



SCIMABIO *Interface*
science-management interface for biodiversity conservation

www.scimabio-interface-fr

SCIMABIO Interface
Les Cyclades B
5, rue des Quatre Vents
74200 Thonon-les-Bains



Diagnostic écologique du Grosdar après travaux de restauration
de la continuité écologique par utilisation de la technique RFID
Saint-Claude et Villard-Saint-Sauveur (39)



Rapport final de suivi - Version 2 du 15/05/2023

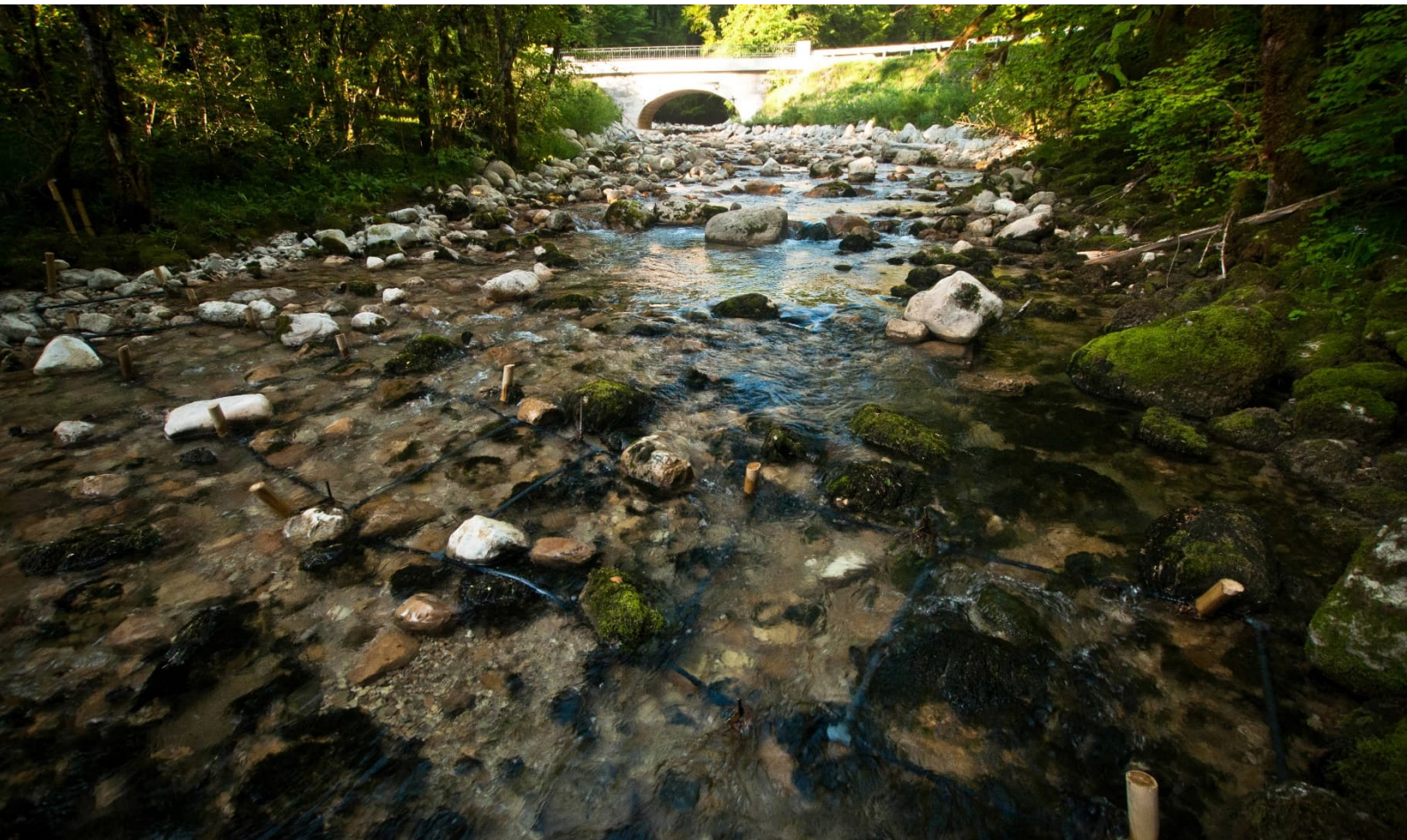


Figure 1 : Secteur du Grosdar restauré. Vue de l'aval vers l'amont.

*Avec le soutien financier de la région Bourgogne
Franche Comté et de l'Agence de l'Eau Rhône
Méditerranée Corse*



Travail réalisé en collaboration avec le bureau SAGE Environnement



TABLE DES MATIÈRES

1.	Contexte	3
2.	Fonctionnement d'un dispositif RFID.....	4
3.	Dispositif RFID implanté – matériel et fonctionnement	6
3.1	Description d'une station fixe de suivi RFID type.....	6
3.2	Localisation du matériel principal	8
3.3	Prospections mobiles.....	8
4.	Méthode et conditions de capture des poissons.....	10
4.1	Conditions de pêche	10
4.2	Méthode employée	10
4.3	Méthode de marquage.....	13
4.4	Caractéristiques des individus marqués	15
5.	Résultats de suivi des déplacements de poissons au droit du seuil du Grosdar	18
5.1	Fonctionnement du dispositif RFID	18
5.2	Résultats de suivi du franchissement du secteur renaturé du Grosdar	20
5.2.1	Flux de détection des poissons – système fixe.....	20
5.2.2	Localisation des poissons au-delà des antennes fixes - prospections mobiles	21
5.2.3	Résultats individuels – couplage des données fixes et mobiles.....	22
6.	Conclusions sur la franchissabilité du secteur renaturé du Grosdar (anciennement Grosdar 3)..	24
7.	Bibliographie mentionnée.....	25

1. CONTEXTE

En vue de restaurer la continuité écologique au niveau des ouvrages ayant les plus forts impacts, le Parc Naturel Régional du Haut-Jura a réalisé en 2013 un inventaire et un diagnostic des seuils et barrages présents sur les cours d'eau des bassins versants de la Bienne, de l'Orbe, de la Saine et de leurs affluents. À l'issue de ce travail, un programme d'intervention comprenant la réalisation d'études et de travaux a été élaboré avec les partenaires techniques et les financeurs (ONEMA devenu OFB depuis, Fédération de pêche du Jura, Agence de l'eau RMC, Conseil départemental du Jura) pour la période 2014- 2018.

La restauration de la continuité écologique sur le Tacon et le Grosdar fait partie des priorités fixées. Il a ainsi été décidé de réaliser des travaux visant à restaurer la libre circulation des poissons et des sédiments sur 1 seuil du Tacon et 3 seuils du Grosdar, les plus distants étant éloignés d'environ 1,5 kilomètre.

Le Parc a souhaité évaluer les effets des travaux planifiés sur ces 4 seuils, et plus généralement sur l'ensemble des seuils définis prioritaires en utilisant ce tronçon de cours d'eau comme une référence à l'échelle du Haut-Jura. L'objet de cette étude était de caractériser, avant que les travaux ne soient engagés, les déplacements de poissons sur le système Tacon-Grosdar, et d'évaluer la franchissabilité pour l'espèce truite commune de ces 4 seuils en utilisant la technologie RFID.

L'étude avant travaux précisant les mouvements de truite entre les parties cloisonnées et les caractéristiques d'habitats physiques a été réalisée entre 2017 et fin 2019. Les travaux de restauration de la continuité écologique sur les seuils du Grosdar sont terminés depuis novembre 2020.

C'est dans ce cadre que le PNR du Haut-Jura a souhaité réaliser le diagnostic écologique du Grosdar après travaux de restauration de la continuité écologique, par utilisation de la technique RFID.

Tout particulièrement, le seuil « Grosdar 3 » est considéré comme le plus pénalisant pour la montaison des truites dans cette rivière ; il a donc fait l'objet de gros travaux d'effacement, aboutissant *in fine* à sa destruction et à la renaturation de ce secteur du Grosdar (cf. les photographies suivantes).



Figure 2 : Seuil du Grosdar 3 : avant travaux d'effacement.



Figure 2 : Seuil du Grosdar 3 : après travaux d'effacement.

À la suite de ces travaux, le PNR a souhaité réaliser une étude d'évaluation de la continuité piscicole au niveau de ce secteur, afin de valider la réussite des travaux entrepris.

Scimabio Interface a réalisé un suivi RFID de ce secteur durant un an en équipant la rivière avec deux antennes RFID encadrant le secteur renaturé du Grosdar. Le présent document rappelle la méthodologie appliquée pour répondre aux attentes du Parc et décrit les résultats obtenus à la suite de cette année de suivi.

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

Figure 3 : 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 4).

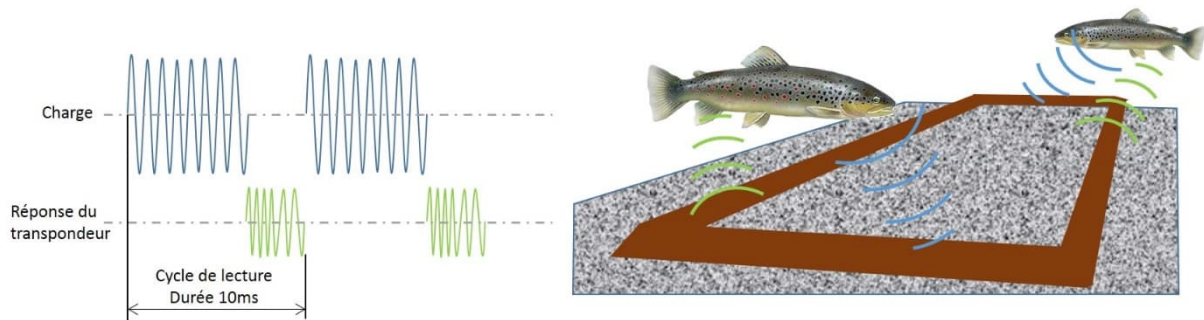


Figure 4 : Illustration du principe de la technologie HDX.

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 5).

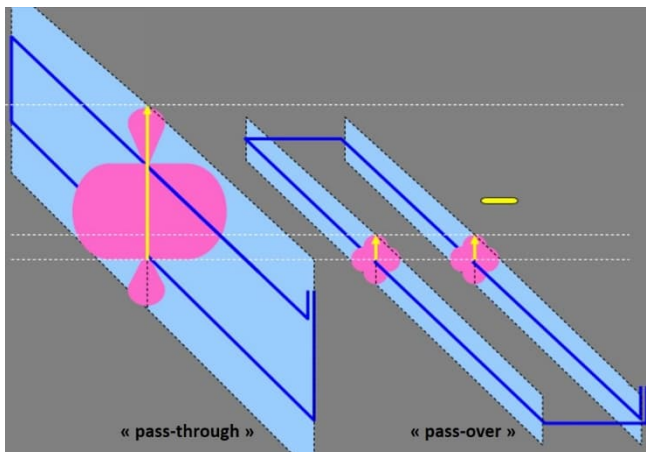


Figure 5 : Schéma illustrant les zones de détections des deux configurations d'antenne (pass-through et pass-over).

Dans le cas d'une installation « pass-over », configuration qui a été privilégiée pour le site du Grosdar, 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 (Figure 5).

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



Figure 6 : Photos d'installation d'antennes « pass-over »

Le chapitre 3 détaille les organes de fonctionnement de la technologie RFID au regard de l'installation qui a été privilégiée pour le site du Grosdar.

3. DISPOSITIF RFID IMPLANTÉ – MATÉRIEL ET FONCTIONNEMENT

3.1 Description d'une station fixe de suivi RFID type

Pour rappel, le dispositif RFID installé est composé des éléments suivants :

- ☑ Une alimentation électrique très basse tension 12 à 15 V (raccordée au réseau électrique ou autonome). Pour ce projet, le coffret électrique était raccordé à une prise électrique à l'intérieure de l'entreprise « Dalloz Création » qui a gracieusement mis à disposition cet accès.
- ☑ Un lecteur-enregistreur RFID qui peut être placé selon les cas dans le même coffret que l'alimentation électrique ou dans un autre coffret étanche IP66 sécurisé ; Pour éviter le vandalisme opportuniste, le coffret est verrouillé à clé et solidement fixé. Tous les passages de câble (alimentation électrique et twinax) sont étanchéifiés par des presse-étoupes et de la gaine thermorétractable étanche. Le lecteur RFID comprend par défaut un système de transfert des données à distance. Durant la totalité du suivi, les données ont été télétransmises et ont été sauvegardées quotidiennement sur un serveur sécurisé.
- ☑ 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.
- ☑ Un tuner par antenne destiné à régler le champ magnétique de chaque antenne. Il doit être 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 insuffisant pour être utilisé en milieu naturel. Dans le cas de l'installation en bordure du Grosdar, nous avons ajouté une protection supplémentaire des tuners en les plaçant dans des petites valisettes complètement étanches IP67, résistants aux chocs jusqu'à 10 joules et sécurisés par deux cadenas. L'étanchéité des connexions du twinax et du câble d'antenne est assurée par des presse-étoupes et de la gaine thermorétractable étanche ;
- ☑ Une ou plusieurs antennes de détection placées dans la rivière. Deux dans le cadre du Grosdar (Figures suivantes). Chaque antenne est confectionnée à partir de câble souple en cuivre (câble électrique ou hifi). L'antenne est protégée par une gaine souple (ICTA renforcée) de 20mm de diamètre très résistant. L'antenne est solidement fixée à l'aide de pieux en bois et de blocs ;

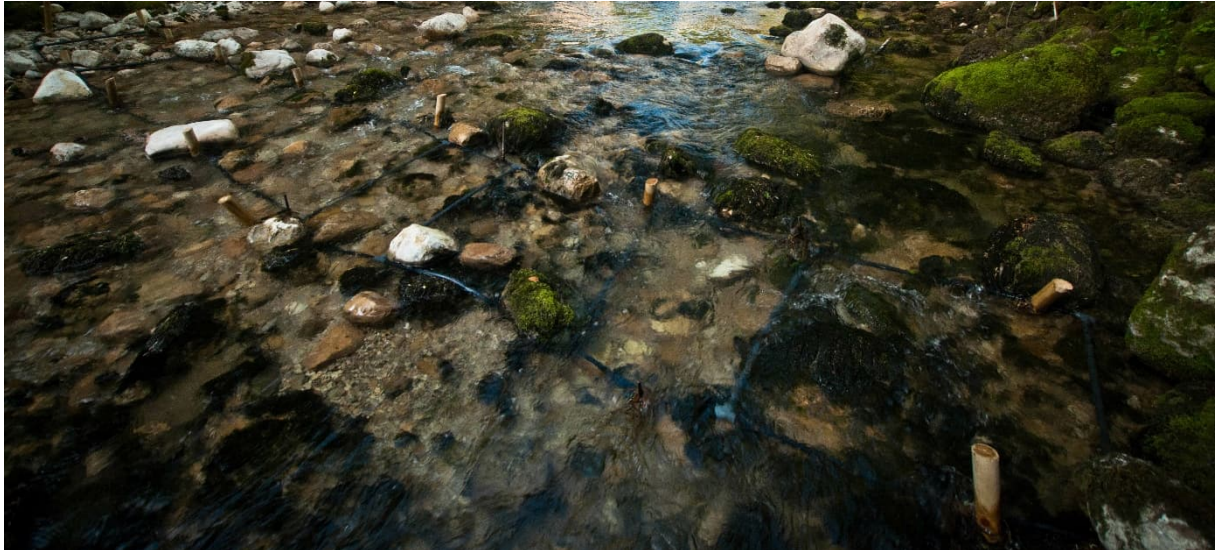


Figure 7 : Antenne aval du site du Grosdar.



Figure 8 : Antenne amont du seuil, vue du pont.

- ☑ 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.



Figure 9 : Illustrations des différents éléments constituant une station fixe de suivi RFID.

3.2 Localisation du matériel principal

La Figure 11 localise les organes principaux de l'installation décrite dans le chapitre précédent.

La prise électrique était située dans l'entreprise « Dalloz Création », localisée 200 m en aval du coffret RFID (en bleu) installé en rive droite du Grosdar.

Les deux antennes (en rouge) ont été implantées de part et d'autre du secteur renaturé et étaient distantes de 80 m environ. Chaque antenne était reliée au coffret RFID par du câble Twinax (en vert).

L'antenne 1 aval était localisée 622 m en amont de la confluence Tacon-Grosdar et l'antenne amont 703 m en amont de cette dernière.

Enfin, des tests de portée des deux antennes ont été effectués au moment de leur installation. Pour ces deux antennes, la portée de détection était d'environ 80 cm.

3.3 Prospections mobiles

En parallèle du système fixe implantée dans la rivière, des prospections mobiles ont été réalisées durant toute l'étude. Ces prospections permettent de vérifier la localisation des poissons vis-à-vis du secteur renaturé et de réaliser un double contrôle des poissons qui ont franchi le secteur (dans le cas où des poissons n'auraient pas été détectés par l'antenne fixe amont).

Les prospections ont été réalisées de l'aval vers l'amont à deux opérateurs munis chacun d'un lecteur/enregistreur RFID et d'une antenne portative. L'antenne portative 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 transpondeurs 23mm (Figure 10). 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.

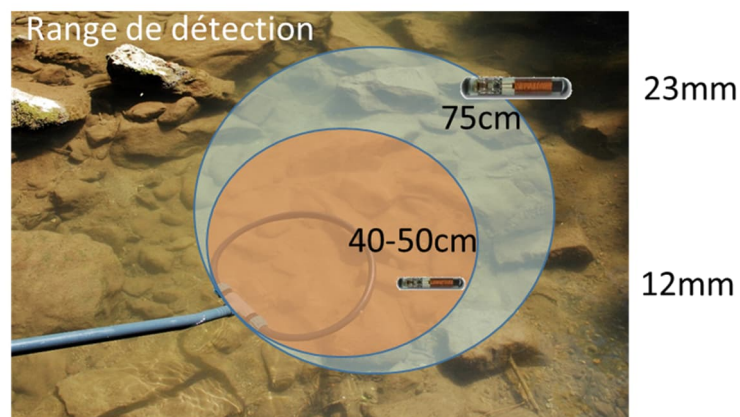


Figure 10 : Illustration des portées de détection estimées en fonction de la taille des transpondeurs utilisés.



Figure 11 : Schéma d'implantation du système RFID installé sur le Grosdar.

Au total, 4 campagnes de prospection ont été réalisées. La toute première a permis de parcourir l'entièreté du linéaire du Grosdar, entre sa confluence avec le Tacon et la limite amont de capture des poissons (cf. le chapitre 4.2), soit environ 1200 mètres linéaires. Les trois autres prospections ont été plus courtes, du fait du peu de poissons redétectés au niveau de la confluence Tacon-Grosdar, soit un linéaire parcouru entre l'aval de l'entreprise Dalloz et la confluence Grosdar-affluent amont (environ 570 mètres). Les dates de prospection sont les suivantes :

- Le 7 juin 2022
- Le 3 août 2022
- Le 17 octobre 2022
- Le 4 mai 2023.

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 « PitTags » et de suivre leur déplacement à proximité des antennes installées dans le Grosdar. Les chapitres suivants détaillent la méthodologie de capture/marquage employée, ainsi que les espèces et individus qui ont été équipés de ces transpondeurs.

Pour rappel, des marquages RFID de truites ont été réalisés en 2017 et 2019 sur le Grosdar dans le cadre d'un projet connexe (cf. le chapitre 1). Il était donc probable de capturer des poissons initialement marqués. Le cas échéant, ces individus ont été mesurés et remis directement à l'eau.

4.1 Conditions de pêche

La campagne de pêche s'est déroulée les 9 et 10 mai 2022. La météo était ensoleillée, avec une température de l'air maximale enregistrée d'environ 20°C.

La température de l'eau du Grosdar, au moment des pêches, a oscillé entre 12 et 14°C. Soit des températures assurant de bonnes conditions de marquage et de survie pour les poissons anesthésiés.

Les pêches se sont déroulées d'environ 8h à 18h chaque jour, hors durée de préparation du matériel.

L'objectif étant de capturer prioritairement les truites du Grosdar, tous les habitats piscicoles rencontrés ont été prospectés : berges et centre du cours d'eau. Un seul passage a été réalisé sur tout le linéaire pêché.

4.2 Méthode employée

Les différentes entités formant l'équipe de pêche étaient réparties comme suit :

- Une personne dédiée au transport du groupe de pêche : de marque EFKO de 2kW, réglé sur 500V.
- 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 12 : Un exemple d'une équipe type de pêche. La seconde épuisette et le porteur de seau ne sont pas visibles.

Les pêches se sont déroulées d'aval vers l'amont, entre la confluence Tacon-Grosdar et jusqu'à 1200 m en amont de cette confluence ; la limite amont de pêche était alors située 500 m en amont de l'antenne amont (Figure 13).

À noter qu'en amont du secteur renaturé, la pêche s'est déroulée sur un affluent du Grosdar et non pas sur le Grosdar lui-même. C'est en effet cet affluent qui apporte la majorité du débit vers l'aval et qui était donc susceptible d'abriter la plus grande densité de truites.

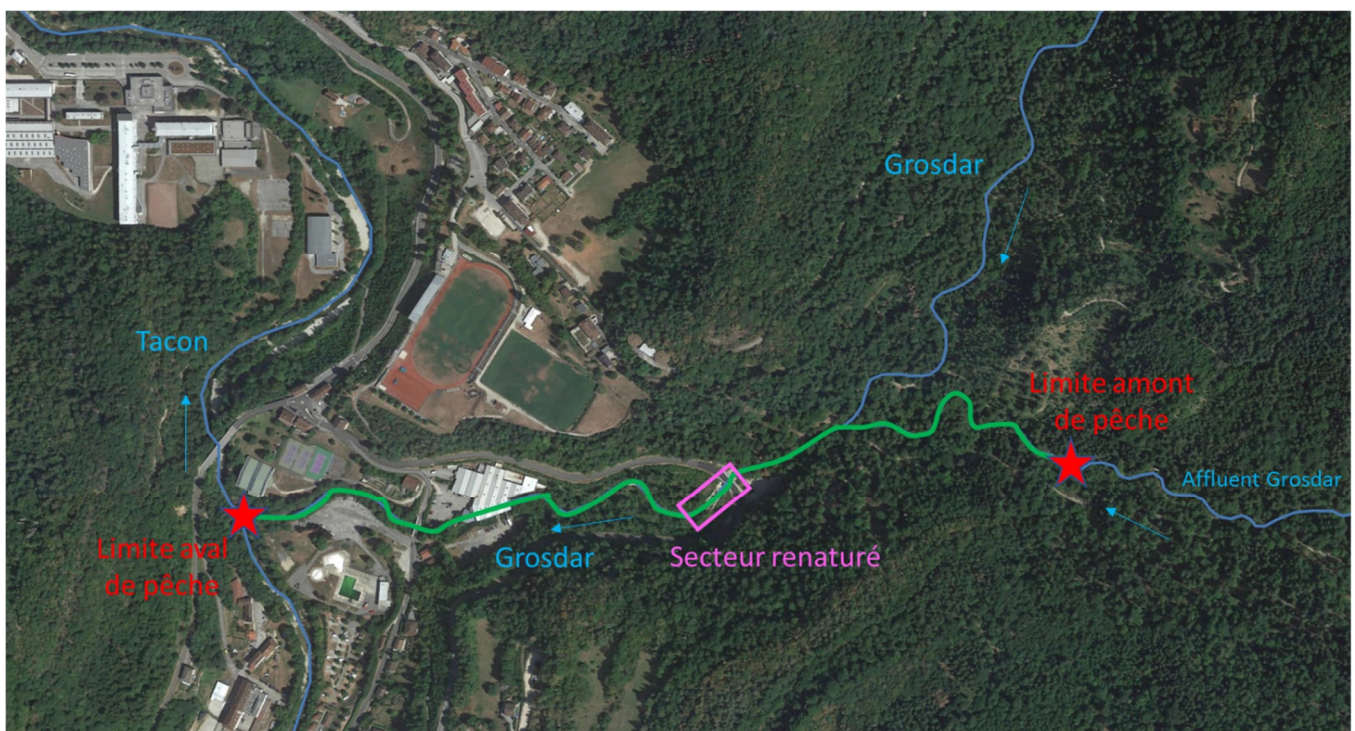
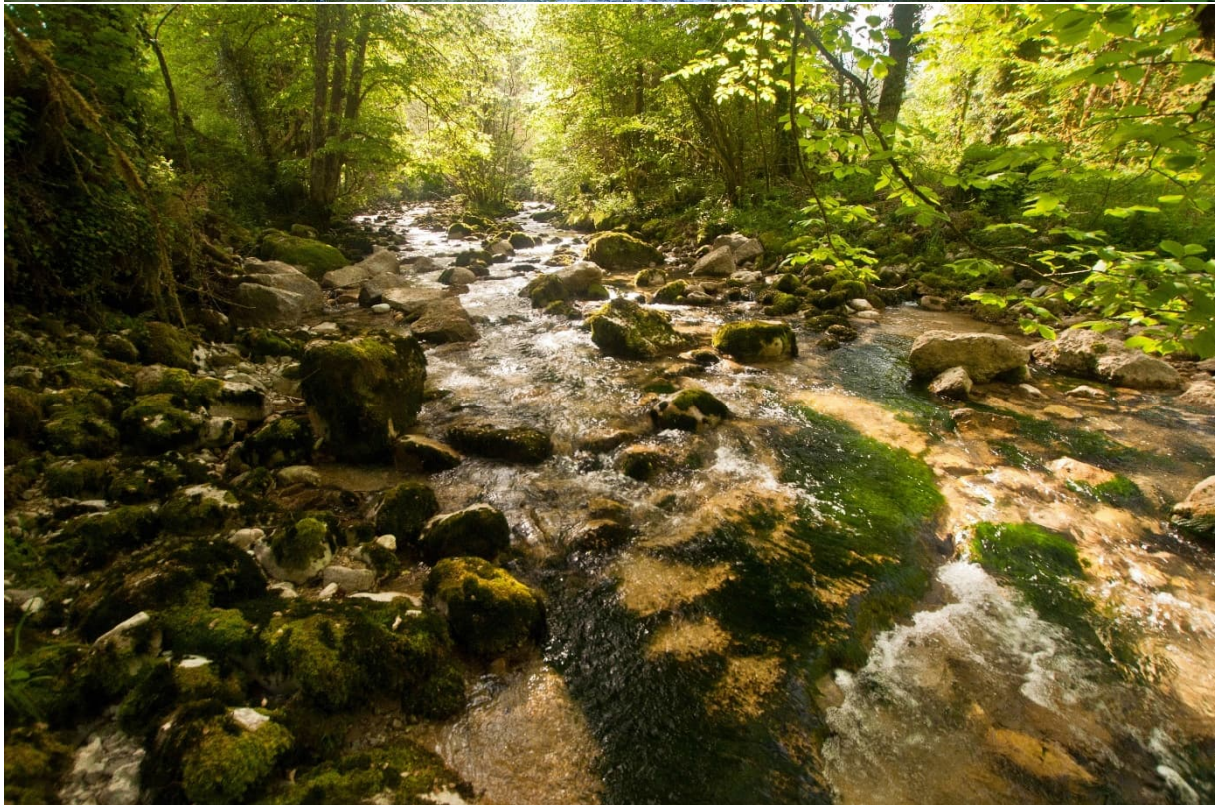


Figure 13 : Linéaire pêché en vert et limites de secteur.

Enfin, tous les individus capturés en amont du secteur renaturé ont été déplacés (transloqués) en aval de l'antenne aval (entre 10 et 50 m en aval de l'antenne) afin de forcer un comportement de montaison et augmenter les chances de franchissement.

Ci-après, quelques illustrations du Grosdar lors de la campagne de pêche.





4.3 Méthode de marquage

Une fois capturés, les poissons ont été stabulés dans la rivière à l'aide d'un vivier. Chaque individu a été anesthésié dans un bain d'eugénoïl (Keene et al. 1998), 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 (Baras et al. 1999).

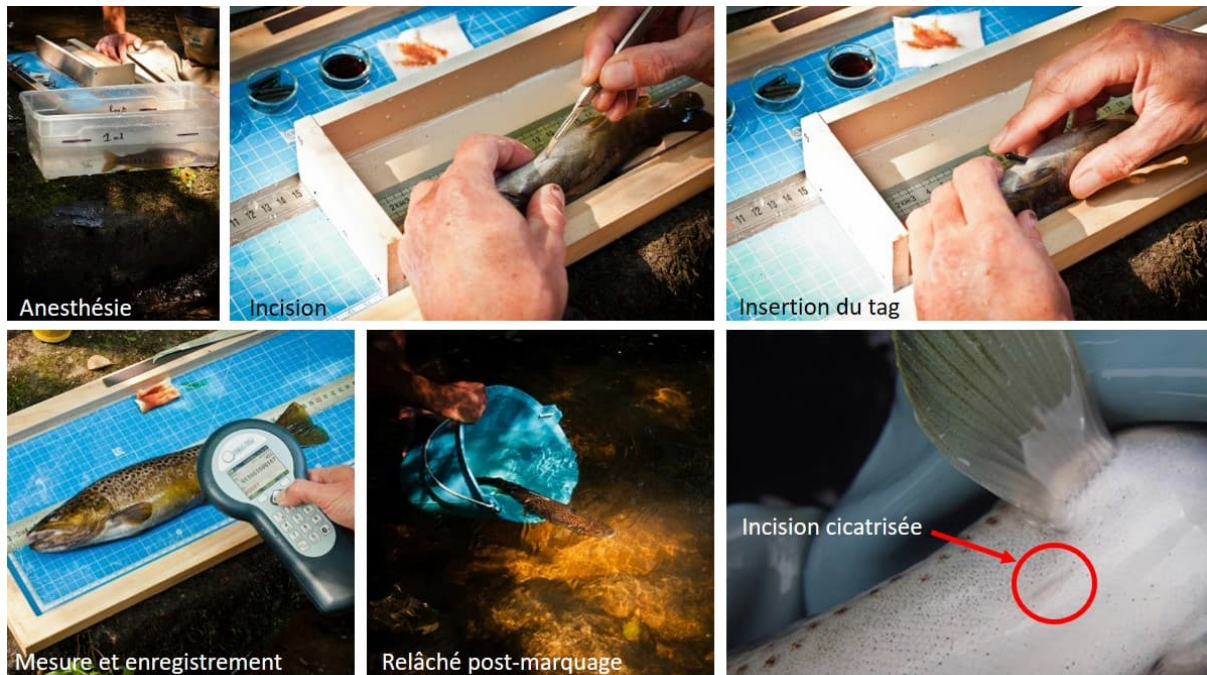


Figure 14 : Illustration des différentes étapes de marquage des poissons dans le cadre du présent suivi et vue d'une incision cicatrisée (photo provenant d'un autre suivi).

La taille des marques utilisées a été adaptée à la taille des poissons. Conformément aux recommandations de la littérature (Brown et al. 1999; Acolas et al. 2007; Richard et al. 2013), les poissons de taille supérieure à 120mm ont été marqués avec des transpondeurs de 23mm (0,6g). Aucune truite de taille inférieure à 120mm n'a été marquée.



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 15 : L'opérateur à son poste de marquage itinérant sur le Grosdar en mai 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 (Baras et al. 1999; Jepsen et al. 2002).

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 10286-2017053115255300 (avenant).

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% (Vatland et Caudron 2015).



Figure 16 : Une truite après implantation de la marque.

Enfin, initialement, l'objectif de marquage prévu était de 300 truites d'une taille >120mm.

4.4 Caractéristiques des individus marqués

À la suite des deux jours de pêche, 190 truites ont été marquées et 5 truites marquées les années antérieures ont été capturées puis immédiatement relâchées (2 individus marqués en 2017 et 3 en 2019).

Nous pouvons apporter les précisions suivantes :

- Les objectifs de marquage n'ont pas pu être atteints du fait d'une quantité de poissons particulièrement faible dans les secteurs prospectés. Il en résulte que les objectifs de marquage ont été atteints à environ 63%.
- En considérant la forme des truites locales, les tags 23 mm ont été utilisés pour des individus > 120 mm, comme cela était prévu dans notre méthodologie et proposé au comité d'éthique.

- D'une manière générale, l'effort réalisé pour capturer et marquer ces 190 individus a été très important. Sur d'autres cours d'eau, un tel effort de capture aurait amené bien plus de poissons, notamment en considérant les habitats disponibles sur le Grosdar pour cette espèce.

Au total, sur les 190 poissons marqués, 92 ont été capturés en amont du secteur et ont été transloqués, soit 48% des individus marqués au total.

La structure spécifique en taille des truites marquées est présentée dans la Figure 17. La plus petite truite mesurait 120 mm, la plus grande 440 mm (Figure 18). En moyenne, les truites marquées mesurées 170 mm (ET= 49 mm).

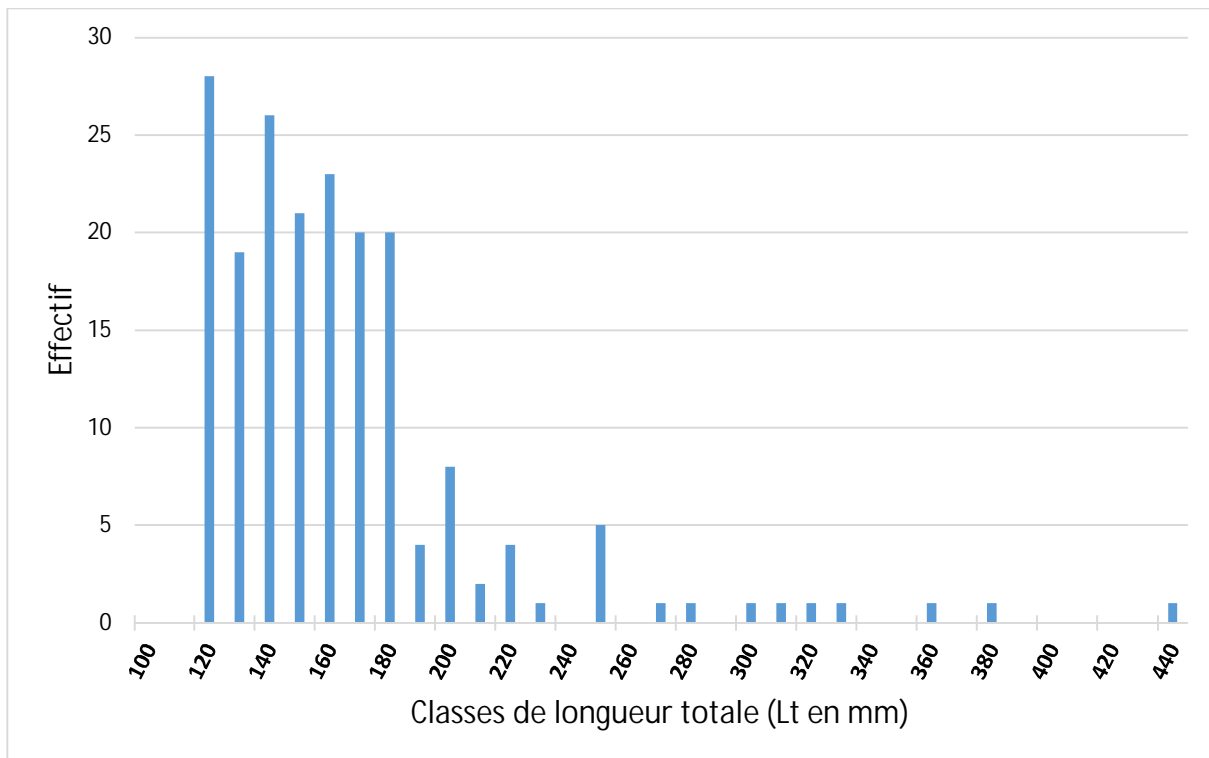


Figure 17 : Distribution des tailles (Lt en mm) des truites marquées.

Les premières classes d'âge sont plutôt bien représentées. Nous rappelons que les 0+ ne sont pas présents puisque non marquables avec les tags utilisés (23 mm). On constate cependant des effectifs assez faibles dès que la taille dépasse les 23 cm. Bien que cela soit normal (en comparaison avec les jeunes classes d'âge), on constate tout de même que ces âges sont moins bien représentés.



Figure 18 : Truite de 440 mm marquée et relâchée en aval du site d'étude.

5. RÉSULTATS DE SUIVI DES DÉPLACEMENTS DE POISSONS AU DROIT DU SEUIL DU GROSDAR

Les résultats présentés dans les chapitres suivants concernent les enregistrements réalisés par le dispositif RFID depuis le premier jour de marquage (le 09/05/2023) jusqu'au dernier jour de suivi, le 04/05/2023, soit 360 jours de fonctionnement.

Les résultats des 4 prospections mobiles ont été intégrés aux résultats issus du suivi par le système fixe afin de fournir des analyses complètes et détaillées.

5.1 Fonctionnement du dispositif RFID

Il est possible d'analyser certains paramètres de fonctionnement du dispositif RFID (système fixe), de manière à vérifier la bonne continuité de suivi de ce système. Pour ce faire, 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.

En combinant les données issues des deux antennes (figure et tableau suivant), on constate les points suivants :

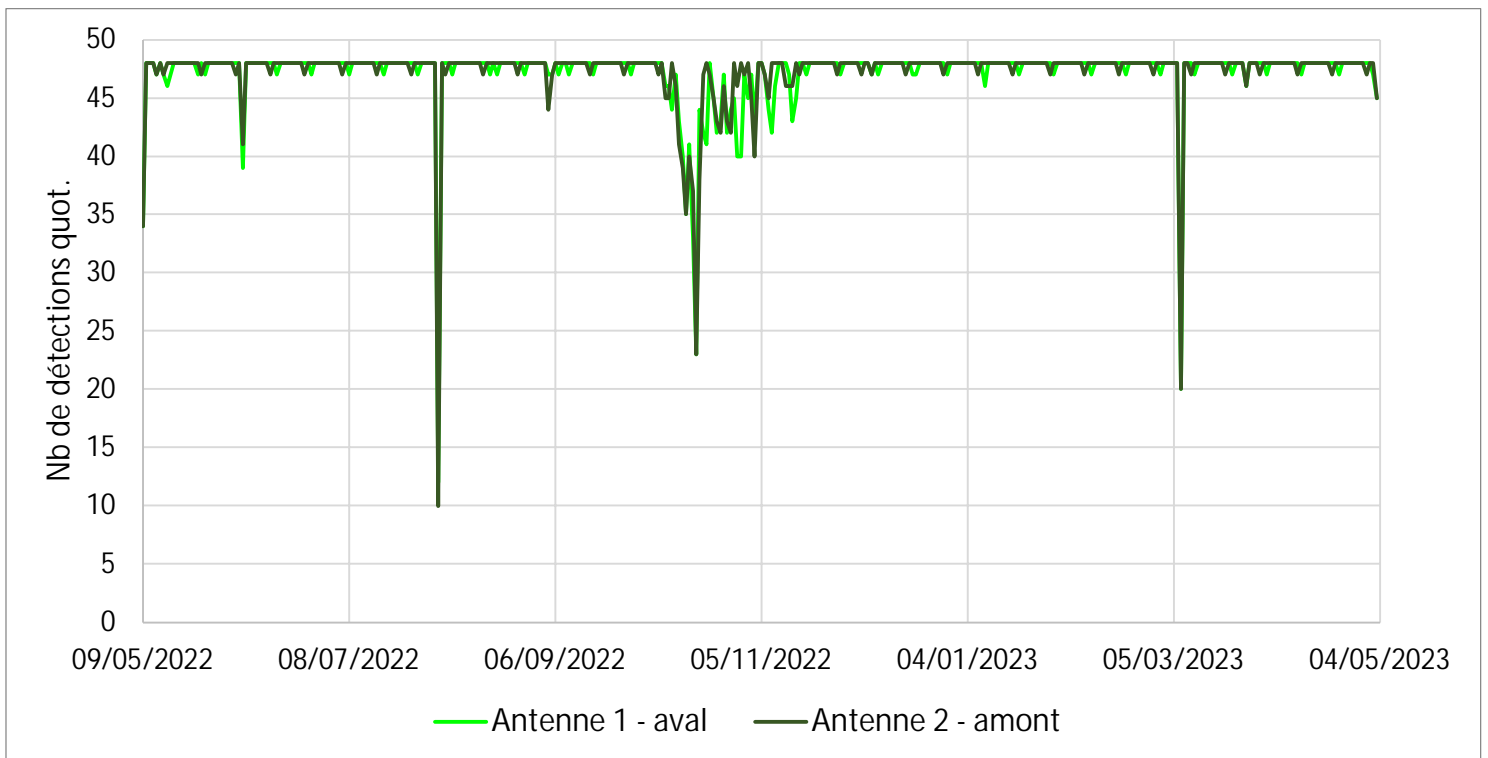


Figure 19 : Nombre quotidien de détections des markertags pour les antennes installées dans le Grosdar.

MarkerTags détectés quot.

Statistiques	Antenne 1 - aval		Antenne 2 - amont	
Min	12		10	
Max	48		48	
Moyenne	47.1		47.2	
Nb jours fonctionnement	360		360	
Nb jours n quot>40 (prop.%)	350	soit 97%	350	soit 97%

- Les deux antennes ont fonctionné de manière optimale (>40 détections/j.) durant 97% du temps de fonctionnement (estimé à 350 j. sur les 360 j. du suivi).
- En moyenne, les deux antennes ont détecté >47 fois/j. les markertags, ce qui suppose un fonctionnement performant du dispositif.
- On constate pour les deux antennes une baisse du nombre de détections des markers tags à plusieurs reprises. Ces baisses correspondent aux dates de prospections mobiles qui obligent les opérateurs à arrêter le fonctionnement du système fixe de manière à éviter tout risque d'interférence de fonctionnement entre les deux systèmes (fixes et mobiles).
- Une période de baisse de performance du système fixe est observée durant le mois d'octobre (jusqu'au 10 novembre environ). Après contrôle sur place, aucune explication claire n'a été trouvée. Peut-être une variation de l'alimentation électrique (tension électrique fournie par la prise de l'entreprise) qui peut expliquer une variation de la détection des markertags.

En conclusion, le dispositif RFID installé a correctement fonctionné durant la quasi-totalité du suivi, garantissant des analyses qualitatives des comportements de montaison des truites marquées en 2022.

5.2 Résultats de suivi du franchissement du secteur renaturé du Grosdar

5.2.1 Flux de détection des poissons – système fixe

Les chroniques de détection des poissons au niveau des antennes aval et amont sont présentées dans les figures suivantes. Quelques statistiques descriptives de ces chroniques sont présentées dans les tableaux liés.

Concernant les antennes implantées dans le Grosdar, les résultats suivants peuvent être présentés :

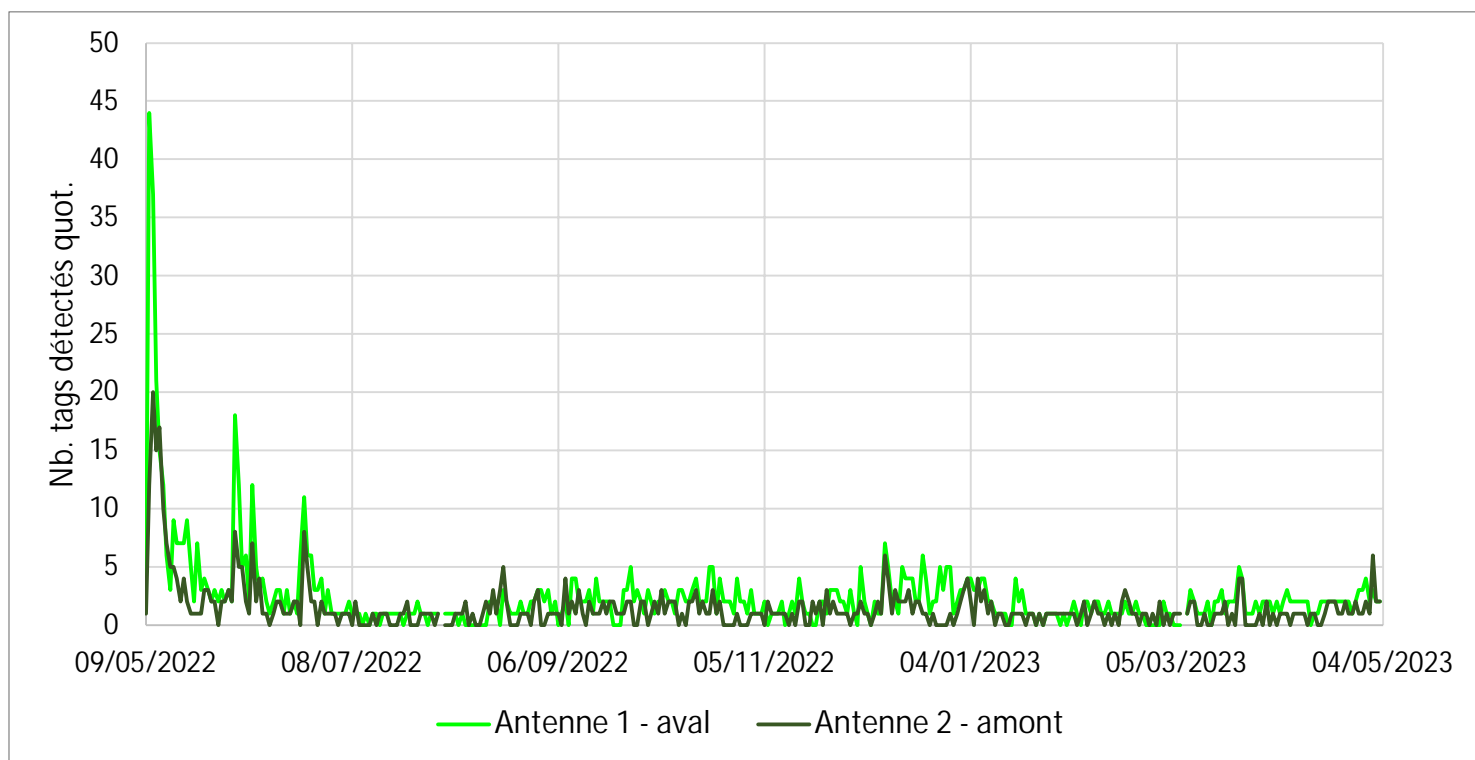


Figure 20 : Chroniques de détection des poissons sur les antennes fixes du dispositif RFID.

Nombre de tags détectés quot.		
Statistiques	Antenne 1 - aval	Antenne 2 - amont
Min	0	0
Max	44	20
Moyenne	2	1
ET	4	2

- On constate que le maximum de poissons détectés quotidiennement est observé en début de chronique, soit dès la fin des premières journées de marquage. Un maximum de 44 poissons différents détectés par jour a été enregistré dès la fin des marquages.
- En moyenne, entre 1 et 2 poissons sont détectés chaque jour de suivi.
- Enfin, il semble que des poissons vivent à proximité des antennes étant donné les signaux constants observés dans la Figure 20. Ce qui peut expliquer certaines pertes de détection des markertags observées dans le chapitre précédent.

Si l'on s'intéresse au nombre de nouveaux poissons détectés au cours du suivi (figure suivante et tableau lié), on confirme que la grande majorité des poissons a franchi le secteur dès les premiers jours post-marquage et qu'une faible quantité de poisson a franchi la zone durant la suite du suivi.

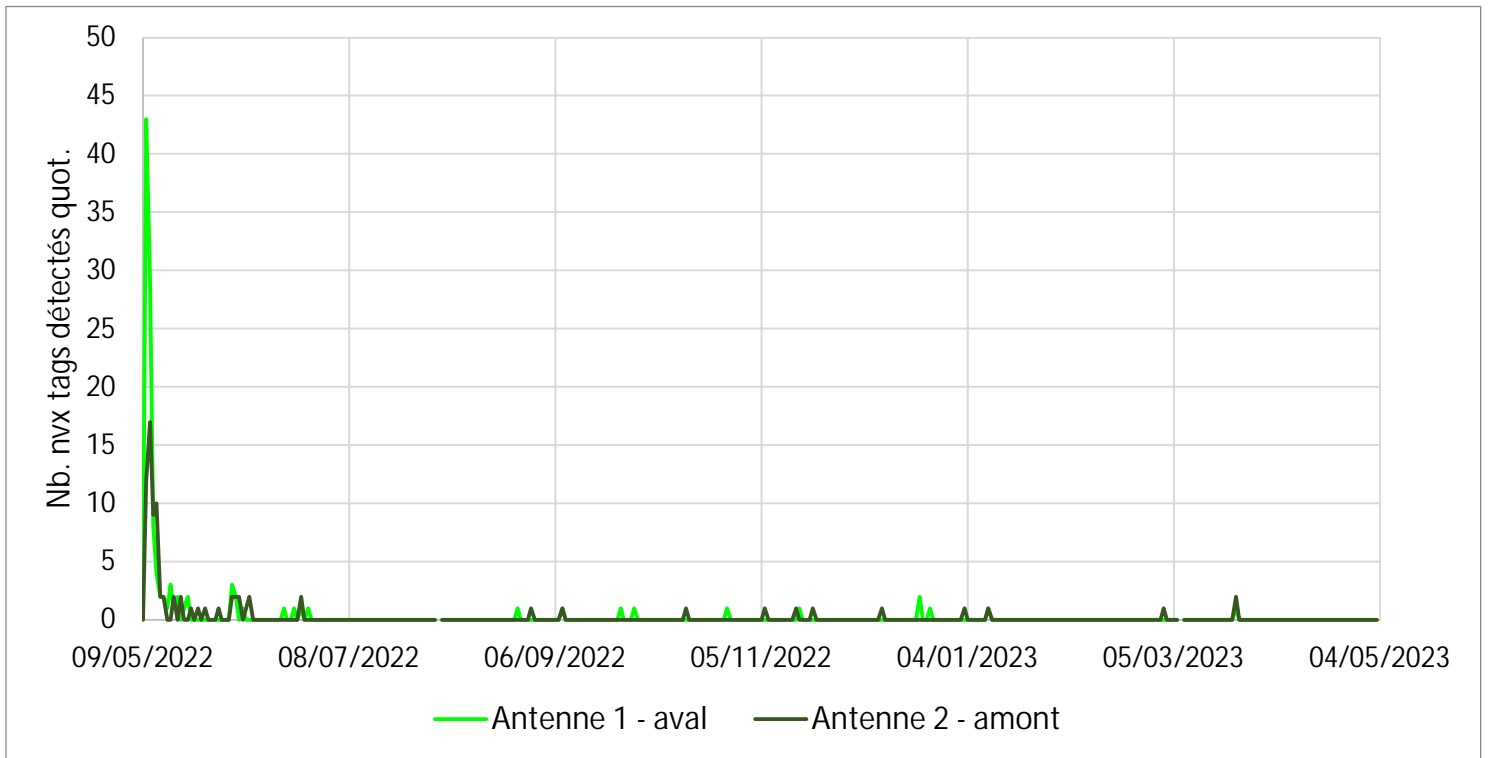


Figure 21 : Nombre de nouveaux poissons détectés quotidiennement par les antennes fixes.

Nombre de nouveaux tags détectés quot.		
Statistiques	Antenne 1 - aval	Antenne 2 - amont
Min	0	0
Max	43	17
Moyenne	0	0
ET	3	1

5.2.2 Localisation des poissons au-delà des antennes fixes - prospections mobiles

Au total, lors de la réalisation des 4 prospections mobiles, 127 truites ont été détectées. Parmi ces poissons, 22 truites ont été marquées avant 2022 (11 en 2017 et 11 en 2019). Soit une proportion de détection des truites marquées en 2022 égale à 55% (105 truites sur 190 marquées). Ce chiffre est plutôt correct, même si dans le cadre d'autres études la proportion de 70% est généralement atteinte. Cette proportion plus faible est sans aucun doute expliquée par la grande diversité en habitats disponibles pour cette espèce sur le linéaire prospecté qui propose aux poissons des caches profondes et difficilement « scannable » par les antennes mobiles. À noter également que certaines truites ont pu sortir du Grosdar pour rejoindre le Tacon (les truites capturées et marquées en début de pêche notamment) et ne pas être redétectées plus tard.

Au total, 22 truites ont été détectées en amont de l'antenne amont, dont une truite marquée en 2017 et capturée alors en amont du seuil Grosdar 2 (détruit depuis). La truite détectée la plus en amont était localisée 384 m en amont de l'antenne fixe amont, dans l'affluent du Grosdar.

À noter également que 23 truites ont été détectées entre les deux antennes fixes, certaines avec une grande régularité entre les prospections, laissant penser que le secteur renaturé offre des habitats d'intérêt pour cette espèce.

La Figure 22 localise les truites détectées lors des prospections mobiles.



Figure 22 : Localisation des poissons détectés lors des 4 prospections mobiles. Les cercles rouges indiquent les limites de pêche, les étoiles rouges localisent les antennes fixes et les ronds blancs correspondent aux positions de truites détectées.

5.2.3 Résultats individuels – couplage des données fixes et mobiles

Si l'on s'intéresse aux résultats traduits par individus suivis, en combinant les données issues des suivis fixes et par prospections, on peut affirmer les points suivants :

- Au total, concernant la chronique de suivi de 360 j., 181 truites différentes ont été détectées par les deux systèmes de suivis (fixe et mobile), dont 123 par le système fixe et 127 par le système mobile. Parmi ces 181 truites, 156 ont été marquées en 2022, soit un taux de redétectations de 82%.
- Parmi ces 181 poissons détectés, 83 truites (soit 46%) ont été détectées aux antennes amont ou en amont de l'antenne amont, ce qui laisse suggérer que ces poissons ont franchi le seuil. Parmi ces 83 truites détectées, 82 ont été marquées en 2022 et une en 2017.
- Parmi les 181 poissons détectés, 120 truites ont été détectées par l'antenne aval (soit 66%) et 23 truites détectées entre les deux antennes.
- Au total, 37 truites qui ont été détectées sur l'antenne aval n'ont pas décidé de passer l'antenne amont, soit 31% des truites qui sont entrées dans ce secteur. Autrement dit, 2/3 des poissons qui se sont présentés en aval du secteur renaturé ont décidé de remonter ce secteur et de continuer vers l'amont de ce dernier.

Combinant les données fixes et mobiles, il est possible de présenter l'aire de répartition individuelle de ces poissons pour distinguer les comportements individuels des truites marquées (Figure 23).

Dans cette figure, l'axe des ordonnées correspond aux points métriques (appelés pK) séparant la confluence Tacon-Grosdar (point « 0 ») et le point le plus amont suivi en prospections mobile (pK « 1200 »). En abscisse, chaque poisson détecté par le système RFID (fixe et mobile) est représenté (n= 181 au total). Les points rouges localisent les pK où les poissons ont été relâchés après avoir été marqués. Lorsqu'un poisson a été détecté par une antenne fixe, une croix violette est figurée. Les lignes noires qui passent en zone bleue indiquent que les poissons ont été détectés en amont de l'antenne amont. À l'inverse, lorsqu'une ligne s'arrête en zone orange, cela indique que le poisson n'a pas atteint l'antenne fixe aval.

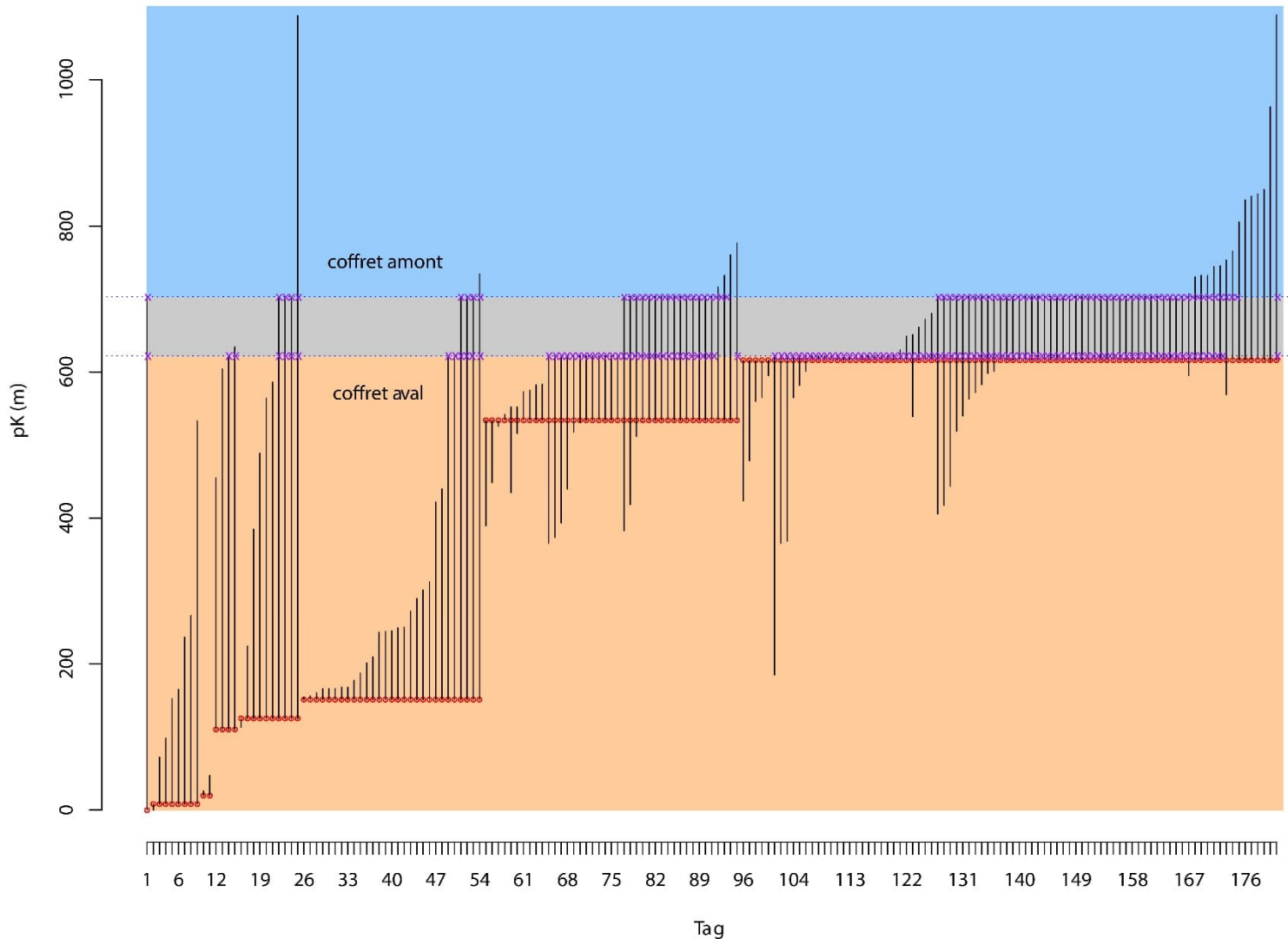


Figure 23 : Distributions géographiques individuelles des truites marquées et suivies par les systèmes RFID. Les points rouges indiquent les lieux de relâché, les croix violettes indiquent quand un individu a été détecté par les antennes fixes. L'aire grise localise le secteur entre les deux antennes fixes.

Cette figure nous montre plusieurs choses :

- Des poissons marqués et relâchés en aval (à un peu plus de 150 m en amont de la confluence Tacon-Grosdar) ont réussi à atteindre les antennes fixes et certains à passer vers l'amont du secteur renaturé ;
- À l'inverse, certains poissons relâchés juste en aval de l'antenne aval sont redescendus et n'ont pas eu de comportement de montaison ;
- La grande majorité des poissons relâchés à proximité de l'antenne aval ont été détectés par cette dernière et ont exploité le secteur renaturé ;
- Enfin, d'une manière générale, les truites du Grosdar sont très mobiles et peu d'entre elles sont restées immobiles durant le suivi.

6. CONCLUSIONS SUR LA FRANCHISSABILITÉ DU SECTEUR RENATURÉ DU GROSDAR (ANCIENNEMENT GROSDAR 3)

Un dispositif RFID de suivi du comportement des truites a été installé dans le Grosdar, au droit d'un secteur renaturé abritant historiquement un seuil considéré comme difficilement franchissable.

Ce système a été implanté courant le mois de février 2022 et a permis de récolter, de manière quasi optimale, les informations de déplacement des truites marquées mi-mai 2022. En parallèle de ce dispositif, des prospections mobiles ont été réalisées pour comprendre la manière dont les truites occupent le Grosdar de part et d'autre de ce secteur.

Après 360j. de fonctionnement (un an environ), ce protocole de suivi basé sur la RFID apporte des résultats décisifs pour l'évaluation de la franchissabilité de ce secteur renaturé, dont les travaux de suppression ont été réalisés en 2020.

Sur les 190 truites marquées en 2022, 156 poissons ont été détectés par le dispositif RFID, soit un taux de redétectés de près de 82%. Cette valeur est très importante et démontre un suivi qualitatif du comportement de cette espèce.

Sur ces 156 poissons détectés, 82 poissons ont été détectés par l'antenne amont ou en amont de cette dernière, soit près de 53%, ce qui tend à démontrer que ce secteur est franchissable pour la truite.

À ces premiers résultats s'ajoute le fait que des poissons marqués en 2017 et 2019 (dans le cadre d'un projet connexe) ont été détectés par les systèmes RFID, notamment 1 truite marquée en 2017 détectée en amont du secteur renaturé.

Enfin, en étudiant plus en détail les déplacements individuels des truites marquées, on remarque que cette espèce est très mobile dans le Grosdar et que le secteur renaturé ne semble pas limiter l'aire d'utilisation de la rivière par cette espèce, même pour les individus capturés et relâchés à la confluence Tacon-Grosdar.

En conclusion, en considérant les différents résultats présentés dans ce document, il semble que la franchissabilité du secteur renaturé du Grosdar (anciennement le seuil Grosdar 3) soit manifeste et que ce secteur apporte des habitats de qualité pour les truites du Grosdar.

Document réalisé le 15.05.2023 par J. Bergé



7. BIBLIOGRAPHIE MENTIONNÉE

- Acolas, Marie-Laure, Jean-Marc Roussel, Jean Marc Lebel, et Jean-Luc Baglinière. 2007. « Laboratory experiment on survival, growth and tag retention following PIT injection into the body cavity of juvenile brown trout (*Salmo trutta*) ». *Fisheries Research* 86 (2-3): 280-84.
- Baras, E, L Westerloppe, Charles Mélard, J-C Philippart, et V Bénech. 1999. « Evaluation of implantation procedures for PIT-tagging juvenile Nile tilapia ». *North American Journal of Aquaculture* 61 (3): 246-51.
- Brown, R. S., S. J. Cooke, W. G. Anderson, et R. S. McKinley. 1999. « Evidence to challenge the “2% rule” for biotelemetry ». *North American Journal of Fisheries Management* 19 (3): 867-71.
- Jepsen, N., A. Koed, E. B. Thorstad, et E. Baras. 2002. « Surgical implantation of telemetry transmitters in fish: How much have we learned? » *Hydrobiologia* 483: 239-48.
- Keene, J. L., D. L. G. Noakes, R. D. Moccia, et C. G. Soto. 1998. « The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) ». *Aquaculture Research* 29 (2): 89-101.
- Richard, Alexandre, Jane O'Rourke, Arnaud Caudron, et Franck Cattaneo. 2013. « Effects of passive integrated transponder tagging methods on survival, tag retention and growth of age-0 brown trout ». *Fisheries Research* 145: 37-42.
- Vatland, Shane, et Arnaud Caudron. 2015. « Movement and early survival of age-0 brown trout ». *Freshwater biology* 60 (7): 1252-62.