

Etude des conditions de migration des saumons atlantiques sur la Garonne entre l'aval de Golfech et l'amont du Bazacle

Année 2023

L.Carry, S.Gracia, O.Menchi, P.Tardieu, S. Bosc, A.Michaud,
R.Troussier, ECOGEA



M I G A D O

Etude des conditions de migration du saumon atlantique sur la Garonne

**Etude de l'efficacité des dispositifs de franchissements
des aménagements de Golfech et du Bazacle par suivi télémétrique.**

Résultats des suivis du printemps 2023

Remerciements à :

- l'ensemble du personnel EDF de l'usine de Golfech, en particulier Christophe Ratier (cadre d'exploitation) et le chef d'usine Jean-Christophe Magne, pour avoir contribué au bon déroulement de l'étude, ainsi que Vincent Mataix (EDF CIH Toulouse), pour la coordination de l'étude.
- le pôle d'Ecohydraulique - OFB de Toulouse pour nous avoir prêté le matériel supplémentaire nécessaire au bon déroulement de cette étude et pour l'installation d'une station fixe radio dans les leurs locaux de Toulouse.

SYNTHESE OPERATIONNELLE

L'objectif principal de ce suivi 2023 est **d'évaluer, pour le saumon atlantique, le taux de franchissement au niveau de l'aménagement de Golfech/Malause** sur la Garonne et **d'analyser le degré d'efficacité des préconisations mises en place au niveau de l'ascenseur** lors de l'hiver 2022-2023. Cette analyse s'appuie également sur **un suivi d'espèces holobiotiques** (barbeau fluviatile, chevesne et brème commune) mené en parallèle. Dans un deuxième temps, l'étude vise également à évaluer **le taux de transfert des saumons entre Golfech-Malause et le Bazacle**, ainsi que **le taux de franchissement des saumons au niveau des aménagements du Bazacle, du Ramier et de la Cavaletade**

L'étude s'est déroulée lors de la période principale de migration du saumon entre les mois de mars et de juin 2023 sur le complexe Golfech/Malause (ascenseur à poisson et rivière de contournement) et le tronçon de Garonne jusqu'à Toulouse, situé environ 100 km en amont. **Les déplacements et les franchissements de 6 saumons ont été suivis par télémétrie radio et RFID, ainsi que le comportement de 38 individus d'espèces holobiotiques suivis par télémétrie RFID uniquement au niveau des ouvrages.** Les poissons ont été marqués au niveau de la station de contrôle vidéo de Golfech, après un premier franchissement de l'ouvrage de montaison. Tous les saumons ont été lâchés à Lamagistère, 3,5 km en aval du site de Golfech et tous les holobiotiques ont été lâchés en aval direct de l'aménagement.

Pour ce suivi 2023, **l'hydrologie de la Garonne** au niveau de la station de Lamagistère a été **largement déficitaire**. L'ensemble des mois de suivis présente une hydrologie largement inférieure aux débits de référence (de 24 % à 91 % selon le mois étudié). L'année 2023 a vu également très peu de saumons atlantiques franchir l'ascenseur à poissons de Golfech puisqu'un effectif de **seulement 14 individus a été contrôlé**, ce qui constitue le plus faible effectif depuis la mise en service de la station de contrôle au début des années 1990 (en moyenne, 123 individus par an depuis 2003).

Suivi des saumons

Parmi les 6 individus suivis en aval de l'ascenseur de Golfech, seuls 5 ont atteint le pied de l'ascenseur. Ils ont tous été enregistrés au moins à une des deux entrées de l'ascenseur. **Sur ces 5 poissons, seuls 2 ont réalisé au moins une incursion dans une des deux entrées.** L'un des 3 poissons qui n'a pas réalisé d'incursions, a emprunté par la suite le tronçon court-circuité pour atteindre le barrage de Malause et le franchir par la rivière de contournement. **Les 2 poissons ayant réalisé des incursions aux entrées ont finalement été piégés par la nasse de l'ascenseur.** Malheureusement, cette année, **un de ces deux saumons est mort durant le cycle de remontée de l'ascenseur** (il est probablement sorti de la cuve de l'ascenseur).

L'une des préconisations mise en place lors de l'hiver 2022-2023 concernant la gestion de l'ascenseur est le **fonctionnement séquentiel des deux entrées piscicoles** selon le fonctionnement du groupe 3 de l'usine (ouverture uniquement de l'entrée 2 lorsque le G3 fonctionne à moins de 50 % de sa capacité et ouverture uniquement de l'entrée 1 lorsque le G3 fonctionne à plus de 50 % de sa capacité). **La majorité des détections en aval de l'aménagement ont été enregistrées avec uniquement l'entrée 2 ouverte.** Les hauteurs de chute au niveau des entrées ont globalement été **centrées sur 30 cm** tout au long du suivi, respectant ainsi la consigne de régulation.

Les deux saumons qui ont pénétré dans l'enceinte ont emprunté à chaque fois l'entrée 2. Le premier saumon a réalisé **une entrée unique et s'est fait piéger par la nasse de l'ascenseur en moins de 20 minutes**. Le second saumon a pénétré à 5 reprises dans l'enceinte de l'ascenseur dont 3 fois jusqu'à la nasse de piégeage d'où il est ressorti les 2 premières fois. **La 5^{ème} et dernière incursion dans l'enceinte de l'ascenseur s'est soldée par le piégeage** du poisson. Cette incursion a duré moins de 7 minutes.

Parmi les 2 individus marqués qui ont franchi le complexe Golfech/Malause (un via l'ascenseur à l'usine et un via la rivière de contournement du TCC), **un seul a atteint l'ouvrage du Bazacle** à Toulouse (délai d'arrivée de 15 jours). Cet individu a été enregistré pendant 3 jours en aval de l'aménagement. Il a réalisé 3 approches de l'entrée dont 2 se sont conclues par une incursion dans la passe. **Le temps de franchissement de la passe lors de la dernière incursion est inférieur à 2h**. Les hauteurs de chute à l'entrée de la passe lors de ce franchissement étaient comprises **entre 40 cm et 50 cm**. Ce poisson a ensuite été détecté au pied de l'ouvrage du Ramier qu'il ne franchira pas.

Suivi des holobiotiques

Au cours de ce suivi 2023, **38 poissons holobiotiques ont été capturés puis marqués** en RFID entre les mois d'avril et mai (7 barbeaux fluviatiles, 15 brêmes communes et 16 chevesnes). Tous relâchés en aval de l'ascenseur, seuls **18 ont été enregistrés au moins à une des deux entrées de l'ascenseur** et seuls **7 ont été détectés au niveau du piège de l'ascenseur et ont franchi l'aménagement** (2 BAF, 2 BRE et 3 CHE). Concernant les 11 poissons détectés mais n'ayant pas franchi, certains se sont déplacés dans l'enceinte de l'ascenseur mais **aucun n'a été détecté dans le dispositif de piégeage**.

Les différents poissons suivis ont réalisé **entre 1 et 20 incursions dans l'enceinte de l'ascenseur**. Les poissons ayant franchi l'ascenseur ont eux **réalisé entre 1 et 4 incursions différentes au maximum**.

Parmi les 7 holobiotiques ayant franchi l'ascenseur, 1 brême a été détectée au niveau de l'ouvrage du Bazacle, 35 jours après son franchissement de Golfech.

Principaux enseignements du suivi 2023 concernant l'ascenseur de Golfech

Malgré les faibles échantillons de saumons et d'holobiotiques marqués en 2023, des similitudes semblent apparaître dans le comportement des individus au droit des entrées et dans l'enceinte de l'ascenseur :

- Concernant l'ouverture séquentielle des deux entrées, le suivi a montré que :
 - Chaque entrée a été exploitée au moment de son ouverture par les individus marqués présents sur zone,
 - Ces ouvertures séquentielles ont évité des entrées-sorties par des entrées différentes sans visite du piège, comme constaté dans les précédents suivis (entrée E1 => sortie E2 ou entrée E2 => sortie E1),
 - Des ressorties de l'enceinte de l'ASP (avec ou sans visite du piège) sont toutefois encore constatées, mais par la même entrée.
- Concernant les individus détectés dans le piège, seuls ceux ayant franchi l'ascenseur ont été enregistrés comme pénétrant dans le piège (2/2 pour les saumons et 7/7 pour les holobiotiques), que ce soit après une ou plusieurs tentatives.
- Concernant les individus ayant pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur mais n'ayant pas été détectés dans le piège, seuls certains individus d'holobiotiques sont concernés puisque pour les saumons, seuls les deux saumons ayant été enregistrés dans le piège de l'ascenseur ont pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur.

SOMMAIRE :

1.	INTRODUCTION	11
2.	OBJECTIFS DE L'ETUDE	13
3.	PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE	16
3.1	Le bassin de la Garonne	16
3.2	L'aménagement hydroélectrique de Malause-Golfech.....	17
3.2.1	Dispositifs de franchissement du complexe Malause-Golfech.....	19
3.2.1.1	Ascenseur à poissons	19
3.2.1.2	Passe à anguilles.....	22
3.2.1.3	Dévalaison	23
3.2.1.4	La rivière de contournement de Malause.....	23
3.3	Aménagements hydroélectriques du secteur de Toulouse	24
3.3.1	Chaussée du Bazacle (RD+RG)	24
3.3.1.1	Passes à poissons	25
3.3.1.2	Dévalaison	27
3.3.2	Aménagement hydroélectrique du Ramier.....	27
3.3.2.1	Passes à poissons	29
3.3.2.2	Dévalaison	30
3.3.3	Aménagement hydroélectrique de la Cavaletade.....	30
3.3.3.1	Passes à poissons	30
3.3.3.2	Dévalaison	31
4.	MATERIEL ET METHODE	32
4.1	La période d'étude	32
4.2	Le matériel biologique	32
4.2.1	Piégeage du matériel biologique.....	32
4.2.2	Modalités de marquage, de stabulation et de lâcher	32
4.2.2.1	Anesthésie.....	32
4.2.2.2	Biométrie et prélèvements	33
4.2.2.3	Marquage :.....	33
4.2.2.4	Mise en poche et transport pour lâcher	35
4.2.2.5	Hygiène :	35
4.3	Les conditions environnementales au cours de la période d'étude	35
4.3.1	Les débits.....	35
4.3.2	Débits et fonctionnement des ouvrages suivis.....	36
4.3.2.1	Malause-Golfech	36
4.3.2.2	Bazacle	36
4.3.3	La température.....	36
4.4	Suivi des déplacements de poissons à l'aide de la technique de radiotélémétrie	37
4.4.1	Principe.....	37
4.4.2	Matériel utilisé	38
4.4.2.1	Emetteurs.....	38
4.4.2.2	Stations d'enregistrement	38
4.4.3	Localisation des zones de détection.....	39
4.5	Suivi des déplacements de poissons à l'aide de la technologie RFID	44
4.5.1	Principe.....	44
4.5.2	Equipement des sites	45
4.5.2.1	Ouvrage de Golfech.....	45
4.5.2.2	Ouvrage du Bazacle.....	47
4.6	Suivi mobile des déplacements de poissons.....	49

5.	CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE L'ETUDE	50
5.1	Débits.....	50
5.2	Analyse de l'année 2023 par rapport aux chroniques historiques	53
5.3	Fonctionnement de l'ouvrage hydroélectrique de Golfech.....	55
5.4	Température de l'eau	56
6.	RESULTATS AUX STATIONS DE CONTROLE ET de PIEGEAGE	57
6.1	Station de contrôle de Golfech	57
6.1.1	Fonctionnement de l'ascenseur à poissons de Golfech	57
6.1.2	Le saumon atlantique.....	57
6.2	Données de piégeage/marquage	58
6.3	Station de contrôle du Bazacle.....	59
7.	RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI PAR TELEMETRIE.....	61
7.1	Devenir des 6 saumons marqués.....	62
7.2	Comportement des saumons au niveau du complexe Golfech-Malause.....	65
7.2.1	Détections des poissons en aval proche de l'ascenseur à poissons.....	65
7.2.2	Temps de prospection à l'aval de l'ascenseur de Golfech.....	66
7.2.3	Comportement des poissons au niveau des deux entrées de l'ascenseur à poissons	67
7.2.3.1	Configurations de l'usine de Golfech pendant la période de suivi.....	68
7.2.3.2	Hauteurs de chute aux deux entrées de l'ASP lors de la présentation des saumons	69
7.2.4	Comportement des saumons dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons	70
7.2.4.1	Analyse des cycles de l'ascenseur	72
7.2.5	Comportement des poissons suivis en amont de l'ASP (canal de transfert et canal d'amenée) 74	
7.2.6	Incursions dans le tronçon court-circuité de Malause-Golfech.....	74
7.3	Comportement des saumons entre Malause et Toulouse	75
7.4	Comportement des saumons au niveau du Bazacle.....	76
7.4.1	Fonctionnement de l'ouvrage hydroélectrique du Bazacle.....	76
7.4.2	Comportement général des saumons au niveau du Bazacle.....	78
7.4.3	Influence des paramètres environnementaux sur la montaison au Bazacle.....	79
8.	RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI DES especes de POISSONS HOLOBIOTIQUES	81
8.1	Devenir des 38 poissons holobiotiques marqués.....	81
8.2	Comportement au niveau du complexe Golfech-Malause	82
8.2.1	Comportement des poissons dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons.....	83
9.	CONCLUSION / PERSPECTIVES.....	89
10.	BIBLIOGRAPHIE	91
11.	ANNEXES	93

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du bassin Garonne-Dordogne et localisation des stations de contrôle MI.GA.DO sur la Garonne (Golfech, Bazacle et Carbonne)	16
Figure 2 : Localisation du site d'étude : Malause-Golfech	17
Figure 3 : Vues aériennes de l'usine hydroélectrique de Golfech et du dispositif d'ascenseur à poissons. (Source COURRET et al., 2023)	19
Figure 4 : Schéma de la partie basse de l'ascenseur de Golfech et de son fonctionnement (modifié d'après TRAVADE et al., 1992)	21
Figure 5 : Plan technique du dispositif de franchissement mis en place (EDF, Thomas PIQUET, 2022)	23
Figure 6 : Schéma d'implantation de la passe à bassins et de la passe à ralentisseurs du Bazacle (d'après DARTIGUELONGUE, 2019)	26
Figure 7 : Schéma de la passe à bassins de la centrale du Ramier	29
Figure 8 : Schéma d'implantation de la centrale de la Cavaletade (source : Vinci).....	30
Figure 9 : Schéma des différentes zones de suivis en amont et en aval du barrage de Golfech.....	37
Figure 10 : Principe du radiopistage en milieu aquatique (d'après BARAS et CHERRY, 1990)	37
Figure 11 : Schéma des différentes zones d'enregistrements radio (vert) et RFID (rouge) sur le site de Golfech	41
Figure 12 : Schéma des différentes zones d'enregistrements radio (vert) et RFID (rouge) sur le site du Bazacle	42
Figure 13 : Principe de fonctionnement du système RFID de CIPAM	45
Figure 14 : Schéma de l'implantation des antennes RFID dans l'enceinte de l'ascenseur de Golfech	47
Figure 15 : Zoom sur l'entrée de la passe à bassins du Bazacle.....	48
Figure 16 : Débits moyens mensuels de la Garonne à Lamagistère (chronique de 1966 à 2023).....	50
Figure 17 : Débits moyens journaliers de la Garonne et du Tarn pendant la période d'étude	51
Figure 18 : Débits classés de la Garonne à Lamagistère pendant la période d'étude	52
Figure 19 : Débits classés de la Garonne à Portet-sur-Garonne pendant la période d'étude	52
Figure 20 : Débits classés du Tarn à Villemur-sur-Tarn pendant la période d'étude.....	52
Figure 21 : Comparaison des débits de la Garonne à Lamagistère depuis 1967	54
Figure 22 : Fonctionnement des 3 groupes de l'usine hydroélectrique de Golfech durant le premier semestre 2023	55
Figure 23 : Représentation des jours de déversement au barrage de Malause	55
Figure 24 : Hydrologie et thermie de la Garonne au cours du suivi 2023	56
Figure 25 : Répartition du temps de fonctionnement et des causes d'arrêt de l'ASP pour l'année 2023.....	57
Figure 26 : Répartition du temps de fonctionnement et des causes d'arrêt de l'ASP pendant la période de migration 2023	57
Figure 27 : Répartition des franchissements et des piégeage/marquages à Golfech et Malause, ainsi que des franchissements au Bazacle en fonction des débits de la Garonne.....	59
Figure 28 : Effectifs cumulés de saumons Atlantique contrôlés aux stations de Golfech/Malause et du Bazacle.....	60

Figure 29 : Cartographie des différents secteurs et les différents codes utilisés dans l'analyse du devenir des individus marqués (points kilométrique).....	61
Figure 30 : Schéma bilan de la position la plus amont de chaque poisson suivi sur le secteur en amont du complexe Malause-Golfech.....	63
Figure 31 : Schéma bilan de la position la plus amont de chaque poisson suivi sur le secteur en aval du complexe Malause-Golfech.....	64
Figure 32 : Rappel de la zone GOLGENE étudiée dans les paragraphes 7.2.1 et 7.2.2.....	65
Figure 33 : Rappel de la zone GOLE1 et GOLE2 étudiée dans le paragraphe 7.2.3.....	67
Figure 34 : Répartition des configurations d'usine à Golfech en fonction du nombre de groupes en fonctionnement.....	68
Figure 35 : Hauteurs de chute aux deux entrées de l'ASP en fonction du débit turbiné à Golfech.....	69
Figure 36 : Rappel de la zone GOLE1 et GOLE2 étudiée dans le paragraphe 7.2.4.....	70
Figure 37 : Schéma bilan des incursions dans l'enceinte de l'ASP du saumon 48801_02.....	72
Figure 38 : Nombre de cycles quotidiens effectués par l'ascenseur de Golfech lors de la saison de migration 2023.....	73
Figure 39 : Schéma bilan de la migration du saumon 48801_03.....	75
Figure 40 : Schéma bilan de la migration du saumon 48801_00.....	76
Figure 41 : Répartition des temps de transfert entre la sortie du canal d'amenée de Golfech et l'arrivée à l'aval du Bazacle pour les poissons suivis depuis 2020. Comparaison avec le SAT 48801_00 de 2023.....	76
Figure 42 : Répartition des configurations d'usine au Bazacle en fonction du nombre de groupes en fonctionnement.....	77
Figure 43 : Représentation des jours de déversement au barrage du Bazacle.....	77
Figure 44 : Rappel de la zone BAZGENE et BAZENT étudiée dans le paragraphe 7.4.2 et 7.4.3.....	78
Figure 45 : Détections des saumons aux antennes radio du Bazacle pour les individus ayant franchi l'aménagement.....	79
Figure 46 : Schéma bilan des incursions dans la PAB du Bazacle pour le saumon 48801_00.....	80
Figure 47 : Comparaison de la répartition hebdomadaire des passages de saumons à Golfech, à Malause et au Bazacle avec la répartition des piégeages/marquages pour le suivi télémétrique.....	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Améliorations des consignes de gestion de l'ascenseur mises en place pour la saison de migration 2023 (extrait de COURRET et al, 2023).	14
Tableau 2 : Caractéristiques constructeur des radio-émetteurs utilisés	38
Tableau 3 : Distances de détection des antennes mesurées lors de l'installation.....	47
Tableau 4 : Distances de détection des antennes mesurées lors de l'installation.....	49
Tableau 5 : Coefficients d'hydraulicité de la Garonne à Lamagistère pendant la période d'étude.....	50
Tableau 6 : Coefficients d'hydraulicité de la Garonne à Portet-sur-Garonne pendant la période d'étude.....	50
Tableau 7 : Coefficients d'hydraulicité du Tarn à Villemur-sur-Tarn pendant la période d'étude	51
Tableau 8 : Bilan historique des effectifs de saumons Atlantique contrôlés à Golfech depuis 1993	57
Tableau 9 : Synthèse des poissons piégés et marqués à Golfech au cours du suivi 2023.....	58
Tableau 10 : Evolution du taux de transfert des saumons sur la Garonne entre Golfech et le Bazacle entre 1994 et 2023	59
Tableau 11 : Détails des détections des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech	62
Tableau 12 : Détails des configurations d'usine lors des différentes incursions de saumons marqués au pied de l'usine de Golfech.....	65
Tableau 13 : Détails des délais de présentation à l'ASP après le lâcher de chaque poisson et temps de blocage en aval de celui-ci.....	66
Tableau 14 : Détails des détections radio à l'entrée 1 et à l'entrée 2 de l'ascenseur en fonction de l'ouverture de chaque entrée	67
Tableau 15 : Répartition horaires des 5 configurations d'usine rencontrées entre le 1er avril et le 31 mai 2023.....	69
Tableau 16 : Nombre de détections brutes* à chaque antenne RFID au niveau de l'ASP.....	70
Tableau 17 : Détails des différentes incursions de saumons marqués au niveau des antennes RFID des entrées 1 et 2 de l'ascenseur.....	71
Tableau 18 : Détails des incursions dans l'enceinte de l'ascenseur en fonction des cycles de l'ascenseur à poissons.....	73
Tableau 19 : Détails du devenir des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech (holobiotiques + saumons).....	82
Tableau 20 : Nombre de détections brutes* à chaque antenne RFID au niveau de l'ASP.....	83
Tableau 21 : Analyses des premières détections des poissons holobiotiques et de la durée de présence au droit de l'ascenseur	84
Tableau 22 : Analyses des différentes incursions dans l'enceinte de l'ASP réalisées par les poissons holobiotiques marqués.....	85
Tableau 23 : Hauteur de chute enregistrée lors de la dernière incursion avant franchissement et durée de cycle de remontée de l'ascenseur	86
Tableau 24 : Détails des incursions dans l'enceinte de l'ascenseur lorsque l'individu a pénétré dans le piège en fonction des cycles de l'ascenseur à poissons.....	87

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Vue aérienne du barrage de Malause (source : EDF).....	18
Photo 2 : Vue aval RD du barrage de Malause (source : malause.fr)	18
Photo 3 : Vue aval du barrage-usine de Golfech	18
Photo 4 : Vue aérienne du barrage-usine de Golfech et du canal d'amenée (source : EDF).....	18
Photo 5 : Système de grille anti-retour du bassin de stabulation (amont)	20
Photo 6 : Système de grille anti-retour du bassin de stabulation (aval).....	20
Photo 7 : Vitre de la station de contrôle au niveau du canal de transfert de Golfech	22
Photo 8 : Partie aval de la passe à anguilles	22
Photo 9 : Partie amont de la passe à anguilles	22
Photo 10 : Vue aérienne de la rivière de Malause pendant la phase de travaux (source : EDF).....	24
Photo 11 : Vue de la section en passe à bassins à 2 fentes verticales du dispositif de franchissement de Malause (source : OFB)	24
Photo 12 : Vue aérienne du barrage du Bazacle au cœur de Toulouse (source : Géoportail).....	25
Photo 13 : Vue de la passe à bassins du Bazacle	26
Photo 14 : Vue de la passe à ralentisseurs du Bazacle	26
Photo 15 : Vue aérienne globale des deux bras de la Garonne à Toulouse et localisation des différents aménagements hydroélectriques	28
Photo 16 : Vue aérienne de l'usine et de la passe à bassins de la centrale du Ramier	29
Photo 17 : Turbine VLH (source : MJ2 Technologies)	30
Photo 18 : Vue aval de l'aménagement de la Cavaletade avec l'entrée de la passe à bassins à droite de la sortie des turbines (source : MJ2 Technologies)	31
Photo 19 : Vues des bassins de la passe à poissons avec implantation des rugosités de fond (source : Farcimar).....	31
Photo 20 : Bâche en forme de civière utilisée pour l'anesthésie des poissons	33
Photo 21 : Tag RFID de 32 mm fixé sur l'antenne de l'émetteur radio dans une gaine thermo-rétractable	34
Photo 22 : Marquage avec un émetteur radio par insertion stomacale	34
Photo 23 : Lâcher d'un saumon marqué dans le vivier flottant	35
Photo 24 : Vue subaquatique d'un saumon marqué au moment de son lâcher	35
Photo 25 : Exemples d'installation de récepteur-enregistreurs utilisés à Golfech (à gauche) et au Bazacle (à droite)	39
Photo 26 : Installation de station d'enregistrement radio autonome	40
Photo 27 : Antenne aval (antenne boucle) installée à l'entrée de la passe à poissons de l'usine du Ramier	43
Photo 28 : Antenne amont (antenne brin) installée en amont de la passe à poissons de l'usine du Ramier	43
Photo 29 : Antenne aval (antenne boucle) installée à l'entrée de la passe à poissons de l'usine de la Cavaletade	43
Photo 30 : Antenne amont (antenne brin) installée en amont de la passe à poissons de l'usine de la Cavaletade	43
Photo 31 : Type de marque utilisée (PIT-Tag)	44

Photo 32 : Coffrets d'enregistrement CIPAM	44
Photo 33 : Antenne GO10000 à l'entrée 1 de l'ascenseur (avant retrait de l'anti-retour)	46
Photo 34 : Antenne GO20000 à l'entrée 2 de l'ascenseur	46
Photo 35 : antenne RFID GO12000, installée entre l'entrée 1 et l'entrée 2 de l'ascenseur à poissons	46
Photo 36 : antenne RFID GO12300, installée au sol à plat à l'intérieur du piège de l'ascenseur à poissons	46
Photo 37 : Antenne BA10000, au niveau de l'entrée de la PAB	48
Photo 38 : Antenne BA20000 (vue depuis l'amont)	48
Photo 39 : Contrôle à la station vidéo du Bazacle du saumon 48801_00	78

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Descriptif global des stations d'enregistrement (Radio/RFID).....	93
Annexe B : Zoom sur l'appellation des PK au niveau du secteur de Golfech (PK_GAR et PK_GOL).....	94
Annexe C : Synthèse des poissons holobiotiques piégés et marqués à Golfech au cours du suivi 2023.....	95

1. INTRODUCTION

La France possède un potentiel de façade maritime très important, permettant d'accueillir de nombreuses espèces migratrices qui y ont historiquement trouvé les conditions favorables à leur développement. Ainsi, le système fluvio-estuarien Gironde-Garonne-Dordogne est le dernier bassin européen à abriter les huit espèces de poissons migrateurs amphihalins : l'anguille, le saumon atlantique, la truite de mer, l'esturgeon européen, les lamproies marine et fluviatile, la grande alose et l'aloise feinte.

Depuis plus d'un siècle, en France, les cours d'eau ont été fortement anthropisés par l'Homme, réduisant ainsi de manière constante les aires de répartition des poissons migrateurs et empêchant de ce fait les grands migrateurs amphihalins d'accomplir leurs cycles biologiques. Cette régression s'est accélérée avec le temps, entraînant la diminution importante des populations de migrateurs, notamment le saumon atlantique (*Salmo salar*, L.), voire leur disparition sur certains bassins hydrographiques dont la Garonne et la Dordogne.

Parmi les causes explicatives, l'un des principaux facteurs est l'édification d'obstacles à la libre circulation piscicole (barrages, seuils) sur les axes migratoires. L'impact de ces ouvrages sur ces populations a éclipsé jusqu'ici très largement celui de la pollution des eaux ou des prélèvements par la pêche. Ces obstacles sont la cause de disparition de stocks entiers (GOSSET et al., 1999). La majorité des espèces de grands migrateurs amphihalins sont ainsi aujourd'hui en danger et sont inscrites à ce titre sur la liste rouge des espèces menacées établie par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2010).

A l'échelle de la Garonne, on retrouve des traces de l'exploitation du saumon essentiellement à l'aval de Toulouse dès le moyen âge. L'édification au 12^{ème} siècle de la chaussée du Bazacle à Toulouse semble avoir perturbé la migration vers l'amont du bassin si bien qu'aucune trace d'exploitation notable de l'espèce ne figure en amont (SAGA, 2000). Au 18^{ème} siècle, la rehausse de cette chaussée du Bazacle semble avoir provoqué un blocage radical de la voie de migration vers le haut du bassin. Par la suite, la dérèglementation de la pêche à l'époque révolutionnaire et les impacts anthropiques de l'ère industrielle conduiront à une raréfaction critique du saumon sur le bassin (SAGA, 2000).

A la vue de la diminution des stocks, la première mesure prise pour tenter d'enrayer cette baisse, a été la construction d'une passe à poissons au Bazacle en 1868. Des tentatives de repeuplement, effectuées au cours de la première partie du 20^{ème} siècle, permettent le retour des géniteurs sur Toulouse et leur reproduction au niveau du pont des Catalans. Mais le saumon se raréfie à nouveau par la suite avec l'arrêt des repeuplements (SAGA, 2000).

Dans ce contexte de blocage vers l'amont, le positionnement très en aval sur l'axe migratoire des ouvrages du complexe Malause-Golfech attribue à ces sites une grande importance écologique, notamment par leur contrôle de l'accès à l'ensemble des habitats de reproduction disponibles pour l'espèce. La construction du barrage de Malause (et la mise en service de l'usine hydroélectrique de Golfech) au début des années 70 bloque définitivement tout accès des saumons aux habitats de reproduction et de grossissement présents à l'amont sur le bassin.

En 1975, un programme de restauration des populations de grands migrateurs dans les rivières françaises a été initié par le Ministère de l'Environnement afin de rétablir la libre circulation vers l'amont et de permettre aux grands migrateurs anadromes d'accéder à nouveau aux zones de reproduction. Ce plan s'est notamment traduit, à partir des années 1980, par une politique de grands travaux et par la construction de dispositifs de franchissement sur certains ouvrages. La construction d'un ascenseur au niveau de l'usine de Golfech (associée au barrage de Malause), en 1986, ouvre partiellement la voie pour les populations en migration vers l'amont de la Garonne. A cela s'ajoute en 1993 le lancement

d'actions de réintroduction du saumon dans le cadre du « Plan de restauration du saumon atlantique dans la Garonne ».

Parallèlement aux programmes de restauration, on assiste à une prise de conscience aux niveaux européen et français pour un des enjeux majeurs de la conservation du patrimoine écologique et halieutique que représente les poissons migrateurs amphihalins. L'importance de cette problématique est en adéquation avec la Directive Cadre européenne sur l'Eau (Directive 2000/60/CE) qui prévoit notamment le retour au « bon état écologique » des eaux. Pour atteindre cet objectif, le Groupe Migrateurs Garonne a inscrit à son Programme Migrateurs Garonne (déclinaison des Plagepomi 2015-2019 et 2022-2027) un ensemble d'actions pour répondre aux mesures du Plagepomi et ainsi, à terme, restaurer une population naturelle de saumon atlantique sur le bassin de la Garonne. Les objectifs majeurs de ce programme visent à augmenter le nombre de géniteurs sur les frayères, cerner les causes de la perte de géniteurs entre Golfech et Toulouse, optimiser les conditions de franchissement des barrages ainsi que vérifier la fonctionnalité des habitats de reproduction et de grossissement en relation avec les éclusées et les sédiments.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Depuis la mise en service de l'ascenseur à poissons de Golfech en 1986, le nombre de géniteurs de saumon atteignant les zones de fraie fonctionnelles à l'amont de Toulouse apparaît non satisfaisant. La dernière étude visant à évaluer la franchissabilité de cet aménagement pour le saumon atlantique (2006) a conclu à un taux de franchissement faible et insuffisant, et indiquait la nécessité 1) d'améliorer significativement les performances de l'ascenseur à poissons et 2) de corriger la continuité écologique dans le tronçon court-circuité (CROZE, 2008) (garantir la progression au niveau des 5 seuils qui y sont implantés et corriger l'efficacité du franchissement du barrage de Malause). Suite à cette étude, une seconde entrée piscicole a été mise en service en janvier 2011 afin d'améliorer l'efficacité de l'ascenseur à poissons. Dans un second temps, le fonctionnement du débit d'attrait total et de la régulation des 2 entrées a été précisé progressivement pour être stabilisé à partir de 2014 (CARRY et al. 2015). La largeur de la fente du système anti-retour au niveau de la nasse de l'ascenseur a également été réduite à environ 35 cm, afin de limiter les ressorties des poissons du bassin de stabulation et un système anti-retour au niveau du génie civil de l'entrée 1 a été mis en place en janvier 2020 pour limiter les ressorties des poissons. Concernant le TCC, situé en rive droite du barrage de Malause, une nouvelle rivière de contournement associée à une passe à bassins a été mise en service au début de l'année 2022. Ce nouvel ouvrage a pour but d'améliorer les difficultés de franchissement des individus empruntant le TCC. Il existe le long de ce dernier, 5 seuils intermédiaires équipés de passes de conception ancienne et une réflexion sur l'amélioration de l'équipement ou l'arasement de ces différents seuils est en cours.

Depuis la mise en place de l'ensemble de ces mesures, le nombre de poissons franchissant l'obstacle ne s'est pas significativement amélioré, tout comme le taux de transfert vers le Bazacle. Ainsi, le programme de réintroduction du saumon atlantique sur la Garonne fait actuellement l'objet d'évolutions. La nouvelle stratégie consiste à concentrer les efforts de restauration sur l'axe Ariège, avec un abandon progressif de l'axe Garonne (arrêt du transport des géniteurs sur la Garonne amont depuis Carbonne et arrêt des repeuplements en Garonne). Le nouveau cahier des charges prévoit la mise en place d'opérations de capture-transport des géniteurs depuis Golfech jusque vers l'Ariège amont (secteur de Varilhes) de manière à y favoriser une reproduction naturelle significative. En parallèle, afin de trouver des solutions au faible taux de transfert des saumons constaté jusqu'à présent entre Golfech et Toulouse et à terme pouvoir arrêter les opérations de capture-transport sur l'Ariège, différentes études ont été lancées. Parmi celles-ci, la présente étude a pour but de cibler un secteur d'étude allant de l'aval de Golfech jusqu'à l'amont du Ramier afin **1) d'évaluer l'efficacité pour le saumon atlantique des dispositifs de franchissement de Golfech, du Bazacle et du Ramier sur la Garonne** et **2) d'analyser le taux de transfert des saumons entre les aménagements de Golfech et du Bazacle.**

Parallèlement à l'efficacité des ouvrages de montaison, depuis plus d'une décennie, de nombreuses observations au niveau de l'aménagement de Golfech ont montré que le comportement des silures, en aval de l'ouvrage et au niveau du canal de transfert de l'ascenseur, perturbait la migration des saumons (prédation et/ou effarouchement). En 2016, une étude spécifique a été menée sur les interactions « silures – saumons » et l'installation d'une caméra BlueView à la sortie du canal de transfert a montré que 30% des saumons contrôlés se sont faits prédater cette année-là en amont de la vitre de contrôle (14 individus n'ont pas pu sortir du dispositif sur 43 contrôlés) et que de nombreux silures « spécialisés » reviennent dans le dispositif de franchissement pour se nourrir. Depuis cette étude, une gestion limitant la présence des silures dans le canal de transfert a été accompagnée de quelques aménagements (nasse anti retour). Ces mesures ont permis de résoudre en partie les problèmes de prédation dans le canal de transfert mais sans pour autant résoudre les faibles taux de transfert observés pour les saumons.

En termes d'objectif, il n'apparaît pas possible de dissocier l'analyse de l'efficacité des dispositifs de franchissement et l'étude des impacts du silure par prédation et /ou effarouchement. En effet, les silures semblent présents au pied des obstacles visés par l'étude ou bien s'y présentent au moment de la fenêtre de migration des saumons. Par conséquent, le protocole de l'étude englobe **les éventuels impacts du silure par prédation et/ou effarouchement** sur la migration et la progression des saumons.

Suite aux résultats obtenus lors des trois premières campagnes de suivi des saumons (partiellement en 2020 puis 2021 et 2022), une réflexion collégiale entre l'OFB (Pôle d'Ecohydraulique), EDF (R&D et CIH), MIGADO et ECOGEA a été engagée à l'automne 2022 pour identifier les améliorations possibles concernant la gestion de l'ascenseur à poissons et certaines modifications structurelles envisageables. Après études des premiers résultats de suivis, neuf points concernant la gestion ou l'aménagement ont été mis en évidence, en distinguant trois niveaux de priorité (COURRET et al, 2023).

Au total, 5 propositions ont d'ores et déjà été mises en place pour le suivi du printemps 2023, après échange avec l'exploitant. Si des travaux étaient nécessaires, ces derniers ont été réalisés au cours de l'hiver 2022-23, lors de la maintenance annuelle de l'ascenseur. Le tableau suivant reprend les 5 propositions/modifications qui étaient en place pour le suivi 2023.

Ordre de Priorité	Propositions
1	<u>Fonctionnement séquentiel des entrées piscicoles de l'ascenseur :</u> - Ouverture de l'entrée n°2 uniquement quand le niveau de turbinage du groupe 3 est inférieur ou égal à 50%, et ouverture de l'entée n°1 uniquement dans le cas contraire. - Injection de l'intégralité du débit dans le chenal de stabulation de l'ascenseur (vanne RG du bassin RG fermée). - Maintien d'une vitesse d'écoulement voisine de 0.6 m/s au niveau des portes anti-retour, en injectant un débit de 1.75 m³/s à 4.5 m³/s au fur et à mesure que le niveau d'eau aval remonte.
2	Dans le chenal de l'entrée n°2, installation d'un déflecteur de forme hydrodynamique pour réduire les décollements de l'écoulement au niveau du virage en amont de cette entrée.
2	Dépose du système anti-retour positionné en amont immédiat de l'entrée 1.
2	- Réglage de l'ouverture entre les portes anti-retour du piège à 40 cm.
3	Dépose du support IPN implanté dans le virage entre le canal de l'entrée n°2 et l'entrée n°1.

Tableau 1 : Améliorations des consignes de gestion de l'ascenseur mises en place pour la saison de migration 2023 (extrait de COURRET et al, 2023).

Ainsi, suite à la mise en place de ces préconisations (Tableau 1), **le suivi 2023 donnera la priorité à l'évaluation du taux de franchissement au niveau de l'aménagement de Golfech/Malause. Dans un deuxième temps, l'étude évaluera également le taux de transfert entre Golfech-Malause et le Bazacle, ainsi que le taux de franchissement au niveau des aménagements du Bazacle, puis du Ramier et de la Cavaletade.**

Cette hiérarchisation des objectifs de l'étude est proposée ici dans le but de juger rapidement de l'efficacité des préconisations mises en place au niveau de l'ascenseur lors de l'hiver 2022-2023 et de les corriger, le cas échéant.

Pour atteindre les différents objectifs de l'étude, il est donc proposé de réaliser un suivi des déplacements des saumons par télémétrie. Sur l'ensemble du secteur étudié, 2 techniques de télémétrie seront utilisées simultanément (radio et RFID), profitant des avantages de chacune en fonction des éléments souhaités (notamment la taille de la zone d'enregistrement). Ainsi les données de localisation des poissons et leurs déplacements pourront être analysées en fonction des conditions environnementales observées.

Il a été décidé d'abandonner la partie de suivi acoustique réalisée sur les précédents suivis (tag-prédation) afin d'utiliser cette partie du budget de l'étude pour marquer des poissons holobiotiques (également en radio et en RFID) qui sont susceptibles d'avoir un comportement proche à celui des saumons face à l'ASP de Golfech. En réalisant une année de suivi commun, il pourra ensuite être décidé de continuer à suivre ces poissons holobiotiques les années suivantes pour étudier l'efficacité de l'ASP sans avoir recours au marquage des saumons. Les espèces sélectionnées sont donc le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*), le chevesne (*Squalius cephalus*) et la brême commune (*Abramis brama*). Le choix de ces espèces permet d'obtenir des individus relativement grands (>35 ou 40cm). L'arrêt du suivi acoustique ne perturbera pas le suivi au droit de l'ascenseur car les hydrophones étaient installés plutôt dans des zones de rivière libre. En revanche, cela signifie l'arrêt de l'utilisation des tags prédation et donc **l'arrêt du suivi de la prédation exercée par le silure sur les saumons en montaison**. Les données acquises et les observations réalisées au cours des premières années de suivi semblent en effet suffisantes pour discuter de ce volet de l'étude.

3. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

3.1 Le bassin de la Garonne

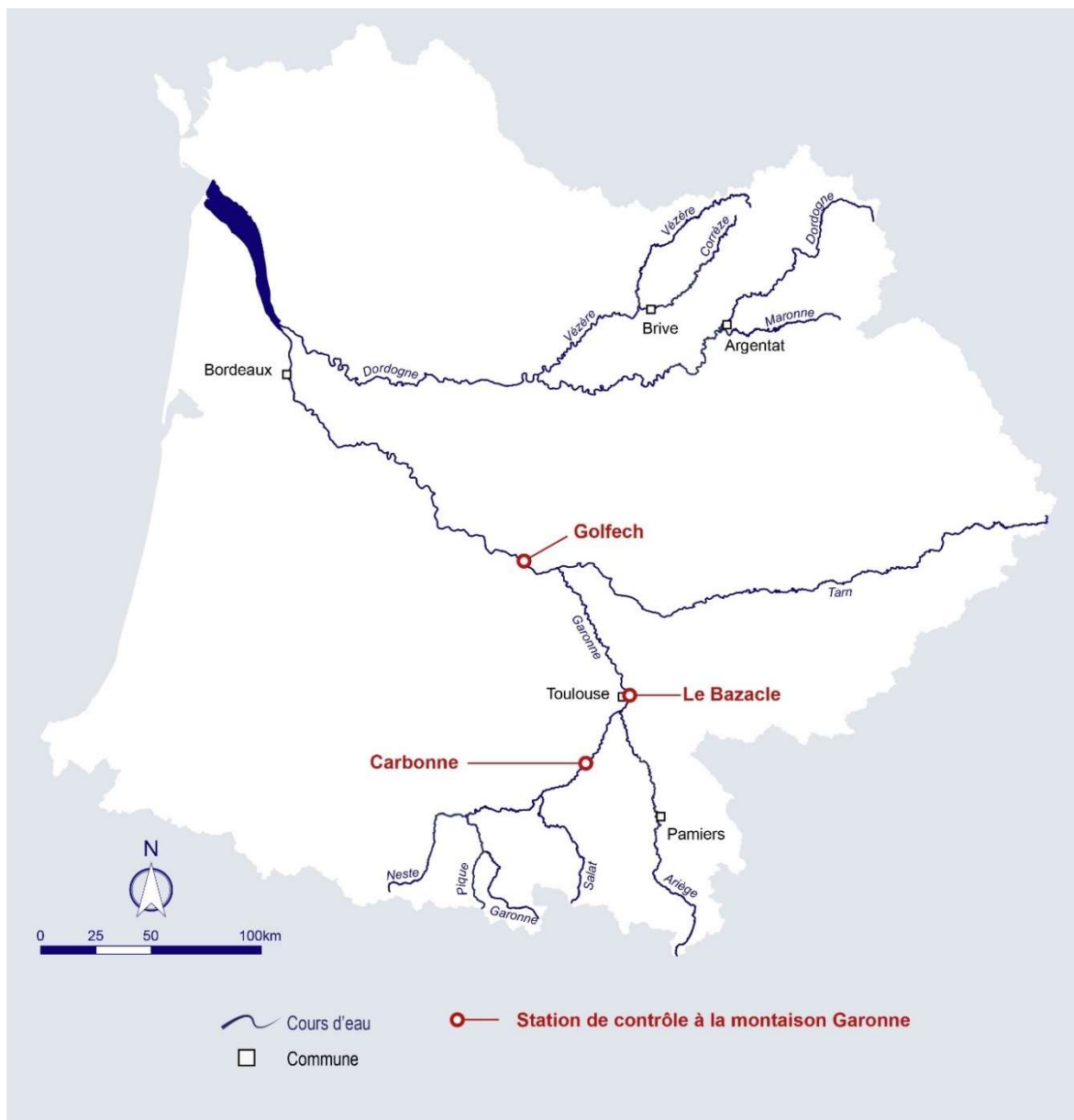


Figure 1 : Situation géographique du bassin Garonne-Dordogne et localisation des stations de contrôle MI.GA.DO sur la Garonne (Golfech, Bazacle et Carbone)

Le système fluvio-estuarien Gironde-Garonne-Dordogne, situé dans la partie sud-ouest de la France, comprend deux axes principaux, la Garonne et la Dordogne, qui se rejoignent au Bec d'Ambès pour former l'estuaire de la Gironde.

La Garonne, longue de 525 km, prend sa source dans les Pyrénées espagnoles au Val d'Aran, dans le Massif de la Maladetta et entre en France à Pont-du-Roi (Haute-Garonne). La surface du bassin versant est de 29 500 km². Si on inclut les principaux affluents (Lot, Tarn, Aveyron, Ariège), son linéaire total est de 1.850 km (dont 50 km en Espagne) pour une surface de 56 000 km². Le module interannuel au niveau de l'usine de Golfech est de 391 m³/s.

Les principaux affluents de la Garonne sont, de l'amont vers l'aval, l'Ariège, puis les affluents issus du Massif Central, que sont le Tarn (gros par l'Agout et l'Aveyron) et le Lot. Un certain nombre d'aménagements hydroélectriques érigés sur tous ces principaux axes condamnent l'accès à une partie importante des habitats.

Le régime d'alimentation hydrique est de type nivo-pluvial jusqu'à Toulouse, puis devient progressivement pluvio-nival en aval de cette ville.

Le Tarn, long de 380 km, prend sa source au mont Lozère, à plus de 1560 m d'altitude et vient se jeter dans la Garonne en aval de Moissac (82), quelques kilomètres en amont du barrage de Malause. Le module du Tarn (débit moyen annuel) à son embouchure avec la Garonne est de 233 m³/s. Le seuil le plus en aval sur la rivière se situe à Sainte Livrade (82), quelques kilomètres à peine avant la confluence avec la Garonne.

3.2 L'aménagement hydroélectrique de Malause-Golfech

L'aménagement hydroélectrique de Golfech, est situé sur la Garonne, à environ 270 km de l'océan. On le trouve en aval de la confluence Garonne-Tarn et en amont de la confluence Garonne-Lot. L'aménagement est situé à une vingtaine de kilomètres à l'amont de la ville d'Agen. L'usine hydroélectrique se trouve sur la commune de Golfech, dans le département du Tarn-et-Garonne (82), en rive droite de la Garonne et à proximité du Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Golfech (Figure 2).

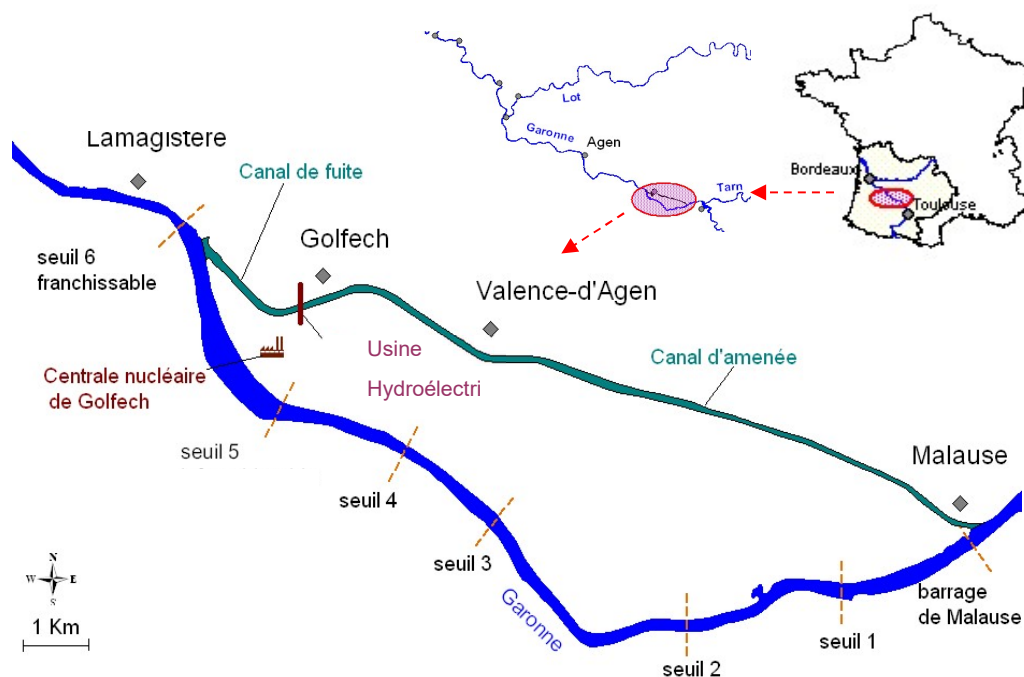


Figure 2 : Localisation du site d'étude : Malause-Golfech

Cet ouvrage est rattaché au Groupement d'Usine EDF de Golfech et au Groupement d'Exploitation Hydraulique Tarn-Agout.

L'édification et la mise en service du complexe hydroélectrique de Golfech date de 1972. L'ouvrage est le second obstacle depuis la mer pour les poissons en migration de montaison, le premier étant le seuil de Beauregard situé au niveau d'Agen (à ce jour, ce seuil est partiellement détruit). La situation de cet ouvrage, très en aval du bassin, ampute l'aire de migration de plusieurs centaines de kilomètres sur le fleuve et ses principaux affluents (Tarn, Aveyron).

L'aménagement hydroélectrique EDF de Malause-Golfech se compose d'un barrage mobile haut de 10 m (Photo 1), situé à Malause (82) juste en aval de la confluence du Tarn, court-

circulant une quinzaine de kilomètres de la Garonne. Ce barrage, de type mobile en rivière, est constitué de 6 passes de 25 m de large (déversement max. par vanne : 900 m³/s), équipées chacune d'une vanne segment surmontée d'un clapet (déversement max. par clapet : 175 m³/s) (Photo 2). La superficie de la retenue créée est de 420 ha pour un volume de 15 hm³ environ.



Photo 1 : Vue aérienne du barrage de Malause
(source : EDF)



Photo 2 : Vue aval RD du barrage de Malause
(source : malause.fr)



Photo 3 : Vue aval du barrage-usine de Golfech



Photo 4 : Vue aérienne du barrage-usine de Golfech et du canal d'aménée (source : EDF)

Le barrage alimente une prise d'eau pouvant acheminer 650 m³/s, par un canal de 10,6 km de long (Photo 1 et Photo 4), qui transite rive droite vers l'usine hydroélectrique de Golfech. L'usine est équipée de trois groupes bulbes turbinant un débit maximal de 540 m³/s (puissance de 69 mégawatts), soit 1,38 fois le module de la rivière à Lamagistère. On trouve également un clapet en rive gauche de l'usine, de 4,5 m de haut et 10 m de large, débitant au maximum 180 m³/s. Il constitue un organe de sécurité en cas de déclenchement d'un groupe et favorise l'évacuation des corps flottants en cas de besoin. La chute brute à l'usine, en condition d'étiage, est de 17 mètres (Photo 3). Le débit turbiné est restitué par un canal de fuite d'environ 2 km, rejoignant la Garonne en amont immédiat de Lamagistère (82). Dans ce canal de fuite se trouve la prise d'eau pour le refroidissement du CNPE de Golfech (2 x 1300 mégawatts).

Le tronçon de Garonne court-circuité (TCC) mesure environ 15 km.

Le débit réservé dans le bras naturel de la Garonne est de 20 m³.s⁻¹ du 15 octobre au 14 juin et de 40 m³.s⁻¹ entre le 15 juin et le 14 octobre. La restitution de ce débit est assurée par un groupe Kaplan à axe vertical (distributeur et pâles fixes, puissance 680 kW) qui délivre un débit de 10 m³/s. Le complément de débit est alors réalisé par l'un des clapets du barrage.

3.2.1 Dispositifs de franchissement du complexe Malause-Golfech

3.2.1.1 Ascenseur à poissons

A la construction du complexe, le barrage de Malause a été équipé de deux passes à poissons de type écluse Borland, qui se sont révélées inefficaces (BELAUD et LABAT, 1992), en particulier du fait de l'inaccessibilité des orifices d'entrée par suite de l'érosion rapide du lit en aval. Le débit majoritaire provenant du canal de fuite, c'est à l'usine et non au barrage de Malause que se posent régulièrement les problèmes de blocage des poissons migrateurs. Dès 1981, des opérations de capture des migrateurs à l'aval de l'usine et de transfert manuel en amont ont été conduites de façon à examiner les possibilités de recolonisation des frayères amont (TRAVADE *et al*, 1992). En parallèle à ces actions, EDF a initié des études destinées à examiner la faisabilité d'un ouvrage de franchissement à l'usine de Golfech.

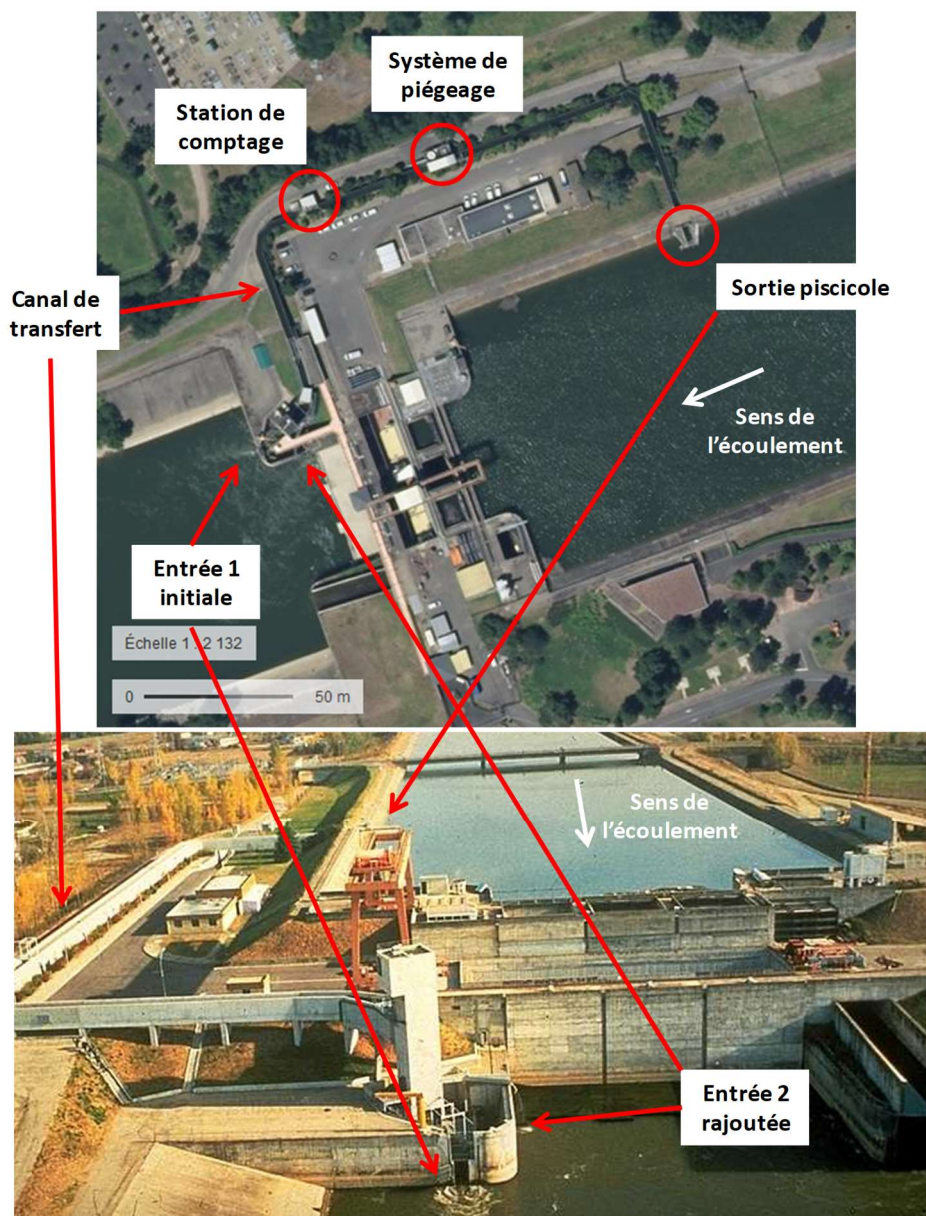


Figure 3 : Vues aériennes de l'usine hydroélectrique de Golfech et du dispositif d'ascenseur à poissons.
(Source COURRET *et al.*, 2023)

Ce dispositif de franchissement devait être utilisable par l'ensemble des poissons migrateurs présents en Garonne (alose, saumon, truite de mer, lamproie, anguille). Le choix s'est porté vers la solution de l'ascenseur dont l'intégration dans le site semblait par ailleurs poser moins de problèmes que celle d'une passe classique (TRAVADE *et al*, 1992). La construction a débuté en 1986 et la mise en service a été faite courant 1987.

Le principe de l'ascenseur à poissons (Figure 3) est un système mécanique qui consiste à capturer les poissons au pied de l'obstacle dans une cuve contenant une quantité d'eau appropriée à leur nombre, puis à remonter cette cuve et à la déverser en amont.

Il se compose initialement d'une partie basse assurant l'attraction (via une seule entrée délivrant un débit d'attrait de 3 à 5 m³/s et une chute d'eau de 20 à 40 cm), la capture et la stabulation des poissons, d'une partie intermédiaire (la tour) supportant le dispositif de relevage de la cuve (volume de 3,3 m³) et d'une partie haute (le canal de transfert) assurant le transit des poissons vers le canal d'amenée.

L'entrée piscicole historique (entrée 1) mesure 1,7 m de large et la hauteur d'eau au niveau du piège est de l'ordre de 2,4 m. En janvier 2020, un système anti-retour a été installé en amont de la vanne de l'entrée 1, mais a été supprimé lors de la maintenance 2022-2023 car après analyse, il s'avère que ce système perturbe les écoulements hydrauliques de l'entrée 1. Un autre système anti-retour permet de pénétrer dans le bassin de stabulation (Photo 5 et Photo 6). Ce système anti-retour est constitué de deux panneaux de grilles (1,5 m x 4,5 m) à barreaux horizontaux espacés de 2.5 cm, formant un V. La largeur de la fente de passage pour les poissons est réglable, initialement réglée à 40 cm, elle est aujourd'hui de 35 cm, qui semble être le réglage optimal pour l'entrée et la non-sortie des poissons. Les vitesses d'écoulement au droit de cette fente, nécessaires pour inciter les poissons à s'y engager, varient entre 0,6 et 1,0 m/s selon le niveau d'eau (COURRET *et al.*, 2020).



Photo 5 : Système de grille anti-retour du bassin de stabulation (amont)

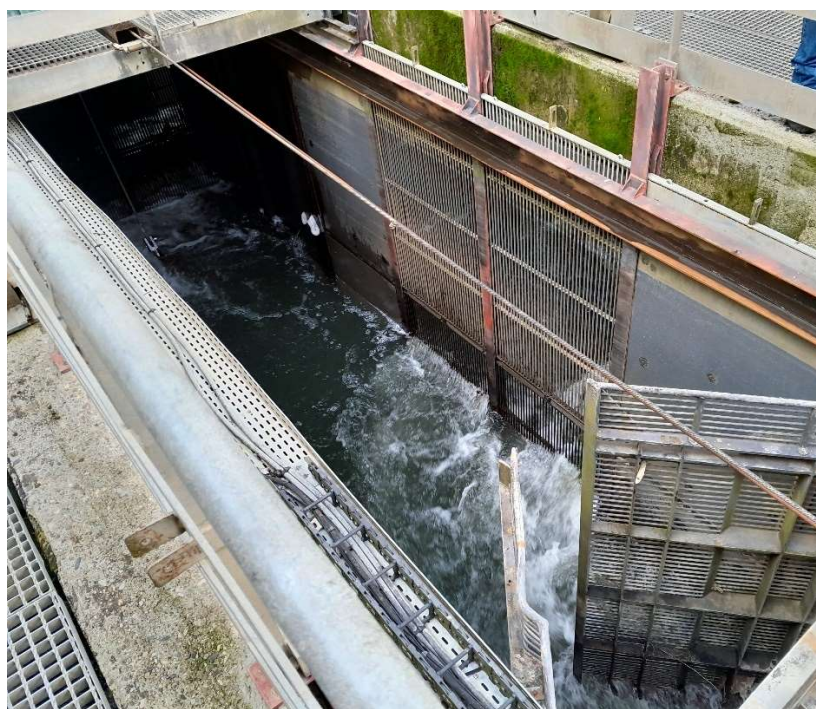


Photo 6 : Système de grille anti-retour du bassin de stabulation (aval)

Le bassin de stabulation, long de 9 m et large de 2,5 m présente une profondeur variant de 1.5 m à 4.5 m selon le niveau d'eau. L'alimentation en eau de ce bassin s'effectue au travers

de grilles verticales situées en amont du bassin et sur ses parois latérales (barreaux circulaires de 1 cm de diamètre, espacés de 2.5 cm). La cuve de l'ascenseur est intégrée dans une fosse située à l'extrémité amont du bassin de stabulation (2.5 m x 2.0 m x 2.0 m).

A pas de temps réguliers, le système de grille anti-retour du bassin de stabulation se referme, puis pousse les poissons vers l'amont pour les concentrer au-dessus de la cuve. La cuve est ensuite remontée afin de déverser les poissons dans le canal de transfert vers l'amont. Ce pas de temps entre 2 cycles de piégeage peut varier entre 20 minutes et 2 heures, et est adapté, selon la période, aux quantités de poissons en migration. Le réglage le plus courant en période de forte migration est de 30 minutes. Le fonctionnement de l'ouvrage de montaison, entièrement automatique, est régulé par un automate programmable assurant d'une part les fonctions mécaniques (mouvement de la grille de capture et de concentration des poissons, levage et déversement de la cuve) et la régulation de l'alimentation en eau d'autre part (vitesse dans le canal de transfert, hauteur de chute aux entrées de l'ascenseur, etc...).

En 2011, une deuxième entrée a été créée au niveau de l'ascenseur à poissons afin d'optimiser le franchissement de l'usine hydroélectrique (Figure 4). Cette entrée est située au droit de la sortie des groupes de l'usine. Cette seconde entrée présente également une largeur de 1,7 m. Le débit d'attrait total du dispositif, réparti à peu près équitablement entre les 2 entrées, est maintenant d'environ $8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en fonction du niveau d'eau aval de la Garonne. Ces valeurs représentent environ 2 à 3 % du débit turbiné par l'usine en condition de bas débits et 1.5 % du débit turbiné maximal (COURRET et al., 2020). De plus, la chute au niveau des entrées demeure régulée à une valeur de l'ordre de 20 cm.

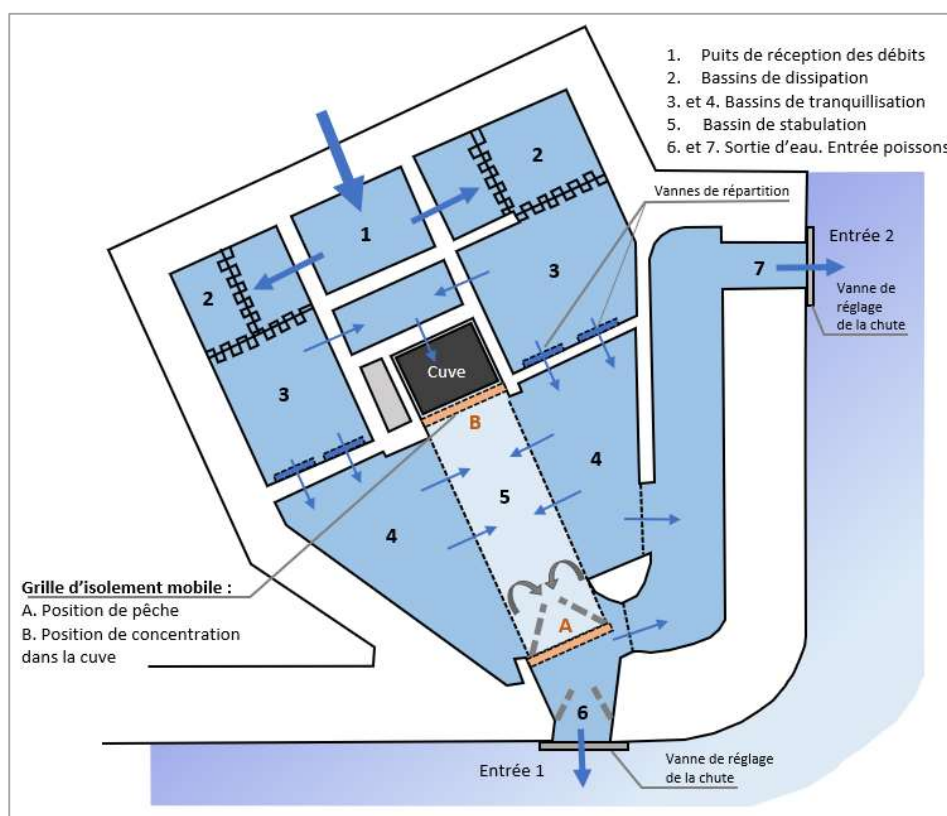


Figure 4 : Schéma de la partie basse de l'ascenseur de Golfech et de son fonctionnement (modifié d'après TRAVADE et al., 1992)

Le dispositif de franchissement est équipé, depuis 1992, d'une station de comptage vidéo. Les poissons sont filmés dans le canal de transfert au niveau d'une vitre (Figure 3 - Photo 7). Un logiciel permet ensuite de dépouiller manuellement les séquences enregistrées. Ce

système fonctionne 24h/24h et toute l'année, ce qui permet de connaître en temps réel le nombre exhaustif de poissons et d'espèces qui empruntent le dispositif de franchissement.



Photo 7 : Vitre de la station de contrôle au niveau du canal de transfert de Golfech

3.2.1.2 Passe à anguilles

Avant 2002, une partie des effectifs d'anguillettes transitait par l'ascenseur et ne pouvait être évaluée. Au cours de l'année 2002, une rampe expérimentale à anguilles est mise en service. Elle se situait dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons au niveau de la partie basse, ce qui lui permettait de profiter du débit d'attrait de l'ascenseur à poissons. Longue de 10 m pour 30 cm de large et inclinée de 35°, ce dispositif, était équipé de brosses plastiques facilitant la reptation de l'anguille. A l'amont de la rampe, un bac vivier de 1m³ permettait de réceptionner les anguillettes empruntant la passe.



Photo 8 : Partie aval de la passe à anguilles



Photo 9 : Partie amont de la passe à anguilles

En fin d'année 2007 (effective pour la migration de 2008), la passe expérimentale à anguille a été agrandie (Photo 8 et Photo 9). La nouvelle passe mesure 40 m de long et permet de franchir le dénivelé total du barrage de Golfech, soit 17 m de haut et surtout de manière autonome (avec la passe expérimentale, les anguilles devaient être déversées manuellement dans le canal de transfert). Les éléments de la passe spécifique sont également recouverts d'un grillage métallique empêchant la prédation et le dérangement par les oiseaux lors de

l'ascension. Pour assurer une ascension complète vers l'amont, le parcours est constitué de deux parties avec un bassin tampon intermédiaire de 4 m³ empêchant une éventuelle dévalaison. A l'amont du dispositif, les anguilles tombent dans un compteur à anguilles (développé par la société Hizkia) qui permet le comptage des individus. Ensuite les anguilles sont déversées directement dans le canal de transfert.

Pour favoriser l'entrée des anguilles dans l'enceinte de l'ascenseur, depuis 2021, le débit d'attrait est coupé 1 heure sur 2 toute les nuits pendant la période de migration (pour 2023, du 05 mai au 14 juin). La chute au niveau des entrées est ainsi réduite en absence du débit d'attrait.

3.2.1.3 Dévalaison

Concernant la dévalaison, aucun dispositif spécifique n'existe pour le moment sur le site de Golfech, que ce soit au niveau du barrage de Malause, comme à l'usine de Golfech. A noter toutefois que depuis l'automne 2020, des turbinages partiels à l'usine de Golfech, déclenchés via un modèle de prédiction de pics de dévalaison d'anguilles, ont été mis en œuvre pour permettre la dévalaison par le barrage des anguilles en migration. L'évaluation de l'efficacité de cette mesure de gestion est encore en cours (FREY et LAGARRIGUE, 2020, 2021, 2022 et 2023).

3.2.1.4 La rivière de contournement de Malause

Depuis l'hiver 2021-2022, un nouvel ouvrage de franchissement existe au niveau du barrage de Malause avec la mise en service d'une rivière de contournement, située en rive droite du barrage (Figure 5).

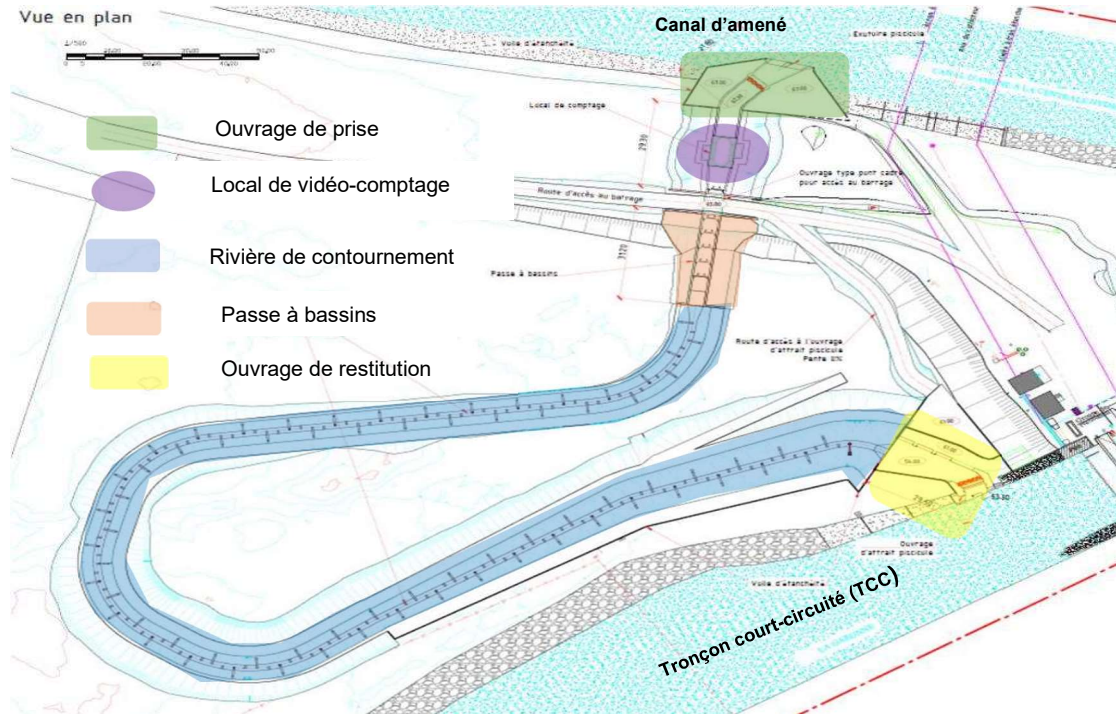


Figure 5 : Plan technique du dispositif de franchissement mis en place (EDF, Thomas PIQUET, 2022)

Ce nouveau dispositif de franchissement est un système mixte composé d'une rivière artificielle, comportant des épis alternés et des macro-rugosités, d'environ 450 mètres de long à section trapézoïdale sur l'aval (largeur de fond de 2 m et pente moyenne de 1,5 %) et d'une passe à bassins à 2 fentes verticales, composée de 7 bassins de 5 m de long et 4 m de large chacun, sur la partie amont du dispositif. La profondeur des bassins est de 2,1 m et la hauteur de chute entre chaque bassin est de 20 cm. Une station de vidéo-comptage permettant d'assurer la maintenance de l'ouvrage et le suivi biologique des espèces piscicoles a été installée au niveau de cette passe à bassins afin de profiter d'un niveau d'eau convenable au niveau des vitres de contrôle. La station est constituée de 2 vitres face à face permettant une vision totale des poissons utilisant la passe. D'un point de vue technique, la largeur du passage à la vitre est de 55 cm avec une hauteur d'eau de 2,2 m, pour une vitesse d'écoulement de 1,2 m/s. La station est équipée du système de vidéo comptage HIZKIA Informatique.

Le dispositif est alimenté via le canal d'amenée de l'usine de Golfech grâce à une prise d'eau dimensionnée pour injecter $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans l'ouvrage de franchissement. Il est également important de noter que pour les poissons, la sortie de l'ouvrage s'effectue par cette prise d'eau. L'entrée piscicole de la rivière de contournement ainsi que la restitution de l'eau se trouve au pied du barrage de Malause, en rive droite. Le débit de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ n'est pas suffisant pour optimiser l'attractivité de ce dispositif. Un débit d'attrait supplémentaire de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ est donc injecté à basse vitesse au travers une grille fine en aval du dispositif, au niveau de la restitution aval. Ce débit de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ est, en amont du dispositif, turbiné par un groupe Kaplan à axe vertical (distributeur et pâles fixes, puissance 680 kW) Le débit d'attrait total de l'ouvrage est donc de $13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Photo 10 : Vue aérienne de la rivière de Malause pendant la phase de travaux
(source : EDF)



Photo 11 : Vue de la section en passe à bassins à 2 fentes verticales du dispositif de franchissement de Malause
(source : OFB)

3.3 Aménagements hydroélectriques du secteur de Toulouse

3.3.1 Chaussée du Bazacle (RD+RG)

La digue du Bazacle est distante d'environ 100 km en amont du barrage de Golfech et se situe à environ 370 km de la mer. Le module de la Garonne à ce niveau est de l'ordre de $190 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Le barrage du Bazacle se présente sous la forme d'un barrage-usine (usine au fil de l'eau, sans tronçon court-circuité) localisé au cœur de la ville de Toulouse. La chaussée mesure 270 m de longueur (Photo 12) et la chute entre les niveaux d'eau amont et aval de la digue est de 5,3 m à l'étiage (niveau amont à la cote RN de 132.40 m NGF et niveau aval à 127.10 m NGF). Pour un débit de $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (soit 3 fois le module), la hauteur de chute est de 4,85 m (niveau amont à la cote RN de 133.40 m NGF et niveau aval à 128.55 m NGF) (COURRET et al., 2020).

Une centrale hydroélectrique d'E.D.F. est implantée en rive droite. Le débit d'exploitation est de $90 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ soit 47 % du module, pour une puissance maximale de 3000 KW. L'usine est équipée de 7 turbines Francis pouvant turbiner de 10 à $14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. En rive gauche, une centrale souterraine est exploitée par un producteur autonome, avec un débit d'équipement de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit 5% du module. Outre les deux usines hydroélectriques, le seuil permet également d'alimenter le canal de Brienne, dont la prise d'eau se situe en rive droite ($1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), quelques centaines de mètres en amont du barrage.



Photo 12 : Vue aérienne du barrage du Bazacle au cœur de Toulouse
(source : Géoportail)

3.3.1.1 Passes à poissons

Pour rétablir les possibilités de montaison des poissons, une passe à bassins successifs (à fentes verticales) a été construite en 1989 en rive droite de l'usine hydroélectrique d'E.D.F. (Photo 13 et Figure 6), considérée comme le principal point d'attrait des poissons en montaison. La passe comporte 16 bassins de 2,5 à 3,5 m de long avec une hauteur d'eau moyenne de 1,8 m (volume d'environ $15,75 \text{ m}^3$). La chute entre les bassins est de 30 cm et la largeur des fentes est de 40 cm (avec une charge de 1,30 m à l'étiage et une pelle au fond de 0,65 m). La largeur de l'entrée de la passe est de 2,0 m. La chute au niveau de l'entrée piscicole est régulée par une vanne asservie (consigne enregistrée à 25 cm). Le débit dans la passe à bassins est compris entre 1 et $1,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ selon le niveau d'eau amont. Un débit d'attrait complémentaire de 2 à $3,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ selon le niveau d'eau amont est injecté dans le bassin aval. Ainsi, le débit à l'entrée de la passe varie entre 3 à $4,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ selon les configurations, ce qui représente 1,6 % à 2,6 % du module de la rivière (et 4,4 % à 5,4 % du débit maximum turbiné). Afin de résoudre des situations fréquentes de colmatage de la prise d'eau du débit d'attrait, un nouveau dégrilleur est installé à partir de 2013 et les résultats sont considérés comme satisfaisants (DARTIGUELONGUE, 2019).

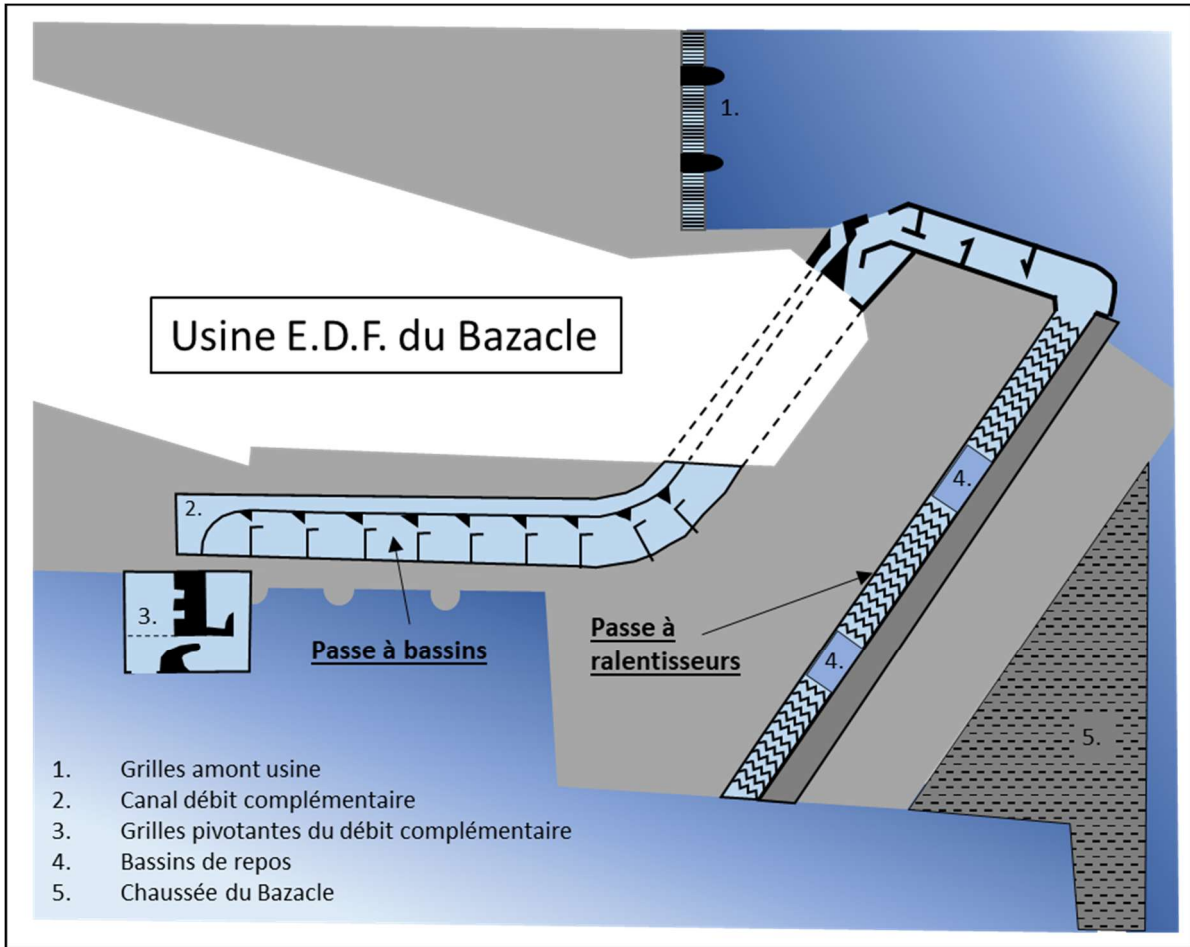


Figure 6 : Schéma d'implantation de la passe à bassins et de la passe à ralentisseurs du Bazacle (d'après DARTIGUELONGUE, 2019)



Photo 13 : Vue de la passe à bassins du Bazacle



Photo 14 : Vue de la passe à ralentisseurs du Bazacle

Cette passe à bassins vient en complément d'une passe à ralentisseurs déjà existante sur le site, mais rénovée également en 1989, située entre la chaussée et l'usine (Figure 6 et Photo 14). La passe à ralentisseurs est composée de 3 volées de ralentisseurs de fond suractifs avec une pente de 16% (2 volées de 11.25 m et une de 7.5 m), entrecoupées de 2 bassins de repos de 4 m de longueur. A l'amont des volées de ralentisseurs, il y a encore 3 bassins. L'écoulement entre ces bassins transite par des orifices noyés (COURRET et al., 2020). Le débit dans cette passe varie entre $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ selon le niveau d'eau amont.

Pour les grands salmonidés, l'ouvrage du Bazacle est un point de passage obligatoire pour pouvoir se reproduire à l'amont du bassin du fait de l'absence de zones de frayères fonctionnelles en aval de l'ouvrage. En même temps que la construction de la passe à bassins, une station de contrôle a été mise en place en 1989 afin d'assurer un suivi continu et homogène de toutes les espèces piscicoles qui empruntent les systèmes de franchissement. Le même système qu'à Golfech est utilisé, à savoir un système vidéo couplé à un logiciel d'analyse d'images (SYSIPAP). Il est donc possible de connaître l'abondance des poissons migrateurs susceptibles de coloniser les zones de reproduction et/ou de grossissement situées en amont de l'obstacle et également de calculer la fraction d'individus issus des comptages de Golfech.

3.3.1.2 Dévalaison

Concernant la dévalaison, aucun dispositif spécifique n'existe pour le moment au Bazacle, aussi bien en rive droite qu'en rive gauche.

3.3.2 Aménagement hydroélectrique du Ramier

L'aménagement hydroélectrique du Ramier se situe également dans l'agglomération toulousaine, en amont de celui du Bazacle. Les deux ouvrages sont distants d'environ 1,6 km. Cet aménagement hydroélectrique conséquent est exploité par la Régie Municipale d'Electricité de Toulouse. Il a été mis en service en 1922 et est exploité actuellement dans le cadre d'une concession depuis le 04/12/1998.

La centrale du Ramier présente un débit maximum turbiné de $160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit 84% du module de la Garonne ($187 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), et est équipée de 3 groupes Kaplan et 3 groupes Francis de $23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ chacun et de 2 groupes bulbe à hélices de $11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ chacun. L'espacement des grilles de la prise d'eau est de 7,5 cm (à l'exception du côté droit où il est de 5,6 cm).

La cote de retenue normale est à 136.77 m NGF et la centrale exploite la chute formée entre le bras rive droite, dit « supérieur », de la Garonne (Photo 15) servant de retenue et de canal d'amenée, et le bras rive gauche, dit « inférieur » constituant le tronçon court-circuité.

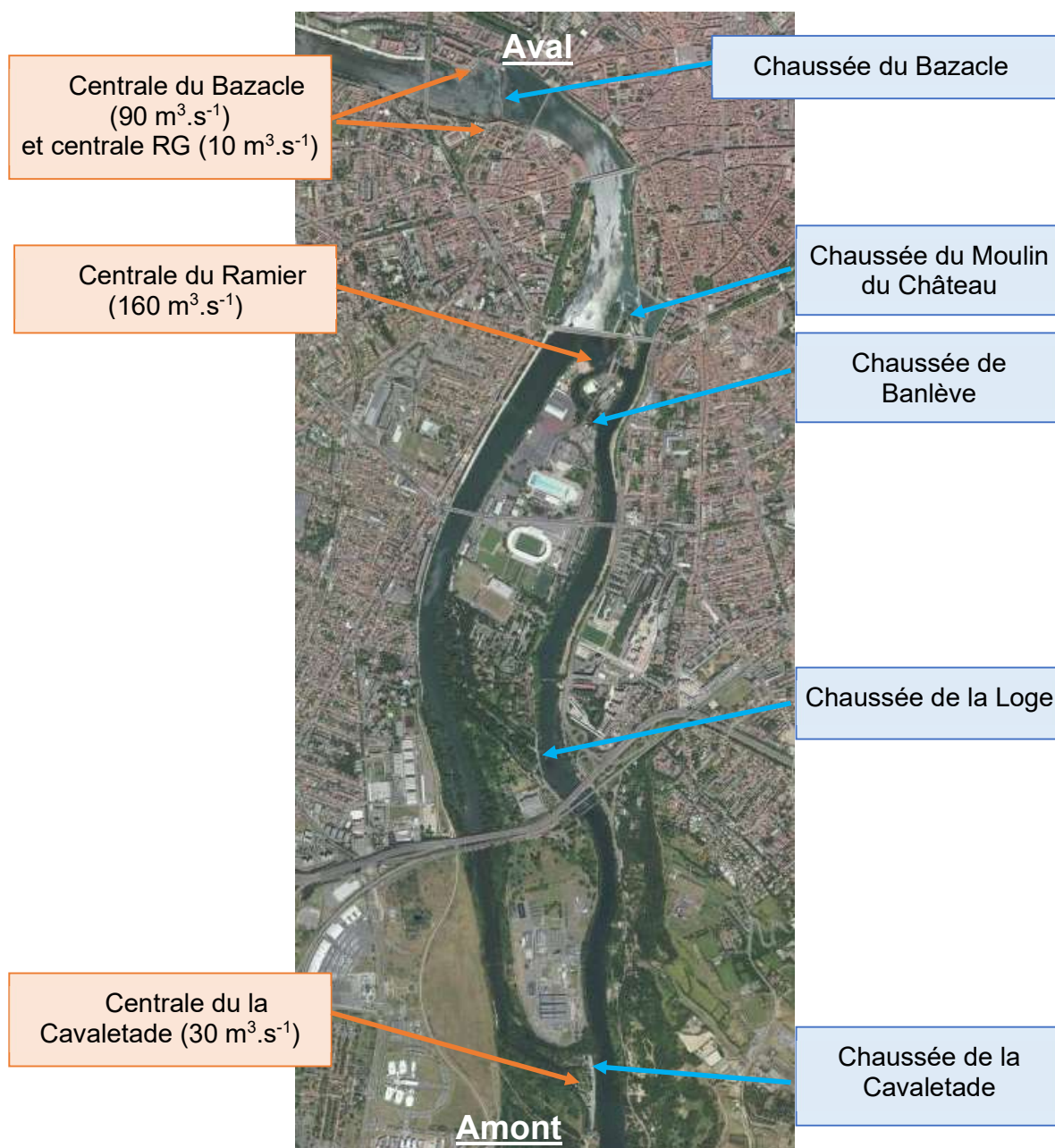


Photo 15 : Vue aérienne globale des deux bras de la Garonne à Toulouse et localisation des différents aménagements hydroélectriques

Les deux bras sont séparés par plusieurs seuils, appelés également « chaussées ». On retrouve donc de l'amont vers l'aval (Photo 15) : la chaussée de la Cavaletade, située 4 km en amont de l'usine (longueur 370 m, cote de déversement 137.22 à 137.38 m NGF), la chaussée de la Loge, située 3 km en amont de l'usine (longueur 45 m, cote de déversement 136.90 m NGF), la chaussée de la Banlève, située à 0.5 km en amont de l'usine (longueur 87 m, cote de déversement 136.9 à 136.80 m NGF) et la chaussée du Moulin du Château, située à 0.7 km en aval de l'usine (longueur 118 m, cote de déversement 136.77 m NGF).

Depuis 2014 et la construction de la centrale hydroélectrique de la Cavaletade (cf. 3.3.1), le débit réservé du bras inférieur est de $30 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (16 % du module), mais ce débit est turbiné. En cas d'étiage sévère, un débit de $20 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ doit être maintenu dans le bras supérieur où se trouve une prise d'eau pour l'alimentation en eau potable et le débit délivré dans le bras inférieur peut être réduit jusqu'à $6 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

3.3.2.1 Passes à poissons

Considéré comme le principal point d'attrait des poissons en montaison au niveau du bras inférieur, l'usine du Ramier a été équipée d'une passe à bassins, construite en 1987 (Figure 7 et Photo 16). La chute entre les niveaux d'eau amont et aval de l'usine varie entre 4,4 m pour un débit de $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, à 3,37 m pour un débit $700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Le débit dans la passe à bassins varie également entre $1,2$ et $1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ selon le niveau d'eau amont, entre l'étiage ($40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et $700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Un débit d'attrait variant aussi de $0,2$ à $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ est injecté dans le dernier bassin aval. Le débit total en entrée de la passe varie ainsi entre $1,4$ à $3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $3,5 \%$ du débit turbiné en conditions d'étiage ($40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et $2,2 \%$ du débit maximum turbiné ($160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

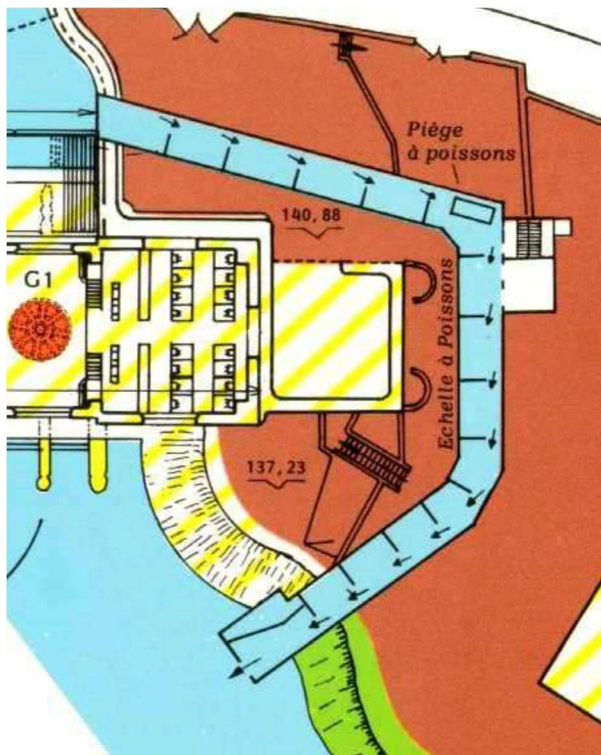


Figure 7 : Schéma de la passe à bassins de la centrale du Ramier

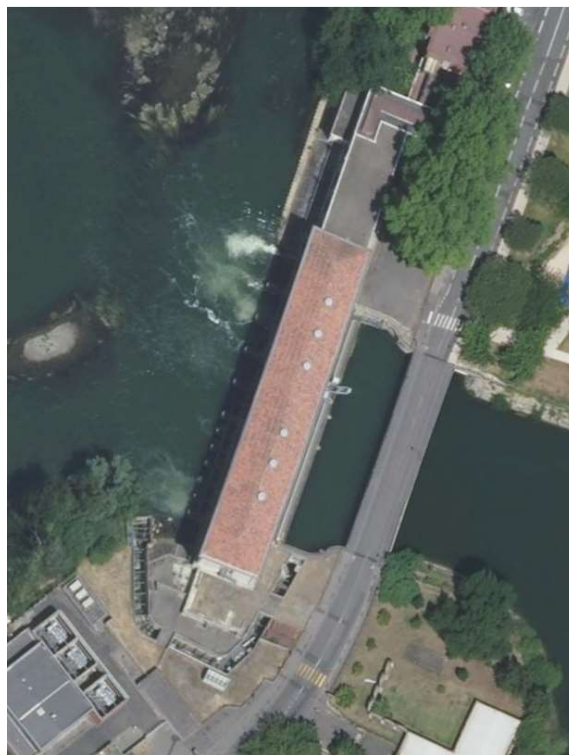


Photo 16 : Vue aérienne de l'usine et de la passe à bassins de la centrale du Ramier

La chute au niveau de l'entrée piscicole n'est pas régulée par une vanne. Ainsi, pour un débit d'étiage de la Garonne ($40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), la chute présente une hauteur importante (de l'ordre de 50 cm) et celle-ci se réduit au fur et à mesure que le débit et le niveau d'eau aval augmentent (de l'ordre de 22 cm au module). La lisibilité du jet issu de la passe est donc très dépendante du débit total de la Garonne et du fonctionnement de la centrale, notamment du groupe n°1, le plus proche de l'entrée.

L'entrée de la passe mesure 1,2 m de large et la passe est composée de 14 bassins successifs (Figure 7 et Photo 16). La dimension des bassins est de 4,5 m de longueur et de 2,5 m de large pour une hauteur d'eau moyenne de 1,65 m (volume de $18,5 \text{ m}^3$). Les bassins possèdent une unique fente de 0,5 m avec une charge de 1,55 m et une pelle au fond de 0,25 m. La chute moyenne entre chaque bassin est d'environ 28 cm et la passe ne possède pas de rugosité au fond des bassins.

3.3.2.2 Dévalaison

Concernant le plan de grille de l'usine, lors du renouvellement de concession en 2007¹, les autorités ont préconisé au concessionnaire des barreaux espacés de 3 cm, sur une hauteur de 3 m en partie supérieure et sur toute la hauteur du plan de grille au droit des groupes bulbes. Un espacement de 5,5 cm sur le reste de la grille étant suffisant. Pour les dispositifs de franchissement, il a également été conseillé d'augmenter le débit de la passe à poissons pour le faire passer d'environ $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (la sortie amont de la passe se trouvant au droit rive gauche du plan de grille, la passe peut également servir à la dévalaison). Une vanne de défeuillage existante au droit rive droite du plan de grille de l'usine devait également être asservie pour la dévalaison avec un débit de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Après échange avec l'exploitant, l'ensemble des recommandations ont été mises en place mais nous ne possédons aucun document confirmant les dispositifs exacts actuellement en place vis à vis de la dévalaison. Il conviendra de vérifier que ces différentes préconisations soient effectivement en place.

3.3.1 Aménagement hydroélectrique de la Cavaletade

La mise en service de l'aménagement de la Cavaletade date de la fin d'année 2014 (Figure 8). La centrale hydroélectrique est équipée de deux turbines VLH (très basse chute) de $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, dotées d'une puissance nominale de $2 \times 400 \text{ kW}$ (Photo 17). La hauteur de chute turbinée est de 3,33 m.

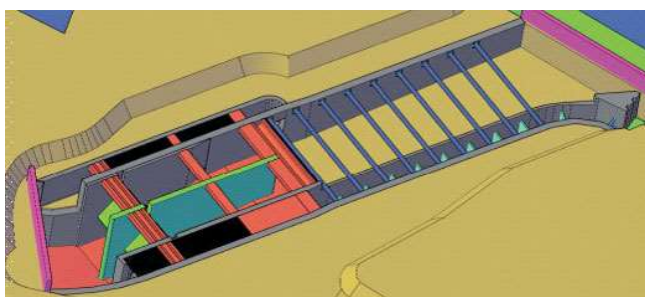


Figure 8 : Schéma d'implantation de la centrale de la Cavaletade (source : Vinci)



Photo 17 : Turbine VLH (source : MJ2 Technologies)

3.3.1.1 Passes à poissons

Au niveau du seuil de la Cavaletade, une passe à bassins à fente verticale a été construite en même temps que la nouvelle centrale, en 2014 (Photo 18). Le débit transitant dans la passe à bassins est de $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, sans adjonction de débit d'attrait complémentaire, soit 3.3% du débit turbiné par la centrale ($30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). La chute au niveau de l'entrée piscicole n'est pas régulée par une vanne, mais la cote de déversement est réglable au-dessus de la cote 131.78, par l'insertion d'un batardeau dans des rainures prévues à cet effet.

¹ Préfecture de la Haute-Garonne, arrêté N°59 du 01/10/2007.



Photo 18 : Vue aval de l'aménagement de la Cavaletade avec l'entrée de la passe à bassins à droite de la sortie des turbines
(source : MJ2 Technologies)



Photo 19 : Vues des bassins de la passe à poissons avec implantation des rugosités de fond (source : Farcimar)

L'entrée de la passe mesure 1,0 m de large et la passe est composée de 17 bassins successifs (Photo 18 et Photo 19). La dimension des bassins est de 3,1 m de longueur et de 3,1 m de large pour une hauteur d'eau moyenne de 1,5 m (volume de 14,4 m³). Les bassins possèdent une unique fente de 0,4 m allant jusqu'au fond et une charge de 1,61 m. La chute moyenne entre chaque bassin est d'environ 22 cm et la passe possède des rugosités au fond des bassins (petits plots béton).

3.3.1.2 Dévalaison

Concernant la dévalaison, aucun dispositif spécifique n'a été mis en place sur le site, les turbines VLH étant considérées comme ichtyocompatibles suite à différents tests réalisés sur différentes espèces de poissons (pour plus de détails, voir LARINIER & LAGARRIGUE, 2018).

4. MATERIEL ET METHODE

4.1 La période d'étude

Les installations de l'ensemble des stations d'enregistrement ont été réalisées durant l'hiver 2022-2023 afin d'être opérationnelles lors des premiers passages de saumons au niveau du piège de Golfech. Le premier saumon a été contrôlé à Golfech le 26 février 2023. Le piège situé dans le canal de transfert de l'ascenseur a été en fonctionnement du 27 février au 11 juin 2023 et le premier individu piégé a été capturé le 08 mars pour un transport sur l'Ariège.

Le premier saumon utilisé pour le suivi télémétrique a été capturé le 09 avril 2023 (soit 1 mois plus tard qu'en 2022 : 11 mars). Le dernier saumon marqué a été relâché le 08 mai (le 02 juin en 2022). Le faible nombre d'individus enregistré à la station de contrôle de Golfech cette année n'a pas permis de marquer des saumons au-delà de cette date (dernier saumon contrôlé à Golfech le 15 mai et transporté au centre de reconditionnement de Bergerac en raison de son mauvais état sanitaire). Le suivi des poissons marqués s'est déroulé jusqu'au début du mois de juillet.

4.2 Le matériel biologique

4.2.1 Piégeage du matériel biologique

D'une manière générale, le piégeage est effectué en présence d'un technicien sur site : le piège est armé de 5h à 22h du lundi au vendredi et de 8h à 20h le samedi, dimanche et jours fériés. En 2023, la période de piégeage a débuté le 27 février et s'est terminée le 11 juin.

D'un point de vue technique, une journée type de piégeage se compose par :

- En début de journée, la nasse piège est mise en place dans le canal de transfert,
- Lorsqu'un saumon est visualisé à la vitre de comptage en aval du piège, le technicien installe le matériel de marquage au niveau de la station de piégeage,
- Dès que la présence du saumon est avérée dans la nasse du piège, celle-ci est remontée et le poisson déversé dans le bassin de stabulation,
- La nasse piège est replongée dans l'eau afin que sa goulotte de vidange ne gêne pas lors de la capture du saumon à l'épuisette.
- Si des poissons holobiotiques (BRE, BAF, CHE) de taille intéressante accompagnent un saumon, ils peuvent être également prélevés afin d'être marqués.

4.2.2 Modalités de marquage, de stabulation et de lâcher

4.2.2.1 Anesthésie

Les saumons sont capturés dans le bassin de piégeage avec une épuisette adaptée (largeur 70 cm et mailles 4 mm) puis transférés dans une bâche (civière) opaque remplie d'un bain anesthésiant (Photo 20).



Photo 20 : Bâche en forme de civière utilisée pour l'anesthésie des poissons

Le bain est constitué de 40 L d'eau de la Garonne auxquels sont ajoutés 20 ml de solution de Tricaïne à 10% (100g de poudre de Tricaïne et ajout d'eau jusqu'à un volume total de solution de 1 L). Le temps nécessaire pour atteindre un stade de sédation profonde est de 1 à 2 min. Dans le cas des individus holobiotiques, le même dosage d'anesthésiant est utilisé.

4.2.2.2 Biométrie et prélèvements

Dès le stade de sédation profonde atteint, avec la perte totale de réflexes, les manipulations peuvent débuter.

- Le saumon est en premier lieu photographié dans son ensemble sur les deux flancs. L'heure de début de biométrie sera enregistrée à partir de ce moment (horodatage photo). Les éventuelles blessures seront prises en gros plans pour description ultérieure.
- Appréciation du sexe, de la couleur de la robe, de l'écaillage des deux flancs ainsi que de l'état général.
- Réalisation des mesures de longueur (totale et fourche) à l'aide d'un ichtyomètre adapté ainsi que la mesure du maxillaire supérieur avec un pied à coulisses électronique.
- Prélèvement d'un bout de nageoire pectorale (<math><1\text{cm}^2</math>) pour analyse ADN (ciseaux et pince à dissection plate).
- Prélèvement d'environ 5 écailles sur chaque flanc du poisson (pince dissection pointue).

4.2.2.3 Marquage :

- **Emetteur radio** (cf. § 4.4.2) et **marquage RFID avec pit-tag 32 mm** : afin de supprimer une étape et une perforation, le pit-tag RFID n'est plus inséré à l'aide d'un pistolet-seringue dans le muscle parallèlement à la nageoire dorsale. Cette année, comme en 2022, la marque RFID a été fixée sur l'antenne de l'émetteur radio en amont direct de l'émetteur à l'aide de gaine thermo-rétractable (Photo 21). L'émetteur radio est ensuite inséré de façon habituelle par voie buccale dans l'estomac à l'aide d'un

tube pousseur en PVC, puis l'antenne souple est ressortie par un opercule afin qu'elle « gêne » le moins possible le poisson (Photo 22).

- Pour le marquage des espèces holobiotiques, le **tag RFID** est inséré à l'aide d'un pistolet-seringue dans le muscle parallèlement à la nageoire dorsale. En cas de **marquage radio** (non effectué en 2023), l'insertion de l'émetteur dans la cavité générale se fait par chirurgie.

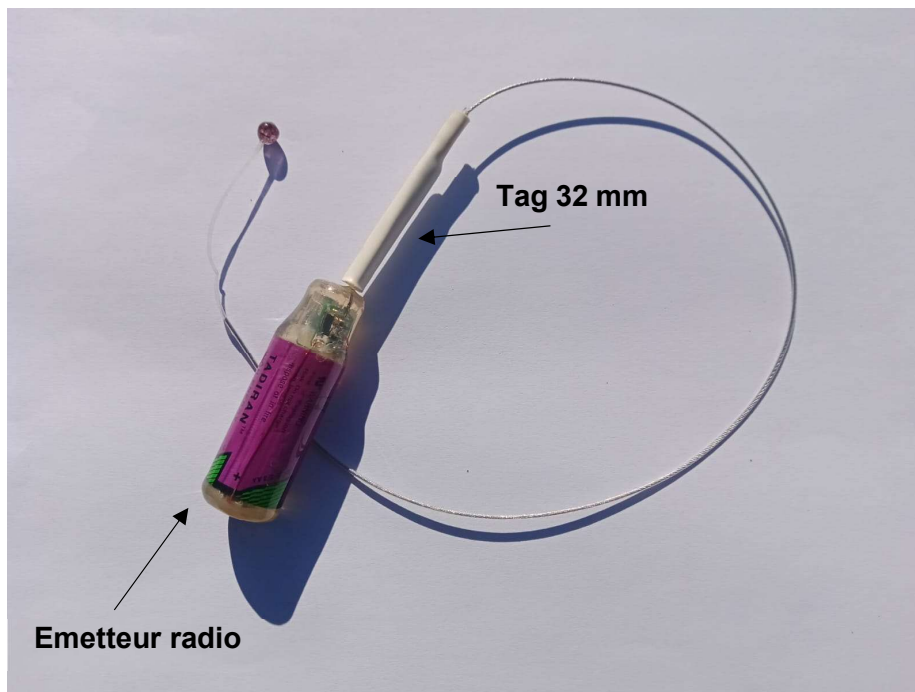


Photo 21 : Tag RFID de 32 mm fixé sur l'antenne de l'émetteur radio dans une gaine thermo-rétractable



Photo 22 : Marquage avec un émetteur radio par insertion stomacale

Lors des différentes manipulations, une attention particulière est portée à l'immersion totale ou partielle de la tête du poisson.

Après le marquage, le poisson est photographié (horodatage de fin de marquage).

La totalité des opérations faites au stade de sédation profonde durent entre 7 et 9 minutes (contrôlé grâce à l'intervalle entre la photo avant mesures et la photo au réveil).

4.2.2.4 Mise en poche et transport pour lâcher

Avant le début des manipulations sur le saumon, une solution de transport est préparée puis placée dans une « poche de transport ». Cette solution est constituée de 20 L d'eau de la Garonne auxquels sont ajoutés 4 ml de solution de Tricaïne à 10% et 200 g de sel de mer non traité.

Suite aux marquages et différents prélèvements, le saumon est glissé dans la poche de transport. Aux 20 L de solution de transport est ajouté un volume équivalent d'oxygène pur. Le tout est alors fermé hermétiquement à l'aide de ruban adhésif. La poche contenant le saumon est placée à l'abri de la lumière dans une caisse isotherme muni d'un bloc froid et la caisse est acheminée sur le site de lâcher en véhicule léger.

A l'arrivée sur le site de lâcher, le saumon est placé dans un vivier flottant (Photo 23 et Photo 24). Une fois sorti de la poche de transport, il met entre 2 et 5 min pour retrouver un comportement normal. Une fois le poisson prêt à repartir, il est libéré par l'ouverture du vivier.



Photo 23 : Lâcher d'un saumon marqué dans le vivier flottant



Photo 24 : Vue subaquatique d'un saumon marqué au moment de son lâcher

Dans le cas des individus holobiotiques, ces derniers, après marquage, sont transportés à l'aide de bassine d'eau depuis le piège jusqu'à l'aval de l'ascenseur, où ils sont relâchés.

4.2.2.5 Hygiène :

Avant chaque opération de marquage, les outils de chirurgie ainsi que les marques sont désinfectés par immersion dans l'éthanol puis séchés. Les marques sont rincées à l'eau distillée avant leur insertion.

4.3 Les conditions environnementales au cours de la période d'étude

4.3.1 Les débits

Les données de débits sont issues des différentes stations de la Banque Hydro disponibles aux environs du secteur d'étude :

- Les débits de la Garonne en aval de l'ouvrage de Golfech proviennent de la station hydrométrique de Lamagistère (station n°O6140010),

- Pour la Garonne au niveau de Toulouse, les données proviennent de la station de Portet-sur-Garonne (station n°O1900010),
- En ce qui concerne les affluents de la Garonne, pour le Tarn, les débits sont issus de la station de Villemur-sur-Tarn (station n°O4931010) et pour l'Ariège, les débits proviennent de la station d'Auterive (station n°O1712510).

4.3.2 Débits et fonctionnement des ouvrages suivis

4.3.2.1 Malause-Golfech

Le groupement E.D.F de Golfech a pu mettre à disposition un fichier de données au pas de temps horaire regroupant l'enregistrement des différents organes de l'usine de Golfech et du barrage de Malause permettant de caractériser le fonctionnement de l'ouvrage :

- La position des vannes segment du barrage de Malause (en m),
- Le débit transitant par les différentes vannes segment (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$),
- La cote amont du plan d'eau de Malause (en m NGF),
- Le débit turbiné au niveau du débit d'attrait de la rivière de contournement du barrage de Malause (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$),
- Les débits turbinés par les différents groupes de l'usine hydroélectrique (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$),
- Le débit évacué par le clapet de décharge de l'usine (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$),
- Les hauteurs de chute aux deux entrées de l'ascenseur à poissons (en m).

4.3.2.2 Bazacle

La télé-exploitation E.D.F mise en place sur le site du Bazacle permet d'obtenir :

- Les débits entrants au niveau de l'ouvrage (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$),
- La cote amont de la retenue (en m NGF), ainsi que la hauteur d'eau de la Garonne au niveau du plan de grille (en m),
- Les débits turbinés par les différents groupes de l'usine hydroélectrique (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$).

Une centrale d'enregistrement permet également de recueillir en libre accès les informations qui concernent le fonctionnement de la passe à poissons du Bazacle, avec comme données disponibles le niveau d'eau amont et aval de la vanne de régulation à l'entrée de la passe. La différence entre ces deux données permet d'obtenir la hauteur de chute au niveau de l'entrée de la passe.

4.3.3 La température

Sur le secteur étudié, la température de l'eau est enregistrée :

- En amont de Toulouse, à la station de contrôle de Carbonne,
- À Toulouse, dans la passe à poissons du Bazacle,
- Sur le secteur Golfech-Bazacle, la température est enregistrée à Verdun sur Garonne,
- Sur la partie aval, dans le canal de transfert de l'ascenseur à poissons de Golfech.

Ces données sont suivies en continu par MI.GA.DO à l'aide de sondes de température *Tinytag Aquatic 2* de type *TG-4100*. Chaque sonde est doublée pour avoir une sonde de secours en cas de problème. Le pas de temps des enregistrements est horaire, ce qui permet d'observer les variations journalières. Les données sont récupérées régulièrement afin de ne pas perdre de trop longue chronique en cas de dysfonctionnement.

4.4 Suivi des déplacements de poissons à l'aide de la technique de radiotélémétrie

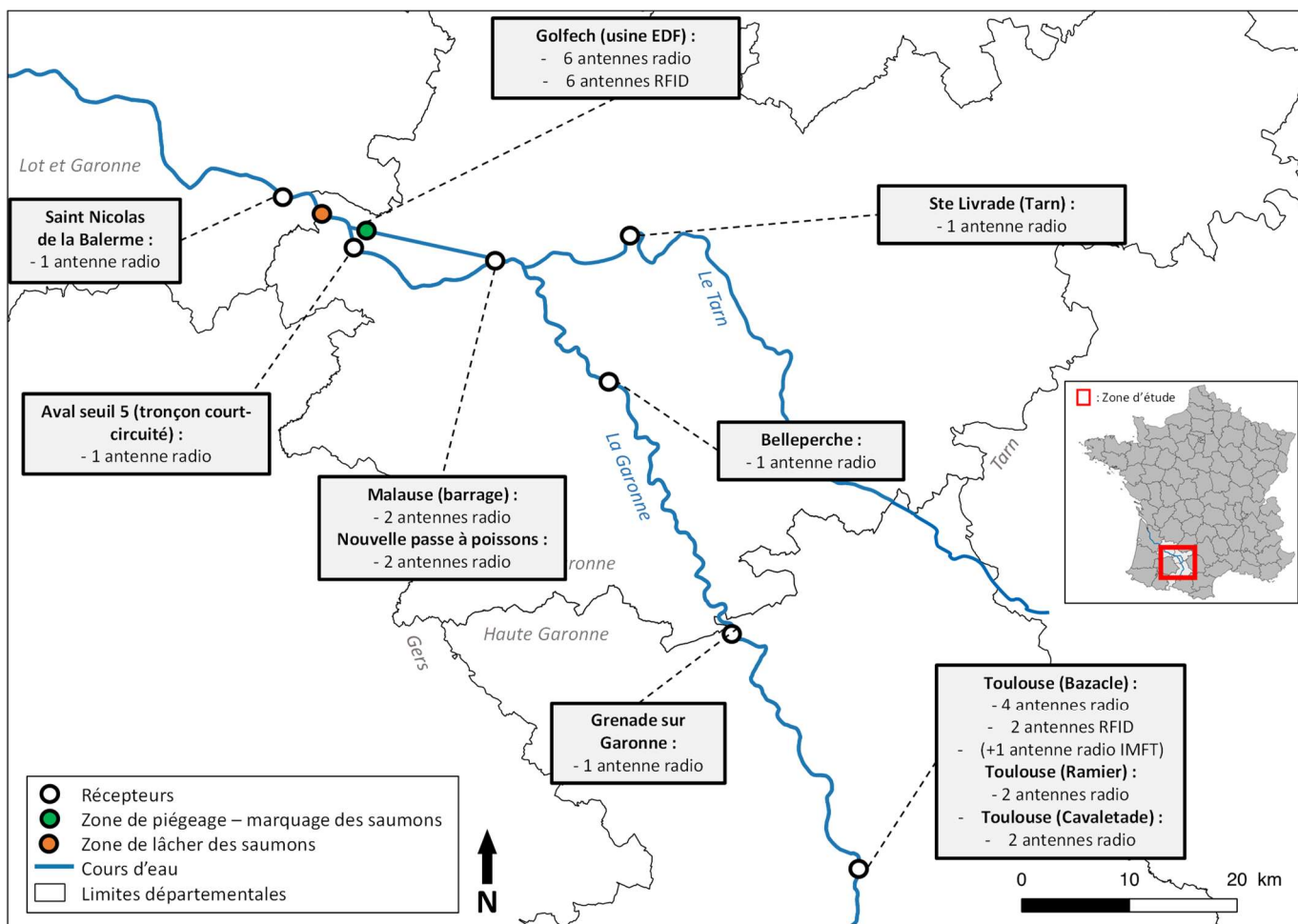


Figure 9 : Schéma des différentes zones de suivis en amont et en aval du barrage de Golfech

4.4.1 Principe

Dans son principe général, la radiotélémétrie consiste à équiper un animal d'un émetteur radio et à suivre ses déplacements dans son milieu à l'aide de récepteurs, fixes ou mobiles, reliés à une antenne (Figure 9 et Figure 10).

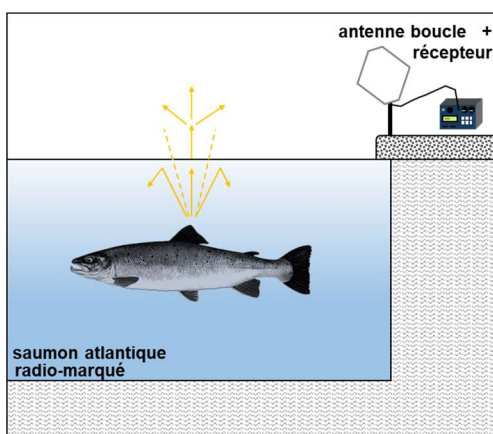


Figure 10 : Principe du radiopistage en milieu aquatique (d'après BARAS et CHERRY, 1990)

Le plus souvent, les limites de la télémétrie sont fixées par la technologie utilisée, c'est à dire la puissance et la portée des émetteurs radio ou encore leur durée de vie. Par ailleurs, le signal transmis par l'émetteur radio s'atténue plus rapidement dans l'eau que dans l'air et ce, d'autant plus qu'on est en profondeur, que la conductivité électrique de l'eau augmente et que la fréquence d'émission est élevée (WINTER, 1983).

Dans toutes les études de télémétrie, on suppose que les émetteurs n'interfèrent pas avec la survie, les performances ou le comportement des poissons (BARAS et LAGARDERE, 1995).

Concernant le protocole, les saumons adultes piégés sont marqués à l'aide de radio-émetteurs (marquage par insertion stomacale). Le suivi mobile radio permet de localiser rapidement les poissons marqués depuis les berges et de retrouver les poissons égarés. La radiotélémétrie permet également d'équiper de petites zones de suivi (quelques m²) afin de réaliser un suivi comportemental plus fin, notamment au niveau des ouvrages de franchissement.

4.4.2 Matériel utilisé

4.4.2.1 Emetteurs

Les radio-émetteurs ATS® (Advanced Telemetry Systems) choisis pour ce suivi (Photo 21 et Tableau 2) correspondent au modèle F1840C. Ce modèle codé permet de suivre un plus grand nombre de poissons simultanément, principalement lorsque ceux-ci se retrouvent au même endroit au même moment. Les émetteurs utilisés ont une durée de vie garantie par le constructeur d'environ 465 jours, ce qui permet une durée de suivi théorique de 15 mois.

En bio-télémétrie, l'une des principales préoccupations des scientifiques est le poids des marques utilisées et notamment le rapport entre le poids de l'émetteur et le poids du poisson (BROWN, 2013). Bien que conçue comme une "règle empirique", depuis les années 1980 et les débuts de la télémétrie, la recommandation retenue pour les marques internes utilisées est de ne pas dépasser plus de 2% du poids du poisson (SMIRCICH & KELLY, 2014). Pour notre étude, le poids des émetteurs ne dépasse pas ce ratio.

Les caractéristiques des émetteurs sont données dans le Tableau 2 ci-après.

Modèle	Type	Long. (mm)	Ø (mm)	Poids (g)	Capacité batterie garantie
F1840C	codé	52	17	20	± 15 mois

Tableau 2 : Caractéristiques constructeur des radio-émetteurs utilisés

4.4.2.2 Stations d'enregistrement

Les stations de réception fixes, composées de récepteur-enregistreurs (modèle ATS R4500C) couplés à une alimentation 220V/12V de 2A (Photo 25), ont été installées sur différentes parties stratégiques du secteur de suivi. Ces stations fonctionnent donc grâce à une alimentation en courant électrique 220V.

Les stations fixes sont reliées à des antennes réceptrices, aériennes (antenne boucle) ou immergées (câble radio coaxial RG 58, avec partie dénudée de 17 cm de longueur), permettent de surveiller en continu des zones de réception calibrées et de suivre ainsi précisément les déplacements des poissons marqués dans ces zones.

La durée d'écoute d'une fréquence est ajustable. Cette durée d'écoute comporte deux paramètres : le temps pour détecter la fréquence et le temps pour déterminer le code de

l'émetteur, une fois la fréquence identifiée. Pour optimiser ce réglage, la taille des zones de réception, la vitesse de déplacement de l'espèce étudiée et le nombre de fréquences relâchées sont à considérer. Compte-tenu du retour d'expérience sur ce type d'études (BAU et CROZE, 2008) et de la taille de certaines zones de réception pour la présente étude, la durée de balayage des fréquences a été fixée à 3s et la durée d'identification du code à 10s.



Photo 25 : Exemples d'installation de récepteur-enregistreurs utilisés à Golfech (à gauche) et au Bazacle (à droite)

4.4.3 Localisation des zones de détection

Quinze zones de suivi ont été définies entre l'aval de l'ouvrage de Golfech et l'ouvrage de Carbonne. Chacune de ces zones est composée de 1 à 5 récepteur-enregistreurs en fonction de la configuration du site. Les zones de suivi ont été définies ainsi :

→ **Aval Golfech**

- Zone 1 [1 *enregistreur*], située au niveau de Couthures-sur-Garonne (PK GAR_113), soit une centaine de kilomètres en aval de l'ascenseur de Golfech. Cette zone est le point le plus aval du suivi et permet d'identifier les poissons qui dévalent et sortent du système.
- Zone 2 [1 *enregistreur*], à Saint Nicolas de la Balerne, 6 km en aval de Lamagistère (PK GAR_205,8).
- Zone 3 [1 *enregistreur*], en aval du seuil 5 dans le TCC au niveau de la rive gauche (PK GAR_214). Cette station autonome (alimentée par un panneau solaire) permet de contrôler les incursions éventuelles de poissons dans le TCC mais aussi ceux qui pourraient être bloqués en aval du seuil 5 (Photo 26). Avec la nouvelle passe à poissons située au niveau du barrage de Malause et sa mise en service pour la saison de migration 2022, il était important de pouvoir détecter une entrée éventuelle des poissons marqués dans le TCC.



Photo 26 : Installation de station d'enregistrement radio autonome

→ Ouvrage de Golfech

- Zone 4 [6 *enregistreurs*], située au niveau de l'ascenseur (Figure 11), cette zone permet d'appréhender le comportement des poissons lors de l'approche de l'ascenseur et de leur entrée dans celui-ci. Une antenne boucle dite « générale » (**GOLGENE**) couvre toute la largeur de la Garonne en pied d'usine et de l'ascenseur. Une antenne brin immergée a été installée au niveau de chaque entrée (**GOLE1** et **GOLE2**) et une antenne avec brin immergé a été positionnée au niveau du piège de l'ascenseur (**GOLPIEGE**). Ce brin a été installé dans la nasse du piège, afin de tenter de détecter si les poissons marqués entrent ou ressortent de la nasse. Enfin, deux antennes avec brin immergé ont été positionnées en aval et en amont du canal de transfert. Le premier brin (**GOLASP**) est situé au niveau du déversement de la cuve afin de valider le passage à l'amont des individus suivis et le second (**GOL2200**), à l'amont du canal de transfert, au niveau de la vanne de contrôle, pour valider le passage des individus du canal de transfert au canal d'amenée et donc la sortie du système de montaison.

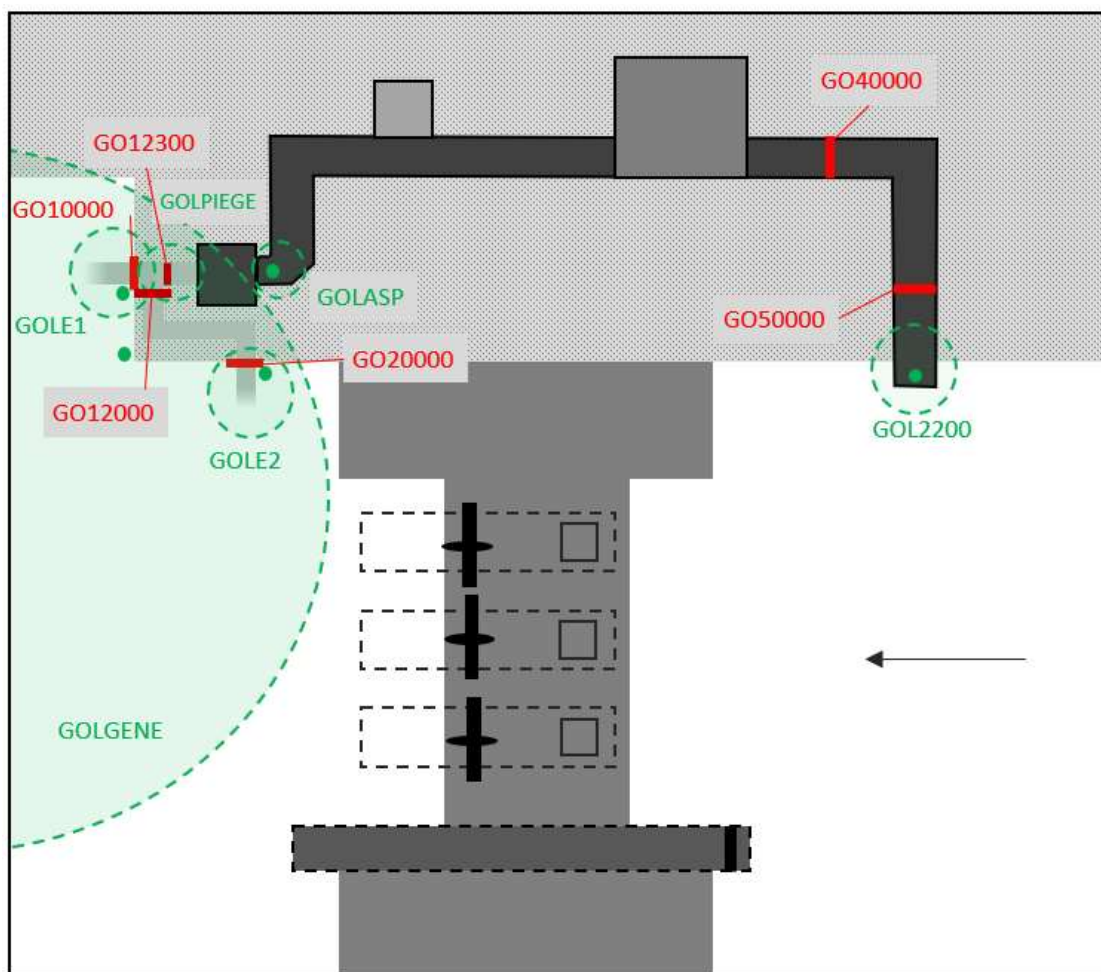


Figure 11 : Schéma des différentes zones d'enregistrements radio (vert) et RFID (rouge) sur le site de Golfech

→ Ouvrage de Malause

- Zone 6 [2 enregistreurs], située en aval direct du barrage de Malause, en rive droite et gauche (MALBARRD et MALBARRG). Chaque station est équipée d'une antenne boucle aérienne. Avec une station sur chaque berge, cela permet de couvrir toute la largeur de la rivière pour détecter les éventuels saumons bloqués au pied du barrage.
- Zone 7 [2 enregistreurs], située en aval et en amont de la nouvelle rivière de contournement (MALPASSAVAL et MALPASSAMO). L'antenne aval est un brin immergé et l'antenne amont est une antenne boucle. Ces antennes permettent d'observer l'utilisation de la rivière de contournement et de valider un passage à l'amont de l'ouvrage. L'antenne MALPASSAMO peut permettre également de détecter les individus qui empruntent le canal d'amenée.

→ Secteur entre Malause et Toulouse

Le tronçon entre la retenue de Malause et l'aval du Bazacle est long d'un peu plus de 80 km. Afin d'avoir des renseignements intermédiaires sur ce long linéaire, il a été décidé d'ajouter trois stations d'enregistrement radio réparties comme suit :

- Zone 8 [1 enregistreur], lorsque les poissons traversent la retenue de Malause, ces derniers peuvent aussi s'engager sur l'axe Tarn. Afin de contrôler cette éventualité,

une station d'enregistrement et une antenne boucle aérienne ont été installés au niveau du premier ouvrage sur cet axe, le seuil et l'usine de Ste Livrade (PK TAR_12,5).

- Zone 9 [1 *enregistreur*], sur la Garonne au niveau de l'abbaye de Belleperche (PK GAR_249,3), la station est équipée d'une antenne boucle aérienne.
- Zone 10 [1 *enregistreur*], au niveau de Grenade sur Garonne (PK GAR_285,5), la station est équipée d'une antenne boucle aérienne et se situe sur la Garonne, une vingtaine de kilomètres en aval de Toulouse. Cette station est en place depuis le suivi 2022.

→ Ouvrage du Bazacle

- Zone 11 [4 *enregistreurs*], située au niveau des passes à bassins de l'usine hydroélectrique du Bazacle. Cette zone permet d'appréhender le comportement des poissons en approche et de confirmer leur franchissement (Figure 12). Une antenne boucle aérienne dite « générale » (BAZGENE) couvre toute la zone en aval de l'usine (rive droite) jusqu'à la passe à bassins. Une antenne brin immergée a été installée au niveau de l'entrée de la passe à bassins, côté extérieur (BAZENT) et 2 autres antennes brins immergées se situent à l'intérieur de la passe à bassins : la première en aval dans le premier virage (BAZAV) et la seconde en amont de la vitre de contrôle vidéo (BAZAMO). Cette dernière permet de confirmer le franchissement de la passe à bassins mais également de capter d'éventuels poissons ayant emprunté la passe à ralentisseurs située à proximité.

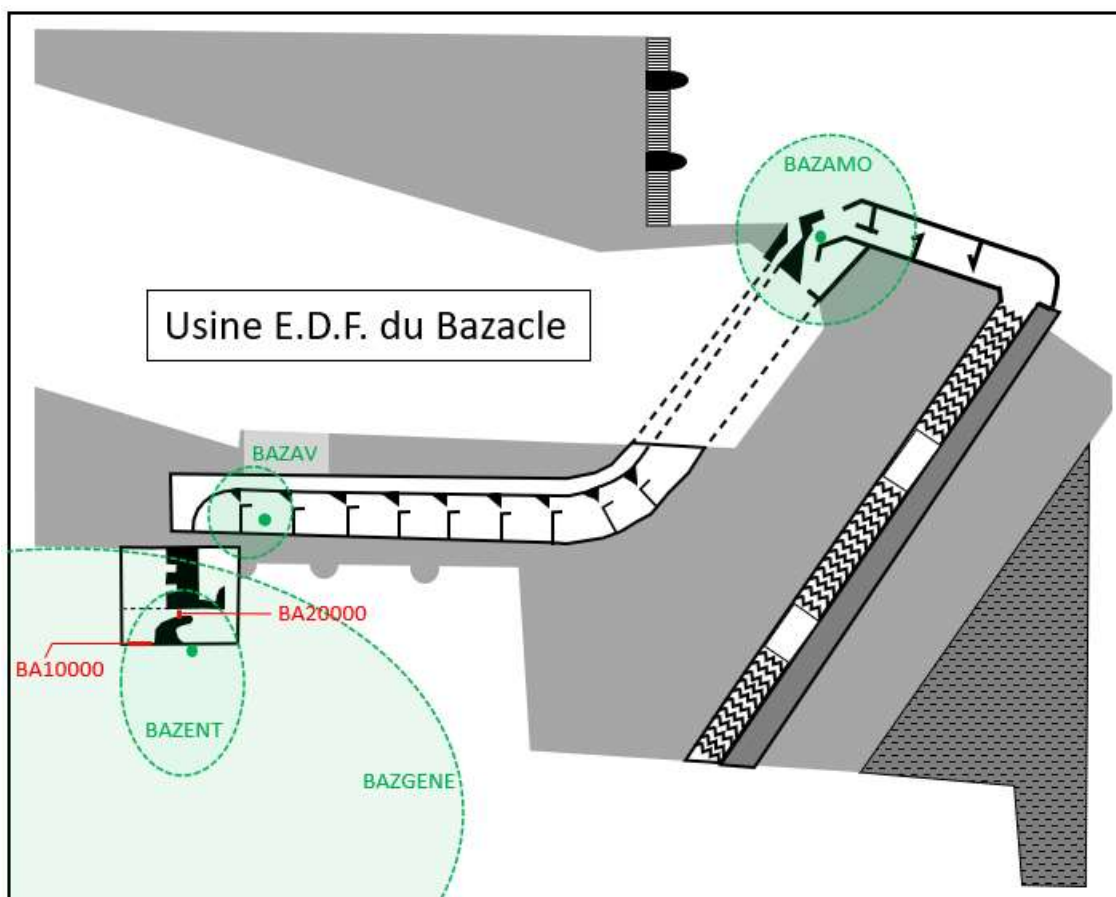


Figure 12 : Schéma des différentes zones d'enregistrements radio (vert) et RFID (rouge) sur le site du Bazacle

→ Amont barrage du Bazacle

- Zone 12 [2 *enregistreurs*], située 1,7 km en amont du Bazacle, au niveau de l'usine hydroélectrique du Ramier, sur le bras supérieur de la Garonne (bras rive droite). Une station avec une antenne boucle aérienne a été installée en aval de la passe à poissons de l'aménagement (Photo 27), permettant de détecter l'arrivée de poissons suivis et de connaître le délai de blocage éventuel au pied de l'ouvrage avant de trouver le dispositif de franchissement. Une seconde station avec une antenne brin immergée est installée dans le dernier bassin amont de la passe (Photo 28). Cela permet de confirmer le franchissement par l'ouvrage de montaison.



Photo 27 : Antenne aval (antenne boucle) installée à l'entrée de la passe à poissons de l'usine du Ramier



Photo 28 : Antenne amont (antenne brin) installée en amont de la passe à poissons de l'usine du Ramier

- Zone 13 [1 *enregistreur*], située 2 km en amont du Bazacle, sur le bras supérieur de la Garonne (bras rive droite). Une station avec une antenne boucle aérienne a été installée au niveau de l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT), dans les locaux du Pôle d'Ecohydraulique de l'OFB. Cette station se trouve à moins de 500 m en amont de l'usine du Ramier.



Photo 29 : Antenne aval (antenne boucle) installée à l'entrée de la passe à poissons de l'usine de la Cavaletade



Photo 30 : Antenne amont (antenne brin) installée en amont de la passe à poissons de l'usine de la Cavaletade

- Zone 14 [2 *enregistreurs*], située environ 7 km en amont du Bazacle, au niveau de l'usine hydroélectrique de la Cavaletade, sur le bras inférieur de la Garonne (bras rive gauche). Comme pour l'usine du Ramier, deux stations ont été installées au niveau de la passe à poissons de l'aménagement. Une station avec une antenne boucle aérienne a été installée en aval de la passe à poissons de l'aménagement, permettant de détecter l'arrivée de poissons suivis et de connaître le délai éventuel de blocage au pied de l'ouvrage avant de trouver le dispositif de franchissement (Photo 29). Une seconde station, avec une antenne brin immergée, est installée dans le dernier bassin amont de la passe afin de confirmer un franchissement éventuel par l'ouvrage de montaison (Photo 30).
- Zone 15 [1 *enregistreur*], une dernière zone d'enregistrement a été installée au pied du barrage de Carbonne (*PK GAR_363,5*) situé sur la Garonne, en amont de Toulouse et de la confluence avec l'Ariège. Il s'agit également d'une station équipée d'une antenne boucle aérienne. Cette station correspond à notre point de contrôle le plus amont du secteur de suivi sur la Garonne.

Un récapitulatif des différentes stations d'enregistrement (Radio et RFID) mises en place sur l'ensemble du secteur d'étude se trouve en Annexe A.

4.5 Suivi des déplacements de poissons à l'aide de la technologie RFID

4.5.1 Principe

La technologie RFID (Radio Frequency Identification) consiste à marquer des individus à l'aide de marques passives (PIT-Tag) qui sont des petits transpondeurs (Photo 31) identifiés par un code unique, puis de détecter leurs passages au niveau de différentes antennes, mises en place à des endroits stratégiques, qui émettent un champ magnétique (Figure 13). Les antennes sont branchées sur des boîtiers d'accord qui permettent les réglages de l'antenne. Chaque boîtier d'accord est relié, par l'intermédiaire d'un câble coaxial Twinax, à une carte lectrice Texas Instrument montée dans un coffret enregistreur CIPAM (Photo 32), inséré dans un coffret métallique pour plus de résistance en cas d'installation en extérieur. L'enregistreur couplé à l'antenne relève et enregistre la date et l'heure du passage du poisson marqué.

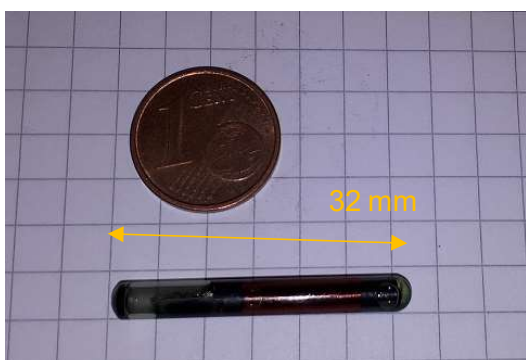


Photo 31 : Type de marque utilisée (PIT-Tag)



Photo 32 : Coffrets d'enregistrement CIPAM

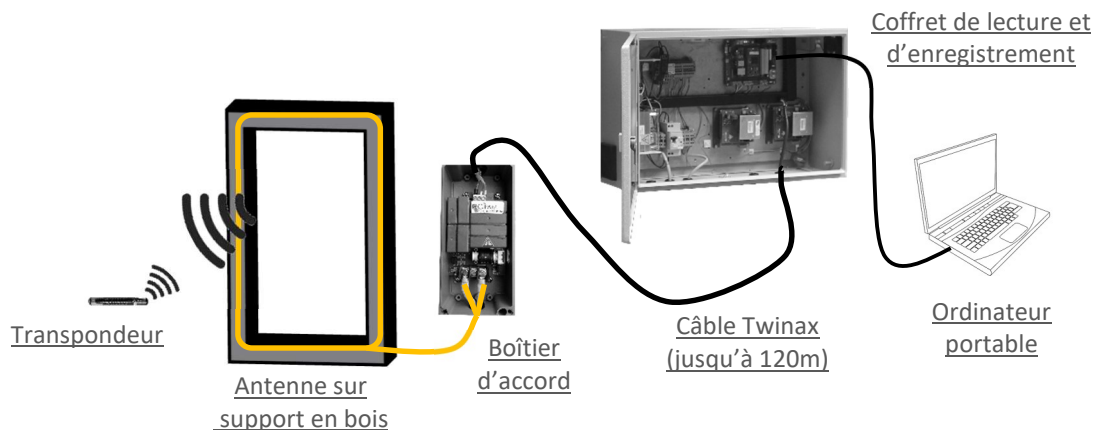


Figure 13 : Principe de fonctionnement du système RFID de CIPAM

Le suivi consiste donc à marquer, à l'aide de transpondeurs, les saumons déjà équipés de marque radio. Les poissons, relâchés en aval de Golfech, seront contrôlés au cours de leurs déplacements au niveau des ouvrages de franchissement en des endroits précis et localisés. L'ensemble des installations permettra également de suivre toutes les autres espèces équipées de transpondeurs RFID, notamment le silure, dans le cadre des différents suivis réalisés sur la zone d'étude et les espèces holobiotiques déjà marquées ou qui les seront à partir de ce suivi 2023.

4.5.2 Equipement des sites

4.5.2.1 Ouvrage de Golfech

L'ouvrage de montaison de Golfech est équipé de 2 coffrets lecteur-enregistreurs Basic développés par CIPAM. Au total, 4 antennes ont été déployées sur le site afin de déterminer le comportement des poissons au niveau de l'ascenseur :

- Une antenne installée à l'amont immédiat de la vanne de l'entrée 1 (appelée GO10000) pour pouvoir enregistrer les poissons franchissant cette entrée. Cette antenne permet de voir si plusieurs tentatives ont été nécessaires à un individu pour entrer dans le dispositif mais également s'il a pu ressortir par cette voie de passage. L'antenne est une boucle de câble HI-FI Supra (section 2 x 6 mm²) qui mesure 3,6 m x 1,7 m (Figure 30).
- Une antenne installée à l'amont proche de la vanne de l'entrée 2 (appelée GO20000). Cette antenne à la même fonction que l'antenne GO10000. L'antenne est une boucle de câble HI-FI Supra (section 2 x 6 mm²) qui mesure 3 m x 1,75 m (Figure 31).



Photo 33 : Antenne **GO10000** à l'entrée 1 de l'ascenseur (avant retrait de l'anti-retour)



Photo 34 : Antenne **GO20000** à l'entrée 2 de l'ascenseur

- Une troisième antenne (**GO12000**) se trouve à l'intersection entre l'entrée 1 et l'entrée 2 à l'aval de la nasse du piège de l'ascenseur (Figure 14 et Photo 35). Cette antenne permet d'analyser et de déterminer si les allers-retours entre l'entrée 1 et l'entrée 2 se font par l'intérieur ou par l'extérieur de l'ascenseur. L'antenne est une boucle de câble HI-FI Supra (section 2 x 6 mm²) et mesure 3 m x 1,5 m. Cette antenne a été installée puis mise en service au cours du suivi 2021.

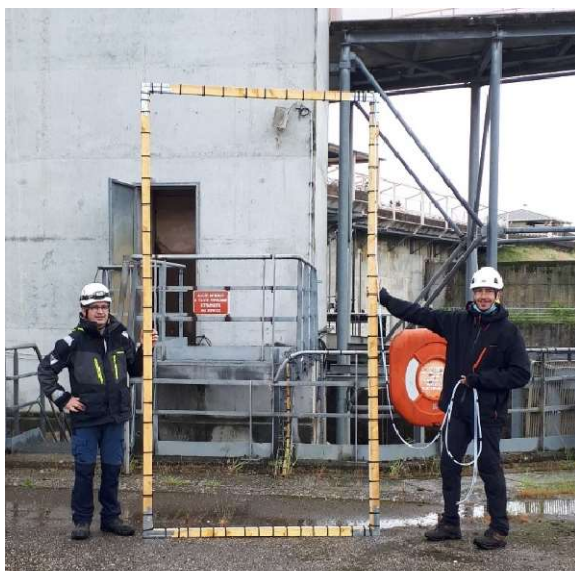


Photo 35 : antenne RFID **GO12000**, installée entre l'entrée 1 et l'entrée 2 de l'ascenseur à poissons

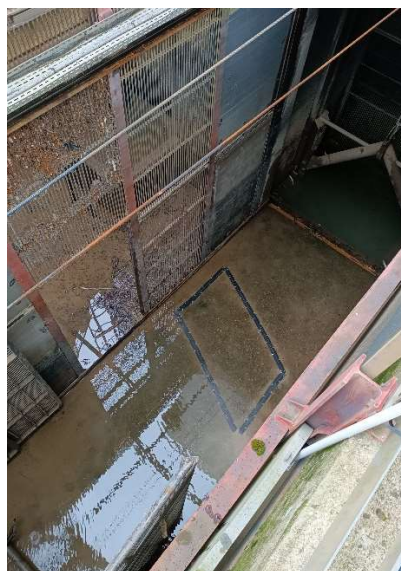


Photo 36 : antenne RFID **GO12300**, installée au sol à plat à l'intérieur du piège de l'ascenseur à poissons

- Une quatrième et nouvelle antenne (**GO12300**) a été installée avant ce suivi 2023 à l'intérieur du piège de l'ascenseur (Photo 36 et Figure 14). Elle a une importance capitale puisqu'elle permet à la fois d'enregistrer et donc de valider la présence des

poissons à l'intérieur du piège avant d'emprunter l'ascenseur mais aussi d'enregistrer les ressorties éventuelles du piège. Cette antenne a été installée au sol, à plat, afin de ne pas gêner le déplacement du chariot mobile de l'ascenseur. L'antenne est une boucle de câble HI-FI Supra (section 2 x 6 mm²) et mesure 1,95 m x 1 m.

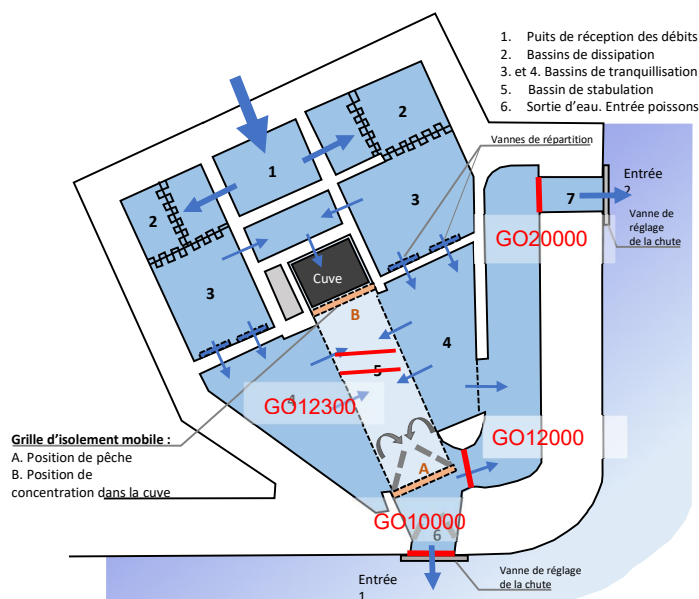


Figure 14 : Schéma de l'implantation des antennes RFID dans l'enceinte de l'ascenseur de Golfech

Après installation et réglages, les antennes ont été testées et les distances de détection des antennes mesurées hors d'eau (avec des marques de 32 mm). Les distances obtenues de part et d'autre de chaque antenne sont reportées dans le Tableau 3. A noter que pour les antennes situées aux entrées 1 et 2, l'environnement métallique entourant les antennes et la proximité des vannes de régulation limitent l'optimisation des antennes mais les distances de détection restent toutefois satisfaisantes.

Antenne	Distance de détection de part et d'autre de l'antenne
	Marque PIT-Tag 32 mm
GO10000	30 cm amont / 40 cm aval
GO20000	40 cm amont / 40 cm aval
GO12000	40 cm amont / 50 cm aval
GO12300	70 cm au-dessus de l'antenne

Tableau 3 : Distances de détection des antennes mesurées lors de l'installation

4.5.2.2 Ouvrage du Bazacle

Le matériel utilisé sur la passe à bassins du Bazacle est identique à celui de l'ascenseur de Golfech. On y retrouve un coffret enregistreur connecté à 2 antennes installées à l'entrée de la passe à bassins (Figure 15) :

- La première antenne est installée à l'amont immédiat de la vanne d'entrée de la PAB (appelée BA10000) pour pouvoir enregistrer l'entrée dans l'ouvrage de franchissement. Cette antenne permet également de voir si plusieurs tentatives ont

été nécessaires à un individu pour entrer. L'antenne est une boucle de câble HI-FI Supra (section 2 x 6 mm²) qui mesure 2,7 m x 2,35 m (Photo 37).

- La seconde antenne est installée au niveau de la première fente de la passe (BA20000) en amont immédiat de l'injection du débit d'attrait complémentaire. Cette antenne permet de valider l'entrée complète dans l'ouvrage de montaison et la progression vers l'amont (Photo 38) et d'identifier un éventuel effet répulsif de l'injection du débit d'attrait qui se fait frontalement à l'entrée de la passe (Figure 15).

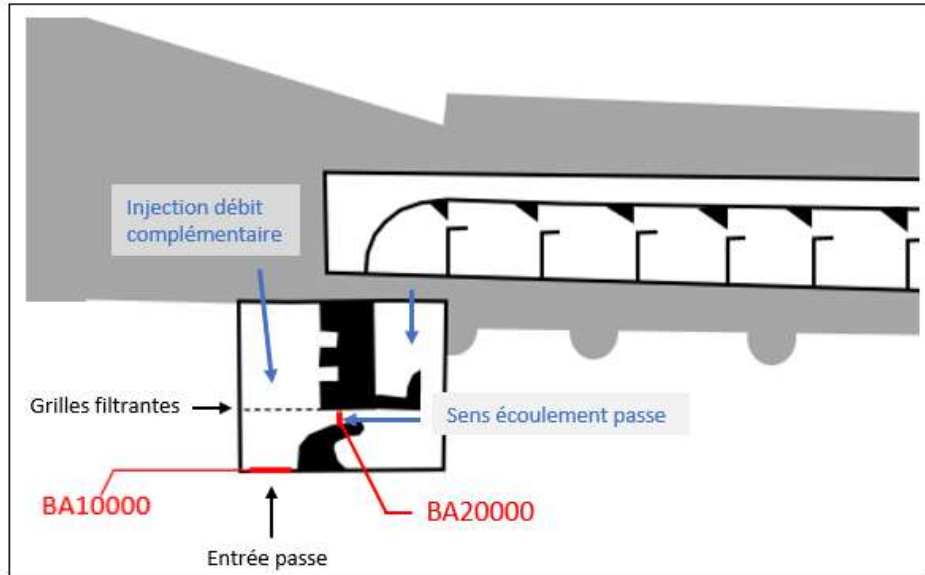


Figure 15 : Zoom sur l'entrée de la passe à bassins du Bazacle



Photo 37 : Antenne BA10000, au niveau de l'entrée de la PAB



Photo 38 : Antenne BA20000 (vue depuis l'amont)

Après installation et réglage, les antennes ont été testées hors d'eau et les distances de détection des antennes mesurées (avec des marques de 32 mm). Les distances obtenues de part et d'autre de chaque antenne sont reportées dans le Tableau 4. La proximité des deux

antennes a contraint à dégrader la distance de détection de l'antenne BA20000 afin que son champ magnétique n'interfère pas avec celui de BA10000 ou que des individus situés encore en aval de la première antenne ne se fassent pas détecter par l'antenne la plus amont.

Distance de détection de part et d'autre de l'antenne	
Antenne	Marque PIT-Tag 32 mm
BA10000	30 cm amont / 30 cm aval
BA20000	20 cm amont / 20 cm aval

Tableau 4 : Distances de détection des antennes mesurées lors de l'installation

Un récapitulatif des différentes stations d'enregistrement (RFID et Radio) mises en place sur l'ensemble du secteur d'étude se trouve en Annexe A.

4.6 Suivi mobile des déplacements de poissons

L'ensemble des stations fixes (radio et RFID) ne couvre que les points de passages « stratégiques » du secteur d'étude. En effet, ces récepteurs nécessitent le plus souvent soit une source d'énergie, soit d'être positionnés dans une zone accessible et sans parasites. Par ailleurs dans cette étude, les antennes RFID sont uniquement utilisées au niveau des systèmes de franchissement.

Ainsi, les jeux de données obtenus par enregistrement automatique se doivent d'être complétés par des suivis mobiles qui s'effectuent à pied le long de la berge, en voiture équipée d'une « antenne toit » spécifique ou bien en bateau. Les suivis à pied, en voiture ou en bateau sont réalisés grâce à la technique radio avec un récepteur de type R4500C.

5. CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE L'ETUDE

5.1 Débits

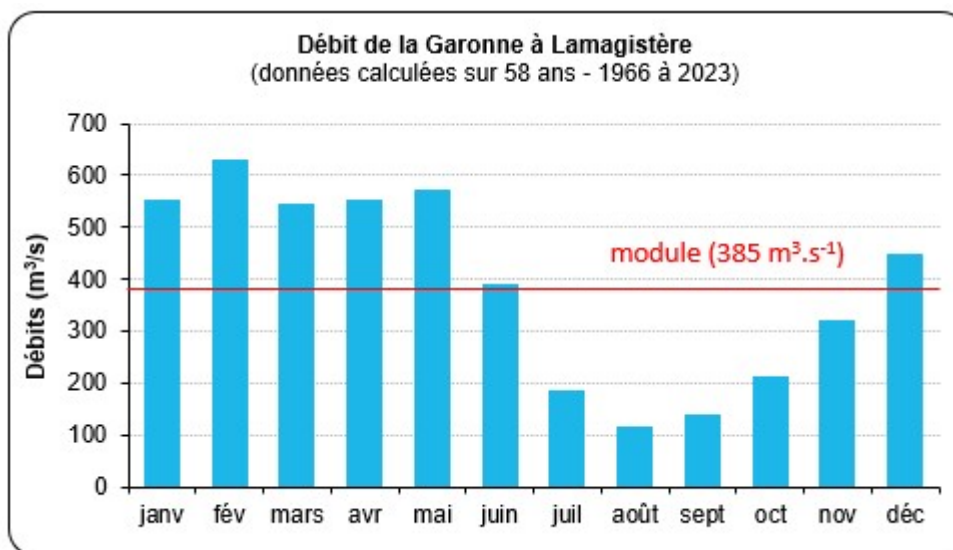


Figure 16 : Débits moyens mensuels de la Garonne à Lamagistère (chronique de 1966 à 2023)

Le régime hydrologique de la Garonne à Lamagistère (soit environ 3 km l'aval de l'usine hydroélectrique de Golfech) est caractérisé par de fortes eaux au cours de l'hiver, liées aux précipitations (essentiellement sous forme de pluie), qui se renforcent au printemps par la fonte des neiges. L'étiage estival intervient en août et peut être très prononcé (Figure 16).

Garonne à Lamagistère							
Station n°O6140010 - Module = 385 m³/s							
Données calculées sur 58 ans (1966-2023)							
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.
Q moy. Mensuel de référence (m³/s)	550	627	543	553	571	390	181
Q moy. Mensuel de l'étude 2023 (m³/s)	242.7	153.3	349.9	235.2	382.5	356.1	111.1
Coefficient d'hydraulicité 2023	▼ 0.44	▼ 0.24	▼ 0.64	▼ 0.43	▼ 0.67	▬ 0.91	▼ 0.61

Tableau 5 : Coefficients d'hydraulicité de la Garonne à Lamagistère pendant la période d'étude

Garonne à Portet-sur-Garonne							
Station n°O1900010 - Module = 186 m³/s							
Données calculées sur 114 ans (1910-2023)							
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.
Q moy. Mensuel de référence (m³/s)	192	210	218	269	340	274	141
Q moy. Mensuel de l'étude 2023 (m³/s)	90.7	59.5	104.0	118.8	262.2	242.3	73.9
Coefficient d'hydraulicité 2023	▼ 0.47	▼ 0.28	▼ 0.48	▼ 0.44	▬ 0.77	▬ 0.88	▼ 0.52

Tableau 6 : Coefficients d'hydraulicité de la Garonne à Portet-sur-Garonne pendant la période d'étude

La station hydrométrique de Lamagistère est située environ 3 km en aval de l'usine hydroélectrique de Golfech. Le complexe Malaussé-Golfech se situe à quelques kilomètres (environ 5 km) en aval de la confluence Tarn-Garonne. La station hydrométrique amont la plus proche sur cet affluent se situe à Villemur-sur-Tarn.

Tarn à Villemur-sur-Tarn							
Station n°O4931010 - Module = 138 m ³ /s							
Données calculées sur 54 ans (1970-2023)							
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.
Q moy. Mensuel de référence (m ³ /s)	221	251	202	189	164	93.4	45.4
Q moy. Mensuel de l'étude 2023 (m ³ /s)	74.1	54.6	144.6	77.8	94.9	78.3	31.2
Coefficient d'hydraulicité 2023	▼ 0.34	▼ 0.22	■ 0.72	▼ 0.41	▼ 0.58	■ 0.84	▼ 0.69

Tableau 7 : Coefficients d'hydraulicité du Tarn à Villemur-sur-Tarn pendant la période d'étude

Au cours du premier semestre 2023, l'hydrologie de la Garonne au niveau de la station de Lamagistère a été largement déficitaire (Tableau 5). L'évolution des débits est quasi identique sur la Garonne au niveau de Toulouse (Tableau 6) et sur le Tarn pour la station de Villemur-sur-Tarn (Tableau 7). L'ensemble des mois de suivis présente une hydrologie largement inférieure aux débits de référence (à Lamagistère de 24 % au mois de février à 91 % au mois de juin ; à Villemur-sur-Tarn de 22 % au mois de février à 84 % au mois de juin).

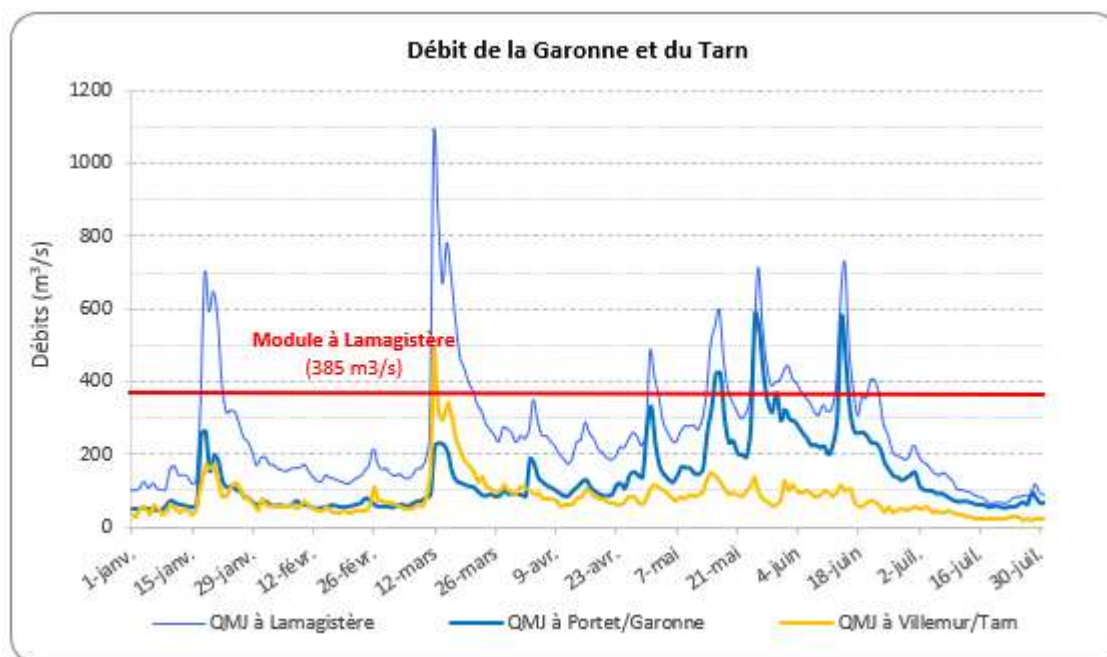


Figure 17 : Débits moyens journaliers de la Garonne et du Tarn pendant la période d'étude

Sur les courbes de débits moyens journaliers des 3 stations (Figure 17), on observe les coups d'eau du mois de janvier ($Q_{mj}=697 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) à Lamagistère le 18 janvier et du mois de mars ($Q_{mj}=1071 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) à Lamagistère le 12 mars, soit quasiment 3 fois le module.

Concernant le Tarn à la station de Villemur/Tarn, le coup d'eau du 11 janvier (Q_{mj} de $171 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) représente 1,2 fois le module, puis le coup d'eau du 12 mars (Q_{mj} de $497 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) représente 3,6 fois le module. Les variations de débits observables sur la Garonne durant les mois de mai et juin sont moins marquées sur le Tarn.

Au final, le régime hydrologique des 2 rivières aura été assez proche tout au long de l'étude, pour une saison de suivi à l'hydrologie globalement déficitaire.

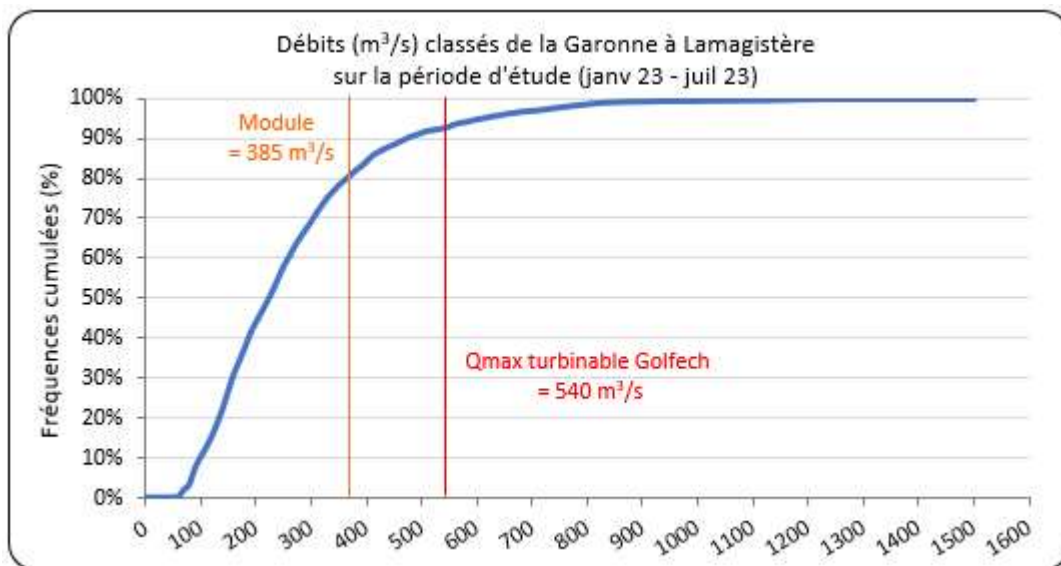


Figure 18 : Débits classés de la Garonne à Lamagistère pendant la période d'étude

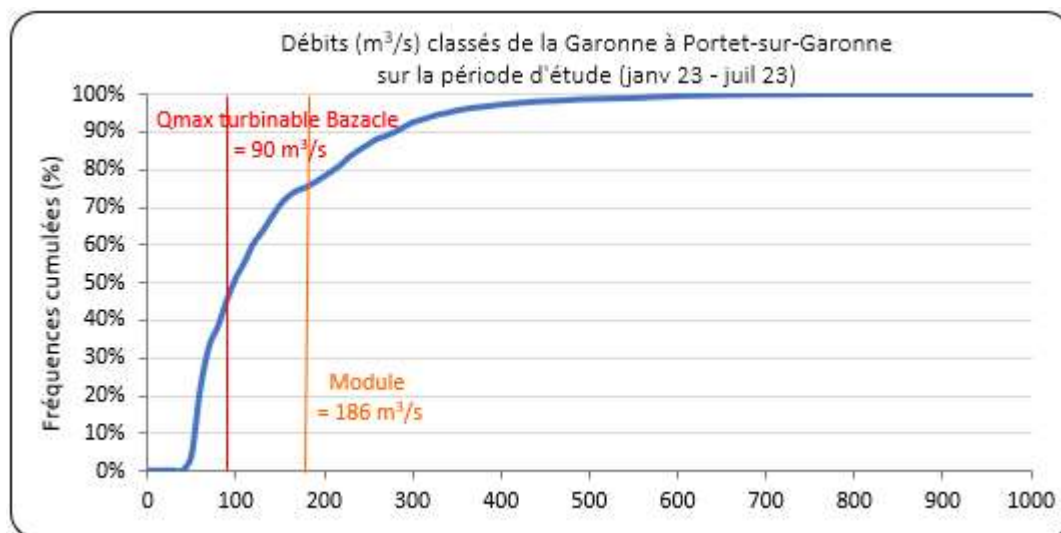


Figure 19 : Débits classés de la Garonne à Portet-sur-Garonne pendant la période d'étude

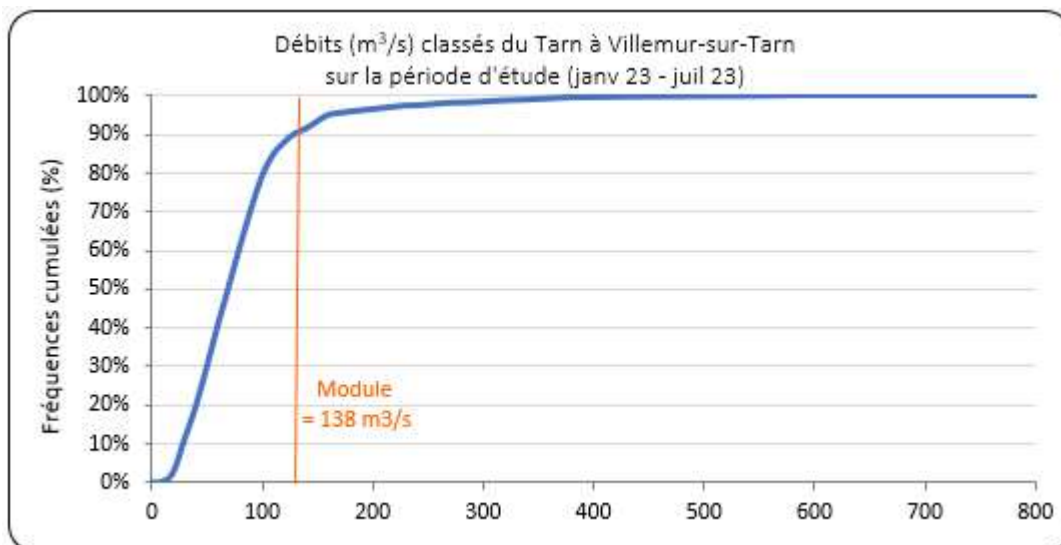


Figure 20 : Débits classés du Tarn à Villemur-sur-Tarn pendant la période d'étude

Le module de la Garonne à Lamagistère est de 385 m³/s. Cette valeur a été dépassée seulement 17,5 % du temps d'étude (Figure 18). Les débits à Lamagistère ont été inférieurs au maximum turbinable à l'usine de Golfech pendant 92,5 % du temps, ce qui signifie que **seulement 7,5 % du temps d'étude a potentiellement présenté des déversements au barrage de Malause.**

Sur la station amont de Portet-sur-Garonne, les débits ont été supérieurs au module (186 m³/s) 24 % du temps (Figure 19). Les débits à Portet-sur-Garonne ont été supérieurs au maximum turbinable à l'usine du Bazacle 55 % du temps, ce qui signifie que des déversements au niveau de la chaussée du Bazacle ont pu être observables 45 % du temps lors du premier semestre, l'usine du Bazacle étant faiblement équipée par rapport au module de la Garonne (48%).

En ce qui concerne les débits du Tarn, ils ont été supérieurs au module (138 m³/s) seulement 8,5 % du temps d'étude (Figure 20).

5.2 Analyse de l'année 2023 par rapport aux chroniques historiques

Le débit moyen journalier lors du premier semestre 2023 est resté largement inférieur à la moyenne des valeurs observées sur les cinquante dernières années (Figure 21), excepté lors des coups d'eau de mars et de juin. Par rapport aux suivis précédents, les mois de février et mars ont présenté une hydrologie largement inférieure. En revanche, à partir du mois d'avril, et malgré une hydrologie globale déficitaire, l'hydrologie est supérieure aux deux années précédentes de suivi (2021 et 2022). Globalement, l'ensemble des suivis réalisés dans le cadre de cette étude se sont déroulés avec une hydrologie inférieure à la moyenne observée.

On notera que lors de ce suivi 2023, aucune crue majeure n'a été enregistrée. A l'inverse, les faibles débits recensés en début d'année font partie des plus faibles observés sur la période depuis 1967. Les débits journaliers enregistrés entre le 27 février et le 10 mars sont les plus bas enregistrés sur cette même période.

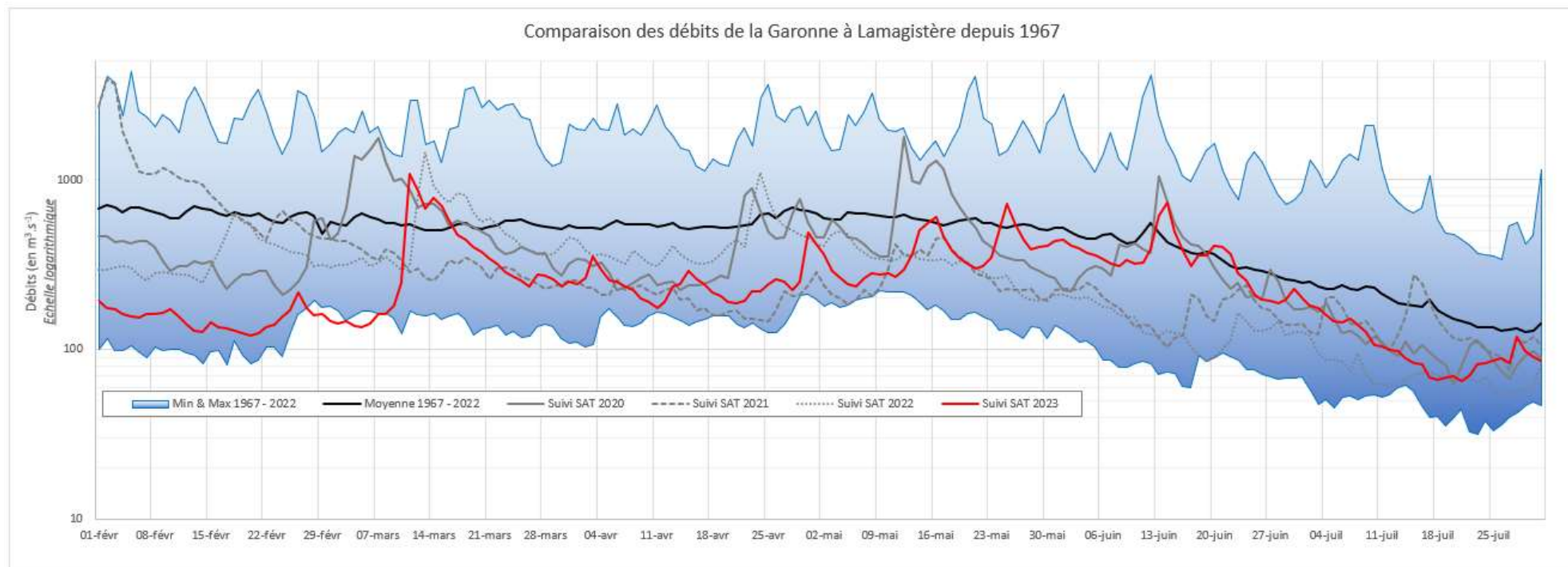


Figure 21 : Comparaison des débits de la Garonne à Lamagistère depuis 1967

5.3 Fonctionnement de l'ouvrage hydroélectrique de Golfech

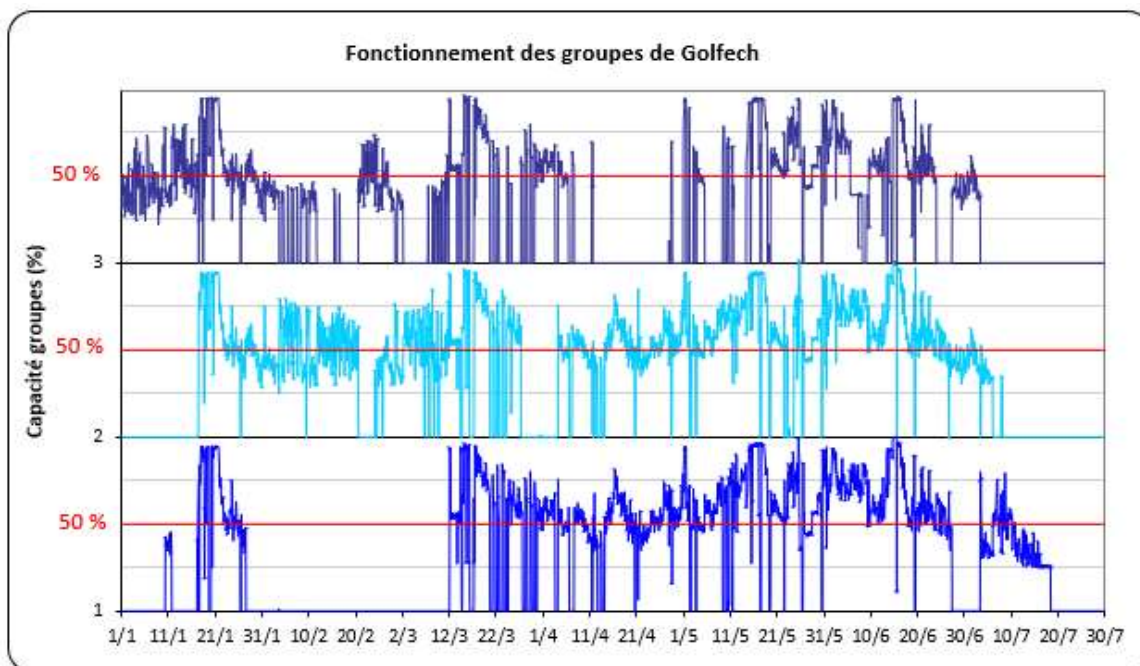


Figure 22 : Fonctionnement des 3 groupes de l'usine hydroélectrique de Golfech durant le premier semestre 2023

Lors du premier semestre 2023, les 3 groupes de l'usine étaient disponibles et ont fonctionné normalement. Sur la période de suivi (mars à juin), des arrêts d'usine ponctuels (notamment liés à des débrillages dans le cas de mouvement de grève du personnel EDF) ont été observés tout au long du suivi et représentent plus de 8 jours d'arrêt sur la période de suivi (Figure 22). Les débits ont permis un fonctionnement homogène de l'usine jusqu'à la fin du mois de juin, avec toutefois une période d'arrêt prolongé du G1 en février et du G3 en avril. Fin juin, la chute importante des débits de la Garonne a entraîné la baisse globale du débit turbiné. Le groupe 3 a cessé de fonctionner à partir du 03 juillet (fonctionnement à 2 groupes), le groupe 2 a cessé de fonctionner à partir du 08 juillet (fonctionnement à 1 groupe) et enfin le groupe 1 a été arrêté le 20 juillet entraînant l'arrêt complet de l'usine en raison des trop faibles débits entrant.

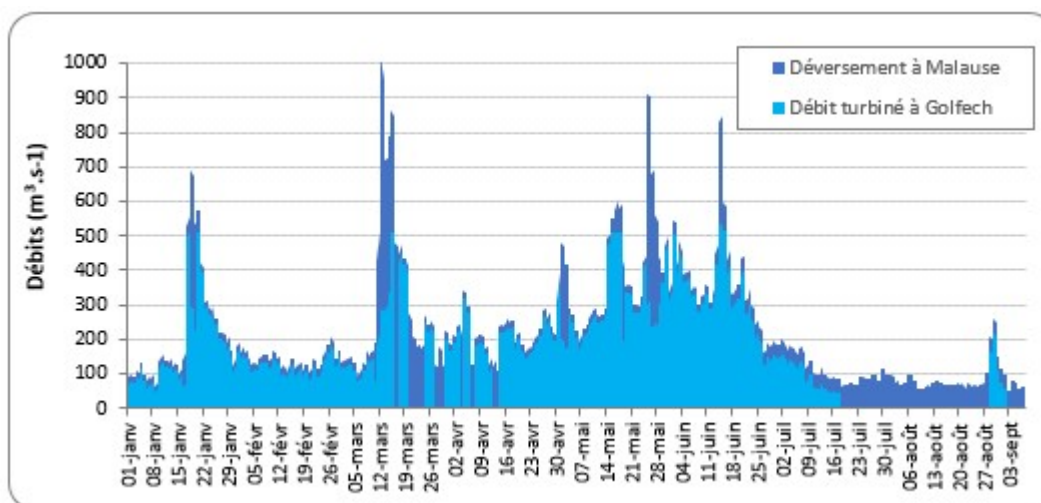


Figure 23 : Représentation des jours de déversement au barrage de Malause

La différence entre le débit de la Garonne après confluence avec le Tarn et le débit turbiné à l'usine de Golfech correspond au débit restitué au barrage de Malause, représenté par l'aire bleu foncé sur la Figure 23.

Pour rappel, le débit réservé dans le tronçon court-circuité de la Garonne est de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ du 15 octobre au 14 juin : $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ sont assurés par un groupe de restitution, $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s'écoule par la rivière de contournement et le complément est assuré par le premier clapet du barrage. Durant le reste de l'année, cette valeur est portée à $40 \text{ m}^3/\text{s}$, le complément étant alors réalisé par l'un des clapets du barrage. Lorsque le débit de la Garonne devient supérieur au débit max turbinable de l'usine, l'excédent est alors réparti sur les vannes du barrage. Lorsque les débits entrants augmentent de manière importante, ce sont d'abord les clapets du barrage de Malause qui évacuent en surface (chacun peut évacuer $175 \text{ m}^3/\text{s}$). Ensuite, ce sont les vannes segments qui prennent le relais. Cela signifie que pour les débits déversés faibles à moyens, les déversements à Malause s'effectuent en surface par les clapets et que seuls les plus forts débits sont évacués par le fond via les vannes segment.

Les périodes de déversements à Malause ont été très épisodiques au cours du premier semestre 2023. Au mois de janvier, un coup d'eau (débit horaire maximum déversé au barrage de $425 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, le 18 janvier à 19h), a entraîné 3 jours de déversements consécutifs. Au mois de mars un second coup d'eau, plus important que le premier (débit horaire maximum déversé au barrage de $823 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, le 18 janvier à 11h), a entraîné 6 jours de déversement au barrage (Figure 23). Des surverses sont ensuite observables au barrage tout au long du mois de mars et avril. Ces surverses sont liées aux débrailages d'usine les jours de mouvement de grève du personnel EDF. L'hydrologie un peu plus soutenue des mois de mai et juin a entraîné plusieurs phases de déversement.

A partir du 14 juin, il est possible d'observer sur la Figure 23 l'augmentation du débit réservé ($40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et enfin, à partir du 18 juillet et l'arrêt de l'usine, l'intégralité du débit entrant transite par le barrage et le TCC.

5.4 Température de l'eau

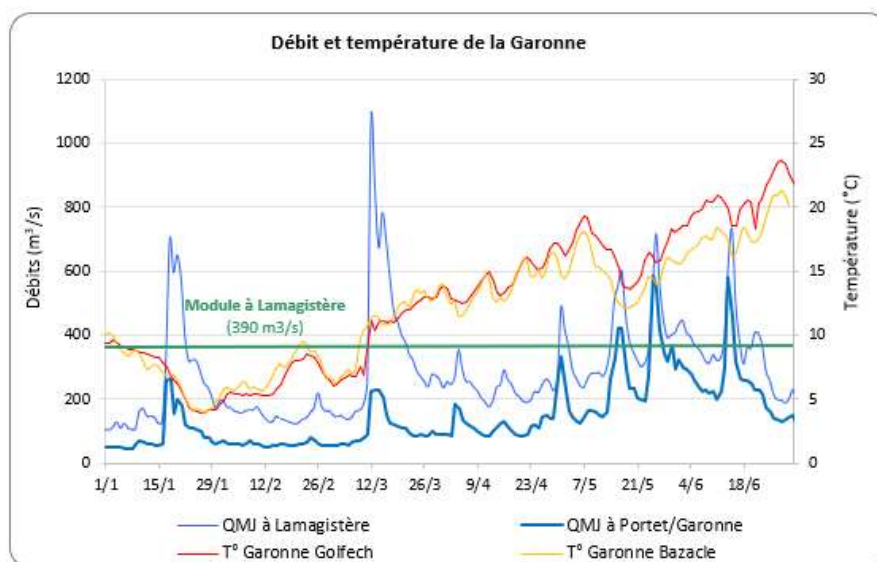


Figure 24 : Hydrologie et thermie de la Garonne au cours du suivi 2023

Pour les températures, l'eau de la Garonne a dépassé les 10°C à Golfech à partir du 10 mars et a augmenté progressivement pour atteindre 15°C à la fin du mois d'avril. La température de l'eau a ensuite atteint les 20°C le 25 juin (Figure 24). Concernant la saison principale de migration des saumons (mars-juin), les températures de l'eau à Golfech ont donc été globalement favorables.

6. RESULTATS AUX STATIONS DE CONTROLE ET DE PIEGEAGE

6.1 Station de contrôle de Golfech

6.1.1 Fonctionnement de l'ascenseur à poissons de Golfech

Au cours de la période durant laquelle des franchissements de saumon atlantique ont été enregistrés à Golfech en 2023 (26 février - 15 mai), le dispositif de franchissement a fonctionné 95 % du temps théorique (1795h sur 1896h). Les arrêts de l'ascenseur sont systématiquement consignés et classés selon 4 classes : **crue**, **entretien**, **arrêt volontaire** et **panne** (Figure 26). Les arrêts durant les crues sont inévitables, ils sont le fait même de la conception de l'ouvrage de franchissement, calé pour fonctionner jusqu'à des débits atteignant environ deux fois le module (soit environ 900 m³/s à Golfech).

Les arrêts liés aux crues et coups d'eau (2,2 %), les pannes (1,6 %) ou la maintenance (1,5 %) représentent moins de 6 % des arrêts au cours de ce suivi 2023, pour un total de 101h d'arrêts de l'ascenseur.

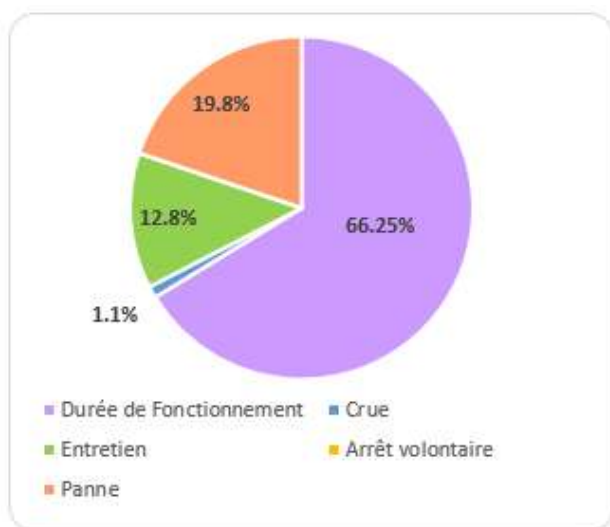


Figure 25 : Répartition du temps de fonctionnement et des causes d'arrêt de l'ASP pour l'année 2023

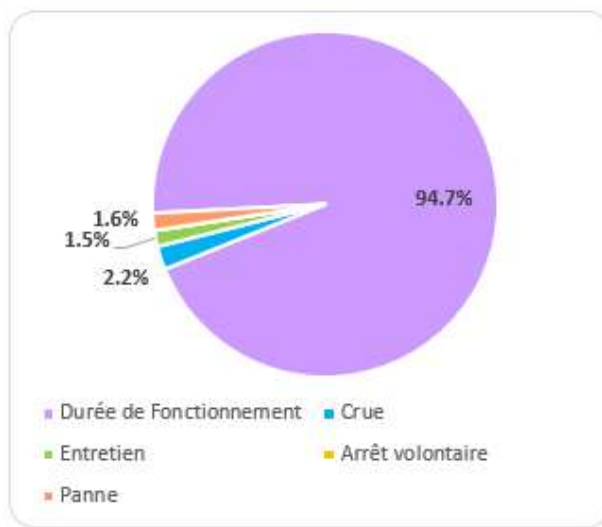


Figure 26 : Répartition du temps de fonctionnement et des causes d'arrêt de l'ASP pendant la période de migration 2023

6.1.2 Le saumon atlantique

L'année 2023 a vu très peu de saumons atlantiques franchir l'ascenseur à poissons de Golfech puisqu'un effectif de seulement 14 individus a été contrôlé. Pour rappel, en moyenne, 123 individus franchissent cet ouvrage chaque année entre 2003 - année à partir de laquelle on observe un changement dans la structure de la population avec une majorité de saumons de plusieurs hivers de mer - et 2022 (Tableau 8). Ces chiffres sont d'autant plus préoccupants qu'ils ont été observés sur l'ensemble de la façade atlantique.

Année	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Effectif	14	166	96	168	141	77	86	149	219	142	51
Année	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002
Effectif	133	165	100	71	204	150	128	45	126	86	351
Année	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993		
Effectif	599	436	255	90	62	115	117	137	46		

Tableau 8 : Bilan historique des effectifs de saumons Atlantique contrôlés à Golfech depuis 1993

Cette année bien que le nombre de saumons soit faible, la moitié d'entre eux (53%) sont passés au mois d'avril et la migration semble avoir suivi le schéma observé depuis 2003. Le premier saumon est arrivé à Golfech le 26 février pour une température de l'eau de 7.8°C et le dernier est passé le 15 mai peu de temps avant une augmentation des débits. Depuis 2003, la quasi-totalité de la migration des saumons se fait avant la période estivale avec des individus âgés de 2 à 3 hivers de mer. Les individus castillons (1 hiver de mer) sont désormais pratiquement absents des cohortes observées sur ce site.

Concernant le devenir des poissons, 4 individus n'ont pas pu être capturés et sont passés à l'amont de l'ouvrage. Les individus capturés et non marqués ont été soit transportés sur la rivière Ariège (2 individus), soit ont rejoint le centre de reconditionnement de Bergerac (2 individus) en raison de leur état sanitaire peu satisfaisant. Ainsi pour cette campagne 2023, seulement 6 saumons ont été équipés d'émetteur radio pour le besoin du suivi.

6.2 Données de piégeage/marquage

Pour rappel, au cours de l'année 2023, 14 saumons au total ont été recensés à la station de contrôle de Golfech et 4 à la nouvelle station de contrôle de Malause (3 non-marqués et 1 marqué). La campagne de piégeage mise en place pour les besoins de ce suivi a permis de capturer et marquer 6 d'entre eux (soit 43 % des individus passés à Golfech), entre les mois d'avril et mai. L'absence de migration après le 15 juin a entraîné la fin des piégeages.

Pour cette campagne de suivi, 5 saumons sur les 6 marqués au total, ont été équipés d'émetteurs au mois d'avril (83 %) et 1 au mois de mai (17 %). Globalement, les dates de marquage pour le suivi télémétrique correspondent à la période principale de contrôle des saumons à la station vidéo de Golfech. On notera également les 3 contrôles de saumon à la nouvelle passe de Malause : 1 mi-avril et 2 au début du mois de mai.

Le Tableau 9 recense les individus capturés puis marqués pour le suivi télémétrique.

N° poisson	Date	Code lot	Radio		Tiris	Date heure lâcher	Lieu de lâcher	Taille
			Freq.	Code				
1	09/04/2023	SAT22GAR0	48801	0	8000F9EE9A5C7B77	09/04/2023 12:30	Lamagistère	79.5
2	11/04/2023	SAT22GAR1	48801	1	8000F9EE9A5CCEA2	11/04/2023 10:35	Lamagistère	71
3	11/04/2023	SAT22GAR2	48801	2	8000F9EE9A5CB78D	11/04/2023 14:35	Lamagistère	75.5
4	13/04/2023	SAT22GAR3	48801	3	8000F9EE9A5D18CF	13/04/2023 14:40	Lamagistère	77
5	26/04/2023	SAT22GAR4	48801	4	8000F9EE9A5CC46E	26/04/2023 10:47	Lamagistère	80
6	08/05/2023	SAT22GAR5	48801	5	8000F9EE9A5D18CA	08/05/2023 11:30	Lamagistère	78

Tableau 9 : Synthèse des poissons piégés et marqués à Golfech au cours du suivi 2023

Au total, les 6 poissons piégés puis marqués ont été capturés sur 6 sessions de piégeage, qui se sont déroulées pour des débits de Garonne à Lamagistère compris entre 189 et 262 m³.s⁻¹ (Figure 27). Les poissons ont été piégés sur des débits à Lamagistère faibles (inférieurs au module) et stables.

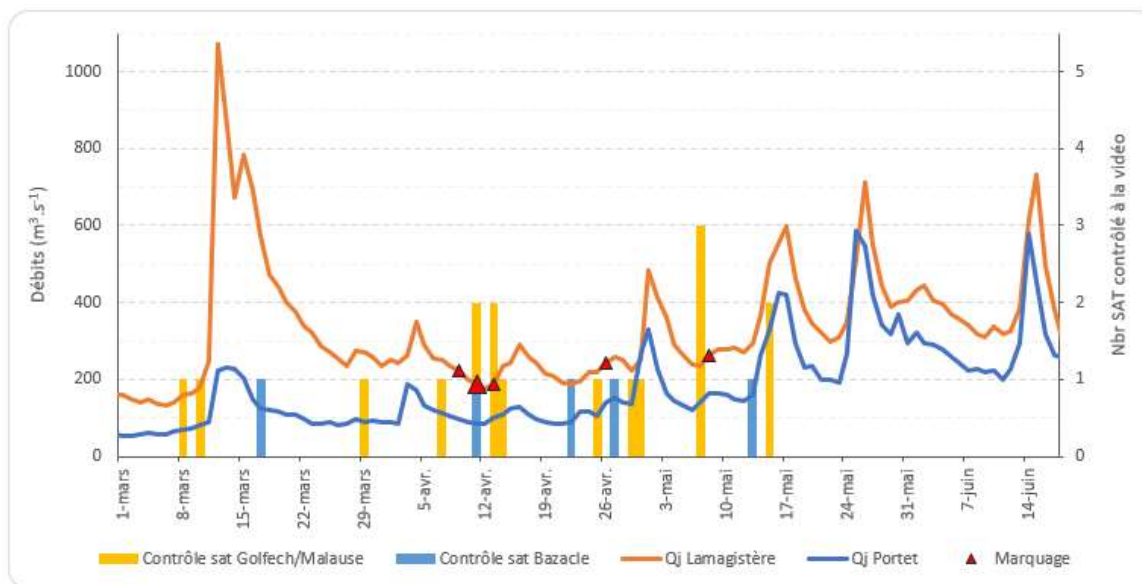


Figure 27 : Répartition des franchissements et des piégeage/marquages à Golfech et Malause, ainsi que des franchissements au Bazacle en fonction des débits de la Garonne

6.3 Station de contrôle du Bazacle

En 2023, seulement 5 saumons ont été enregistrés au total comme franchissant l'ouvrage du Bazacle, dont 1 poisson radiomarké (**48801_00**). Les contrôles se répartissent avec 1 contrôle en mars, 3 en avril et 1 en mai, soit 5 individus au total, dont 1 radiomarké (Figure 27). Ce nombre total est le deuxième plus faible depuis le début des comptages en 1994. Les individus ont été contrôlés entre le 17/03 et le 13/05.

En connaissant le nombre de saumons à l'amont des ouvrages de Golfech/Malause et le nombre d'individus contrôlés au Bazacle, il est possible de calculer le taux de transfert entre les 2 ouvrages. Sur les 17 saumons contrôlés à Golfech/Malause, 9 pouvaient potentiellement être contrôlés au Bazacle. Au total, 5 saumons ont été contrôlés au Bazacle, ceux-ci représentent donc un taux de transfert de 56 %. Le Tableau 10 reprend l'évolution du taux de transfert des saumons entre Golfech et l'amont du Bazacle qui varie de 9 % à 53 %, avec une moyenne de 30 % sur la période 1994-2023.

Année	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Nbr de SAT en amont de Golfech	9	48	33	151	34	62	45	84	136	90	43
Nbr de SAT contrôlés au Bazacle	5	14	3	60	8	8	14	37	46	14	13
Taux de transfert	56%	29%	9%	40%	24%	13%	31%	44%	34%	16%	30%
Année	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002
Nbr de SAT en amont de Golfech	116	152	92	59	183	137	119	37	118	88	351
Nbr de SAT contrôlés au Bazacle	21	50	24	22	73	31	47	10	33	28	121
Taux de transfert	18%	33%	26%	37%	40%	23%	39%	27%	28%	32%	34%
Année	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994			
Nbr de SAT en amont de Golfech	599	436	255	90	62	115	117	134			
Nbr de SAT contrôlés au Bazacle	123	73	40	37	10	61	37	55			
Taux de transfert	21%	17%	16%	41%	16%	53%	32%	41%			

Tableau 10 : Evolution du taux de transfert des saumons sur la Garonne entre Golfech et le Bazacle entre 1994 et 2023

La Figure 28 présente l'évolution des effectifs cumulés de saumons adultes contrôlés aux stations vidéo de Golfech/Malause et du Bazacle (passe à bassins et passe à ralentisseurs). Les effectifs ont évolué de manière progressive et continue à partir de la fin du mois de février

et jusqu'au début du mois de mai à Golfech. Deux périodes d'arrêt significatif sont observables, la première lors de la crue du mois de mars et la seconde entre le 14 et le 25 avril. Le dernier saumon a été contrôlé le 15 mai, ce qui est très tôt dans la saison (dernier saumon contrôlé le 07 juin lors du suivi 2022). Aucune reprise de migration ne sera observée après la période estivale à Golfech. Au niveau du Bazacle, les effectifs n'ont jamais vraiment décollé et le bilan de l'année 2023 est de seulement 5 franchissements, avec 1 contrôle en mars, 3 en avril et le dernier en mai.

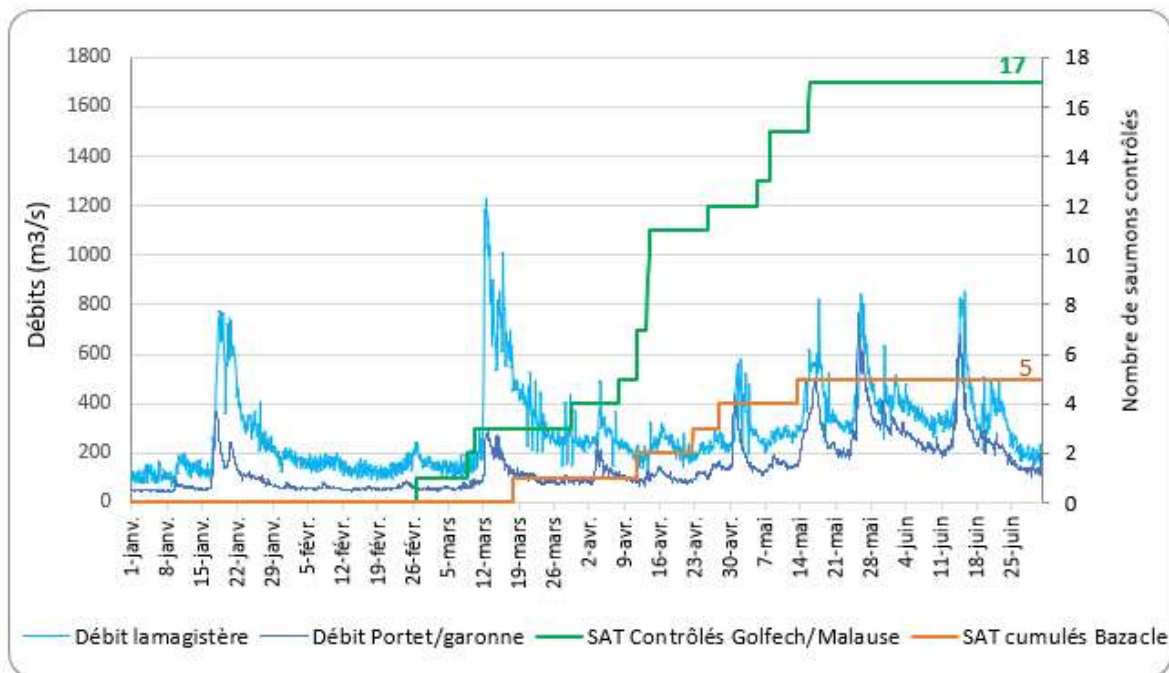


Figure 28 : Effectifs cumulés de saumons Atlantique contrôlés aux stations de Golfech/Malause et du Bazacle

7. RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI PAR TELEMETRIE

Pour faciliter le repérage des poissons sur l'ensemble du secteur d'étude, il a été décidé arbitrairement de situer le PK_0 de la Garonne au niveau du Bec d'Ambès (Figure 29). Par ailleurs, les PK des affluents de la Garonne repartent de 0 au niveau de la confluence. Ainsi, une position géographique est définie par un code reprenant les trois premières lettres du cours d'eau (GAR, TAR ou encore ARI pour respectivement la Garonne, le Tarn et l'Ariège) puis son point kilométrique. Par exemple, le *PK GAR_220* signifie que l'on se situe sur la Garonne à 220 km en amont du Bec d'Ambès.

Au niveau du site de Golfech, la Garonne se divise en rive gauche avec le tronçon court-circuité et en rive droite avec le canal de fuite et le canal d'amenée de la centrale hydroélectrique. Dans ce cas présent, le tronçon court-circuité gardera l'appellation « GAR » pour Garonne alors que les 2 canaux de l'usine seront regroupés sous l'appellation « GOL » avec un PK_0 au niveau de la confluence entre le canal de fuite et la Garonne (plus d'informations en Annexe B).

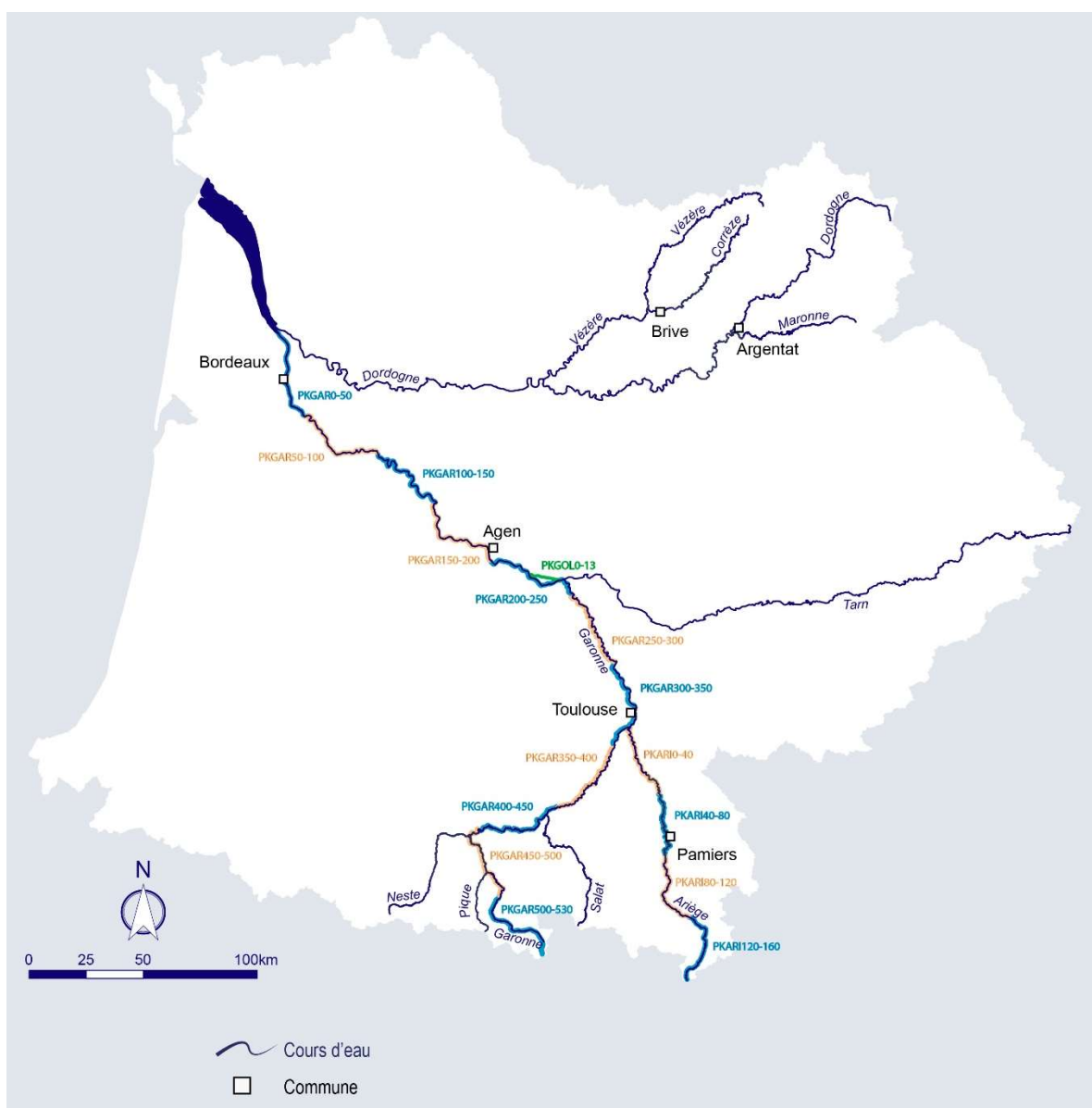


Figure 29 : Cartographie des différents secteurs et les différents codes utilisés dans l'analyse du devenir des individus marqués (points kilométrique)

7.1 Devenir des 6 saumons marqués

6 saumons ont été capturés à l'aide du piège situé dans le canal de transfert de l'ascenseur à poissons de Golfech. Ces 6 saumons ont tous été marqués avec 2 types d'émetteurs (radio et RFID), comme expliqué au paragraphe 4.2.2. et relâchés à Lamagistère, *PK GAR_211,4*, soit 3,5 km en aval de l'aménagement de Golfech. Pour rappel, les marquages de poissons se sont étalés entre le 09 avril 2023 et le 08 mai 2023. Le suivi de ces poissons a été effectué pour la majorité jusqu'au début du mois de juillet.

Nombre de poissons suivis	Nombre de poissons détectés en aval de l'ascenseur		Nombre de poissons détectés au niveau des entrées de l'ascenseur		Nombre de poissons ayant réalisé des incursions aux entrées		Nombre de poissons piégé par nasse de l'ascenseur		Nombre de poissons ayant franchi l'ascenseur	
6	5 sur 6	83%	5 sur 6	83%	2 sur 6	33%	2 sur 6	33%	1 sur 6	17%

Tableau 11 : Détails des détections des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech

Parmi les 6 individus suivis en aval de l'ascenseur de Golfech, 5 ont atteint le pied de l'ascenseur (5 sur 6, soit 83 %) (Tableau 11).

Parmi les 5 poissons détectés en aval de l'ascenseur (antenne boucle générale), 5 ont été enregistrés au moins à une des deux entrées de l'ascenseur (5 sur 6, soit 83 %). Sur ces 5 poissons qui se sont approchés des entrées de l'ascenseur, seuls 2 ont réalisé au moins 1 incursion dans une des deux entrées (2 sur 5, soit 40 % et 2 sur 6, soit 33 %). Concernant les 3 poissons qui n'ont pas réalisé d'incursions, le poisson **48801_03**, après plusieurs incursions en aval de l'usine, a emprunté le tronçon court-circuité pour atteindre le barrage de Malause qu'il franchira en passant par la nouvelle rivière de contournement. Le poisson **48801_04** est venu au pied de l'ouvrage pendant 6 jours consécutifs à son lâcher. Il a ensuite dévalé significativement en aval de Saint Nicolas de la Balerm (PK GAR_205). Enfin, le poisson **48801_05**, a réalisé une incursion en aval de l'ouvrage de Golfech le jour de son lâcher. Dès le lendemain, ce poisson a dévalé également en aval de Saint Nicolas de la Balerm (PK GAR_205).

Les 2 poissons ayant réalisé des incursions aux entrées (**48801_00** et **48801_02**) ont finalement été piégés par la nasse de l'ascenseur (2 sur 2, soit 100 % et 2 sur 6, soit 33 %). Malheureusement, le saumon **48801_02** n'a jamais atteint le canal de transfert à l'amont. Ce poisson semble être sorti de la cuve de l'ascenseur lorsque celle-ci était en train de monter et s'est ensuite retrouvé coincé entre la cuve et le fond de la tour de l'ascenseur. Il mourra à cet endroit. En revanche, le poisson **48801_00** a bien emprunté l'ascenseur et a franchi l'ouvrage de Golfech. Il est ensuite arrivé jusqu'à l'usine du Bazacle à Toulouse (1 sur 2, soit 50 % et 1 sur 6, soit 17 %).

Concernant les 2 poissons ayant franchi le complexe Malause-Golfech (**48801_00** via l'ascenseur de Golfech et **48801_03** par la passe de Malause), le premier est arrivé jusqu'à l'usine du Bazacle à Toulouse et l'a franchi rapidement. Ce poisson a ensuite été enregistré au pied de l'usine du Ramier mais sans parvenir à franchir par l'ouvrage de montaison. Il est resté 3 jours en aval de l'usine du Ramier puis n'a plus été retrouvé jusqu'à la fin du suivi. Le poisson **48801_03** a très rapidement été enregistré à Belleperche après son franchissement de Malause mais n'a jamais été enregistré à la station suivante de Grenade sur Garonne. Après plusieurs recherches en suivi manuel, le poisson a été retrouvé à Verdun sur Garonne (PK GAR_272) d'où il ne bougera plus jusqu'à la fin du suivi. Cette année, les poissons ne sont pas équipés de tag prédation, il n'est donc pas possible de conclure à ce sujet pour ce poisson.

Pour ce suivi 2023, aucun poisson suivi ne s'est engagé sur l'axe Tarn. En ce qui concerne le poisson qui n'a pas rejoint l'ouvrage de Golfech (48801_01), il a montré un mouvement de dévalaison immédiatement après son lâcher.

Les résultats détaillés concernant l'ensemble des poissons sont exposés à partir du paragraphe 7.2 et les Figure 30 et Figure 31 présentent la position la plus amont de chaque individu suivi pendant la campagne 2023.

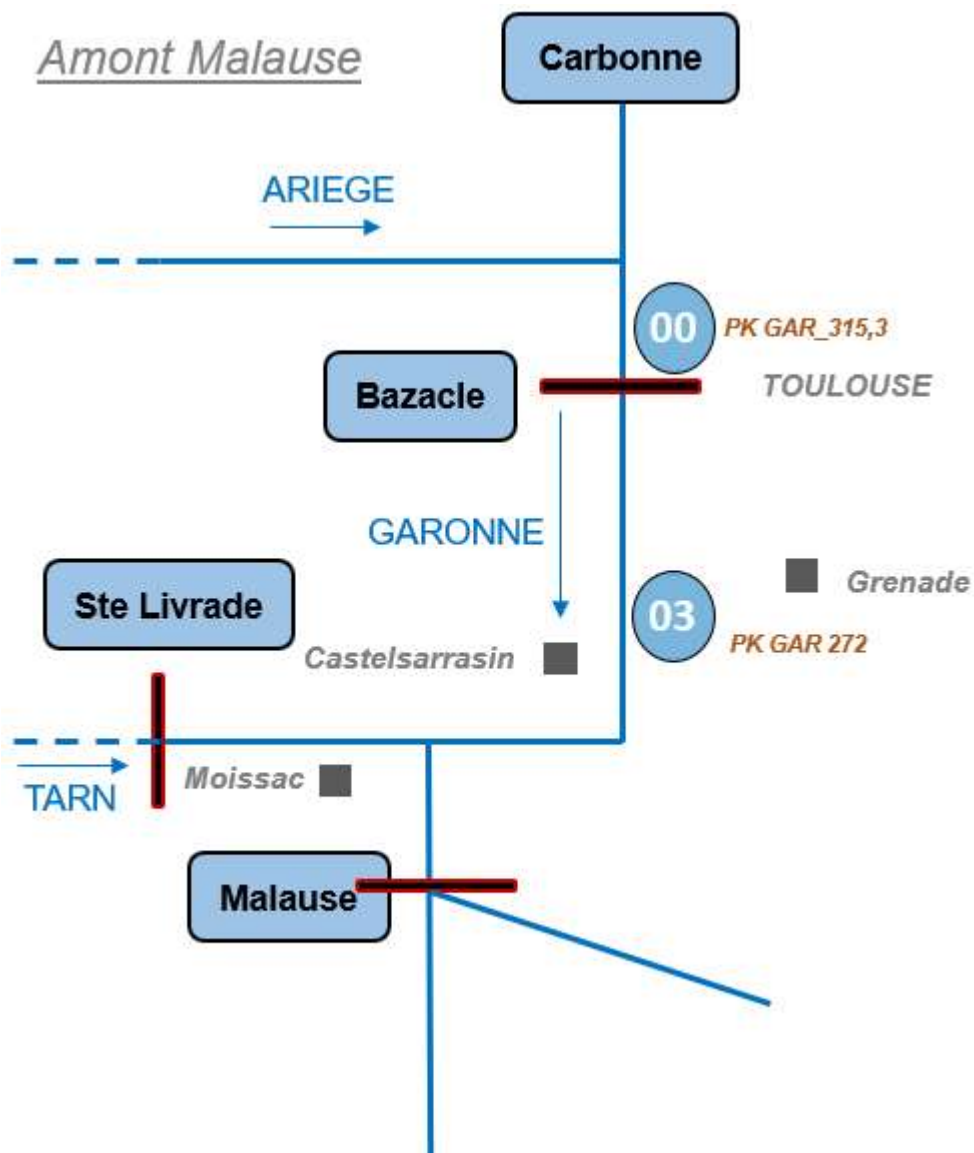


Figure 30 : Schéma bilan de la position la plus amont de chaque poisson suivi sur le secteur en amont du complexe Malause-Golfech

Au final, seulement 3 individus marqués ont dépassé le PK de l'aménagement de Golfech (2 franchissements de l'ascenseur et 1 franchissement du barrage de Malause via le TCC). Sur l'ensemble des suivis manuels effectués, aucun cadavre de poisson marqué n'a été retrouvé cette année (pour rappel, cette année les poissons ne sont pas équipés de tag prédation). On notera sur la Figure 31, que 2 individus ont pour PK_{max} l'aval immédiat de l'usine de Golfech et 1 individu n'a pas repris sa migration après le marquage et le lâcher, et n'a donc pas dépassé le PK du point de lâcher.

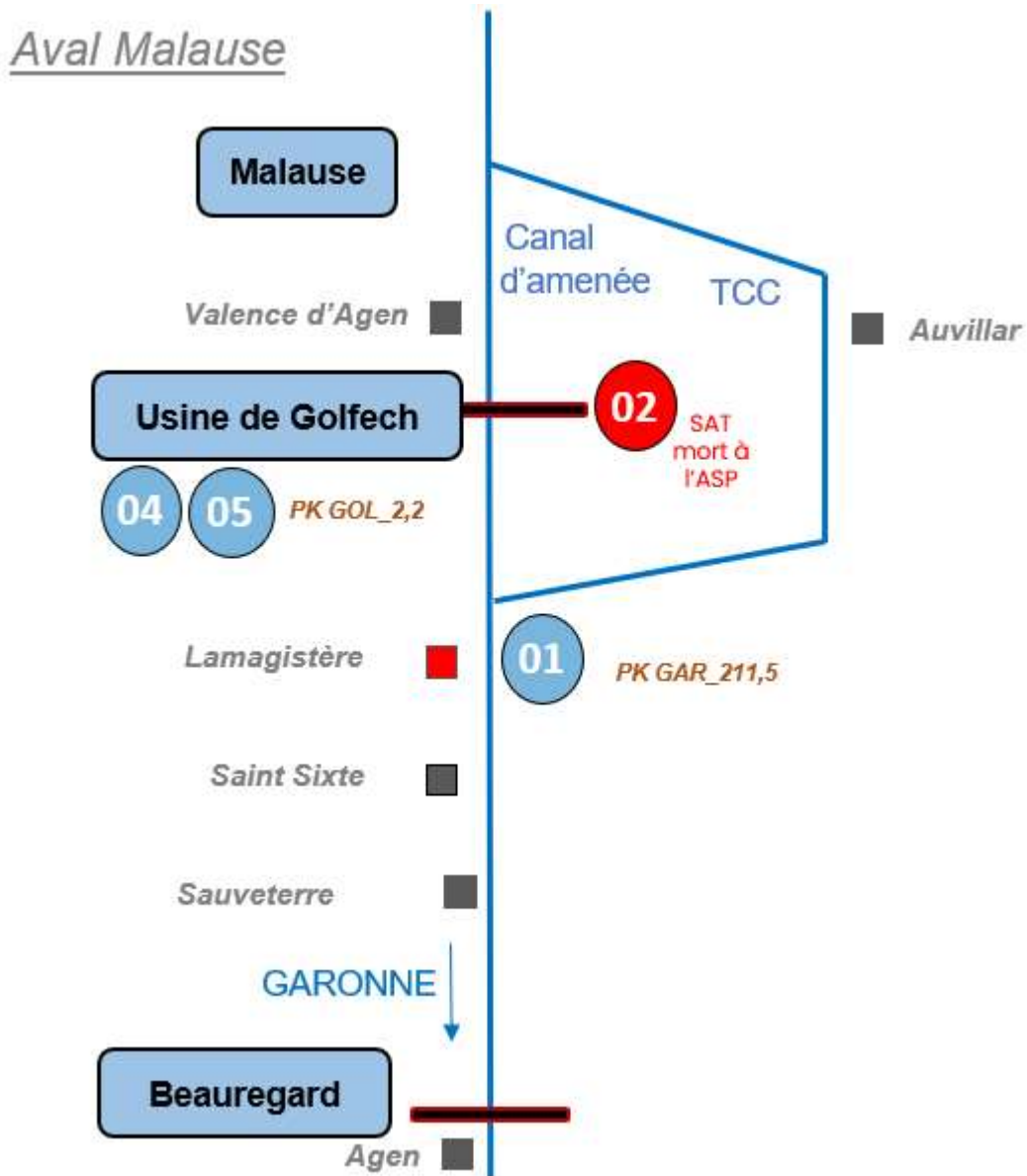


Figure 31 : Schéma bilan de la position la plus amont de chaque poisson suivi sur le secteur en aval du complexe Malause-Golfech

7.2 Comportement des saumons au niveau du complexe Golfech-Malause

7.2.1 Détections des poissons en aval proche de l'ascenseur à poissons

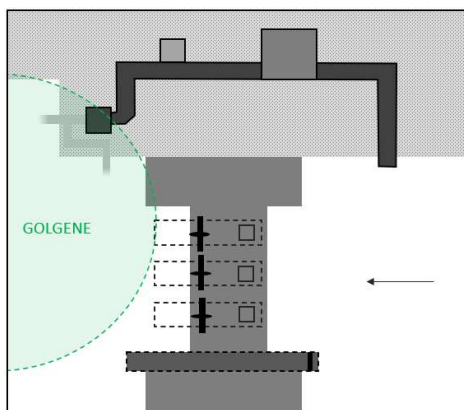


Figure 32 : Rappel de la zone **GOLGENE** étudiée dans les paragraphes 7.2.1 et 7.2.2

Au sein de l'effectif de 5 saumons ayant entamé un mouvement vers l'amont après leur marquage, tous ont été détectés par l'antenne radio générale localisée en aval de l'ouvrage de Golfech (**GOLGENE**), c'est-à-dire dans un rayon de 200 m en aval de l'ascenseur (Figure 32). Le détail des incursions enregistrées pour chaque poisson (date/heure et temps cumulé) et les configurations d'usine rencontrées lors de ces incursions sont rapportés dans le Tableau 12. Ces différentes incursions sont également validées par le suivi radio manuel effectué dans le canal de fuite de l'usine.

Poissons	Nombre incursions	Durée incursion (minutes)	Début et fin d'incursion	repli canal de fuite (suivi manuel)	Configurations de groupes en fonctionnement lors de la présence des poissons suivis		
					1 ; 2 ; -	1 ; 2 ; 3	1 ; - ; 3
48801_00	-	-	-		pas de données radio		
total	-	-			-	-	-
48801_02	1	1954	du 24/04/23 12h28 au 25/04/23 à 20h02		100%		
	2	561	26/04/23 8h38 à 17h59	27/04/23 à 5h	100%		
	3	50	27/04/23 8h35 à 9h25		100%		
total	3	2565			100%		
48801_03	1	207	14/04/23 13h48 à 17h15		100%		
	2	614	16/04/23 8h08 à 18h22		100%		
	3	160	17/04/23 13h56 à 16h36		100%		
	4	538	18/04/23 9h41 à 18h39		100%		
	5	641	19/04/23 8h33 à 19h14		100%		
	6	181	21/04/23 à 11h55 à 14h56		100%		
	7	471	24/04/23 12h10 à 20h01		100%		
	8	649	25/04/23 7h20 à 18h09		100%		
	9	807	26/04/23 7h21 à 20h48	27/04/23 à 5h	100%		
total	9	4268			100%		
48801_04	1	224	26/04/23 14h13 à 17h57	26/04 à 22h et 27/04 à 5h	100%		
	2	289	27/04/23 8h44 à 13h33	28/04/23 à 3h30	100%		
	3	694	28/4/23 9h22 à 20h56	28/04/23 à 22h	44%	25%	31%
	4	781	29/04/23 8h14 à 21h15		100%		
	5	582	30/04/23 8h45 à 18h27		100%		
	6	328	01/05/23 8h14 à 13h42		100%		
total	6	2898			100%		
48801_05	1	19	08/05/23 21h11 à 21h28		100%		
total	1	19			100%		

Tableau 12 : Détails des configurations d'usine lors des différentes incursions de saumons marqués au pied de l'usine de Golfech

Les données radio pour le premier saumon **48801_00** ne sont pas disponibles suite à un problème technique, mais son comportement a pu être analysé grâce au suivi manuel et au suivi RFID. Concernant les 4 autres individus, 1 poisson a réalisé 1 seule incursion et 3 individus ont effectué au moins 3 incursions, avec un maximum de 9 incursions pour les poissons **48801_03**. Les durées de ces incursions sont très hétérogènes, allant de simplement 19 min à plus de 1954 minutes, soit plus de 32h de présence dans la zone de réception de l'antenne (médiane : 538 minutes, 1^{er} quartile : 215 minutes et 3^{ème} quartile : 648 minutes).

Pour les 2 individus ayant pénétré dans le piège de l'ascenseur, le nombre total d'incursions n'est pas connu pour le poisson **48801_00** en raison de l'absence de données radio. Le second (**48801_02**) a effectué 3 incursions, pour des durées totales de présence cumulée dans la zone de 50 minutes à 1954 minutes (32h). Ces incursions ont été réalisées pendant 4 jours consécutifs (du 24 au 27 avril).

7.2.2 Temps de prospection à l'aval de l'ascenseur de Golfech

Nous avons évalué le temps de prospection au niveau de l'usine de Golfech (temps écoulé entre les premières et les dernières détections de chaque poisson à l'antenne radio générale (Tableau 13) pour les 5 saumons ayant atteint l'aval de l'usine et la zone de réception de l'antenne **GOLGENE** (Figure 32).

	Date de lâcher	1ère détection GOLGENE	Délais de retour dans zone ASP	Dernière détection GOLGENE	Temps de blocages aval ASP
0	09/04/2023 12:30	09/04/2023 18:00	5h30min	09/04/2023 18:47	0h47*
2	11/04/2023 14:35	24/04/2023 12:28	12jr 21:53	27/04/2023 09:25	02jr20h
3	13/04/2023 14:40	14/04/2023 13:48	23h08min	26/04/2023 20:48	12jr 07h
4	26/04/2023 10:47	26/04/2023 14:13	3h26min	01/05/2023 13:42	04jr 23h
5	08/05/2023 11:30	08/05/2023 11:59	0h29min	08/05/2023 21:28	9h29min

Tableau 13 : Détails des délais de présentation à l'ASP après le lâcher de chaque poisson et temps de blocage en aval de celui-ci

pour le saumon **48801_00, les données radio des stations fixes ne sont pas disponibles, les détections renseignées correspondent soit à des pointages manuels dans la zone, soit à des enregistrements RFID.*

Les délais entre le lâcher et le retour dans la zone proche de l'ascenseur de Golfech s'échelonnent entre 29 minutes pour le plus rapide et quasiment 13 jours pour le plus lent. D'autre part, les temps de blocages induits par la présence de l'usine de Golfech varient de 9h30 à plus de 12 jours.

Pour l'ensemble de ces poissons, il n'apparaît pas de lien entre le délai de retour et le temps de blocage à l'aval de l'ouvrage. Ainsi, un poisson ayant un court délai de retour peut avoir un temps de blocage important (par exemple **48801_04**) et inversement, un poisson avec un long délai de retour peut avoir un temps de blocage assez faible (par exemple **48801_02**). Pour les 2 poissons ayant pénétré dans le piège de l'ascenseur, le délai de retour est très différent, 5h30 pour le premier et plus de 12 jours pour le second. On peut observer également le poisson **48801_05** qui possède un délai de retour très rapide (29 min) mais il n'a finalement jamais franchi l'ascenseur.

7.2.3 Comportement des poissons au niveau des deux entrées de l'ascenseur à poissons

Suite aux constats réalisés après les premiers résultats des suivis 2021 et 2022, une réflexion collégiale entre MIGADO, EDF (R&D et CIH), le Pôle Ecohydraulique de l'OFB et ECOGEA a été engagée à l'automne 2022 pour identifier les améliorations possibles concernant la gestion de l'ascenseur et ses équipements « légers » de serrurerie (donc hors travaux lourds sur la structure) : 9 propositions de nouvelles consignes de gestion et d'aménagements de l'ascenseur ont été présentées afin d'améliorer l'efficacité de ce dernier (COURRET et al., 2023). Après évaluation de chacune des propositions, certaines ont pu être mises en place avant le printemps 2023 pour pouvoir être évaluées lors de cette 3^{ème} année de suivi. En particulier, le fonctionnement séquentiel des deux entrées piscicoles de l'ascenseur par rapport au fonctionnement du Groupe 3 de l'usine, à savoir :

- **Ouverture uniquement de l'entrée 2 lorsque le G3 fonctionne à moins de 50 % de sa capacité.**
- **Ouverture uniquement de l'entrée 1 lorsque le G3 fonctionne à plus de 50 % de sa capacité.**

De plus, cette consigne est accompagnée d'une réduction des débits injectés à l'ascenseur afin de conserver des vitesses d'écoulement convenables (environ 0,6 m/s) à l'intérieur du dispositif.

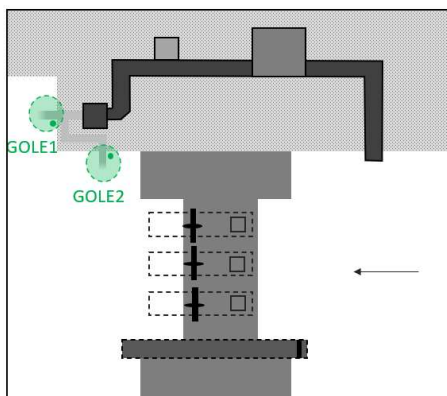


Figure 33 : Rappel de la zone GOLE1 et GOLE2 étudiée dans le paragraphe 7.2.3

Les saumons détectés dans le champ de l'antenne GOLGENE ont tous été détectés par les antennes radio des entrées 1 et 2 (antennes brins GOLE1 et GOLE2), c'est-à-dire qu'ils se sont approchés à quelques mètres des entrées et certains ont pénétré dans le dispositif.

Le détail du temps cumulé des incursions dans les zones d'enregistrement de chaque poisson par rapport à l'ouverture des entrées piscicoles de l'ascenseur sont rapportés dans le Tableau 14. On y retrouve également le ratio du temps passé dans la zone des deux entrées par rapport au temps passé dans la zone de GOLGENE.

	Durée détections ant. GENE (en min)	Durée détections ant. GOLE1 (en min.) en fonction de l'ouverture des entrées		Durée détections ant. GOLE2 (en min.) en fonction de l'ouverture des entrées		% détections GOLE1 E1 ouverte	% détections GOLE2 E2 ouverte	% détections GOLE1 E2 ouverte	% détections GOLE2 E2 ouverte	% détections E1-E2 / GENE
		E1 ouverte	E2 ouverte	E1 ouverte	E2 ouverte					
48801_00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48801_02	2565		9		911	-	-	1%	99%	36%
48801_03	4268		9		823	-	-	1%	99%	19%
48801_04	2898	26	10	0	148	100%	0%	6%	94%	6%
48801_05	19		1		3	-	-	25%	75%	21%

Tableau 14 : Détails des détections radio à l'entrée 1 et à l'entrée 2 de l'ascenseur en fonction de l'ouverture de chaque entrée

Pour les 4 individus enregistrés dans les zones des antennes radios des entrées de l'ascenseur, 3 ont été présents avec une seule configuration : uniquement l'entrée 2 ouverte (**48801_02**, **48801_03** et **48801_05**). Cela signifie que lorsque ces poissons étaient sur site, le groupe 3 était à moins de 50 % de sa capacité de turbinage, voire même à l'arrêt. Pour ces 3 poissons, les enregistrements significatifs au niveau de l'entrée 1 sont très faibles puisque la vanne de l'entrée 1 est fermée (99 % du temps au droit de l'entrée 2 pour les poissons **48801_02** et **48801_03** et 75 % pour le poisson **48801_05** mais pour une durée totale d'enregistrement de 4 min) (Tableau 14). Le saumon **48801_04** a connu une alternance de l'ouverture des entrées (14 % du temps avec uniquement l'entrée 1 et 86 % du temps avec uniquement l'entrée 2). Lorsque l'entrée 1 était ouverte, l'individu a été enregistré exclusivement devant l'entrée 1 (26 min de présence à l'entrée 1 contre 0 min à l'entrée 2). A l'inverse, quand seule l'entrée 2 était ouverte, l'individu a été enregistré 94 % du temps au droit de l'entrée 2 (148 min sur un total de 158 min).

La durée de présence à proximité des entrées par rapport à la présence au pied de l'ouvrage (antenne **GOLGENE**) est comprise entre 6 % et 21 % pour les 3 saumons n'ayant pas franchi l'ouvrage et de 36 % pour le poisson **48801_02** qui lui a franchi (Tableau 14).

7.2.3.1 Configurations de l'usine de Golfech pendant la période de suivi

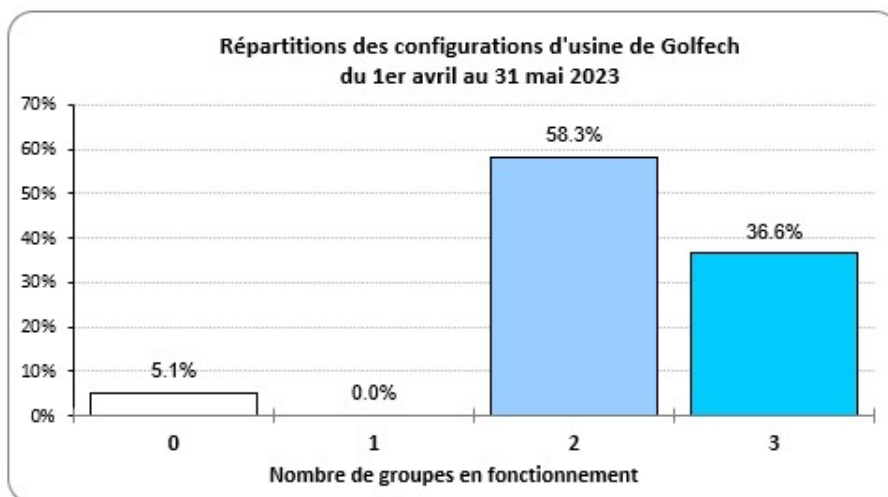


Figure 34 : Répartition des configurations d'usine à Golfech en fonction du nombre de groupes en fonctionnement

Si l'on observe les configurations d'usine sur la période de suivi des poissons radiomarqués (avril-mai), les configurations à 2 et 3 groupes représentent respectivement 58,3 % et 36,6 % du temps (Figure 34), soit 94,9 % du temps au total. Les configurations à 1 groupe n'ont pas été observées sur cette période et les arrêts d'usine représentent également 5,1 % du temps. Concernant le suivi des poissons par télémétrie, les 6 poissons marqués ont été relâchés alors que l'usine fonctionnait avec 2 groupes (4 poissons avec la configuration groupes 1-2 et 2 avec la configuration groupes 2-3).

Au cours de la période de suivi au mois d'avril et mai, outre les arrêts d'usine qui représentant 74h, soit environ 3 jours (Tableau 15), seulement 4 autres configurations ont été observées. Les configurations à 2 groupes comprennent la configuration avec les groupes 2 et 3 (28h), la configuration avec les groupes 1 et 3 (92h) ainsi que la configuration avec les groupes 1 et 2 (734h) qui est la plus représentée pendant le suivi (50 % du temps de suivi). Enfin, il y a la configuration avec les 3 groupes de l'usine (527h). L'utilisation du groupe 3 (toutes configurations confondues) représente au total 647h, soit 44 % du temps d'étude.

		Configurations de groupe à l'usine de Golfech				
		- ; - ; -	- ; 2 ; 3	1 ; - ; 3	1 ; 2 ; -	1 ; 2 ; 3
Nombre d'heures d'utilisation		74	28	92	734	527

Tableau 15 : Répartition horaires des 5 configurations d'usine rencontrées entre le 1er avril et le 31 mai 2023

7.2.3.2 Hauteurs de chute aux deux entrées de l'ASP lors de la présentation des saumons

Les vannes des deux entrées, ainsi que la vanne délivrant le débit d'attrait complémentaire sont régulées par un automate. La consigne pour les hauteurs de chute, réglée par MIGADO pendant l'ensemble du suivi, était de 30 cm pour l'entrée 1 et de 30 cm pour l'entrée 2.

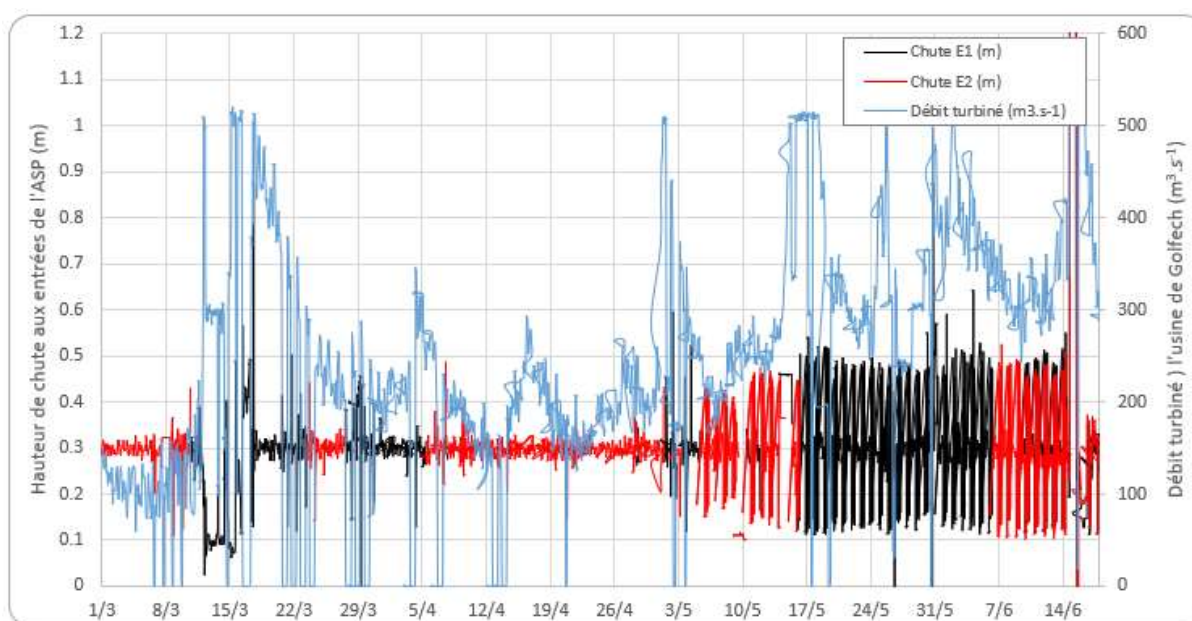


Figure 35 : Hauteurs de chute aux deux entrées de l'ASP en fonction du débit turbiné à Golfech

La Figure 35 montre la régulation de la hauteur de chute aux deux entrées, en fonction de leur ouverture respective de mars à juin pendant la période de migration.

Hors coup d'eau ou phase d'arrêt de l'ascenseur pour avarie, les hauteurs de chute au niveau des deux entrées ont globalement été centrées sur 30 cm, respectant ainsi la consigne de régulation. A partir du 05 mai, on observe d'importantes variations et oscillations de ces hauteurs de chute. Celles-ci sont la conséquence du fonctionnement du débit d'attrait de l'ascenseur qui est ouvert ou fermé de manière alternative toutes les heures de nuit entre 22h et 6h afin de favoriser la montaison de l'anguille sur les rampes spécifiques (1h de fonctionnement normal et 1h avec le débit à l'arrêt).

Les hauteurs de chute enregistrées aux entrées 1 et 2 sont donc compatibles avec les exigences migratoires des saumons et ne diffèrent pas entre saumons ayant franchi ou non l'aménagement.

7.2.4 Comportement des saumons dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons

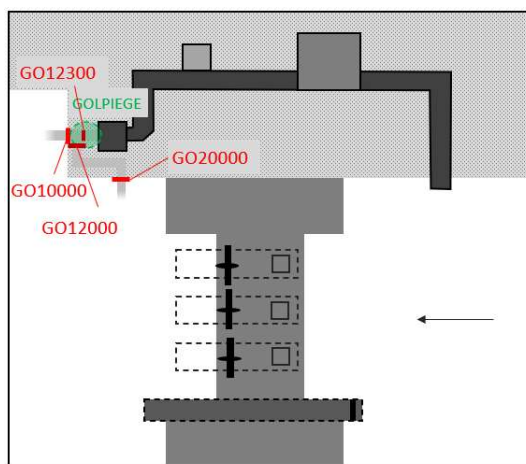


Figure 36 : Rappel de la zone GOLE1 et GOLE2 étudiée dans le paragraphe 7.2.4

Parmi les 5 saumons enregistrés aux antennes radio des entrées 1 et 2 de l'ASP, seuls 2 ont pénétré dans le dispositif et ont été détectés par les antennes RFID installées dans l'enceinte de l'ASP : une antenne au niveau de chaque entrée, une antenne au niveau de la jonction des chenaux alimentant les deux entrées et une antenne à plat sous la nasse du piège de l'ascenseur (Tableau 16).

	Franchissement	Antenne E1	Antenne E2	Antenne intermédiaire	Antenne piège	
1.	48801_00	x	0	2	1	6
2.	48801_02	x	0	10	9	12
3.	48801_03		0	0	0	0
4.	48801_04		0	0	0	0
5.	48801_05		0	0	0	0

Tableau 16 : Nombre de détections brutes* à chaque antenne RFID au niveau de l'ASP

*ici une détection brute correspond à une ligne d'enregistrement sur les coffrets d'enregistrement RFID. La technologie RFID n'a pas de pas de temps fixe, ainsi plusieurs détections dans la même minute sont possibles.

Le saumon **48801_05** a été enregistré moins de 10 minutes par les antennes radio mais pas aux antennes RFID. Il en est de même pour le poisson **48801_03** enregistré plus de 33h au niveau des entrées. Ces saumons se sont présentés à proximité immédiate des entrées 1 et 2 alors que le G3 était à l'arrêt (débit turbiné de l'ordre de $225 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le poisson **48801_05** et compris entre 160 et $270 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le poisson **48801_03**) mais ils ne se sont vraisemblablement pas engagés dans le dispositif jusqu'aux antennes RFID. La situation est identique pour le poisson **48801_04**, enregistré environ 9h au niveau des entrées de l'ascenseur, mais sans y pénétrer, alors que le groupe 3 était en fonctionnement.

Pour les 2 poissons détectés par les antennes RFID, les tentatives se sont soldées par un piégeage final des individus par la nasse de l'ascenseur (2 sur 2). Malgré des temps de présence conséquents enregistrés au niveau des antennes radio, les durées de détections

aux antennes RFID sont plutôt faibles, ce qui implique des incursions² rares. Parmi ces 2 poissons ayant franchi les entrées :

- Le saumon **48801_00** a franchi lors de sa première et unique incursion le 09 avril pour une durée totale de présence dans l'enceinte de l'ascenseur de 20 min,
- Le saumon **48801_02** a réalisé 5 tentatives sur 3 journées pour une durée totale de présence dans l'enceinte de l'ascenseur allant de 1 min à 19 min (Tableau 17).

Cette année, toutes les incursions enregistrées ont été réalisées par l'entrée 2 : en effet pour chaque tentative, le groupe 3 était à l'arrêt et seule l'entrée 2 de l'ascenseur était ouverte.

Poissons	Nombre incursions	Dates	Durée entre première et dernière détection (min)	Antenne de première détection	Configurations de groupes en fonctionnement lors de la présence des poissons suivis			Incursion E1	Incursion E2	Incursion finale par E1 ou E2
					1 ; 2 ; -	1 ; 2 ; 3	- ; 2 ; 3			
48801_00	1	09/04/23	20	2	100%	-	-	fermée	1	E2
total	1		20		100%	-	-	-	-	
48801_02	1	24/04/23	13	2	100%	-	-	fermée	1	-
	2	25/04/23	1	2	100%	-	-	fermée	1	-
	3	25/04/23	1	2	100%	-	-	fermée	1	-
	4	25/04/23	19	2	100%	-	-	fermée	1	-
	5	27/04/23	7	2	100%	-	-	fermée	1	E2
total	5		41		100%	-	-	-	-	

Tableau 17 : Détails des différentes incursions de saumons marqués au niveau des antennes RFID des entrées 1 et 2 de l'ascenseur

Pour ce suivi, les 2 poissons ayant pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur ont finalement été piégés par celui-ci :

- **48801_00** : malheureusement nous ne possédons pas les enregistrements radio de ce poisson lors de sa venue à l'usine, seuls les suivis radios manuels et les enregistrements RFID nous permettent de valider sa présence et son franchissement. Marqué et lâché le 09 avril, ce poisson s'est présenté à l'ascenseur 6h après son lâcher et est entré par l'E2 (groupe 3 à l'arrêt donc uniquement E2 ouverte). 4 minutes après son entrée, il était enregistré à l'antenne intermédiaire et 1 minute plus tard il était détecté dans le piège. 13 minutes séparent la première détection de la dernière détection dans le piège, pour 6 détections au total. Ce saumon a franchi l'ascenseur après sa dernière détection.
- **48801_02** : cet individu a été marqué et lâché le 11 avril. Il ne s'est présenté à l'usine que 13 jours plus tard, le 24 avril et 2h après son arrivée, il a pénétré pour la première fois dans l'enceinte de l'ASP (groupe 3 à l'arrêt donc uniquement E2 ouverte). 4 minutes plus tard, il est enregistré dans le piège mais en ressort après 3 minutes d'attente et ressort de l'enceinte de l'ASP 13 minutes après son entrée initiale (Figure 37). Après cette sortie, l'individu est resté la fin de journée et toute la nuit en aval de l'usine, il n'y a pas eu de repli dans le canal de fuite. Lors de la journée suivante, le poisson a effectué 3 incursions dans l'enceinte de l'ASP par l'entrée 2 : la première à 9h du matin et la seconde à 15h. Lors de ces 2 incursions, le poisson n'est pas allé jusqu'à l'antenne intermédiaire. La troisième tentative s'est déroulée à 17h sur une période de 19 min. Période pendant laquelle il a réalisé 2 entrées distinctes dans le piège espacées de 5 minutes (il a été capté entre les deux par l'antenne intermédiaire). Suite à cette tentative, le poisson restera encore 2h en aval de l'usine avant de se

² Nous utilisons ici le terme **incursion** qui correspond à un temps de présence significatif au droit de l'antenne en question. L'incursion est la somme de détections successives sans interruption (par exemple ici, le saumon **48801_00** a été détecté 6 fois par l'antenne RFID du piège sur une plage temporelle continue de 4 minutes).

replier dans le canal de fuite pour la nuit. Il se représentera le lendemain et sera enregistré sur site de 8h à 18h mais sans réaliser d'incursion dans l'enceinte de l'ASP. Enfin, le 27 avril, le poisson est enregistré à partir de 8h en aval de l'usine et réalise une incursion 1 heure plus tard. 5 minutes après, il est enregistré dans le piège pendant 2 minutes avant d'emprunter l'ascenseur. Cet individu réussira malheureusement à sortir de la cuve et restera coincé dans la fosse de celle-ci où il mourra.

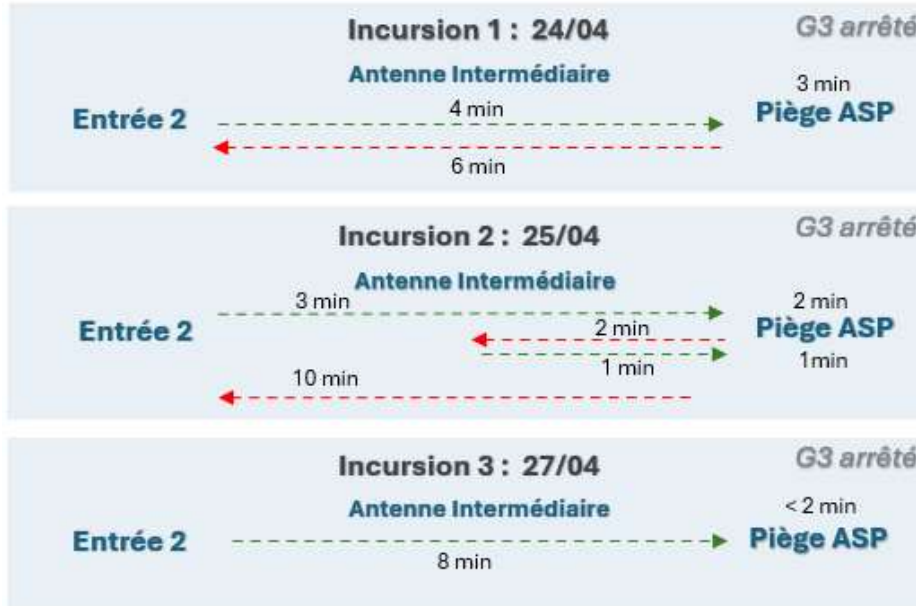


Figure 37 : Schéma bilan des incursions dans l'enceinte de l'ASP du saumon 48801_02

7.2.4.1 Analyse des cycles de l'ascenseur

Afin de mieux comprendre le comportement des poissons suivis dans l'enceinte de l'ascenseur, en complément de l'analyse des enregistrements radio et RFID, il est intéressant d'étudier le rythme des remontées de l'ascenseur de Golfech. La Figure 38 présente le nombre de remontées de cuve quotidiennes lors de la saison de migration 2023. On y observe tout au long de la saison de migration, une quarantaine de remontées par jour, ce qui correspond à des cycles de 30min entre 7h et 22h et à des cycles de 1h la nuit (ce rythme est adopté pour favoriser la montaison de l'anguille la nuit par la rampe spécifique). Trois périodes d'arrêts sont observables tout au long de la saison (du 12 au 15 mars, du 14 au 16 mai et du 14 au juin). Ces phases d'arrêts sont la conséquence d'état de crue et d'arrêt volontaire de l'ascenseur. Ces trois phases ne concernent pas de moment avec présence de saumons marqués.

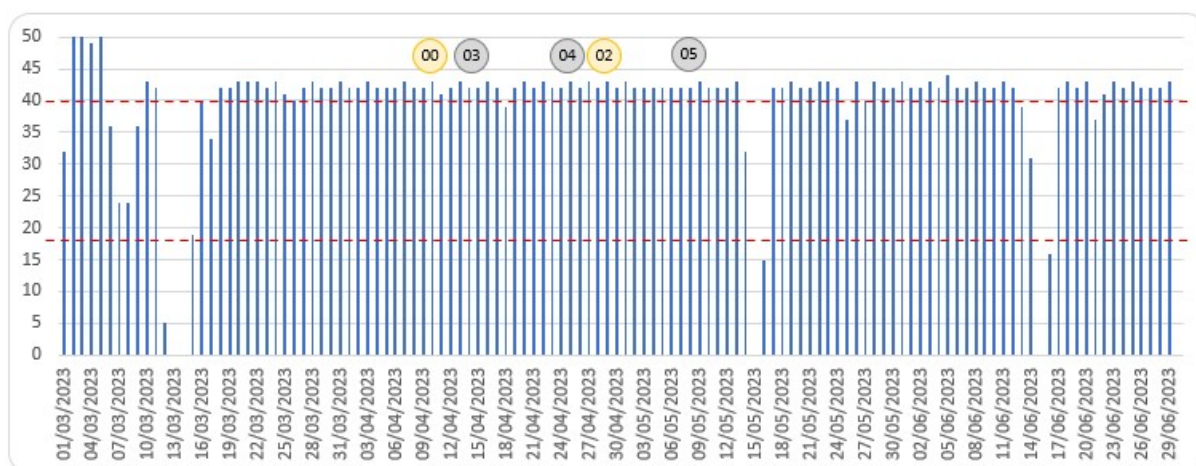


Figure 38 : Nombre de cycles quotidiens effectués par l'ascenseur de Golfech lors de la saison de migration 2023

Pour les 5 poissons détectés en aval de l'ascenseur, tous ont été détectés pendant que les cycles étaient de 30min.

Poissons	Date dernière incursion	Heure d'incursion	n°entrée pour entrée	Heure de piégeage	Heure de sortie	n°entrée pour sortie	Durée dans l'enceinte de l'ASP	Heures cycles ASP
48801_00	09/04/2023	18:27	2	19:09	-	-	00:42	18:11 / 18:40 / 19:09
48801_02	24/04/2023	14:38	2	-	14:51	2	00:13	14:20 / 14:49 / 15:28
	27/04/2023	09:18	2	09:52	-	-	00:34	08:54 / 09:23 / 09:52

Tableau 18 : Détails des incursions dans l'enceinte de l'ascenseur en fonction des cycles de l'ascenseur à poissons

En plus de la fréquence de fonctionnement de l'ascenseur, nous connaissons l'heure réelle de chaque cycle. Ainsi, il est possible de les associer aux données RFID enregistrées au cours de l'étude. Cela permet de savoir, pour chaque poisson ayant pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur, si un ou plusieurs cycles se sont déroulés lors de sa présence dans le système (Tableau 18).

Parmi les 2 poissons ayant été piégés dans l'ascenseur, le saumon **48801_00** a franchi directement lors de sa première présentation (42 minutes de présence dans le système). Ce saumon est entré par l'entrée 2 dans l'enceinte de l'ascenseur à 18h27, soit 16min après le dernier cycle. Il est ensuite entré dans le piège et y est resté 2 minutes entre 18h33 à 18h34. Il est ressorti du piège car il ne s'est pas fait piéger par le cycle de 18h40 mais sans dévaler jusqu'à l'entrée 2 (pas de détection sur cette antenne). Ce poisson sera à nouveau détecté dans le piège à 18h47 et il franchira l'ascenseur au moment du cycle de 19h09. Pour rappel, il a été enregistré comme sortant du canal de transfert à 20h33.

Ensuite, le saumon **48801_02** a effectué plusieurs incursions dans l'enceinte de l'ascenseur, avec à chaque fois une pénétration dans le piège. La première incursion dans le système, par l'entrée 2, a été enregistrée pendant 13min le 24 avril entre 14h38 et 14h51. Au cours de cette première incursion, il a été enregistré dans le piège entre 14h42 et 14h45 avant de finalement faire le chemin inverse et quitter l'enceinte de l'ASP à 14h51 par l'entrée 2. Ce poisson est donc ressorti du piège quelques minutes avant le départ d'un cycle (14h49, soit 4 minutes seulement après sa sortie du piège). L'individu s'est représenté le lendemain 25 avril entre 17h18 et 17h37, soit une incursion dans le système de 19min. Lors de cette visite, il a été enregistré dans le piège entre 17h21 et 17h26, alors que le cycle suivant a débuté à 17h34. Cet individu semble donc être ressorti du piège avant le lancement du cycle. Il a enfin réalisé

une dernière incursion dans l'enceinte de l'ascenseur le 27 avril, toujours par l'entrée 2, à 9h18. Un cycle a démarré à 9h23 mais ce poisson n'a été enregistré dans le piège qu'à partir de 9h24. Une hypothèse pourrait être qu'il n'ait pas été piégé et qu'il soit resté dans cette zone jusqu'au cycle suivant à 9h52 (les portes du chariot se replacent en position aval en restant ouvertes avant de se refermer pour reformer l'entonnoir de piégeage). Ce poisson n'a jamais atteint le canal de transfert et s'est probablement retrouvé coincé sous la cuve de l'ascenseur (absence de brosses dans les angles de la cuve).

Enfin, concernant les saumons n'ayant pas franchi l'ascenseur, on rappelle qu'aucun n'a pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur.

7.2.5 Comportement des poissons suivis en amont de l'ASP (canal de transfert et canal d'amenée)

Comme exposé dans les paragraphes précédents, seulement 2 individus marqués se sont fait piéger par la nasse de l'ascenseur au cours du suivi 2023. Parmi ces 2 poissons, seul 1 individu (**48801_00**) a atteint le canal de transfert. Pour ce poisson, le délai entre le franchissement de l'ascenseur et la sortie du canal de transfert est de 1h46min. Il n'a donc pas stagné dans le canal et a continué sa migration vers l'amont.

7.2.6 Incursions dans le tronçon court-circuité de Malause-Golfech

Pour ce suivi 2023, 1 seul individu, sur les 6 marqués, a emprunté le TCC. Le poisson **48801_03** a été marqué et lâché le 13 avril puis s'est présenté dès le lendemain 14 avril au pied de l'usine de Golfech. Ce poisson a été enregistré à plusieurs reprises au pied de l'ouvrage et à proximité des deux entrées pendant 12 jours consécutifs, jusqu'au 26 avril. Le 28 avril, ce poisson a été détecté en aval du barrage de Malause mais il n'a pas été enregistré au niveau de l'antenne du seuil 5. Lors de cette incursion dans le TCC, la température de l'eau de la Garonne était comprise entre 16 et 17°C et le débit dans le TCC était de 20 m³.s⁻¹ pour un débit total à Lamagistère de 250 m³.s⁻¹. Cet individu restera un peu plus de 24h au pied du barrage avant d'emprunter la rivière de contournement le 29 avril et de franchir la nouvelle passe le 30 avril. Puis il continuera sa progression vers l'amont et sera enregistré le 1^{er} mai à la station de Belleperche (*PK GAR_249,3*).

Ce qu'il faut retenir des détections à l'ascenseur

- **5 saumons** sur 6 marqués se sont présentés au pied de l'usine.
- La majorité des présentations au niveau de l'ascenseur ont été réalisées avec **uniquement l'entrée 2 ouverte**, ce qui signifie que le G3 de l'usine était à l'arrêt ou à moins de 50 % de sa capacité de fonctionnement.
- Les hauteurs de chute au niveau des entrées de l'ascenseur ont été **stables autour de de 30 cm** tout au long du suivi.
- Sur les 5 saumons enregistrés en aval de l'ouvrage, **2 ont pénétré dans l'enceinte**, à chaque fois par l'entrée 2. Ces 2 individus ont été piégés par la nasse de l'ascenseur :
 - Le premier saumon a réalisé **une entrée unique** et s'est fait piéger par la nasse de l'ascenseur en **moins de 20 minutes** avant de franchir l'ouvrage.
 - Le second a pénétré 5 fois dans l'enceinte de l'ascenseur dont **3 fois jusqu'à la nasse de piégeage** d'où il est ressorti les 2 premières fois. La 5^{ème} et dernière incursion dans l'enceinte de l'ascenseur s'est soldée par le piégeage du poisson. Cependant, il s'est probablement retrouvé coincé sous la cuve de l'ascenseur (absence de brosses dans les angles de la cuve) et en est mort.

7.3 Comportement des saumons entre Malause et Toulouse

Parmi les 6 saumons suivis, nous avons vu précédemment que seuls 2 individus ont franchi le complexe hydroélectrique de Golfech/Malause (le saumon **48801_00** par l'ascenseur de Golfech et le saumon **48801_03** par la nouvelle rivière de contournement et la nouvelle passe du barrage de Malause). Ces poissons ont continué leur migration sur la Garonne amont. Le premier a pu atteindre l'ouvrage du Bazacle et le second a stoppé sa progression au niveau de Verdun sur Garonne (*PK GAR_272*).

Au total, 1 seul individu sur 6 (soit 17 %) a donc rejoint le Bazacle. Cette année encore, aucun saumon suivi n'a emprunté l'axe Tarn.

- **Zoom sur le poisson 48801_03 (Figure 39)**

Le poisson **48801_03** a emprunté le TCC. C'est le seul poisson marqué de ce suivi à l'avoir fait et à avoir franchi le barrage de Malause (3 autres poissons non marqués ont franchi également par la rivière de contournement de Malause). Ce poisson a été lâché le 13 avril et s'est présenté à l'aval de l'usine de Golfech entre le 14 et le 26 avril. 48h plus tard, il est enregistré au pied du barrage de Malause et s'engage dans la rivière de contournement le 29 avril. Cet individu atteindra ensuite la passe amont et la station de contrôle qu'il mettra 24h à passer de manière définitive en raison d'un problème de colmatage au niveau de la sortie de la passe (environ 80 cm de perte de charge). Il sort donc de la passe le 30 avril à 15h et sera enregistré à la station de Belleperche dès le lendemain matin, 1^{er} mai, mais n'a jamais été enregistré à la station suivante de Grenade sur Garonne. Après plusieurs recherches en suivi manuel, ce saumon a été retrouvé à Verdun sur Garonne (*PK GAR_272*) d'où il ne bougera plus jusqu'à la fin du suivi.

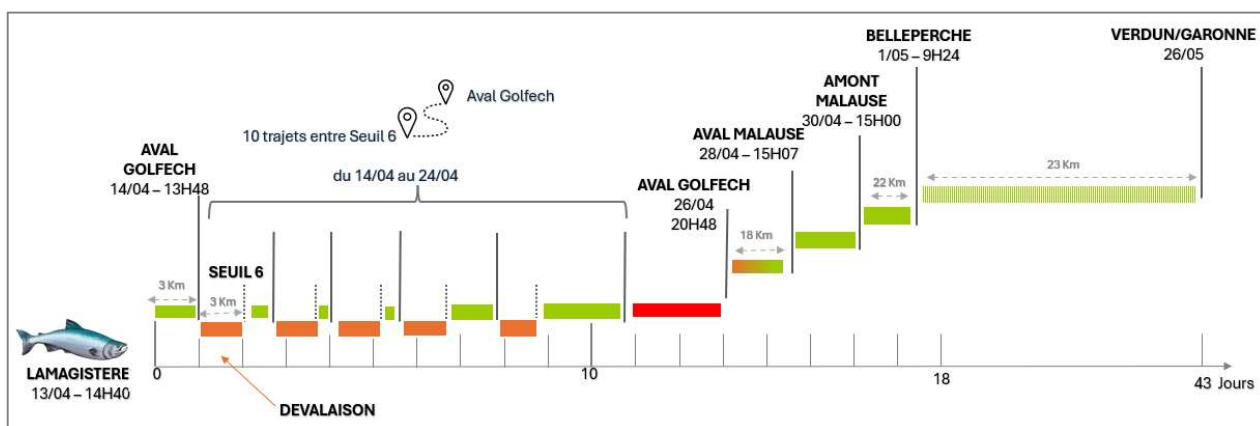


Figure 39 : Schéma bilan de la migration du saumon 48801_03

- **Zoom sur le poisson 48801_00 (Figure 40)**

Après sa sortie du canal de transfert de Golfech, le même jour que son marquage (09 avril), ce poisson n'a pas été enregistré à Belleperche, mais à la station suivante de Grenade sur Garonne le 15 avril, soit 6 jours plus tard. Il sera détecté pendant 16h sur cette station avant de reprendre sa migration vers l'amont le 16 avril. Il est ensuite enregistré pour la première fois au Bazacle le 24 avril. Il restera 3 jours au pied du Bazacle avant de franchir la passe à poissons le 27 avril et atteindra l'aval de l'usine du Ramier en quelques heures. Il sera capté ensuite de manière continue en aval de l'ouvrage pendant près de 3 jours sans emprunter la passe. Ce poisson ne sera plus enregistré sur le site du Ramier à partir du 30 avril et ne sera par la suite plus retrouvé de tout le suivi, même en suivi manuel.

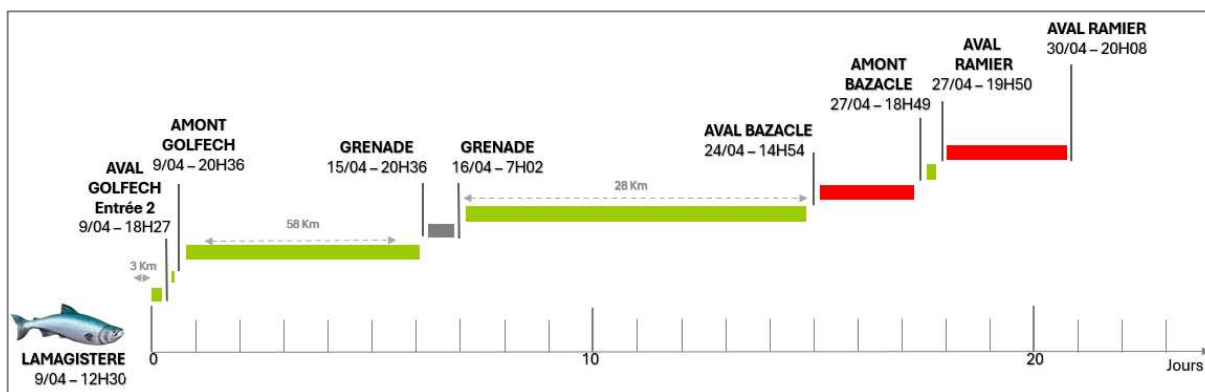


Figure 40 : Schéma bilan de la migration du saumon 48801_00

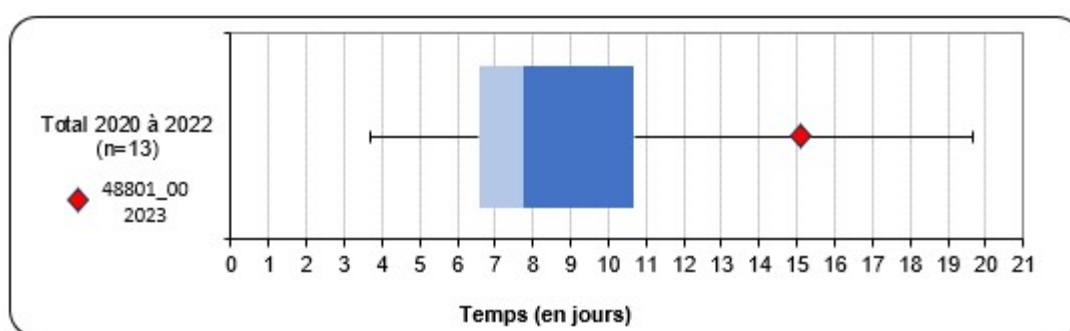


Figure 41 : Répartition des temps de transfert entre la sortie du canal d'amenée de Golfech et l'arrivée à l'aval du Bazacle pour les poissons suivis depuis 2020. Comparaison avec le SAT 48801_00 de 2023

Le temps de transfert entre le complexe Malause-Golfech et l'arrivée en aval du Bazacle (Figure 41) pour le saumon **48801_00** est de 15jr01h. La distance entre la sortie du canal de transfert de Golfech et le barrage du Bazacle est de 96 km. La vitesse moyenne de transfert pour ce poisson est donc de l'ordre de 0,26 km/h (6,4 km/jr). Ce temps observé en 2023 est supérieur à la médiane des temps des suivis précédents (2020 à 2022) : 7,8jr avec des durées de transfert jusqu'au Bazacle comprises entre 3,7jr et 19,6jr, ce qui correspond à des vitesses moyennes allant de 4,3 km/jr à 23 km/jr.

7.4 Comportement des saumons au niveau du Bazacle

7.4.1 Fonctionnement de l'ouvrage hydroélectrique du Bazacle

Au cours de ce suivi 2023, les 7 groupes de l'usine étaient disponibles mais le groupe 3 a été très peu utilisé. Sur la période suivie, on note un seul arrêt d'usine notable entre le 25 et le 26 mai lié à un coup d'eau. D'importantes variations quotidiennes sont observables sur certains groupes qui servent à réguler le débit total turbiné en fonction du débit de la rivière.

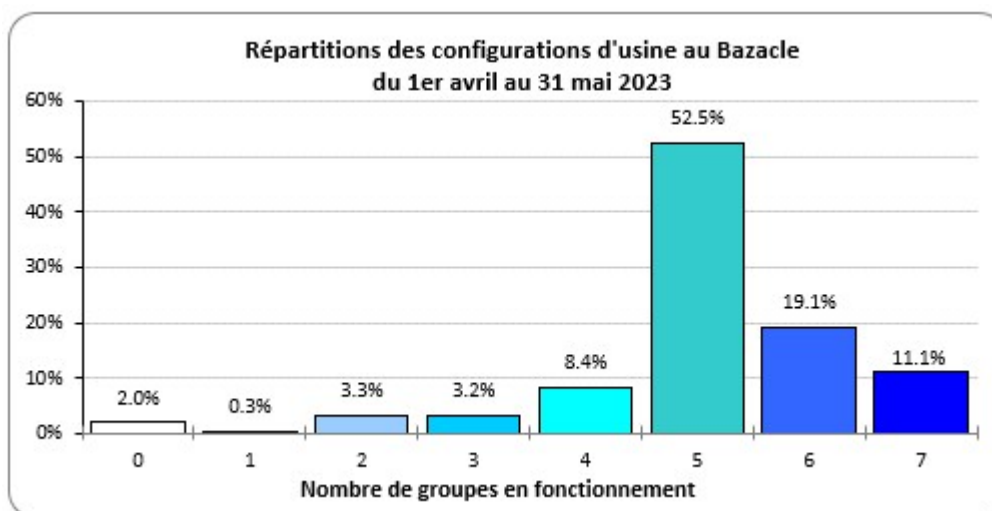


Figure 42 : Répartition des configurations d'usine au Bazacle en fonction du nombre de groupes en fonctionnement

Les configurations d'usine la plus représentées pendant le suivi sont les configurations à 5 groupes (52,2 %). Les arrêts d'usine représentent 2 % du temps total (Figure 42) et les configurations à 6 et 7 groupes représentent 30,2 % du temps. Les configurations à 1, 2, 3 et 4 groupes représentent environ 15 %, respectivement 0,3 %, 3,3 %, 3,2 % et 8,4 %.

Le débit moyen horaire turbiné sur la période étudiée en 2023 est compris entre 10 m³/s et 82 m³/s. Les débits inférieurs à 50 m³.s⁻¹ turbiné représentent 56 % du temps d'étude et les débits supérieurs à 70 m³.s⁻¹ turbiné ne représentent que 3 % du temps. Le débit d'équipement est bien inférieur au module de la Garonne à Portet/Garonne (186 m³.s⁻¹), ce dernier est quasiment égal au double du débit d'équipement de l'usine du Bazacle. Sur la période d'étude, le débit de la Garonne a été 59 % du temps supérieur au débit d'équipement.

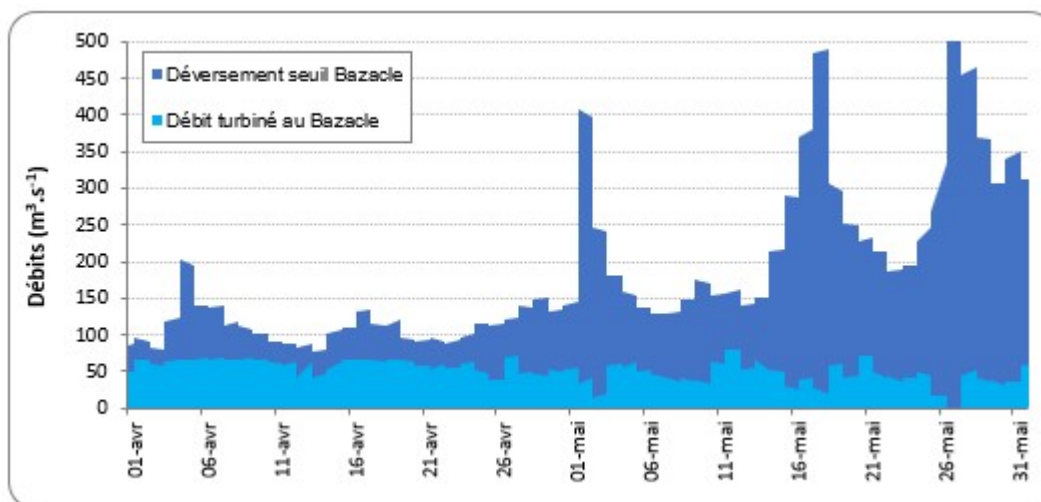


Figure 43 : Représentation des jours de déversement au barrage du Bazacle

La différence entre le débit de la Garonne à Portet/Garonne et le débit turbiné à l'usine du Bazacle correspond approximativement au débit déversé sur le seuil du Bazacle, représenté par l'aire bleu foncé sur la Figure 43.

Les déversements sur la chaussée du Bazacle ont été présents tout au long du suivi, ceci en lien avec le débit d'équipement de l'usine (de l'ordre de la moitié du module). Sur l'ensemble

du suivi, les déversements observés sont répartis de quelques mètres cubes à un débit moyen horaire de plus de $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ lors de l'arrêt d'usine de la fin du mois de mai (pour cause de crue : l'intégralité du débit de la rivière a donc été déversée par la digue).

7.4.2 Comportement général des saumons au niveau du Bazacle

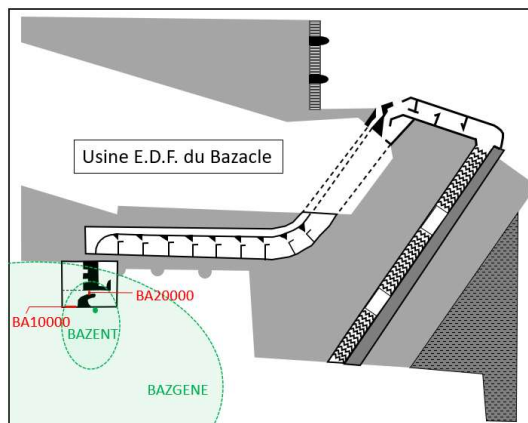


Figure 44 : Rappel des zones BAZGÈNE et BAZENT étudiées dans les paragraphes 7.4.2 et 7.4.3

Parmi les 6 poissons marqués, nous avons vu que seuls 2 ont franchi l'aménagement de Golfech-Malause (1 par l'ascenseur de Golfech, 1 par la nouvelle passe de Malause) et que 1 seul poisson a finalement atteint l'ouvrage du Bazacle à Toulouse. Il s'agit du poisson **48801_00**, le premier saumon marqué du suivi 2023.

Ce saumon a présenté un délai d'arrivée au Bazacle de 15 jours après son franchissement de Golfech. Il n'a pas franchi l'aménagement du Bazacle par la passe à ralentisseurs mais bien par la passe à bassins. Le délai de franchissement de l'ouvrage du Bazacle est de 2,9 jours entre la première détection en aval (24 avril à 21h) et le contrôle à la station vidéo (27 avril à 18h49 – Photo 39). Une heure après ce franchissement, ce poisson s'est présenté au pied de l'ouvrage du Ramier situé 1,6 km en amont du seuil du Bazacle. Ce saumon sera capté ensuite de manière continue en aval de l'ouvrage pendant près de 3 jours sans emprunter la passe à bassins. A partir du 30 avril, ce poisson ne sera plus enregistré sur le site du Ramier et ne sera plus retrouvé de tout le suivi, même en suivi manuel.



Photo 39 : Contrôle à la station vidéo du Bazacle du saumon 48801_00

7.4.3 Influence des paramètres environnementaux sur la montaison au Bazacle

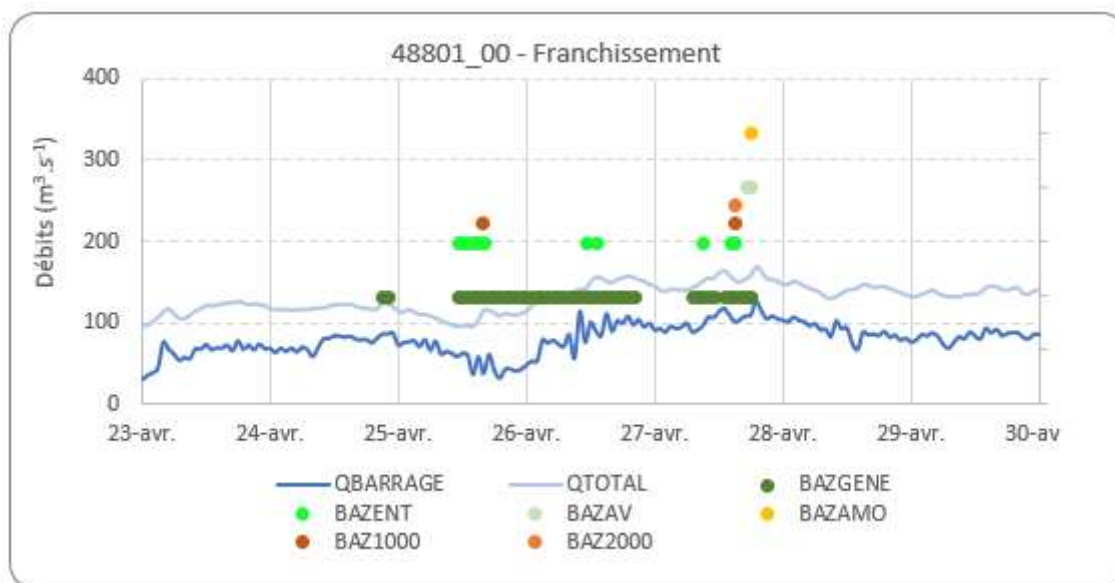


Figure 45 : Détections de saumons aux antennes radio du Bazacle pour l'individu ayant franchi l'aménagement

La Figure 45 propose d'observer les détections quotidiennes aux antennes radio et RFID installées au Bazacle en fonction du débit moyen horaire de la Garonne à Portet/Garonne, ainsi que les débits déversés sur la chaussée.

Le poisson **48801_00** est arrivé en aval de l'ouvrage le 24 avril avec un Q_{mj} de $118 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Lors de ses 3 jours de présence sur site, les débits ont varié entre 105 et $140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et les hauteurs de chute à l'entrée de la passe sont restées centrées entre 40 cm et 50 cm . L'individu s'est approché à 3 reprises de l'entrée (détection à l'antenne radio BAZENT). Lors de la première arrivée, le poisson a aussi été capté par l'antenne RFID BAZ1000, ce qui signifie que l'individu a franchi l'entrée de la passe mais est ressorti. Lors de la troisième tentative le 27 avril, le poisson est entré dans la passe et a franchi l'intégralité de la passe avec succès. On observe des enregistrements aux antennes radio BAZENT et BAZAV ainsi que des enregistrements au niveau des 2 antennes RFID (hauteur de chute à l'entrée de la passe de l'ordre de 40 cm). Ce poisson a été contrôlé à la vidéo le 27 avril à $18\text{h}49$ (Photo 39). Le débit de la Garonne était de $158 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ au moment du franchissement.

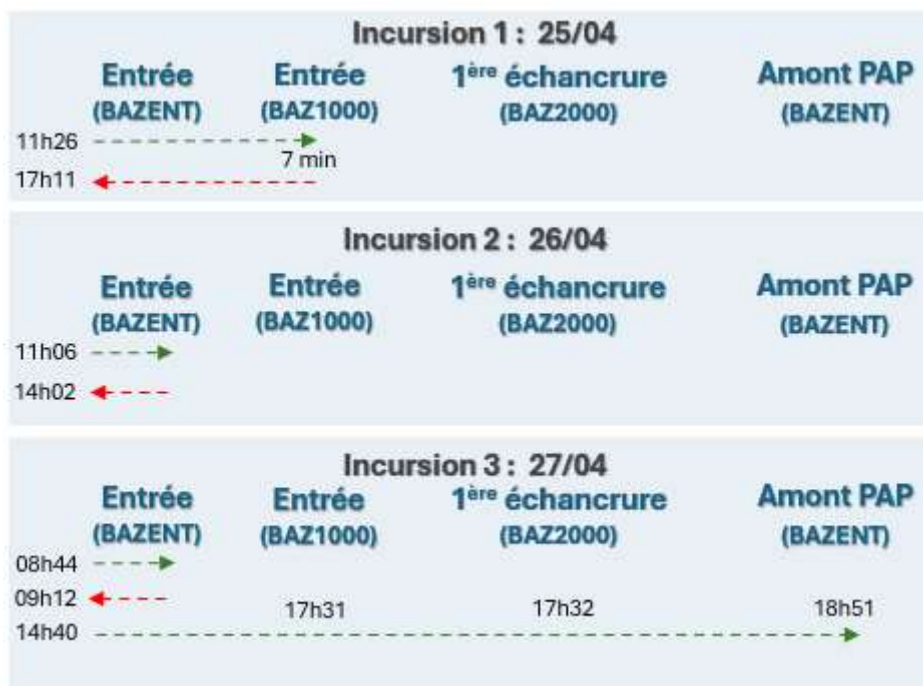


Figure 46 : Schéma bilan des incursions dans la PAB du Bazacle pour le saumon 48801_00

Sur la période de présence de ce poisson en aval de l'aménagement, aucun autre saumon n'a été enregistré à la station du Bazacle. Un saumon non marqué a été contrôlé le 22 avril et le suivant le 13 mai.

Ce qu'il faut retenir du franchissement de l'ouvrage du Bazacle

- ⇒ **1 individu** parmi les 2 poissons marqués à avoir franchi l'aménagement de Golfech-Malause a finalement atteint l'ouvrage du Bazacle à Toulouse (**délai d'arrivée de 15 jours**).
- ⇒ **3 jours de présence** en aval de l'ouvrage et 3 approches de l'entrée, dont **2 incursions dans la passe**.
- ⇒ Le temps de franchissement de la passe lors de la dernière incursion est **inférieur à 2h**.
- ⇒ Les hauteurs de chute à l'entrée de la passe sont restées centrées **entre 40 cm et 50 cm** et le débit de la Garonne était **de 158 m³.s⁻¹ au moment du franchissement**.

8. RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI DES ESPECES DE POISSONS HOLOBIOTIQUES

Au cours de l'année 2023, 38 poissons holobiotiques ont été capturés puis marqués en RFID à la station de contrôle de Golfech entre les mois d'avril et mai dans le cadre de ce suivi (Annexe C). Il s'agit de 7 barbeaux fluviatiles, de 15 brêmes communes et de 16 chevesnes. (3,7 % des barbeaux contrôlés avant le 24/05, 2 % des brêmes et 0,9 % des chevesnes). L'absence de migration de saumons, mais aussi la baisse significative de passages de gros individus chez les holobiotiques après le 15 juin a entraîné la fin des piégeages également pour les holobiotiques.

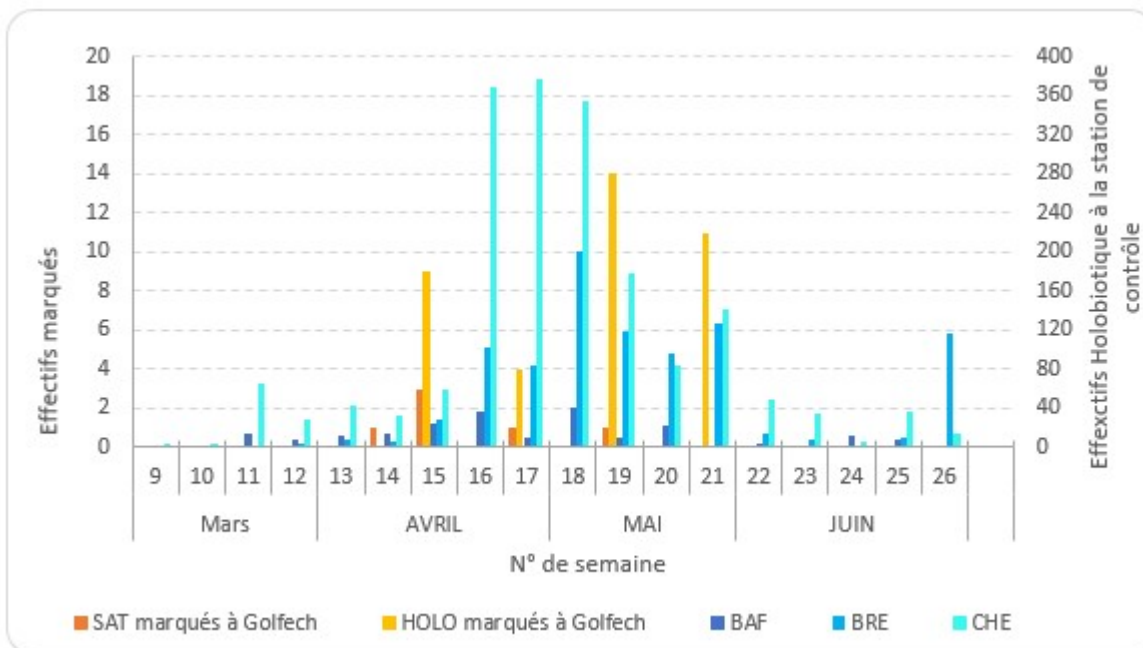


Figure 47 : Comparaison de la répartition hebdomadaire des passages de saumons et d'holobiotiques à Golfech avec la répartition des piégeages/marquages pour le suivi télémétrique

Comme pour les saumons, la migration des 3 espèces holobiotiques suivies a été essentiellement concentrée sur les mois d'avril et mai à Golfech (77 % des BAF contrôlés avant le 31/06/23, 85 % des BRE, 83 % des CHE). Concernant les piégeages et les marquages, 13 holobiotiques ont été marqués au mois d'avril (4 BAF, 3 BRE et 6 CHE) et 25 au mois de mai (3 BAF, 12 BRE et 10 CHE), pour un total de 38 poissons marqués au cours de 6 sessions de piégeage.

8.1 Devenir des 38 poissons holobiotiques marqués

Les 38 poissons holobiotiques ont été marqués avec un transpondeur RFID de 32 mm, identique à celui utilisé pour les saumons (voir § 4.2.2.). Les poissons ont tous été relâchés en aval direct de l'ascenseur, au niveau du radié béton situé en rive droite de l'usine.

Espèces	Aval usine	Détections entrées (1 & 2)	Détections bassin de stabulation	Piégeage ASP
BAF	7	3	2	2
BRE	15	9	2	2
CHE	16	6	3	3
GLOBAL	38	18	7	7

Tableau 19 : Détails du devenir des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech

Parmi les 38 individus lâchés en aval de l'ascenseur de Golfech, 18 ont été enregistrés au moins à une des deux entrées de l'ascenseur (18 sur 38, soit 47 %) (Tableau 19). Il s'agit de 3 BAF (3 sur 7, soit 43 %), 9 BRE (9 sur 15, soit 60 %) et 6 CHE (6 sur 16, soit 37,5 %). Concernant les 20 poissons qui n'ont pas été enregistrés, aucune information n'est actuellement disponible sur leur devenir mais la technologie RFID permet un suivi sur le long terme (marque passive) et ces individus pourront éventuellement être détectés lors des prochains mois.

Parmi les 18 poissons détectés aux entrées, 7 ont été détectés dans le bassin de stabulation de l'ascenseur et ont finalement été piégés dans le dispositif (soit 39 % par rapport aux poissons détectés aux entrées de l'ascenseur et un taux de franchissement de 18 % par rapport au lot de poissons marqués). Il s'agit de 2 BAF, 2 BRE et 3 CHE. Cela représente :

- Pour les BAF, 2 franchissements sur 3 détections, soit 66 % et sur 7 marqués (28,5 %),
- Pour les BRE, 2 franchissements sur 9 détections, soit 22 % et sur 15 marqués (13,3 %),
- Pour les CHE, 3 franchissements sur 6 détections, soit 50 % et sur 16 marqués (19 %).

Concernant les 11 poissons détectés aux entrées mais n'ayant pas franchi l'ascenseur, certains se sont déplacés dans l'enceinte de l'ascenseur mais aucun n'est entré dans le dispositif de piégeage.

Parmi les poissons ayant franchi l'ascenseur, 1 brème a été détectée au niveau de l'ouvrage du Bazacle, 35 jours après son franchissement de Golfech. Une détection unique a été enregistrée au niveau de l'entrée de la passe mais ce poisson ne semble pas avoir franchi l'ouvrage de montaison du Bazacle.

8.2 Comportement au niveau du complexe Golfech-Malause

Pour rappel, comme expliqué au § 7.2.3, cette année, les entrées piscicoles de l'ascenseur ont fonctionné de manière séquentielle en fonction du débit turbiné par le Groupe 3.

Les poissons marqués détectés aux entrées de l'ouvrage ont donc rencontré 2 types de configurations (entrée 1 uniquement ou entrée 2 uniquement), mais avec majoritairement l'entrée 1 ouverte (59 % des périodes d'enregistrement). Cela signifie que lorsque les poissons marqués étaient sur site, le groupe 3 était majoritairement à plus de 50 % de sa capacité de turbinage.

8.2.1 Comportement des poissons dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons

		Espèce	Franchissement	Antenne E1	Antenne E2	Antenne intermédiaire	Antenne piège
1.	8000F9EE941A7585	BAF		5	22		
2.	8000F9EE941D9341	BAF	X		7	1	29
3.	8000F9EE9A5D14C6	BAF	X	12	11	25	113
4.	8000F9EE941D9435	BRE		14	8		
5.	8000F9EE9A5CC62D	BRE	X	3	5		89
6.	8000F9EE9A5CD1C1	BRE		5		17	
7.	8000F9EE9A5CED38	BRE		9			
8.	8000F9EE9A5CF042	BRE		4			
9.	8000F9EE9A5D01A0	BRE		99	69	24	
10.	8000F9EE9A5D1287	BRE		4	12		
11.	8000F9EE9A5D1411	BRE	X	16	50		36
12.	8000F9EE9A5D1AF0	BRE		18	27		
13.	8000F9EE941A7569	CHE		2			
14.	8000F9EE9A5CC610	CHE	X	16	58	7	134
15.	8000F9EE9A5CD319	CHE	X	8			7
16.	8000F9EE9A5CE6C8	CHE		11	1324	34	
17.	8000F9EE9A5D1343	CHE	X	37	2	9	24
18.	8000F9EE9A5D1538	CHE		29	112	15	

Tableau 20 : Nombre de détections brutes* à chaque antenne RFID au niveau de l'ASP

**ici une détection brute correspond à une ligne d'enregistrement sur les coffrets d'enregistrement RFID. La technologie RFID n'a pas de pas de temps fixe, ainsi plusieurs détections dans la même minute sont possibles.*

Au total, 18 poissons ont été enregistrés sur les différentes antennes. Parmi ces poissons, 5 ont été détectés uniquement à l'antenne de l'entrée 1 (28 %), 1 seul uniquement à l'entrée 2 (5 %) et 12 ont été détectés aux antennes des 2 entrées (67 %).

Tous les poissons détectés dans l'enceinte de l'ascenseur, c'est-à-dire par l'antenne intermédiaire (8 poissons détectés, soit 45 %) ou dans le piège (7 détections, soit 39 %) ont été préalablement détectés à au moins une des deux entrées. Il ne semble donc pas y avoir de ratés en termes de détections.

Tous les poissons détectés au niveau du piège ont franchi l'ascenseur (Tableau 20). Il s'agit de 2 barbeaux fluviatiles (2 sur 7 marqués soit 29%), de 2 brèmes communes (2 sur 15 marquées soit 13%) et de 3 chevesnes (3 sur 16 marqués soit 19%).

	Code	Espèce	Date de lâcher	1ère détection RFID aux entrées	Délais de retour entrées ASP	Antenne 1ère détection	Antenne dernière entrée avant franchissement	Dernière détection	Temps entre 1ère et dernière détection aval ASP
1	8000F9EE9A5D14C6	BAF	11/04/2023 15:30	12/04/2023 12:45	00jr 21h	E2	E2	12/05/2023 09:32	29jr20h
2	8000F9EE941D9341	BAF	11/04/2023 15:45	10/05/2023 09:18	28jr 17h	E2	E2	10/05/2023 09:22	0h04
3	8000F9EE941A7585	BAF	10/05/2023 15:30	11/05/2023 14:22	00jr 22h	E1	-	11/05/2023 14:25	0h03
4	8000F9EE9A5D01A0	BRE	11/04/2023 15:30	23/04/2023 09:27	11jr 17h	E2	-	24/05/2023 07:12	30jr21h
5	8000F9EE9A5CD1C1	BRE	11/04/2023 15:45	30/04/2023 16:25	19jr 00h	E1	-	30/04/2023 16:48	0h23
6	8000F9EE9A5CED38	BRE	11/04/2023 16:00	09/05/2023 15:55	27jr 23h	E1	-	22/05/2023 17:17	13jr01h
7	8000F9EE941D9435	BRE	09/05/2023 16:50	15/07/2023 14:44	66jr 21h	E1	-	24/08/2023 09:34	39jr18h
8	8000F9EE9A5CC620	BRE	09/05/2023 16:50	09/05/2023 18:29	00jr 01h	E1	E1	21/05/2023 09:30	11jr15h
9	8000F9EE9A5D1287	BRE	09/05/2023 16:50	23/05/2023 08:36	13jr 15h	E1	-	23/05/2023 08:38	0h02
10	8000F9EE9A5D1411	BRE	09/05/2023 16:50	20/05/2023 19:17	11jr 02h	E1	E1	22/05/2023 12:18	01jr17h
11	8000F9EE9A5D1AF0	BRE	09/05/2023 16:50	11/06/2023 10:46	32jr 17h	E1	-	11/06/2023 13:36	2h50
12	8000F9EE9A5CF042	BRE	24/05/2023 15:30	24/05/2023 21:26	00jr 05h	E1	-	14/07/2023 20:57	50jr23h
13	8000F9EE9A5D1343	CHE	11/04/2023 16:00	22/04/2023 09:08	10jr 17h	E2	E1	22/04/2023 10:53	00jr01h
14	8000F9EE9A5CE6C8	CHE	27/04/2023 12:00	31/05/2023 15:06	34jr 03h	E1	-	31/05/2023 20:59	5h53
15	8000F9EE9A5D1538	CHE	27/04/2023 12:00	14/05/2023 16:22	17jr 04h	E2	-	14/05/2023 20:19	3h57
16	8000F9EE941A7569	CHE	09/05/2023 16:50	11/05/2023 16:56	02jr 00h	E1	-	15/05/2023 11:13	03jr18h
17	8000F9EE9A5CD319	CHE	09/05/2023 16:50	14/05/2023 17:34	05jr 00h	E1	E1	14/05/2023 17:53	0h18
18	8000F9EE9A5CC610	CHE	23/05/2023 16:30	25/05/2023 07:50	01jr 15h	E1	E1	25/05/2023 14:41	6h50

Tableau 21 : Analyses des premières détections des poissons holobiotiques et de la durée de présence au droit de l'ascenseur

Le temps de retour des poissons marqués (durée entre le lâcher et la première détection à une antenne) est compris entre 01h pour le plus rapide à quasiment 66jr pour le plus long avec un temps médian de 11jr 10h (1^{er} quartile : 1jr 17h et 3^{ème} quartile 25jr 18h). Lorsque l'on compare cette durée entre les poissons ayant franchi l'ascenseur et les poissons n'ayant pas réussi à le franchir, les temps de retour sont plus importants pour les poissons ayant franchi (médiane : 17jr 04h, 1^{er} quartile : 6jr 21h et 3^{ème} quartile : 30jr 08h) que pour les poissons uniquement détectés à l'aval (médiane : 5jr 04h, 1^{er} quartile : 1jr 6h et 3^{ème} quartile : 10jr 21h).

L'entrée la plus fréquentée en première détection est l'entrée 1 (13 détections, soit 72 %, contre 5 pour l'entrée 2, soit 28 %).

Le temps enregistré entre la première détection et la dernière détection aux antennes RFID est compris entre 2min et 50jr 23h avec une médiane de 6h 21min (1^{er} quartile : 44min et 3^{ème} quartile : 12jr 16h). Ces temps sont très hétérogènes. Si l'on compare cette durée entre les poissons qui ont franchi ou non l'ascenseur, il n'apparaît pas de différence. Un poisson resté peu de temps sur site peut avoir franchi l'ascenseur ou non et inversement, un poisson étant resté longtemps dans le système peut au final franchir l'ascenseur avec succès comme abandonner et quitter le système.

Pour les poissons ayant franchi l'ascenseur, la dernière entrée fréquentée avant franchissement est majoritairement l'entrée 1 (5 sur 7 soit 71 %).

Suivi par télémétrie de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne entre l'aval de l'aménagement hydroélectrique de Golfech et l'amont de l'aménagement du Bazacle.

	Code	Espèce	Date et heure première détection	Antenne 1ère détection	Date et heure dernière détection	Antenne sortie	durée incursion enceinte ASP	nombre incursion piège	durée enregistrement piège
1	8000F9EE9A5D14C6	BAF	12/04/2023 12:45	E2	12/04/2023 13:05	E2	00:20:39	1	00:00:19
	8000F9EE9A5D14C6	BAF	12/05/2023 09:13	E2	12/05/2023 09:32	franchissement	00:18:15	2	00:04:47 & 00:04:12
2	8000F9EE941D9341	BAF	10/05/2023 09:18	E2	10/05/2023 09:22	franchissement	00:04:02	2	00:00:02 & 00:01:49
3	8000F9EE941A7585	BAF	11/05/2023 14:22	E1	11/05/2023 14:25	E1	00:03:10	-	-
4	8000F9EE9A5D01A0	BRE	23/04/2023 09:27	E2	30/04/2023 11:50	E2	07jr02h	7 tentatives en 7 jours	
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	02/05/2023 09:05	E1	05/05/2023 07:40	E1	02jr22h	2 tentatives en 4 jours	
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	05/05/2023 17:33	E2	10/05/2023 08:13	E2	04jr14h	2 tentatives en 6 jours	
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	10/05/2023 11:01	E1	10/05/2023 11:01	E1	00:00:07	-	-
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	10/05/2023 14:14	E1	14/05/2023 20:19	E1	04jr06h	-	-
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	15/05/2023 06:27	E1	15/05/2023 08:23	E1	01:55:22	-	-
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	16/05/2023 06:55	E1	16/05/2023 08:54	E1	01:58:38	-	-
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	18/05/2023 09:23	E1	18/05/2023 10:31	E1	01:07:09	-	-
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	20/05/2023 10:43	E1	20/05/2023 10:44	E1	00:00:06	-	-
	8000F9EE9A5D01A0	BRE	21/05/2023 06:23	E1	21/05/2023 11:02	E1	04:38:59	-	-
5	8000F9EE9A5CD1C1	BRE	30/04/2023 16:25	E2	30/04/2023 16:48	E2	00:23:24	-	-
6	8000F9EE9A5CED38	BRE	09/05/2023 15:55	E1	09/05/2023 16:06	E1	00:11:35	-	-
	8000F9EE9A5CED38	BRE	22/05/2023 17:17	E1	22/05/2023 17:17	E1	00:00:28	-	-
7	8000F9EE941D9435	BRE	15/07/2023 14:44	E1	15/07/2023 14:45	E1	00:00:53	-	-
	8000F9EE941D9435	BRE	19/07/2023 15:52	E1	24/08/2023 09:34	E1	3jr 17h	4 tentatives en 5 jours	
8	8000F9EE9A5CC620	BRE	09/05/2023 18:29	E1	09/05/2023 18:29	E1	00:00:07	-	-
	8000F9EE9A5CC620	BRE	15/05/2023 06:46	E1	15/05/2023 06:46	E1	00:00:01	-	-
	8000F9EE9A5CC620	BRE	21/05/2023 09:13	E1	21/05/2023 09:30	franchissement	00:16:42	1	00:15:28
9	8000F9EE9A5D1287	BRE	23/05/2023 08:36	E1	23/05/2023 08:38	E1	00:02:20	-	-
10	8000F9EE9A5D1411	BRE	20/05/2023 19:17	E1	20/05/2023 19:17	E1	00:00:01	-	-
	8000F9EE9A5D1411	BRE	22/05/2023 07:50	E1	22/05/2023 08:01	E1	00:11:26	-	-
	8000F9EE9A5D1411	BRE	22/05/2023 09:45	E1	22/05/2023 09:50	E1	00:04:13	-	-
	8000F9EE9A5D1411	BRE	22/05/2023 11:57	E1	22/05/2023 12:18	franchissement	00:21:34	1	00:00:44
11	8000F9EE9A5D1AF0	BRE	11/06/2023 10:46	E1	11/06/2023 12:17	E1	01:30:41	-	-
	8000F9EE9A5D1AF0	BRE	11/06/2023 13:33	E1	11/06/2023 13:36	E1	00:03:45	-	-
12	8000F9EE9A5CF042	BRE	24/05/2023 21:26	E1	24/05/2023 21:26	E1	00jr00h	-	-
	8000F9EE9A5CF042	BRE	14/07/2023 20:57	E1	14/07/2023 20:57	E1	00jr00h	-	-
13	8000F9EE9A5D1343	CHE	22/04/2023 09:08	E2	22/04/2023 09:39	E2	00:31:32	-	-
	8000F9EE9A5D1343	CHE	22/04/2023 10:02	E2	22/04/2023 10:53	franchissement	00:50:27	1	00:07:10
14	8000F9EE9A5CE6C8	CHE	31/05/2023 15:06	E1	31/05/2023 20:59	E1	5h53	-	-
15	8000F9EE9A5D1538	CHE	14/05/2023 16:22	E2	14/05/2023 16:35	E2	0h13	-	-
	8000F9EE9A5D1538	CHE	14/05/2023 19:08	E1	14/05/2023 20:19	E1	1h10	-	-
16	8000F9EE941A7569	CHE	11/05/2023 16:56	E1	11/05/2023 16:56	E1	00:00:01	-	-
	8000F9EE941A7569	CHE	15/05/2023 11:13	E1	15/05/2023 11:13	E1	00:00:01	-	-
17	8000F9EE9A5CD319	CHE	14/05/2023 17:34	E1	14/05/2023 17:53	franchissement	00:18:45	2	00:00:44 & 00:00:02
18	8000F9EE9A5CC610	CHE	25/05/2023 07:50	E1	25/05/2023 08:10	E1	00:20:08	2	00:00:08 & 00:03:28
	8000F9EE9A5CC610	CHE	25/05/2023 09:20	E1	25/05/2023 09:20	E1	00:00:01	-	-
	8000F9EE9A5CC610	CHE	25/05/2023 14:26	E1	25/05/2023 14:41	franchissement	00:15:01	3	de 00:00:05 à 00:03:40

Tableau 22 : Analyses des différentes incursions dans l'enceinte de l'ASP réalisées par les poissons holobiotiques marqués.

Les différents poissons suivis ont réalisé entre 1 et 20 incursions (exemple le poisson 8000F9EE941D9341) et 20 incursions (poisson 8000F9EE9A5D01A0) dans l'enceinte de l'ascenseur (Tableau 22). Les poissons ayant réussi leur franchissement ont, au maximum, réalisé 4 incursions différentes. Les entrées piscicoles de l'ascenseur étant ouvertes de manière alternée, les antennes d'entrée et de sortie de chaque incursion sont identiques.

Les durées d'incursions sont comprises entre 1 seconde (détection unique sans entrée dans l'enceinte) et 4jr 06h de présence au sein de l'enceinte avec une médiane de 12min (1^{er} quartile : 18sec et 3^{ème} quartile : 29min). Les durées de la dernière incursion dans l'enceinte de l'ascenseur, des individus ayant franchi avec succès, vont de 4min à 50 min (médiane : 18min 15sec, 1^{er} quartile : 15min 51sec et 3^{ème} quartile : 20min 09sec). Les poissons marqués avec un succès de franchissement présentent donc des temps de stagnation relativement courts dans l'enceinte de l'ascenseur (<50 minutes).

Seuls les poissons ayant franchi l'ascenseur ont réalisé des incursions dans le piège (7 sur 18, soit 39 %). Parmi ces 7 poissons, 2 ont validé leur franchissement après une seule et unique incursion dans l'enceinte de l'ASP : il s'agit d'un barbeau (n°2 : 4 min de présence dans l'enceinte de l'ASP) et d'un chevesne (n°17 : 19 min de présence dans l'enceinte). Les 5 autres individus ont réalisé plusieurs incursions dans l'enceinte de l'ASP. Ces tentatives sont parfois rapprochées (ex : le chevesne n°13 qui a réalisé 2 incursion espacées d'1h environ) et parfois éloignées dans le temps (ex : le barbeau n°1 qui a réalisé 2 incursions espacées d'1 mois).

Si l'on observe uniquement l'incursion finale dans l'enceinte des 7 individus ayant franchi l'ASP, 3 d'entre eux ont réalisé une incursion unique dans le piège (44sec, 7min 10sec et 15min 28sec). Les 4 autres individus ont réalisé de 2 à 3 incursions dans le piège avant de finalement franchir l'ascenseur :

- **Le barbeau n°1** : ce poisson est entré par l'entrée 2 et a atteint rapidement le piège (moins de 3min entre l'enregistrement à l'entrée et le piège). Le poisson est resté 4min 47sec dans le piège avant de ressortir (données à l'antenne intermédiaire) pendant 7min. Le poisson sera ensuite enregistré 4min 12sec dans le piège avant d'emprunter la cuve de l'ascenseur.
- **Le barbeau n°2** : ce poisson est entré par l'entrée 2 et a également atteint rapidement le piège (1min entre l'enregistrement à l'entrée et le piège). Le poisson est d'abord entré dans le piège une première fois pendant 2sec (suffisant pour être enregistré 3 fois) avant de ressortir (données à l'antenne intermédiaire) pendant environ 1min. Ce poisson sera ensuite enregistré 1min 49sec dans le piège avant d'emprunter la cuve de l'ascenseur.
- **Le chevesne n°17** : le poisson, entré par l'entrée 1, a été enregistré dans le piège une première fois pendant 44sec avant de ressortir (données à l'antenne E1) pendant 8min. Ce poisson sera à nouveau enregistré quelques secondes dans le piège avant de passer à l'amont de l'ascenseur.
- **Le chevesne n°18** : le poisson, entré par l'entrée 1, a été enregistré une première fois dans le piège pendant 3min 40sec avant de ressortir (données à l'antenne intermédiaire) pendant 1min. Ce poisson sera à nouveau enregistré 05sec dans le piège avant de ressortir (données à l'antenne E1) pendant 1min. Enfin, cet individu réalisera une 3^{ème} et dernière incursion dans le piège (enregistrement durant 1min 23sec par l'antenne piège) avant d'emprunter la cuve de l'ascenseur.

	Code	Espèce	Date + heure détection	Entrée	Hauteur de chute	cycles ASP
1	8000F9EE9A5D14C6	BAF	12/05/2023 09:13	E2	33 cm	30 min
2	8000F9EE941D9341	BAF	10/05/2023 09:18	E2	10 cm	30 min
8	8000F9EE9A5CC620	BRE	21/05/2023 09:13	E1	28 cm	30 min
10	8000F9EE9A5D1411	BRE	22/05/2023 11:57	E1	30 cm	30 min
13	8000F9EE9A5D1343	CHE	22/04/2023 10:02	E2	28 cm	30 min
17	8000F9EE9A5CD319	CHE	14/05/2023 17:34	E1	45 cm	30 min
18	8000F9EE9A5CC610	CHE	25/05/2023 14:26	E1	25 cm	30 min

Tableau 23 : Hauteur de chute enregistrée lors de la dernière incursion avant franchissement et durée de cycle de remontée de l'ascenseur

Les hauteurs de chute enregistrées au niveau des entrées piscicoles empruntées lors de la dernière incursion sont comprises entre 10 et 45 cm et globalement centrées sur 30 cm (Tableau 23). Les 7 poissons passés à l'amont ont tous franchi l'ascenseur alors que les cycles étaient de 30min.

	Code	Espèce	Date	Heure d'incursion	n°entrée pour entrée	Dernière détection piège	Heure de sortie	n°entrée pour sortie	Durée dans l'enceinte de l'ASP	Heures cycles ASP
1	8000F9EE9A5D14C6	BAF	12/04/2023	12:45	2	-	13:05	2	00:20	12:31 / 13:00 / 13:29
	8000F9EE9A5D14C6	BAF	12/05/2023	09:13	2	09:33	-	-	00:20	09:04 / 09:33
2	8000F9EE941D9341	BAF	10/05/2023	09:18	2	09:22	-	-	00:04	08:52 / 9:21
8	8000F9EE9A5CC620	BRE	21/05/2023	09:13	1	09:30	-	-	00:17	09:01 / 09:30
10	8000F9EE9A5D1411	BRE	22/05/2023	11:57	1	12:18	-	-	00:21	11:46 / 12:15 / 12:44
13	8000F9EE9A5D1343	CHE	22/04/2023	10:13	2	10:53	-	-	00:40	09:54 / 10:23 / 10:52
17	8000F9EE9A5CD319	CHE	14/05/2023	17:34	1	17:53	-	-	00:19	17:22 / 17:51
18	8000F9EE9A5CC610	CHE	25/05/2023	07:50	1	-	08:10	1	00:20	07:25 / 07:54 / 08:23
	8000F9EE9A5CC610	CHE	25/05/2023	14:26	1	14:41	-	-	00:15	- / 14:50

Tableau 24 : Détails des incursions dans l'enceinte de l'ascenseur lorsque l'individu a pénétré dans le piège en fonction des cycles de l'ascenseur à poissons

Comme pour les saumons, en plus de la fréquence de fonctionnement de l'ascenseur, il est possible de connaître l'heure réelle de début de chaque cycle et d'associer cette information aux données RFID enregistrées au cours de l'étude (Tableau 24).

En complément du Tableau 22, on observe que le barbeau n°1, lors de sa première exploration de l'ascenseur, a pénétré dans le piège mais entre deux cycles et est ressorti du piège quelques minutes avant le départ du nouveau cycle (sortie à 13h02 et départ de cycle à 13h05). Lors de son retour dans l'enceinte de l'ascenseur, il a été enregistré à 2 reprises dans le piège et la seconde s'est soldée par une capture et un transfert à l'amont (le 12/05/23 à 9h33). Le dernier enregistrement à l'antenne RFID du piège correspond à l'heure de départ du cycle.

Le barbeau n°2 a effectué une seule incursion dans l'enceinte de l'ascenseur, mais 2 incursions dans le piège ont été observées. Ces deux incursions se sont produites entre deux cycles et la seconde s'est conclue par le franchissement du poisson. On note 1min de décalage entre le départ du cycle et le dernier enregistrement RFID connu.

Comme vu précédemment, la brème n°8 a effectué trois incursions dans l'enceinte de l'ascenseur et la dernière (durée de 17min) a donné lieu à une seule incursion dans le piège (durée 15min). Au terme de cette phase de présence significative, l'individu a été piégé et transféré à l'amont de l'ascenseur.

Pour la brème n°10, sur 4 visites dans l'enceinte de l'ASP, seule la dernière (durée 21min) a engendré une incursion dans le piège (durée < 1min). L'horaire du dernier enregistrement RFID dans le piège intervient 3min après le départ du cycle de 12h15. Etant donné qu'il n'y a aucune détection sur les antennes aval et qu'aucun décalage des horloges des enregistreurs n'a été constaté, une hypothèse pourrait être que ce poisson soit resté dans la zone du piège jusqu'au cycle suivant de 12h44, en se faisant détecter seulement pendant 0min44sec par l'antenne piège.

Le chevesne n°13 a réalisé 2 explorations de l'enceinte de l'ascenseur. Lors de la seconde incursion, ce poisson est entré dans le piège 32min après son passage à l'entrée 2. Il y a donc eu un cycle entre l'entrée du poisson dans l'enceinte et son entrée dans le piège. Puis ce poisson a été enregistré 8min dans le piège avant un départ de cycle et le passage à l'amont du poisson. Comme pour le barbeau n°2, on note également 1min de décalage entre le départ du cycle et le dernier enregistrement RFID connu.

Le chevesne n°17 a effectué une seule incursion dans l'enceinte de l'ascenseur par l'entrée 1, mais 2 incursions dans le piège ont été observées, espacées de 8min. Ces deux incursions ont été effectuées entre deux cycles de l'ascenseur et la seconde s'est conclue par le franchissement du poisson. Pour cet individu, le dernier enregistrement RFID dans le piège (17h53) intervient 2min après le départ d'un cycle (17h51).

Le chevesne n°18 a été enregistré 3 fois dans l'enceinte de l'ascenseur. La première incursion (via l'entrée 1) a eu lieu quelques minutes avant le départ d'un cycle mais le poisson

n'est pas entré dans le piège avant ce départ (8h54). Il a pénétré dans le piège 4min après le départ de cycle et est ressorti quelques secondes après. Dix minutes plus tard, ce poisson est entré à nouveau dans le piège, cette fois pendant environ 3min30 avant de ressortir du piège et de l'enceinte par l'entrée 1. Une heure plus tard, le poisson refait une incursion par l'entrée 1 mais sans entrer dans le piège et ressort immédiatement. Ce poisson se représente à nouveau à l'entrée 1 au bout de 5h. Cette fois, il pénètre dans le piège 6min après son entrée dans l'enceinte et ressort du piège après 3min40. Après 1min, le poisson refait une incursion dans le piège de quelques secondes. Enfin, 2 min plus tard, le poisson entre une 3^{ème} et dernière fois dans le piège et passera à l'amont pendant le cycle de 14h50, soit 11min après son entrée dans le piège.

Ce qu'il faut retenir des détections d'espèces holobiotiques à l'ascenseur

- **18 individus holobiotiques** sur 38 marqués ont été enregistrés au moins à une des deux entrées de l'ascenseur (soit 47 %). Il s'agit de 3 BAF, 9 BRE et 6 CHE.
- **59 % des présentations** au niveau de l'ascenseur ont été réalisées avec **uniquement l'entrée 1 ouverte**, ce qui signifie que le G3 de l'usine fonctionnait à plus de 50 % de sa capacité de turbinage. Parmi les 18 poissons détectés, 5 ont été détectés uniquement à l'antenne de l'entrée 1 (28 %), 1 seul uniquement à l'entrée 2 (5 %) et 12 ont été détectés aux antennes des 2 entrées (67 %).
- Sur ces 18 poissons, **7 ont été détectés dans le bassin de stabulation de l'ascenseur et ont finalement été piégés** (39 % des poissons détectés aux entrées et un taux de franchissement de 18 % par rapport au lot de poissons marqués), donc tous les poissons détectés au niveau du piège ont franchi l'ascenseur. Il s'agit de 2 BAF, 2 BRE et 3 CHE.
- Pour les poissons ayant franchi l'ascenseur, la dernière entrée fréquentée avant franchissement est **majoritairement l'entrée 1** (5 sur 7 soit 71 %).
- Les différents poissons suivis ont réalisé **entre 1 incursion et 20 incursions dans l'enceinte** de l'ascenseur et les poissons ayant réussi leur franchissement ont, au maximum, réalisé 4 incursions différentes.
- Parmi les 7 poissons piégés, **2 ont validé leur franchissement après une seule et unique incursion** dans l'enceinte de l'ASP. Les 5 autres individus ont réalisé plusieurs tentatives d'incursions dans l'enceinte de l'ASP. Ces tentatives sont parfois rapprochées (ex : 2 incursion espacées d'1h environ) et parfois éloignées dans le temps (2 incursions espacées d'1 mois).
- Les hauteurs de chute enregistrées au niveau des entrées piscicoles empruntées lors de la dernière incursion sont comprises entre 10 et 45 cm et **globalement centrées sur 30 cm.**
- Les 20 poissons qui n'ont pas été enregistrés pendant le suivi 2023 pourront éventuellement être détectés lors des prochains suivis, car les installations restent en place.

9. CONCLUSION / PERSPECTIVES

L'année 2023 se caractérise par la faiblesse des effectifs de salmonidés contrôlés à la station de Golfech : seulement 14 individus, soit le plus faible résultat depuis la mise en place de la station de contrôle au début des années 90. Ce faible taux de contrôle a donc impacté l'étude puisque seulement 6 saumons ont pu être piégés et marqués pour le suivi. Ces 6 individus ont tous été lâchés en aval de Golfech, au niveau de Lamagistère.

Franchissement de l'ouvrage de Golfech :

Sur les 6 saumons lâchés, seuls 5 ont été enregistrés à l'aval de l'usine et aux abords de l'ouvrage de franchissement. Parmi ces 5 individus, seulement 2 sont parvenus à entrer dans le dispositif de franchissement (par l'entrée 2) et ils se sont fait capturer par le piège de l'ascenseur. **Ainsi en 2023, l'attractivité de l'ascenseur à poissons pour le saumon peut être évaluée à 40 % (2/5), l'efficacité de piégeage à 100 % (2/2) et sa franchissabilité à 50 % (1/2). L'efficacité globale est donc de 20 % (1/5) mais ces chiffres restent bien évidemment à relativiser compte-tenu du très faible nombre d'individus considérés.** Pour rappel, en 2022, l'attractivité a été évaluée à 83 % (10/12) et la franchissabilité à 50 % (5/10), pour une efficacité globale de 42 % (5/12).

La nouvelle donnée observée dans le cadre de ce suivi concerne l'échec de franchissement du saumon sorti de la cuve de l'ascenseur et mort sous celle-ci. L'absence de brosses dans les angles de la cuve pourrait être la cause de cet échec. Cet événement fait partie des différents impacts liés au franchissement de ce type d'ouvrage. Mis en évidence sur un saumon marqué, il reste malheureusement impossible à quantifier sur l'ensemble du contingent migrant. Néanmoins, **il apparaît souhaitable qu'une amélioration de la configuration des brosses entourant la cuve soit rapidement envisagée par l'exploitant.**

Pour tenter d'acquérir des connaissances complémentaires, un suivi d'espèces holobiotiques marquées a été mené en parallèle en 2023. Pour cela, 38 individus ont été équipés de marques RFID (aucun marquage radio comme initialement prévu) : il s'agit de 7 barbeaux fluviaux, 15 brêmes communes et de 16 chevesnes. Les marquages se sont déroulés entre les mois d'avril et de mai, comme pour les saumons. Par contre, tous les holobiotiques marqués ont été lâchés en rive droite directement en aval de l'ascenseur.

Sur ces 38 individus lâchés, 18 sont parvenus à entrer dans le dispositif de franchissement et seuls 7 sont parvenus à le franchir. **Ainsi en 2023, l'attractivité de l'ascenseur à poissons pour ces espèces holobiotiques peut être évaluée à 47 % (18/38) et sa franchissabilité de 39 % (7/18). L'efficacité globale est donc de 18,5 % (7/38) mais ces chiffres restent à relativiser compte-tenu du faible nombre d'individus considérés.**

Malgré les faibles échantillons de saumons et d'holobiotiques marqués en 2023, des similitudes semblent apparaître dans le comportement des individus au droit des entrées et dans l'enceinte de l'ascenseur.

➡ Concernant l'ouverture séquentielle des deux entrées, le suivi a montré que :

- Chaque entrée a été exploitée au moment de son ouverture par les individus marqués présents sur zone,
- Ces ouvertures séquentielles ont évité des entrées-sorties par des entrées différentes sans visite du piège, comme constaté dans les précédents suivis (entrée E1 => sortie E2 ou entrée E2 => sortie E1),
- Des ressorties de l'enceinte de l'ASP (avec ou sans visite du piège) sont toutefois encore constatées, mais par la même entrée.

- Concernant les individus détectés dans le piège, seuls ceux ayant franchi l'ascenseur ont été enregistrés comme pénétrant dans le piège (2/2 pour les saumons et 7/7 pour les holobiotiques), que ce soit après une ou plusieurs tentatives.
- Concernant les individus ayant pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur mais n'ayant pas été détectés dans le piège, seuls certains individus d'holobiotiques sont concernés puisque pour les saumons, seuls les deux saumons ayant été enregistrés dans le piège de l'ascenseur ont pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur.

Devenir des individus ayant franchi l'ouvrage de Golfech :

En ce qui concerne le devenir des 2 saumons capturés par le piège de l'ascenseur, un seul a atteint le canal de transfert en amont de l'ascenseur. Après sa sortie du canal de transfert, il est arrivé au Bazacle après 15 jours de temps de transfert et est resté moins de 72h en aval de l'ouvrage avant de le franchir. Malgré la poursuite de sa migration vers l'ouvrage suivant du Ramier, ce poisson n'a plus été retrouvé après le 30 avril.

En ce qui concerne le devenir du saumon qui a franchi le TCC et le barrage de Malause par la rivière de contournement, il a continué de progresser vers l'amont (enregistrement à la station de Belleperche) mais il n'est jamais arrivé au Bazacle.

Enfin, parmi les holobiotiques ayant franchi l'ascenseur, 1 brème a été détectée au niveau de l'ouvrage du Bazacle, 35 jours après son franchissement de Golfech.

Le principal objectif pour le suivi 2024 sera donc de poursuivre le marquage de salmonidés et d'espèces holobiotiques afin d'augmenter le jeu de données disponibles après les modifications de gestion de l'ASP de Golfech réalisées en début d'année 2023. Et ce d'autant plus qu'elles doivent être complétées avant le début de la saison 2024, avec notamment : une modification du barreaudage des portes et des grilles d'injection du débit et une amélioration des écoulements par déplacement/modification de la passe à anguilles.

10. BIBLIOGRAPHIE

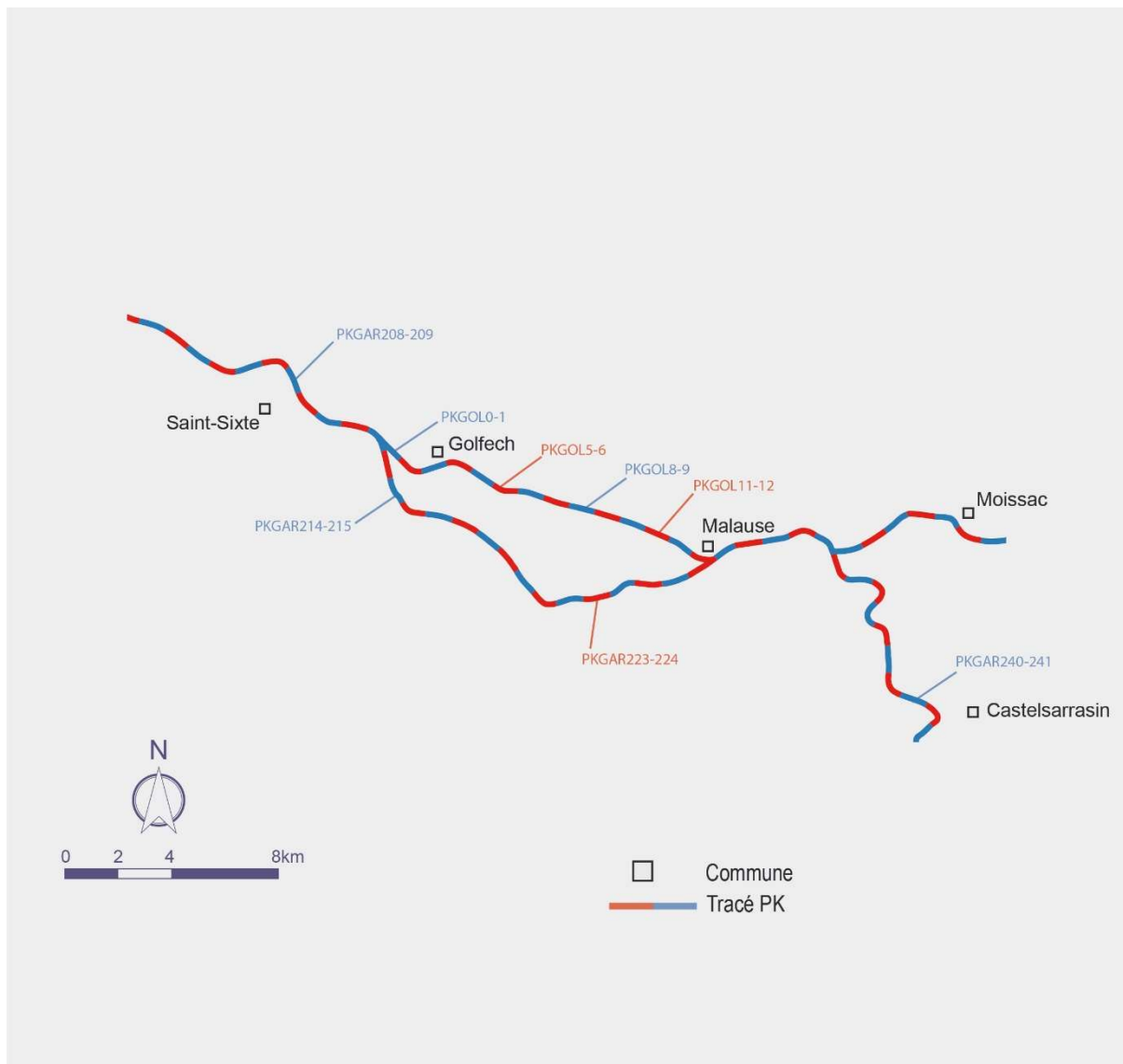
- BARAS E., 2001**, Manuel de Biotélémétrie Aquatique.
- BARAS E. and CHERRY B., 1990**. Seasonal activities of female *Barbus barbus* (L.) in the river Ourthe (Southern Belgium), as revealed by radio tracking. *Aquatic Living Ressources*, 3, 283-294.
- BARAS E. et LAGARDERE J.P., 1995**. Fish telemetry in aquaculture : review and perspectives. *Aquaculture International*, 3, 77-102.
- BAU F. et CROZE O., 2008**. Montaison du saumon atlantique en Garonne – Bilan du radiopistage 2002-2006. Rapport GHAAPPE RA.08.02.
- BELAUD A. & LABAT R., 1992**. Etudes ichtyologiques préalables à la conception d'un ascenseur à poissons à Golfech (Garonne, France). *Hydroécologie appliquée*, 4(1), 65-89.
- BOUYSSONNIE W., CARRY L., GRACIA S. et MENCHI O., 2021**. Etude des rythmes de migration au niveau des stations de contrôle de Golfach, du Bazacle et de Carbonne et de la reproduction de la grande Alose sur la Garonne en aval de Golfech – Année 2020.
- BROWN R.S., OLDENBURG E.W., SEABURG A.G., COOK K.V., SKALSKI J.R., EPPARD M. & DETERS K.A., 2013**. Survival of seaward-migrating PIT and acoustic-tagged juvenile Chinook salmon in the Snake and Columbia Rivers: an evaluation of length-specific tagging effects. *Animal Biotelem*, 1:8.
- CARRY L., DELPEYROUX J.M. et BOSCH S., 2015**. Etude des rythmes de migration des espèces amphibiotes et holobiotiques de la Garonne au niveau de la station de contrôle de Golfech au cours de l'année 2014. MI.GA.DO. 22G-15-RT.
- CARRY L., BOUYSSONNIE W., TARDIEU P. et OTALORA B., 2019**. Etude des rythmes de migration au niveau de la station de contrôle de Golfech et de la reproduction de la grande alose sur la Garonne – Année 2018.
- CARRY L., BOUYSSONNIE W., TARDIEU P. et OTALORA B., 2020**. Etude des rythmes de migration au niveau des stations de contrôle de Golfech, du Bazacle et de Carbonne et de la reproduction de la grande alose sur la Garonne en aval de Golfech – Année 2019.
- COURRET D., TOMANOVA S., CARRY L. & BOSCH S., 2020**. Bilan des connaissances sur l'efficacité des dispositifs de franchissements de Golfech, du Bazacle et du Ramier sur la Garonne pour le saumon atlantique et sur le taux de transfert entre Golfech et le Bazacle, 42p.
- COURRET D., RICHARD S., MATAIX V., ROY R., LAGARRIGUE T., CARRY L., GRACIA S. & TRAVADE F., 2023**. Proposition de nouvelles consignes de gestion de l'ascenseur à poissons de Golfech pour en améliorer le fonctionnement, 33p.
- COURRET et al, 2023**. Proposition de nouvelles consignes de gestion de l'ascenseur à poissons de Golfech pour en améliorer l'efficacité. Note OFB/EDF/MIGADO/ECOGEA.
- CROZE O., 2008**. Impact des seuils et barrages sur la migration anadrome du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) : caractérisation et modélisation des processus de franchissement. *PhD, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2008*.
- CROZE O., BAU F. et DELMOULY L., 2008**. Efficiency of a fish lift for returning Atlantic salmon at a large-scale hydroelectric complex in France. *Fisheries Management and Ecology*, 2008, 15, 467–476.
- DARTIGUELONGUE J., 2019**. Contrôle du fonctionnement des passes à poissons installées du Bazacle en 2018. Suivi de l'activité ichtyologique. Rapport SCEA pour MIGADO.
- ECOGEA, 2013**. Ascenseur à poissons de Golfech. Réglages de l'ascenseur avec fonctionnement de la deuxième entrée. Note suite aux visites du 25/03/2011, 12/07/2011, 21/03/2013 et 22/08/2013. Note pour E.D.F. – C.I.H.
- ECOGEA pour MIGADO, 2021**. Etude des conditions de migration du saumon atlantique sur la Garonne. Habitats du tronçon de la Garonne entre la retenue de Malause et l'ouvrage du Bazacle. Rapport ECOGEA R200352.
- FREY A. et LAGARRIGUE T., 2020**. Suivi de la dévalaison de l'anguille argentée au niveau de l'aménagement hydroélectrique E.D.F. de Golfech. Résultats de l'hiver 2019-2020. Rapport ECOGEA pour E.D.F.
- FREY A. et LAGARRIGUE T., 2021**. Suivi de la dévalaison de l'anguille argentée au niveau de l'aménagement hydroélectrique E.D.F. de Golfech. Résultats de l'hiver 2020-2021. Rapport ECOGEA pour E.D.F.
- FREY A. et LAGARRIGUE T., 2022**. Suivi de la dévalaison de l'anguille argentée au niveau de l'aménagement hydroélectrique E.D.F. de Golfech. Résultats de l'hiver 2021-2022. Rapport ECOGEA pour E.D.F.
- GOSSET, LARINIER, PORCHER, TRAVADE., 1999**. « Passes à poissons : Expertise, conception des ouvrages de franchissement » - Edition Mise au point, 336 pages.

- LARINIER M. et LAGARRIGUE T., 2018.** Synthèse des Tests d'évaluation des dommages subis par les espèces piscicoles en dévalaison lors de leur transit à travers le groupe turbogénérateur VLH. Rapport d'expertise.
- PREFECTURE DE LA HAUTE-GARONNE, 2010.** Arrêté accordant à la ville de Toulouse l'exploitation de la chute du Ramier du Château pour l'installation et le fonctionnement des usines hydroélectriques sur la Garonne. N°59, 01/10/2007.
- SAGA, 2000.** Saumon Atlantique Garonne Ariège. La Reconquête du haut bassin de la Garonne.
- SMITH R.J.F., 1985.** The control of fish migration. Zoophysiology vol. 17, Springer-Verlag, 243 p.
- TRAVADE F., LARINIER M., TRIVELLATO D. & DARTIGUELONGUE J., 1992,** Conception d'un ascenseur à poissons adapté à l'alose (*Alosa alosa*) sur un grand cours d'eau : l'ascenseur de Golfech sur la Garonne, *Hydroécologie appliquée*, **4(1)**, 91-119.
- IUCN France, MNHN, SFI, ONEMA, 2010.** La Liste rouge des espèces menacées en France. Poissons d'eau douce de France métropolitaine. IUCN France, MNHN : Muséum national d'Histoire naturelle, SFI : Société française d'ichtyologie, ONEMA : Office national de l'eau et des milieux aquatiques, Paris.
- WEBBER D., 2009.** VEMCO, Télémétrie acoustique. Nouveau guide de l'utilisateur, Amirix Systems INC & AnHydre pour la traduction, 26p.
- WINTER J.D., 1983.** Underwater biotelemetry. *Fisheries techniques, American Fisheries Society, Bethesda*, 371-395.

11. ANNEXES

N°	Site	Technologie	Localisation	Antenne	Nom antenne	Modèle	PK	Remarque
1	Aval secteur suivi	Radio	quai Couthures sur G.	COUTHURES	-	R4500C	113	Antenne boucle
2	St Nicolas de la B.	Radio	Jardin particulier RG	ST NICO	-	R4500C	205.8	Antenne boucle
3	Aval Asp	Radio	Aval ASP	Générale aval	GOLGENE	R4500C	215	Antenne boucle
4	Aval Asp	Radio	Aval ASP	Entrée 1 ASP	GOLE1	R4500C	215.2	Brin
5	Aval Asp	Radio	Aval ASP	Entrée 2 ASP	GOLE2	R4500C	215.2	Brin
6	Aval Asp	RFID	Aval ASP	Entrée 1 ASP	GO10000	Damona 1.0	215.2	Cadre bois
7	Aval Asp	RFID	Aval ASP	Entrée 2 ASP	GO20000	Damona 1.0	215.2	Cadre bois
8	Aval Asp	RFID	Aval ASP	Interséction E1 - E2	GO12000	Damona 1.0	215.2	Cadre bois
9	Aval Asp	RFID	Aval ASP	Piège	GO12300	Damona 1.0	215.2	antenne à plat
10	Aval Asp	Radio	Aval ASP	Nasse piège ASP	GOLASP	R4500C	215.25	Brin
11	Aval Asp	Radio	Aval ASP	Cuve ASP	GOLPIEGE	R4500C	215.25	Brin
12	Canal de transfert	Radio	amont ASP	sortie canal transfert / v	GOL2200	R4500C	215.5	Brin
13	TCC	Radio	aval Seuil 5	Seuil5	TCC	R4500C	214	Antenne boucle
14	TCC	Radio	Barrage RD	aval Barrage RD	MALBARRD	R4500C	227.7	Antenne boucle
15	TCC	Radio	Barrage RG	aval Barrage RG	MALBARRG	R4500C	227.7	Antenne boucle
16	Malause	Radio	Malause Rivière	Aval Rivière	MALPASSAVAL	R4500C	277.7	Brin
17	Malause	Radio	Malause Rivière	Amont Rivière	MALPASSAMO	R4500C	277.9	Antenne boucle
18	Saint Livrade	Radio	Usine Sainte Livrade	Aval Sainte Livrade	STLIV	R4500C	-	Antenne boucle
19	Garonne amont	Radio	Abbaye de Belleperche	BELLEPERCHE	BELLEPERCHE	R4500C	249.3	Antenne boucle
20	Grenade sur G.	Radio	Mise à l'eau RG	GRENADE	GRENADE	R4500C	285.5	Antenne boucle
21	Bazacle	Radio	Aval Bazacle	Générale aval	BAZGENE	R4500C	313.4	Antenne boucle
22	Bazacle	Radio	Aval Bazacle	entrée extérieur	BAZAV	R4500C	313.6	Brin
23	Bazacle	Radio	Aval Bazacle	aval bassins	BAZENT	R4500C	313.6	Brin
24	Bazacle	Radio	Aval Bazacle	amont vitre	BAZAMO	R4500C	313.6	Brin
25	Bazacle	RFID	Aval Bazacle	Entrée PAP	BAZ10000	Damona 2.0 (usb)	313.6	Cadre bois
26	Bazacle	RFID	Aval Bazacle	1ère fente	BAZ20000	Damona 2.0 (usb)	313.6	Cadre bois
27	Ramier	Radio	Passé à poissons	Aval passé à poissons	RAMAVAL	R4500C	315.3	Antenne boucle
28	Ramier	Radio	Passé à poissons	Dernier bassin PAP	RAMAMO	R4500C	315.3	Brin
29	IMFT Toulouse	Radio	Terrasse IMFT	Bras supérieur Garonne	IMFT	R4500C	315.6	Antenne boucle
30	Cavaletade	Radio	Passé à poissons	Aval passé à poissons	CAVAVAL	R4500C	319.5	Antenne boucle
31	Cavaletade	Radio	Passé à poissons	Dernier bassin PAP	CAVAMONT	R4500C	319.6	Brin
32	Carbonne	Radio	Usine	Aval Usine	CARB	R4500C	363.5	Antenne boucle

Annexe A : Descriptif global des stations d'enregistrement (Radio/RFID)



Annexe B : Zoom sur l'appellation des PK au niveau du secteur de Golfech (PK_GAR et PK_GOL)

Suivi par télémétrie de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne entre l'aval de l'aménagement hydroélectrique de Golfech et l'amont de l'aménagement du Bazacle.

N° poisson	Date	Espèce	Code RFID	Date heure lâcher	Taille	Lieu de lâcher
1	11/04/2023	BAF	8000F9EE9A5CDC78	11/04/2023 15:30	550	aval ASP
2	11/04/2023	BAF	8000F9EE9A5D094A	11/04/2023 15:30	550	aval ASP
3	11/04/2023	BAF	8000F9EE9A5D14C6	11/04/2023 15:30	490	aval ASP
4	11/04/2023	BAF	8000F9EE941D9341	11/04/2023 15:45	595	aval ASP
5	10/05/2023	BAF	8000F9EE941A7585	10/05/2023 15:30	550	aval ASP
6	10/05/2023	BAF	8000F9EE9A5D094B	10/05/2023 15:30	575	aval ASP
7	10/05/2023	BAF	8000F9EE9A5CDA21	10/05/2023 15:30	582	aval ASP
8	11/04/2023	BRE	8000F9EE9A5D01A0	11/04/2023 15:30	420	aval ASP
9	11/04/2023	BRE	8000F9EE9A5CD1C1	11/04/2023 15:45	400	aval ASP
10	11/04/2023	BRE	8000F9EE9A5CED38	11/04/2023 15:45	460	aval ASP
11	09/05/2023	BRE	8000F9EE9A5D1AF0	09/05/2023 16:50	400	aval ASP
12	09/05/2023	BRE	8000F9EE9A5D1287	09/05/2023 16:50	410	aval ASP
13	09/05/2023	BRE	8000F9EE9A5D1411	09/05/2023 16:50	390	aval ASP
14	09/05/2023	BRE	8000F9EE9A5CC620	09/05/2023 16:50	430	aval ASP
15	09/05/2023	BRE	8000F9EE941D9435	09/05/2023 16:50	390	aval ASP
16	09/05/2023	BRE	8000F9EE9A5CD002	09/05/2023 16:50	400	aval ASP
17	09/05/2023	BRE	8000F9EE9A5D0270	09/05/2023 16:50	420	aval ASP
18	10/05/2023	BRE	8000F9EE9A5CF68B	10/05/2023 15:30	422	aval ASP
19	23/05/2023	BRE	8000F9EE9A5CB683	23/05/2023 16:30	420	aval ASP
20	23/05/2023	BRE	8000F9EE9A5CDEFB	23/05/2023 16:30	375	aval ASP
21	23/05/2023	BRE	8000F9EE9A5CD761	23/05/2023 16:30	340	aval ASP
22	24/05/2023	BRE	8000F9EE9A5CF042	24/05/2023 15:30	445	aval ASP
23	11/04/2023	CHE	8000F9EE9A5CF08B	11/04/2023 15:45	315	aval ASP
24	11/04/2023	CHE	8000F9EE9A5D1343	11/04/2023 15:45	355	aval ASP
25	27/04/2023	CHE	8000F9EE9A5D0412	27/04/2023 12:00	420	aval ASP
26	27/04/2023	CHE	8000F9EE9A5D1538	27/04/2023 12:00	350	aval ASP
27	27/04/2023	CHE	8000F9EE9A5CE6C8	27/04/2023 12:00	340	aval ASP
28	27/04/2023	CHE	8000F9EE9A5CB96E	27/04/2023 12:00	310	aval ASP
29	09/05/2023	CHE	8000F9EE941A7569	09/05/2023 16:50	330	aval ASP
30	09/05/2023	CHE	8000F9EE9A5CD319	09/05/2023 16:50	350	aval ASP
31	10/05/2023	CHE	8000F9EE9A5CBA79	10/05/2023 15:30	436	aval ASP
32	23/05/2023	CHE	8000F9EE9A5CC610	23/05/2023 16:30	360	aval ASP
33	23/05/2023	CHE	8000F9EE9A5CF57D	23/05/2023 16:30	350	aval ASP
34	23/05/2023	CHE	8000F9EE9A5CE246	23/05/2023 16:30	360	aval ASP
35	23/05/2023	CHE	8000F9EE9A5CCAF7	23/05/2023 16:30	370	aval ASP
36	23/05/2023	CHE	8000F9EE9A5D077A	23/05/2023 16:30	340	aval ASP
37	24/05/2023	CHE	8000F9EE9A5CFCE2	24/05/2023 15:30	390	aval ASP
38	24/05/2023	CHE	8000F9EE9A5CE1BC	24/05/2023 15:30	388	aval ASP

Annexe C : Synthèse des poissons holobiotiques piégés et marqués à Golfech au cours du suivi 2023

Opération financée par :



Autre partenaire :



Association MIGADO

18 ter rue de la Garonne - 47520 LE PASSAGE D'AGEN - Tel : 05 53 87 72 42

www.migado.fr -    

Les données figurant dans ce document ne pourront être exploitées de quelque manière que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable de MI.GA.DO. et de ses partenaires financiers.