

Sciences Eaux & Territoires

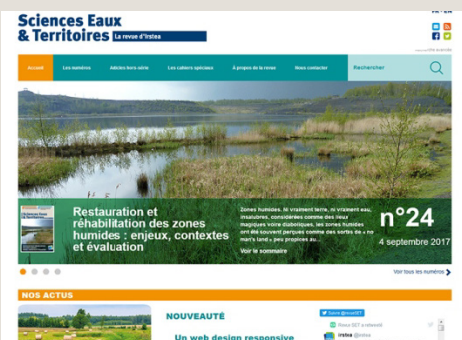
Article hors-série numéro 66

La technologie RFID pour évaluer le franchissement piscicole d'une buse aménagée de grande dimension

Arnaud CAUDRON, Julien BERGÉ, Alexandre RICHARD et Cédric HEURTEBISE

www.set-revue.fr

© Y. Abdallah (Scimabio Interface)



Sciences Eaux & Territoires

Article hors-série numéro 66 – 2020

Directeur de la publication : Philippe Mauguin

Comité éditorial : Nathalie Bertrand, Stéphanie Gaucherand, Véronique Gouy, Alain Hénaut, Ghislain Huyghe, Emmanuelle Jannès-Ober, Nicolas de Menthière, Sébastien Michel, Thierry Mougey, Christophe Roturier et Michel Vallance.

Coordination éditoriale : Sabine Arbeille

Secrétariat de rédaction, mise en page et suivi d'édition : Valérie Pagneux

Infographie : Françoise Peyriguer

Conception de la maquette : CBat

Contact édition et administration : INRAE-DipSO

1 rue Pierre-Gilles de Gennes – CS 10030

92761 Antony Cedex

Tél. : 01 40 96 61 21 – Fax : 01 40 96 61 64

E-mail : set-revue@inrae.fr

Numéro paritaire : 0511 B 07860 – Dépôt légal : à parution – N°ISSN : 2109-3016

Photo de couverture : © Y. Abdallah (Scimabio Interface)

INRAE

La technologie RFID pour évaluer le franchissement piscicole d'une buse aménagée de grande dimension

Les nombreux ouvrages et infrastructures installés sur les cours d'eau représentent des obstacles à la libre-circulation des poissons et perturbent leur cycle de vie. Aussi la mise en place de dispositifs de franchissement piscicole fonctionnels est souvent nécessaire. Sur la Durolle, rivière salmonicole du Puy-de-Dôme, la technologie d'identification par radio-fréquence a été mobilisée avec succès pour évaluer le franchissement par la truite commune d'une buse de 104 mètres de long aménagée pour rétablir la circulation piscicole. Le suivi individuel des poissons sur une période de deux ans a également permis d'en savoir plus sur le comportement migratoire de l'espèce dans un petit cours d'eau comme la Durolle.



Les obstacles à la libre circulation des poissons en rivière peuvent limiter l'accès à certains habitats essentiels à la survie des individus et porter préjudice à la fonctionnalité des populations naturelles. Ces dix dernières années, de nombreuses mesures (réglementaires ou non) ont été initiées pour restaurer la continuité piscicole, écologique, mais aussi sédimentaire sur les cours d'eau dans le but de réduire les impacts des ouvrages sur les milieux et les populations. Les cours d'eau à truite sont notamment ciblés par les mesures de restauration. Au cours de son cycle de vie, la truite commune peut développer des comportements migratoires pour accéder à des habitats de reproduction, de grossissement ou de refuge. Les entraves à la migration peuvent donc impacter la reproduction naturelle et les flux de gènes, et sont susceptibles de fragiliser la population sur le long terme.

La Durolle est une rivière salmonicole du Massif central située dans le Puy-de-Dôme (figure 1), qui abrite une population de truites naturellement fonctionnelle et abondante. Sur la commune de Saint-Rémy-sur-Durolle, la rivière a été busée sur 104 mètres en 1978 lors de la construction de l'A72, devenue ensuite l'A89 (figure 2). Cet ouvrage représentait un obstacle infranchissable pour les truites en raison des conditions d'écoulement à l'intérieur de la buse : vitesses de courant trop élevées et homogènes, absence de zones de repos (abris hydrauliques).

En 2016, afin de rétablir la continuité piscicole, un dispositif hydraulique unique a été aménagé à l'intérieur de la buse pour rendre les conditions d'écoulement compatibles avec les capacités nataoires de la truite commune. Une évaluation de la fonctionnalité de ce dispositif de franchissement a été réalisée entre 2017 et 2019, en utilisant la technologie RFID (*Radio Frequency Identification*) et en suivant les déplacements d'individus marqués à l'aide de transpondeurs¹ (PIT-tags – encadré 1).

Cette étude a pour objectif d'apporter des éléments nouveaux sur les capacités de franchissement par la truite commune des buses de grande dimension qui posent encore aujourd'hui des questionnements techniques importants. En outre, les conditions hydrologiques observées lors des succès de franchissement de la buse seront confrontées avec les conditions théoriques simulées lors du dimensionnement du dispositif hydraulique. Cette démarche est originale, la validation biologique *a posteriori* du calage hydraulique d'un ouvrage de franchissement étant rarement réalisée dans les études d'évaluation post-travaux.

Enfin, cette étude apportera des informations sur la fraction « migrante » et « sédentaire » de la population de truite.

1. Puces électroniques qui émettent une réponse quand elles sont activées par un signal radio.

Présentation de la buse aménagée

L'ouvrage hydraulique OH 448 de l'A89 est constitué d'une buse métallique de type ARMCO en tôle ondulée longue de 104 mètres avec une pente de 1 % (photo 1). Jusqu'en 2016, avant les travaux d'aménagement, cet ouvrage était totalement infranchissable à la montaison pour la truite commune, espèce cible sur la Durolle. En effet, les conditions d'écoulement à l'intérieur de l'ouvrage étaient incompatibles avec les exigences de l'espèce pour les raisons suivantes :

- lame d'eau trop faible dans la buse en période d'étiage,
- vitesses de courant devenant rapidement limitantes avec l'augmentation des débits, jusqu'à plusieurs mètres par seconde,
- absence d'abris hydrauliques pouvant servir de zone de repos, sur une longueur de plus de cent mètres.

En 2016, un dispositif hydraulique unique constitué d'une semelle rugueuse et de ralentisseurs préfabriqués a été aménagé à l'intérieur de la buse pour respecter au mieux les exigences de la truite commune en termes de hauteurs d'eau, de vitesses de courant, et d'abris hydrauliques (photo 2). Le dispositif a été théoriquement conçu pour assurer des conditions hydrauliques favorables au franchissement de la truite pour des débits compris entre le QMNA5² et 2,5 fois le module³, soit de 0,18 à 2,5 m³/s, avec une plage préférentielle de fonctionnement entre 0,78 et 1,19 m³/s.

Un des objectifs de l'étude est de confronter les résultats des franchissements réels obtenus par marquage RFID avec les débits de dimensionnements hydrauliques de l'ouvrage de franchissement.

1 Présentation de la buse avant travaux (à gauche) et après travaux (au centre et à droite).



2. Valeur du débit mensuel d'étiage atteint par un cours d'eau pour une année donnée.

3. Correspond au débit hydrologique moyen interannuel sur une période de référence (au moins 30 ans de mesures consécutives).

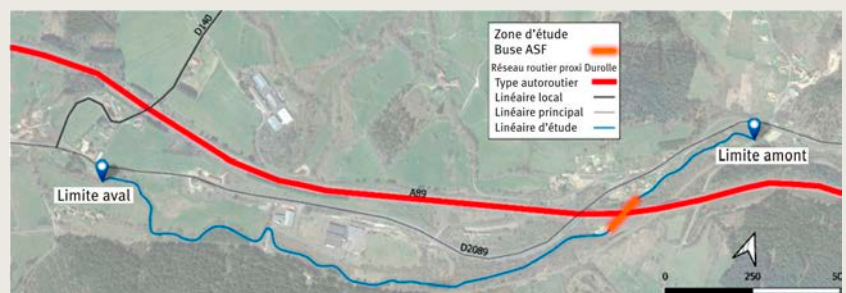
2 Vue détail du dispositif avec la semelle rugueuse et les ralentisseurs préfabriqués (hors d'eau et en eau).



1 Localisation du site d'étude.



2 Linéaire d'étude.



Marquage des truites par PIT-tags

Au total, 815 truites de taille supérieure à 100 mm ont été marquées: 435 en août 2017 et 380 en juillet 2018. Cinquante-quatre truites ont été marquées avec des transpondeurs de 12 mm (0,1 g) et 761 truites avec des transpondeurs de 23 mm (0,6 g).

Les captures ont été réalisées par pêche électrique de sondage à l'aide d'un appareil portable. Chaque individu a été anesthésié dans un bain d'eugénol, mesuré (longueur totale au mm près) puis marqué avec un transpondeur. Pour ce faire, une petite incision ventrale a été réalisée à l'aide d'un scalpel, puis la marque a été introduite dans la cavité péritonéale. Après marquage, les individus ont été maintenus en observation dans un bac de réveil afin qu'ils retrouvent toute leur capacité nataoire avant d'être libérés dans la rivière.

La température de l'eau dans les bacs d'anesthésie et de réveil a été contrôlée en continu afin d'éviter des différences avec la température de la rivière de plus de 1 °C. Dans tous les cas, aucun marquage n'a été réalisé à une température d'eau supérieure à 16 °C.

Le protocole mis en place respecte l'ensemble de la réglementation en vigueur en termes de capture et de marquage d'animaux à des fins scientifiques. Le projet a reçu l'agrément du comité d'éthique et du ministère en charge de la recherche sous le numéro 10286.

Aucune perte de marque n'a été constatée immédiatement après marquage. Le taux de rétention post-marquage chez la truite commune pour des individus de taille supérieure à 100 mm est généralement proche de 100% (Vatland et Caudron, 2015).

La plupart des captures de truites, à savoir 373 individus en 2017 et 343 en 2018 ont été réalisées à l'aval de la

buse sur un linéaire total de 1 680 mètres. Ces individus ont été marqués puis relâchés sur leur lieu de capture.

En complément, 99 poissons ont été capturés en amont de la buse puis transférés après marquage en aval direct de la buse, dans le but de forcer le comportement de migration vers l'amont. L'hypothèse sous-jacente est que les poissons ainsi déplacés chercheront à retourner vers leur habitat d'origine, et devront donc davantage tenter de franchir la buse que les individus capturés en aval. Les individus transférés sont au nombre de 62 en 2017 et 37 en 2018, soit respectivement 14 % et 10 % du nombre total de poissons marqués.

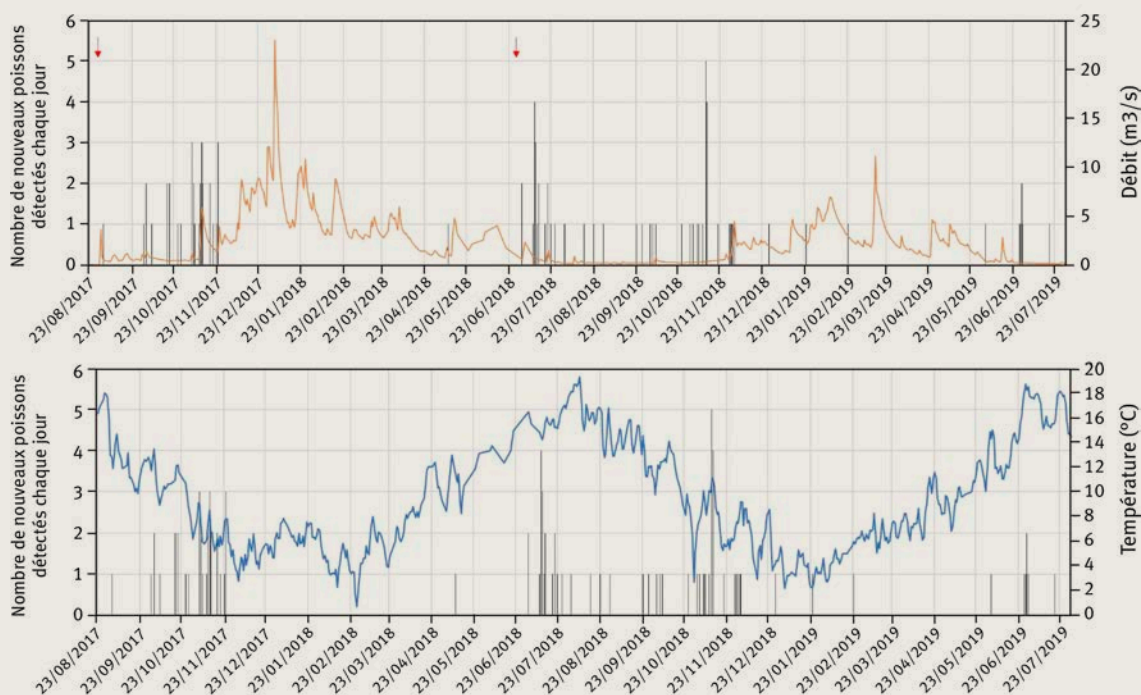
1 LES TRANSPONDEURS PASSIFS OU PIT-TAGS

Les transpondeurs passifs ou PIT-tags (Passive Integrated Transponder) sont des petites marques constituées d'une antenne et d'un condensateur associés à une puce électronique qui fonctionnent à une longueur d'onde de 134,2 kHz. Elles sont encapsulées dans du verre et sont conformes au marquage biologique. Elles peuvent donc être utilisées pour le marquage interne d'animaux comme les poissons.

Chaque transpondeur est caractérisé par un code unique, ce qui permet d'identifier individuellement tous les individus marqués. L'identification des poissons marqués se fait lors de son passage à proximité d'une antenne de détection. Les transpondeurs n'ont pas besoin de batterie pour fonctionner, leur durée de vie est donc illimitée. Ils se chargent de manière passive par induction grâce à une impulsion magnétique transmise par l'antenne reliée à un boîtier lecteur-enregistreur RFID. Cette impulsion charge le condensateur du transpondeur qui en réponse émet son numéro d'identification qui est enregistré par le lecteur-enregistreur en même temps que la date et l'heure de son émission.

Les poissons marqués peuvent être détectés soit au niveau d'antennes fixes judicieusement placées (sortie d'ouvrage de franchissement, zone naturelle de radier), soit lors de prospections actives à pied en utilisant des antennes portatives couplées à un GPS pour enregistrer les coordonnées des individus détectés.

2 Nombre de nouvelles truites détectées chaque jour par les antennes fixes en amont de la buse et chroniques des températures et des débits pendant la période d'étude (flèches rouges = marquage).



Évaluation du franchissement de la buse aménagée

Le dispositif RFID de suivi fixe en amont de la buse

Un dispositif RFID fixe a été installé en amont immédiat de la buse dans le but de détecter les poissons marqués ayant franchi l'ouvrage, pendant les deux ans de l'étude, de juillet 2017 à août 2019. Le dispositif se compose de deux antennes installées à plat sur toute la largeur du lit (6-7 mètres), reliées chacune à un lecteur/enregistreur RFID permettant d'enregistrer l'identifiant du poisson, la date et l'heure de passage. Les contraintes du site (sécurisation du matériel et alimentation électrique) n'ont pas permis d'installer de dispositif RFID fixe en aval de la buse pour détecter les individus marqués entrant dans l'ouvrage.

Une marque témoin a été placée au niveau de chaque antenne, afin de contrôler son bon fonctionnement. Chacune de ces marques témoin a été programmée pour être détectée toutes les trente minutes. Un transfert quotidien des données à distance a permis de réaliser une veille sur le fonctionnement du dispositif.

Sur les 730 jours du suivi, les antennes ont correctement fonctionné la grande majorité du temps : l'antenne 1 a fonctionné 99,2 % du temps et l'antenne 2, 97,4 % du temps.

L'efficacité de détection du dispositif a été estimée à 99,9 % d'après la formule de Zydlewski *et al.* (2006), ce qui signifie que la probabilité qu'un poisson marqué ne soit pas détecté par le dispositif est quasi nulle.

Les données collectées peuvent donc être considérées exhaustives et garantissent une analyse valable du franchissement de la buse par les truites.

Le franchissement de la buse par les truites

Au total, sur les 815 truites marquées, 165 ont franchi la buse aménagée.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- le taux de franchissement des poissons capturés et marqués en aval de la buse est de 13 % ;
- ce taux atteint 75 % pour les individus transférés de l'amont vers l'aval de la buse. Cet effet « translocation » est constaté également sur la rapidité de franchissement puisque la majorité des poissons transférés a franchi la buse dans les cinq jours qui ont suivi le marquage ;
- la période de franchissement des poissons non transloqués est similaire pour les deux années et s'étale entre juillet et mi-novembre avec une majorité des franchissements (80 %) se concentrant sur les mois d'octobre et novembre ;
- les distributions de taille des poissons marqués et des poissons ayant franchi la buse ne sont pas significativement différentes (test U de Mann-Whitney, p-value > 0,05). Ainsi, la buse est franchissable pour toutes les classes de tailles des truites échantillonnées (longueur totale de 103 à 350 mm) ;
- un effet distance à la buse a été observé, avec un taux de franchissement plus important pour les individus ayant été relâchés dans les 300 mètres en aval de l'ouvrage, par rapport aux truites marquées plus en aval. Il est aussi intéressant de souligner que quelques individus relâchés à environ 1,5 km en aval de la buse ont franchi l'ouvrage ;

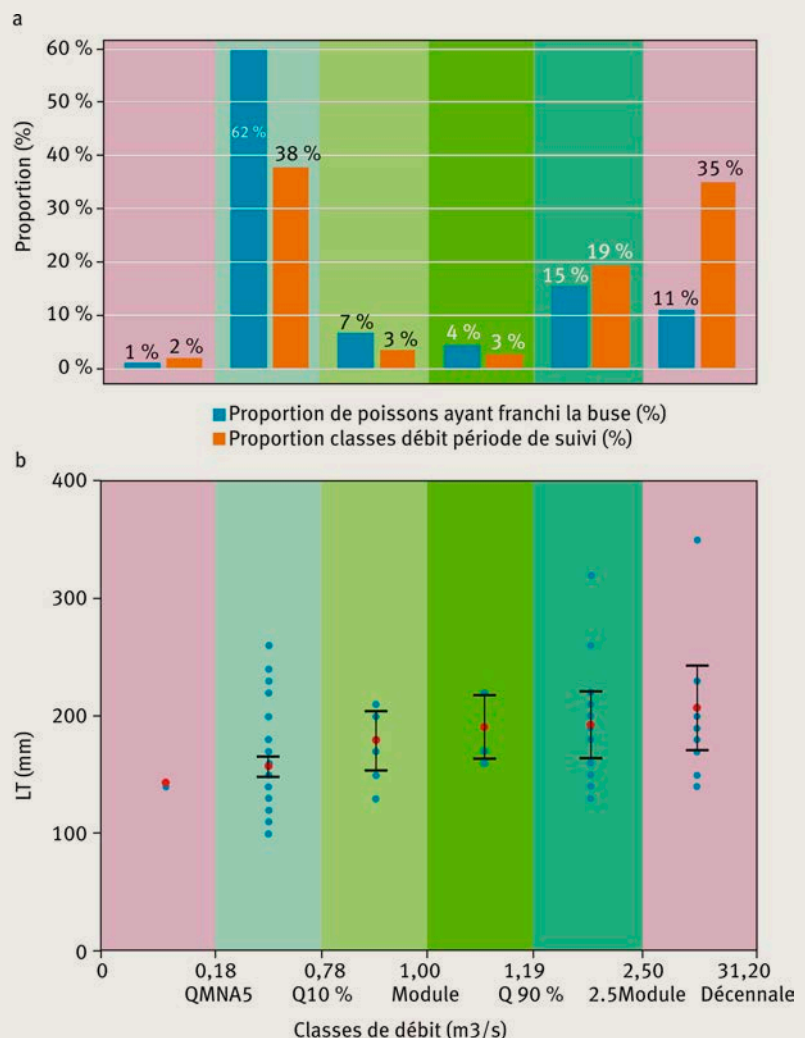
• aucune influence claire de la température n'a été notée (figure 3). Il est toutefois délicat d'isoler les effets respectifs des facteurs débit et température, les périodes de fort débit correspondant aux périodes de températures les plus basses (hiver-début de printemps) ;

• les franchissements ont été observés à des débits allant de 0,15 à 5,8 m³/s (figure 3). La grande majorité des franchissements, 62 %, a eu lieu dans la gamme de débit 0,18-0,78 m³/s (QMNA5-Q10%). À noter que 11 % des franchissements ont été observés à des débits supérieurs à la gamme utilisée pour le dimensionnement hydraulique du dispositif soit > 2,5*Module (figure 4) ;

• aucun effet sélectif du débit sur la taille des poissons qui ont franchi la buse n'a été observée (figure 4).

4 Relations entre les franchissements enregistrés et les classes de débits utilisées pour le dimensionnement hydraulique du dispositif de franchissement (verts = différentes plages de débits utilisées pour dimensionner le dispositif, rose = plage de débits hors dimensionnement de l'ouvrage).

- a. Distribution des débits observés pendant le suivi et proportion de poissons ayant franchi la buse pour chaque classe de débit.
b. Répartition des tailles des truites ayant franchi la buse en fonction du débit.



► Géolocalisation des truites marquées par prospection mobile

Sept campagnes de prospection mobile ont été réalisées entre le 2 mai 2018 et le 1^{er} août 2019 dans le but de localiser le maximum de poissons marqués. La méthode consiste à parcourir la rivière de l'aval vers l'amont à deux opérateurs munis chacun d'un lecteur/enregistreur RFID et d'une antenne portable en prospectant l'ensemble des habitats. Un GPS synchronisé avec les lecteurs/enregistreurs permet de connaître la position de chaque transpondeur détecté avec une précision de l'ordre de cinq à dix mètres.

Ces prospections ont été réalisées sur les 1 680 mètres du linéaire d'étude en aval de la buse, plus 560 mètres en amont de la buse. En complément, une prospection sur 830 mètres en aval du linéaire de marquage a été réalisée pour essayer de détecter des poissons marqués supplémentaires.

Le principal objectif des prospections mobiles était de tester l'hypothèse d'un effet bloquant de la buse sur la migration piscicole. La caractérisation des déplacements des individus marqués sur le linéaire aval permet de rechercher une éventuelle accumulation de poissons migrants à proximité de la buse.

Finalement, sur la totalité des 815 truites marquées présentes en aval de la buse, si l'on retire les 165 individus qui ont franchi la buse, 450 individus ont été détectés au moins une fois par prospection mobile et 200 n'ont jamais été redétectés.

Les résultats ne mettent pas en évidence de déplacements importants d'individus vers la buse au cours des différentes périodes. La répartition spatiale des poissons détectés est assez peu variable au cours des deux ans de suivi et correspond globalement à la répartition initiale des poissons marqués (figure 5). Aucune accumulation de poissons n'a été observée en aval de la buse.

La difficulté est de savoir si les marques détectées en aval correspondent réellement à des poissons encore vivants ou s'il s'agit de marques inertes, c'est-à-dire soit perdues par les poissons (au cours de la reproduction, par exemple), soit libérées dans le milieu à la suite de la mortalité naturelle des individus. Comme la majorité des marques détectées montre très peu de mouvement au cours de la période d'étude, il est important d'évaluer si cette sédentarité apparente correspond bien à des truites vivantes.

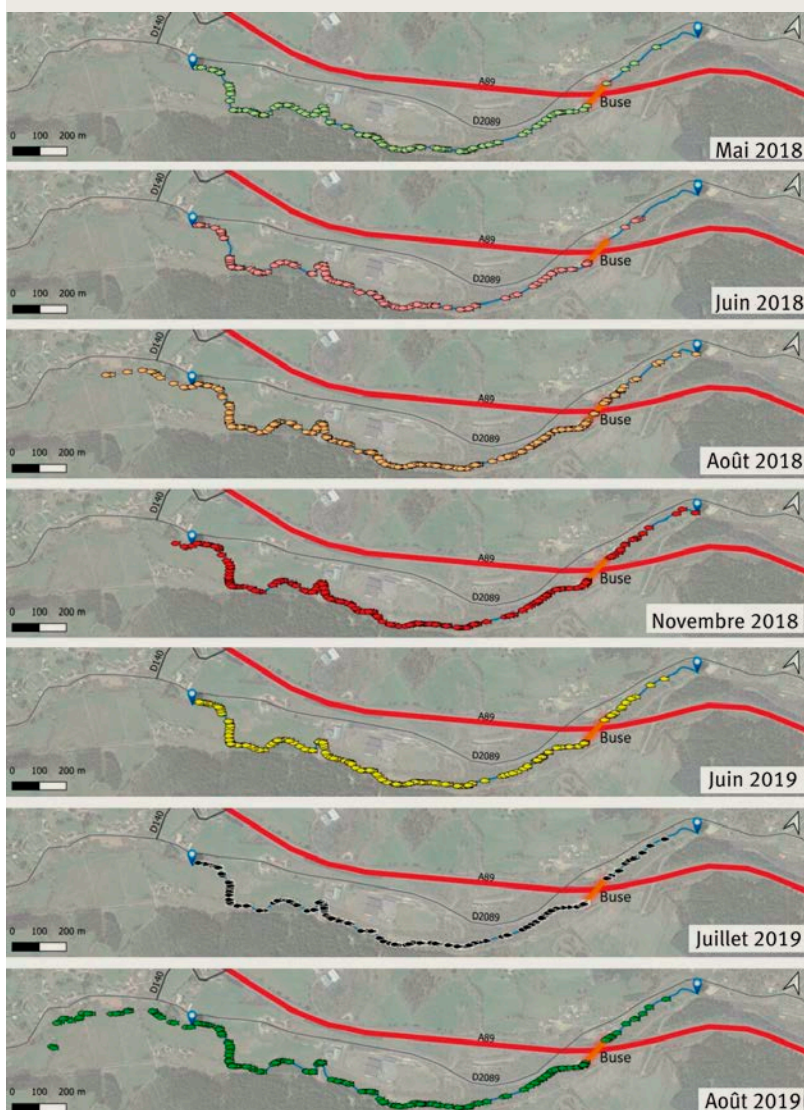
Afin d'approcher cette question, nous avons analysé les distances parcourues par les poissons dont le statut « vivant » est certain. Il s'agit d'une part des truites marquées en 2018 et recapturées lors des pêches de marquage en 2019, ainsi que des truites marquées qui ont effectué des déplacements vers l'amont. Les résultats mettent en évidence une tendance nette à la sédentarité pour la majorité des truites marquées et redétectées, considérées « vivantes ». En effet, l'amplitude de leurs déplacements est faible puisque ces individus restent majoritairement sur un linéaire d'environ 200 mètres de rivières. L'amplitude de déplacement de tous les autres transpondeurs (dont on ne sait pas s'il s'agit de poissons vivants ou de transpondeurs perdus) est identique à celle des poissons vivants.

Conclusions – enseignements

Le protocole mis en place, couplant un dispositif de détection fixe localisé en amont immédiat de la buse et sept campagnes de prospection mobile, a fourni des résultats très satisfaisants concernant la franchissabilité de la buse. Le dispositif fixe double antenne a montré une efficacité de quasi 100% durant les deux années de suivi, et a détecté la totalité des truites marquées qui ont franchi la buse.

Les contraintes du site d'étude n'ont pas permis de mettre en œuvre un design de suivi optimal intégrant un dispositif fixe à l'aval immédiat de la buse pour identifier les individus essayant de rentrer dans la buse. Toutefois, les prospections mobiles répétées ont constitué une très bonne alternative, en permettant à la fois d'évaluer l'existence d'un effet bloquant de la buse, mais également en fournissant des indications sur la dispersion des truites au sein du secteur d'étude.

5 Géolocalisation des truites marquées détectées lors des sept prospections mobiles.



La période de suivi sur deux années complètes a couvert deux périodes de migration pré-reproduction, avec des conditions hydrologiques et thermiques très variées. Les résultats confirment la nécessité de marquer plusieurs centaines d'individus pour assurer une quantité de données suffisantes dans ce genre de suivi.

Le nombre de truites marquées, à savoir 815 au total, et la longueur du linéaire de marquage en aval de la buse de 1 680 mètres, apparaissent suffisants pour prendre en compte la diversité des comportements migratoires sur un petit cours d'eau comme la Durolle.

La translocation d'individus de l'amont vers l'aval de l'ouvrage étudié apparaît comme un plus dans un protocole d'évaluation de franchissement comme celui mis en œuvre sur la Durolle.

En conclusion, les éléments suivants indiquent que le dispositif hydraulique permet une bonne franchissabilité de la buse par les truites :

- 75 % des individus capturés en amont de la buse et transloqués en aval ont franchi la buse ;
- la grande majorité des individus transférés ont franchi la buse lors de la première semaine de suivi (99 % en 2017 et 53 % en 2018) ;
- aucune sélectivité de la buse sur la taille des poissons échantillonnés (103-305 mm) n'a été observée ;
- il n'a pas été mis en évidence d'accumulation de poissons marqués au pied de la buse, ni en aval des deux petits seuils présents sur le linéaire étudié ;
- l'aménagement réalisé permet le franchissement des truites dans la gamme de débits utilisée pour son dimensionnement QMNA5-2,5*Module [0,18-2,5 m³/s] ;

- une part notable des franchissements (11 %) a eu lieu à des débits supérieurs au dimensionnement théorique (> 2,5*Module).

Les autres résultats fournis par cette étude sont :

- les individus transférés représentent 45 % de la totalité des 165 truites qui ont franchi la buse ;
- la période de franchissement majoritaire est observée autour d'octobre/novembre ;
- le franchissement s'est majoritairement déroulé à faible débit < 1 m³/s ;
- la proportion de truite migrante est faible : environ 13 % de la population en place en aval et la majorité des truites montre un comportement plutôt sédentaire. ■

Les auteurs

Arnaud caudron, Julien BERGÉ et Alexandre RICHARD

SCIMABIO Interface,
5 rue des quatre vents,
F-74200 Thonon-les-bains, France.

✉ arnaud.caudron@scimabio-interface.fr

✉ julien.berge@scimabio-interface.fr

✉ alexandre.richard@scimabio-interface.fr

Cédric HEURTEBISE

Vinci autoroutes, réseau ASF,
Direction technique de l'infrastructure,
7 allée de Beauport, F-84278 Vedène, France.

✉ cedric.heurtebise@vinci-autoroutes.com

EN SAVOIR PLUS...

📄 **SCIMABIO INTERFACE**, 2020, Évaluation du franchissement piscicole de la buse OH448 de l'A89 sur la Durolle (63), utilisation de la technologie RFID, Rapport final, 50 p., disponible sur : <http://www.trameverteetbleue.fr/retours-experiences/evaluation-franchissement-piscicole-buse-oh488-a89-sur-durolle-63-utilisation>

📄 **VATLAND, S., CAUDRON, A.**, 2015, Movement and early survival of age 0 brown trout, *Freshwater biology*, 60 (7), p. 1252-62.

📄 **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), p. 492-502.