



Suivi de la fonctionnalité piscicole de la passe à poissons de la scierie des Noues sur la Vauclusotte, affluent du Dessoubre (25)



Rapport final de suivi 2022-2023



Projet 2022_139 - Version v2.0 d'octobre 2023

Julien Bergé pour SCIMABIO Interface

Travail réalisé grâce au financement de l'EPAGE Doubs Dessoubre, l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, la Fédération de Pêche du Doubs et la société de Pêche des Deux Vallées

SOMMAIRE

1.	Contexte, site d'étude et objectifs.....	5
1.1	Contexte de l'étude	5
1.2	Le dispositif piscicole implanté.....	6
1.3	Les objectifs de l'étude.....	7
2.	Fonctionnement d'un dispositif RFID.....	8
3.	Dispositifs utilisés – matériel et fonctionnement.....	10
3.1	Le système RFID installé.....	10
3.2	Tests de portée des antennes	13
3.3	Sondes SQUAMA : suivi du niveau d'eau et de la température	14
3.4	Les prospections mobiles.....	15
4.	Méthode et conditions de capture des poissons	16
4.1	Conditions de pêche.....	16
4.2	Méthode de capture employée.....	16
4.3	Méthode de marquage	17
4.4	Caractéristiques des individus marqués	19
5.	Résultats issus des différents suivis	21
5.1	Fonctionnement du dispositif RFID fixe	21
5.2	Conditions thermiques et hydrauliques dans la passe.....	22
5.3	Description générale des localisations de poissons au cours de l'étude.....	25
5.4	Flux de détections des poissons	27
5.5	Focus sur les poissons ayant franchi l'ouvrage	28
5.5.1	Flux des détections de franchissement.....	28
5.5.2	Caractéristiques des poissons ayant franchi l'ouvrage	29
5.5.3	Durées de franchissement de l'ouvrage.....	30
5.5.4	Incidences de l'environnement sur le franchissement.....	31
6.	Conclusions sur la franchissabilité du seuil de la scierie des Noues.....	32
7.	Bibliographie.....	34

TABLE DES FIGURES & TABLEAUX

Figure 1 : Localisation de la Vauclusotte et de la scierie des Noues.....	5
Figure 2 : Illustration du seuil de la scierie des Noues.....	5
Figure 3 : La passe-plan implantée sous la scierie.....	6
Figure 4 : Schéma et cotes de la passe-plan.....	6
Figure 5 : Aménagements de la partie aval du seuil. La flèche violette indique le chemin de montaison créé par l'aménagement.....	7
Figure 6 : Exemple de différentes tailles de transpondeurs passifs utilisées pour le marquage des poissons.....	8
Figure 7 : Illustration du principe de la technologie HDX.....	8
Figure 8 : Photos d'installation d'antennes « pass-over ».....	9
Figure 9 : Schéma illustrant les zones de détections des deux configurations d'antenne (pass-through et pass-over).....	9
Figure 10 : Raccordement électrique HT (à gauche), coffret électrique BT (au milieu) et et coffret RFID à droit.....	10
Figure 11 : Exemple d'un branchement de câble twinax sur un site d'étude.....	11
Figure 12 : Tuners implantés sur le site d'étude.....	11
Figure 13 : Les quatre antennes implantées : en haut à gauche, l'antenne 1 en aval du site. En haut à droite, l'antenne 2 en entrée de passe (aval). En bas à droite, l'antenne 3 en milieu de passe. En bas à gauche, l'antenne 4 en sortie de passe (amont).....	12
Figure 14 : Schéma d'implantation des 4 antennes RFID sur le site de la scierie des Noues. La Vauclusotte coule de gauche à droite.....	13
Figure 15: Site d'étude, de l'aval. L'antenne 1 est au premier plan.....	13
Figure 16 : Sondes SQUAMA installées dans le bassin de repos. La passe est ici batardée. Les équivalents débits sont indiqués dans le tableau, en l/s.....	14
Figure 17 : Illustration du fonctionnement des sondes SQUAMA. Chaque sonde indique la mise en eau d'une cote de la Vauclusotte, correspondant à un débit de la rivière. La sonde la plus basse enregistre également la température de l'eau.....	15
Figure 18 : Illustration des portées de détection estimées en fonction de la taille des transpondeurs utilisés.....	15
Figure 19 : Équipe type de pêche.....	17
Figure 20 : Linéaires pêchés le 22/09/2022.....	17
Figure 21 : Illustration des différentes étapes de marquage des poissons dans le cadre du présent suivi et vue d'une incision cicatrisée (photo provenant d'un autre suivi).....	17
Figure 22 : Quelques illustrations du marquage réalisé au bord de la Vauclusotte en septembre 2022.....	18
Figure 23 : Distribution des tailles (Lt en mm) des truites marquées en 2022.....	19
Figure 24 : Quelques truites marquées durant la campagne de septembre 2022.....	20
Figure 25 : Chronique d'enregistrement des marqueurs tags pour les 4 antennes RFID implantée dans le site d'étude.....	22

Figure 26 : Thermogramme et proportions d'occurrence des températures d'eau enregistrées dans la passe à poissons. Les seuils à 4 et 19°C sont indiqués.	23
Figure 27 : Niveaux d'eau dans la passe à poissons et proportions d'occurrence de ces niveaux au cours du suivi.....	24
Figure 28 : Schéma récapitulatif des détections réalisées au droit du site d'étude. Les nombres renseignent le nombre de truites concernées. Les antennes fixes sont figurées en violet.	26
Figure 29 : Flux de détection des truites au cours du suivi : par le système fixe et lors des prospections mobiles.	27
Figure 30 : Flux de détection des truites ayant franchi l'ouvrage : par le système fixe au niveau de l'antenne 4 et lors des prospections mobiles en amont du seuil.	28
Figure 31 : Distribution des tailles (Lt en mm) des truites marquées en 2022 (vert) et des truites ayant franchi l'ouvrage (orange).....	29
Figure 32 : Durées (en jours) estimées en montaison, entre l'antenne 1 & 2 (bleu) et entre l'antenne 2 & 4 (orange).	30

Tableau 1 : Quelques statistiques d'enregistrement des marker tags.	21
Tableau 2 : Statistiques descriptives des températures et niveaux d'eau enregistrés dans la passe durant l'étude.	22
Tableau 3 : Flux de détections quotidiennes des truites par les systèmes RFID.....	27
Tableau 4 : Flux de détections quotidiennes des truites ayant franchi le dispositif de franchissement.	29
Tableau 5 : Statistiques de durées estimées lors de la montaison des truites entre les antennes 1 & 2 et entre les antennes 2 & 4.	31
Tableau 6 : Caractéristiques des conditions environnementales enregistrées lors de la première détection d'une truite à l'antenne 4.	32

1. CONTEXTE, SITE D'ÉTUDE ET OBJECTIFS

1.1 Contexte de l'étude

La Vaclusotte est un des affluents principaux du Dessoubre (25), et compte une dizaine de kilomètres avec ses affluents (Figure 2). Ce cours d'eau a été classé en liste 2 en 2014, ce qui oblige à la **restauration de la continuité écologique**, par l'obligation de restaurer la **circulation des poissons migrateurs** et le **transport suffisant des sédiments**.

Environ 500 m en amont de la confluence Vaclusotte-Dessoubre, le seuil de la scierie des Noues est considéré comme infranchissable (Figure 2), du fait de ses 2.3m de hauteur de chute et de son profil d'écoulement inadapté à la remontée des truites, l'espèce principale du cours d'eau.

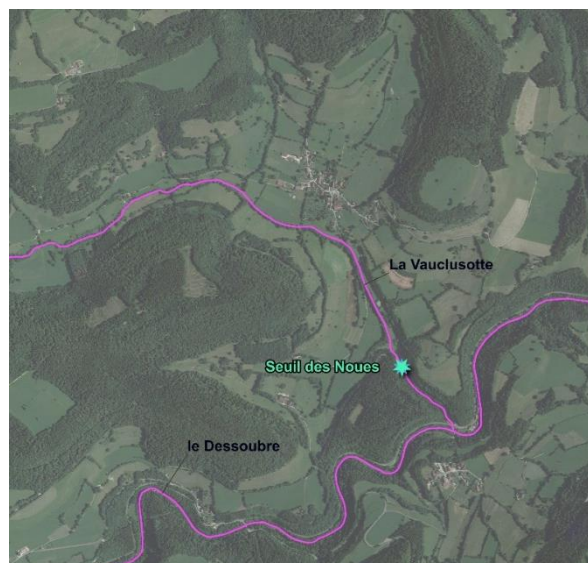


Figure 1 : Localisation de la Vaclusotte et de la scierie des Noues



Figure 2 : Illustration du seuil de la scierie des Noues.

En 2020, l'EPAGE Doubs-Dessoubre a initié une réflexion pour aménager ce seuil avec un dispositif de franchissement piscicole. Après des études et échanges avec les services de l'État, il a été décidé d'implanter en rive droite une passe à poissons pour permettre la libre circulation piscicole et garantir l'accès des truites depuis le Dessoubre à l'ensemble du réseau hydrographique amont.

À la suite de cette implantation, l'EPAGE Doubs-Dessoubre a mandaté SCIMABIO Interface pour réaliser un suivi RFID de la fonctionnalité de ce dispositif. Le présent rapport présente la

méthode et les résultats en lien avec ce suivi RFID. Ce suivi s’est déroulé du **22/09/2022 au 27/09/2023, soit durant 370 jours.**

1.2 Le dispositif piscicole implanté

Le dispositif choisi est une passe-plan en inox « déposée » sur le seuil de la scierie des Noues (Figure 3).

Ce dispositif a été sélectionné pour sa facilité d’implantation sur site, notamment au regard du peu d’espace disponible sous le bâtiment de la scierie pour engager des engins « traditionnels » de construction de passe à poissons.

Cette passe a été construite en atelier et est arrivée en 3 parties qui ont été assemblées sur place, en employant un minimum d’engins massifs.

La passe à poissons mesure 15.6 m de long pour 0.6 m de large. Au total, 35 plans ont été installés dans la passe pour favoriser une chute d’environ 20 cm entre chaque plan. Un bassin de repos de 3 m de long est situé au milieu du dispositif pour permettre aux truites en montaison de stopper temporairement leur remontée, si besoin (Figure 4).

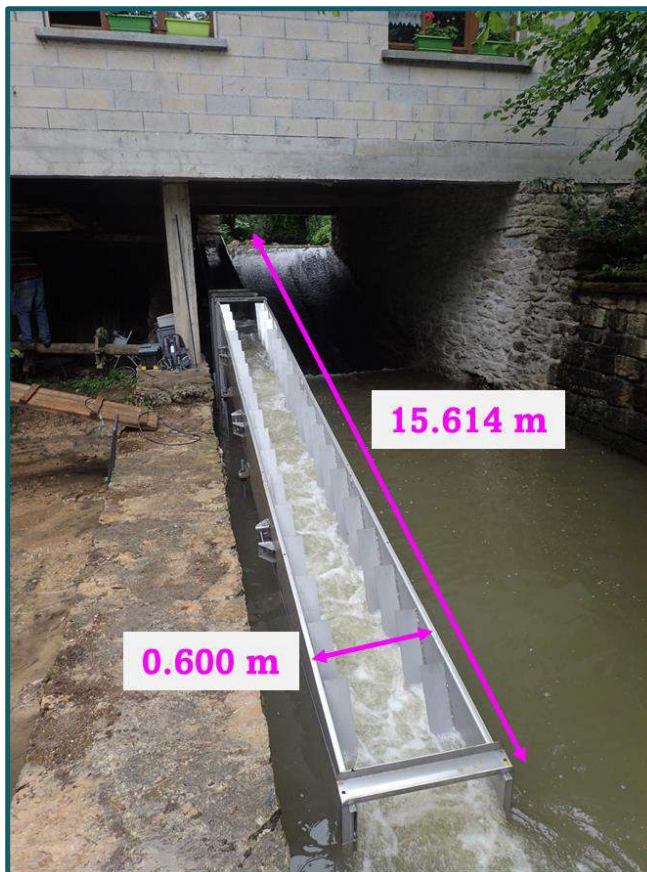


Figure 3 : La passe-plan implantée sous la scierie.

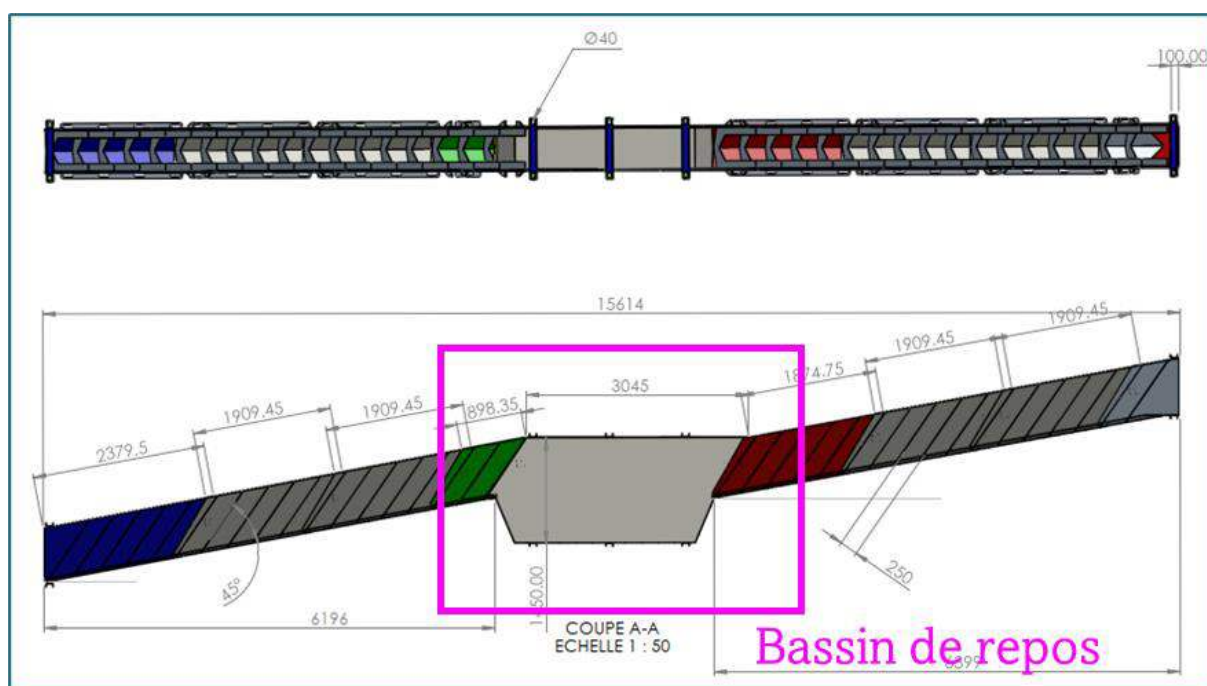


Figure 4 : Schéma et cotes de la passe-plan.

En parallèle de l'implantation de la passe, la partie aval du seuil a été réaménagée pour orienter les poissons en montaison vers la rive gauche, c'est-à-dire vers la passe, et limiter leurs incursions vers le canal de fuite de la scierie (Figure 5). Ce canal n'est plus en activité, mais restitue encore aujourd'hui un certain débit de la Vauclusotte du fait de voies d'eau résiduelles présentes sous le muret de séparation. Se forme alors un débit d'attrait en rive droite (souvent très faible, mais parfois plus conséquent en période de pluie) qui peut attirer les poissons vers la mauvaise rive.



Figure 5 : Aménagements de la partie aval du seuil. La flèche violette indique le chemin de montaison créé par l'aménagement.

1.3 Les objectifs de l'étude

Finalement, les objectifs de l'étude sont multiples. Ils s'orientent vers l'étude de la franchissabilité du dispositif de franchissement (la passe plan) pour l'espèce cible qu'est la truite.

Plusieurs interrogations ont été formulées et ont orienté l'équipement de cette passe avec un système RFID (décrit dans le chapitre suivant) :

- Les truites venant de l'aval du site trouvent-elles l'entrée de la passe à poissons ? Ceci en considérant l'attrait perfectible en aval du canal de fuite, mais également de la position très en aval de l'entrée de la passe. Cette dernière se trouve en effet près de 5m en aval du pied du seuil, ce qui peut avoir un effet bloquant ou freinant pour les truites.
- Les truites qui trouvent l'entrée de la passe réussissent-elles à franchir le dispositif ? Si oui, en combien de temps ?
- Certaines conditions environnementales (débit ou température) sont-elles défavorables pour la montaison des truites dans la passe ?
- Observe-t-on une sélectivité de la passe pour une certaine gamme de taille des truites en présence ?

- Enfin, quelle proportion de truites, qui se présentent en aval de l'ouvrage réussit, à franchir l'ouvrage ?

Ces différentes interrogations ne sont pas exhaustives, mais sont les principales qui permettent de statuer sur l'efficacité d'un dispositif de franchissement.

Dans la suite de ce document, nous présentons la méthodologie qui a été mise en place pour permettre de répondre à un maximum d'interrogations.

La technologie RFID a été privilégiée pour y répondre, du fait de son fonctionnement (autonomie et facilité d'implantation) et du type de données qu'elle apporte (données individuelles et ponctuelles).

2. FONCTIONNEMENT D'UN DISPOSITIF RFID

La RFID (*Radio Frequency Identification*) est une technologie qui permet de récupérer des données à distance en communiquant par des ondes radio basses fréquences.



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 (Figure 6). Elles peuvent donc être utilisées pour le marquage interne d'animaux comme les poissons.

Figure 6 : Exemple de différentes tailles de transpondeurs passifs utilisées pour le marquage des poissons

Chaque transpondeur est caractérisé par un identifiant unique, ce qui permet d'identifier individuellement tous les individus marqués. L'identification des transpondeurs se fait lors du passage de l'organisme marqué à proximité d'une antenne de détection. Les PIT-Tags n'ont pas besoin d'une énergie interne (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.

La **technologie HDX, utilisée depuis longtemps par SCIMABIO Interface**, permet sur une même antenne d'alterner très rapidement les phases d'émission et de réception. Le système effectue 10 cycles de lecture par seconde afin de maximiser les chances de détection (Figure 7).

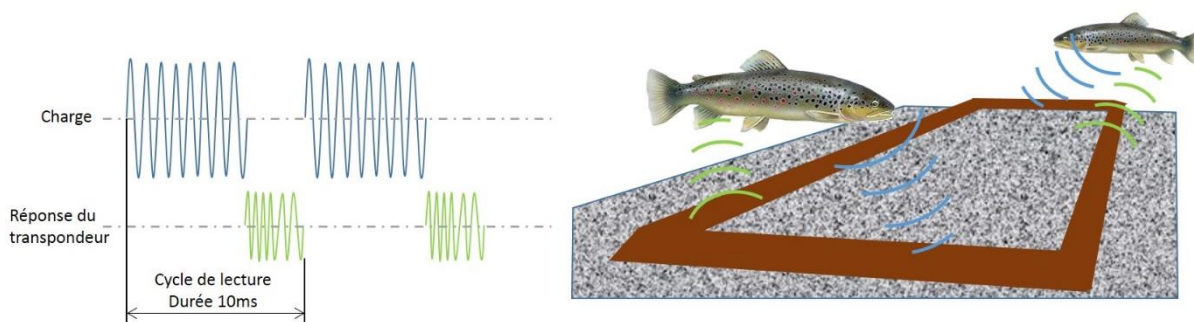


Figure 7 : Illustration du principe de la technologie HDX.

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.

Les antennes fixes disposées en rivière peuvent être de dimensions et de formes très variables, elles peuvent être de type « **pass-over** » (disposées à plat au fond du lit) ou « **pass-through** » (verticale en formant un cadre) (Figure 9).

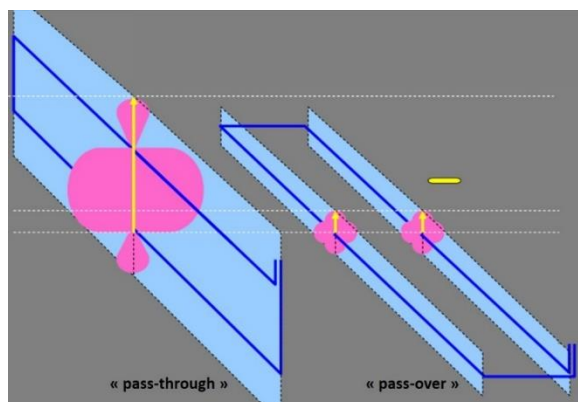


Figure 9 : Schéma illustrant les zones de détection des deux configurations d’antenne (pass-through et pass-over).

Une antenne « Pass-over » de 18 mètres de long



Figure 8 : Photos d’installation d’antennes « pass-over »

Dans le cas d’une installation « pass-over », **configuration qui a été privilégiée en aval du site d’étude**, le poisson marqué est détecté en passant au-dessus de l’antenne jusqu’à une certaine hauteur. Cette hauteur est propre à chaque antenne et varie en fonction de plusieurs paramètres : largeur de l’antenne, type de câble utilisé, tension électrique utilisée, caractéristique du site. Son avantage est de permettre un ancrage plus solide sur le fond d’un cours d’eau et donc de présenter un risque moindre d’être endommagé lors d’une crue. En revanche, sa zone de détection est plus réduite par rapport à une antenne verticale.

Le chapitre 3 détaille les organes de fonctionnement de la technologie RFID au regard de l’installation qui a été privilégiée pour le site de la scierie des Noues.

3. DISPOSITIFS UTILISÉS – MATÉRIEL ET FONCTIONNEMENT

3.1 Le système RFID installé

Pour rappel, le dispositif RFID installé est de marque STREAM INNOV™ et est composé des éléments suivants (photographies prises sur site à la suite de l'installation, hormis l'illustration du câble twinax et de la marque-test) :

- ☑ **Une alimentation électrique très basse tension 12 à 15 V** (Figure 10, au centre, flèche verte) ; cette alimentation est reliée au réseau électrique par l'intermédiaire d'un raccordement électrique HT installé à côté du coffret BT (à gauche sur la figure, flèche bleue) par un électricien agréé.

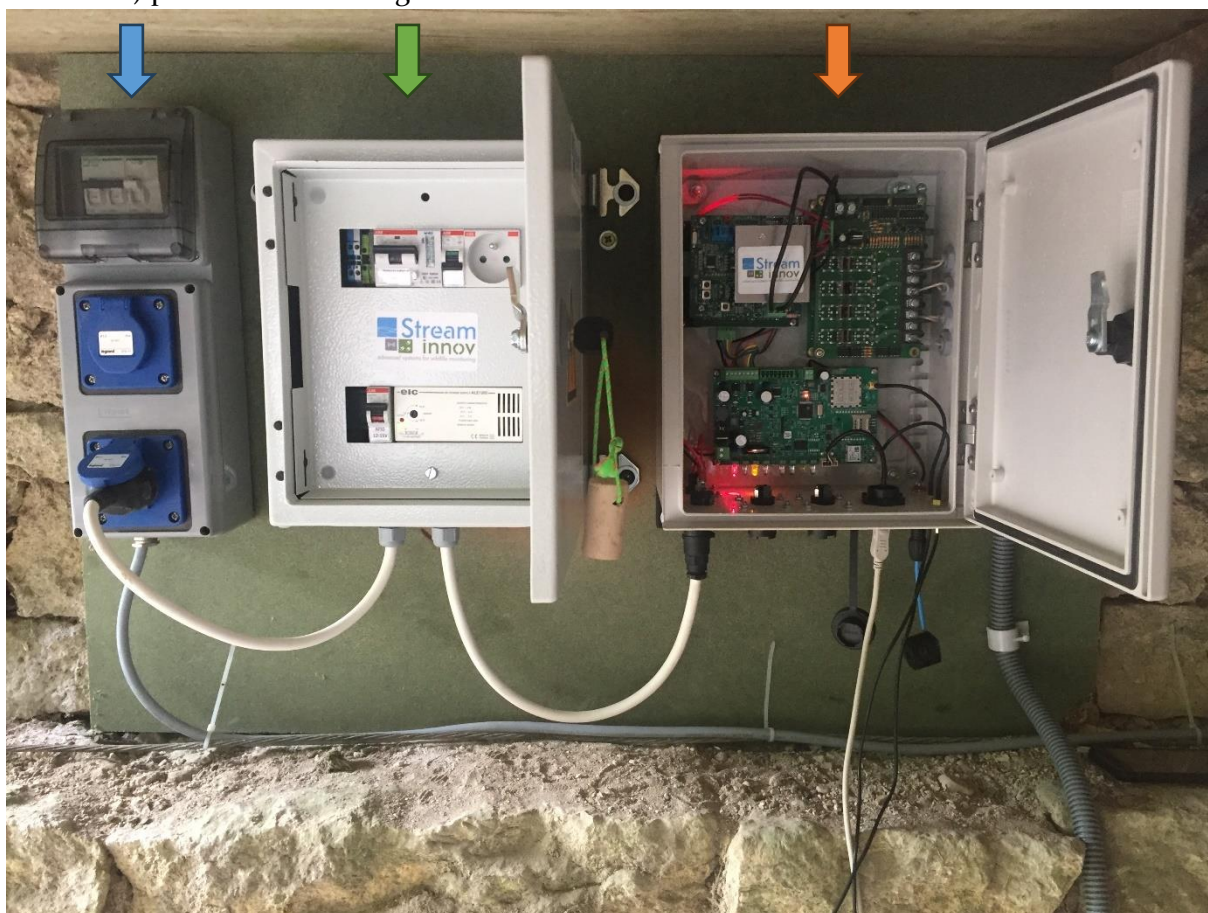


Figure 10 : Raccordement électrique HT (à gauche), coffret électrique BT (au milieu) et coffret RFID à droite.

- ☑ **Un lecteur-enregistreur RFID** raccordé au coffret BT (Figure 10, à droite, flèche orange). Tous les passages de câble (alimentation électrique et twinax) sont étanchéifiés par des presse-étoupes et de la gaine thermo rétractable étanche. **Le lecteur RFID comprend par défaut un système de transfert des données à distance.** Le système RFID implanté est un système « multiplex » pouvant traiter le signal de 4 antennes en simultanée.

- ☑ **Du câble twinax** reliant le lecteur RFID aux « tuners » des antennes. Le câble est protégé à l'aide d'une gaine ICTA (diamètre 20mm) Arnould Duogliss spécifiquement prévue pour les usages extérieurs.



Figure 11 : Exemple d'un branchement de câble twinax sur un site d'étude.

- ☑ **Un tuner** par antenne (Figure 12) destiné à régler le champ magnétique de chaque antenne. Il est positionné à proximité de celle-ci et hors d'eau. Le tuner est fourni dans une boîte polyester étanche IP65. Ce conditionnement présente un indice d'étanchéité et de résistance aux chocs suffisants pour être utilisé en milieu naturel. L'étanchéité des connexions du twinax et du câble d'antenne est assurée par des presse-étoupes et de la gaine thermo rétractable étanche ;



Figure 12 : Tuners implantés sur le site d'étude.

- ☑ **Quatre antennes** de détection placées (3 antennes dans la passe à poissons et une en aval du site) ; **chaque antenne** est confectionnée à partir de câble souple en cuivre (câble électrique ou hifi). L'antenne est solidement fixée à l'aide de colliers, de pieux en bois, de tiges métalliques et de blocs. La Figure 14 localise les antennes dans le contexte de la passe à poissons ;



Figure 13 : Les quatre antennes implantées : en haut à gauche, l'antenne 1 en aval du site. En haut à droite, l'antenne 2 en entrée de passe (aval). En bas à droite, l'antenne 3 en milieu de passe. En bas à gauche, l'antenne 4 en sortie de passe (amont).

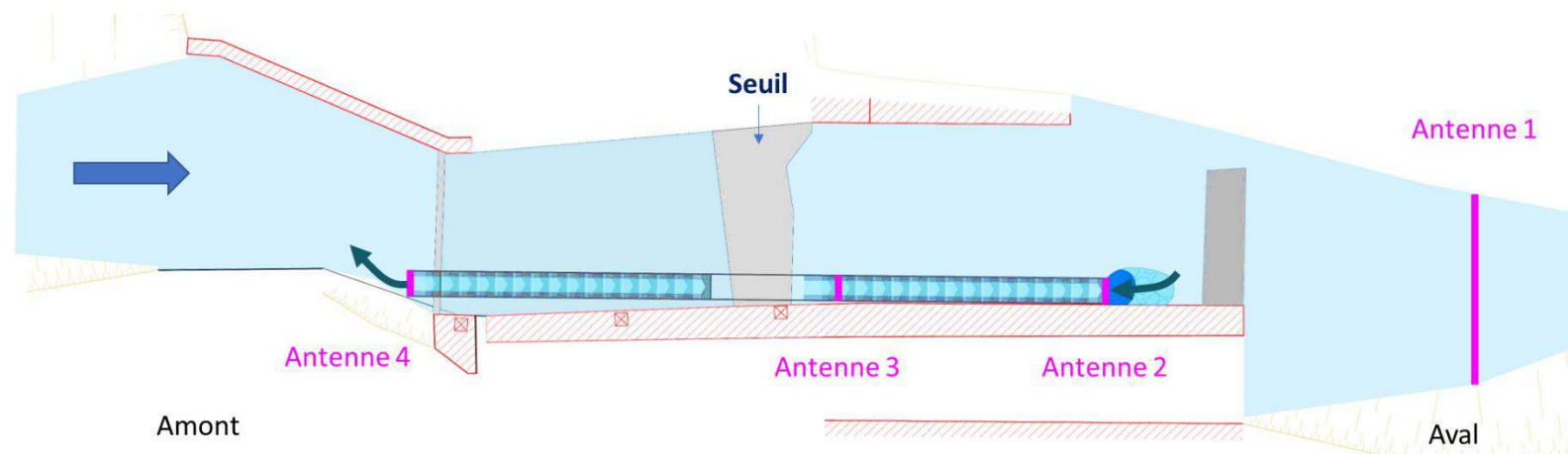


Figure 14 : Schéma d'implantation des 4 antennes RFID sur le site de la scierie des Noues. La Vauclusotte coule de gauche à droite.



Figure 15: Site d'étude, de l'aval. L'antenne 1 est au premier plan.

- ☑ **Une marque-test** par antenne pour contrôler son bon fonctionnement. Ce témoin est programmé pour fonctionner pendant quelques secondes toutes les 30 minutes. Ces informations sont précieuses en fin de projet lors du traitement des données pour valider les résultats obtenus ;



3.2 Tests de portée des antennes

Un test de portée des antennes a été réalisé après que tout le système ait été mis en place, c'est-à-dire dans les mêmes conditions de fonctionnement que celles qui ont été enregistrées durant

la détection des poissons marqués par Pit-Tag. La portée moyenne de détection des Pit-Tag 23 mm était **d'environ 60 cm sur l'antenne 1** (antenne à plat, implantée sur le fond de la rivière) et d'environ **40 cm au centre des antennes verticales** implantées dans la passe.

Le champ de détection des antennes 2 et 4 est orienté de sorte que (1) lorsque l'antenne 2 détecte un poisson, il est impérativement rentré dans la passe et (2) lorsque l'antenne 4 détecte un poisson, il est impérativement sorti du dispositif.

3.3 Sondes SQUAMA : suivi du niveau d'eau et de la température

En parallèle du suivi de franchissement de la passe à poissons à l'aide de notre système RFID, nous avons installé 8 sondes SQUAMA¹ dans le bassin de repos de la passe (Figure 16), afin de suivre en continu le niveau d'eau dans ce bassin, ainsi que la température de l'eau en transit par ce dispositif. Le système SQUAMA était fonctionnel à partir du 13/10/2022.

Une sonde (la plus basse) était constamment immergée pour enregistrer la température de l'eau. Les autres sondes indiquaient à distance (envoi quotidien des données) le passage du niveau d'eau au-delà de certains seuils de fonctionnement du dispositif (Figure 17) ; seuils sélectionnés en considérant les documents techniques de conception de la passe. L'idée est de connaître en détail les conditions hydrauliques de franchissement de la passe et d'identifier, le cas échéant, les conditions limitantes pour la montaison de la truite.



Figure 16 : Sondes SQUAMA installées dans le bassin de repos. La passe est ici batardée. Les équivalents débits sont indiqués dans le tableau, en l/s.

¹ SQUAMA™ est une marque française qui travaille en collaboration avec STREAM INNOV depuis quelques années. Elle s'est spécialisée dans l'équipement de dispositif de franchissement pour mesurer en continu les conditions d'écoulement. Pour plus de renseignements : <https://www.squama.fr/>



Figure 17 : Illustration du fonctionnement des sondes SQUAMA. Chaque sonde indique la mise en eau d'une cote de la Vauclusotte, correspondant à un débit de la rivière. La sonde la plus basse enregistre également la température de l'eau.

3.4 Les prospections mobiles

En parallèle du suivi RFID avec les antennes fixes, l'EPAGE Doubs-Dessoubre a réalisé des prospections mobiles (ou trackings) pour localiser les poissons marqués de part et d'autre du seuil. Cela permet de constater de possibles points de blocages à distance du seuil qui pourraient interférer avec la montaison des truites dans la passe. Également, ces prospections permettent d'observer le comportement des truites avant et après leur passage de la passe et ainsi apporter des informations importantes pour expliquer certains comportements de déplacement.

Les prospections ont été réalisées après les pêches (cf. la partie 4.1) de l'aval vers l'amont à deux opérateurs, l'un d'eux étant muni d'un lecteur/enregistreur RFID et d'une antenne portable. L'antenne portable émet un champ magnétique dont la portée dépend de la taille des transpondeurs : environ 40-50 cm pour les transpondeurs 12mm et 75 cm pour les

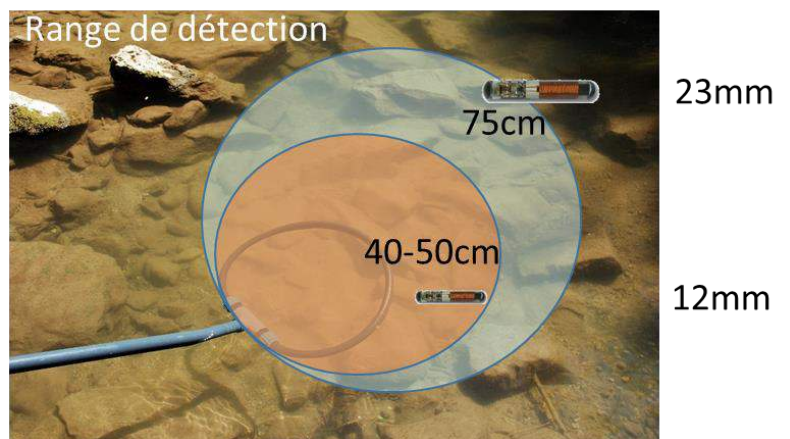


Figure 18 : Illustration des portées de détection estimées en fonction de la taille des transpondeurs utilisés.

transpondeurs 23mm (Figure 18). Un GPS synchronisé avec les lecteurs/enregistreurs a permis de connaître la position de chaque transpondeur détecté avec une précision de l'ordre de 10 mètres.

Le linéaire prospecté était compris entre la confluence Vauclusotte-Dessoubre et la limite amont de pêche (cf. la partie 4.1). Au total, 4 prospections ont été réalisées :

- Le 03/10/2022, soit 11 jours après le marquage ;
- Le 26/10/2022, soit 34 jours après le marquage ;
- Le 19/04/2023, soit 209 jours après le marquage ;
- Le 27/09/2023, soit 370 jours après le marquage.

En priorité, les premières prospections devaient être réalisées rapidement après la date de marquage, les truites étant souvent très mobiles juste après avoir été relâchées. Par la suite, les autres dates sont issues d'un compromis entre l'interdiction de marcher dans la rivière de début novembre à fin avril, l'attente de conditions de débit facilitant les prospections ($< 1 \text{ m}^3/\text{s}$), mais également la disponibilité du personnel de l'EPAGE.

4. MÉTHODE ET CONDITIONS DE CAPTURE DES POISSONS

À la suite de l'installation du dispositif RFID, il a été nécessaire de capturer des poissons afin de leur implanter les transpondeurs et de suivre leur déplacement à proximité des antennes installées dans la Vauclusotte. **L'espèce cible était la truite (*Salmo trutta fario*) : seule cette espèce a été équipée de transpondeur.** Les chapitres suivants détaillent la méthodologie de capture/marquage employée, ainsi que les individus qui ont été équipés de ces transpondeurs.

4.1 Conditions de pêche

La pêche a été réalisée toute la journée du **22/09/2022** par la Fédération de Pêche du Doubs.

La météo était ensoleillée, avec une température de l'eau de la Vauclusotte mesurée au moment de la pêche, qui a oscillé entre 7.5 et 13.5°C. Soit des températures assurant de bonnes conditions de marquage et de survie pour les poissons anesthésiés.

La pêche s'est déroulée d'environ 8h30 à 17h, hors durée de préparation du matériel.

4.2 Méthode de capture employée

Les différentes entités formant l'équipe de pêche étaient réparties comme suit (Figure 19) :

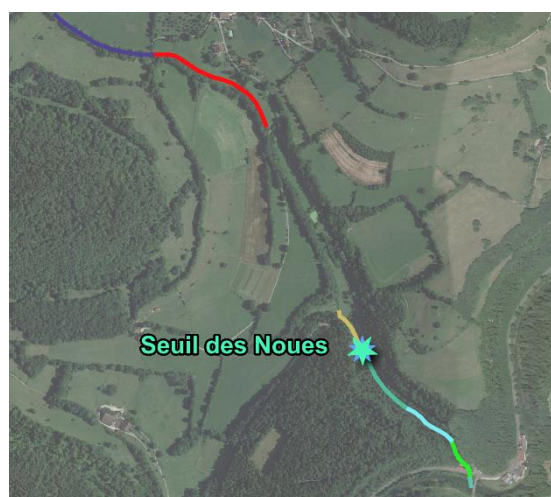
- Une ou deux personnes dédiées au relais électrique du groupe de pêche
- Pour la capture des poissons : 3 personnes dédiées à la capture du poisson : une anode utilisée en parallèle 2-3 épuisettes
- Un porteur de seau pour le transit des poissons capturés.



Figure 19 : Équipe type de pêche.

Les pêches se sont déroulées d'aval vers l'amont, entre la confluence Vaclusotte-Dessoubre et environ 1400 ml en amont du seuil de la scierie des Noues ; pour un linéaire total de pêche d'environ 1450 ml. Un secteur intermédiaire n'a pas été prospecté (environ 150 ml en amont du seuil), du fait de la difficulté d'accès avec du matériel de pêche.

Figure 20 : Linéaires pêchés le 22/09/2022



4.3 Méthode de marquage

Une fois capturées, les truites ont été stabilisées dans la rivière à l'aide d'un vivier. Chaque individu a été anesthésié dans un bain de benzocaïne diluée à 0.5 ml/2.5L [1], mesuré (longueur totale au mm près), puis marqué avec un transpondeur. Pour ce faire, la peau a été incisée à l'aide d'un scalpel puis la marque a été introduite dans la cavité péritonéale [2].

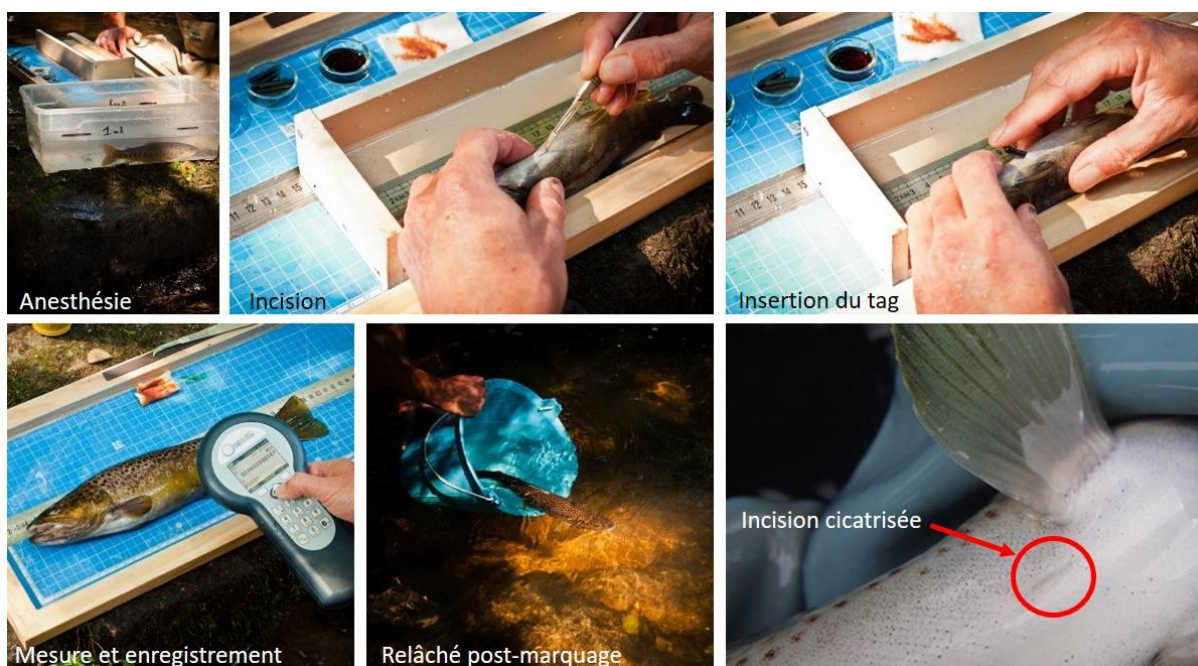


Figure 21 : Illustration des différentes étapes de marquage des poissons dans le cadre du présent suivi et vue d'une incision cicatrisée (photo provenant d'un autre suivi).

La taille des marques utilisées a été adaptée à la taille des poissons. Conformément aux recommandations de la littérature [3]–[5], seuls les truites de taille supérieure à 120mm ont été équipées avec des transpondeurs de 23mm (0,6g).



L'opérateur responsable du marquage a veillé à limiter à un maximum de 30 secondes la durée totale de la manipulation hors d'eau des poissons.



Figure 22 : Quelques illustrations du marquage réalisé au bord de la Vauclusotte en septembre 2022.

Après marquage, les individus ont été stabulés dans un bac de réveil le temps qu'ils retrouvent toute leur capacité natatoire 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 [2], [6].

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. Les captures ont été réalisées conformément à l'arrêté de pêche scientifique obtenu. Le protocole de marquage a été validé par le comité d'éthique CECCAPP de Lyon, réalisé par des opérateurs habilités et le projet a reçu l'agrément du ministère de la Recherche sous le numéro 38345.

Aucune perte de marque n'a été constatée immédiatement après marquage. La cicatrisation intervient rapidement au bout de quelques jours empêchant tout rejet de la marque par l'incision. Le taux de rétention post-marquage chez la truite commune pour des individus de taille supérieure à 100mm est proche de 100% [7].

Enfin, l'objectif de marquage initialement prévu était de 300 truites d'une taille >120 mm. Au cours de la pêche, quelques individus >80 mm ont été capturés. Ces individus (n=2) ont également été marqués, mais avec des transpondeurs de 13 mm.

4.4 Caractéristiques des individus marqués

À l'issue de cette journée de pêche, **245 poissons** ont été marqués, soit 82% de l'objectif fixé.

Au total, sur ces 245 truites, 129 individus (soit 52% de l'effectif total) provenaient de l'amont du seuil. Toutes les truites marquées ont été relâchées en aval du seuil.

Les structures spécifiques en taille des poissons marqués sont présentées ci-après :

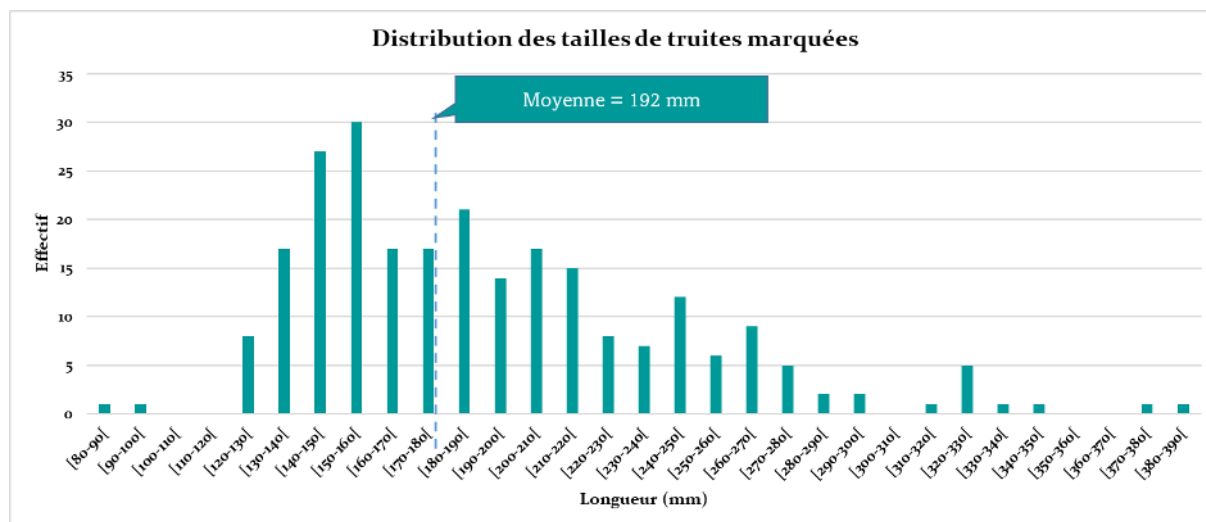


Figure 23 : Distribution des tailles (Lt en mm) des truites marquées en 2022.

Les truites marquées mesuraient entre 87 et 387 mm. La taille moyenne des truites marquées est estimée à 192 mm. Hormis les deux individus <100 mm qui ont été marqués par opportunité, l'effort de marquage ne s'est pas concentré sur les juvéniles de truites, d'où le déséquilibre observé dans cette distribution pour les individus de petite taille. La gamme de taille des poissons marqués est plutôt intéressante et permettra d'analyser les possibilités de franchissement de la passe pour une population représentative des truites de la Vauclusotte.



Figure 24 : Quelques truites marquées durant la campagne de septembre 2022.

5. RÉSULTATS ISSUS DES DIFFÉRENTS SUIVIS

5.1 Fonctionnement du dispositif RFID fixe

Il est possible d'analyser certains paramètres de fonctionnement du dispositif RFID, de manière à vérifier la bonne continuité de suivi de ce système. Entre autres, nous suivons quotidiennement le nombre de détections des markertags (ou **marque-test**) installés au niveau de chaque antenne. Ces marques étant programmées pour émettre un signal toutes les 30 min, nous nous attendons à enregistrer, pour chaque antenne, 48 détections journalières. Si ce n'est pas le cas, nous pouvons considérer que le système n'était peut-être pas en état de suivre correctement les déplacements des poissons marqués. Il arrive que certaines détections ne soient pas enregistrées, notamment si le signal de la marque test entre en collision avec le signal d'un transpondeur implanté dans un poisson, alors situé dans le champ de détection des antennes. Ainsi, par sécurité, nous estimons que le système présente des aléas de fonctionnement lorsque nous enregistrons <40 détections quotidiennes du markertag.

La Figure 25 présente la chronique d'enregistrement des 4 markertags durant les 370 jours de suivi. Quelques statistiques de fonctionnement sont également fournies dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Quelques statistiques d'enregistrement des marker tags.

Statistiques	MarkerTags détectés quot.											
	Antenne 1 - aval seuil			Antenne 2 - PAP entrée			Antenne 3 - PAP bassin			Antenne 4 - PAP sortie		
Min	13			2			13			2		
Max	48			48			48			48		
Moyenne	47.1			42.2			47.0			41.7		
Nb jours fonctionnement	367			363			367			363		
Nb jours n quot>40 (prop.%)	354	soit	96%	276	soit	76%	353	soit	96%	251	soit	69%

L'antenne 1 (aval du site) et l'antenne 3 (au niveau du bassin de repos) ont présenté un fonctionnement très performant, puisque pour ces deux antennes 96% des journées de suivi ont présenté >40 détections du markertags. A l'inverse, l'antenne 2 (entrée de la passe) et l'antenne 4 (sortie de la passe) présente un fonctionnement moins stable durant le suivi (respectivement 76 et 69% de fonctionnement jugé comme performant).

Plusieurs explications sont à fournir pour expliquer les chiffres présentés dans ce tableau.

Tout d'abord, un problème électrique est survenu dès le début du suivi, avec un dysfonctionnement récurrent du coffret électrique qui disjonctait régulièrement, sans explication claire des raisons du dysfonctionnement. Ce dernier a été changé le 13/10/2022, soit 21 jours après le marquage. Les 21 premiers jours de suivi n'ont donc pas permis d'enregistrer la totalité des émissions des markertags, d'où un pourcentage qui s'éloigne de 100%.

Plus particulièrement, pour les antennes 2 et 4, les plus faibles pourcentages ne sont pas expliqués par un dysfonctionnement du système RFID. En effet, nous avons pu observer une tension stable du système (entre 14.5 et 15V) qui garantit que ce dernier était allumé et opérant. Ce plus faible pourcentage s'explique en très grande partie par des collisions de tags au niveau de ces deux antennes ; des truites résidentes ayant été détectées par prospections mobiles au niveau de ces deux antennes. De ce fait, certaines émissions des markertags n'ont pas été détectées par le système, tant que ces truites restaient à portée de détection des antennes.

Finalement, en recoupant l'enregistrement des markertags, de la tension du système et des données de prospections, nous pouvons affirmer que le système RFID est resté performant durant tout le suivi, dès lors que le coffret électrique défectueux a été changé en octobre 2022.

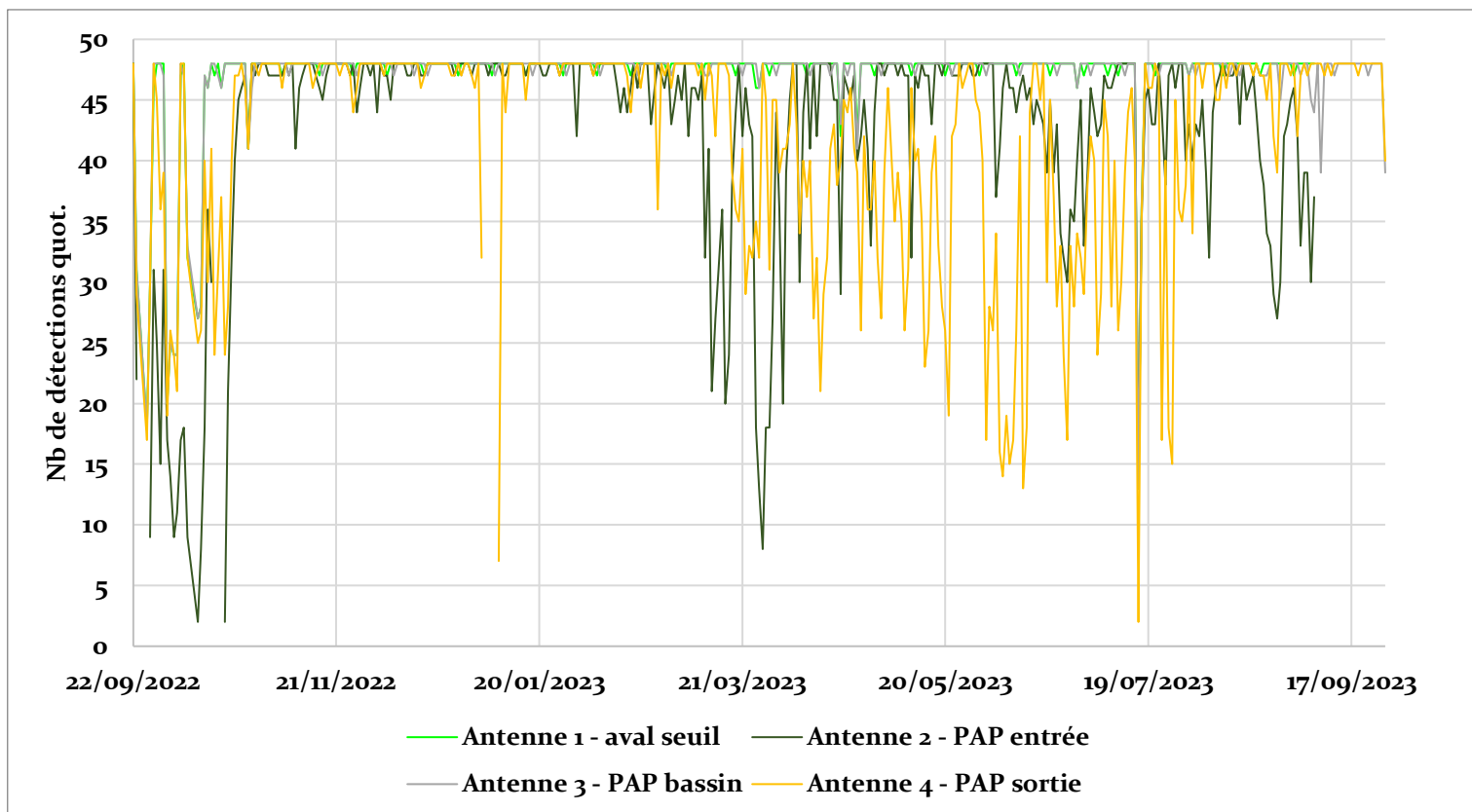


Figure 25 : Chronique d'enregistrement des marqueurs tags pour les 4 antennes RFID implantée dans le site d'étude.

5.2 Conditions thermiques et hydrauliques dans la passe

Entre le 13/10/2022 et le 27/09/2023 (soit 349 jours), les données horaires de température et de niveau d'eau dans la passe ont été enregistrées et télétransmises. Le Tableau 2 détaille les statistiques des données enregistrées durant cette période. La Figure 26 et la Figure 27 illustrent les données enregistrées.

La température de l'eau dans la passe a oscillé entre 3.0 et 20.7°C (Tableau 5). Moins d'1% des données enregistrées étaient >19°C ou <4°C, qui sont considérées comme les températures maximales et minimales de confort thermique de la truite [8]. Au-delà de ces seuils, les truites rentrent en stress physiologique et ralentissent leurs déplacements et leur comportement de nutrition.

Autrement dit, la température de l'eau de la Vauclusotte est particulièrement clémente pour les truites et les périodes stressantes pour cette espèce sont rares et plutôt limitées en durée.

Tableau 2 : Statistiques descriptives des températures et niveaux d'eau enregistrés dans la passe durant l'étude.

Conditions environnementales enregistrées dans la PAP (sondes SQUAMA)		
Statistiques	Température PAP (°C)	Niveaux en eau
Nombre de valeurs	23927	23914
Min.	3.0	1
Moyenne	11.0	2
Ecart-type	3.5	1
Max	20.7	8

Concernant les niveaux d'eau enregistrés dans la passe, ces derniers sont variables au cours du suivi. Le niveau le plus bas correspond à la mise hors d'eau de la sonde n°2, c'est-à-dire que le débit dans la passe était <50l/s. Des contrôles fréquents de la passe ont montré que ces niveaux bas étaient concordants avec un débit bas de la Vauclusotte. Aucune mise à sec « volontaire » de la passe n'a été enregistrée lors du suivi. A l'inverse, la sonde 8 a été mise en eau très ponctuellement (<1% du temps), pour un débit de la Vauclusotte > 620 l/s. A noter également que les sondes 5 à 8 ont été en eau moins de 5% du temps.

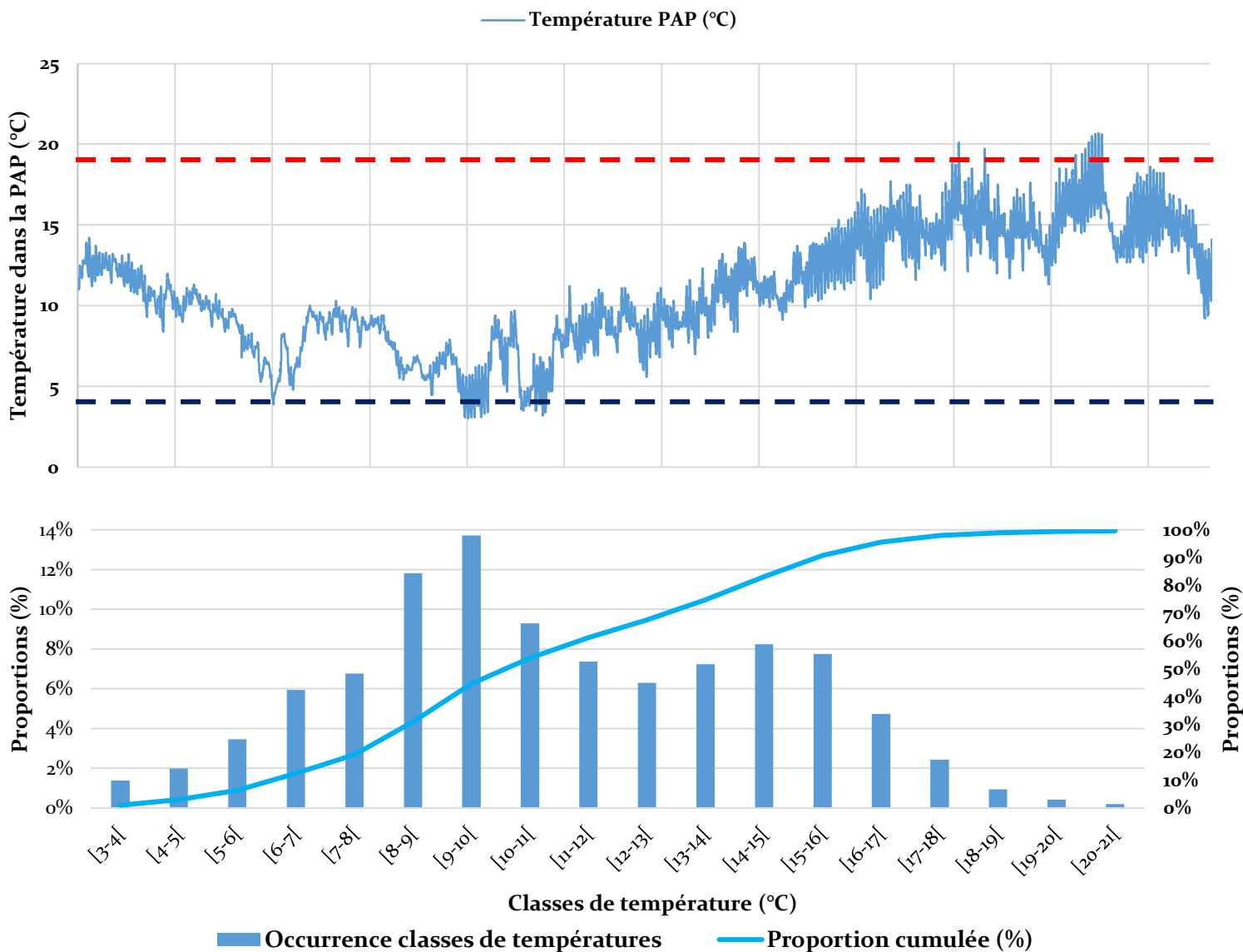


Figure 26 : Thermogramme et proportions d'occurrence des températures d'eau enregistrées dans la passe à poissons. Les seuils à 4 et 19°C sont indiqués.

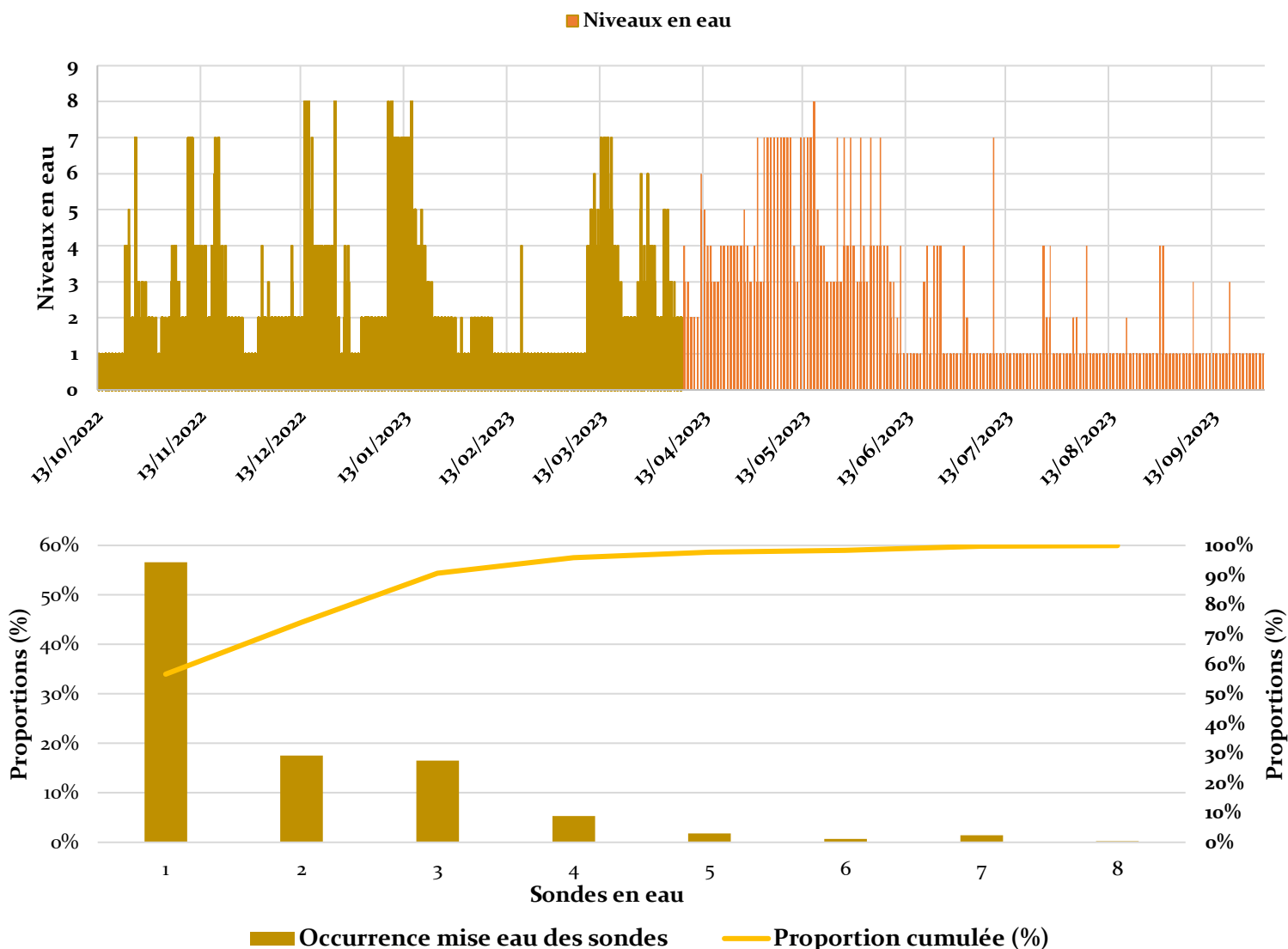


Figure 27 : Niveaux d'eau dans la passe à poissons et proportions d'occurrence de ces niveaux au cours du suivi.

Au-delà de décrire les conditions environnementales du suivi annuel, ces valeurs de températures et de niveaux d'eau seront confrontées au passage des truites au niveau de l'antenne 4 (franchissement avéré de la passe, chapitre 5.5.4) pour caractériser les conditions environnementales de passage des poissons.

5.3 Description générale des localisations de poissons au cours de l'étude

Avant de rentrer dans le détail des résultats obtenus par les suivis RFID, nous proposons de décrire de manière globale et synthétique les résultats obtenus au droit du dispositif de franchissement.

La Figure 28 synthétise les résultats obtenus :

- **Sur un total de 245 truites** marquées le 22/09/2022, 235 truites différentes ont été redétectées par les systèmes RFID (système fixe et prospections mobiles), soit une proportion de redétection de 94%. Sur ce type de cours d'eau (<5 m de large), les quelques études réalisées par SCIMABIO Interface ont montré des proportions de redétection maximales généralement inférieures à 80%. Cette valeur de 94% est donc particulièrement élevée.
- **194 poissons ont été localisés au niveau du site d'étude.** Ils correspondent à la totalité des truites qui ont été détectées par l'antenne 1 et/ou lors des prospections mobiles en amont de l'antenne 1. Autrement dit, **79% des truites marquées sont rentrées dans le site d'étude** et **51 truites n'ont jamais approché la scierie des Noues.** Ces dernières ont dévalé la Vauclusotte pour revenir aux habitats de capture, situés en aval du seuil.
- **Sur ces 194 truites qui ont passé l'antenne 1, 168 ont été détectées dans la passe à poissons.** Elles correspondent à toutes les truites identifiées par les 3 antennes de la passe et lors des prospections mobiles dans la passe à poissons. Finalement, 26 truites, qui sont montées au-delà de l'antenne 1, n'ont pas atteint la passe à poissons, soit 15% des truites concernées.
- Au total, **136 truites ont été localisées en amont de la passe à poissons**, soit 70% des truites qui se sont présentées dans le site d'étude (n=194) et 81% des truites qui sont entrées dans la passe (n=168). Elles correspondent aux truites détectées par l'antenne 4 ou lors des phases de prospections réalisées en amont du seuil. Rappelons que l'antenne 4 a un champ de détection orienté vers l'extérieur amont de la passe. Ainsi, lorsque cette antenne détecte une truite, cette dernière est déjà sortie de la passe. Également, rappelons que la montaison par le seuil est impossible. Dès lors la différence de truites détectées entre l'amont (n=136) et par les antennes 3 et 4 (104 truites) s'explique par les collisions de tags des poissons au niveau de l'antenne 4, mais également par le dysfonctionnement du système RFID en début de suivi, lors des pics principaux de montaison. Ceci démontre à nouveau tout l'intérêt de réaliser des prospections mobiles lors d'étude RFID dédiée au franchissement d'ouvrages de petit gabarit.
- Enfin, **36 truites ont été localisées au pied du seuil lors des prospections mobiles.** Vingt-six de ces truites n'ont pas trouvé l'entrée de la passe à poissons ou sont restées sédentaires dans la fosse aval de ce seuil. Autrement dit, **la grande majorité des truites (87%) qui sont montées au-delà de l'antenne 1 (n=194) ont trouvé l'entrée de la passe à poissons.**

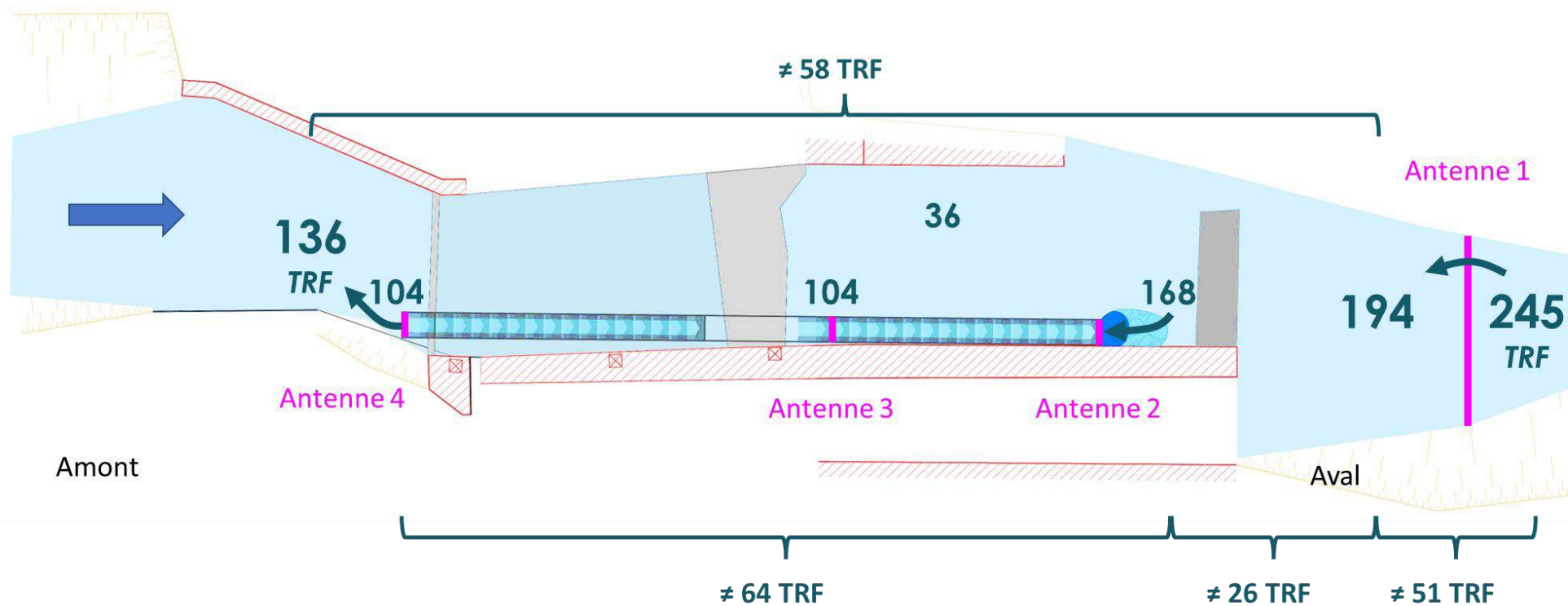


Figure 28 : Schéma récapitulatif des détections réalisées au droit du site d'étude. Les nombres renseignent le nombre de truites concernées. Les antennes fixes sont figurées en violet.

5.4 Flux de détections des poissons

En analysant les données issues des systèmes fixes et mobiles, nous pouvons détailler les flux de détections des truites durant la totalité du suivi (Figure 29). Quelques statistiques descriptives sont également présentées dans le Tableau 3.

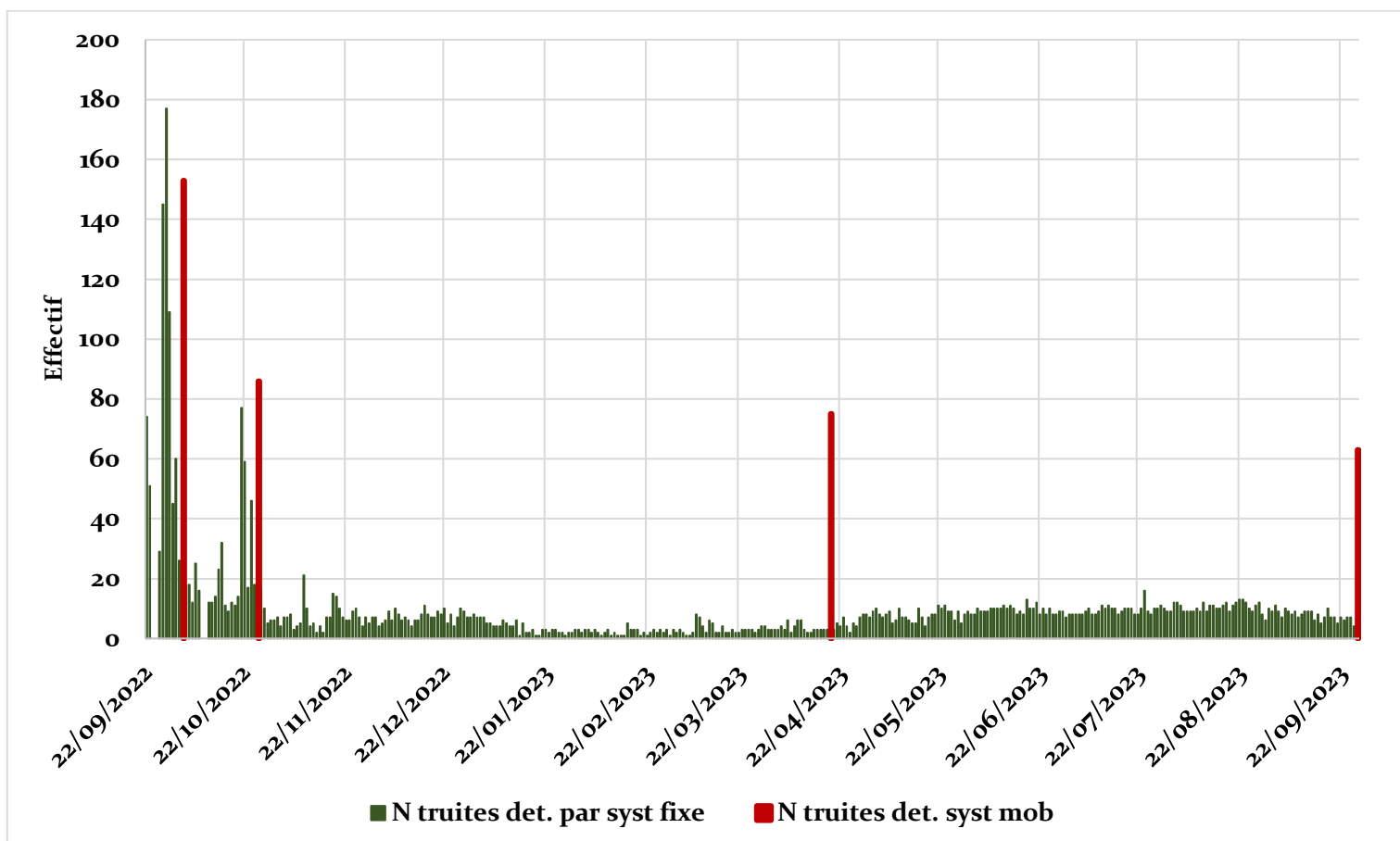


Figure 29 : Flux de détection des truites au cours du suivi : par le système fixe et lors des prospections mobiles.

Après le marquage des truites le 22/09/2022, la majorité des détections réalisées par le système fixe est observée en début de chronique, détectant jusqu'à 177 truites différentes en une journée, et cela 10 jours après le marquage. Ce nombre de détections décroît rapidement jusqu'à atteindre une valeur moyenne d'environ 9 truites détectées par jour durant le reste du suivi.

Dès la fin de la période de reproduction (début janvier), on observe également un faible taux de détection des tags qui plafonne à environ 5 truites différentes détectées/jour. Ce taux journalier réaugmente à nouveau dès la fin mars pour dépasser 10 truites différentes détectées/jour. Ceci est cohérent avec la phase de repos sexuel qui est observé après la reproduction, pendant laquelle les individus sont généralement moins mobiles.

Tableau 3 : Flux de détections quotidiennes des truites par les systèmes RFID.

Flux de détections quotidiennes (nb ind. détectés / jr) - données RFID		
Statistiques	Système fixe	Prospections mobiles
Nombre de valeurs	370	
Min.	0.00	63
Moyenne	9	94
Ecart-type	15	40
Max	177	153

Enfin, si l'on considère les prospections mobiles, un maximum de 153 truites différentes (soit 62% des truites) a été détecté lors de la première prospection. Cette proportion est cohérente avec les proportions observées dans d'autres études réalisées sur des cours d'eau de même gabarit. Cette proportion diminue graduellement jusqu'à la 4^{ème} prospection où 63 truites différentes ont été détectées (soit 23%). Cette baisse peut s'expliquer par la dévalaison de truites hors de la Vauclusotte, la montaison de certains individus au-delà du linéaire prospecté ou par de la mortalité naturelle qui favorise la dérive ou l'enfouissement de tags perdus par les individus, difficilement détectables lors des prospections.

5.5 Focus sur les poissons ayant franchi l'ouvrage

Ce chapitre est dédié aux truites qui ont franchi la passe à poissons. Elles ont été identifiées par l'antenne 4 et lors des prospections mobiles réalisées en amont du seuil. Au total, 136 truites sont concernées par ce chapitre.

5.5.1 Flux des détections de franchissement

Le franchissement de la passe est observé massivement en début de suivi, après le marquage. (Figure 30 & Tableau 4). Grâce à la première prospection, nous savons qu'au moins 64 truites (soit 47% des truites qui ont franchi la passe) ont franchi le dispositif près de 3 semaines après le marquage. Ce comportement est assez commun dans ce type d'étude, les poissons étant souvent désireux de retourner sur leurs habitats de vie après avoir été relâchés. Il est également très courant d'observer la majorité des montaisons dans les 10 jours qui suivent le marquage des poissons.

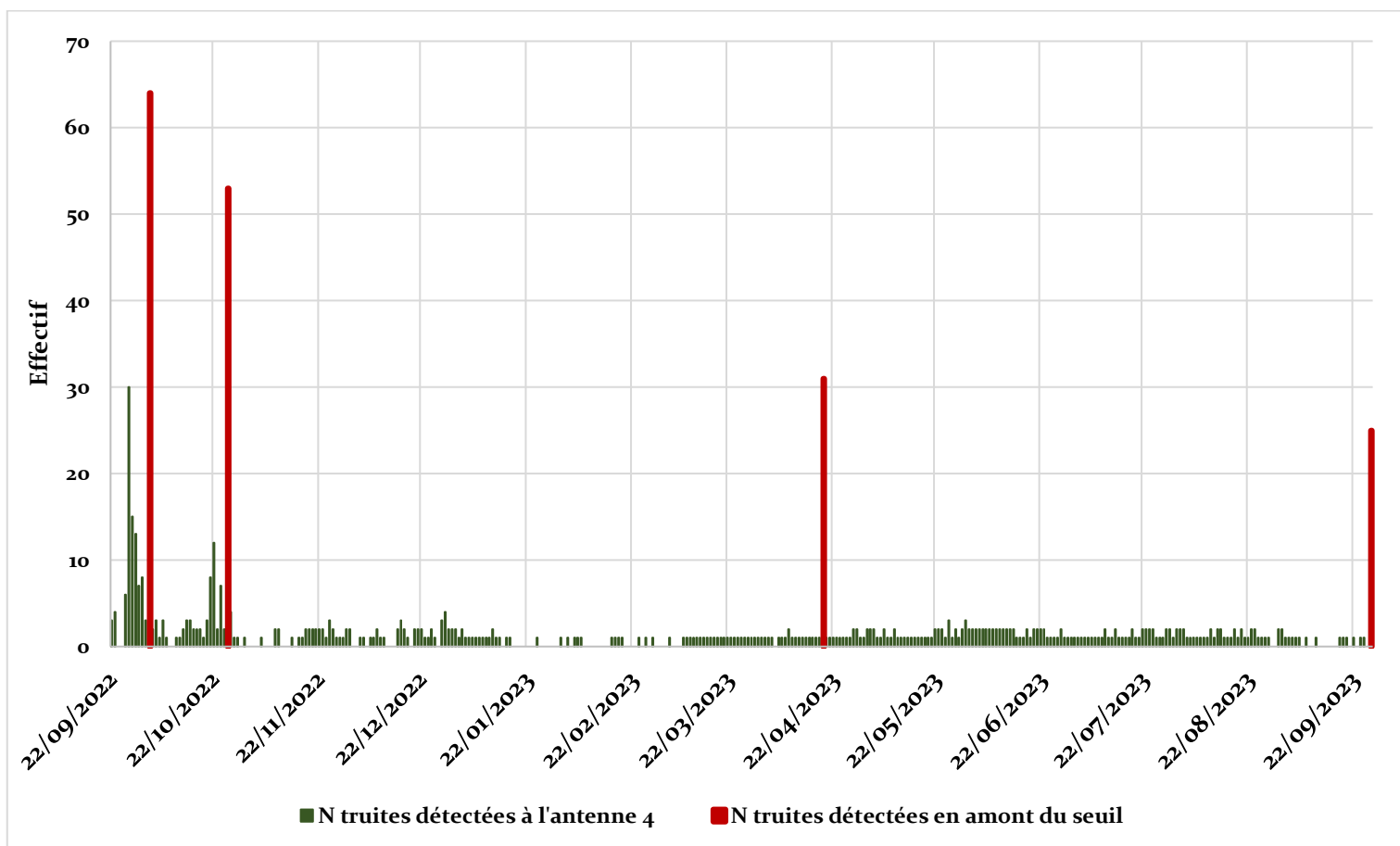


Figure 30 : Flux de détection des truites ayant franchi l'ouvrage : par le système fixe au niveau de l'antenne 4 et lors des prospections mobiles en amont du seuil.

Tableau 4 : Flux de détections quotidiennes des truites ayant franchi le dispositif de franchissement.

Flux de détections quotidiennes de truites ayant franchi le seuil (nb truites détectées à l'antenne 4 ou en amont du seuil)		
Statistiques	Système fixe - antenne 4	Prospections mobiles - amont du seuil
Nombre de valeurs	370	
Min.	0.00	25
Moyenne	2	43
Ecart-type	2	18
Max	30	64

5.5.2 Caractéristiques des poissons ayant franchi l'ouvrage

En moyenne, les 136 truites qui ont franchi la passe mesuraient 203 mm, contre 192 mm en moyenne pour la totalité des truites marquées (Figure 31).

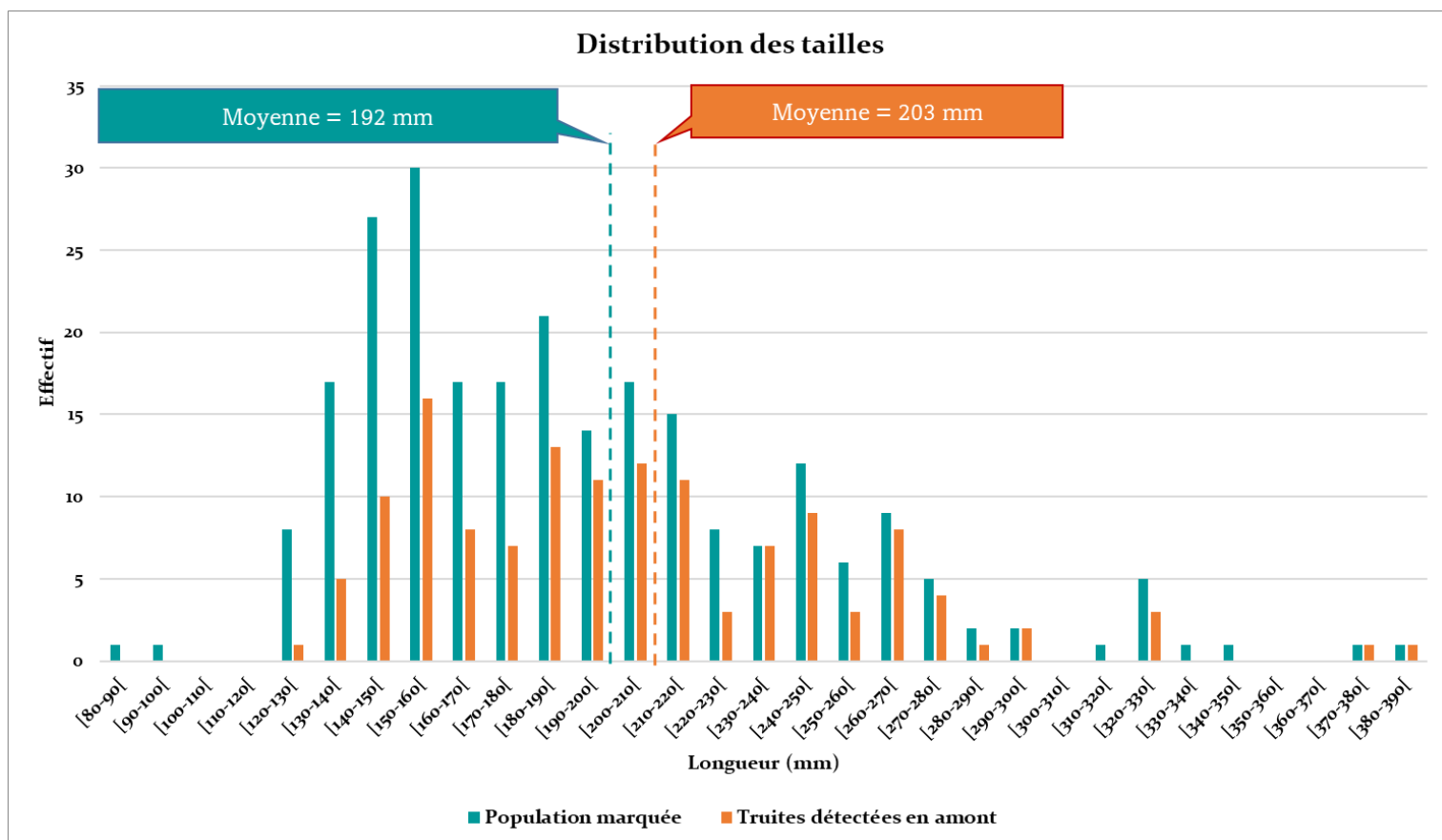


Figure 31 : Distribution des tailles (Lt en mm) des truites marquées en 2022 (vert) et des truites ayant franchi l'ouvrage (orange).

Statistiquement (test de Wilcoxon, $W = 19232$), la distribution des tailles des poissons ayant franchi la passe est significativement différente ($p=0.012$) de la distribution des tailles estimée pour les 245 truites marquées.

En regardant en détail, on remarque en effet que les truites, d'une taille <180 mm, sont moins représentées dans le groupe des individus ayant franchi la passe. On retrouve cependant dans ce groupe des individus avec une taille <130 mm, ce qui laisse supposer que les conditions hydrauliques de la passe sont tout de même compatibles (au moins temporairement) pour la montaison de ces jeunes stades.

5.5.3 Durées de franchissement de l'ouvrage

En étudiant en détail le comportement des truites, notamment en analysant les patterns de détection entre les différentes antennes, nous pouvons déterminer les durées de franchissement de l'ouvrage. Deux durées sont analysées plus en détail, il s'agit de :

- La durée estimée pour qu'une truite passe de l'antenne 1 à l'antenne 2. Cette durée renseigne sur la **facilité avec laquelle les truites trouvent l'entrée de la passe**. Elle permet de caractériser la « performance » du débit d'attrait en sortie de passe, notamment au regard de sa position très reculée par rapport au pied du seuil.
- La durée estimée entre l'antenne 2 et l'antenne 4. Cette dernière renseigne sur la **facilité avec laquelle les truites peuvent franchir la passe**, dès lors qu'elles ont initié leur montaison. À ce titre, comme certaines truites sont restées longtemps à proximité de l'antenne 2, sans forcément remonter immédiatement la passe, la durée estimée est calculée en prenant en compte la dernière détection à l'antenne 2 et la première à l'antenne 4, dès que s'enchaînent des détections successives entre l'antenne 2, 3 et 4. Dans le cas où une truite marque « une pause » en étant détectée plusieurs fois par l'antenne 3 (au niveau du bassin), la durée est tout de même calculée et renseigne *de facto* sur l'incidence du bassin de repos sur la dynamique de montaison dans la passe.

À noter que toutes les remontées respectant les caractéristiques précédemment décrites sont utilisées pour caractériser les durées de montaison. Si bien que lorsqu'une truite remonte plusieurs fois la passe (après avoir dévalé l'ouvrage), tous ses mouvements de montaison sont comptabilisés.

Les durées estimées sont illustrées dans la Figure 32 et décrites dans le Tableau 5.

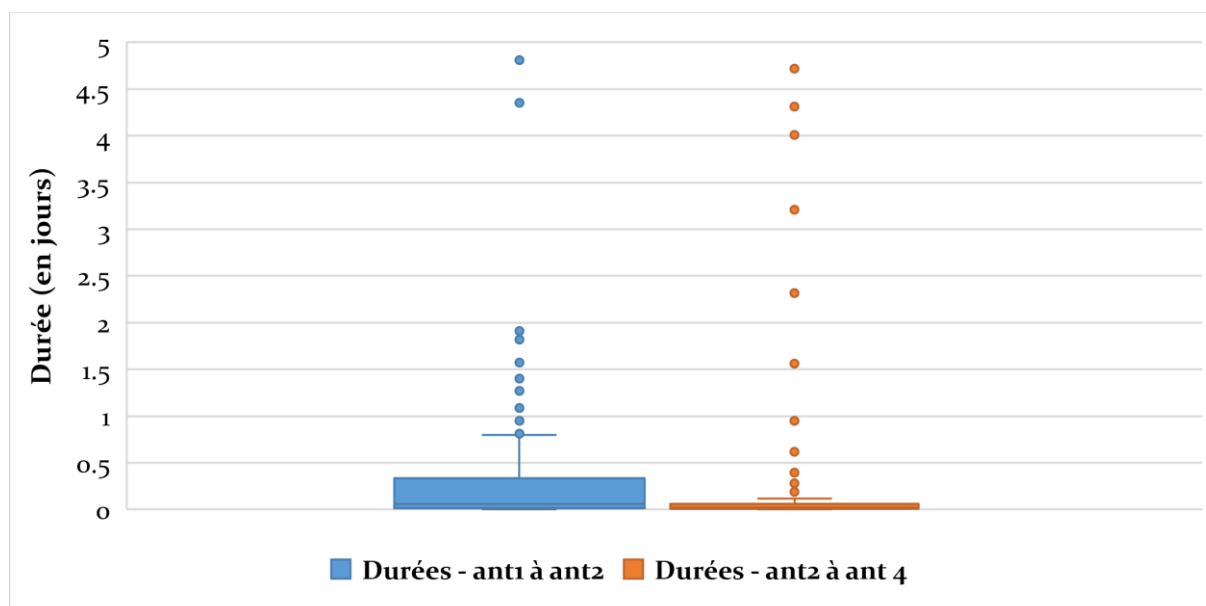


Figure 32 : Durées (en jours) estimées en montaison, entre l'antenne 1 & 2 (bleu) et entre l'antenne 2 & 4 (orange).

Tout d'abord, concernant les durées estimées entre l'antenne 1 et 2 (**facilité pour trouver l'entrée de la passe**), ces durées varient entre 5 minutes et 239 jours. En moyenne une truite trouve l'entrée de la passe en 3,6 jours, mais la médiane (càd 50% des durées calculées) est de 85 minutes (1h & 25 minutes). Également, près de 75% des durées estimées étaient <8h.

Tableau 5 : Statistiques de durées estimées lors de la montaison des truites entre les antennes 1 & 2 et entre les antennes 2 & 4.

Durées estimées en jours (en montaison)		
Statistiques	Antenne 1 à antenne 2	Antenne 2 à antenne 4
Nombre de valeurs	258	137
Min.	0.003 (~ 5 min.)	0.0005 (~ 46 s.)
Moyenne	3.59	0.41 (~ 10 h.)
Ecart-type	21.10	1.50
Max	238.74	13.01
Q25	0.02 (~ 23 min.)	0.01 (~ 14 min.)
Q50	0.06 (~ 85 min.)	0.02 (~ 25 min.)
Q75	0.33 (~ 8 h.)	0.06 (~ 88 min.)
Q90	4.51	0.65 (~ 15.5 h.)

Au regard des durées estimées dans le cadre d'autres projets de suivi de franchissabilité d'ouvrages, ces dernières semblent acceptables pour la truite qui est peu ralentie lors de sa montaison. Pour les individus qui ont trouvé l'entrée de la passe après plusieurs jours (notamment >4 jours), un effet « masque » du seuil est probable, notamment lorsque la Vauclusotte surverse par le seuil. À noter également que la fosse en pied de seuil est un habitat piscicole clairement identifié et qu'une vingtaine de truites semblent utiliser quotidiennement cette zone. Pour ces individus, il n'est pas possible de distinguer lequel de ces effets (« masque » ou « habitat ») explique le plus les durées importantes décrites précédemment.

Concernant les durées estimées pour franchir la passe (calculées entre l'antenne 2 et 4), ces durées varient entre 46 secondes et 13 jours. En moyenne une truite franchie la passe en 10 heures, mais la médiane est de 25 minutes. Également, près de 75% des durées estimées étaient <1.5h.

Autrement dit, **lorsque les truites qui sont entrées dans la passe « décident » de la franchir** (càd d'initier un mouvement de montaison clairement identifié), ces dernières réalisent **un déplacement très rapide et uniforme**. En regardant en détail les mouvements de montaison dans la passe, 9/137 mouvements de montaison (soit 7%) durent plus d'une journée : les truites ont alors stoppé leur déplacement dans le bassin de repos, avant de reprendre leur montaison plus tard.

Ces durées sont particulièrement faibles et révélatrices d'une facilité de franchissement du dispositif de montaison. À dire d'expert, ces durées sont parfaitement compatibles avec un comportement naturel de montaison et un effet retard très marginal est observé. Les truites qui souhaitent franchir le seuil pour se reproduire en amont (par exemple), ne subiront que très peu l'impact de la passe (au sens d'un retard) pour rejoindre les sites de fraie.

5.5.4 Incidences de l'environnement sur le franchissement

En étudiant en détail les détections réalisées par l'antenne 4 (sortie PAP), il est possible de caractériser les conditions environnementales de la passe à poissons au moment où un poisson a franchi le dispositif de montaison. Les mêmes données que celles utilisées pour caractériser les durées de franchissement de la passe (entre antenne 2 et 4) ont été utilisées dans ce chapitre.

Également, du fait que les sondes SQUAMA ont été mises en service le 13/10/2022 (soit 21 jours après les marquages), seule une partie des données disponibles a pu être utilisée pour cette analyse (73/137, soit 53%). Le détail des résultats de cette analyse est fourni dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Caractéristiques des conditions environnementales enregistrées lors de la première détection d'une truite à l'antenne 4.

Conditions environnementales enregistrées au moment de la première détection par l'antenne 4		
Statistiques	Température PAP (°C)	Niveaux en eau
Nombre de valeurs	73	73
Min.	7.7	1
Moyenne	12.8	1.8
Ecart-type	2.1	0.9
Max	17.6	4

Concernant la température de l'eau, on constate que les franchissements ont été observés pour une température comprise entre 7.7 et 17.6°C. Cette plage est plus restreinte que l'amplitude thermique enregistrée durant tout le suivi (3.0-20.7°C). Cependant, ce résultat est particulièrement cohérent du fait que les truites ont tendance à être moins mobiles à l'approche des 19°C, et que les températures basses de la Vaclusotte ont été observées après la période de reproduction de cette espèce (courant le mois de février 2023) ; période de repos sexuel qui favorise une mobilité réduite.

Concernant le niveau d'eau dans la passe au moment des franchissements, on constate que les poissons ont franchi durant des conditions très variées, entre <50 l/s et 260 l/s. Au-delà, aucun franchissement n'est observé. Cependant, du fait de la « rareté » des conditions de niveau d'eau > 260 l/s (<5% du temps), l'absence de franchissement à ces débits élevés n'est pas forcément due à des contraintes hydrauliques, mais potentiellement à une inadéquation de ces conditions avec les périodes de montaison. Autrement dit, il est difficile de statuer sur l'occurrence de conditions hydrauliques limitantes dans la passe qui pourraient limiter le franchissement du dispositif par les truites de la Vaclusotte.

Finalement, il semble que la majorité du temps, la passe à poissons propose des conditions de franchissement adaptées à la truite de la Vaclusotte. Rappelons également que des individus <130 mm ont franchi le dispositif, ce qui tend à renforcer l'idée que cette passe est correctement dimensionnée pour la montaison de cette espèce, au droit de la scierie des Noues.

6. CONCLUSIONS SUR LA FRANCHISSABILITÉ DU SEUIL DE LA SCIERIE DES NOUES

Un dispositif RFID de suivi du comportement de la truite a été installé dans la Vaclusotte, au droit du seuil de la scierie des Noues, courant le mois de juin 2022 et a permis de récolter, de manière quasi optimale, les informations de déplacement des truites marquées en septembre de la même année. En parallèle de ce dispositif, des sondes ont été installées dans le bassin de repos de la passe, afin de récolter les valeurs de hauteur d'eau et de température de la Vaclusotte en transit dans ce dispositif de franchissement.

Après 370j. de fonctionnement, ces deux systèmes de télémétrie apportent des résultats décisifs pour l'évaluation de la franchissabilité du seuil de la scierie des Noues, dont les travaux d'équipement ont été réalisés le premier semestre 2022.

Sur les 245 poissons marqués, **235 poissons ont été détectés par les dispositifs RFID** (couplage des données issues d'un système fixe et de 4 prospections mobiles), **soit un taux de redétection de près de 94%**. Cette valeur est très importante et rarement enregistrée dans ce type de suivi.

Sur ces 235 poissons détectés, **198 poissons se sont présentés dans le site d'étude** (càd qui ont franchi l'antenne 1 qui délimite l'aval de notre site), soit près de 79%, ce qui tend à démontrer que **le secteur de la scierie des Noues est accessible pour les truites en montaison ou en prévenance du Dessoubre**.

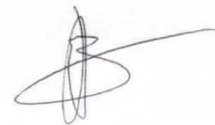
Considérant les truites qui sont entrées dans notre site d'étude (n=198), **136 poissons ont franchi le seuil en passant par la passe à poissons, soit 69% des poissons** qui se sont présentés en aval du seuil. Une faible proportion de truites n'est pas parvenue à trouver l'entrée de la passe (15%), du fait de la présence d'un habitat intéressant pour cette espèce en pied de seuil ou d'un possible effet « masque » du seuil lorsque la Vauclusotte surverse par ce dernier.

Les truites, ayant une taille <180 mm, sont moins bien représentées dans le groupe des individus ayant franchi l'ouvrage, bien que certaines truites <130 mm aient réussi à rejoindre l'amont de la passe. Statistiquement, il semble qu'il y ait un effet de « tri » de la passe sur la taille des truites en montaison. Cependant, il n'est pas possible de différencier cet effet « tri » d'un effet « classes d'âge » qui expliquerait que les jeunes stades soient moins volontaires pour monter la rivière ; ce comportement étant plus exacerbé chez les subadultes et adultes (>180 mm environ).

Enfin, les durées estimées pour trouver l'entrée de la passe ou la franchir sont plutôt réduites et révélatrices d'un déplacement de montaison peu altéré par l'ouvrage. La majorité des truites a en effet trouvé l'entrée de la passe dans la journée après leur arrivée sur site et ces dernières ont très majoritairement franchi la passe en moins de 2h. Certains individus présentent des comportements de sédentarité dans la fosse en pied de seuil, qui expliquent les durées calculées plus importantes. Cependant, cela n'est pas attribuable à la passe en elle-même, mais en la présence de caches et d'habitats de nutrition en pied d'ouvrage.

En conclusion, en considérant les différents résultats présentés dans ce document, il semble que la franchissabilité du seuil de la scierie des Noues soit actuellement manifeste et ce dernier ne semble plus être un obstacle à la montaison de la truite de la Vauclusotte, entre l'aval et l'amont direct de ce site.

Document réalisé le 10.10.2023 par J. Bergé



7. BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. L. Keene, D. L. G. Noakes, R. D. Moccia, et C. G. Soto, « The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) », *Aquaculture Research*, vol. 29, n° 2, p. 89-101, 1998.
- [2] E. Baras, L. Westerloppe, C. Mélard, J. Philippart, et V. Bénech, « Evaluation of implantation procedures for PIT-tagging juvenile Nile tilapia », *North American Journal of Aquaculture*, vol. 61, n° 3, p. 246-251, 1999.
- [3] R. S. Brown, S. J. Cooke, W. G. Anderson, et R. S. McKinley, « Evidence to challenge the “2% rule” for biotelemetry », *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 19, n° 3, p. 867-871, 1999.
- [4] M.-L. Acolas, J.-M. Roussel, J. M. Lebel, et J.-L. Baglinière, « Laboratory experiment on survival, growth and tag retention following PIT injection into the body cavity of juvenile brown trout (*Salmo trutta*) », *Fisheries Research*, vol. 86, n° 2-3, p. 280-284, 2007.
- [5] A. Richard, J. O'Rourke, A. Caudron, et F. Cattaneo, « Effects of passive integrated transponder tagging methods on survival, tag retention and growth of age-0 brown trout », *Fisheries Research*, vol. 145, p. 37-42, 2013.
- [6] N. Jepsen, A. Koed, E. B. Thorstad, et E. Baras, « Surgical implantation of telemetry transmitters in fish: How much have we learned? », *Hydrobiologia*, vol. 483, p. 239-248, 2002.
- [7] S. Vatland et A. Caudron, « Movement and early survival of age-0 brown trout », *Freshwater biology*, vol. 60, n° 7, p. 1252-1262, 2015.
- [8] J. Elliott, « The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonids in captivity », *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, vol. 73, n° 1, p. 81-91, 1982.