositif, sa franchissabilité ainsi que son efficacité :

- **le temps d'approche,** soit la durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne entrée ;
- **le temps de franchissement,** soit la durée entre la première détection à l'antenne entrée et la première détection à l'antenne sortie ;
- **le temps total de passage,** soit la durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne sortie.

Cinq poissons présentent des temps de franchissement de l'OH très élevés (> 50 jours) : ces poissons (quatre de l'amont et 1 de l'aval) ont été retirés des analyses.

Les temps nécessaires pour que les poissons franchissent l'ouvrage varient en fonction des approches utilisées (translocation ou migration naturelle) (tab.6) :

- Les poissons transloqués ont passé plus de temps à l'aval de l'ouvrage que les poissons en migration naturelle : 75 % des poissons transloqués ont approché l'ouvrage en moins de 1 jour et 10 heures, 2 heures et 50 minutes pour les poissons en migration naturelle.
- En revanche, les temps de franchissement dans l'ouvrage sont globalement assez faibles pour les deux approches.
- En conclusion, on notera que les poissons transloqués mettent beaucoup plus de temps à franchir l'ouvrage dans sa totalité (temps total de passage) que les poissons de l'aval : 25 % mettent moins de 2 heures et 50 minutes pour franchir l'OH, 75 % moins de 2 jours et 22 minutes, tandis que pour les poissons de l'aval ces temps sont respectivement de 39 minutes et 1 jour.

	Temps d'approche		Temps de franchissement		Temps total de passage	
	Translocation	Migration naturelle	Translocation	Migration naturelle	Translocation	Migration naturelle
Nb de valeurs	**137**	**27**	**141**	**30**	**165**	**33**
min	00:00:41	00:02:04	00:01:31	00:13:51	00:00:35	00:01:51
Quartile 1	00:20:34	00:04:15	00:45:35	00:23:38	02:50:20	00:39:19
médiane	02:33:09	00:13:01	01:26:14	00:37:04	17:05:03	01:37:05
Quartile 3	1j 10:46:06	02:50:08	06:11:20	12:36:34	2j 22:13:54	1j
max	344j 19:16:17	126j 14:11:00	8j 17:52:39	41j 19:54:00	344j 20:41:07	126j 14:34:29
moyenne	13j 06:47:40	5j 14:52:12	09:17:50	3j 01:05:04	12j 21:54:37	7j 08:48:47

Tableau 6: Temps d'approche, temps de franchissement et temps total de passage des poissons transloqués ou en migration naturelle

Les valeurs maximales sont très élevées et semblent douteuses : il est possible que tous les passages des poissons n'aient pas été correctement enregistrés par les antennes (dysfonctionnement possible). Leur interprétation n'a pas été réalisée.

E.4.2. Effet de plusieurs facteurs sur les temps de franchissement de l'ouvrage hydraulique

Hypothèse 1 – les résultats (E.4.1) ont montré que les poissons avaient une activité majoritairement diurne pour les deux approchés étudiées. Les truites sont pourtant connues pour rechercher l'obscurité. Est-ce que ces poissons qui rentrent de jour mettent plus de temps pour franchir les neuf barrettes de l'OH que ceux qui rentrent de nuit ?

L'objectif est de vérifier si la période du jour où le poisson se présente à l'entrée de l'ouvrage (jour, nuit, crépuscule) joue sur le temps de franchissement des neuf barrettes. Le temps pour franchir les neuf barrettes est appelé temps de franchissement et se calcule en prenant la durée entre la première détection à l'antenne sortie et la première détection à l'antenne entrée. Les tests statistiques de Wilcoxon appliqués aux deux approches étudiées ne montrent pas de différence significative entre le temps de passage des neuf barrettes pour les poissons qui pénètrent dans l'ouvrage de jour ou de nuit (ill.52).

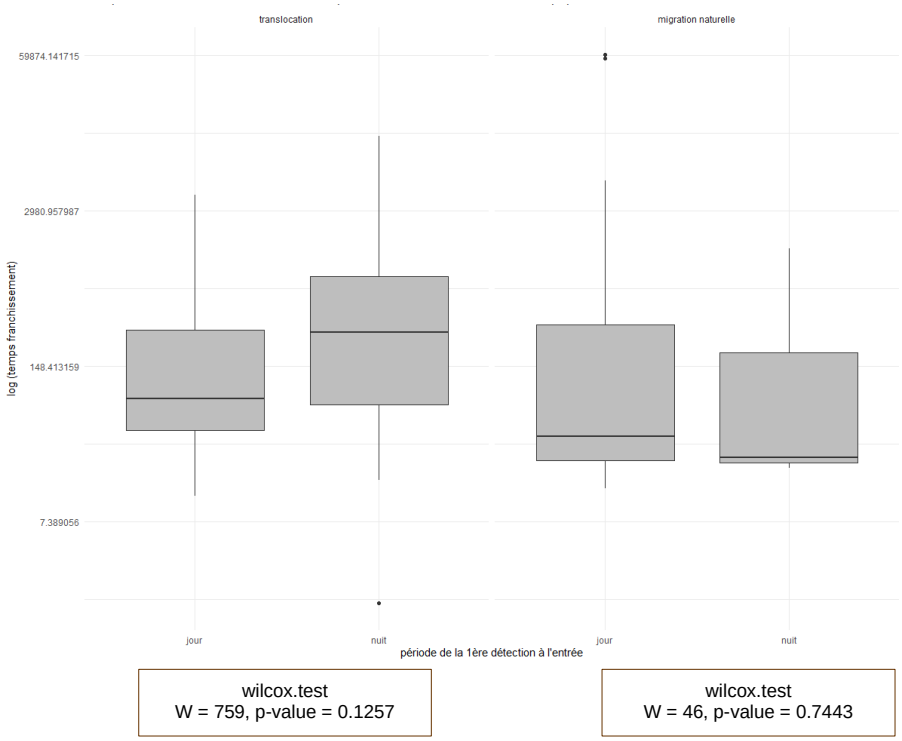


Illustration 52 : temps de franchissement de l'ouvrage hydraulique par les poissons transloqués et en migration naturelle selon la période de la journée où ils entrent dans l'OH

Hypothèse 2 : On suppose que les poissons transloqués et ceux en migration naturelle auront des comportements lors de leur déplacement différents qui impacteront leur temps de franchissement de l'ouvrage. Est-ce que les poissons de l'amont vont adopter un comportement exploratoire lié à leur translocation ? Est-ce que les poissons de l'aval auront un stimulus plus fort lié au besoin de reproduction et donc des temps de passage plus rapides ?

Comme vu précédemment, les poissons transloqués ont passé plus de temps à l'aval de l'ouvrage que les poissons en migration naturelle, ce qui est confirmé par un test statistique avec une différence très significative sur le temps d'approche (test de Wilcoxon, $p < 0{,}001$) (ill.53) . En revanche, les temps de franchissement de l'ouvrage ne diffèrent pas significativement (test de Wilcoxon, $p > 0{,}05$) entre les poissons transloqués et ceux en migration naturelle. Le temps total de passage de l'OH qui englobe la totalité du déplacement du poisson, depuis sa détection à l'antenne rivière jusqu'à sa sortie de l'ouvrgae, est quant à lui significatif (test de Wilcoxon, $p < 0{,}01$).

On confirme donc par ces tests que les poissons transloqués ont pu être désorientés par la translocation et ont eu tendance à explorer le milieu. À l'inverse, les individus de l'aval dont la migration est motivée par le besoin de reproduction se sont déplacés plus rapidement dans le dispositif.

	Temps d'approche		Temps de franchissement		Temps total de passage	
	Translocation	Migration naturelle	Translocation	Migration naturelle	Translocation	Migration naturelle
Nb de valeurs	137	27	141	30	165	33
Quartile 1	00:20:34	00:04:15	00:45:35	00:23:38	02:50:20	00:39:19
Médiane	02:33:09	00:13:01	01:26:14	00:37:04	17:05:03	01:37:05
Quartile 3	1j 10:46:06	02:50:08	06:11:20	12:36:34	2j 22:13:54	1j
Test	wilcox.test W = 2618, *p-value* = 0,0006607		wilcox.test W = 2522, *p-value* = 0,09876		wilcox.test W = 3618, *p-value* = 0,002897	

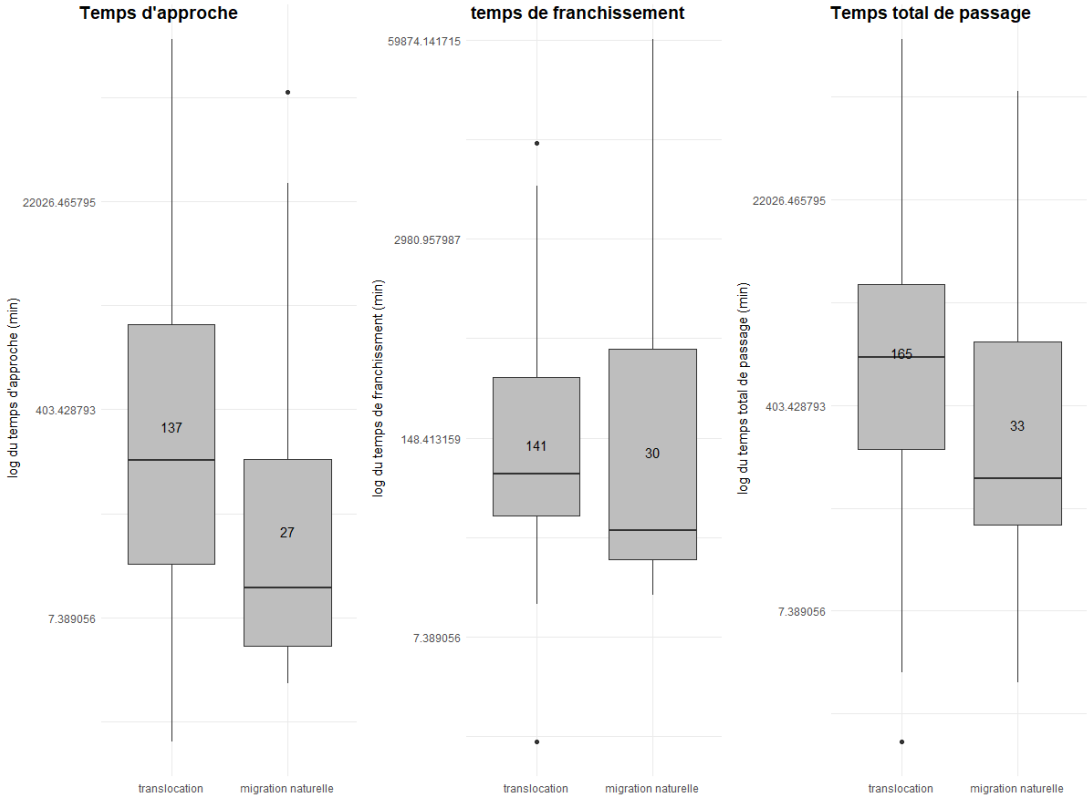


Illustration 53: Temps de passage selon l'approche utilisée : temps passé à l'aval de l'ouvrage (calculé en prenant la première détection à l'antenne rivière et la première à l'antenne entrée), temps de franchissement dans l'OH (durée entre la première détection à l'antenne entrée et la première à la sortie) et temps total de passage (durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première à l'antenne sortie) (nb = nombre)

Hypothèse 3 : la migration des poissons peut dépendre de facteurs liés à l'individu ou à son environnement, qui peuvent contraindre leur déplacement. L'objectif est de tester ici l'influence de la taille des poissons et la hauteur d'eau dans la rivière au moment du franchissement sur les temps de franchissement.

Pour les poissons transloqués, on observe un effet de la taille sur le temps de franchissement de l'OH (1) et le temps total de passage (2) (test de Kruskal-Wallis, tab. 7) :

- **(1)** les poissons de grande taille ont franchi les neuf barettes de l'ouvrage plus rapidement (comparaisons par paires – Wilcoxon),
- **(2)** les poissons de petite taille mettent plus de temps à parcourir l'ouvrage en totalité (comparaisons par paires – Wilcoxon) (ill.54).

Les hauteurs d'eau enregistrées par la sonde amont au moment du passage à l'antenne entrée influencent le temps d'approche (test de Spearman, $p < 0,05$) et le temps total de passage (test de Spearman, $p < 0,01$) : plus la hauteur d'eau augmente, moins les poissons mettent de temps à entrer dans l'ouvrage et à le franchir en totalité (ill.55).

Pour les poissons en migration naturelle, l'effet de la taille et de la hauteur d'eau dans la rivière au moment de l'entrée dans le dispositif ne sont pas significatifs (tab.7).

	Translocation			Migration naturelle		
	Temps d'approche	**Temps de franchissement**	**Temps total de passage**	**Temps d'approche**	**Temps de franchissement**	**Temps total de passage**
Taille	Kruskal.test p-value = 0.2813	Kruskal.test p-value = 0.0001311	Kruskal.test p-value = 0.007393	Kruskal.test p-value = 0.7757	Kruskal.test p-value = 0.1925	Kruskal.test P-value = 0.941
Hauteur eau	Spearman.test p-value = 0.01143	Spearman.test P-value = 0.07057	Spearman.test p-value = 0.008684	Spearman.test p-value = 0.9325	Spearman.test p-value = 0.8436	Spearman.test P-value = 0.6139

Tableau 7: Effet de la taille et hauteur d'eau sur les temps de déplacements des poissons transloqués et en migration naturelle

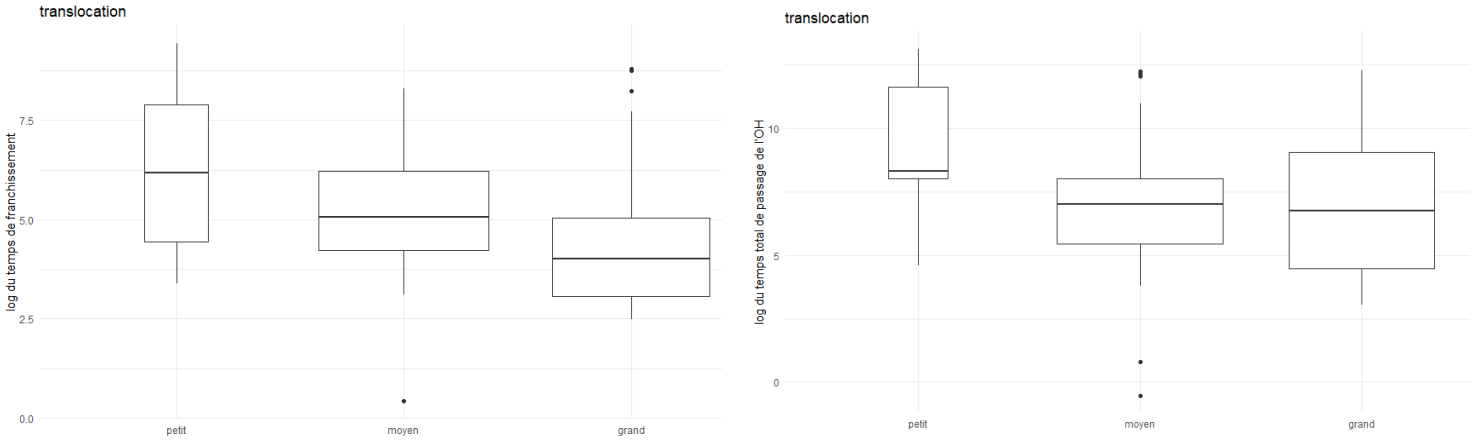


Illustration 54: Effet de la taille des poissons transloqués sur les temps de franchissement (graphe de gauche) et le temps total de passage de l'OH (graphe de droite)

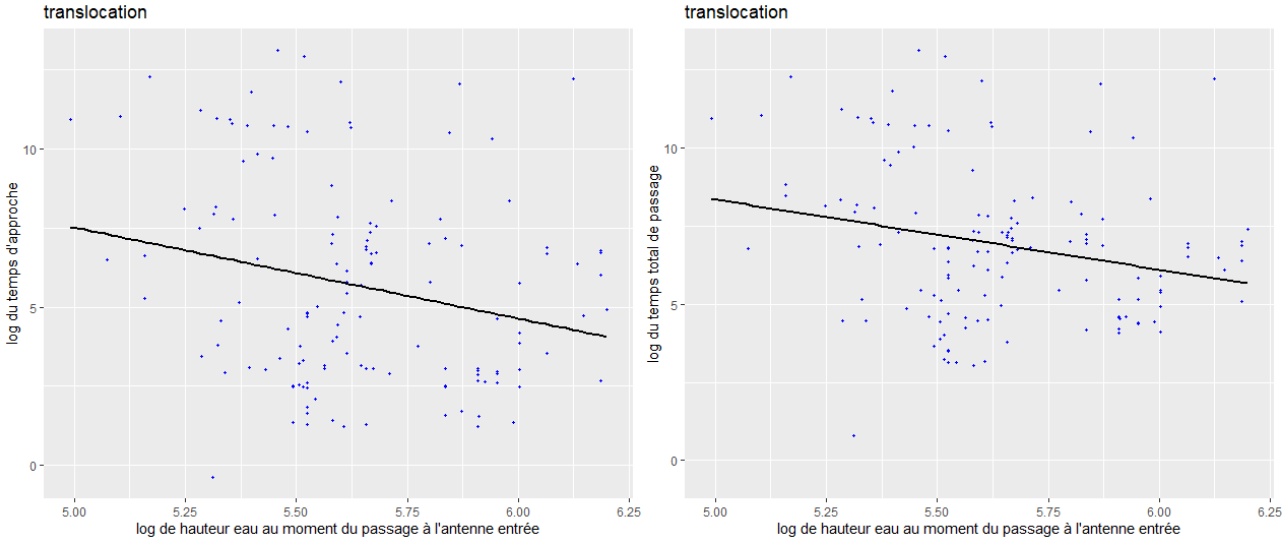


Illustration 55: Relation entre les hauteurs d'eau et les temps de franchissement (graphe de gauche) et de passage total de l'ouvrage (graphe de droite) pour les poissons transloqués

Conclusion

Les tests statistiques sur les temps de franchissement de l'ouvrage indiquent que :

- la période d'entrée dans l'ouvrage n'influence pas le temps de passage des neuf barrettes (pour les deux approches étudiées) ;
- les poissons transloqués ont passé plus de temps à l'aval de l'ouvrage que les poissons en migration naturelle et ont mis plus de temps à franchir la totalité de l'ouvrage ;
- les poissons transloqués de grande taille ont franchi les neuf barettes de l'ouvrage plus rapidement ; ceux de petite taille mettent plus de temps à parcourir l'ouvrage en totalité ;
- plus la hauteur d'eau augmente, moins les poissons transloqués mettent de temps à entrer dans l'ouvrage et à le franchir en totalité ;
- pour les poissons en migration naturelle, l'effet de la taille et de la hauteur d'eau dans la rivière au moment de l'entrée dans le dispositif ne sont pas significatifs.

E.5 - Les poissons qui n'ont pas franchi l'OH

L'analyse qui va suivre permet de comparer les caractéristiques des poissons qui ont franchi avec ceux qui se sont présentés au moins à l'antenne rivière (E.5.1) et de voir les facteurs qui peuvent expliquer que des poissons n'aient pas franchi l'OH (E.5.2). Ces comparaisons ont été réalisés d'après trois profils de franchissement : les poissons qui se présentent uniquement à l'antenne rivière (1_0_0), les poissons qui se présentent à l'antenne rivière et entrée (1_1_0) et les poissons qui franchissent l'ouvrage (1_1_1).

E.5.1. Caractéristiques

34 poissons n'ont pas réussi à franchir l'OH (arrêt à l'antenne rivière ou entrée) : 11 % sont des poissons transloqués, de toute taille, et 22 % des poissons de l'aval (de taille moyenne et de grande taille) (ill.56). Tous les petits individus en migration naturelle ont franchi l'OH.

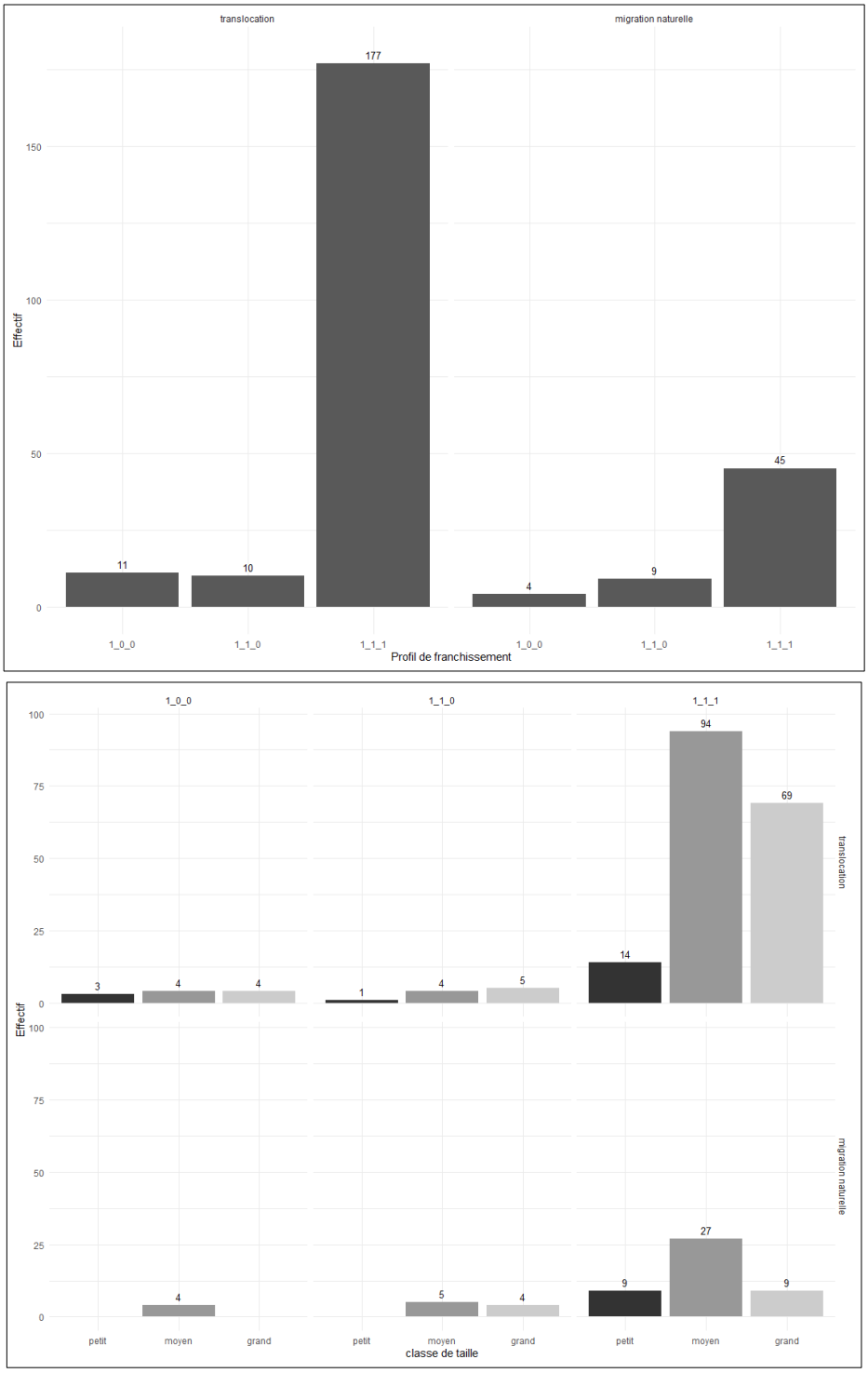


Illustration 56: Nombre (graphe du haut) et taille (graphe du bas) des poissons qui se sont présentés au dispositif selon les deux approches. « 1_0_0 » : poissons détectés uniquement à la rivière ; « 1_1_0 » : détectés à la rivière et à l'entrée ; « 1_1_1 » : détectées aux 3 antennes = franchissement réussi

Les poissons transloqués qui ont franchi l'ouvrage, comme ceux en migration naturelle, ont pénétré dans l'OH en journée en très grande majorité (ill. 57). Le graphique ne montre pas qu'un moment de la journée serait moins propice pour pénétrer dans l'OH. Aucun poisson en migration naturelle a pénétré dans l'OH au crépuscule.

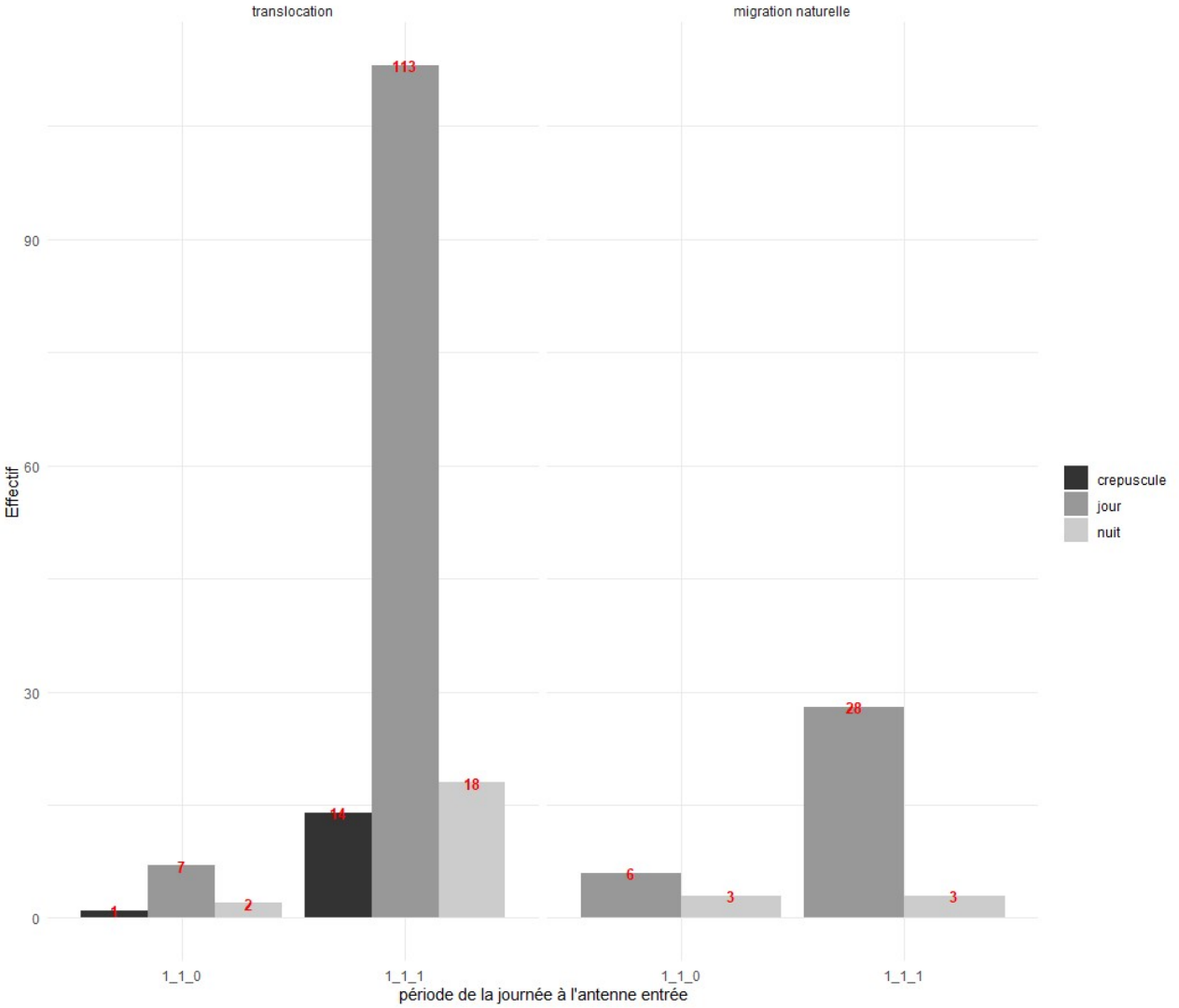


Illustration 57: Enregistrements des poissons à l'antenne entrée selon la période de la journée et pour les deux approches étudiées

Hauteur d'eau moyenne dans la rivière au moment du passage aux antennes rivière et entrée[15] (ill.58)

Les poissons transloqués qui ont migré jusqu'à l'aval de l'ouvrage sans le franchir (arrêt à l'antenne rivière) ont progressé dans des conditions similaires à ceux qui l'ont franchi (une hauteur d'eau de 243 mm pour 50 % des poissons arrêtés à l'antenne rivière contre 267,5 mm pour ceux qui ont franchi). Les poissons transloqués qui se sont arrêtés à l'entrée de l'OH ont bénéficié de hauteurs d'eau au moment de leur passage à l'antenne rivière plus importantes (médiane à 351.5 mm ; graphe de gauche) et au moment de leur entrée dans l'OH (75 % sont entrés dans le dispositif avec une hauteur d'eau de 430 mm alors que ceux qui ont franchi l'OH ont passé l'antenne entrée avec une hauteur de 342.5 mm pour 75 % d'entre eux - graphe de droite). Il s'agira donc de vérifier si les hauteurs d'eau importantes ont pu gêner le passage dans l'ouvrage (partie suivante – hypothèse 3).

Pour les poissons en migration naturelle, il semblerait que les conditions hydrologiques aient été proches quelque soit le profil de franchissement des poissons : les hauteurs d'eau moyennes mesurées par la sonde amont au moment du passage à l'antenne rivière et à l'antenne entrée sont proches. On note par exemple que les fenêtres de hauteurs d'eau indiquent des hauteurs d'eau similaires au moment du passage à l'antenne entrée (médiane de 234,8 mm pour les poissons arrêtés à l'antenne entrée et 238.5 pour ceux qui ont franchi) (graphes de droite).

15 = moyenne horaire des valeurs mesurées avec la sonde amont lors du passage du poisson à l'antenne

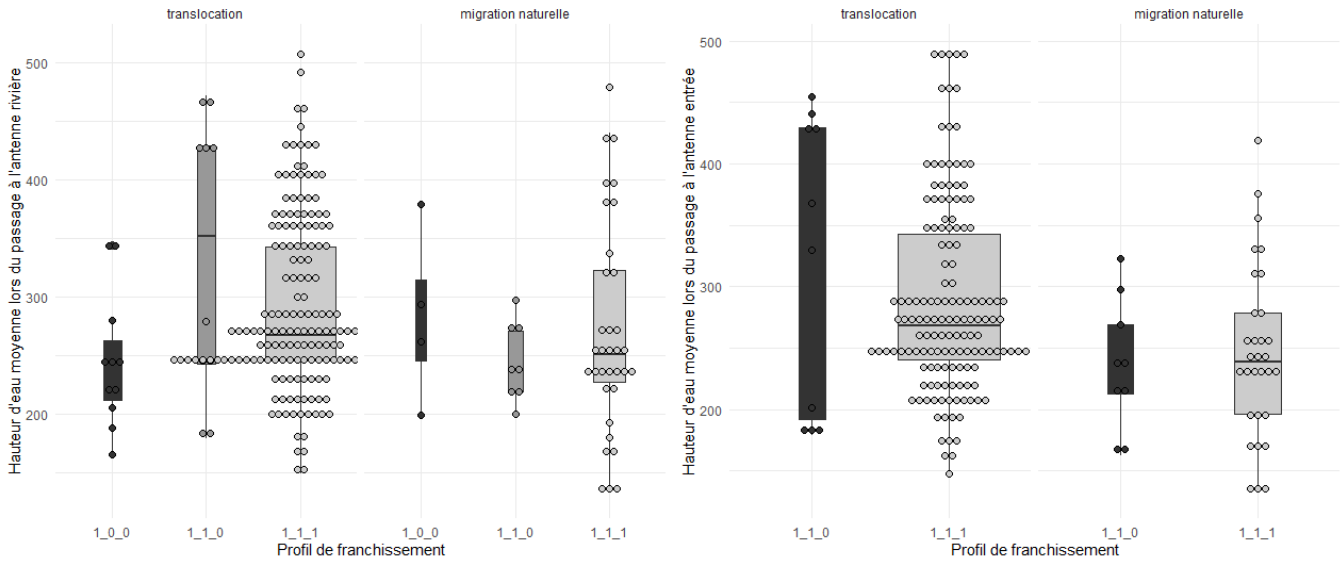


Illustration 58 : Hauteurs d'eau moyennes mesurées avec la sonde amont au moment du passage à l'antenne rivière (graphes de gauche) et à l'antenne entrée (graphes de droite) pour les deux approches étudiées.

E.5.2. Les facteurs qui expliquent les échecs de franchissement

Il s'agit de regarder si l'échec du franchissement peut s'expliquer par des facteurs liés aux individus ou aux conditions du milieu. Pour chaque facteur testé, le résultat est mis en avant par comparaison des résultats observés pour les poissons qui se sont arrêtés à l'antenne rivière (profil 1_0_0), à l'antenne entrée (1_1_0) et qui ont franchi le dispositif (1_1_1).

Hypothèse 1 – un temps d'approche élevé peut expliquer un échec du franchissement. On veut donc vérifier si les truites qui passent plus de temps à l'aval connaissent plus d'échec de franchissement.

Cette hypothèse est testée à partir du « temps d'approche » de l'OH qui calcule le temps que le poisson a passé au niveau de l'antenne rivière et pour franchir la première barrette de l'ouvrage. Le test de Kruskal-Wallis appliqué aux deux approches se révèle non significatif (p-value de 0,8988 pour les poissons transloqués et 0,6074 pour les poissons en migration naturelle). La réussite du franchissement n'est donc pas liée au temps d'approche de l'OH quelle que soit l'approche regardée (translocation et migration naturelle).

On notera notamment que les poissons transloqués qui se sont arrêtés à l'antenne entrée ont passé moins de temps à l'approcher que ceux qui l'ont franchi (valeurs médianes respectives de 56 min et 2 heures 33 min). On observe la tendance inverse pour les poissons en migration naturelle : ceux qui ont franchi l'OH ont passé moins de temps à l'approcher que ceux qui ont échoué (13 min et 20 min respectivement).

Hypothèse 2 – Un dispositif de franchissement piscicole ne doit pas être sélectif vis-à-vis de la taille des poissons. On veut donc regarder ici l'effet de la taille sur la réussite du franchissement.

Les résultats du test de Fischer permettent de dire que la taille n'a pas d'effet sur la réussite du franchissement pour les poissons transloqués (p-value > 0,05) et ceux en migration naturelle (p-value > 0,05).

Ce résultat se confirme par un test non significatif sur les individus transloqués de petite taille (tous les petits poissons en migration naturelle ont franchi l'OH ; ill.59) (Fischer, p-value > 0,05).

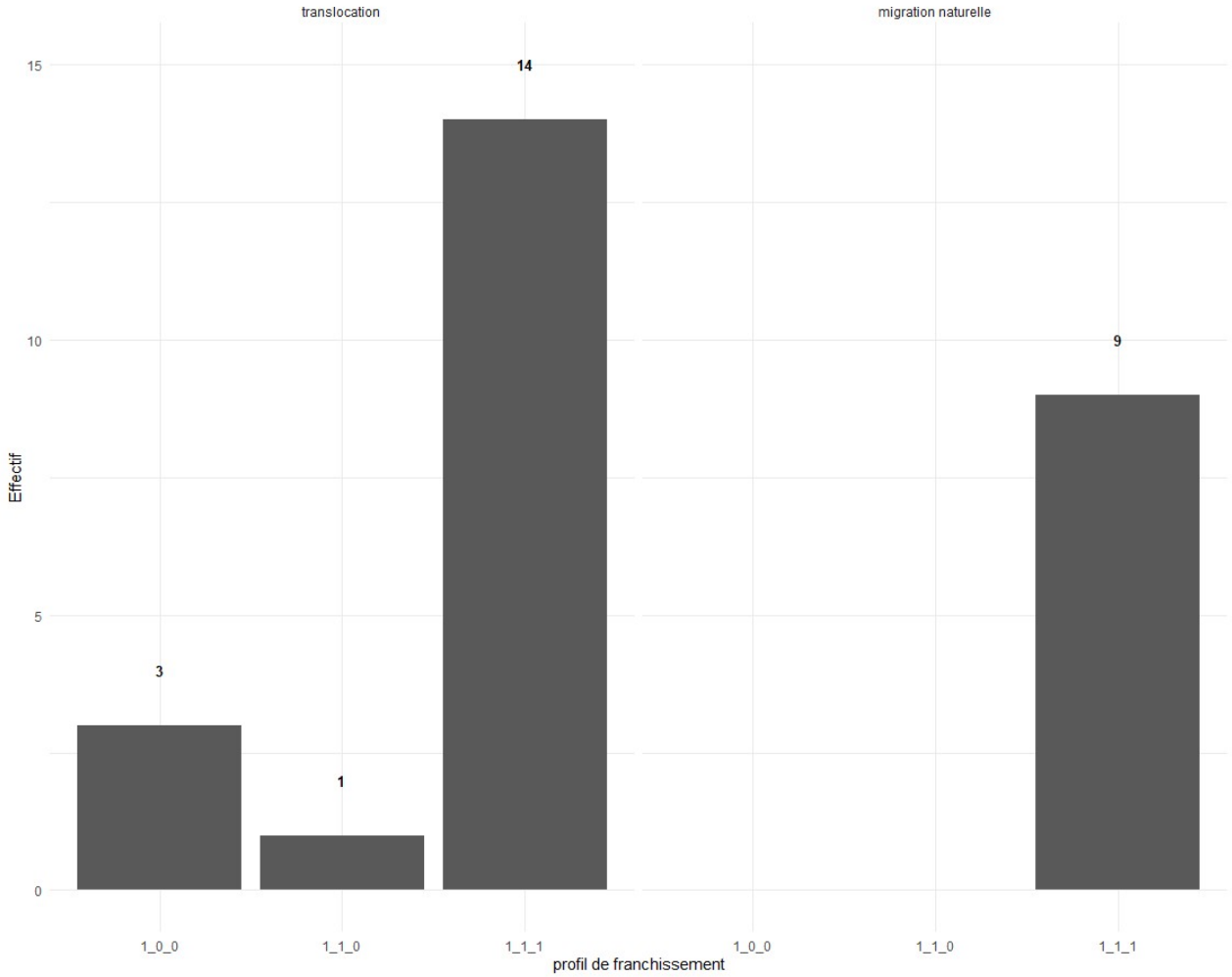


Illustration 59: Nombre de poissons de petite taille en fonction du profil de franchissement

Hypothèse 3 - L'efficacité d'un dispositif de franchissement est lié à son dimensionnement qui doit tenir compte des capacités de nages des poissons et offrir les hauteurs d'eau compatibles. Est-ce que les poissons qui n'ont pas franchi l'ouvrage ne disposaient pas de conditions hydrauliques satisfaisantes ?

La hauteur d'eau étant un facteur qui impacte la capacité de déplacement des poissons et l'efficacité d'un dispositif de franchissement piscicole, nous avons essayé de voir si ce facteur pouvait expliquer que certains poissons se soient arrêtés avant l'entrée de l'ouvrage. Un dispositif mal conçu peut générer des hauteurs de chute importantes et des jets plongeants dont le franchissement dépend de la capacité de nage de l'espèce considérée. On veut donc vérifier si les échecs pouvaient être liés à des hauteurs d'eau faibles ou élevées. On rappellera qu'en dehors de l'étiage marqué en 2019, les hauteurs d'eau mesurées sur la durée du suivi ont été plutôt importantes. Les tests statistiques de Kruskal-Wallis ne montrent pas de lien entre cette variable et le profil de franchissement avec des pvalue > 0,05, excepté le test pour les poissons transloqués et la hauteur d'eau au passage à l'antenne rivière qui donne un résultat faiblement significatif (pvalue < 0,05) (ill.60). La comparaison 2 à 2 par un test de Wilcoxon ne montre pas de différence entre les profils de franchissement.

La hauteur d'eau au passage aux antennes rivière et entrée n'a pas influencé la réussite du franchissement par les poissons transloqués ou en migration naturelle.

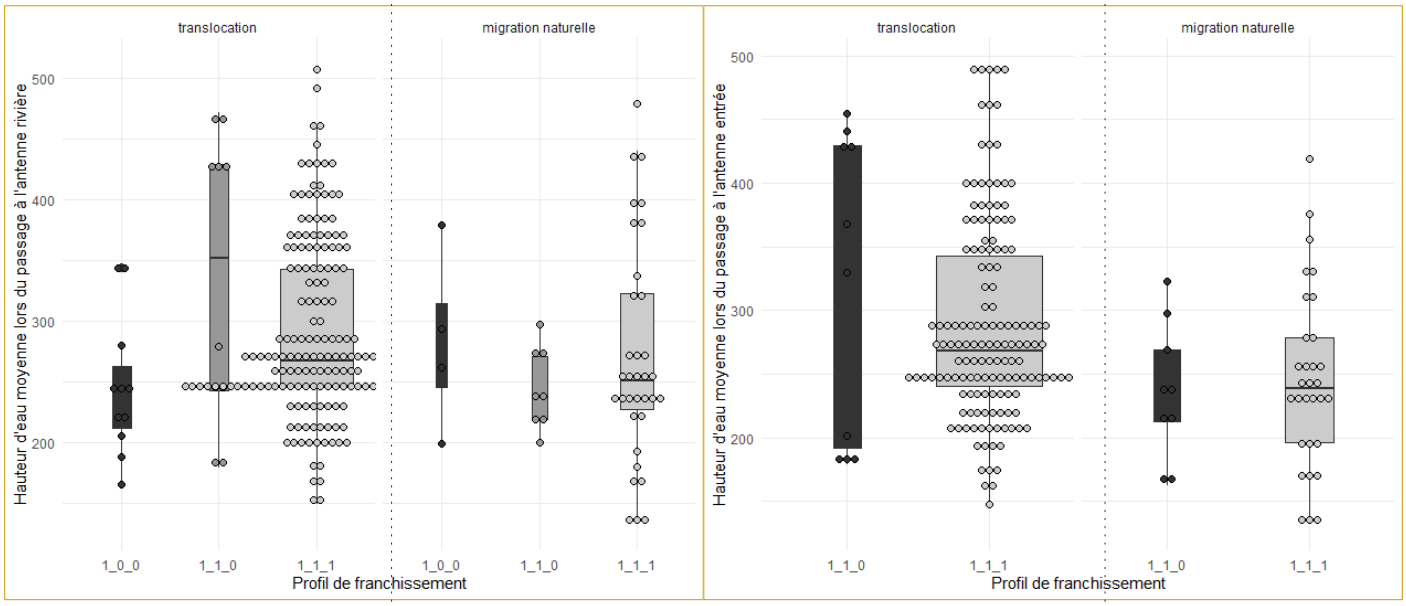


Illustration 60: Hauteurs d'eau moyennes mesurées avec la sonde amont au moment du passage à l'antenne rivière (graphes de gauche) et à l'antenne entrée (graphes de droite) pour les deux approches étudiées.

Conclusion

Les tests statistiques réalisés montrent que la réussite du franchissement n'est pas influencée, pour les poissons transloqués et ceux en migration naturelle, par le temps d'approche de l'ouvrage, la taille des poissons, ni la hauteur d'eau dans le cours d'eau au moment de leur passage. L'ouvrage a donc été franchissable pour tous les individus et dans toutes les conditions de milieu rencontrées pendant l'étude (confirmation des résultats en partie E.2 qui indiquaient l'efficacité du dispositif).

E.6 - Les poissons jamais détectés

23 poissons transloqués (10 % de l'effectif marqué) et 79 poissons en migration naturelle (58 % de l'effectif marqué) ne se sont jamais présentés au dispositif de détection. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cela : prédation naturelle, capture, effet marquage, etc. Chez les individus transloqués ce sont davantage les poissons de petite taille qui n'ont jamais été détectés (18 % jamais détectés par rapport à ceux marqués), alors que pour les individus en migration naturelle ce sont davantage les grands individus (62 % jamais détectés chez la catégorie « grand ») (ill.61). Il n'y a pas d'effet entre la taille des poissons (on souhaite vérifier si les petits poissons ont été davantage impactés par l'opération de pêche / marquage) et l'absence de détection au dispositif de suivi (test de Fisher non significatif ; p-value = 0.4893).

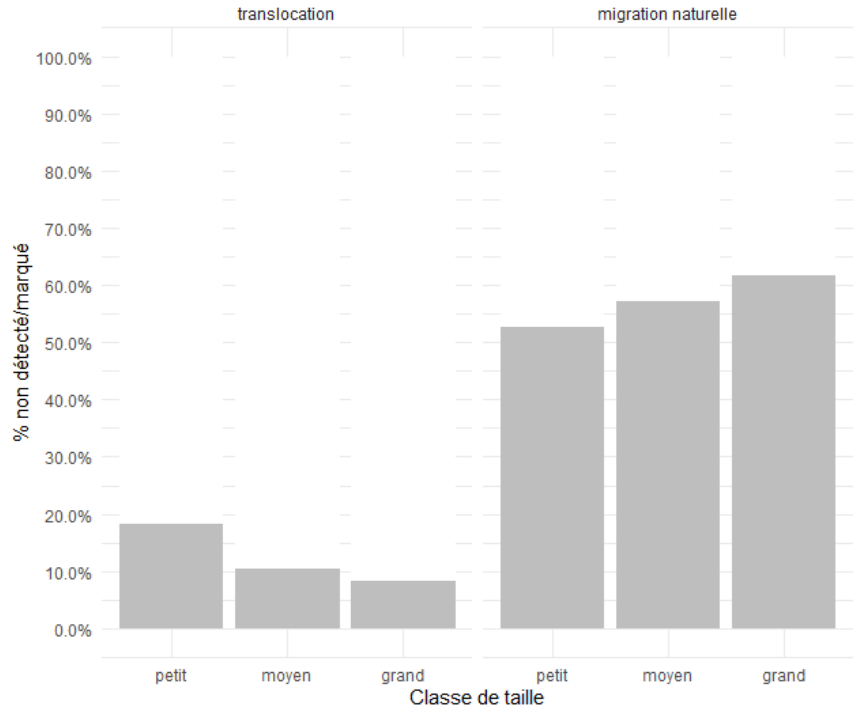


Illustration 61: Part des poissons jamais détectés par rapport à ceux marqués selon la taille et l'approche étudiée

E.7 - Synthèse des principaux résultats

L'évaluation du fonctionnement du dispositif de franchissement aménagé sur l'OH de la Clidane (ouvrage long de 73 m) a porté sur 198 truites transloquées et 58 en migration naturelle, de taille comprise entre 82 et 255 mm (individus détectés à l'approche de l'ouvrage par l'antenne "rivière"). L'étude montre que le **dispositif est efficace et fonctionnel pour assurer la montaison des truites avec un taux d'efficacité évalué à 89,4 % par la translocation et 77,6 % par les poissons en migration naturelle.** L'évaluation de l'efficacité du dispositif selon les trois séquences (attractivité du dispositif, franchissabilité et efficacité du dispositif) montre des résultats très satisfaisants pour les deux approches utilisées (translocation et migration naturelle) : l'attractivité du dispositif est élevée (de 94,4 % pour les poissons transloqués et 93,1 % pour ceux en migration naturelle) ainsi que sa franchissabilité (94,6 % et 83,3 %).

Les **poissons en migration** présentent les caractéristiques suivantes :

- la migration est plus marquée chez les poissons transloqués (90 % contre 42 % pour les individus de l'aval) ;
- la migration a davantage concerné les grands individus transloqués et les petits poissons de l'aval ;
- les périodes de migration sont liées à leur besoin : aux périodes de reproduction de l'espèce pour les poissons de l'aval (75 % migrent entre octobre et janvier) et après la translocation pour rejoindre les habitats amont pour les poissons transloqués (en grande majorité dans les deux jours qui suivent la translocation) ;
- une migration jusqu'à l'antenne rivière de préférence en journée (pour les poissons transloqués et ceux de l'aval) ;
- l'éloignement à l'OH n'a pas d'influence sur la migration des poissons de l'aval.

Pour les poissons qui franchissent l'ouvrage hydraulique, on notera que :

- l'ouvrage a été franchi par des petits poissons comme des grands (entre 97 et 255 mm pour les transloqués et 82 et 187 mm pour les poissons de l'aval) ;
- les poissons transloqués comme ceux en migration naturelle entrent et sortent de l'ouvrage de jour en très grande majorité et le temps de passage dans l'OH ne diffère pas significativement pour les poissons qui franchissent en journée et la nuit (tests de Wilcoxon appliqués aux deux approches non significatifs) ;
- 27 % des franchissements sont considérés comme liés à une migration naturelle (et concernent la population aval et la population transloquée dans des proportions similaires) et 73 % sont hors période de reproduction (avec une contribution de la population transloquée de 91 %) ;
- la majorité des déplacements sont qualifiés de « directs », sans aller-retour entre les antennes ; les déplacements indirects, qui peuvent donc révéler des hésitations, sont réalisés à 87 % par des individus

transloqués (de toutes les tailles) ;

- 67 % des poissons transloqués et 73 % des poissons en migration naturelle franchissent l'ouvrage une fois.
- **pour les poissons en migration naturelle**, on retiendra plus particulièrement que :

  → l'éloignement à l'OH, et donc la distance parcourue pour parvenir jusqu'à l'entrée (entre 250 et 950 m) ne semble pas, *a priori*, avoir d'effet sur la capacité de franchissement ;

  → ni la taille ni la hauteur d'eau dans la rivière au moment de l'entrée dans le dispositif n'influencent la réussite du franchissement (tests statistiques non significatifs) ;

  → les 2/3 des poissons qui ont franchi l'OH ne dévalent pas après la migration ;

  → ces poissons franchissent l'OH en totalité assez rapidement (75 % en moins de 24h) et plus rapidement que les poissons transloqués (test de Wilcoxon, $p < 0,01$).
- **pour les poissons transloqués**, on retiendra que :

  → ils mettent plus de temps à approcher l'ouvrage que les poissons en migration naturelle (test de Wilcoxon, $p < 0,001$) ;

  → ils franchissent l'OH juste après la translocation pour regagner leurs habitats d'origine ;

  → la taille des poissons influence le temps de franchissement de l'ouvrage (ceux de grande taille ont franchi les neuf barettes plus rapidement) et le temps total de passage (les petits poissons mettent plus de temps à parcourir l'ouvrage en totalité) ;

  → les hauteurs d'eau enregistrées par la sonde amont au moment du passage à l'antenne entrée influencent les temps de parcours de l'ouvrage : plus la hauteur d'eau augmente, moins les poissons mettent de temps à entrer dans l'ouvrage et à le franchir en totalité.

Pour les 21 poissons transloqués et les 13 en migration naturelle qui n'ont pas franchi l'OH :

- la taille des poissons n'explique pas pourquoi certains poissons n'ont pas franchi l'ouvrage ;
- la hauteur d'eau n'influence pas la réussite du franchissement ;
- la réussite du franchissement n'est pas lié au temps d'approche de l'OH quelle que soit la méthode utilisée (translocation et migration naturelle).

Les tests statistiques réalisés pour ces trois facteurs (E.5.2) ne sont pas significatifs.

F- Discussion

F.1 - Fonctionnalité du dispositif de franchissement piscicole

Les évaluations ont été réalisées selon deux approches méthodologiques avec : un groupe de poissons pêchés à l'aval de l'ouvrage et un groupe de poissons pêchés à l'amont et transloqués à l'aval de l'ouvrage. Ces deux groupes devaient permettre d'observer des déplacements différents, les uns liés au besoin de reproduction et à la recherche de sites amont appropriés pour la fraie, les autres pour rejoindre les habitats d'origine. Il s'agit ici uniquement d'une évaluation des impacts à l'échelle d'un obstacle à l'écoulement. Une succession d'obstacles sur un axe de migration peut être source d'impacts cumulés qui n'ont pas été évalués ici.

Le protocole mis en place a permis d'évaluer l'efficacité totale de passage de l'ouvrage entre 77,6 % et 89,4 % (selon la méthode) pour des truites de tailles comprises entre 82 et 255 mm. Il ne présente pas de points de blocage particuliers puisque son attractivité et sa franchissabilité apparaissent comme satisfaisantes. Les poissons qui remontent le cours d'eau jusqu'à l'OH le franchissent en grande majorité sans hésitation.

Les temps de parcours calculés (temps d'approche, temps de franchissement des barrettes et temps de passage total de l'OH) indiquent que les poissons transloqués ont passé plus de temps à l'aval de l'ouvrage que ceux en migration naturelle, ce qui peut s'expliquer par leur comportement exploratoire lié à leur translocation. Les temps totaux de passage de l'ouvrage restent gloablement assez faibles, notamment pour les poissons en migration naturelle, qui franchissent l'ouvrage dans sa totalité plus rapidement que les poissons transloqués (50% de ces poissons franchissent l'obstacle – à partir du moment où ils décident de le franchir - en moins de 1h40).

Les hauteurs d'eau mesurées n'ont pas eu d'effet sur la réussite du franchissement mais ont pu influencer les temps de progression.

En conclusion, le suivi réalisé montre que le dispositif de franchissement piscicole aménagé dans l'ouvrage hydraulique de la Clidane, composé de 10 barrettes placées perpendiculairement par rapport au courant, est fonctionnel pour la montaison des truites fario, espèce cible de ce cours d'eau classé en liste 2 et pour lequel le dispositif a été dimensionné. À souligner que sur la durée du suivi, et malgré les nombreux coups d'eau, le

dispositif de franchissement piscicole n'a pas été impacté par des embâcles qui auraient pu gêner les déplacements des poissons et auraient nécessité un entretien régulier.

F.2 - Comportement de la truite fario sur la Clidane

En complément, l'étude a permis de mettre en avant quelques caractéristiques du comportement de la truite fario sur ce cours d'eau. La migration naturelle vers les secteurs amont s'étend de septembre à décembre pour la majorité des individus et a davantage concernée les poissons de petite taille. 47 % des truites marquées de taille inférieure à 110 mm ont migré jusqu'à l'antenne rivière et 43 % pour les truites dont la taille est comprise entre 110 et 160 mm. Les grands individus (> 160mm) sont seulement 38 % à avoir migré.

L'étude a également mis en évidence le comportement diurne des truites sur la Clidane (migration et transit dans l'OH en journée). La lumière ne semble donc pas être un facteur limitant pour leur déplacement sur ce tronçon.

Enfin, le relevé des paramètres abiotiques a montré que :

- les températures sur ce cours d'eau correspondaient aux exigences de la truite fario et n'étaient donc pas un facteur limitant pour leur migration ;
- les conditions hydrologiques sur les deux années de suivi avaient été favorables aux déplacements des individus.

F.3 - Recommandations pour un futur suivi

La durée du suivi sur deux années semble plutôt satisfaisante car cela permet d'observer deux périodes de migration et d'avoir des conditions hydrologiques différentes. Le suivi a porté sur 358 truites marquées en deux fois (deux campagnes annuelles), ce qui a permis d'augmenter le nombre d'individus susceptibles de vouloir franchir le dispositif et de rendre les résultats plus robustes. Les résultats montrent qu'il serait pertinent d'augmenter le nombre d'individus marqués à l'aval pour étudier davantage le comportement naturel de l'espèce. En effet, même si la translocation d'individus est très fréquemment utilisée pour évaluer l'efficacité des dispositifs de franchissement, les conditions hydrologiques lors des déplacements de ces individus ne sont pas forcément représentatives des conditions lors de la migration naturelle. Cette étude a également montré que des différences peuvent être observées sur certaines métriques d'efficacité, notamment sur les temps de passage (ill.53). Les poissons transloqués ont par exemple mis beaucoup plus de temps pour approcher l'ouvrage que les poissons en migration naturelle, suggérant ainsi des comportements migratoires différents entre les deux groupes.

L'influence de l'éloignement à l'OH pour les individus de l'aval n'a été traitée que partiellement, les linéaires de pêche n'étant pas les mêmes pour les deux campagnes de marquage. Il serait donc nécessaire de prospecter le même linéaire pour chaque campagne de pêche de manière à avoir un facteur pouvant être traité statistiquement.

Le dispositif de suivi mis en place, avec trois antennes placées à environ 20 m à l'aval de l'OH, à l'entrée immédiate de l'OH et à quelques mètres en amont de l'ouvrage, a permis de mesurer le taux de migration chez les individus marqués et de décomposer ensuite le franchissement en trois temps (attractivité, franchissabilité et efficacité globale) pour détecter ainsi un éventuel point de blocage. Un design à trois antennes est donc parfaitement adapté à ce genre d'évaluation. Les antennes étaient alimentées par deux boîtiers différents. Le seul point de vigilance que nous souhaitons indiquer ici concerne le raccordement de deux antennes à un unique boîtier qui s'avère plus impactant en cas de dysfonctionnement du boîtier (perte de données sur les deux antennes lorsque celui-ci est hors service). Le suivi du fonctionnement des antennes a révélé quelques dysfonctionnements dont les plus majeurs sont survenus après le marquage des individus et la translocation des poissons de l'amont. Des prospections mobiles sont donc indispensables pour vérifier si des poissons ont pu ne pas être détectés par le dispositif. Concernant la sonde thermique, on préconise de réaliser le déchargement des données enregistrées avec un ordinateur portable plutôt qu'avec la navette qui ne permet pas de vérifier en direct que l'enregistrement des données et leur déchargement ont fonctionné.

Des mesures de la luminosité en différents points de l'ouvrage de la Clidane n'ont pas été intégrées à ce suivi. Cette nouvelle mesure semblerait cependant pertinente pour les grands ouvrages hydrauliques pour lesquels l'intensité lumineuse varie fortement (forte variation aux entrées et obscurité quasi totale au centre) afin d'évaluer l'impact du changement de luminosité sur le comportement des poissons. Un tel retour permettrait ainsi de faire le lien avec les recommandations techniques existantes (Setra, 2013).

Enfin, l'utilisation des débits en lieu et place des hauteurs d'eau semblerait plus pertinente pour analyser le comportement des espèces et pouvoir ensuite comparer les résultats avec la littérature scientifique.

Bibliographie

BARAN P. (2010) : "Atténuer l'impact des ouvrages transversaux sur les cours d'eau. Solutions techniques pour la montaison et la dévalaison." *Techniques Sciences Méthodes*; 10 : 39-48.

BAUDOIN, J.-M. *et al.* (2014) *Information sur la continuité écologique (ICE) - Evaluer le franchissement des obstacles par des poissons : principes et méthodes*. Guide méthodologique. Onema, p. 200.

CAUDRON A., BERGÉ J., RICHARD A., HEURTEBISE C. (2020) : "La technologie RFID pour évaluer le franchissement piscicole d'une buse aménagée de grande dimension." *Science Eaux & Territoires*; Hors-série 06: 1-7. https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2020.HS.06

EPIDOR. 2003. La Haute-Dordogne - Synthèse cartographique. Atlas réalisé dans le cadre du contrat de rivière Haute-Dordogne, 50 p.

FprEN (2021) : Water quality - Guidance for assessing the efficiency and related metrics of fish passage solutions using telemetry. Norme SIST EN 17233:2021.

LARINIER M., COURRET D., GOMES P. (2006) : *Guide technique pour la conception des passes "naturelles"*. Rapport GHAAPPE RA.06.05, 66 p.

LARINIER M., PORCHER J-P., TRAVADE F., GOSSET C. (1994). *Passes à poissons – Expertise, conception des ouvrages de franchissement*. Conseil supérieur de la pêche : collection "Mise au point", 336 p.

Parc Naturel Régional de Millevaches en Limousin (2020) 'Bilan thématique du Contrat territorial Chavanon en action : 5 années de réalisation (2015-2019)'.

Pêches et Océans Canada (2016) : *Lignes directrices pour les traversées de cours d'eau au Québec.* Région du Québec; 73 p. + annexes.

POTTIER G., AZAM D., BEAULATON L., VIGNERON T., RIVES J., MARCHAND F., PENIL C. (2022) : *La pêche scientifique à l'électricité dans les milieux aquatiques continentaux*. Office français de la biodiversité : Collection Guides et protocoles, 136 p.

Setra (2013) 'Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques Cas de la faune piscicole', (96).

TOMANOVA S., COURRET D., ALRIC A., DE OLIVEIRA E., LAGARRIGUE T., TETARD S. (2018) : "Protecting efficiently sea-migrating salmon smolts from entering hydropower plant turbines with inclined or oriented low bar spacing racks." *Ecological Engineering*; 122: 143-52.

VOLLSET K.W., LENNOX R.J., THORSTAD E.B., AUER S., BAR K., LARSEN M.H., MAHLUM S., NASLUND J., STRYHN H., DOHOO I. (2020) : "Systematic review and meta-analysis of PIT tagging effects on mortality and growth of juvenile salmonids." Reviews in Fish Biology and Fisheries; 30: 553–68. https://doi.org/10.1007/s11160-020-09611-1.

WEIBEL D., PETER A. (2013) : "Effectiveness of different types of block ramps for fish upstream movement." *Aquatic Science;* 75: 251–60. https://doi.org/10.1007/s00027-012-0270-7

ZYDLEWSKI G.B., HORTON G., DUBREUIL T., LETCHER B., CASEY S., ZYDLEWSKI J. (2006) : "Remote Monitoring of Fish in Small Streams: A Unified Approach Using PIT Tags." Fisheries; 31 (10): 492-502.

Annexes

Annexe 1 - Mesures hydrauliques sur le site de la Clidane

Annexe 2 - Schéma d'installation du dispositif de suivi

Annexe 3 - Liste des équipements

Annexe 4 - Photos de l'installation et réglages des appareils

Annexe 5 - Schéma conceptuel de la base de données RFID

Annexe 6 - Schéma de création de la table finale

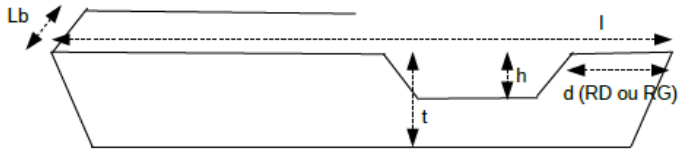
Annexe 7 - Dictionnaire des métriques du jeu de données final

Annexe 8 - Graphiques des déplacements des poissons

Annexe 1 – Mesures hydrauliques sur le site de la Clidane

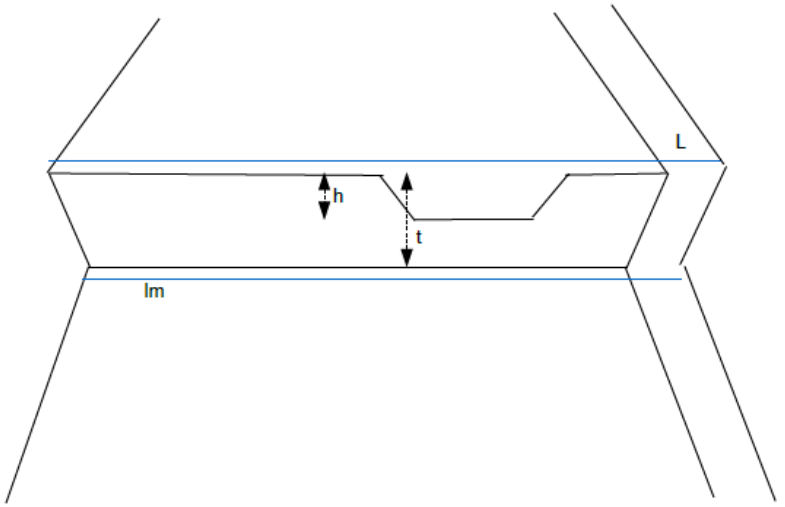
Mesures effectuées le 21 juin 2018

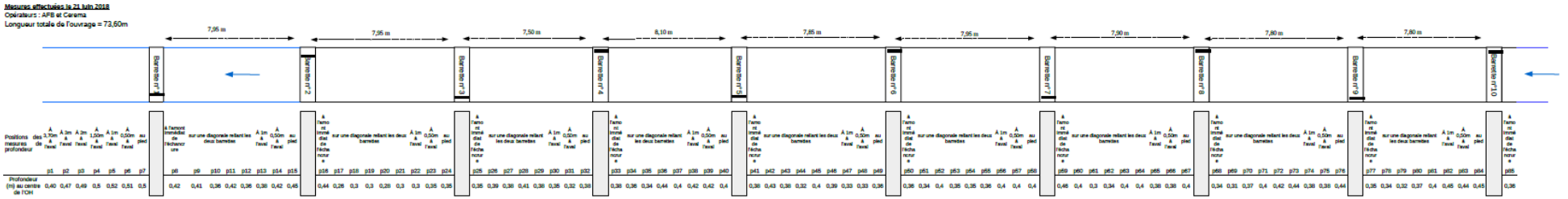
Profils des barrettes



l=largeur de la barrette
Lb=longueur de la barrette
d (RD ou RG) = distance entre la rive et l'échancrure
L=longueur (=largeur du lit mouillé à l'amont)
h=hauteur d'eau sur échancrure
t=tirant d'eau (au pied échancrure)
p=profondeur à l'amont échancrure
lm=largeur du lit mouillé à l'aval de la barrette
le= largeur de l'échancrure

	l	Lb	L	h	t	p	lm	le	d (RD)	d (RG)
N°1	3,6	0,2	4	0,3	0,5	0,42	4,27	1,15		0,45
N°2	3,6	0,2	4	0,28	0,45	0,44	4	1,15	0,2	
N°3	3,6	0,2	4	0,28	0,35	0,35	4	1,2		0,35
N°4	3,6	0,2	4	0,3	0,38	0,38	4	1,2	0,2	
N°5	3,6	0,2	4	0,25	0,4	0,38	4	1,15		0,55
N°6	3,6	0,2	4	0,25	0,36	0,36	4	1,2	0,2	
N°7	3,6	0,2	4	0,28	0,4	0,46	4	1,2		0,7
N°8	3,6	0,2	4	0,29	0,4	0,34	4	1,2	0,2	
N°9	3,6	0,2	4	0,3	0,44	0,35	4	1,2		0,55
N°10	3,6	0,2	4	0,28	0,45	0,36	4	1,2	0,24	





Mesures hydrauliques ouvrage "Clidane" 21/06/2018 *OFB + Cerema*

Débit Transect 2 m à l'amont de l'ouvrage

Largeur mouillée = 4.80 m V0.2, V0.4 et V0.8 = vitesses à 20%, 40% et 80% de la hauteur d'eau

Distance à la rive gauche (m)	Profondeur (m)	V0.2 (m/s)	V0.4 (m/s)	V0.8 (m/s)	surface (m²)	v moy (m/s)	débit (m3/s)
0,3	0,14		0,19		0,07	0,19	0,0133
0,7	0,26	0,16	0,25	0,32	0,104	0,245	0,02548
1,1	0,27	0,25	0,28	0,31	0,108	0,28	0,03024
1,5	0,28	0,21	0,22	0,23	0,112	0,22	0,02464
1,9	0,32	0,15	0,15	0,2	0,128	0,1625	0,0208
2,3	0,39	0,17	0,2	0,25	0,156	0,205	0,03198
2,7	0,34	0,19	0,36	0,36	0,136	0,3175	0,04318
3,1	0,33	0,24	0,36	0,44	0,132	0,35	0,0462
3,5	0,25	0,33	0,42	0,48	0,1	0,4125	0,04125
3,9	0,19	0,31	0,41	0,46	0,076	0,3975	0,03021
4,3	0,11		0,3		0,03575	0,3	0,010725
4,55	0,13		0,24		0,04875	0,24	0,0117

DEBIT TOT : 0,330

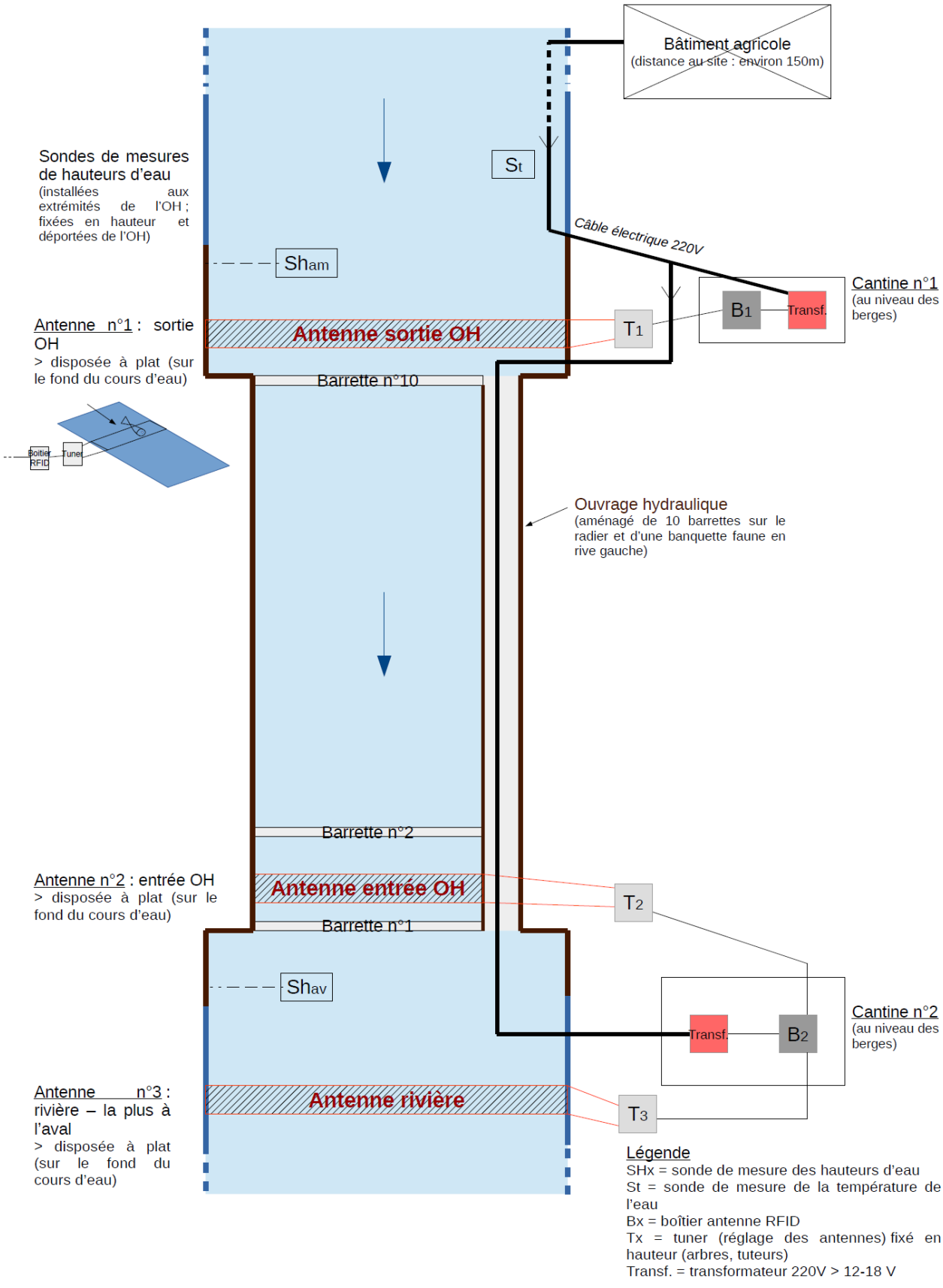
Vitesses Barrette 1 = aval ; barrette 10 = amont

Mesures dans l'axe de l'échancrure

	1m à l'aval				0.5m à l'aval				aval immédiat				sur la barette			
Barette n°	Profondeur (m)	V0.2 (m/s)	V0.4 (m/s)	V0.8 (m/s)	Profondeur (m)	V0.2 (m/s)	V0.4 (m/s)	V0.8 (m/s)	Profondeur (m)	V0.2 (m/s)	V0.4 (m/s)	V0.8 (m/s)	Profondeur (m)	V0.2 (m/s)	V0.4 (m/s)	V0.8 (m/s)
1	0,53	1,40	1,67	0,21	0,51	-0,44	0,90	1,66	0,49	0,45	-0,18	1,51	0,26	1,24	1,17	0,93
2	0,39	0,88	1,07	1,14	0,28	0,26	0,57	1,26	0,36	-0,10	0,94	1,15	0,25	0,86	0,90	0,84
3	0,26	1,24	1,20	0,97	0,29	0,90	1,22	0,94	0,32	0,17	1,20	1,22	0,25	1,00	0,87	0,89
4	0,33	1,32	1,26	1,19	0,32	0,89	1,26	1,08	0,34	-0,29	1,06	1,22	0,28	1,11	1,03	0,93
5	0,43	1,12	1,33	1,30	0,41	0,47	0,22	1,40	0,38	-0,45	0,03	1,22	0,25	0,12	0,84	0,45
6	0,37	1,24	1,37	1,36	0,34	1,12	1,33	0,83	0,33	-0,14	1,22	1,40	0,25	1,16	1,12	0,90
7	0,31	1,00	1,30	1,12	0,41	0,18	1,26	1,22	0,36	-0,02	1,20	1,37	0,26	0,89	0,85	1,18
8	0,36	1,42	1,48	1,29	0,37	1,13	1,50	1,44	0,37	0,07	1,17	1,29	0,28	1,12	1,13	1,03
9	0,36	1,44	1,53	1,18	0,38	0,97	1,50	1,43	0,41	-0,03	-0,04	1,29	0,27	0,94	1,01	0,96
10	0,43	1,04	1,14	0,90	0,43	0,52	1,35	1,38	0,40	-0,07	0,19	1,30	0,25	1,03	1,03	0,95

Annexe 2 – Schéma d'installation du dispositif de suivi

Schéma d'installation du dispositif de suivi piscicole – site de la Clidane (RD2089)
Étude OFB / Cerema – mai 2019



Annexe 3 – Liste des équipements

id	code_materiel	type_capteur	unite_mesure	proprietaire	commentaire	nom_station
1	1269732	enregistreur_temperature	°C	AFB_Lempdes	Hobo water temp pro v2 onset	sonde_amont_temperature
2	IJA0101-00003221	enregistreur_niveau_eau	mm	AFB_Toulouse	marque IJINUS	sonde_amont_hauteur_eau
3	IJA0101-00002107	enregistreur_niveau_eau	mm	AFB_Toulouse	marque IJINUS	sonde_aval_hauteur_eau
4	SN162302_ L1	boitier_RFID		AFB_Toulouse	Lecteur 1 du boitier CIPAM	antenne_riviere
5	SN162302_ L2	boitier_RFID		AFB_Toulouse	Lecteur 2 du boitier CIPAM	antenne_entree
6	oregon_boitier_sortie	boitier_RFID		CEREMA_MRC	Boitier multiplex Oregon	antenne_sortie
10	stream_inov_alim_riv_entree	alimentation_electrique	V	CEREMA_MRC	antenne_entree branchée sur cette alimentation electrique	antenne_riviere
11	stream_inov_alim_sortie	alimentation_electrique	V	CEREMA_MRC		antenne_sortie
12	361	mouchard		CEREMA_MRC	Oregon	antenne_riviere
13	356	mouchard		CEREMA_MRC	Oregon	antenne_entree
14	358	mouchard		CEREMA_MRC	Oregon	antenne_sortie
15	173504	tuner		AFB_Toulouse	cipam	antenne_riviere
16	oregon_tuner_entree	tuner		CEREMA_MRC		antenne_entree
17	173506	tuner		AFB_Toulouse	cipam	antenne_sortie
18	carteSD_entree_riviere	carte_SD	Go	AFB_Toulouse		antenne_riviere
19	carteSD_sortie	carte_SD	Go	CEREMA_MRC	carte de 4 Go	antenne_sortie
189	alim_riv_entree_AFB	alimentation_electrique	V	AFB_Toulouse	Antennes entree et riviere branchees sur cette alimentation electrique via prise du code_materiel stream_inov_alim_riv_entree	antenne_riviere

Annexe 4 – Installation et réglages des appareils



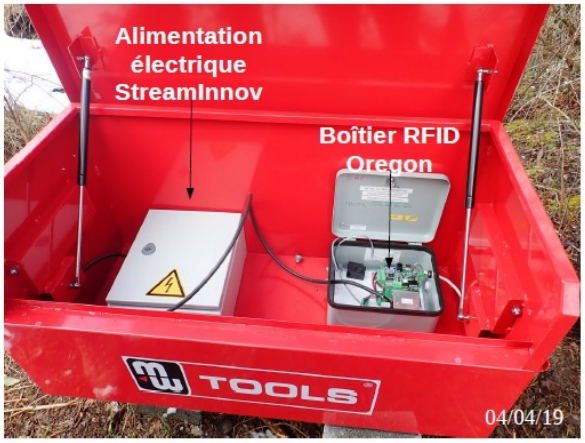


Construction des antennes





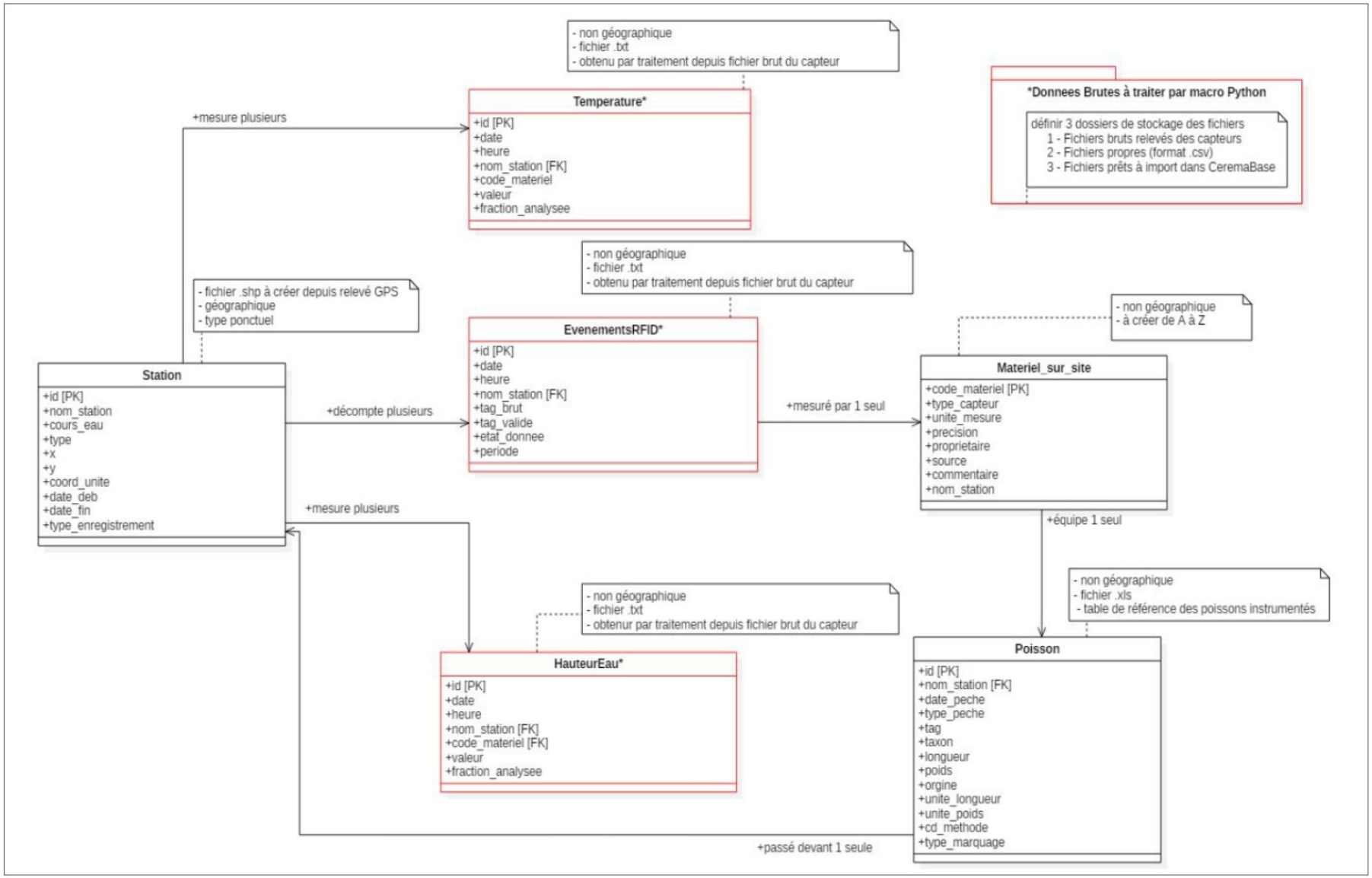
Installation / réglage des tuners et mouchards (mesure de l'inductance, test de plusieurs combinaisons de jumpers, mesures des ranges de détections avec les deux tailles de marques 12 et 23 mm, etc).



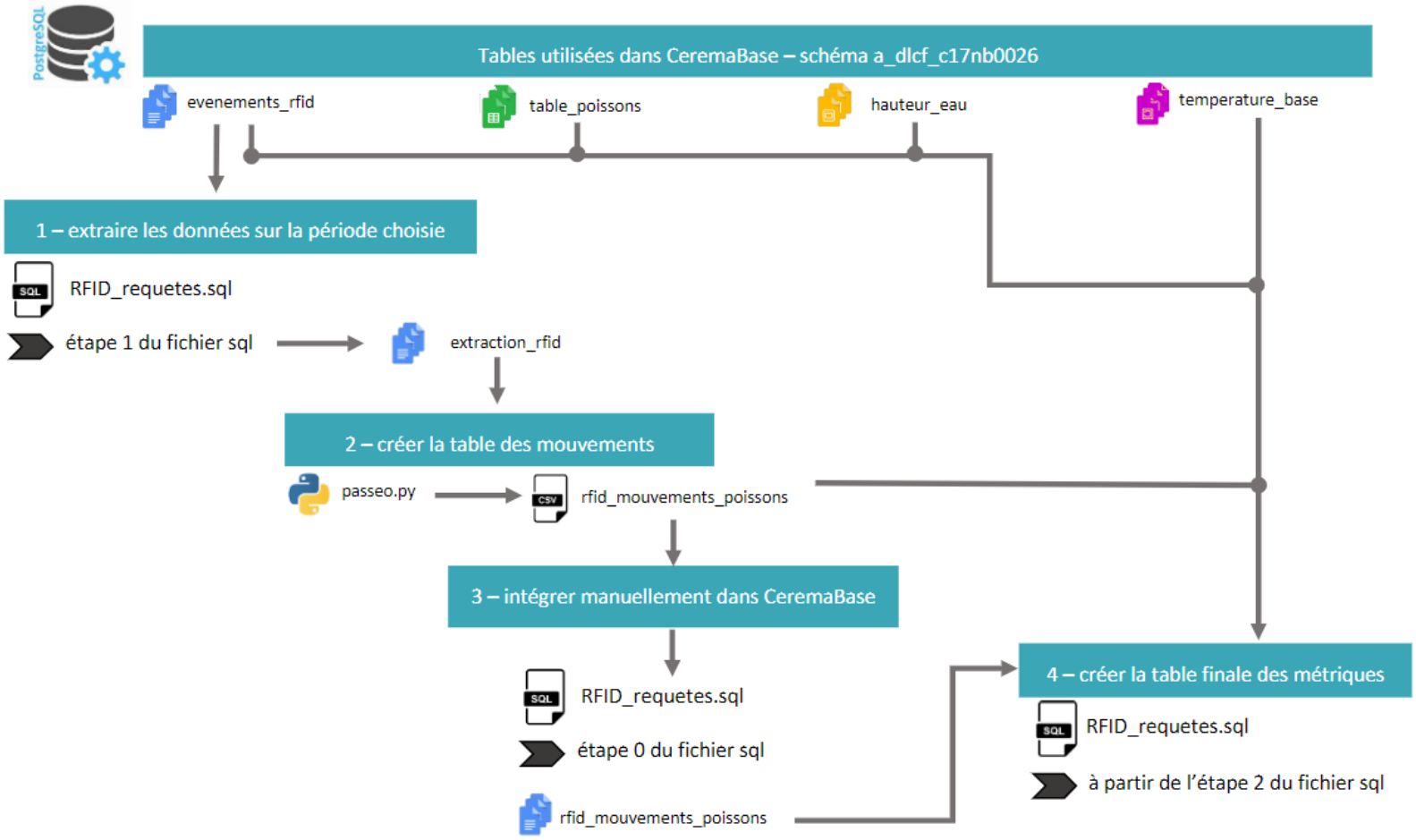


Branchement électrique, paramétrage des boîtiers RFID
(synchronisation des antennes, format des marques, etc)

Annexe 5 – Schéma conceptuel de la base de données RFID



Annexe 6 – Schéma de création de la table finale

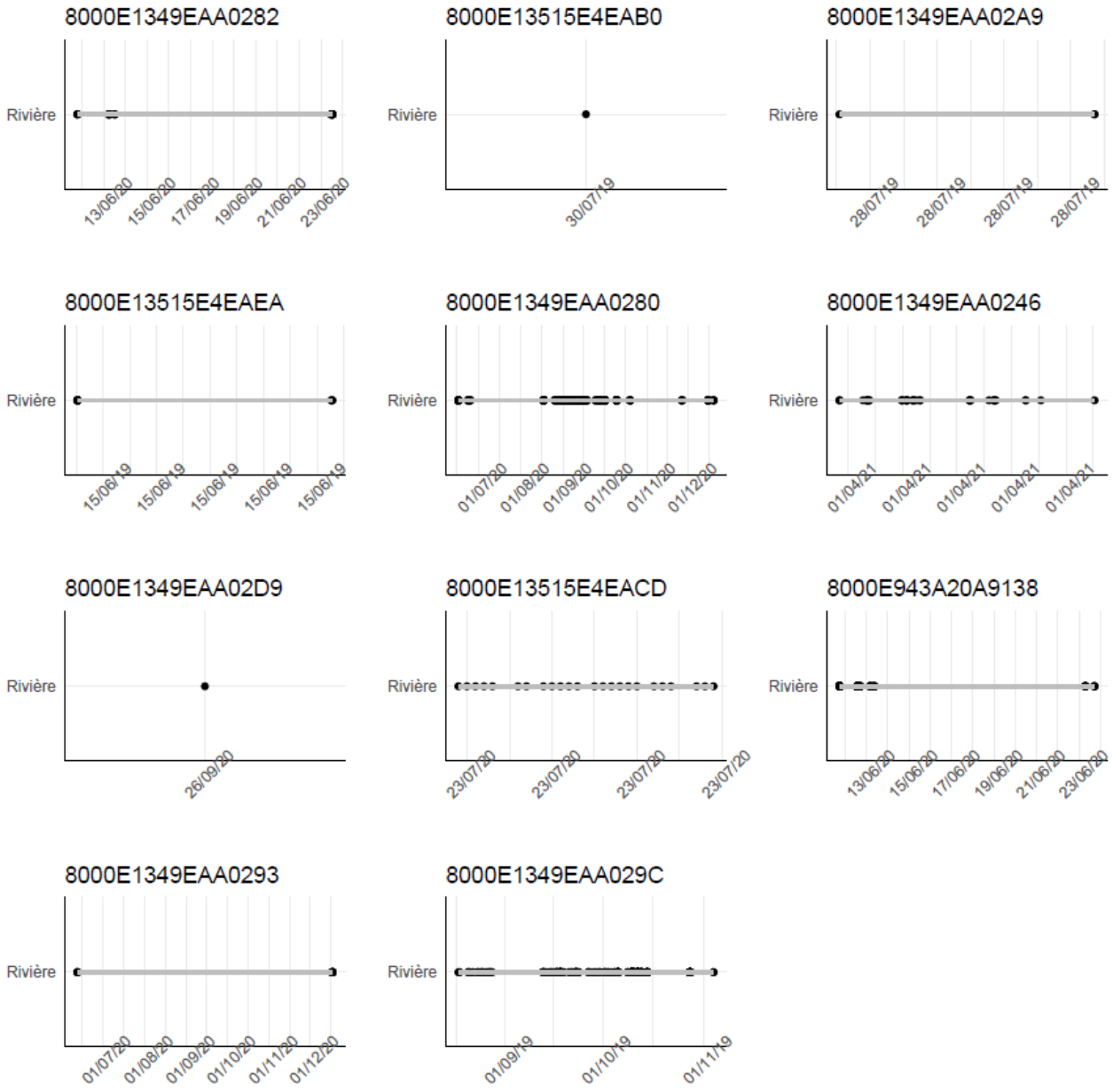


Annexe 7 – Dictionnaire des métriques du jeu de données final

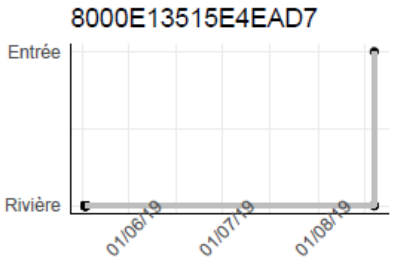
ID	Type	Nom des colonnes	Remarques	Nature
1	Caractéristiques des poisson	ref_tag	n° du tag	qualitative
2		taxon		qualitative
3		classe_taille	Petit = < 110 / Moyen = [110-160[/ Grand = ≥ 160	qualitative
4		taille_en_mm		quantitative
5		poids_en_grammes		quantitative
6		annee_peche	année de la campagne de marquage	qualitative
7		origine	poissons pêché en amont ou en aval de l'ouvrage hydraulique	qualitative
8		secteur_peche	lieu de pêche de chaque poisson	qualitative
9		secteur_peche_distance_OH	distance à l'OH mesurée depuis le centre de chaque secteur de pêche (8 aval et 1 amont)	qualitative
10	Détections	nb_detection_riviere	nombre de détection à l'antenne rivière	quantitative
11		presentation_antenne_riviere	0 pas de présentation à l'antenne rivière 1 présentation à l'antenne rivière	qualitative
12		premiere_detection_riviere	date de la première détection à l'antenne rivière pour tous les poissons : - après le marquage (méthode OFB) - lorsque celui-ci s'engage dans le franchissement de l'OH (méthode ACF)	qualitative
13		derniere_detection_riviere	date de la dernière détection à l'antenne rivière pour tous les poissons	qualitative
14		nb_detection_entree	nombre de détection à l'antenne entrée	quantitative
15		presentation_antenne_entree	0 pas de présentation à l'antenne entrée 1 présentation à l'antenne entrée	qualitative
16		premiere_detection_entree	date de la première détection à l'antenne entrée : - après le marquage (méthode OFB) - lorsque celui-ci s'engage dans le franchissement de l'OH (méthode ACF)	qualitative
17		derniere_detection_entree	date de la dernière détection à l'antenne entrée	qualitative
18		nb_detection_sortie	nombre de détection à l'antenne sortie	quantitative
19		presentation_antenne_sortie	0 pas de présentation à l'antenne sortie 1 présentation à l'antenne sortie	qualitative
20		premiere_detection_sortie	date de la première détection à l'antenne sortie pour les poissons qui ont franchi	qualitative
21		derniere_detection_sortie	date de la dernière détection à l'antenne sortie pour les poissons qui ont franchi	qualitative
22	Profil de franchissement	res	profil de franchissement selon la détection à chacune des antennes 0_0_0 : aucune détection 1_0_0 : détection uniquement à l'antenne rivière 1_1_0 : détection jusqu'à l'antenne entrée 1_1_1: détection sur l'ensemble du dispositif	qualitative
23	Franchissement de l'ouvrage hydraulique	passage_periode_repro	0 passage de février à septembre 1 passage d'octobre à janvier	qualitative
24		migration	1 si passage_periode_repro=1 → reproduction 2 si passage_periode_repro=0 ET origine → regagner habitats d'origine pour les poissons pêchés à l'amont 3 : autres cas	qualitative
25		nb_franchissement		quantitative
26		reussite_franchissement	Franchissement de montaison 0 pas de franchissement pour les poissons qui ont été détectés à au moins 1 antenne 1 réussite	qualitative
27		type_franchissement	uniquement sur le 1er franchissement avec Direct : franchissement riviere ---> entrée ---> sortie Indirect : fanchissement allers/retours entre 2 stations avant d'aller jusqu'à la sortie	qualitative
28		devalaison	0 : pas de dévalaison 1 : franchissement de type sortie ---> entrée ---> rivière	qualitative
29		tps_approche_ofb	durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne entrée (lors de la toute première détection post-marquage – méthode OFB)	quantitative
30		tps_franchissement_ofb	durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne entrée (lors de la toute première détection post-marquage – méthode OFB)	quantitative
31		tps_tot_passage_ofb	durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne entrée (lors de la toute première détection post-marquage – méthode OFB)	quantitative
32		tps_approche_acf	durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne entrée (lorsque le poisson décide de franchir l'OH – méthode ACF)	quantitative
33		tps_franchissement_acf	durée entre la première détection à l'antenne entrée et la première détection à l'antenne sortie (lorsque le poisson décide de franchir l'OH – méthode ACF)	quantitative
34		tps_tot_passage_acf	durée entre la première détection à l'antenne rivière et la première détection à l'antenne sortie (lorsque le poisson décide de franchir l'OH – méthode ACF)	quantitative
35	Activité journalière	periode_riviere_debut	jour/nuit/ crépuscule lors de la 1ère détection à l'antenne rivière : - **après le marquage (méthode OFB)** **- lorsque celui-ci s'engage dans le franchissement de l'OH (méthode ACF)**	qualitative
36		periode_riviere_fin	jour/nuit/ crépuscule lors de la dernière détection à l'antenne rivière	qualitative
37		periode_entree_debut	jour/nuit/ crépuscule lors de la 1ère détection à l'antenne entrée : - **après le marquage (méthode OFB)** **- lorsque celui-ci s'engage dans le franchissement de l'OH (méthode ACF)**	qualitative
38		periode_entree_fin	jour/nuit/ crépuscule lors de la dernière détection à l'antenne entrée	qualitative
39		periode_sortie_debut	jour/nuit/ crépuscule lors de la 1ère détection à l'antenne sortie	qualitative
40		periode_sortie_fin	jour/nuit/ crépuscule lors de la dernière détection à l'antenne sortie	qualitative
41	Variables environnementales	hauteur_eau_moyenne_riviere	Hauteur d'eau (moyenne horaire de la sonde amont) lors de la 1ère détection à l'antenne rivière pour tous les poissons qui se sont présentés à l'antenne rivière (pas seulement ceux qui ont franchi) : - après le marquage (méthode OFB) - lorsque celui-ci s'engage dans le franchissement de l'OH (méthode ACF)	quantitative
42		hauteur_eau_moyenne_entree	Hauteur d'eau (moyenne horaire de la sonde amont) lors de la 1ère détection à l'antenne entrée pour tous les poissons qui se sont présentés à l'antenne entrée (pas seulement ceux qui ont franchi) : - après le marquage (méthode OFB) - lorsque celui-ci s'engage dans le franchissement de l'OH (méthode ACF)	quantitative
43		hauteur_eau_moyenne_sortie	Hauteur d'eau (moyenne horaire de la sonde amont) lors de la 1ère détection à l'antenne sortie	quantitative

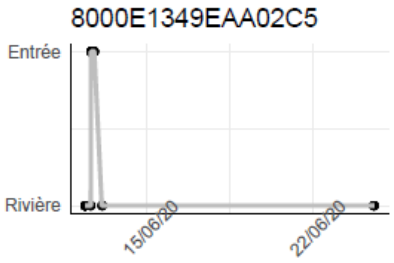
Annexe 8 – Graphiques des déplacements des poissons

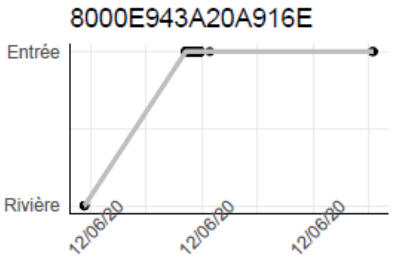
Truites transloquées 1_0_0

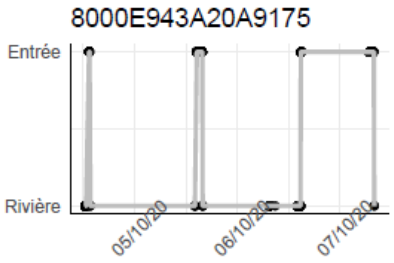


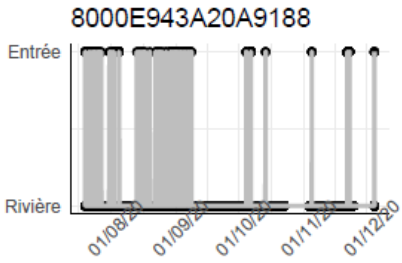
Truites transloquées 1_1_0

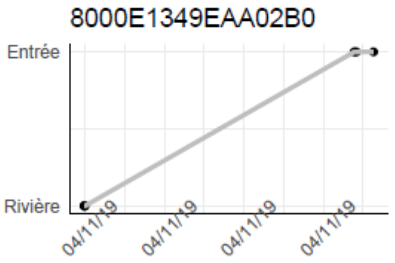


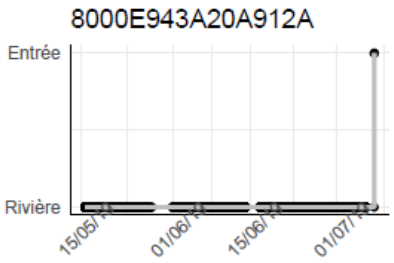


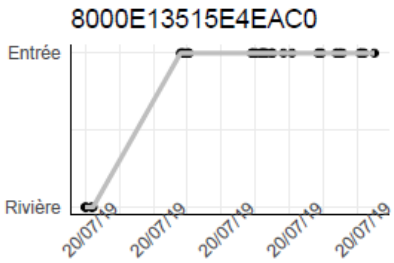


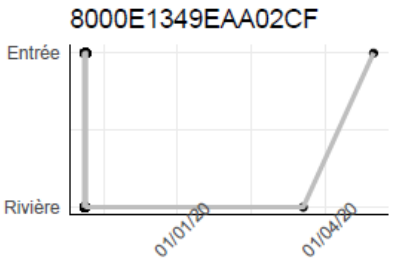


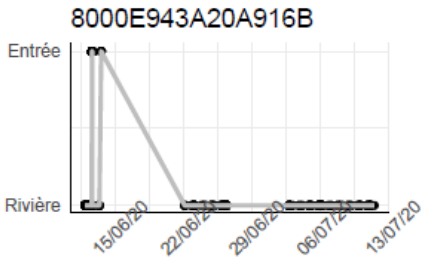




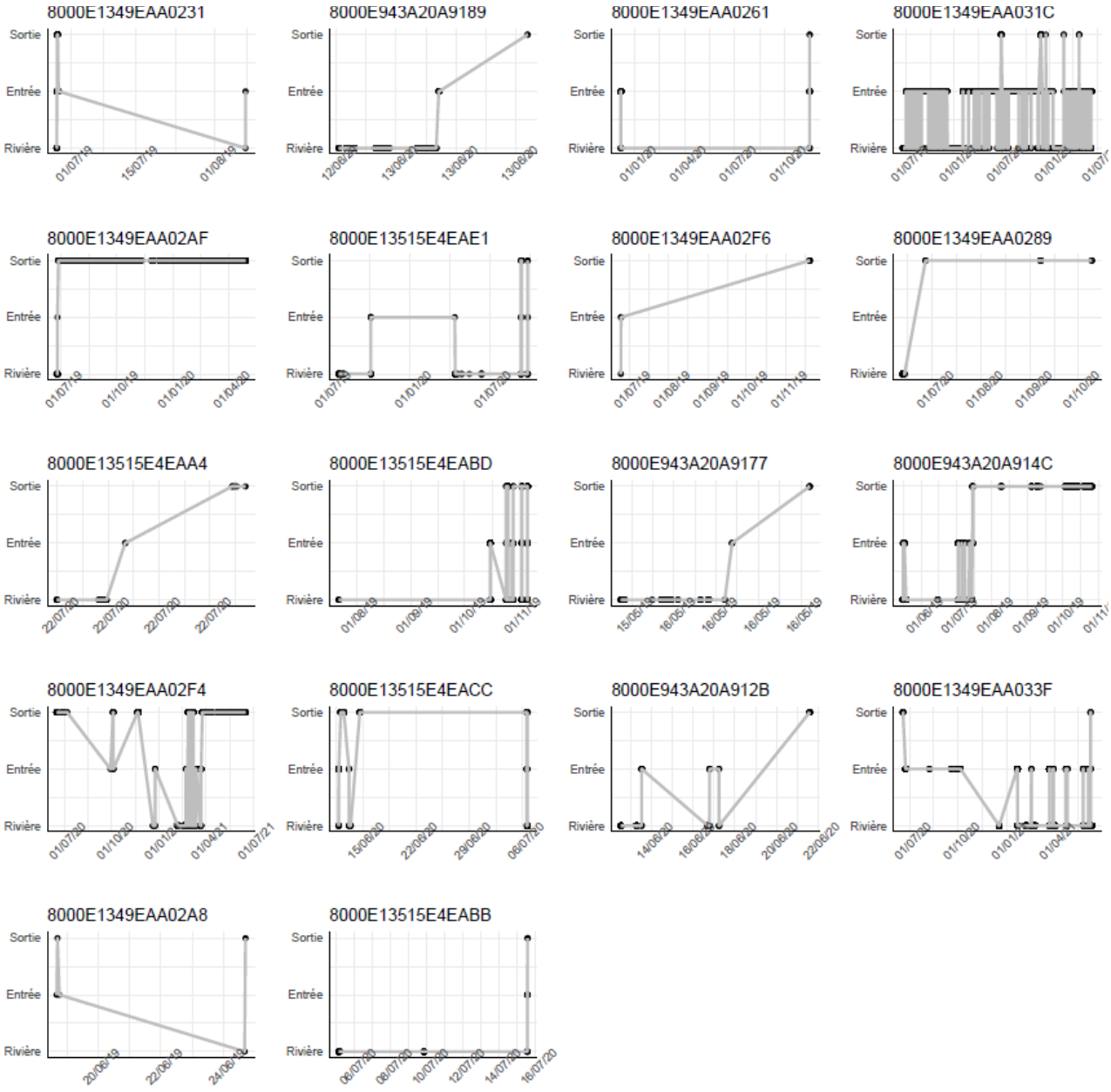


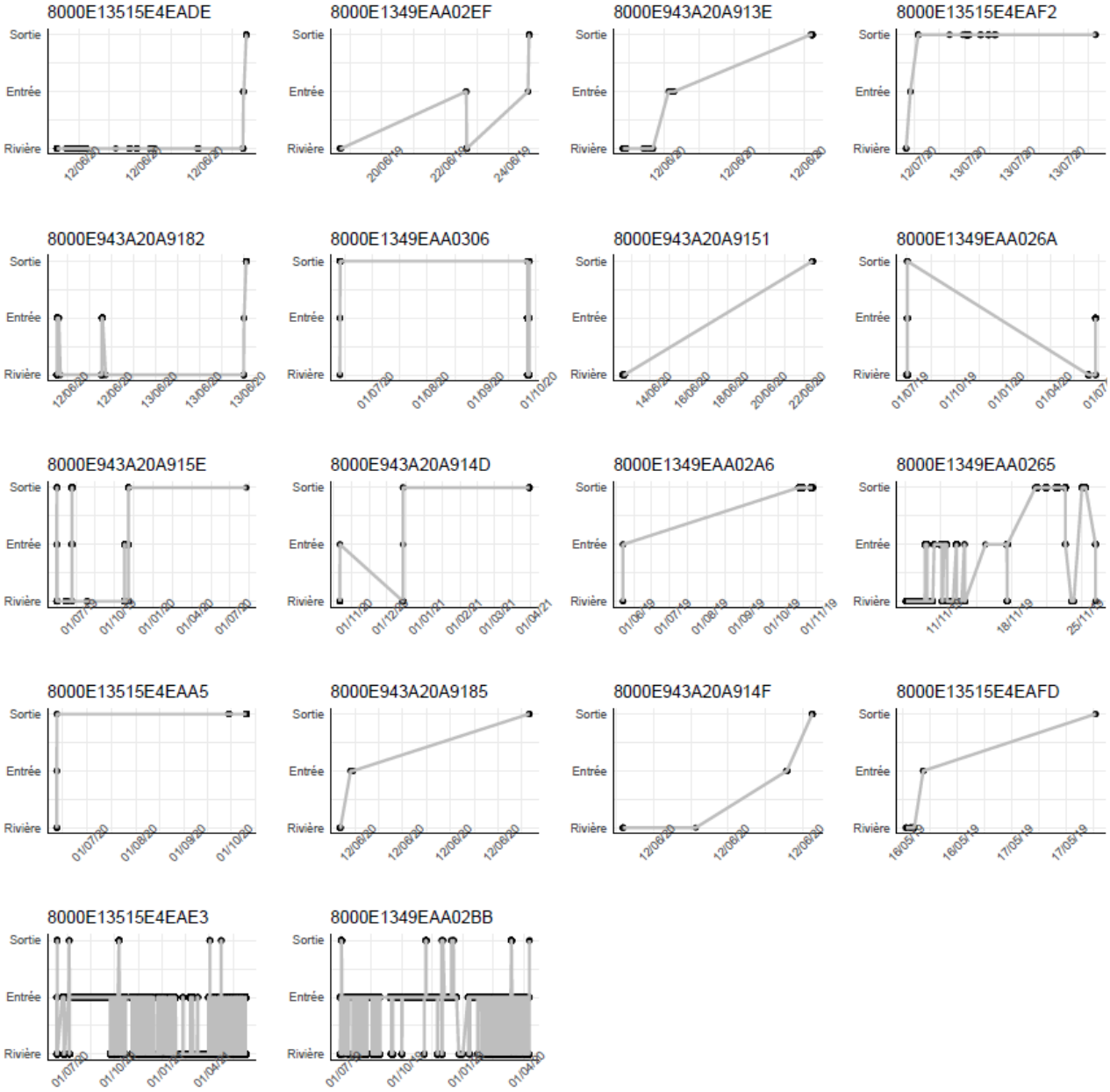


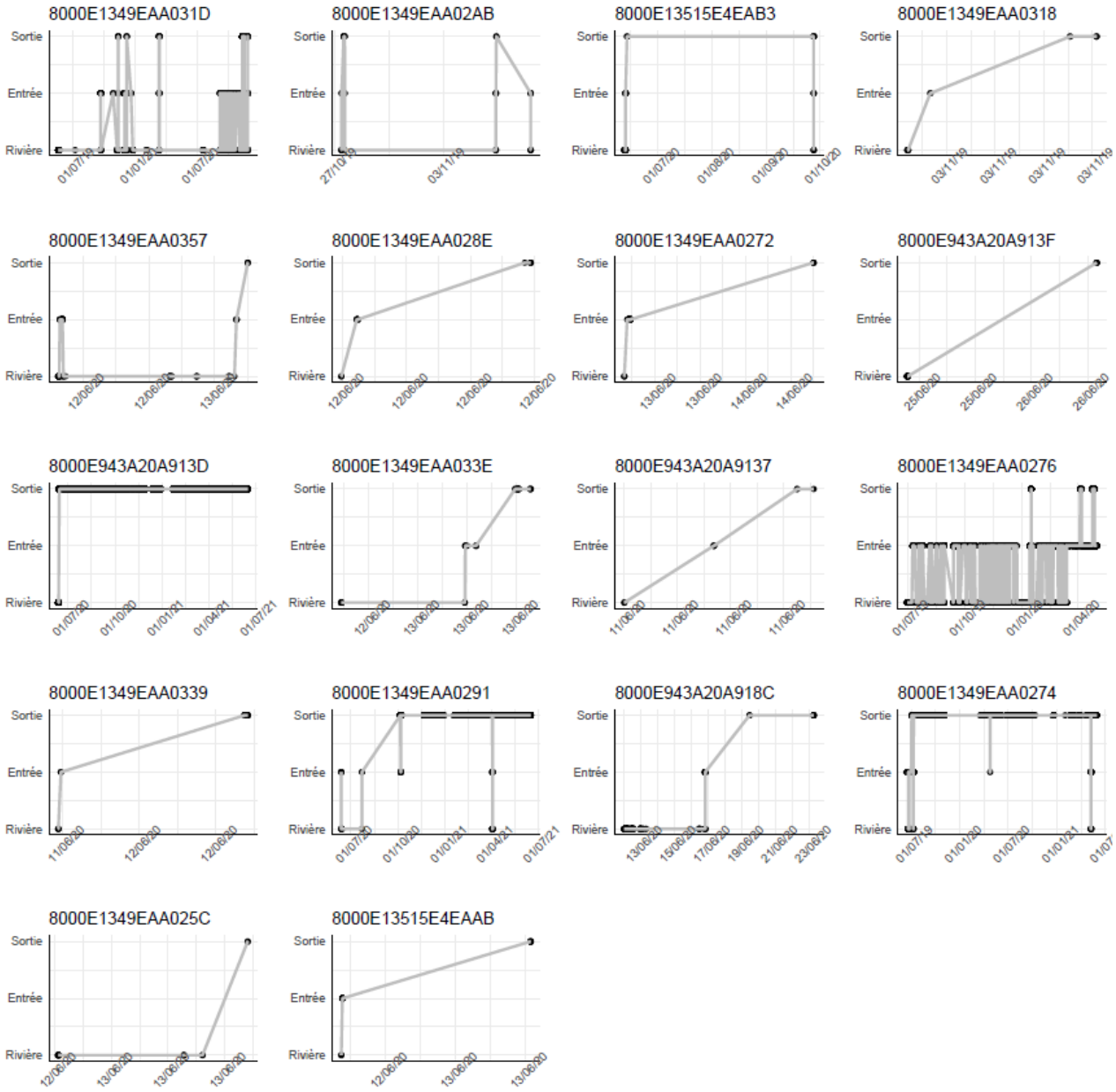


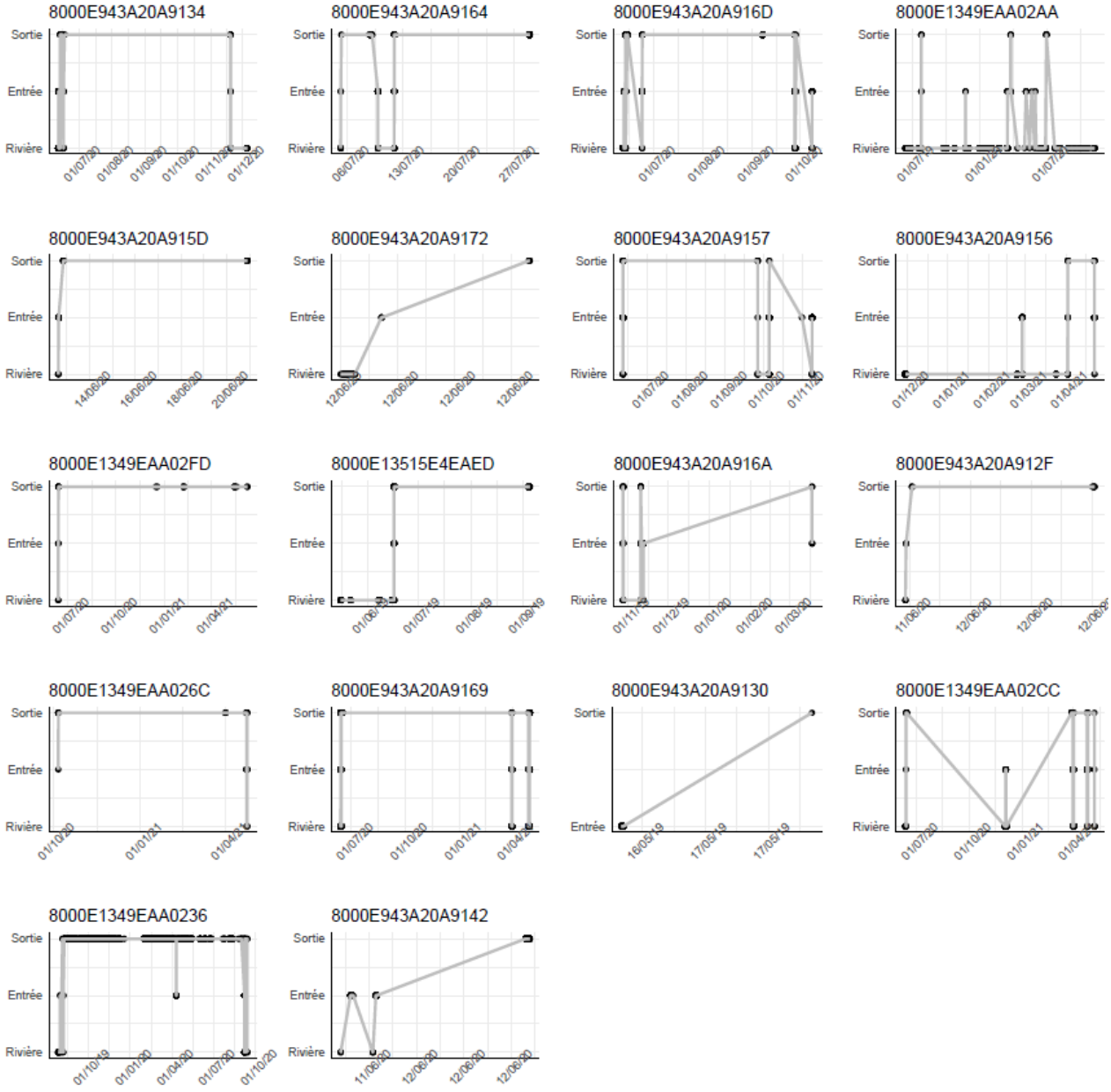


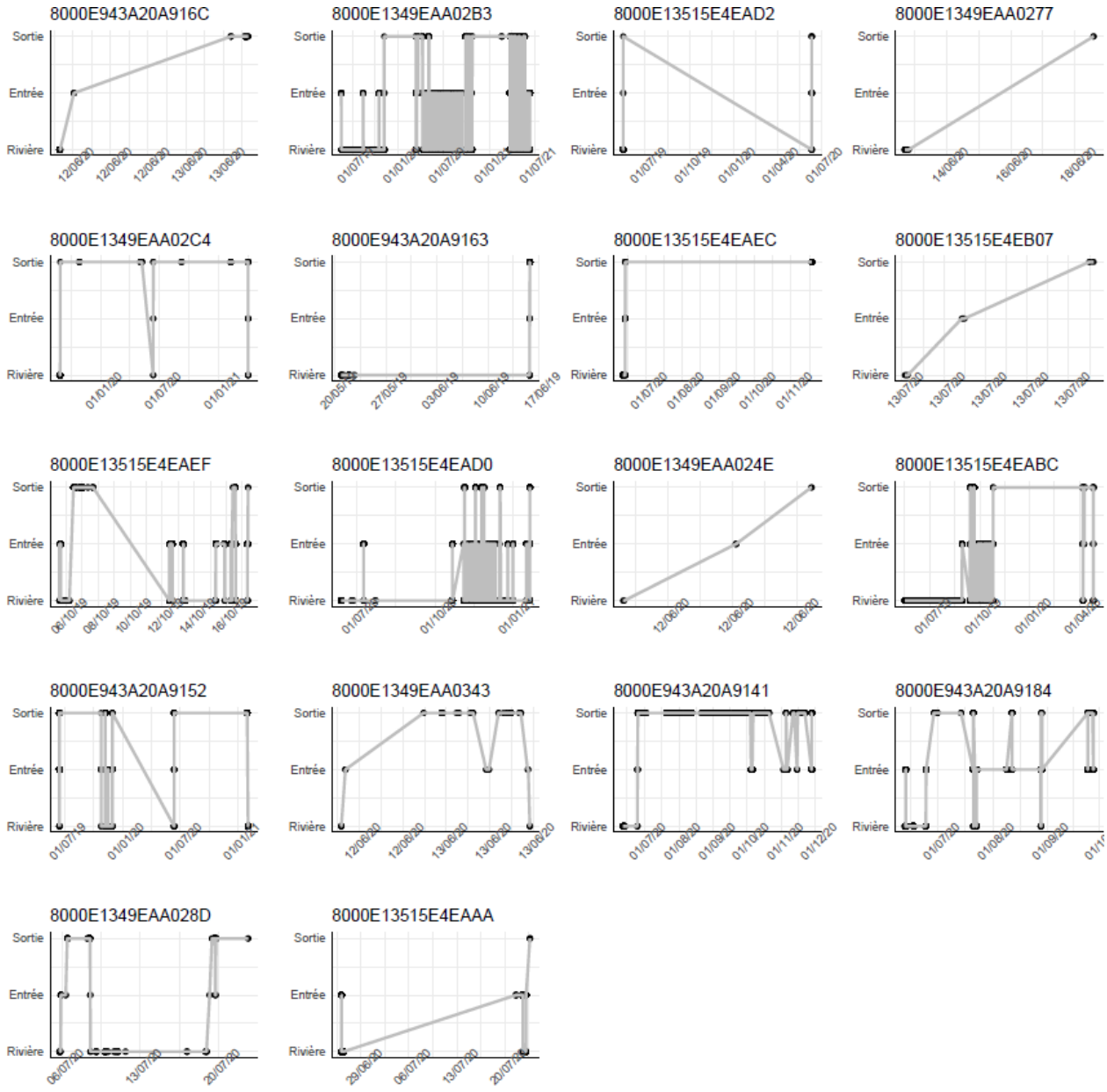
Truites transloquées 1_1_1

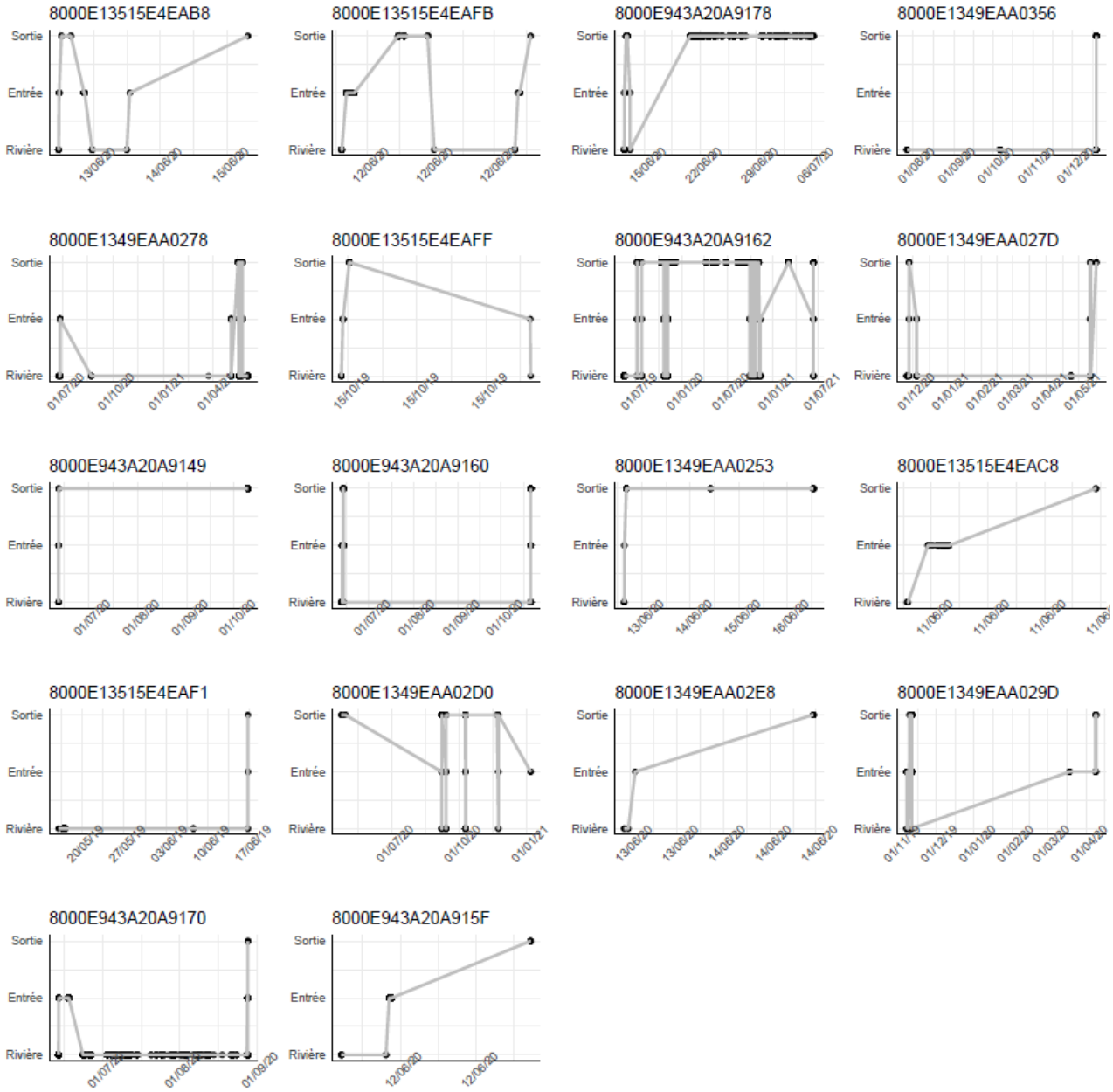


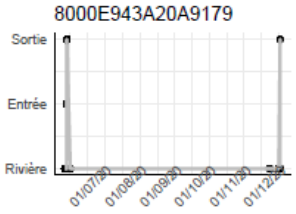

8000E13515E4EADE
8000E1349EAA02EF
8000E943A20A913E
8000E13515E4EAF2
8000E943A20A9182
8000E1349EAA0306
8000E943A20A9151
8000E1349EAA026A
8000E943A20A915E
8000E943A20A914D
8000E1349EAA02A6
8000E1349EAA0265
8000E13515E4EAA5
8000E943A20A9185
8000E943A20A914F
8000E13515E4EAFD
8000E13515E4EAE3
8000E1349EAA02BB
Sortie
Entrée
Rivière

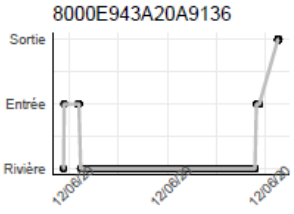

8000E1349EAA031D
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA02AB
Sortie
Entrée
Rivière
8000E13515E4EAB3
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA0318
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA0357
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA028E
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA0272
Sortie
Entrée
Rivière
8000E943A20A913F
Sortie
Entrée
Rivière
8000E943A20A913D
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA033E
Sortie
Entrée
Rivière
8000E943A20A9137
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA0276
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA0339
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA0291
Sortie
Entrée
Rivière
8000E943A20A918C
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA0274
Sortie
Entrée
Rivière
8000E1349EAA025C
Sortie
Entrée
Rivière
8000E13515E4EAAB
Sortie
Entrée
Rivière

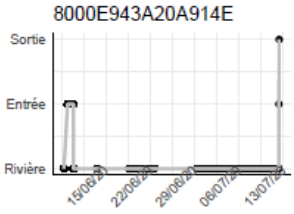

8000E943A20A9134
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/08/20
01/09/20
01/10/20
01/11/20
01/12/20
8000E943A20A9164
Sortie
Entrée
Rivière
06/07/20
13/07/20
20/07/20
27/07/20
8000E943A20A916D
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/08/20
01/09/20
01/10/20
8000E1349EAA02AA
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/19
01/01/20
01/07/20
8000E943A20A915D
Sortie
Entrée
Rivière
14/06/20
16/06/20
18/06/20
20/06/20
8000E943A20A9172
Sortie
Entrée
Rivière
12/06/20
12/06/20
12/06/20
12/06/20
8000E943A20A9157
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/08/20
01/09/20
01/10/20
01/11/20
8000E943A20A9156
Sortie
Entrée
Rivière
01/12/20
01/01/21
01/02/21
01/03/21
01/04/21
8000E1349EAA02FD
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/10/20
01/01/21
01/04/21
8000E13515E4EAED
Sortie
Entrée
Rivière
01/06/19
01/07/19
01/08/19
01/09/19
8000E943A20A916A
Sortie
Entrée
Rivière
01/11/19
01/12/19
01/01/20
01/02/20
01/03/20
8000E943A20A912F
Sortie
Entrée
Rivière
11/06/20
12/06/20
12/06/20
8000E1349EAA026C
Sortie
Entrée
Rivière
01/10/20
01/01/21
01/04/21
8000E943A20A9169
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/10/20
01/01/21
01/04/21
8000E943A20A9130
Sortie
Entrée
16/05/19
17/05/19
17/05/19
8000E1349EAA02CC
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/10/20
01/01/21
01/04/21
8000E1349EAA0236
Sortie
Entrée
Rivière
01/10/19
01/01/20
01/04/20
01/07/20
01/10/20
8000E943A20A9142
Sortie
Entrée
Rivière
11/06/20
12/06/20
12/06/20
12/06/20

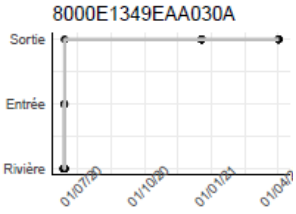

8000E943A20A916C
Sortie
Entrée
Rivière
12/06/20
12/06/20
12/06/20
13/06/20
13/06/20
8000E1349EAA02B3
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/19
01/01/20
01/07/20
01/01/21
01/07/21
8000E13515E4EAD2
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/19
01/10/19
01/01/20
01/04/20
01/07/20
8000E1349EAA0277
Sortie
Entrée
Rivière
14/06/20
16/06/20
18/06/20
8000E1349EAA02C4
Sortie
Entrée
Rivière
01/01/20
01/07/20
01/01/21
8000E943A20A9163
Sortie
Entrée
Rivière
20/05/19
27/05/19
03/06/19
10/06/19
17/06/19
8000E13515E4EAEC
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/08/20
01/09/20
01/10/20
01/11/20
8000E13515E4EB07
Sortie
Entrée
Rivière
13/07/20
13/07/20
13/07/20
13/07/20
13/07/20
8000E13515E4EAEF
Sortie
Entrée
Rivière
06/10/19
08/10/19
10/10/19
12/10/19
14/10/19
16/10/19
8000E13515E4EAD0
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/19
01/10/19
01/01/20
8000E1349EAA024E
Sortie
Entrée
Rivière
12/06/20
12/06/20
12/06/20
8000E13515E4EABC
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/19
01/10/19
01/01/20
01/04/20
8000E943A20A9152
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/19
01/01/20
01/07/20
01/01/21
8000E1349EAA0343
Sortie
Entrée
Rivière
12/06/20
12/06/20
13/06/20
13/06/20
13/06/20
8000E943A20A9141
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/08/20
01/09/20
01/10/20
01/11/20
01/12/20
8000E943A20A9184
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/08/20
01/09/20
8000E1349EAA028D
Sortie
Entrée
Rivière
06/07/20
13/07/20
20/07/20
8000E13515E4EAAA
Sortie
Entrée
Rivière
29/06/20
06/07/20
13/07/20
20/07/20

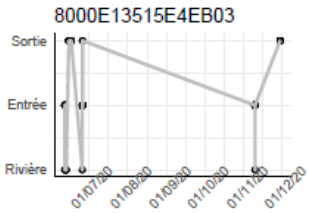

8000E13515E4EAB8
8000E13515E4EAFB
8000E943A20A9178
8000E1349EAA0356
8000E1349EAA0278
8000E13515E4EAFF
8000E943A20A9162
8000E1349EAA027D
8000E943A20A9149
8000E943A20A9160
8000E1349EAA0253
8000E13515E4EAC8
8000E13515E4EAF1
8000E1349EAA02D0
8000E1349EAA02E8
8000E1349EAA029D
8000E943A20A9170
8000E943A20A915F
Sortie
Entrée
Rivière

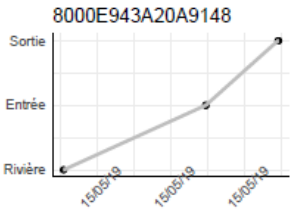

8000E943A20A9179
Sortie
Entrée
Rivière

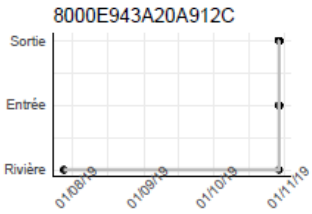

8000E943A20A9136
Sortie
Entrée
Rivière

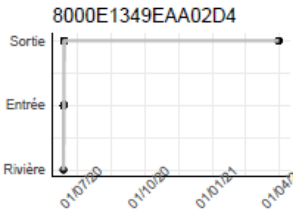

8000E943A20A914E
Sortie
Entrée
Rivière

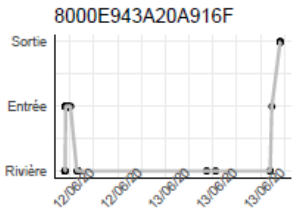

8000E1349EAA030A
Sortie
Entrée
Rivière

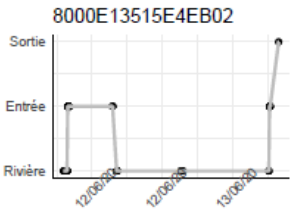

8000E13515E4EB03
Sortie
Entrée
Rivière

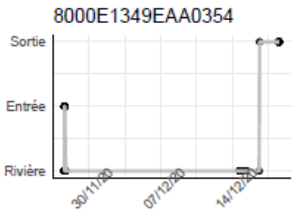

8000E943A20A9148
Sortie
Entrée
Rivière

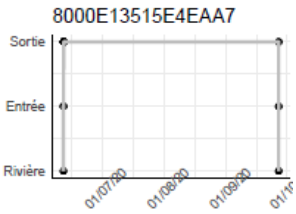

8000E943A20A912C
Sortie
Entrée
Rivière

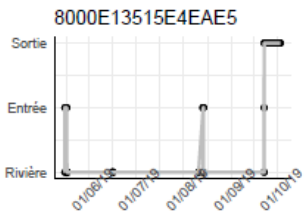

8000E1349EAA02D4
Sortie
Entrée
Rivière

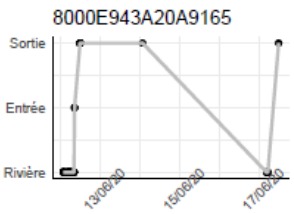

8000E943A20A916F
Sortie
Entrée
Rivière

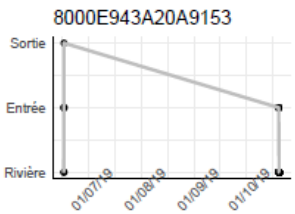

8000E13515E4EB02
Sortie
Entrée
Rivière

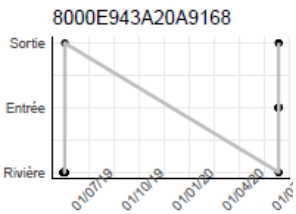

8000E1349EAA0354
Sortie
Entrée
Rivière

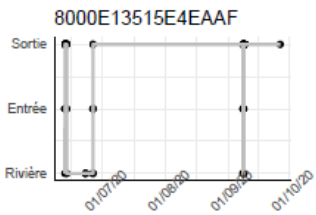

8000E13515E4EAA7
Sortie
Entrée
Rivière

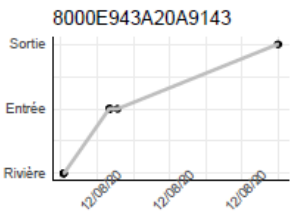

8000E13515E4EAE5
Sortie
Entrée
Rivière

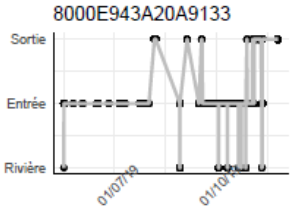

8000E943A20A9165
Sortie
Entrée
Rivière

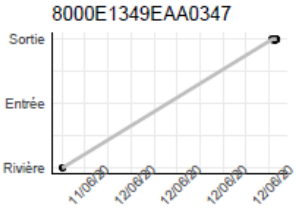

8000E943A20A9153
Sortie
Entrée
Rivière

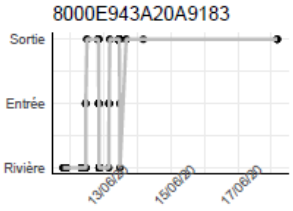

8000E943A20A9168
Sortie
Entrée
Rivière

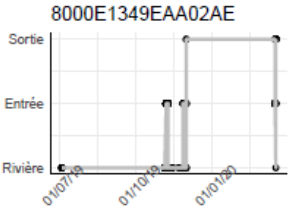

8000E13515E4EAAF
Sortie
Entrée
Rivière

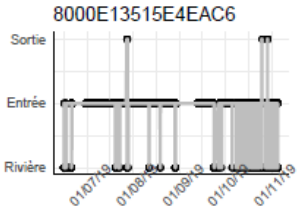

8000E943A20A9143
Sortie
Entrée
Rivière

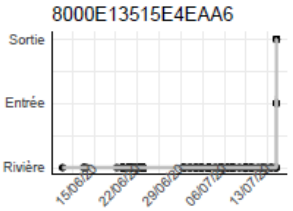

8000E943A20A9133
Sortie
Entrée
Rivière

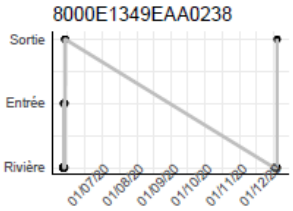

8000E1349EAA0347
Sortie
Entrée
Rivière

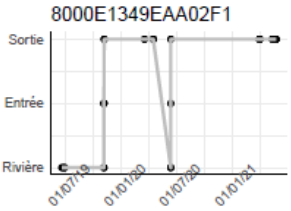

8000E943A20A9183
Sortie
Entrée
Rivière

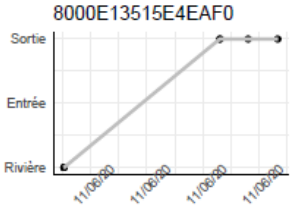

8000E1349EAA02AE
Sortie
Entrée
Rivière

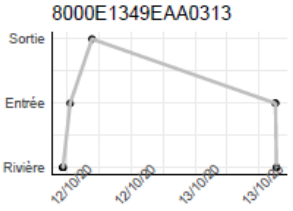

8000E13515E4EAC6
Sortie
Entrée
Rivière

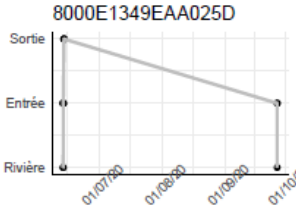

8000E13515E4EAA6
Sortie
Entrée
Rivière

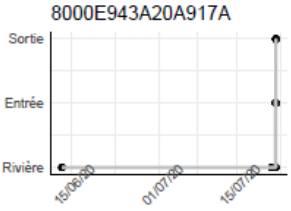

8000E1349EAA0238
Sortie
Entrée
Rivière

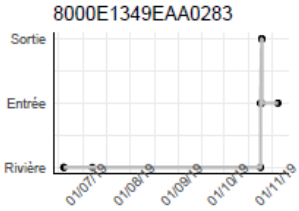

8000E1349EAA02F1
Sortie
Entrée
Rivière

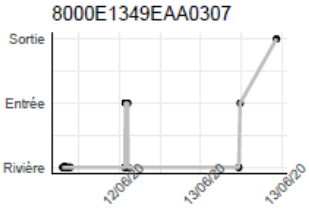

8000E13515E4EAF0
Sortie
Entrée
Rivière

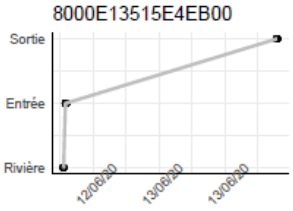

8000E1349EAA0313
Sortie
Entrée
Rivière

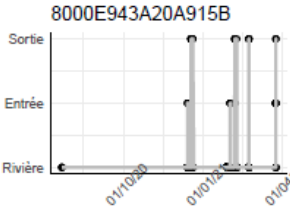

8000E1349EAA025D
Sortie
Entrée
Rivière

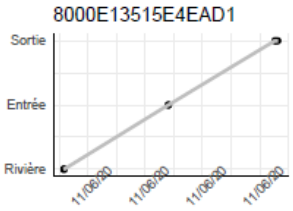

8000E943A20A917A
Sortie
Entrée
Rivière

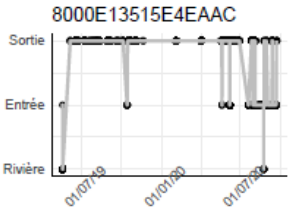

8000E1349EAA0283
Sortie
Entrée
Rivière

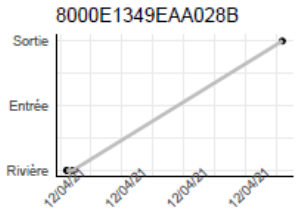

8000E1349EAA0307
Sortie
Entrée
Rivière

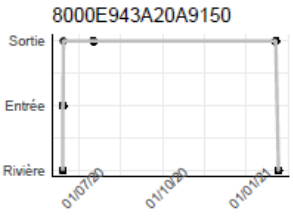

8000E13515E4EB00
Sortie
Entrée
Rivière

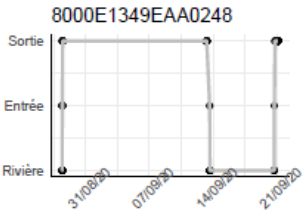

8000E943A20A915B
Sortie
Entrée
Rivière

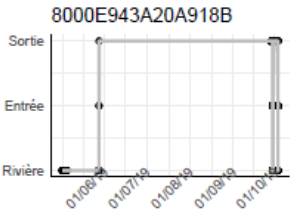

8000E13515E4EAD1
Sortie
Entrée
Rivière

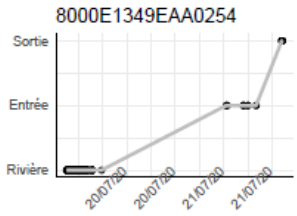

8000E13515E4EAAC
Sortie
Entrée
Rivière

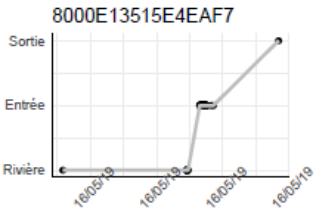

8000E1349EAA028B
Sortie
Entrée
Rivière

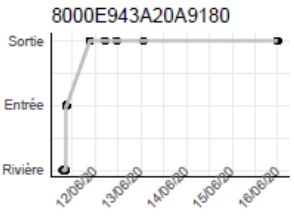

8000E943A20A9150
Sortie
Entrée
Rivière

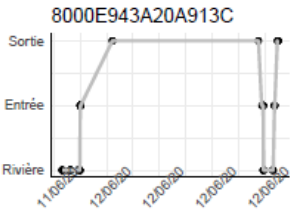

8000E1349EAA0248
Sortie
Entrée
Rivière

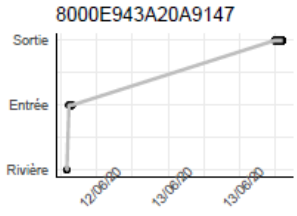

8000E943A20A918B
Sortie
Entrée
Rivière

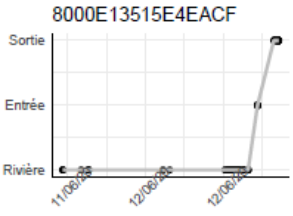

8000E1349EAA0254
Sortie
Entrée
Rivière

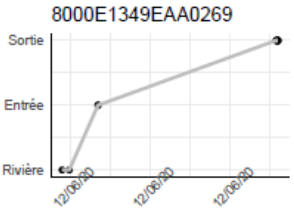

8000E13515E4EAF7
Sortie
Entrée
Rivière

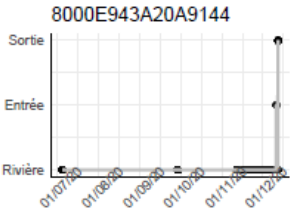

8000E943A20A9180
Sortie
Entrée
Rivière

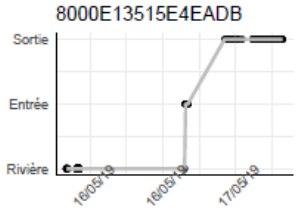

8000E943A20A913C
Sortie
Entrée
Rivière

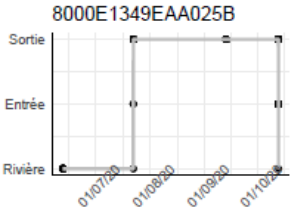

8000E943A20A9147
Sortie
Entrée
Rivière

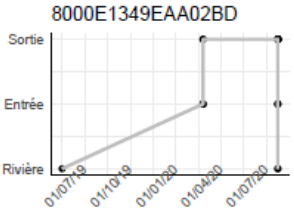

8000E13515E4EACF
Sortie
Entrée
Rivière

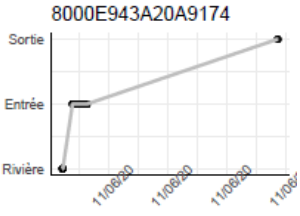

8000E1349EAA0269
Sortie
Entrée
Rivière

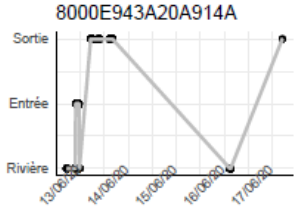

8000E943A20A9144
Sortie
Entrée
Rivière

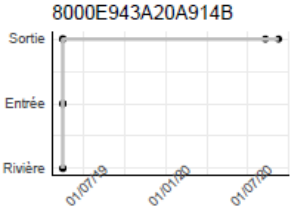

8000E13515E4EADB
Sortie
Entrée
Rivière

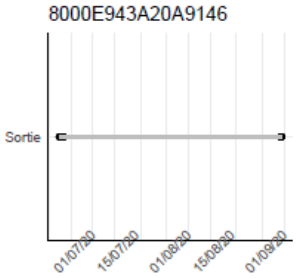

8000E1349EAA025B
Sortie
Entrée
Rivière

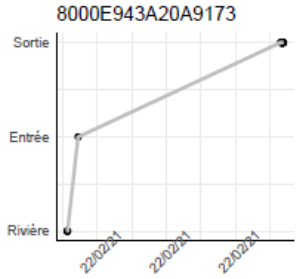

8000E1349EAA02BD
Sortie
Entrée
Rivière

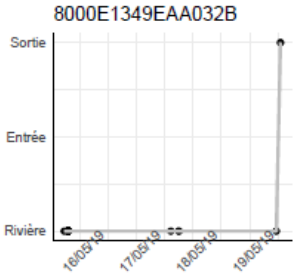

8000E943A20A9174
Sortie
Entrée
Rivière

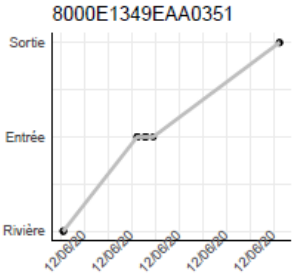

8000E943A20A914A
Sortie
Entrée
Rivière

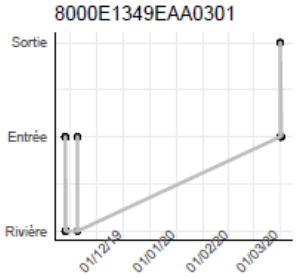

8000E943A20A914B
Sortie
Entrée
Rivière

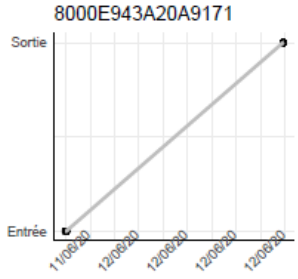

8000E943A20A9146
Sortie
01/07/20
15/07/20
01/08/20
15/08/20
01/09/20

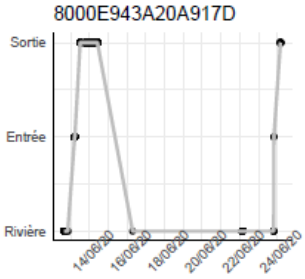

8000E943A20A9173
Sortie
Entrée
Rivière
22/02/21
22/02/21
22/02/21

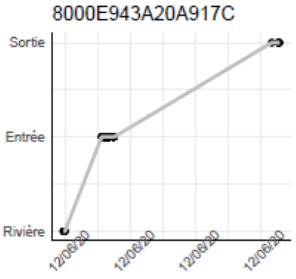

8000E1349EAA032B
Sortie
Entrée
Rivière
16/05/19
17/05/19
18/05/19
19/05/19

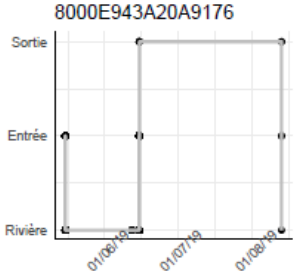

8000E1349EAA0351
Sortie
Entrée
Rivière
12/06/20
12/06/20
12/06/20
12/06/20
12/06/20

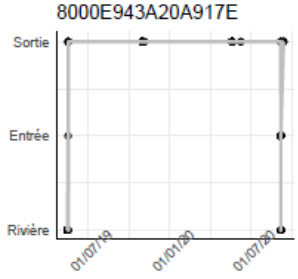

8000E1349EAA0301
Sortie
Entrée
Rivière
01/12/19
01/01/20
01/02/20
01/03/20

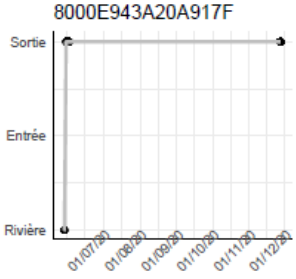

8000E943A20A9171
Sortie
Entrée
11/06/20
12/06/20
12/06/20
12/06/20
12/06/20

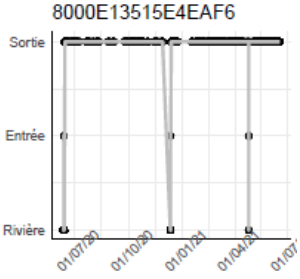

8000E943A20A917D
Sortie
Entrée
Rivière
14/06/20
16/06/20
18/06/20
20/06/20
22/06/20
24/06/20

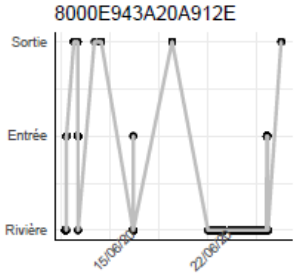

8000E943A20A917C
Sortie
Entrée
Rivière
12/06/20
12/06/20
12/06/20
12/06/20

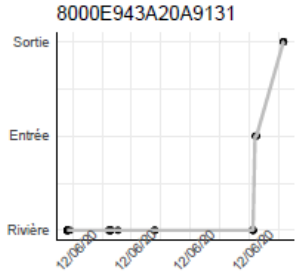

8000E943A20A9176
Sortie
Entrée
Rivière
01/06/19
01/07/19
01/08/19

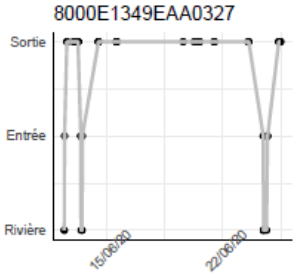

8000E943A20A917E
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/19
01/01/20
01/07/20


8000E943A20A917F
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/08/20
01/09/20
01/10/20
01/11/20
01/12/20

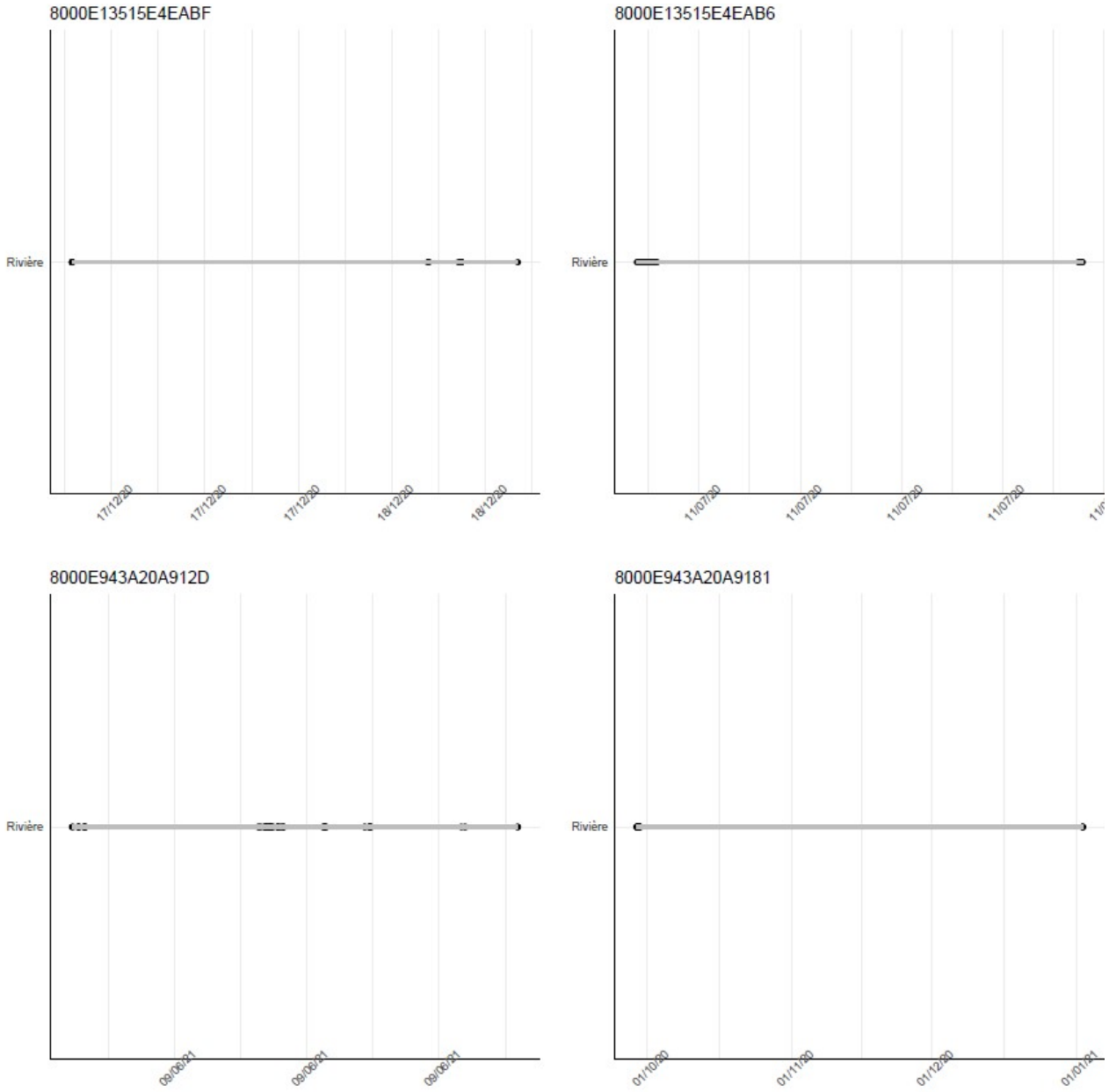

8000E13515E4EAF6
Sortie
Entrée
Rivière
01/07/20
01/10/20
01/01/21
01/04/21


8000E943A20A912E
Sortie
Entrée
Rivière
15/06/20
22/06/20

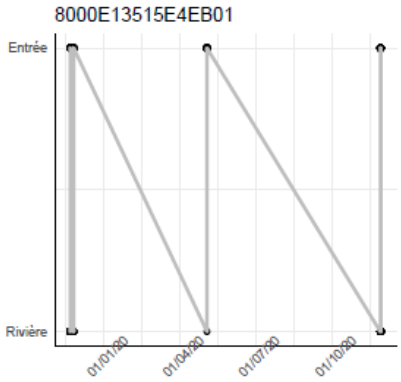

8000E943A20A9131
Sortie
Entrée
Rivière
12/06/20
12/06/20
12/06/20
12/06/20

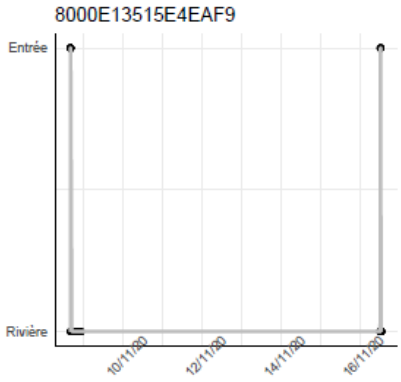

8000E1349EAA0327
Sortie
Entrée
Rivière
15/06/20
22/06/20

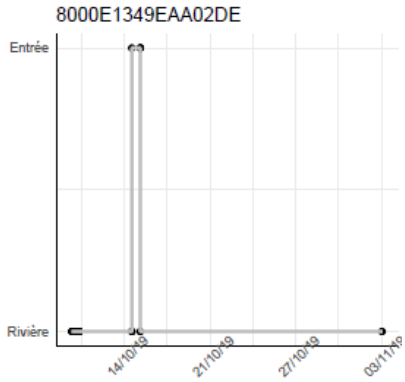
Truites en migration naturelle 1_0_0

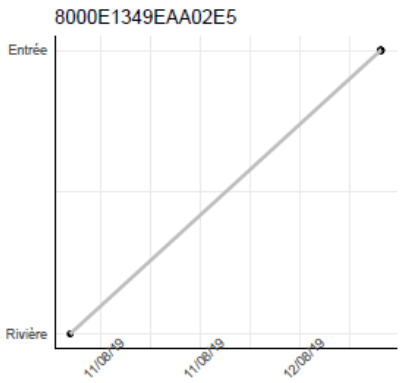


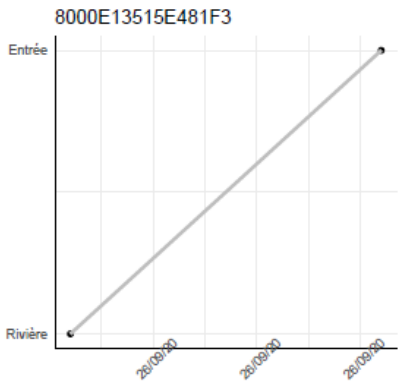
Truites en migration naturelle 1_1_0

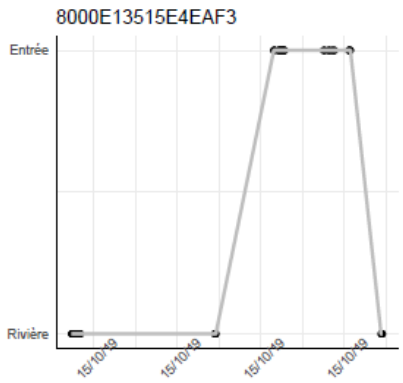


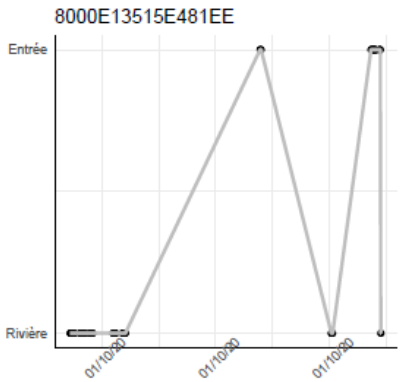


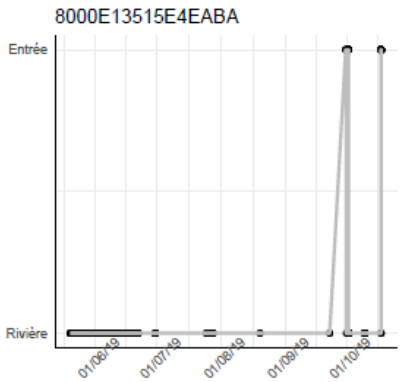


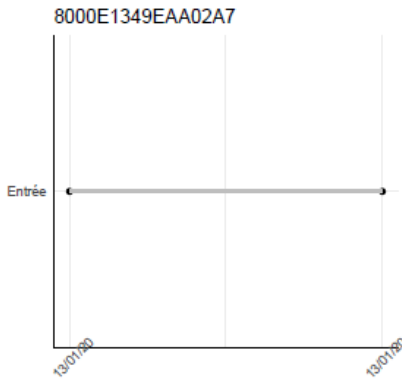




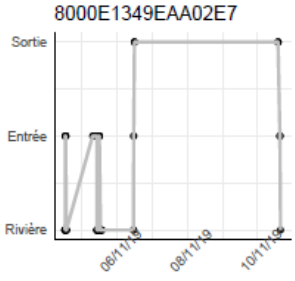


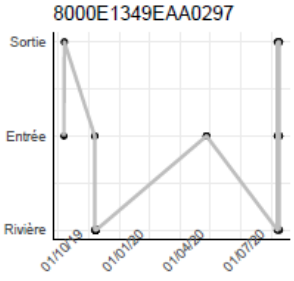


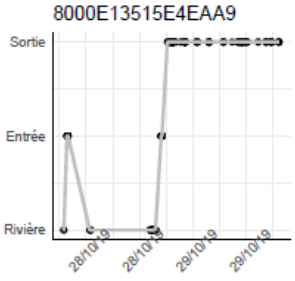


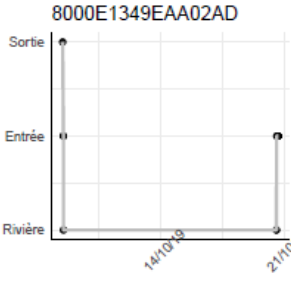


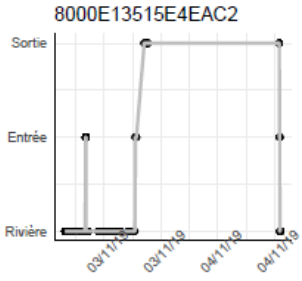
Truites en migration naturelle 1_1_1

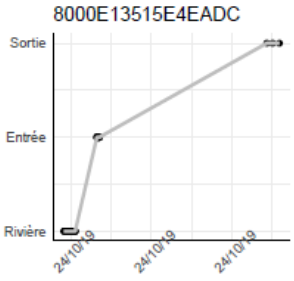


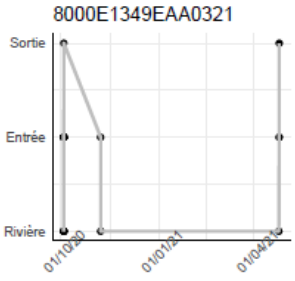


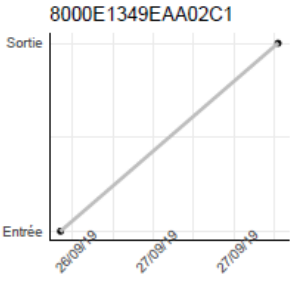


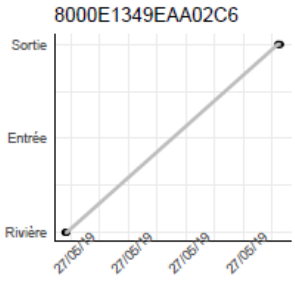


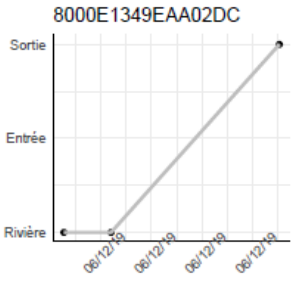


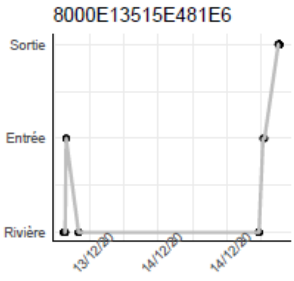


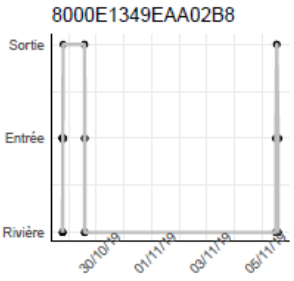


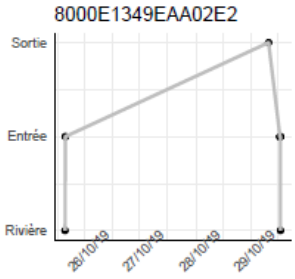


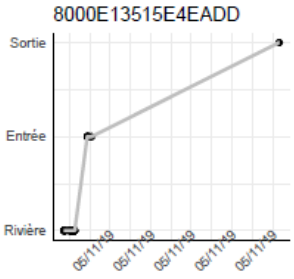


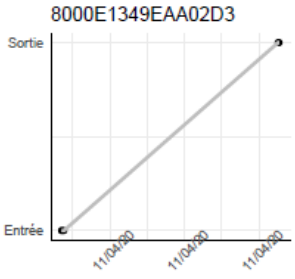


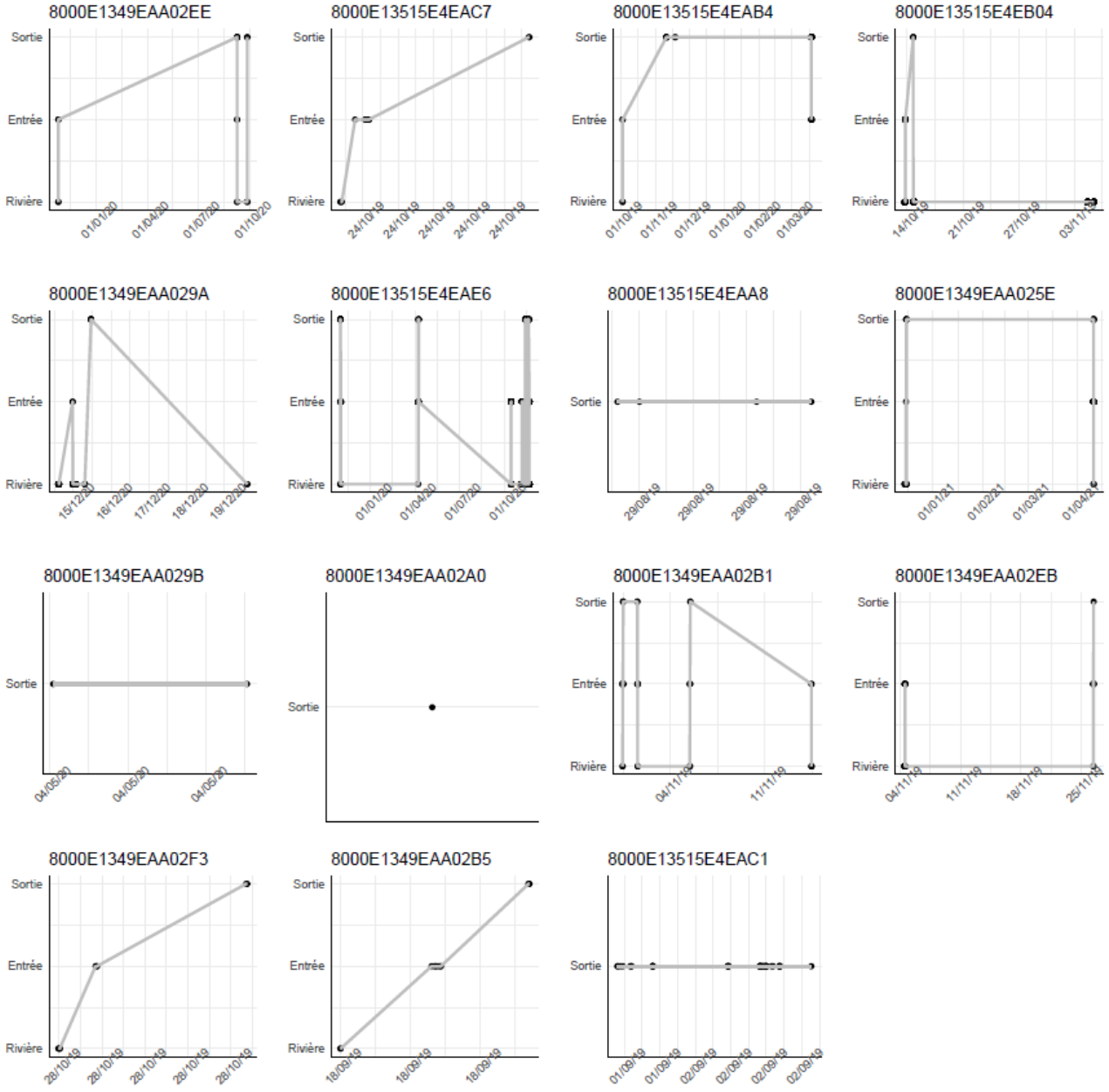


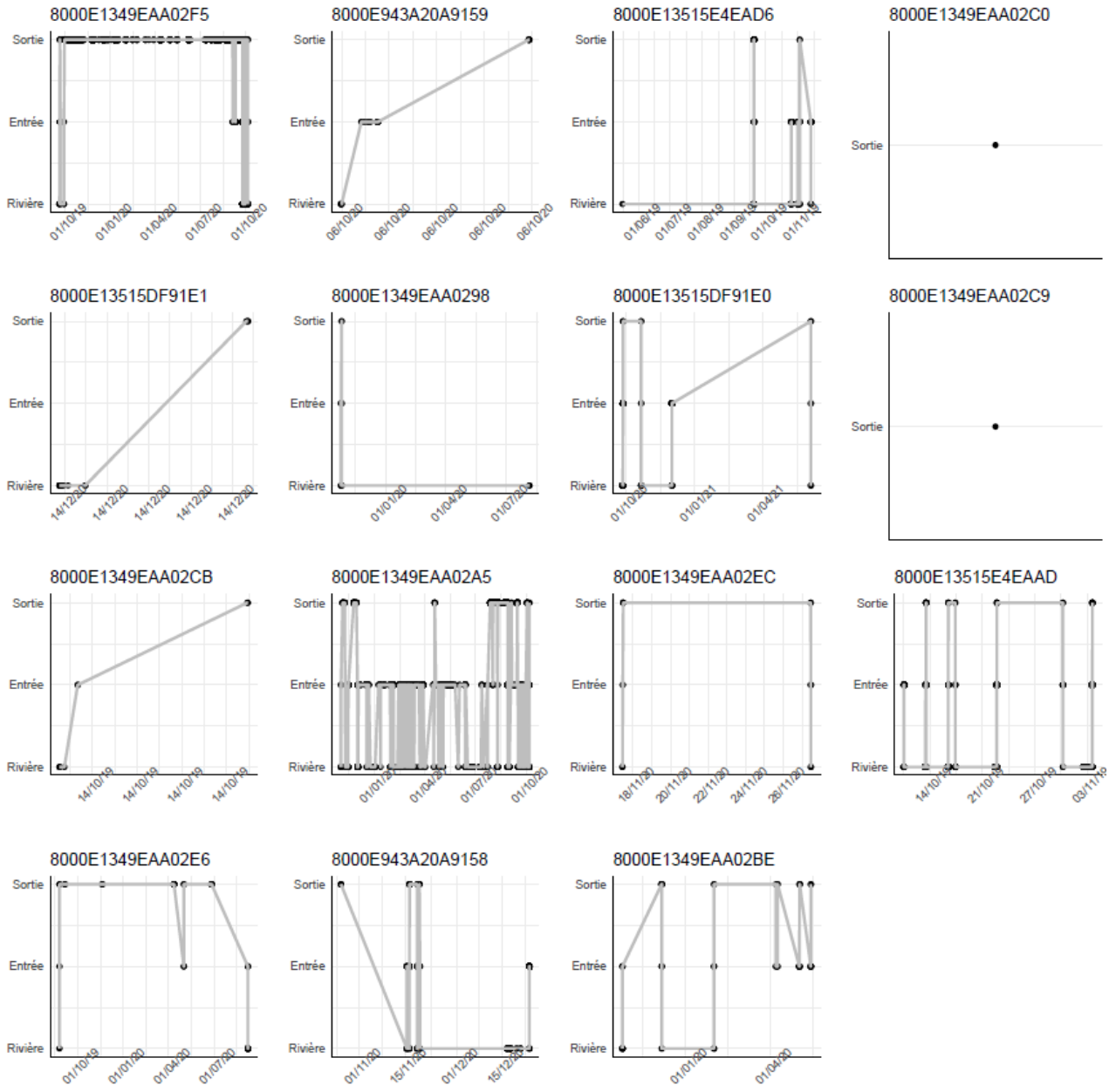









8000E1349EAA02EE
Sortie
Entrée
Rivière
01/01/20
01/04/20
01/07/20
01/10/20
8000E13515E4EAC7
Sortie
Entrée
Rivière
24/10/19
24/10/19
24/10/19
24/10/19
24/10/19
8000E13515E4EAB4
Sortie
Entrée
Rivière
01/10/19
01/11/19
01/12/19
01/01/20
01/02/20
01/03/20
8000E13515E4EB04
Sortie
Entrée
Rivière
14/10/19
21/10/19
27/10/19
03/11/19
8000E1349EAA029A
Sortie
Entrée
Rivière
15/12/20
16/12/20
17/12/20
18/12/20
19/12/20
8000E13515E4EAE6
Sortie
Entrée
Rivière
01/01/20
01/04/20
01/07/20
01/10/20
8000E13515E4EAA8
Sortie
29/08/19
29/08/19
29/08/19
29/08/19
8000E1349EAA025E
Sortie
Entrée
Rivière
01/01/21
01/02/21
01/03/21
01/04/21
8000E1349EAA029B
Sortie
04/05/20
04/05/20
04/05/20
8000E1349EAA02A0
Sortie
8000E1349EAA02B1
Sortie
Entrée
Rivière
04/11/19
11/11/19
8000E1349EAA02EB
Sortie
Entrée
Rivière
04/11/19
11/11/19
18/11/19
25/11/19
8000E1349EAA02F3
Sortie
Entrée
Rivière
28/10/19
28/10/19
28/10/19
28/10/19
28/10/19
8000E1349EAA02B5
Sortie
Entrée
Rivière
18/09/19
18/09/19
18/09/19
8000E13515E4EAC1
Sortie
01/09/19
01/09/19
02/09/19
02/09/19
02/09/19
02/09/19


8000E1349EAA02F5
8000E943A20A9159
8000E13515E4EAD6
8000E1349EAA02C0
8000E13515DF91E1
8000E1349EAA0298
8000E13515DF91E0
8000E1349EAA02C9
8000E1349EAA02CB
8000E1349EAA02A5
8000E1349EAA02EC
8000E13515E4EAAD
8000E1349EAA02E6
8000E943A20A9158
8000E1349EAA02BE
Sortie
Entrée
Rivière

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex -

Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 – **www.cerema.fr**