

Étude du déplacement des truites parasitées par les glochidies de moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) dans le bief du Pont de Mars (cours d'eau Lignon du Velay)



Rédacteurs :

Stéphane NICOLAS, FDPPMA43

Julien BERGÉ, SCIMABIO Interface

Ont participé à cette étude :

JB. TORTEROTOT, A. CAUDRON, J. BERGÉ pour le bureau d'études SCIMABIO Interface

N. BOIDIN, pour l'Association Régionale de Pêche Auvergne Rhône-Alpes (ARPARA)

M. HILAIRE, S. BÉAL, S. NICOLAS, pour la Fédération de pêche et de protection du milieu aquatique de Haute-Loire (FDPPMA43)

Et plus ponctuellement, **F. CHOPARD-LALLIER** de la FDPPMA43 et nos collègues de l'EPAGE Loire-Lignon (**E. DARNE, J. THOMAS, K. LOUCHE**) lors des opérations de capture et de marquage des truites.

Nous tenons à remercier **MM. DULLIN** et **GUILHOT**, respectivement propriétaire et exploitant agricole des terrains riverains du bief et **M. BALME**, Président de l'AAPPMA « La truite du Lignon », pour nous avoir permis cette étude,

ainsi que les organismes suivants pour leur participation financière à l'étude :

Région Auvergne Rhône-Alpes (convention pluriannuelle d'objectifs Région / ARPARA)

Fédération Nationale de la Pêche en France (FNPF)

DREAL Auvergne Rhône-Alpes (déclinaison régionale du Plan National d'Actions pour la moule perlière)

EDF.

Réf. rapport : **Nicolas S., Bergé J. 2024**. Étude du déplacement des truites parasitées par les glochidies de moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) sur le bief du Pont de Mars (cours d'eau Lignon du Velay). Rapport FDPPMA43. 25p + annexe



Moules perlières sur le Lignon du Velay (ESNOUF. CEN Auvergne)

Crédit photo FDPPMA43 sauf mention contraire

SOMMAIRE

1. Introduction	5
2. Objectifs de l'étude	6
3. Localisation et principales caractéristiques du site d'étude	7
4. Contexte hydro-climatique de l'étude	10
5. Matériels et méthode	12
5.1. Technologie RFID	12
5.2. Matériels et installation	12
5.3. Règles vis-à-vis de l'expérimentation animale	14
5.4. Capture et marquage des truites	14
5.5. Tracking mobile	17
6. Résultats	17
6.1. Fonctionnement du dispositif RFID installé	17
6.2. Description générale des détections RFID	19
6.3. Flux de détection des poissons	20
6.4. Focus sur les poissons sortis du bief après les marquages	22
6.5. Conditions hydrologiques et thermiques post marquage	23
7. Synthèse, discussion et perspective	24
BIBLIOGRAPHIE	26
ANNEXE 1. Liste des truites parasitées marquées en 2022 et 2023	28
ANNEXE 2. Liste des truites sorties du bief en 2022 et 2023	30

TABLE DES FIGURES & TABLEAUX

Figure 1 : Localisation du bief du Pont de Mars.....	7
Figure 2 : Illustration photos du site d'étude.....	8
Figure 3 : Expertise de la qualité de l'habitat piscicole (pour la truite) du bief et du Lignon, pour ses différentes composantes estimées selon 3 classes : Bon, Moyen et Médiocre.....	9
Figure 4 : Indice hydrologique mensuel (rapport en % entre le débit moyen mensuel d'une l'année considérée et le débit moyen mensuel interannuel calculé sur la période de validité de la station hydrologique (ici 63 ans)) sur le Lignon au Chambon-sur-Lignon de 2021 à 2023.....	10
Figure 5 : Débits moyens journaliers (en m ³ /s) sur le Lignon au Chambon-sur-Lignon en 2022 et 2023.....	10
Figure 6 : Débit moyen journalier (Qmj) et température moyenne journalière (Tmj) du bief en 2022-2023.....	11
Figure 7 : Évolution des températures estivales (juin à septembre) de l'eau de bief de 2022 et 2023 et calcul de différentes variables statistiques.....	11
Figure 8 : Illustration photos de l'installation RFID.....	13
Figure 9 : Chronique d'enregistrement des marqueurs tags pour les 4 antennes RFID implantées dans le site d'étude (2 antennes sont présentées par coffret).....	19
Figure 10 : Schéma de synthèse des détections RFID réalisées au droit du bief.....	20
Figure 11 : Distribution de tailles (Lt en mm) des truites marquées en 2022/2023, des truites détectées par le coffret amont et par le coffret aval.....	20
Figure 12 : Chronique de détection des transpondeurs durant la totalité du suivi.....	21
Figure 13 : Distribution de tailles (Lt en mm) des truites sorties du bief en 2022 et en 2023, comparée à l'ensemble des truites marquées lors de l'étude.....	23
Figure 14 : Températures moyennes journalières (Tmj) en 2022 et 2023 et débits moyens journaliers (Qmj) en 2023 du bief dans le mois suivant la capture et le marquage des truites parasitées.....	23

Tableau 1 : Résultats des captures de truites dans le bief en 2022 et 2023.....	16
Tableau 2 : Détail des 11 truites recapturées en 2023 dont 4 individus (en rouge) porteurs de glochidies.....	17
Tableau 3 : Quelques statistiques d'enregistrement des markertags (MT).....	18

1. Introduction

Le haut Lignon en amont du Chambon-sur-Lignon héberge une petite population de **moule perlière** (*Margaritifera margaritifera L., 1758*) estimée entre quelques dizaines et une centaine d'individus (Caprio, 2014, EPAGE Loire-Lignon, 2022).

Cette espèce, très rare en France et menacée du fait de ses exigences écologiques élevées (en termes de qualité d'eau et de substrat notamment), est, en partie ^[1], à l'origine du classement en **site Natura 2000 de la haute vallée du Lignon (n°FR8301088)**.

En dehors du Lignon, la moule est également présente dans un bief situé au cœur du site Natura 2000, en amont du Pont de Mars (RD15). Évaluée à environ 2000 individus en 2014 (Caprio, 2014), la population dans le bief serait de l'ordre de 1700 individus d'après les prospections récentes (EPAGE Loire-Lignon, 2024). La relative stabilité hydraulique et sédimentaire du bief pourrait s'avérer des facteurs favorables à la présence de l'espèce dans des effectifs nettement supérieurs à ceux du cours d'eau.

Si les premières observations concluaient à une population vieillissante, très peu renouvelée et caractérisée par une importante mortalité (Caprio, 2014), les suivis plus récents (2019 et 2023) ont montré davantage de jeunes individus et une baisse de la mortalité (EPAGE Loire-Lignon, 2024), attestant d'une population encore dynamique et capable de se renouveler (reproduction).

La conservation de cette population au sein du bief revêt donc un intérêt écologique majeur pour le site Natura 2000 et plus largement pour le bassin du Lignon, compte tenu par ailleurs de ses caractéristiques morphologiques et probablement génétiques particulières (la moule perlière du Lignon serait la plus grosse d'Europe pouvant mesurer jusqu'à 14 cm) et de son habitat également singulier (rare cas de présence de l'espèce en terrain volcanique).

De fait, **différents travaux** ont été réalisés sur le site entre 2016 et 2020 par l'Établissement public d'aménagement et de gestion des eaux (EPAGE) Loire-Lignon (anciennement Syndicat intercommunal d'aménagement de la Loire et de ses affluents de Haute-Loire (SICALA43)), pour améliorer la qualité et la fonctionnalité du bief pour la moule et son espèce hôte, la truite commune : mise en défens des berges, réouverture de la section d'entrée amont du bief, création d'un nouveau chenal pour améliorer la connexion hydraulique aval du bief, ...

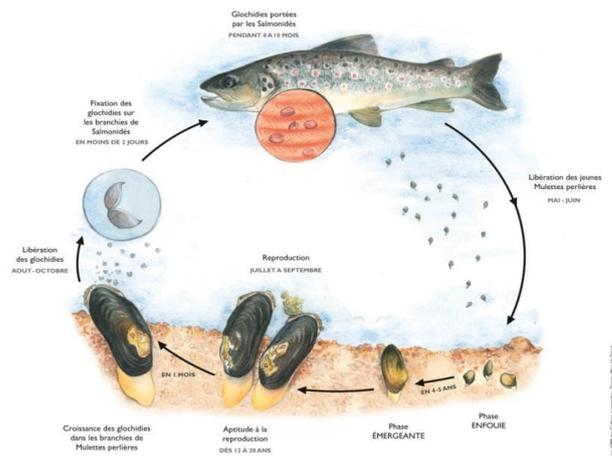
Des **études** sont aussi conduites sur le bief par l'EPAGE Loire-Lignon dans le cadre de l'animation du site Natura 2000, afin de connaître et de suivre l'état de la population de moules, y compris en s'intéressant à son poisson hôte, la **truite commune** (*Salmo trutta fario L., 1758*) : dénombrements des individus par classes de tailles, relève des mortalités, recherche de la présence des larves de moule sur les truites, ...

^[1] Avec également trois autres espèces : la loutre, le castor et l'écrevisse à pattes blanches.

Cycle de vie de la Mulette perlière d'eau douce

En effet les larves de moules (glochidies) libérées dans le milieu aquatique lors de la reproduction estivale du bivalve, viennent se fixer en s'enkystant sur les branchies des truites (ce peut être aussi le saumon sur d'autres rivières) exerçant un « parasitage » de quelques semaines à plusieurs mois du salmonidé, avant leur libération dans le cours d'eau où elles rejoignent le sédiment et commencent leur vie dans la zone hyporhéique.

Sur le bief du Pont de Mars, les observations de glochidies sur les truites conduites par la Fédération de pêche et de protection du milieu aquatique de Haute-Loire (FDPPMA43) depuis 2014 montrent que mollusque privilégierait le « cycle long », avec une libération au printemps (mai) de l'année suivant la reproduction estivale (Nicolas. 2021).



La FDPPMA43 a été amenée à collaborer avec l'EPAGE Loire-Lignon sur différentes opérations techniques nécessitant ses compétences relatives au compartiment piscicole en lien avec la moule. Ces études ont apporté de nombreuses connaissances : densité et structure de la population de truite du bief, production par les frayères, taux de parasitage des truites par les glochidies, taille (âge) des truites parasitées, ...

Elles valident la **reproduction de la moule perlière sur le bief** par l'observation régulière de glochidies enkystées sur les branchies des truites. Sans pour autant que cela ne présume l'accomplissement du cycle biologique de l'espèce au-delà de ce stade, notamment de la réussite du développement benthique des jeunes moules après leur libération dans le milieu aquatique, compte tenu des observations assez rares de jeunes moules (< 4-5 cm).

Elles émettent également des hypothèses sur les interactions piscicoles du bief avec le Lignon, notamment la résidence des alevins nés dans le bief *i.e.* qu'ils émigreraient peu dans le Lignon et la migration d'une partie des géniteurs hors du bief pour leur reproduction (Nicolas. 2021).

2. Objectif de l'étude

L'étude du déplacement des truites du bief, parasitées par les glochidies de moule perlière, s'inscrit dans la continuité des études réalisées par la FDPPMA43 et l'EPAGE Loire-Lignon depuis 2014 sur le site.

Elle vise à apporter des éléments de réponse aux interrogations posées par ces études et le comité de pilotage du site Natura 2000 « Haute vallée du Lignon » portant sur le déplacement des truites du bief vers le Lignon, particulièrement lorsque celles-ci sont porteuses des glochidies de moule perlière.

Autrement dit de répondre aux questions suivantes : **Que deviennent les glochidies produites par les moules du bief une fois fixées sur les truites ? Parviennent-elles, au moins pour une partie, à rejoindre le Lignon et disséminer ainsi l'espèce depuis le bief ?**

Afin de tenter d'y répondre et ainsi de caractériser le rôle du bief comme « **réservoir biologique** » pour la population de moule perlière du haut Lignon, la FDPPMA43 a mis en œuvre un suivi du déplacement des truites sur le bief qui s'est étalé sur la période d'avril 2022 à octobre 2023.

3. Localisation et principales caractéristiques du site d'étude

Situé en amont immédiat du Pont de la RD15 sur les communes du Chambon-sur-Lignon (Haute-Loire) et Mars (Ardèche) dont il constitue la limite, le bief du Pont de Mars servait autrefois à alimenter un moulin. L'usage d'origine est aujourd'hui abandonné et le bief constitue un bras « secondaire » du Lignon du Velay, naturel et sans usage, qui serait très probablement l'ancien tracé historique du lit principal du cours d'eau (Figure 1).

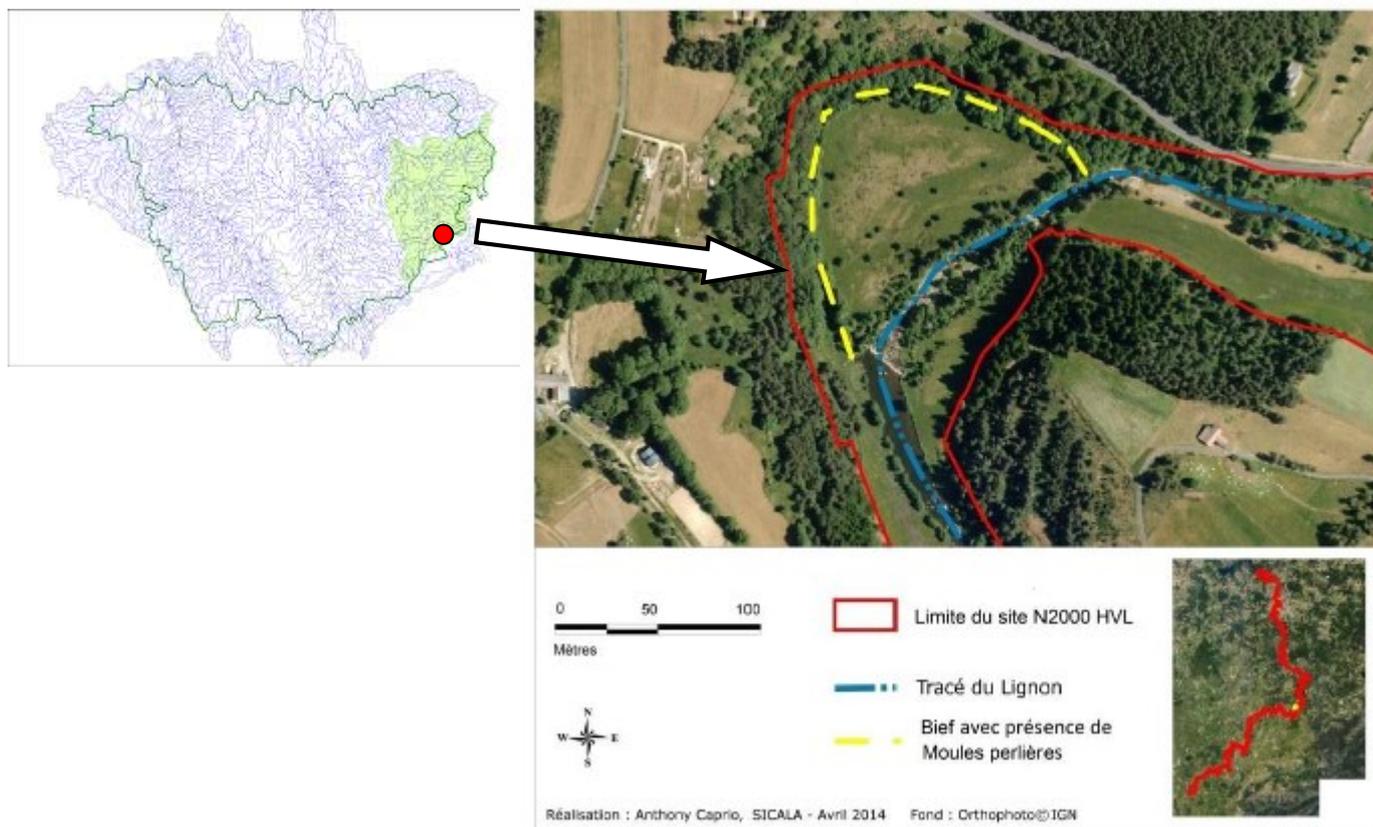


Figure 1 : Localisation du bief du Pont de Mars (Caprio, 2014)

D'une longueur d'environ 480 m pour une largeur moyenne du lit entre 4 et 6 m, le bief présente des écoulements diversifiés et une granulométrie grossière dominante (pierres et cailloux). La ripisylve est développée sur la berge gauche en continuité des boisements forestiers d'un versant pentu. Elle est plus réduite en rive droite où la berge est au contraire peu marquée à l'interface du lit majeur occupé par une prairie naturelle assez fréquemment inondée lors des crues du Lignon. La prairie est pâturée et cette berge a été mise en défens en 2016 par la pose d'une clôture, afin de protéger le milieu aquatique et les moules contre le piétinement des bovins.

La prise d'eau du bief est alimentée par un seuil en barrage du Lignon. Le tronçon du Lignon « court-circuité » par le bief est caractérisé par des écoulements lotiques dominants (radiers et plats courants), parfois turbulents (rapides) et par la présence d'affleurements rocheux qui, en étiage, créent des seuils naturels, générant des chutes et des zones lenticques (plats et mouilles) (Figure 2).



Connection aval bief / Lignon



Echacruet et pré-barrage en RD du seuil



Retenue du seuil



Connection amont bief / Lignon



Bief en basses eaux et moyennes eaux



Lignon "court-circuité" par le bief



Chûte amont retenue

Figure 2 : Illustration photos du site d'étude

Deux seuils naturels, sur l'aval du tronçon court-circuité et en amont de la retenue, sont identifiés comme difficilement franchissables pour la truite en période d'étiage (CESAME. 2017). Sur le seuil d'alimentation du bief, une échancrure et un pré-bassin ont été aménagés par le SICALA43 en 2016 pour permettre le franchissement piscicole en montaison de l'ouvrage par sa rive droite pour des faibles débits.

La continuité piscicole au sein du bief est totale suite à la suppression en 2017 du seuil de l'ancien bras de décharge situé sur l'aval.

La connexion amont bief / Lignon est libre depuis 2016 et les travaux de suppression de l'orifice noyé qui occasionnait des coupures d'alimentation du bief par l'accumulation de débris végétaux grossiers. L'écoulement y est assez profond, régulier et les vitesses peu marquées.

La connexion aval a été créée en 2017 et reprise sur sa partie aval en 2020 afin d'améliorer la continuité piscicole. Cependant sa pente importante et ses écoulements turbulents sur un profil en « marches d'escaliers » pourraient perturber le déplacement des truites notamment en montaison.

Le Lignon au droit du seuil (96 km²) a des étiages moyennement marqués. Le débit moyen mensuel sec (QMNA5 = 175 l/s) est inférieur à 10 % du débit moyen interannuel (1869 l/s). En période d'étiage, la régulation sur le seuil privilégie l'alimentation du bief compte tenu de son enjeu biodiversité aquatique pour la moule perlière. On estime ainsi qu'environ **75% du débit d'étiage au QMNA5 alimente le bief** alors que cette répartition s'inverse au débit moyen avec 28% du débit dans le bief (CESAME. 2020) ^[1].

La qualité physico-chimique de l'eau reste globalement bonne pour l'oxygène et les nutriments. Des déclassements sont parfois observés sur le phosphore qui peuvent favoriser le développement algal, le bief étant cependant moins concerné que le Lignon grâce à un meilleur ombrage (ripisylve développée) et un étiage moins marqué.

En synthèse, le bief constitue un milieu aquatique globalement favorable au développement de la faune piscicole, à l'exception de **la température estivale potentiellement limitante pour la truite** (voir chapitre 4 p.10,11) (Figure 3).

	Réf.	Classes	Observations
Qualité physico-chimique de l'eau	(1)	Bon	Colmatage biologique (algues) affectant davantage le Lignon mais plus rarement le bief
Débit d'étiage du bief	(2)	Bon	A vérifier par étude des débits minimums biologiques pour la truite et la moule
Débit d'étiage du Lignon court-circuité		Moyen	Priorisation à l'alimentation du bief à l'étiage
Thermie estivale	(3)	Médiocre	Occurrence des températures limitantes
Continuité piscicole du bief		Bon	
Continuité piscicole du Lignon		Moyen	2 seuils naturels (aval TCC et amont retenue) pouvant gêner les déplacements des truites à l'étiage
Connexion piscicole bief / Lignon amont		Bon	
Connexion piscicole bief / Lignon aval		Moyen	Vitesses, turbulences (impact notamment montaison ?)

(1) d'après les résultats écologiques de la masse d'eau sur la station 04002980 (<https://carmen.carmencarto.fr>)

(2) CESAME. 2017

(3) d'après mesure en continu des températures horaires du 1er juin au 30 septembre 2022 et 2023

Figure 3 : Expertise de la qualité de l'habitat piscicole (pour la truite) du bief et du Lignon, pour ses différentes composantes estimées selon 3 classes : Bon, Moyen et Médiocre

[1] Situation rendue réglementairement possible grâce à la reconnaissance par l'administration du bief comme bras naturel du Lignon (ancien lit historique).

4. Contexte hydro-climatique de l'étude

Les années 2022 et 2023 se caractérisent par une **hydrologie nettement déficitaire** sur le haut Lignon, comme sur l'ensemble du réseau hydrographique départemental. Sur la station hydrologique du Chambon-sur-Lignon située en aval du bief du Pont de Mars (139 km²), le déficit hydrologique moyen sur l'année s'élève à -69% et -47% respectivement en 2022 et 2023, mais pouvant représenter de l'ordre de -75 à -86% pour la période d'août à novembre de ces années (Figure 4).

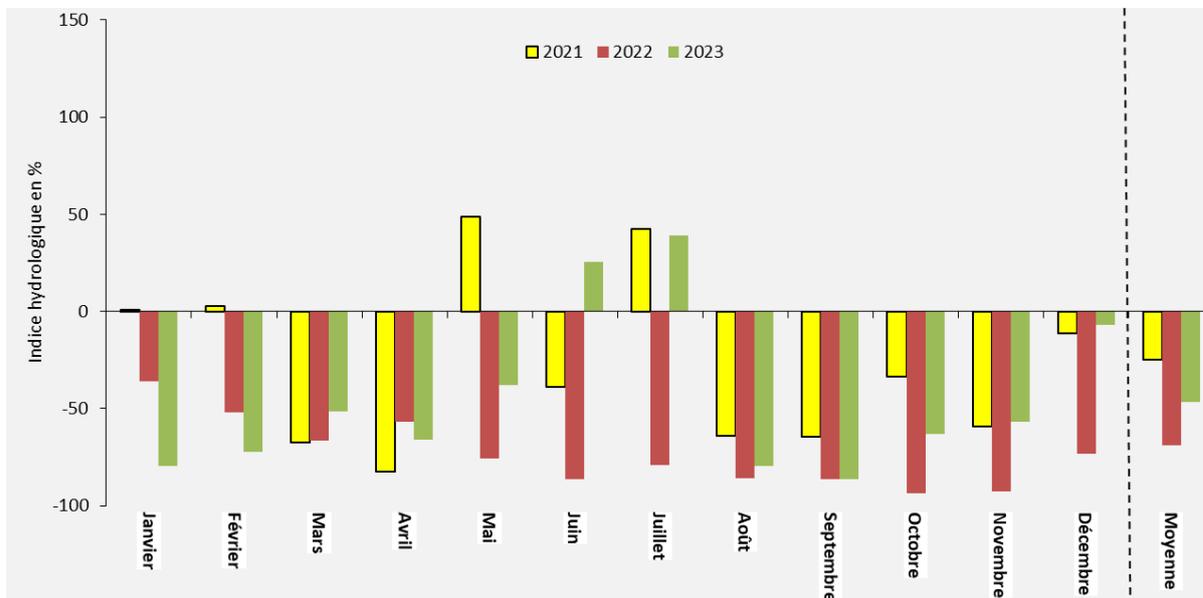


Figure 4 : Indice hydrologique mensuel (rapport en % entre le débit moyen mensuel d'une l'année considérée et le débit moyen mensuel interannuel calculé sur la période de validité de la station hydrologique (ici 63 ans)) sur le Lignon au Chambon-sur-Lignon de 2021 à 2023
(source : <https://hydro.eaufrance.fr/>)

Les étiages ont été particulièrement intenses et longs, notamment en 2022 où les débits très faibles se sont maintenus de la mi-mai jusqu'à la fin de l'année (Figure 5).

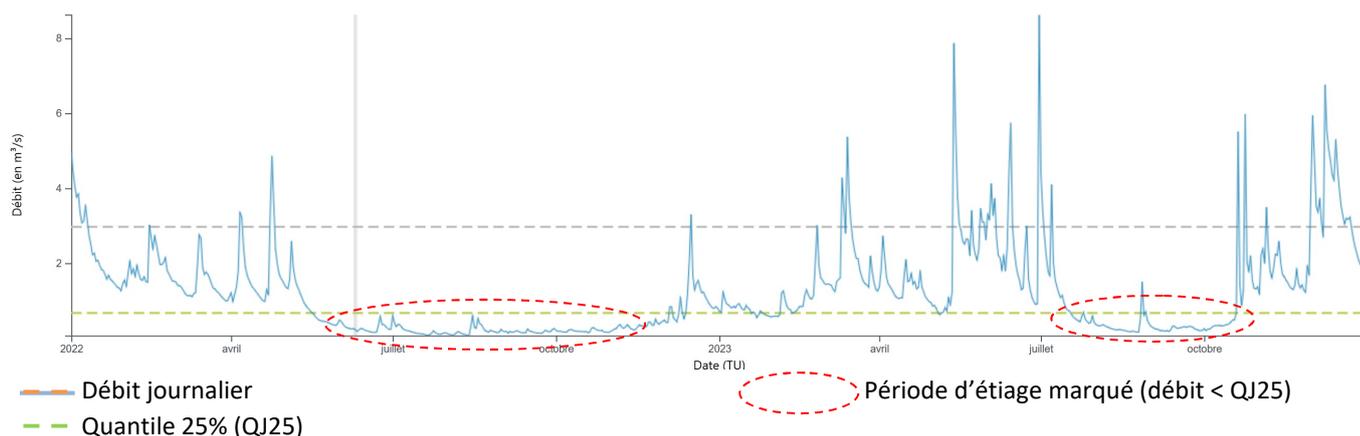


Figure 5 : Débits moyens journaliers (en m³/s) sur le Lignon au Chambon-sur-Lignon en 2022 et 2023
(source : <https://hydro.eaufrance.fr/>)

Dans ce contexte de forte sécheresse, le bief a cependant bénéficié d'un étiage moins marqué que le Lignon grâce à l'alimentation privilégiée de se prise d'eau (voir *supra* p.8).

Les températures de l'eau et les débits du bief ont été mesurés en 2022 (uniquement la température) et en 2023 par des sondes pressiométrique et thermique permettant une acquisition de données en continu (hauteurs d'eau pour la sonde pressiométrique transformées en débits par la courbe de tarage). L'évolution des moyennes journalières sur ces paramètres est illustrée sur la Figure 6.

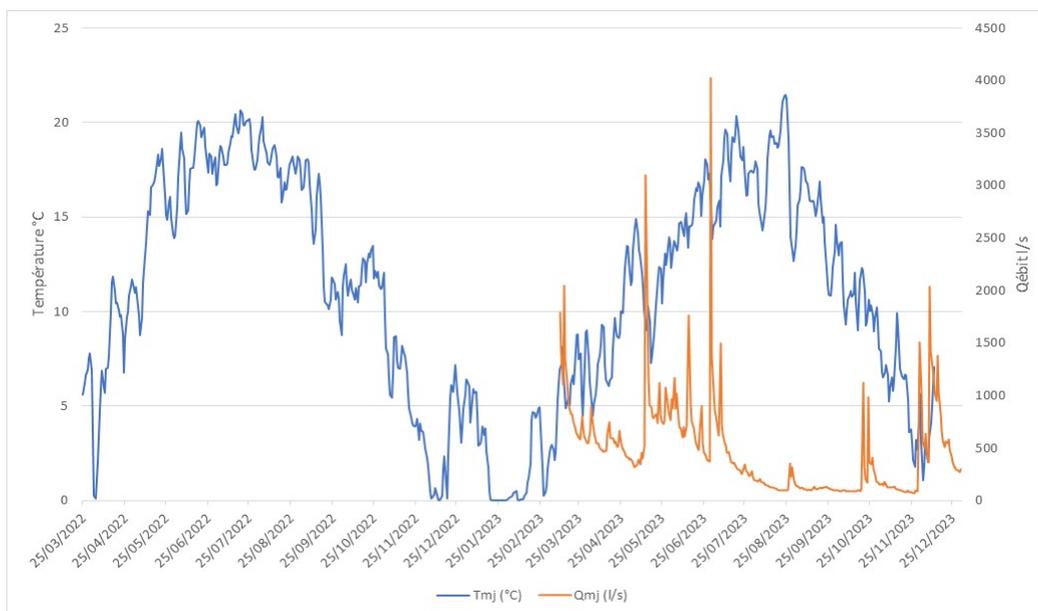


Figure 6 : Débit moyen journalier (Qmj) et température moyenne journalière (Tmj) du bief en 2022-2023
(source : EPAGE Loire-Lignon et IDDRE pour les débits)

Les débits ont été bas sur la 2^{ème} quinzaine d'août 2023, de début septembre à la mi-octobre et sur les 3 dernières semaines de novembre, enregistrant 92 jours (31%) de débits < 150 l/s et 37 jours (13%) de débits < 100 l/s. Le débit moyen journalier minimum enregistré est de 73,4 l/s le 27/11/2023.

Nous ne disposons pas d'étude sur les débits minimums biologiques du bief pour la truite et la moule perlière qui permettraient d'estimer l'impact biologique pour ces espèces des situations d'étiage marqué.

Le régime thermique estival du bief montre des températures dépassant régulièrement les 19-20°C. Les valeurs calculées des 30 jours consécutifs les plus chauds dépassent nettement le seuil de 17,5-18°C à partir duquel des impacts globaux sur la dynamique de la population de truite sont possibles (mécanismes de mortalité naturelle, alimentation, croissance, abondance) (Elliot. 1995, Elliot et Hurley. 1998, Baran *et al.* 1999) (Figure 7).

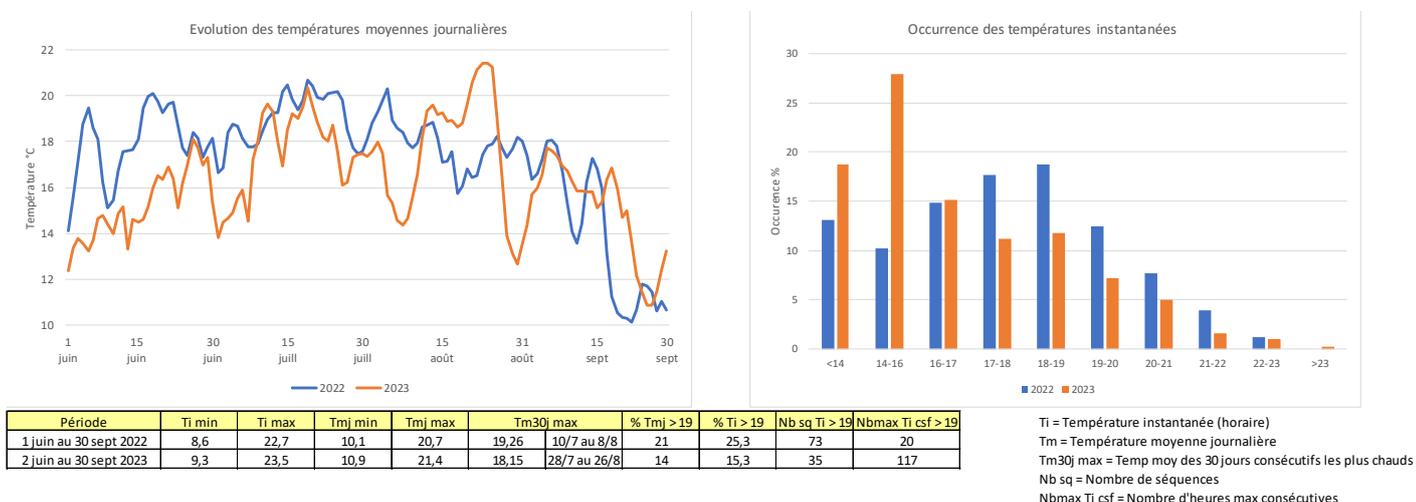


Figure 7 : Évolution des températures estivales (juin à septembre) de l'eau de bief de 2022 et 2023 et calcul de différentes variables statistiques

Différentes études ont montré que la température de l'eau du haut Lignon en période estivale pouvait être limitante pour le développement de la population salmonicole (Fostier *et al.* 2014, Nicolas. 2018).

La retenue du seuil (3500 m²) pourrait aggraver le réchauffement. Pour autant, la ripisylve bien développée sur le bief et l'ombrage qu'elle apporte constitue un facteur réduisant ce réchauffement. Il convient par ailleurs de noter l'absence d'habitat profond dans le bief qui pourrait servir de « refuge thermique » pour la faune piscicole.

5. Matériels et méthode

5.1. Technologie RFID

La méthode mise en œuvre pour suivre le déplacement des truites entre le bief et le Lignon repose sur la **technologie RFID** (*radio frequency identification*, trad. « identification par radiofréquence »). Elle utilise un petit transpondeur radio qui contient un code spécifique permettant une identification unique de chaque individu marqué. Les transpondeurs utilisés pour l'étude sont des **Pit Tag** (*Passive Integrated Transponder*) qui ne nécessitent pas de batterie, ce qui implique une durée de vie quasi illimitée et une taille réduite. Ces marques sont inactives tant qu'elles ne sont pas stimulées par le champ magnétique d'un lecteur-émetteur de radiofréquences.

Cette technologie est adaptée à notre objectif, car elle permet de suivre le déplacement d'un grand nombre d'individus marqués (plusieurs dizaines), de manière automatique, passive (sans opérateur in situ), en continu et sur un temps long, en disposant des antennes fixes aux endroits stratégiques (ici les exutoires du bief). Par ailleurs, les *Pit Tag* sont de petites dimensions (12 à 23 mm) et adaptés au marquage des petits et/ou jeunes poissons visés par l'étude, le parasitage concernant une majorité de truitelles d'un an (80 à 120-130 mm) (Nicolas. 2021).

5.2. Matériels et installation

Deux dispositifs RFID (Stream Innov) ont été installés sur les exutoires du bief. Chaque dispositif se compose d'antennes immergées dans le fond du bief pour la détection des poissons marqués. À chaque antenne est associé un tuner installé en berge dans une boîte étanche sécurisée. L'ensemble est relié par câble twinax au lecteur (coffret) RFID positionné sur la berge (exutoire aval) et en retrait dans le lit majeur (exutoire amont). Chaque lecteur est équipé d'un logiciel de récupération des données et d'un Modem 3G pour leur transfert à distance via un serveur dédié.

Chaque antenne est doublée pour déterminer le sens de passage des poissons et chaque exutoire du bief est équipé de 2 antennes. **Nous considérerons dans les résultats qu'une truite ayant franchi l'antenne la plus extérieure du bief (la plus proche du Lignon), et qui n'est pas redétectée, est « sortie » du bief pour rejoindre le cours d'eau** (Figure 8).

L'isolement du site et l'absence de source électrique proche nous ont conduit à opter pour une alimentation solaire autonome. L'installation solaire comprend pour chaque dispositif RFID : 1 panneau solaire 280 W, 2 batteries 110Ah, 1 coffret électrique et l'ensemble des câbles et connectiques. Les équipements sont installés dans une caisse métallique sécurisée.



Construction du support solaire



Battage des pieux pour fixation des antennes



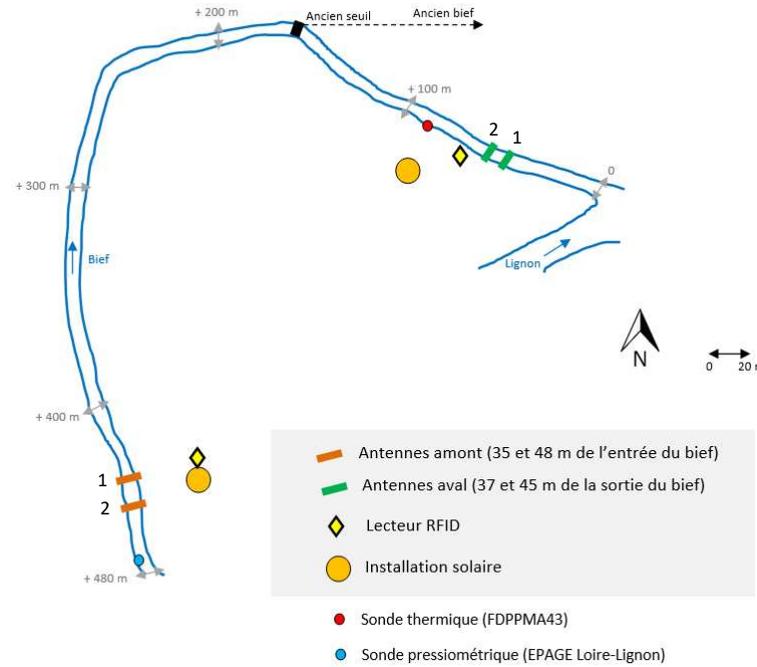
Tranchée pour enfouissement des câbles



Antenne (doublée) et Tuner aval



Antenne (doublée) et Tuner amont



Lecteur aval (associé à 2 antennes et 2 tuneurs)



Lecteur et tuner (détails)



Installation solaire amont et aval



Batteries, coffret élect. et lecteur RFID amont

Figure 8 : Illustration photos de l'installation RFID

L'installation a été réalisée du **21 au 24 mars 2022** par les personnels de SCIMABIO Interface (2 agents) et de la FDPPMA43 (3 agents). Elle a nécessité 3.5 jours de travail de terrain.

Les équipements ont été désinstallés et retirés du site d'étude le **12 décembre 2023** par les personnels de SCIMABIO Interface (1 agent) et de la FDPPMA43 (3 agents).

Les batteries ont été retirées du site de la fin février à début avril 2023 pour être rechargées.

Sur la durée du suivi d'avril 2022 à août 2023, les différentes opérations sur le site (vérification, maintenance et dépannage des installations, récolte des données), ont nécessité 10 hommes-jours pour la FDPPMA43 et 1 homme-jour pour SCIMABIO Interface.

En plus de l'installation RFID, le bief a été équipé d'une sonde de mesure en continu (toutes les heures) de la température de l'eau (FDPPMA43) et d'une sonde pressiométrique pour la mesure automatique en continu (toutes les 2 heures) de la hauteur d'eau à l'entrée du bief (EPAGE Loire-Lignon) et donc du débit d'alimentation du bief grâce à la relation hauteurs-débits établie par la courbe de tarage (**Iddre. 2022**).

5.3. Règles vis-à-vis de l'expérimentation animale

Le projet est soumis à la réglementation quant à l'expérimentation animale (décret n°2013-118 du 01/02/2013, Art. R.214-88 du code rural et de la pêche maritime) qui impose 3 conditions :

- L'agrément des établissements dits utilisateurs : L'ARPARA et SCIMABIO Interface disposent de cet agrément.
- L'autorisation du projet utilisant des animaux à des fins scientifiques par le ministère de la Recherche, après avis d'un comité d'éthique : L'ARPARA a présenté le dossier pour le compte de la FDPPMA43, pour avis au CECCAPP qui est le comité d'éthique en expérimentation animale de la région Rhône-Alpes, basé à Lyon. La procédure expérimentale a présenté de façon détaillée les opérations envisagées, de la capture au marquage et à la remise à l'eau des poissons, pour un objectif de marquage de 100 individus par an, soit 200 truites sur la durée totale de l'étude. Le projet a reçu une décision favorable du CECCAPP le 16 mars 2022.
- L'acquisition et la validation des compétences des personnels chargés de l'application ou de l'élaboration des procédures en expérimentation animale : Les personnels de l'ARPARA et de SCIMABIO Interface associés à l'étude disposent des compétences requises pour le marquage des poissons.

5.4. Capture et marquage des truites parasitées

Les captures des truites dans le bief ont été réalisées par **pêche électrique**, depuis la berge et **sans rentrer dans l'eau** afin de prévenir le risque de piétinement des moules. L'usage d'un matériel « léger » portable (groupe EFKO Feg 1500) a été privilégié, associé à une longue anode (3 m) et des épouillettes rallongées.



Pêche électrique du bief sans marcher dans l'eau

Les dates des opérations ont été calées en fonction des observations antérieures (2014 à 2021) sur le site montrant **un parasitage des truites « important » et bien visible lors du mois d'avril** ^[1].

Deux campagnes de capture et de marquage ont été réalisées le **25 avril 2022** et le **25 avril 2023**, mobilisant une dizaine de personnes (FDPPMA43, SCIMABIO Interface, ARPARA et EPAGE Loire-Lignon).

Les différentes étapes ont consisté en :

- Capture des truites par pêche électrique
- Stabulation des truites susceptibles d'être marquées dans des viviers disposés dans le lit du cours d'eau en zone courante et ombragée (10 individus max. par bac d'environ 140 l)
- Transfert des individus vers les bacs du pôle biométrie/marquage (vérification continue de la température de l'eau des bacs < 15°C et renouvellement de l'eau si nécessaire)
- Vérification macroscopique des branchies pour vérifier la présence/absence de glochidies
- Si absence : remise du poisson en bac de stabulation
- Si présence : anesthésie du poisson
- Anesthésie par baignade dans une solution de benzocaïne Benzoak® dosée à 25mg/l
- Décompte ou estimation éventuelle du nombre de glochidies
- Mesure de taille (longueur totale) des individus
- Marquage des individus répondant aux critères préétablis ^[2]
- Stabulation des individus marqués dans des bacs de réveil (140 l), surveillance (temps de réveil d'environ 25 minutes) et remise à l'eau.



Glochidie visible sur l'arc branchial

Les pêches électriques ont été conduites sur la quasi-totalité du bief entre les antennes RFID.

Le marquage consiste en une incision au scalpel, de 2 à 3 mm maximum de long, dans la paroi abdominale au niveau des nageoires pectorales. Le *Pit tag* est introduit dans la cavité péritonéale. Le choix du transpondeur (12, 13 ou 23 mm) est adapté selon la taille de la truite (70 à 220 mm) et son poids de 0.6 g est inférieur à 2 % du poids des individus recherchés. La réalisation de suture n'est pas nécessaire avec ce type de marquage (taille d'incision réduite, retours d'expérience nombreux, taux de perte très faible (< 5%), limitation du temps d'intervention).

^[1] Une recherche de glochidies le 20 mai 2014 sur le haut bassin versant de l'Ance du Nord, dans un contexte hydrographique proche de celui du haut Lignon avait montré l'absence de parasitage des truites, probablement du fait d'une date trop tardive venant après la libération des larves de moule (FDPPMA63. 2014). On pourrait penser d'après ces observations empiriques que la libération des glochidies sur le cycle long s'effectue dans nos cours d'eau **entre la fin avril et la mi-mai**, selon le stade de développement des larves dépendant de la température de l'eau.

^[2] Individus sains (absence de malformations, nécroses, ulcères...) répondant bien à l'anesthésie (pas de perte totale de l'équilibre, du tonus musculaire avec une fréquence operculaire lente et régulière et des réflexes médullaires) et n'ayant pas de réactions négatives lors de la capture par électricité (dépigmentation, nage erratique avant anesthésie). Les poissons ne répondant pas à ces critères sont exclus du protocole et mis en bac de réveil pour ceux dont le pronostic vital n'est pas engagé.



Chantier de biométrie et marquage des truites

Chaque poisson marqué est enregistré individuellement par le numéro du transpondeur.

Au préalable de l'intervention chirurgicale, les matériels (scalpel) et les marques sont désinfectés avec de l'éthanol à 95% puis rincés à l'eau. La surface d'intervention du poisson est désinfectée à la Vétédine solution® (solution aqueuse de Povidone iodée).

L'acte microchirurgical a été pratiqué exclusivement par les personnels formés (ARPARA et SCIMABIO Interface).

Les pêches ont permis la capture et le marquage de **100 truites parasitées en 2022 et 38 en 2023** (Tableau 1, détail en Annexe 1).

	25 avril 2022	25 avril 2023
Nombre de truites capturées	(≈) 130	115
Nombre de truites parasitées	100	38 (42*)
Tailles moyenne / médiane (min / max) des truites parasitées (mm)	108 / 98 (72 / 217)	119 / 109 (82 / 173)
Glochidies	Nombre non relevé (pour éviter trop de manipulation des poissons) Pour l'essentiel des truitelles 1+ le parasitage concerne de 1 à 5 glochidies par individu, mais quelques poissons (5-10%) sont parasités par un nombre plus important (10 à 30 glochidies par individu). Pour les truites plus âgées (2+ et 3+), le nombre de glochidies par individu est entre 1 et 3.	Relevé approximatif du nombre de glochidies par individu (REX 2022). Celui-ci est noté 20+ si le nombre de glochidies est estimé > 20 (parfois très >); les individus semblent davantage parasités qu'en 2022 (majeure partie des truites avec 15-20 glochidies)
Pathologie truites parasitées	Pas d'observation de signes externes	1 truitelle 1+ avec hémorragie à la base des pectorales
Mortalité post-marquage	Non	Non

(* 4 individus recapturés présentant donc un second parasitage)

Tableau 1 : Résultats des captures de truites dans le bief en 2022 et 2023

Le pourcentage de truites parasitées par rapport au total des truites capturées sur le bief est bien supérieur en 2022 (77%) qu'en 2023 (42%). Les truites sont par contre davantage parasitées en 2023, *i.e.* porteuses d'un plus grand nombre de glochidies.

La majorité des individus capturés sont de petite taille (<120-130 mm), appartenant à la classe d'âge des truitelles d'un an, immatures. En effet, lors de la reproduction estivale de la moule perlière (probablement début juillet sur le Lignon), les glochidies libérées dans l'eau ont une plus grande probabilité de se fixer sur les alevins de l'année de truite qui sont alors les plus nombreux (normalement, pour une population salmonicole fonctionnelle).

La faible abondance de truitelles d'un an parasitées en 2023 pourrait s'expliquer par une forte mortalité estivale des alevins en 2022 liée aux conditions thermiques limitantes (voir supra p.10,11).

Parmi les 115 truites capturées en 2023, 11 sont des recaptures dont 4 individus déjà porteurs de glochidies en 2022 (Tableau 2). Ces 4 individus concernent uniquement des truitelles d'un an en 2022 mesurant entre 90 et 108 mm.

Le parasitage peut donc affecter la même truite deux années consécutives, contredisant certaines sources bibliographiques.

N° enregistrement (Tag)	Lt 2022 (mm)	Age 2022 estimé	Lt 2023 (mm)	Age 2023 estimé	Présence glodidies 2023
933 015 603 521 501	72	1 an	179	2 ans	Non
933 015 603 521 507	78	1 an	154	2 ans	Non
933 015 603 521 526	88	1 an	130	2 ans	Non
933 015 603 521 532	90	1 an	128	2 ans	Oui
933 015 603 521 530	90	1 an	136	2 ans	Oui
933 015 603 521 545	95	1 an	134	2 ans	Non
933 015 603 521 579	106	1 an	150	2 ans	Oui
933 015 603 521 589	108	1 an	157	2 ans	Oui
933 015 603 521 594	112	1 an	165	2 ans	Non
933 015 603 524 715	132	1 an	184	2 ans	Non
933 015 603 524 787	179	2 ans	208	3 ans	Non

Tableau 2 : Détail des 11 truites recapturées en 2023 dont 4 individus (en rouge) porteurs de glochidies

Après les opérations, les truites capturées (parasitées ou non) ont été remises à l'eau et réparties dans le bief entre les antennes amont / aval (à une distance min. d'au moins 100 m des antennes).

5.5. Tracking mobile

Nous avons envisagé de conduire un « tracking mobile » en fin d'étude (décembre 2023) afin de vérifier la présence des truites marquées dans le bief qui n'auraient pas été détectées par les antennes. Cette opération a finalement été annulée compte tenu de la nécessité particulière pour notre étude de ne pas marcher dans l'eau (prévention du risque de piétinement des moules). La distance de détection des transpondeurs (de l'ordre de 40-50 cm pour des *Pit tag* de 12 mm, 75 cm pour 23 mm) aurait nécessité de s'approcher des habitats supposés des poissons, condition qu'il n'aurait pas été possible de remplir correctement depuis les berges.

6. Résultats

6.1. Fonctionnement du dispositif RFID installé

Il est possible d'analyser certains paramètres de fonctionnement du dispositif RFID, de manière à vérifier la bonne continuité de suivi du système. Entre autres, nous suivons quotidiennement le nombre de détections des markertags (des marques mouchardes) 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 du markertag 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 moins de 40 détections quotidiennes des markertags.

Au total, le dispositif RFID a fonctionné durant **562 jours** (considérant la durée sans batterie sur site) avec des performances variables, comme cela est présenté dans la Figure 9. Le nombre de jours présentant 40 détections ou plus des markertags sont présentés dans le tableau suivant.

Coffret	Antenne	Nb de jours potentiels de fonctionnement	Nb MT ≥ 40	Prop. (%)
Amont	1	562	294	52%
	2		338	60%
Aval	1		371	66%
	2		424	75%

Tableau 3 : Quelques statistiques d'enregistrement des markertags (MT)

Le dispositif RFID a fonctionné **la majorité du temps du suivi (>50%)**, quel que soit le coffret concerné, mais on distingue des performances différentes entre ces derniers. Le coffret amont présente le plus de variabilité, notamment en début de chronique, et également après le second marquage (fin avril-début mai 2023).

La variabilité du fonctionnement du système RFID est tout d'abord expliquée par une surconsommation des antennes qui provoquait la mise en défaut des coffrets (problèmes rectifiés en cours de suivi). Mais c'est principalement l'ensoleillement très variable du site, ainsi que des chutes de neige importantes durant l'hiver 2022/2023, qui ont fortement limité le fonctionnement des panneaux solaires. Dans ces conditions, les batteries utilisées pour pallier les ruptures de fonctionnement solaire n'ont pas suffi.

Enfin, nous avons pu constater que certaines truites étaient résidentes de blocs localisés à proximité des antennes amont, ce qui a engendré des collisions de signaux RFID et *de facto* une baisse du nombre d'enregistrements des markertags.

Cependant, même si le dispositif RFID a présenté des périodes avec des performances moindres, **les périodes décisives de l'étude (notamment le mois qui suit le marquage) ont été correctement suivies.**

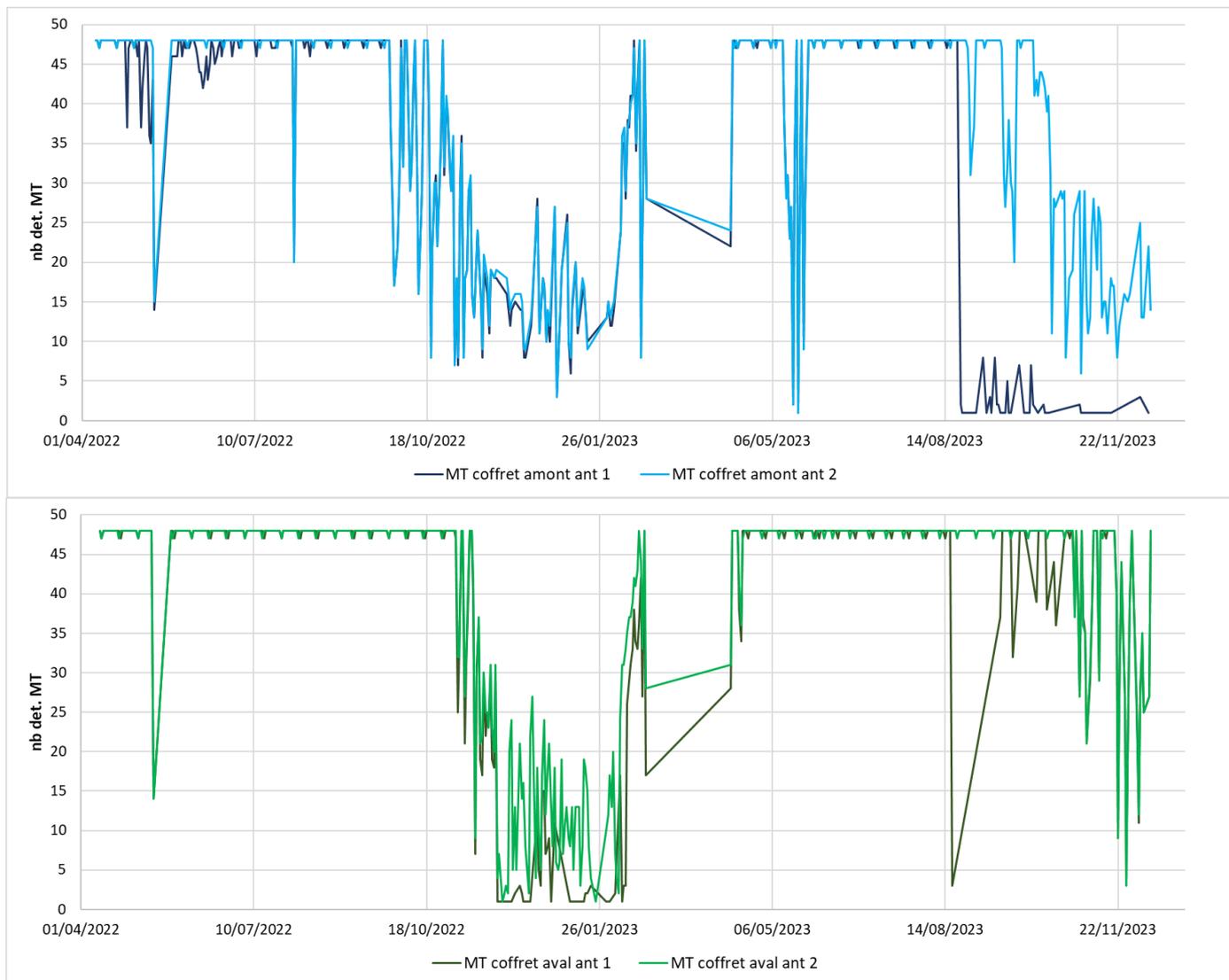


Figure 9 : Chronique d'enregistrement des marqueurs tags pour les 4 antennes RFID implantées dans le site d'étude (2 antennes sont présentées par coffret)

6.2. Description générale des détections RFID

À l'issue des deux campagnes de pêche/marquage, **138 truites équipées d'un transpondeur RFID** ont été relâchées dans le bief, comme cela est précisé dans la Figure 10.

Au cours de ces deux années de suivi (562 jours), **85 truites différentes ont été détectées par le dispositif RFID**, soit 62% de l'effectif marqué.

Au niveau du coffret amont, 76 truites différentes ont été détectées, soit 55% de l'effectif marqué. **Pour le coffret aval, ce sont 15 individus différents qui ont été détectés**, soit 11% de l'effectif marqué.

On notera que seules 6 truites ont été détectées au niveau des deux coffrets RFID.

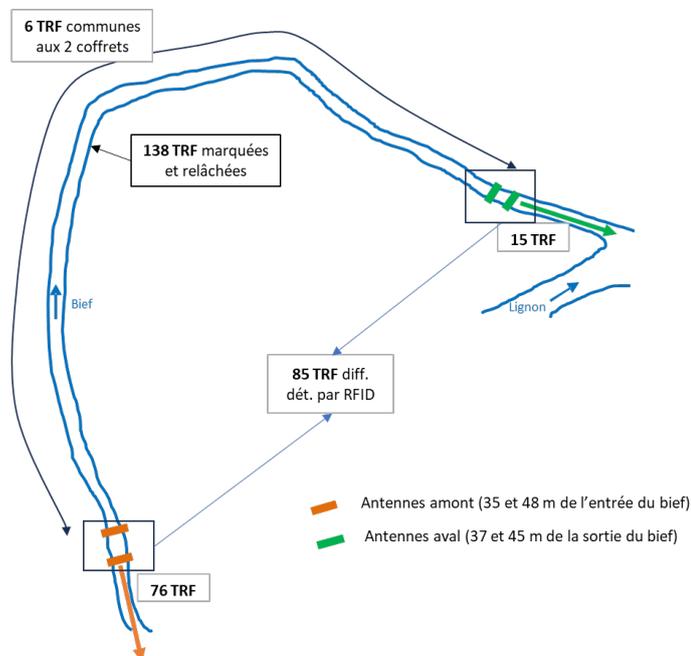


Figure 10 : Schéma de synthèse des détections RFID réalisées au droit du bief

Si l'on s'intéresse à la taille des truites détectées aux deux coffrets en comparant ces dernières au cheptel marqué en 2022 et 2023 (Figure 11), on constate tout d'abord que toutes les gammes de tailles sont représentées pour les truites détectées par le coffret amont. À l'inverse, on note que les truites < 90 mm n'ont pas été détectées par le coffret aval, ainsi que les individus ayant une taille comprise entre 140 et 160 mm. Autrement dit, il semble que les plus petites truites ont préférentiellement rejoint l'amont du bief.

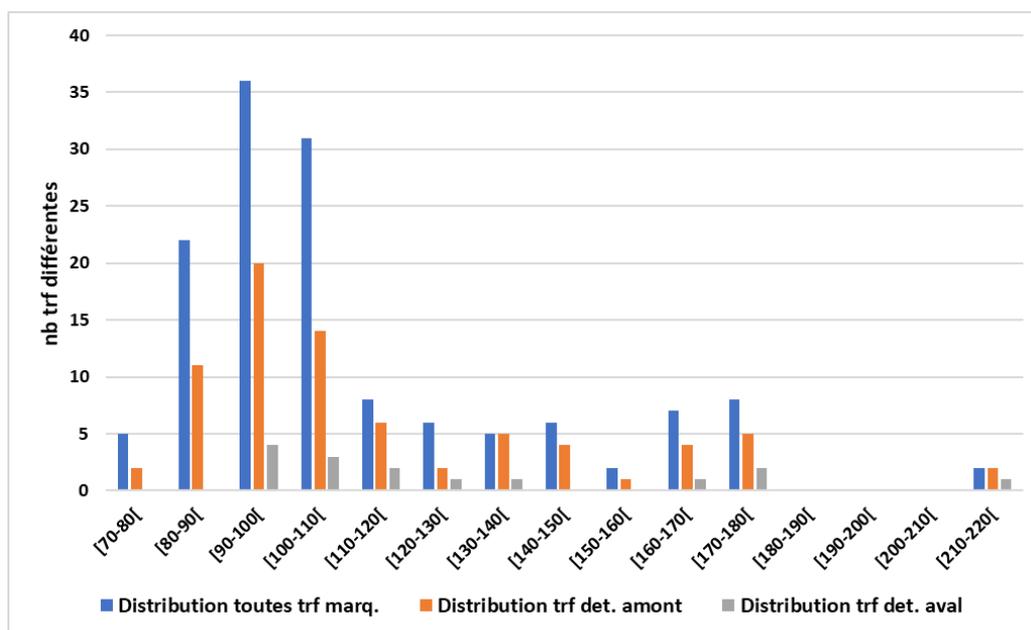


Figure 11 : Distribution de tailles (Lt en mm) des truites marquées en 2022/2023 (en bleu), des truites détectées par le coffret amont (en orange) et par le coffret aval (en gris)

6.3. Flux de détection des poissons

À l'issue des deux marquages, la chronique de suivi des transpondeurs au niveau des deux coffrets a été enregistrée (Figure 12). Au maximum, 18 truites différentes ont été détectées quotidiennement par le dispositif RFID, au niveau du coffret amont. Les détections par le coffret aval sont plus rares et éparées.

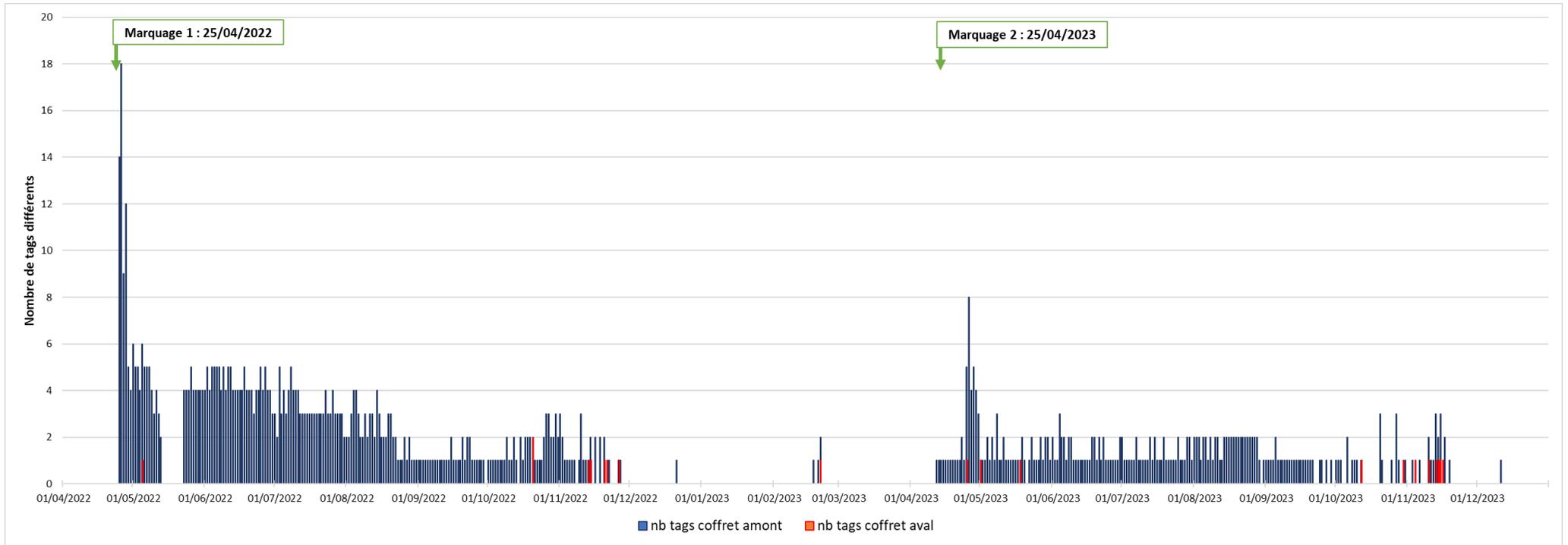


Figure 12 : Chronique de détection des transpondeurs durant la totalité du suivi. En bleu le nombre de transpondeurs détectés par le coffret amont, en rouge par le coffret aval. Les dates de marquages sont précisées.

D'une manière générale, les détections sont enregistrées en plus grand nombre **durant les 10 jours qui suivent le marquage**, quelle que soit l'année considérée. Par la suite, le flux de détection s'estompe graduellement et seules les truites résidentes des antennes sont quotidiennement détectées.

Ce type de flux est couramment observé dans les suivis RFID. Les truites sont généralement plus actives après le marquage, notamment pour rejoindre les habitats de capture ou sortir de la zone de stress de capture, c'est selon. Il est intéressant ici de constater que les mouvements sont orientés principalement vers l'amont du bief, cela est peut-être dû à la présence d'une succession de ressauts qui connecte l'aval du bief au Lignon.

6.4. Focus sur les poissons sortis du bief après les marquages

À la suite des marquages annuels, la sortie des truites du bief a été particulièrement étudiée. La période couverte par cette étude concerne la période comprise entre le 25/04/2022 et le 13/05/2022, puis entre le 25/04/2023 et le 23/05/2023. Ce sont lors de ces périodes printanières que les truites peuvent participer à la dissémination des glochidies dans le Lignon, en sortant hors du bief où réside la population de moules. En s'intéressant tout particulièrement aux individus **sortis définitivement du bief durant ces périodes** ^[1], nous pouvons estimer le nombre de poissons ayant permis la dissémination de la moule perlière hors du bief.

En 2022, considérant les truites ayant été détectées par l'antenne la plus proche du Lignon (par les coffrets amont et aval) et dont aucune re-détection n'a été observée durant les périodes mentionnées ci-avant, nous pouvons préciser que **28 truites sur les 100 marquées sont sorties du bief et ont participé à la dissémination (28%)**. Parmi ces 28 truites, **27 sont sorties par l'amont du bief, une seule par l'aval**.

En 2023, considérant la même méthode d'analyse, **14 truites sont sorties définitivement du bief, dont une truite marquée en 2022 et à nouveau parasitée en 2023**. Soit 13/38 truites marquées en 2023 (34%). Sur ces 14 truites, **11 sont sorties par l'amont du bief et 3 par l'aval** (Annexe 2).

La distribution des tailles des truites sorties du bief est comparable à celle de truites marquées avec **une majorité d'individus de petites tailles < 140 mm** correspondant aux truitelles d'un an immatures (Figure 13). Elles représentent 75% des effectifs en 2022 et 71% en 2023. Des individus de toutes les classes de taille marquées sont sortis du bief, en 2022 et/ou en 2023.

^[1] Autrement dit, nous nous intéressons aux truites sorties du bief, sans retour dans ce dernier durant les périodes étudiées. Les truites qui reviennent dans le bief, après les périodes étudiées, sont par conséquent considérées dans cette analyse. Elles ont en effet participé à la dissémination des glochidies.

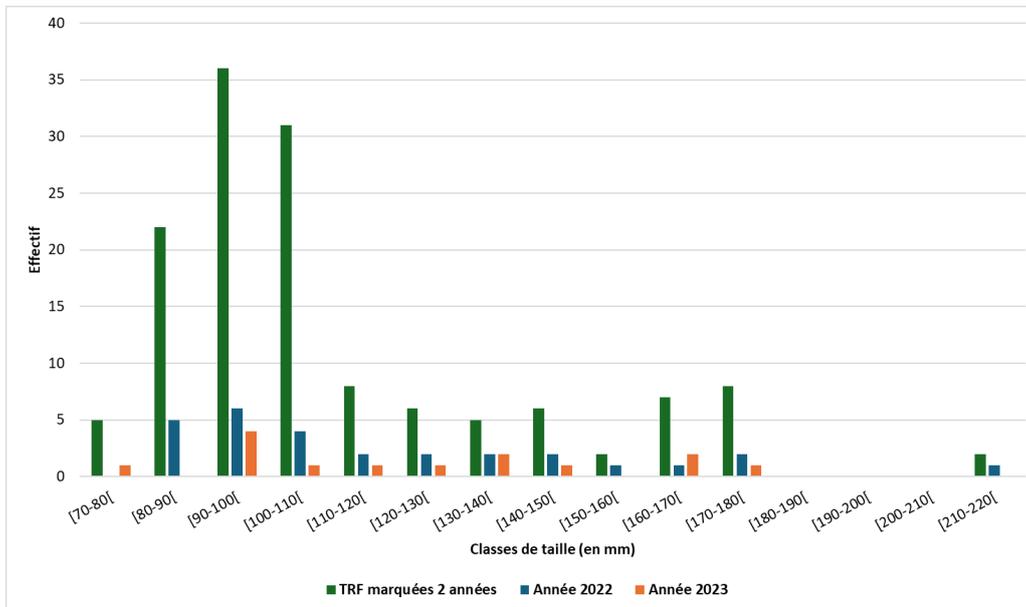


Figure 13 : Distribution de tailles (Lt en mm) des truites des truites sorties du bief en 2022 et en 2023, comparée à l'ensemble des truites marquées lors de l'étude

6.5. Conditions hydrologiques et thermiques post marquage

Si l'on s'intéresse au débit et à la température de l'eau du bief dans le mois suivant le marquage, *i.e* sur la période où les truites parasitées ont migré hors du bief, on note les points suivants (Figure 14).

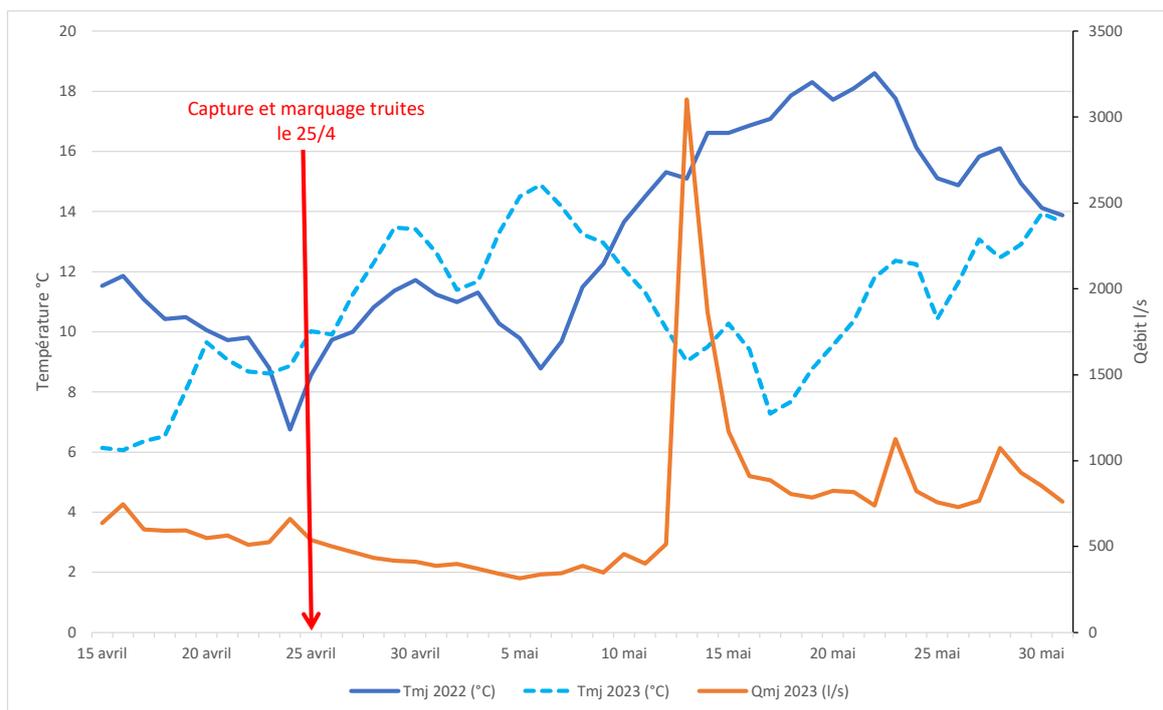


Figure 14 : Températures moyennes journalières (Tmj) en 2022 et 2023 et débits moyens journaliers (Qmj) en 2023 du bief dans le mois suivant la capture et le marquage des truites parasitées

En 2022, la température de l'eau du bief est de 8,6 °C le jour du marquage. Elle augmente ensuite régulièrement pour atteindre des valeurs dépassant 18°C les 21 et 22 mai (max. 18,6 °C), avant d'enclencher une baisse jusqu'à 14°C le 31 mai. La température moyenne sur les 30 jours consécutifs du 25 avril au 25 mai est de 13,7 °C (médiane = 13,7 °C).

En 2023, l'eau du bief le jour du marquage est de 10 °C. Elle augmente jusqu'à approcher 15°C le 6 mai puis baisse progressivement jusqu'à la mi-mai (min. à 7.3 °C le 17/5), avant d'entamer un nouveau réchauffement pour atteindre quasiment 14 °C le 31 mai. La température moyenne sur les 30 jours consécutifs post-marquage est de 11.3 °C (médiane = 11.4 °C).

Le débit dans le bief en 2023 s'abaisse légèrement de 540 à 350 l/s du 25 avril au 9 mai. Il remonte à environ 500 l/s le 12 mai puis enregistre une pointe journalière à 3.1 m³/s le 13 mai (débit instantané mesuré à 5.7 m³/s). La baisse est rapide (2 jours) puis le débit se stabilise autour d'une moyenne d'environ 850 l/s (730-1125 l/s) du 16 au 31 mai. Le débit moyen sur les 30 jours consécutifs post-marquage est de 709 l/s (médiane = 711 l/s).

Les débits du bief n'ont pas été mesurés en 2022. Cependant si l'on se réfère aux débits du Lignon enregistrés au Chambon-sur-Lignon (Figure 3, p.9), on note que les débits mensuels ont été nettement déficitaires en avril et mai et tout particulièrement en mai 2022 et avril 2023.

Les débits du bief entre la fin avril et la fin mai 2022 et 2023 ont été faibles et, par conséquent, peu favorables au déplacement des truitelles et à leur sortie dans le Lignon.

7. Synthèse, discussion et perspective

L'étude du déplacement des truites parasitées par les glochidies de moule perlière sur le bief du Pont de Mars en 2022 et 2023 montre que sur les 138 truites marquées, majoritairement juvéniles, **environ 30% rejoignent le Lignon** (28% en 2022 et 34% en 2023) **entre la fin avril et la fin mai** et participent donc, a priori ^[1], à la dissémination du bivalve dans le cours d'eau. Elle affirme donc l'intérêt du bief comme « **réservoir biologique** » de la population de *Margaritifera margaritifera* au cœur du site NATURA 2000.

Les sorties de truite du bief dans le Lignon se font en très grande majorité **par l'amont du bief** (90% des individus marqués) et concernent principalement **des petits individus** (73% < 140 mm) âgés d'un an. On aurait pu s'attendre intuitivement à ce que ces départs du bief soient davantage par l'aval, les migrations printanières des truitelles étant surtout par dévalaison lors des forts débits. Ce constat pose donc la question de la continuité piscicole entre l'exutoire aval du bief et le Lignon, malgré les travaux d'amélioration réalisés (2017, 2020), et de l'impact résiduel du profil créé en « marches d'escaliers ».

Les résultats obtenus doivent être replacés dans le **contexte hydro-climatique des années 2022/2023**, sèches et chaudes, **défavorable aux espèces aquatiques**. Les répercussions probables sur nos résultats concernent d'une part, la surmortalité des alevins de truite du bief pendant l'été 2022 liée à la température de l'eau excessive. Avec pour conséquence directe le faible effectif de truites parasitées ayant pu être capturées et marquées en 2023, très loin de l'objectif recherché de 100 truites, par ailleurs atteint en 2022. Et d'autre part, les faibles débits dans le bief entre la fin avril et la fin mai, peu propices au déplacement des truitelles et à leur sortie dans le Lignon, et donc à la dissémination des glochidies.

Il n'est pas alors exclu de penser que ce pourcentage de 30% pourrait être plus élevé lors d'années plus proches des normales météorologiques (meilleure survie estivale des alevins parasités, débits printaniers plus favorables à la migration des truitelles, ...).

^[1] Dans l'hypothèse préalablement évoquée (p.10) d'un développement des glochidies sur un cycle long et de leur libération dans le milieu aquatique au printemps, entre la fin avril et la mi-mai.

Il convient également de remarquer qu'avant la date des opérations de capture/marquage des truites le 25 avril ^[1], des individus parasités ont pu migrer hors du bief dans le Lignon. Ils n'ont bien évidemment pas été comptés par notre installation RFID.

Un biais éventuel doit être relevé concernant le fait que les déplacements des truites post-marquage aient pu être induits, au moins en partie, par l'effet du marquage. En effet, dans notre cas comme couramment observé dans d'autres suivis RFID, un grand nombre de détections sont enregistrées durant les jours qui suivent le marquage. Ce biais n'a pas été identifié avant le lancement de l'étude, ce qui aurait peut-être permis d'adapter un protocole différent (techniquement compliqué). Les truites sont généralement plus actives après le marquage pour rejoindre les habitats de capture ou sortir de la zone de stress de capture. Dans notre cas, elles ont été remises à l'eau dans le bief (à au moins 100 m des antennes) mais indépendamment du lieu précis de leur capture. Leur déplacement dans le Lignon, donc dans un habitat différencié du bief, pourrait cependant être la conséquence d'un besoin biologique (migration) indépendant du marquage.

L'étude a également montré **qu'une truite peut être parasitée deux années consécutives**. Sur les 42 individus parasités en 2023, 4 l'avait déjà été en 2022, soit presque 10% de l'échantillon. L'un de ces 4 individus est sorti du bief au printemps 2023 ; il a donc contribué à ensemercer en glochidies le bief en 2022, puis le Lignon en 2023.

L'étude constitue un nouvel acquis important dans la connaissance de la population de moule perlière du bief du Pont de Mars et son interaction avec le Lignon. Sur la base d'une hypothèse d'environ 200 à 300 glochidies de moule perlière annuellement parasitées sur les juvéniles de truite du bief (**Nicolas. 2021**), on peut estimer comme ordre de grandeur, sur la base de nos résultats, à **une centaine de glochidies qui seraient exportées annuellement dans le Lignon**, contribuant ainsi à disséminer potentiellement ^[2] l'espèce dans les milieux aquatiques.

La priorité pour la suite doit être de maintenir les suivis de la population de moule perlière du bief du Pont de Mars, engagés depuis une dizaine d'années (dynamique de la population, mortalité, recrutement en juvéniles...). Un contrôle de sa reproduction par la recherche de glochidies sur la truite pourra être poursuivi, mais pas nécessairement chaque année. Un inventaire de la population de truite du bief par pêche électrique également, pour vérifier son abondance et sa structure démographique dans la continuité des pêches précédentes (2018, 2019).

La recherche de moule perlière dans le Lignon à proximité du bief pourra être conduite/renforcée et notamment en amont puisque les truites parasitées utilisent très majoritairement cet exutoire pour rejoindre la rivière. La présence de jeunes moules (< 3 cm) sur ce tronçon du Lignon permettrait de valider leur survie durant leur développement enfoui dans les sédiments.

Sur le bief lui-même, les travaux d'amélioration des habitats ont été réalisés et sont fonctionnels, à part l'exutoire aval qui semble aujourd'hui poser des difficultés pour la migration des truites vers le Lignon, à la dévalaison donc et peut-être aussi à la montaison. Ce point serait à étudier plus précisément.

^[1] Pour rappel, cette date a été choisie sur la période de mi-avril/fin avril identifiée comme favorable à l'observation macroscopique des glochidies enkystées sur les arcs branchiaux des truites, suite aux études conduites sur le bief entre 2014 et 2021 (**Nicolas. 2021**).

^[2] Dans la mesure où le développement des jeunes moules dans la zone hyporhéique sédimentaire est possible.

BIBLIOGRAPHIE

Baran P., Delacoste M., Lascaux J.M. et Lagarrigue T. 1999. Etude la qualité des habitats de la truite fario sur 4 cours d'eau à haute valeur patrimoniale du département de la Loire, Rapport ENSAT – FDPPMA42_ janvier 2009.

Biotope. 2011. Plan national d'actions en faveur de la moule perlière 2012-2017. MEDDE. 84p. (disponible sur www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PNA_Mulette-perliere_2012-2017.pdf)

Caprio A. 2014. Suivi des espèces patrimoniales du site Natura 2000 « haute vallée du Lignon » N° FR8301088. Rapport de stage en Licence Pro. MINA à l'Université de Franche-Comté. 38 p. + annexes

CESAME. 2017. Étude hydraulique pour l'arasement de l'ouvrage ROE43591 et la pérennisation de la population de moules perlières située sur le bief. Rapport d'étape pour le SICALA43. 38 p. + annexes

CESAME. 2020. Etude hydraulique complémentaire sur le bief du Pont de Mars. Continuité écologique à la montaison. Etude de capacité. Présentation diaporama EPAGE Loire-Lignon 37 p.

Cochet G. 2004. La moule perlière et les nayades de France. Histoire d'une sauvegarde. Publication 32p. Edition Catiche Productions

Elliot J.M. 1995. A new improved growth model for brown trout, *Salmo trutta*. *Functional Ecology*, 9, 290-298.

Elliot J.M. and Hurley M.A. 1998. A new functional model for estimating the maximum amount of invertebrate food consumed per day by brown trout, *Salmo trutta*. *Freshwater Biology*, 39, 339-349.

EPAGE Loire-Lignon. 2022. Suivi de la Moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) sur le Lignon du Velay - année 2022. Compte rendu. 5p.

EPAGE Loire-Lignon. 2024. Présentation des actions 2023 au comité de pilotage du site Natura 2000« Haute vallée du Lignon » le 22 janvier 2024 à Chenereilles

FDPPMA63. 2014. Compte rendu de recherche de glochidies par pêche électrique sur l'Ance du Nord réalisée le 20 mai 2014. 4 p.

Fostier A., Mourot B., Nicolas S. 2014. Analyse de la reproduction de truites fario du bassin du Lignon. Rapport INRA 14 p. + planches photos

IDDRE. 2022. Etude hydrologique visant à l'établissement d'une courbe de régression sur le bief du Lignon au Pont de Mars – Equipement du site et installation d'une sonde pressiométrique automatique. Rapport EPAGE Loire-Lignon 25 p.

Nicolas S. 2014, 2015, 2017, 2018. Recherche de glochidies par pêche électrique sur le bief du « Pont de Mars ». Comptes rendus FDPPMA43

Nicolas S. 2018. Etude piscicole du bassin versant du Lignon amont : Synthèse des opérations de pêches électriques conduites entre 2013 et 2017 dans le cadre du Contrat Territorial du haut Lignon. Rapport FDPPMA43. 38 p. + annexes

Nicolas S. 2018. Bief à moules perlières du Pont de Mars : Inventaire de la population de truite par pêche électrique et des frayères de truite. Rapport FDPPMA43. 11 p. + annexes

Nicolas S. 2021. Compte rendu d'étude du site NATURA 2000 « Haute vallée du Lignon » (n°FR8301088). Bief à moules perlières du Pont de Mars : Synthèse des suivis piscicoles en lien avec la moule perlière conduits entre 2014 et 2021. Rapport EPAGE Loire-Lignon / FDPPMA43. 20p. + annexes

SICALA43. 2014. Compte rendu du comité de pilotage du site Natura 2000 « Haute vallée du Lignon » le 13 novembre 2014 aux Vastres.

ANNEXE 1. Liste des truites parasitées marquées en 2022 et 2023

Truites marquées en 2022

id_ind	N° enregistrement (Tag)	Date et horaire du marquage	Lt TRF (mm)	Nb glochidies
79	933 015 603 521 501	25/04/2022 13:12	72	
20	933 015 603 521 502	25/04/2022 11:51	76	
13	933 015 603 521 505	25/04/2022 11:43	78	
18	933 015 603 521 506	25/04/2022 11:49	78	
80	933 015 603 521 507	25/04/2022 13:13	78	
9	933 015 603 521 508	25/04/2022 11:40	80	
11	933 015 603 521 509	25/04/2022 11:41	80	
88	933 015 603 521 510	25/04/2022 14:58	81	
85	933 015 603 521 513	25/04/2022 14:56	82	
54	933 015 603 521 514	25/04/2022 12:45	82	
78	933 015 603 521 515	25/04/2022 13:11	82	
92	933 015 603 521 516	25/04/2022 15:01	84	
16	933 015 603 521 517	25/04/2022 11:47	85	
3	933 015 603 521 519	25/04/2022 11:34	85	
84	933 015 603 521 520	25/04/2022 13:16	85	
42	933 015 603 521 521	25/04/2022 12:32	86	
97	933 015 603 521 522	25/04/2022 15:05	87	
47	933 015 603 521 523	25/04/2022 12:38	87	
71	933 015 603 521 524	25/04/2022 13:04	88	
99	933 015 603 521 525	25/04/2022 15:07	88	
81	933 015 603 521 526	25/04/2022 13:14	88	
1	933 015 603 521 527	25/04/2022 11:28	89	
44	933 015 603 521 528	25/04/2022 12:34	89	
15	933 015 603 521 529	25/04/2022 11:45	90	
12	933 015 603 521 530	25/04/2022 11:42	90	
50	933 015 603 521 532	25/04/2022 12:40	90	
14	933 015 603 521 533	25/04/2022 11:44	90	
10	933 015 603 521 534	25/04/2022 11:40	91	
45	933 015 603 521 535	25/04/2022 12:36	91	
41	933 015 603 521 536	25/04/2022 12:30	91	
19	933 015 603 521 537	25/04/2022 11:49	92	
5	933 015 603 521 538	25/04/2022 11:37	92	
93	933 015 603 521 539	25/04/2022 15:01	93	
48	933 015 603 521 541	25/04/2022 12:38	94	
89	933 015 603 521 542	25/04/2022 14:58	95	
38	933 015 603 521 543	25/04/2022 12:26	95	
6	933 015 603 521 545	25/04/2022 11:37	95	
46	933 015 603 521 546	25/04/2022 12:37	95	
21	933 015 603 521 547	25/04/2022 11:52	95	
17	933 015 603 521 549	25/04/2022 11:48	95	
82	933 015 603 521 550	25/04/2022 13:14	95	
86	933 015 603 521 551	25/04/2022 14:56	96	
52	933 015 603 521 553	25/04/2022 12:43	96	
43	933 015 603 521 554	25/04/2022 12:33	96	
77	933 015 603 521 555	25/04/2022 13:10	97	
22	933 015 603 521 557	25/04/2022 11:53	97	
83	933 015 603 521 558	25/04/2022 13:15	97	
51	933 015 603 521 559	25/04/2022 12:41	97	
27	933 015 603 521 560	25/04/2022 11:57	97	
87	933 015 603 521 561	25/04/2022 14:57	98	

id_ind	N° enregistrement (Tag)	Date et horaire du marquage	Lt TRF (mm)	Nb glochidies
75	933 015 603 521 564	25/04/2022 13:08	98	
7	933 015 603 521 565	25/04/2022 11:38	99	
8	933 015 603 521 566	25/04/2022 11:39	101	
26	933 015 603 521 567	25/04/2022 11:56	101	
98	933 015 603 521 568	25/04/2022 15:06	101	
65	933 015 603 521 569	25/04/2022 12:56	102	
53	933 015 603 521 570	25/04/2022 12:44	102	
23	933 015 603 521 571	25/04/2022 11:54	104	
49	933 015 603 521 572	25/04/2022 12:39	105	
55	933 015 603 521 573	25/04/2022 12:46	105	
95	933 015 603 521 574	25/04/2022 15:03	105	
69	933 015 603 521 575	25/04/2022 13:01	105	
2	933 015 603 521 576	25/04/2022 11:33	105	
96	933 015 603 521 577	25/04/2022 15:04	105	
76	933 015 603 521 578	25/04/2022 13:09	105	
29	933 015 603 521 579	25/04/2022 11:59	106	
72	933 015 603 521 581	25/04/2022 13:05	106	
28	933 015 603 521 584	25/04/2022 11:58	106	
74	933 015 603 521 585	25/04/2022 13:07	107	
64	933 015 603 521 587	25/04/2022 12:55	107	
94	933 015 603 521 588	25/04/2022 15:02	108	
25	933 015 603 521 589	25/04/2022 11:55	108	
73	933 015 603 521 590	25/04/2022 13:06	108	
91	933 015 603 521 591	25/04/2022 15:00	109	
39	933 015 603 521 592	25/04/2022 12:29	112	
90	933 015 603 521 594	25/04/2022 14:59	112	
24	933 015 603 521 595	25/04/2022 11:54	113	
40	933 015 603 521 597	25/04/2022 12:29	115	
70	933 015 603 521 598	25/04/2022 13:01	117	
56	933 015 603 521 599	25/04/2022 12:47	118	
30	933 015 603 521 600	25/04/2022 12:00	120	
68	933 015 603 524 704	25/04/2022 13:00	121	
4	933 015 603 524 708	25/04/2022 11:35	124	
66	933 015 603 524 710	25/04/2022 12:58	132	
31	933 015 603 524 715	25/04/2022 12:01	132	
62	933 015 603 524 717	25/04/2022 12:53	144	
67	933 015 603 524 718	25/04/2022 12:59	148	
32	933 015 603 524 728	25/04/2022 12:03	155	
34	933 015 603 524 730	25/04/2022 12:05	157	
33	933 015 603 524 737	25/04/2022 12:03	161	
57	933 015 603 524 754	25/04/2022 12:48	162	
100	933 015 603 524 759	25/04/2022 15:08	163	
58	933 015 603 524 767	25/04/2022 12:49	171	
35	933 015 603 524 778	25/04/2022 12:06	171	
36	933 015 603 524 780	25/04/2022 12:09	174	
59	933 015 603 524 784	25/04/2022 12:50	174	
61	933 015 603 524 786	25/04/2022 12:52	178	
37	933 015 603 524 787	25/04/2022 12:09	179	
60	933 015 603 524 791	25/04/2022 12:50	214	
63	933 015 603 524 799	25/04/2022 12:54	217	

Truites marquées en 2023

id_ind	N° enregistrement (Tag)	Date et horaire du marquage	Lt TRF (mm)	Nb glochidies
116	933 015 603 529 532	25/04/2023 11:58	82	1
130	933 015 603 529 545	25/04/2023 14:49	83	3
126	933 015 603 529 524	25/04/2023 14:32	86	6
103	933 015 603 529 516	25/04/2023 11:40	88	4
105	933 015 603 529 509	25/04/2023 11:42	90	20+
123	933 015 603 529 537	25/04/2023 12:13	90	11
132	933 015 603 529 547	25/04/2023 15:17	93	9
128	933 015 603 529 586	25/04/2023 14:35	93	3
101	933 015 603 529 591	25/04/2023 11:37	96	12
127	933 015 603 529 535	25/04/2023 14:34	97	9
104	933 015 603 529 581	25/04/2023 11:41	99	9
102	933 015 603 529 531	25/04/2023 11:39	100	5
129	933 015 603 529 585	25/04/2023 14:47	100	8
107	933 015 603 529 553	25/04/2023 11:46	101	4
119	933 015 603 529 508	25/04/2023 12:09	102	20+
117	933 015 603 529 569	25/04/2023 11:59	104	16
136	933 015 603 529 566	25/04/2023 15:50	107	6
121	933 015 603 529 559	25/04/2023 12:11	108	8
133	933 015 603 529 565	25/04/2023 15:41	108	3
118	933 015 603 529 546	25/04/2023 12:08	109	16
120	933 015 603 529 519	25/04/2023 12:10	116	6
137	933 015 603 529 522	25/04/2023 15:52	117	1
114	933 015 603 529 572	25/04/2023 11:55	120	1
112	933 015 603 529 561	25/04/2023 11:52	126	16
134	933 015 603 529 582	25/04/2023 15:42	126	3
50	933 015 603 521 532	25/04/2023 11:19	128	4
113	933 015 603 529 573	25/04/2023 11:54	131	23
122	933 015 603 529 568	25/04/2023 12:12	133	3
124	933 015 603 529 549	25/04/2023 12:14	136	18
12	933 015 603 521 530	25/04/2023 12:03	136	15
115	933 015 603 529 562	25/04/2023 11:58	140	15
125	933 015 603 529 600	25/04/2023 12:14	143	20+
106	933 015 603 529 583	25/04/2023 11:44	144	14
135	933 015 603 529 526	25/04/2023 15:44	145	16
29	933 015 603 521 579	25/04/2023 11:20	150	2
25	933 015 603 521 589	25/04/2023 11:16	157	8
109	933 015 603 529 601	25/04/2023 11:48	160	20+
108	933 015 603 529 571	25/04/2023 11:47	161	9
138	933 015 603 529 587	25/04/2023 15:59	161	3
131	933 015 603 529 540	25/04/2023 15:14	168	2
110	933 015 603 529 517	25/04/2023 11:51	173	14
111	933 015 603 529 595	25/04/2023 11:51	173	17

En rouge, les truites 2022 recapturées en 2023

ANNEXE 2. Liste des truites sorties du bief en 2022 et 2023

Coffret de sortie du bief	Date et horaire de sortie du bief	N° enregistrement (Tag)	Lt TRF (mm)
Amont	25/04/2022 16:36:42	933 015 603 521 599	118
Amont	25/04/2022 16:41:18	933 015 603 524 799	217
Amont	25/04/2022 17:19:47	933 015 603 524 717	144
Amont	25/04/2022 17:50:25	933 015 603 524 718	148
Amont	25/04/2022 18:05:13	933 015 603 524 704	121
Amont	25/04/2022 18:38:13	933 015 603 521 561	98
Amont	26/04/2022 05:04:17	933 015 603 521 521	86
Amont	26/04/2022 05:05:37	933 015 603 524 754	162
Amont	26/04/2022 05:23:46	933 015 603 521 595	113
Amont	26/04/2022 06:02:26	933 015 603 521 568	101
Amont	26/04/2022 09:49:33	933 015 603 524 715	132
Amont	26/04/2022 10:09:09	933 015 603 521 549	95
Amont	26/04/2022 13:47:09	933 015 603 524 786	178
Amont	26/04/2022 15:14:23	933 015 603 521 514	82
Amont	26/04/2022 22:24:00	933 015 603 521 520	85
Amont	27/04/2022 10:16:49	933 015 603 524 784	174
Amont	27/04/2022 15:30:59	933 015 603 521 567	101
Amont	28/04/2022 11:26:30	933 015 603 521 581	106
Amont	28/04/2022 11:38:48	933 015 603 521 509	80
Amont	28/04/2022 15:29:45	933 015 603 521 564	98
Amont	29/04/2022 09:00:58	933 015 603 524 730	157
Amont	01/05/2022 11:09:05	933 015 603 521 519	85
Amont	02/05/2022 13:18:57	933 015 603 521 600	120
Amont	03/05/2022 04:43:17	933 015 603 521 565	99
Amont	06/05/2022 07:25:01	933 015 603 521 529	90
Amont	07/05/2022 15:35:54	933 015 603 521 553	96
Amont	08/05/2022 13:50:12	933 015 603 521 584	106
Aval	05/05/2022 20:37:20	933 015 603 524 710	132
Amont	25/04/2023 23:32:37	933 015 603 521 501	72
Amont	25/04/2023 23:53:30	933 015 603 529 540	168
Amont	26/04/2023 05:54:47	933 015 603 524 715	132
Amont	26/04/2023 09:34:31	933 015 603 529 509	90
Amont	26/04/2023 19:19:07	933 015 603 529 583	144
Amont	26/04/2023 23:26:38	933 015 603 529 595	173
Amont	28/04/2023 08:28:52	933 015 603 529 549	136
Amont	28/04/2023 13:28:15	933 015 603 529 591	96
Amont	28/04/2023 21:28:04	933 015 603 521 575	105
Amont	30/04/2023 15:07:14	933 015 603 529 587	161
Amont	19/05/2023 13:38:25	933 015 603 521 545	95
Aval	25/04/2023 21:50:22	933 015 603 521 598	117
Aval	01/05/2023 01:21:14	933 015 603 521 532	90
Aval	18/05/2023 22:55:31	933 015 603 529 572	120

En rouge, la truite marquée en 2022