

Etude des conditions de migration des saumons atlantiques sur- la Garonne entre l'aval de Golfech et l'amont du Bazacle (FVESG25)

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



M I G A D O

SOMMAIRE :

1. CONTEXTE.....	1
1.1. Volet saumon atlantique.....	2
1.2. Volet espèces holobiotiques	4
2. OBJECTIFS.....	5
3. PRESENTATION RESUMEE DU SECTEUR D'ETUDE	6
3.1. Le bassin de la Garonne	6
3.2. L'aménagement hydroélectrique de Malause-Golfech	6
3.2.1. Dispositifs de franchissement du complexe Malause-Golfech.....	7
3.2.1.1. Ascenseur à poissons.....	7
3.2.1.2. La rivière de contournement de Malause.....	8
3.3. Aménagements hydroélectriques du secteur de Toulouse	9
3.3.1. Chaussée du Bazacle (RD+RG)	9
3.3.1.1. Passes à poissons	10
3.3.2. Aménagement hydroélectrique du Ramier	10
3.3.2.1. Passes à poissons	11
3.3.3. Aménagement hydroélectrique de la Cavaletade	11
3.3.3.1. Passes à poissons	11
4. MATERIEL ET METHODE	12
4.1. Les périodes de suivis	12
4.1.1. Modalités de marquage, de stabulation et de lâcher	12
4.1.1.1. Anesthésie	13
4.1.1.2. Marquage	13
4.2. Suivi des poissons à l'aide de la technique de télémétrie acoustique.....	14
4.2.1. Matériel utilisé	14
4.2.1.1. Emetteurs	14
4.2.1.2. Hydrophones.....	15
4.3. Suivi des déplacements de poissons à l'aide de la technique de radiotélémétrie	15
4.3.1. Matériel utilisé	16
4.3.1.1. Emetteurs	16
4.3.1.2. Stations d'enregistrement.....	16
4.4. Suivi des déplacements de poissons à l'aide de la technologie RFID	16
4.5. Equipement des sites	17
4.6. Suivi mobile des déplacements de poissons	17
5. CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE L'ETUDE	18
5.1. Débits de la Garonne	18
5.2. Analyse des années suivies par rapport aux chroniques historiques	19

5.3. Température de l'eau.....	21
5.4. Fonctionnement de l'ouvrage hydroélectrique de Golfech.....	21
6. RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI DES SAUMONS PAR TELEMETRIE	24
6.1. Variations de protocole.....	24
6.1.1. Nombre de poissons marqués et périodes de marquage	24
6.1.2. Types de marquages effectués.....	24
6.1.3. Lieux de Lâcher	25
6.2. Devenir des saumons marqués en aval de l'ascenseur.....	26
6.3. Comportement des saumons au niveau du complexe Golfech-Malause.....	28
6.3.1. Retour en aval de l'ascenseur à poissons	28
6.3.2. Délais de retour et temps de blocage.....	29
6.3.3. Détections au niveau des 2 entrées de l'ASP.....	30
6.3.4. Comportement des saumons dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons	33
6.4. Résultats d'efficacité.....	35
6.5. Incursions dans le tronçon court-circuité.....	36
6.5.1. Bilan à la station de contrôle de Malause	36
6.5.2. Equipement du TCC pour le suivi télémétrique.....	36
6.6. Devenir des poissons suivis en amont de l'ASP.....	41
6.6.1. Canal de transfert	41
6.6.2. Canal d'amenée de Golfech.....	41
6.6.2.1. Nombre de sorties du canal d'amenée.....	41
6.6.2.2. Influence des paramètres environnementaux sur la montaison dans le canal d'amenée.....	42
6.7. Comportement des saumons entre Malause et Toulouse.....	44
6.7.1. Poissons ayant atteint l'aménagement du Bazacle	44
6.7.2. Poissons avec arrêt en cours de migration ou ayant dévalé après un épisode de montaison.....	44
6.8. Comportement au niveau de l'aménagement du Bazacle	46
6.8.1. Poissons n'ayant pas franchi l'aménagement du Bazacle.....	46
6.8.2. Poissons ayant franchi l'aménagement du Bazacle	47
6.8.3. Analyse des conditions de franchissement du Bazacle.....	48
6.9. Devenir des saumons en amont du Bazacle	51
6.9.1. Dévalaison après succès de franchissement	51
6.9.2. Blocage à l'ouvrage suivant.....	51
6.9.3. Choix de l'axe Garonne	51
6.9.4. Choix de l'axe Ariège.....	52
7. SYNTHESE SUR L'IMPACT DES SILURES.....	54
7.1. Répartition des prédatons en fonction du comportement des saumons.....	55
7.1.1. Analyse en aval du complexe Malause/Golfech.....	55
7.1.2. Analyse sur le tronçon de Garonne libre (amont Golfech – aval Toulouse)	56
7.1.3. Analyse en aval proche de l'aménagement du Bazacle	57
7.2. Délais de prédation après marquage des saumons.....	57

8. RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI D'ESPECES HOLOBIOTIQUES	60
8.1. Contexte et marquage	60
8.2. Retours aux entrées de l'ascenseur de Golfech.....	60
8.2.1. Fonctionnement des entrées et période de détection	60
8.2.2. Analyse des retours.....	61
8.3. Accès à la nasse de piégeage	62
8.4. Devenir dans la nasse.....	63
8.5. Sortie du canal de transfert et marquage amont	65
8.6. Transfert vers le Bazacle	66
8.7. Comportement dans la passe à bassin	68
8.8. Bilan des suivis d'espèce holobiotiques au niveau des ouvrages de la Garonne.....	69
8.8.1. Golfech	69
8.8.2. Le Bazacle	70
9. DISCUSSION	71
9.1. Aval complexe Golfech-Malause	71
9.2. Tronçon court-circuité.....	73
9.3. Amont du complexe Golech-Malause et taux de transfert jusqu'à toulouse.....	73
9.4. Franchissement du Bazacle	77
9.5. Prédation	78
9.6. Holobiotiques.....	79
10. BILAN / CONCLUSION	81
11. BIBLIOGRAPHIE	84
12. ANNEXES	88

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'étude : Malause-Golfech.....	7
Figure 2 : Vues aériennes de l'usine hydroélectrique de Golfech et du dispositif d'ascenseur à poissons. (Source COURRET et al., 2023).....	8
Figure 3 : Schéma de la partie basse de l'ascenseur de Golfech et de son fonctionnement (modifié d'après TRAVADE et al., 1992)	8
Figure 4 : Dispositif de franchissement mis en place au barrage de Malause (source : EDF) 9	
Figure 5 : Schéma d'implantation de la passe à bassins et de la passe à ralentisseurs du Bazacle (d'après DARTIGUELONGUE, 2019)	10
Figure 6 : Débits moyens mensuels de la Garonne à Lamagistère (chronique de 1966 à 2024)	18
Figure 7 : Débits classés de la Garonne à Lamagistère pendant la période d'étude	19
Figure 8 : Comparaison des débits de la Garonne à Lamagistère depuis 1967	20
Figure 9 : Thermie de la Garonne au cours du premier semestre des années 2020 à 2024... 21	
Figure 10 : Fréquence cumulée des débits journaliers turbinés à Golfech.....	21
Figure 11 : Synthèse de la fréquence cumulée des débits journaliers turbinés à Golfech.....	21
Figure 12 : Répartition des configurations d'usine à Golfech en fonction du nombre de groupes en fonctionnement.....	22
Figure 13 : Répartition annuelle du nombre de poissons suivis ayant réalisé un retour au pied de l'ascenseur comparé au nombre de poissons suivis ayant franchi l'ascenseur de Golfech 27	
Figure 14 : Rappel de la zone GOLGENE étudiée dans les paragraphes 6.3.1	28
Figure 15 : Détails des délais de retour après marquage et des temps de blocage des saumons suivis en aval de l'ouvrage de Golfech en fonction du succès ou de l'échec de franchissement.....	29
Figure 16 : Rappel de la zone GOLE1 et GOLE2	30
Figure 17 : Comparaison du nombre de détections au niveau de l'entrée 2 de l'ascenseur par rapport au nombre de poissons suivis présents dans le canal de fuite et en fonction du taux d'utilisation du groupe 3 de l'usine en 2021 et 2022	31
Figure 18 : Rappel des zones de détections dans l'enceinte de l'ASP : zone radio (GOLPIEGE) et zones RFID (GO10000, GO20000, GO12000 et GO12300) étudiées dans le paragraphe 6.3.4.....	33
Figure 19 : Délais d'arrivée des saumons dans le tronçon court-circuité au pied du seuil 5. 38	
Figure 20 : Rapport entre le débit du tronçon court-circuité et le débit du canal de fuite lors de la présence des poissons suivis en aval du seuil 5.....	40
Figure 21 : Temps de parcours dans le canal d'aménée en fonction du débit turbiné	42
Figure 22 : Répartition des temps de transfert entre la sortie du canal d'aménée à Malause et l'arrivée à l'aval du Bazacle pour les poissons suivis ayant atteint cet ouvrage	44
Figure 23 : Comparaison des temps de présence des saumons enregistrés en aval de l'aménagement du Bazacle en fonction du succès ou non de franchissement	49

Figure 24 : Arrivées et passages des saumons atlantique au Bazacle par gamme de débit (station Portet/Garonne)	50
Figure 25 : Détails du devenir des 57 saumons équipés de marque prédation acoustique.	54
Figure 26 : Analyses et devenirs des individus équipés de tag prédation en aval du complexe Malause/Golfech.....	55
Figure 27 : Analyses et devenirs des individus équipés de tag prédation sur le tronçon de Garonne libre entre l'amont de Golfech et l'aval de Toulouse.	56
Figure 28 : Répartition des délais de prédation des saumons suivis prédatés en fonction de leur comportement : après lâcher (en bleu) ou après première détection à l'ASP (en vert)	58
Figure 29 : Répartition mensuelle de l'ouverture des entrées de l'ascenseur à poissons de Golfech en 2023, 2024 et sur l'ensemble des 2 années.....	60
Figure 30 : Fréquence des détections d'holobiotiques dans l'enceinte de l'ascenseur	61
Figure 31 : Répartition des délais de retour (en jours) des poissons holobiotiques marqués à l'ascenseur à poissons de Golfech.....	62
Figure 32 : Répartition des durées de détection dans la nasse de piégeage de l'ascenseur par espèce et en fonction du succès ou de l'échec de franchissement.....	65
Figure 33 : Répartition des temps de transfert entre la sortie du canal de transfert de Golfech et l'arrivée à l'aval du Bazacle pour les poissons suivis ayant atteint cet ouvrage	67
Figure 34 : Rappel des zones de détections au niveau de l'aménagement du Bazacle : zones RFID (BA10000, BA20000 et BA3000) étudiées dans le paragraphe 0	68
Figure 35 : Bilan des suivis d'espèces holobiotiques au niveau de l'ouvrage de Golfech (compilation suivis 2023 et 2024)	69
Figure 36 : Bilan des suivis d'espèces holobiotiques au niveau de l'ouvrage du Bazacle (compilation suivis 2023 et 2024)	70
Figure 37 : Effectifs de saumons contrôlés à Golfech par classe d'âge entre 1995 et 2015 (données MIGADO).....	74
Figure 38 : Répartition des temps de transfert entre la sortie du canal d'amenée à Malause et l'arrivée à l'aval du Bazacle pour les poissons suivis ayant atteint cet ouvrage	77
Figure 39 : Schéma bilan du taux de transfert global des saumons atlantiques sur le secteur de Garonne entre l'aval de Golfech et l'amont du Bazacle à Toulouse	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Améliorations des consignes de gestion de l'ascenseur mises en place pour la saison de migration 2023 ou 2024 (d'après COURRET et al, 2023).....	3
Tableau 2 : Récapitulatif des périodes de contrôle, de piégeage et de marquage pour chaque année de suivi.....	12
Tableau 3 : Caractéristiques des transmetteurs V5D (données fabricant).....	14
Tableau 4 : Caractéristiques des transmetteurs V5-2H (données fabricant).....	15
Tableau 5 : Caractéristiques constructeur des radio-émetteurs utilisés.....	16
Tableau 6 : Coefficients d'hydraulicité de la Garonne à Lamagistère pendant la période d'étude.....	18
Tableau 7 : Répartition annuelle par type de configuration d'usine.....	22
Tableau 8 : Répartition horaires des 8 configurations d'usine rencontrées lors des campagnes de suivi entre 2020 et 2023.....	22
Tableau 9 : Comparaison de l'utilisation du groupe 3 par année par rapport au fonctionnement à 50 %.....	23
Tableau 10 : Détails des périodes de marquage des saumons pour chaque année de suivi.....	24
Tableau 11 : Détails des différents types de marquages réalisés sur les saumons en fonction de l'année de suivi.....	25
Tableau 12 : Détails des différents lieux de lâchers des saumons en fonction de l'année de suivi.....	25
Tableau 13 : Détails des détections des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech.....	26
Tableau 14 : Répartition du nombre d'incursions dans la zone GOLGENE en aval de l'ascenseur pour les poissons suivis en fonction de leur succès ou non de franchissement.....	28
Tableau 15 : Répartition du nombre d'incursions par poisson, au total, avec ou sans succès de franchissement.....	34
Tableau 16 : Résultats des comptages à la station vidéo de Golfech et de Malause.....	36
Tableau 17 : Détails par année des différentes installations télémétriques du TCC.....	37
Tableau 18 : Résultats du suivi télémétrique dans le tronçon court-circuité de Golfech.....	38
Tableau 19 : Conditions de débit dans le tronçon court-circuité et à l'usine lors des détections de poissons au seuil 5.....	39
Tableau 20 : Détails des détections dans le canal de transfert et des sorties du canal de transfert.....	41
Tableau 21 : Répartition par année du nombre de saumons suivis sortis du canal de transfert de Golfech et du nombre d'individus ayant atteint l'amont du canal d'amenée.....	42
Tableau 22 : Devenir des poissons suivis après arrivée à l'amont du canal d'amenée.....	45

Tableau 23 : Configurations environnementales et de l'ouvrage de franchissement du Bazacle pour les poissons suivis arrivés en aval de l'aménagement mais qui ne l'ont pas franchi	46
Tableau 24 : Configurations environnementales et de l'ouvrage de franchissement du Bazacle pour les poissons suivis arrivés en aval de l'aménagement et l'ayant franchi.....	47
Tableau 25 : Récapitulatif des poissons holobiotiques marqués et relâchés à l'aval de Golfech	60
Tableau 26 : Retours des holobiotiques marqués aux entrées de l'ascenseur à poissons de Golfech en fonction de l'espèce et de l'année	61
Tableau 27 : Détections dans la nasse de piégeage pour les poissons holobiotiques marqués	62
Tableau 28 : Succès de franchissement pour les individus ayant pénétré dans la nasse.....	63
Tableau 29 : Répartition du nombre de détections au niveau de l'antenne RFID de la nasse de l'ASP pour les poissons suivis en fonction de leur succès ou non de franchissement	64
Tableau 30 : Bilan des poissons holobiotiques marqués et relâchés à l'amont de l'ascenseur de Golfech et pouvant possiblement rejoindre l'ouvrage du Bazacle	66
Tableau 31 : Transfert des holobiotiques marqués vers le Bazacle en fonction du lieu de lâcher	66
Tableau 32 : Détection des individus holobiotiques dans la passe à bassins du Bazacle.....	68
Tableau 33 : Comparaison des détails de détections des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech entre notre suivi (2021-2024) et le suivi de Croze (2005-2006)	72
Tableau 34 : Détails des détections des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech entre le suivi saumon (2021-2024) et le suivi holobiotique (2023-2024)	80

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Vue aérienne du barrage de Malause (source : EDF).....	7
Photo 2 : Vue aérienne du barrage-usine de Golfech et du canal d'amenée (source : EDF) ...	7
Photo 3 : Vue aérienne du barrage du Bazacle au cœur de Toulouse (source : Géoportail) .	10
Photo 4 : Insertion du tag à l'aide d'une pince plate	13
Photo 5 : Tag RFID de 32 mm fixé sur l'antenne de l'émetteur radio dans une gaine thermo-rétractable.....	13
Photo 6 : Transmetteur acoustique V5D.....	14
Photo 7 : Transmetteur acoustique V5-2H (source : Innovasea)	15
Photo 8 : Type de marque utilisée (PIT-Tag 32 mm).....	16
Photo 9 : Coffrets d'enregistrement CIPAM	16
Photo 10 : photos du barreadage des portes antiretour de la nasse du piège de l'ascenseur de Golfech avant modification (photo de gauche) et après modification (photo de droite)....	63

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Synthèse des poissons piégés et marqués à Golfech au cours des suivis de 2020 à 2024.....	89
--	----

1. CONTEXTE

Le saumon atlantique a complètement disparu du bassin de la Garonne avec la construction de l'aménagement de Golfech-Malause en 1971. En 1975, le lancement du plan saumon au niveau national active des objectifs de restauration des populations. La construction d'un ascenseur au niveau de l'usine de Golfech en 1986 ouvre partiellement la voie pour les populations en migration vers l'amont de la Garonne. Depuis sa mise en service, le nombre de géniteurs de saumon atteignant les zones de fraie fonctionnelles à l'amont de Toulouse apparaît toujours non satisfaisant. La dernière étude visant à évaluer la franchissabilité de cet aménagement pour le saumon atlantique (BAU et CROZE, 2008) 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 en garantissant la progression au niveau des 5 seuils qui y sont implantés et en permettant le franchissement du barrage de Malause. Suite à cette étude, une seconde entrée piscicole a été mise en service en janvier 2011 au niveau de l'ascenseur à poissons. Puis le fonctionnement du débit d'attrait et de la régulation des 2 entrées piscicoles a été précisé progressivement pour être stabilisé à partir de 2014 (ECOGEA, 2013 ; CARRY et al. 2015). La largeur de passage 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 de l'enceinte de l'ascenseur. Concernant le TCC, une nouvelle rivière de contournement associée à une passe à bassins a été mise en service au début de l'année 2022. Enfin, des réflexions sont en cours (construction de nouvelles passes à poissons et/ou arasement) afin d'améliorer le franchissement des 5 seuils jalonnant le TCC qui sont pour le moment équipés de passes à poissons de conception ancienne jugées peu efficaces.

Ainsi, le programme de restauration du saumon atlantique sur la Garonne a fait l'objet en 2019 d'une évaluation qui a abouti à la validation d'une finalité patrimoniale du programme, sur le territoire Ariège, avec pour objectif d'obtenir rapidement une population acclimatée, constituée d'un effectif viable génétiquement.

Pour valider la faisabilité de cette finalité, la stratégie opérationnelle suivante a été engagée :

- Augmenter la reproduction naturelle en concentrant les géniteurs sur l'Ariège par transfert des géniteurs contrôlés à Golfech et Carbonne dès 2019.
- Réalisation d'études pour préciser les conditions de migrations sur la Garonne moyenne : "perte" de poissons sur le tronçon et mesure de l'efficacité des dispositifs de franchissement (Golfech - Bazacle).
- Maintien temporaire du repeuplement sur la Garonne amont et du piégeage transport à la dévalaison (Camon-Pointis) pour éviter les mortalités des smolts et entretenir une population de retour suffisante pour assurer un repeuplement conséquent de l'Ariège et permettre un prélèvement de saumons pour les opérations de radiopistage envisagées.

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.

Il a ainsi été prévu qu'une étape décisionnelle soit réalisée à la fin du Plagepomi (2022-2027) pour envisager la poursuite ou l'arrêt du programme saumon Garonne, à partir des résultats de l'évaluation de la population naturelle issue de la reproduction sur l'Ariège et de l'analyse des possibilités et conditions d'amélioration de la migration sur la Garonne moyenne. Suite à la fin des études, la présente synthèse doit permettre de contribuer à la réalisation de cette analyse sur les thématiques franchissement et impacts de la présence du silure.

1.1. VOLET SAUMON ATLANTIQUE

Objet de la présente étude, le 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 avait pour but 1) d'évaluer l'efficacité pour le saumon atlantique des dispositifs de franchissement de Golfech et du Bazacle, 2) d'analyser le taux de transfert des saumons entre les aménagements de Golfech et du Bazacle et 3) d'évaluer l'impact de la présence des silures sur la migration des saumons.

En effet, parallèlement à l'efficacité des ouvrages de montaison, 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 par prédation et/ou effarouchement. Depuis quelques années, une gestion limitant la présence des silures dans le canal de transfert a été accompagnée d'aménagements spécifiques. Ces mesures ont permis de résoudre en partie les problèmes de prédation dans le canal de transfert mais pas en aval de l'ascenseur. Dans notre étude, 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. Par conséquent, le protocole mis en place pour la présente étude a englobé les éventuels impacts du silure par prédation et/ou effarouchement sur la migration et la progression des saumons.

Suite aux résultats obtenus lors des 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. Ainsi, 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, 8 propositions sur 9 ont été mises en place pour le suivi du printemps 2023 et/ou 2024, après échanges avec l'exploitant (voir tableau suivant). Seule une proposition n'a pas encore été étudiée. Il s'agit de la mise en place d'une priorisation des groupes de turbinage de l'usine de façon à ce que le groupe 3 (le plus près de l'entrée piscicole n°2) ne fonctionne pas à plus de 50%, autant que possible pendant la période principale de migration des saumons (mars à juin).

Ordre de Priorité	En place pour la migration	Propositions
1	2023	<p>Fonctionnement séquentiel des entrées piscicoles de l'ascenseur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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'entrée 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	2023	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 immédiat de cette entrée.
2	2023	Dépose du système anti-retour positionné en amont immédiat de l'entrée 1.
2	2023	Réglage de l'ouverture entre les portes anti-retour du piège à 40 cm.
3	2023	Dépose du support IPN implanté dans le virage entre le canal de l'entrée n°2 et l'entrée n°1.
3	2024	Injection du débit dans le chenal de l'ascenseur par la grille amont et par les grilles latérales amont n°1 et 2, de chaque côté (gauche et droite).
3	2024	Modification de la partie terminale de la rampe à anguilles existante afin de ne plus perturber les écoulements dans le virage vers le chenal de l'entrée 2 et arrêter la gestion spécifique (et non optimale) de l'ascenseur par rapport à cette rampe.
3	2024	Reprise du barreaudage et des supports des portes antiretour de manière à limiter les perturbations de l'écoulement lorsque les portes sont en position de capture.

Tableau 1 : Améliorations des consignes de gestion de l'ascenseur mises en place pour la saison de migration 2023 ou 2024 (d'après COURRET et al, 2023).

1.2. VOLET ESPECES HOLOBIOTIQUES

En parallèle du suivi du saumon atlantique, un suivi sur des espèces holobiotiques a été lancé en 2023. Le but était de marquer en RFID des espèces susceptibles d'avoir un comportement migratoire volontaire face à l'ascenseur de Golfech (BENITEZ, 2015 ; OVIDIO, 2007 ; TUMMERS, 2016). Les espèces sélectionnées sont le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*), le chevesne (*Squalius cephalus*) et la brème commune (*Abramis brama*). Le choix de ces espèces permet d'obtenir des individus relativement grands (>35 ou 40cm) et dont l'abondance relative à Golfech permet de marquer un nombre important d'individus, ce qui n'est pas possible avec le saumon.

2. OBJECTIFS

La présente synthèse reprend donc l'intégralité des suivis des déplacements des saumons réalisés par télémétrie (radio, acoustique et RFID) sur le secteur étudié entre 2020 et 2024. Elle récapitule les résultats obtenus sur 1) l'évaluation du taux de franchissement au niveau de l'aménagement de Golfech/Malause, 2) le taux de transfert entre Golfech-Malause et le Bazacle, 3) le taux de franchissement au niveau des aménagements du Bazacle, puis du Ramier/Cavaletade et 4) l'impact de la présence de silures sur la migration des saumons sur l'ensemble du secteur étudié.

Le but de ce document est également d'alimenter les échanges sur la gestion de l'ascenseur de Golfech en évaluant l'efficacité des préconisations mises en place depuis l'hiver 2022-2023 puis de les discuter ou corriger, le cas échéant.

3. PRESENTATION RESUMEE DU SECTEUR D'ETUDE

Ce document de synthèse reprend les principales caractéristiques du secteur d'étude et des ouvrages étudiés. Une présentation complète et détaillée est à retrouver dans les rapports annuels de ce suivi (ECOGEA, pour MI.GA.DO., 2020 à 2023).

3.1. LE BASSIN DE LA GARONNE

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'Ambés 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. Le module interannuel au niveau de l'usine de Golfech est de 384 m³.s⁻¹.

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

3.2. L'AMENAGEMENT HYDROELECTRIQUE DE MALAUSE-GOLFECH

L'aménagement hydroélectrique de Malause-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 1).

L'ouvrage de Golfech est le premier obstacle infranchissable depuis la mer pour les poissons en migration de montaison (en aval, le seuil de Beauregard situé au niveau d'Agen est présent mais partiellement détruit. Hors étiage, on considère qu'il n'est pas un obstacle à la migration). 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-circuitant une quinzaine de kilomètres de la Garonne.

Le barrage alimente une prise d'eau pouvant acheminer 650 m³/s, par un canal de 10,6 km de long 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 1,4 fois le module de la rivière à Lamagistère. La chute brute à l'usine, en condition d'étiage, est de 17 mètres (Photo 2). Le débit turbiné est restitué par un canal de fuite d'environ 2 km, rejoignant la Garonne en amont immédiat de Lamagistère (82). Le débit

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.

réservé dans le bras naturel de la Garonne est de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ du 15 octobre au 14 juin et de $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ entre le 15 juin et le 14 octobre.

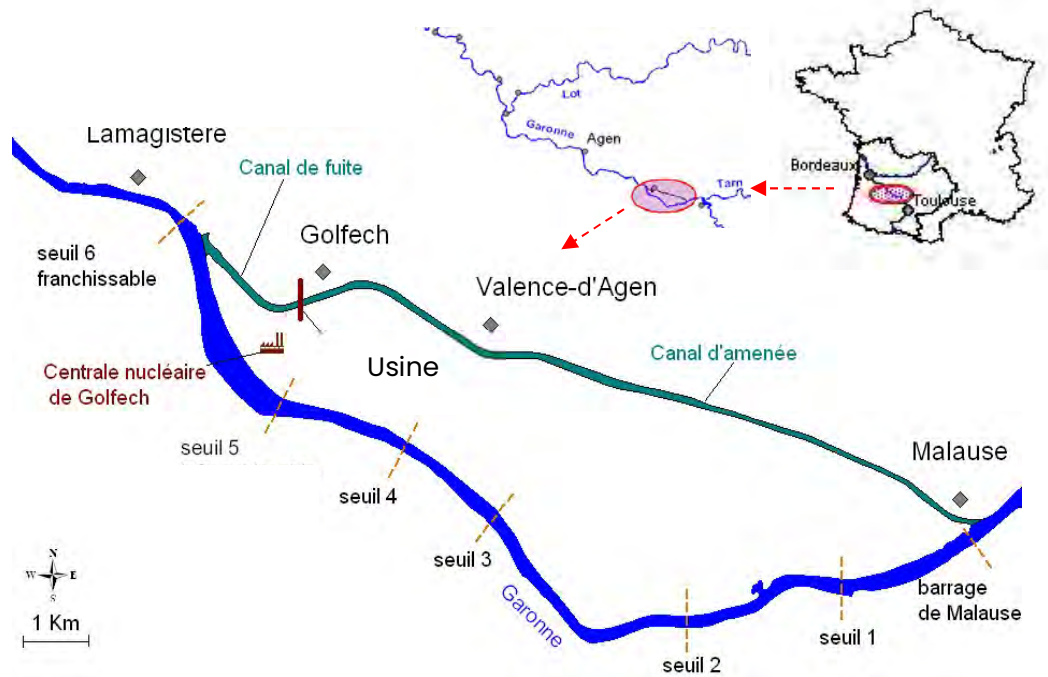


Figure 1 : Localisation du site d'étude : Malause-Golfech



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



Photo 2 : Vue aérienne du barrage-usine de Golfech et du canal d'amenée (source : EDF)

3.2.1. DISPOSITIFS DE FRANCHISSEMENT DU COMPLEXE MALAUSE-GOLFECH

3.2.1.1. ASCENSEUR A POISSONS

La construction d'un ascenseur à poissons au niveau de l'usine hydroélectrique a débuté en 1986 et cet ascenseur a été mis en service en 1987. Ce dispositif de franchissement est utilisable par l'ensemble des poissons migrateurs présents en Garonne (alose, saumon, truite de mer, lamproie, anguille). C'est un système mécanique qui capture les poissons au

piéd de l'obstacle dans une cuve contenant une quantité d'eau appropriée à leur nombre, puis qui remonte cette cuve et la déverse en amont.



Figure 2 : Vues aériennes de l'usine hydroélectrique de Golfech et du dispositif d'ascenseur à poissons.
(Source COURRET et al., 2023)

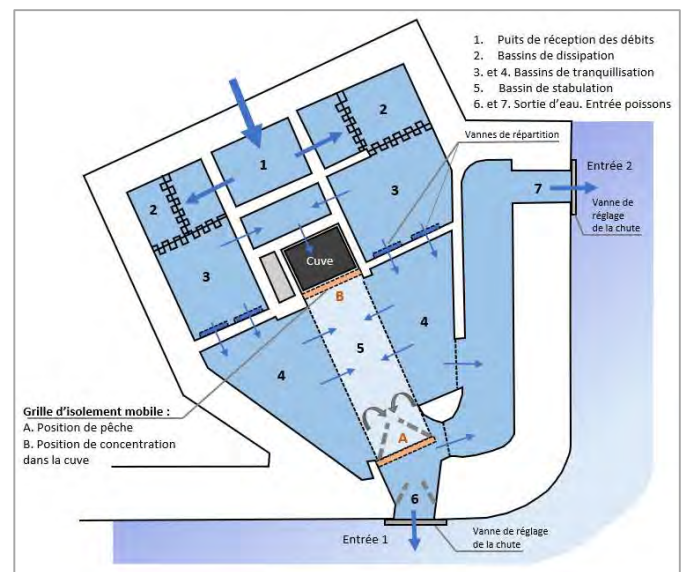


Figure 3 : Schéma de la partie basse de l'ascenseur de Golfech et de son fonctionnement (modifié d'après TRAVADE et al., 1992)

Il se compose d'une partie basse assurant l'attraction, la capture et la stabulation des poissons, d'une partie intermédiaire supportant le dispositif de relevage de la cuve et d'une partie haute assurant le transit des poissons vers le canal d'aménée (Figure 2 et Figure 3). Les 2 entrées piscicole mesurent 1,7 m de large chacune et la hauteur d'eau au niveau du piège est de l'ordre de 2,4 m. Le débit d'attrait total du dispositif, réparti à peu près équitablement entre les 2 entrées, est d'environ $8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en fonction du niveau d'eau aval de la Garonne. 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.

3.2.1.2. LA RIVIERE 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 4). Ce 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. Le dispositif est alimenté via le canal d'aménée 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. 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

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.

dispositif. Un débit d'attrait supplémentaire de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ est donc injecté à basse vitesse au travers d'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 $13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Figure 4 : Dispositif de franchissement mis en place au barrage de Malause
(source : EDF)

3.3. AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES DU SECTEUR DE TOULOUSE

3.3.1. CHAUSSEE 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 $185 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. 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 3) et la chute entre les niveaux d'eau amont et aval de la digue est de 5,3 m à l'étiage.

Une centrale hydroélectrique exploitée par E.D.F. est implantée en rive droite. Le débit maximum turbinable 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.



Photo 3 : Vue aérienne du barrage du Bazacle au cœur de Toulouse
(source : Géoportail)

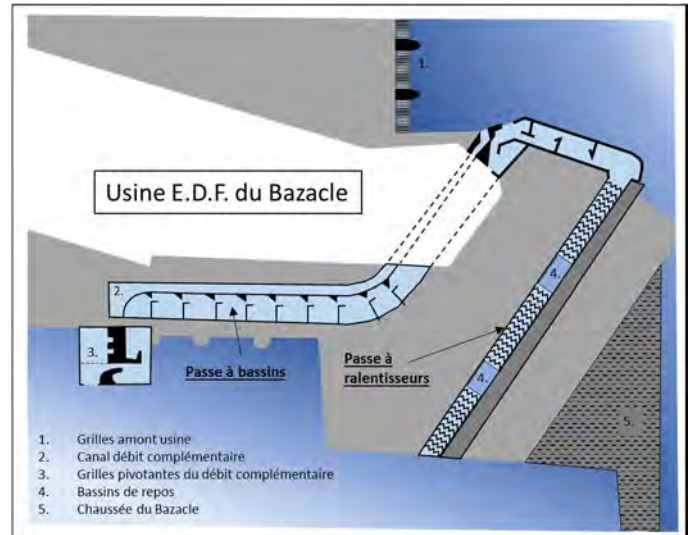


Figure 5 : Schéma d'implantation de la passe à bassins et de la passe à ralentisseurs du Bazacle (d'après DARTIGUELONGUE, 2019)

3.3.1.1. PASSES A POISSONS

Une passe à bassins, à fentes verticales, a été construite en 1989 en rive droite de l'usine hydroélectrique d'E.D.F. (Figure 5). 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 m³). La chute entre les bassins est de 30 cm et la largeur des fentes est de 40 cm. 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 m³.s⁻¹ selon le niveau d'eau amont. Un débit d'attrait complémentaire de 2 à 3,2 m³.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 m³.s⁻¹ selon les configurations, ce qui représente 1,6 % à 2,6 % du module de la rivière.

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 5). La passe à ralentisseurs est composée de 3 volées de ralentisseurs de fond suractifs avec une pente de 16%, 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 m³.s⁻¹ et 1 m³.s⁻¹ selon le niveau d'eau amont.

3.3.2. AMENAGEMENT HYDROELECTRIQUE 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.

La centrale du Ramier présente un débit maximum turbiné de 160 m³.s⁻¹, et est équipée de 3 groupes Kaplan et 3 groupes Francis de 23 m³.s⁻¹ chacun et de 2 groupes bulbe à hélices

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.

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).

3.3.2.1. PASSES A 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. L'entrée de la passe mesure 1,2 m de large et la passe est composée de 14 bassins successifs. 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.

Le débit dans la passe varie entre 1,2 et $1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ selon le niveau d'eau amont. 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 ($160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). La chute au niveau de l'entrée piscicole n'est pas régulée par une vanne. Ainsi, la lisibilité du jet issu de la passe est 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.

3.3.3. AMENAGEMENT HYDROELECTRIQUE DE LA CAVALETADE

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

3.3.3.1. PASSES A 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. 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 ($30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). L'entrée de la passe mesure 1,0 m de large et la passe est composée de 17 bassins successifs. 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 $14,4 \text{ m}^3$). 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).

4. MATERIEL ET METHODE

Comme pour la présentation du secteur d'étude, ce paragraphe résume ici l'essentiel du matériel et méthode mis en place pour le suivi. Une description complète et détaillée est à retrouver dans les rapports annuels (ECOGEA, pour MI.GA.DO., 2020 à 2023).

Le protocole utilisé pour ces suivis consiste à piéger et marquer des saumons adultes avec des émetteurs (radio, acoustique et RFID) au niveau du piège de Golfech et à les lâcher quelques kilomètres en aval de l'ouvrage de Golfech au niveau de la commune de Lamagistère. 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). Le suivi par repérage et enregistrement automatique de leurs déplacements permet d'identifier et d'étudier le parcours réalisé par les poissons.

4.1. LES PERIODES DE SUIVIS

Chaque année entre 2020 et 2024, les saumons marqués et suivis ont été contrôlés et piégés à la station de contrôle de MI.GA.DO. se situant au niveau du canal de transfert en amont de l'ascenseur à poissons de Golfech. Le Tableau 2 reprend en détails les périodes de contrôle des saumons atlantique, les périodes où le piégeage a été mis en place et la période de marquage des poissons (date entre le premier et le dernier poisson marqué). Le piégeage des saumons est effectué de 5h à 22h la semaine et de 8h à 20h le weekend et les jours fériés. La fin de la période de piégeage correspond en général aux hausses de températures de l'eau (>20°C) et au débit de l'étiage estival. On rappelle ici que depuis le début des années 2000, la période de mars à juin représente à Golfech 70 % du stock contrôlé (CARRY et al., 2020).

	1er SAT contrôlé	Dernier SAT contrôlé	Nbr SAT contrôlés	Période de piégeage	Période de marquage	Nbr SAT marqués	Ratio SAT marqués/ contrôlés
2020	13 février	24 juin	168	du 06 mars au 30 juin	du 09 avril au 04 juin	18	11%
2021	28 février	21 juin	96	du 08 mars au 11 juin	du 31 mars au 1er juin	24	25%
2022	18 février	07 juin	166	du 22 février au 13 juin	du 11 mars au 03 juin	26	16%
2023	26 février	15 mai	14	du 27 février au 11 juin	du 09 avril au 08 mai	6	43%
2024	06 mars	11 juin	14	du 06 mars au 14 juin	du 05 avril au 28 avril	5	36%

Tableau 2 : Récapitulatif des périodes de contrôle, de piégeage et de marquage pour chaque année de suivi

Ainsi, les périodes de contrôle des saumons ont varié de 78 à 144 jours, les périodes avec effort de capture de 95 à 116 jours par année de suivi et enfin, les périodes de marquage ont varié de 6 à 84 jours en fonction des rythmes de remonté des saumons et des conditions hydrologiques de la Garonne (débit, température de l'eau).

4.1.1. MODALITES DE MARQUAGE, DE STABULATION ET DE LACHER

4.1.1.1. ANESTHESIE

Les poissons sont anesthésiés dans une bêche (civière) opaque remplie d'un bain anesthésiant constitué de 40 L d'eau de la Garonne auxquels sont ajoutés 20 ml de solution de Tricaïne à 10% (10g de poudre de Tricaïne et 100g d'eau). Le temps nécessaire pour atteindre un stade de sédation profonde est de 1 à 2 min. Dès le stade de sédation profonde atteint, avec la perte totale de réflexes, les manipulations peuvent débuter (biométrie : taille/poids, mesure du maxillaire supérieur, état sanitaire, prélèvement d'un bout de nageoire pectorale pour analyse ADN et prélèvement d'environ 5 écailles sur chaque flanc).

4.1.1.2. MARQUAGE

- **Marquage acoustique avec tag prédation** (cf. § 4.2) : après désinfection à la Bétadine, entaille au scalpel (lame N°23 ou 24) sur le bas du flanc 5 à 6 cm devant les nageoires pelviennes. L'ouverture doit être parallèle aux arrêtes principales, d'une longueur d'environ 1,5 cm et d'environ 2 cm de profondeur afin d'insérer le tag dans la cavité générale. L'insertion du tag est réalisée à l'aide d'une pince à dissection à bouts plats (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).



Photo 4 : Insertion du tag à l'aide d'une pince plate

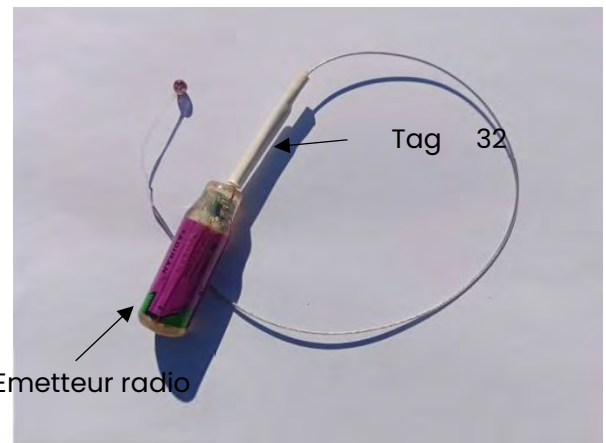


Photo 5 : Tag RFID de 32 mm fixé sur l'antenne de l'émetteur radio dans une gaine thermo-rétractable

- **Emetteur radio** (cf. § 4.3) et **marquage RFID avec pit-tag 32 mm** (cf. § 4.4) : En 2020 et 2021, le pit-tag RFID de 32 mm a été inséré à l'aide d'un pistolet-seringue dans le muscle parallèlement à la nageoire dorsale. Depuis 2022, dans un souci de bien-être animal, 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 () ce qui évite un geste de chirurgie supplémentaire. L'émetteur radio est ensuite inséré de façon habituelle par voie buccale dans l'estomac à l'aide d'un tube poussoir en PVC, puis l'antenne souple est ressortie par un opercule afin qu'elle « gêne » le moins possible le poisson.

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.

Lors des différentes manipulations, une attention particulière est portée à l'immersion totale de la tête du poisson. La totalité des opérations faites au stade de sédation profonde dure entre 7 et 9 minutes (contrôlé grâce à l'intervalle entre la photo avant mesures et la photo au réveil). Suite aux marquages et différents prélèvements, le saumon est glissé dans une poche de transport contenant 20 L de solution (eau de la Garonne + 4 mL de solution de Tricaine à 10% et 200 g de sel de mer non traité) ainsi qu'un volume équivalent d'oxygène pur. Le sachet 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 munie d'une plaque eutectique et la caisse est acheminée sur le site de lâcher en véhicule léger. A l'arrivée, le saumon est placé dans un vivier flottant. 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.

4.2. SUIVI DES POISSONS A L'AIDE DE LA TECHNIQUE DE TELEMETRIE ACOUSTIQUE

Dans son principe général, la télémétrie acoustique est la transmission dans l'eau d'une énergie acoustique ultrasonore ou de signaux sonores de l'ordre de 20-200 kHz (fréquences supérieures à notre plage d'audition).

4.2.1. MATERIEL UTILISE

4.2.1.1. EMETTEURS

Des transmetteurs codés Innovasea-Vemco®, émettant à 180 kHz, ont été choisis. Pour les suivis (2020, 2021 et 2022), le tag prédation V5D (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) a été utilisé. En 2022, des émetteurs simples (non prédation) V5-2H (Photo 7) ont également été utilisés en parallèle des tags prédation. En effet, un peu moins coûteux, l'achat de émetteurs simple était prévu afin d'augmenter le nombre de poissons marqués. En 2023 et 2024, le suivi acoustique n'a pas été reconduit.

Au sein de la fréquence 180 kHz, chaque transmetteur émet un code différent. Le poids des émetteurs ne dépasse pas 2 % du poids total des poissons marqués (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et Tableau 4), comme préconisé par BARAS (2001).



Photo 6 : Transmetteur acoustique V5D

Modèle	V5D		
Fréquence (kHz)	Référence codage	Power (L/H)	Pings (min - max)
180	A180-1704	H	30 - 50
Longueur (mm)	Ø (mm)	Poids dans l'air (g)	Capacité batterie garantie (jr)
12,7	5,6	0,68	86

Tableau 3 : Caractéristiques des transmetteurs V5D (données fabricant)



Photo 7 : Transmetteur acoustique V5-2H (source : Innovasea)

Modèle	V5-2H		
Fréquence (kHz)	Référence codage	Power (L/H)	Pings (min - max)
180	A180-1702	H	30 - 50
Longueur (mm)	Ø (mm)	Poids dans l'air (g)	Capacité batterie garantie (jr)
12,7	5,7	0,74	115

Tableau 4 : Caractéristiques des transmetteurs V5-2H (données fabricant)

Concernant le tag prédation, au-delà de suivre la position d'un individu, il permet de fournir une information directe sur la prédation éventuelle de l'individu marqué. Une fois ingéré par le prédateur, la proie est digérée dans l'estomac grâce aux sucs gastriques. Au cours de ce processus de digestion, un polymère biologiquement inerte situé sur le tag est lui-même digéré, ayant pour effet le changement de code d'identification du tag. Ce nouveau code est ensuite émis jusqu'à la fin de vie du tag. Lors de la détection du tag, une fois prédaté, il est possible de connaître le délai depuis le changement de code du tag (donc depuis la prédation).

4.2.1.2. HYDROPHONES

Les stations d'enregistrement sont composées de récepteurs-enregistreurs VR2W-180kHz de marque Vemco. Chaque hydrophone est équipé de batterie au lithium de 3,6V et 17Ah (la durée de vie garantie de la batterie est d'environ 8 mois). L'ensemble du réseau d'hydrophones a été réparti sur un linéaire d'environ 120 km, allant de Boé, en amont d'Agen, jusqu'à Toulouse. Ces stations fixes d'enregistrement permettent de surveiller en continu les zones d'enregistrement choisies et de suivre ainsi les déplacements des saumons marqués.

4.3. SUIVI DES DEPLACEMENTS DE POISSONS A L'AIDE DE LA TECHNIQUE DE RADIOTELEMETRIE

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. Le suivi mobile radio, plus simple à mettre en œuvre que le suivi mobile acoustique, doit permettre 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.

4.3.1. MATERIEL UTILISE

4.3.1.1. EMETTEURS

Les radio-émetteurs ATS® (Advanced Telemetry Systems) choisis pour ce suivi (; Tableau 5) correspondent au modèle F1840C. Ce modèle codé permet, comme pour les tags acoustiques, de suivre un plus grand nombre de poissons simultanément, principalement lorsque ceux-ci se retrouvent au même endroit au même moment.

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

Tableau 5 : Caractéristiques constructeur des radio-émetteurs utilisés

4.3.1.2. STATIONS D'ENREGISTREMENT

Les stations de réception fixes, composées de récepteur-enregistreurs (modèle ATS R4500C) couplés à une alimentation 220V/12V de 2A, ont été installées sur différentes parties stratégiques du secteur de suivi. Ces stations fonctionnent donc grâce à une alimentation en courant électrique 220V (ou via un panneau photovoltaïque sur certaines stations sans alimentation disponible). 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) et permettent de surveiller en continu des zones de réception calibrées et de suivre ainsi précisément les déplacements des poissons marqués dans ces zones.

4.4. SUIVI DES DEPLACEMENTS DE POISSONS A L'AIDE DE LA TECHNOLOGIE RFID

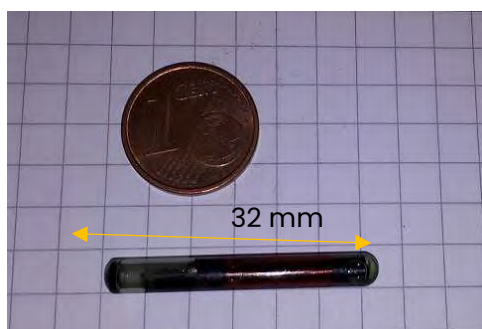


Photo 8 : Type de marque utilisée (PIT-Tag 32 mm)



Photo 9 : Coffrets d'enregistrement CIPAM

La technologie RFID (Radio Frequency Identification) consiste à marquer des individus à l'aide de marques passives qui sont des petits transpondeurs (Photo 8) identifiés par un code unique, puis de détecter leurs passages au niveau de différentes antennes émettant

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.

un champ magnétique, mises en place à des endroits stratégiques. 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 9). L'enregistreur couplé à l'antenne relève et enregistre la date et l'heure du passage du poisson marqué.

4.5. EQUIPEMENT DES SITES

Une présentation détaillée (cartes, schémas) des installations complètes est à retrouver dans les rapport annuels (ECOGEA, pour MI.GA.DO., 2020 à 2023). Pour compléter cela, un récapitulatif des différentes stations d'enregistrement (Acoustique/Radio/RFID) mises en place sur l'ensemble du secteur d'étude se trouve en **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

4.6. SUIVI MOBILE DES DEPLACEMENTS DE POISSONS

L'ensemble des stations fixes (acoustique, 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 acoustiques (hydrophones). Par ailleurs dans cette étude, les antennes RFID sont uniquement utilisées au niveau des ouvrages 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 et en voiture sont réalisés grâce à la technique radio avec un récepteur de type R4500C. Pour les suivis effectués en bateau, deux récepteurs sont embarqués : un récepteur radio R4500C et un récepteur acoustique de type VR100 couplé à une sonde hydrophone multidirectionnelle. Le repérage des poissons s'effectue par radio. Une fois un poisson localisé grossièrement en radio, l'antenne de l'hydrophone mobile est immergée. Lors de la réception d'une marque acoustique, le récepteur VR100 enregistre automatiquement le code de l'émetteur acoustique détecté, la puissance du signal, les coordonnées GPS de la position de la marque ainsi que le code permettant d'obtenir la date et l'horaire de la prédation éventuelle du sujet suivi. Ces suivis mobiles permettent par ailleurs de profiter pleinement de l'option « prédation » des marques acoustiques, car le changement de code ne s'effectue pas forcément au droit direct d'une station fixe.

5. CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE L'ETUDE

5.1. DEBITS DE LA GARONNE

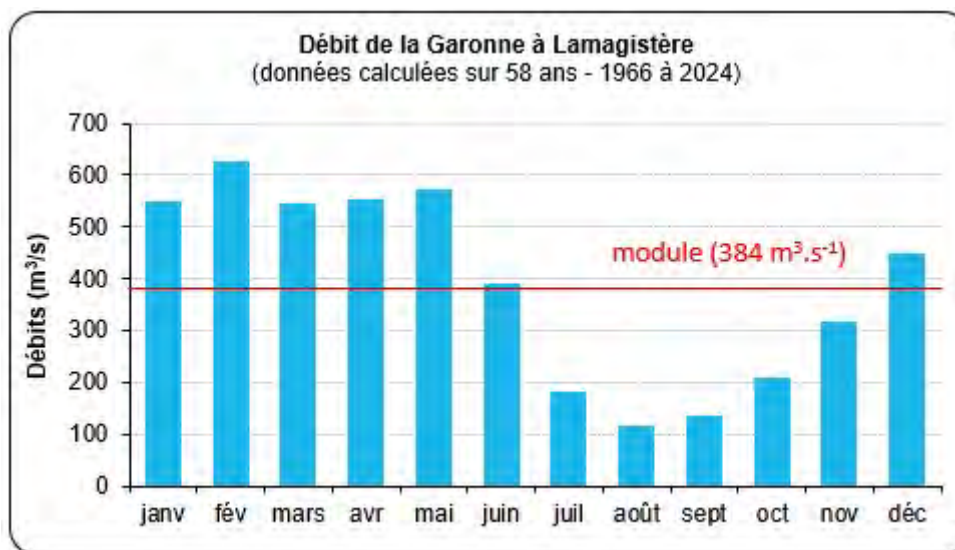


Figure 6 : Débits moyens mensuels de la Garonne à Lamagistère (chronique de 1966 à 2024)

Le régime hydrologique de la Garonne à Lamagistère (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 6).

Garonne à Lamagistère							
Station n°06140010 - Module = 384 m³/s							
Données calculées sur 59 ans (1966-2024)							
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.
Q moy. Mensuel de référence (m³/s)	546	624	545	550	572	389	180
Q moy. Mensuel de l'étude 2020 (m³/s)	▼ 454	▼ 344	▲ 680	▼ 381	▲ 593	▲ 347	▼ 110
Q moy. Mensuel de l'étude 2021 (m³/s)	▲ 771	▲ 1118	▼ 322	▼ 201	▼ 279	▼ 179	▼ 133
Q moy. Mensuel de l'étude 2022 (m³/s)	▲ 775	▼ 355	▲ 508	▼ 436	▼ 333	▼ 144	▼ 73
Q moy. Mensuel de l'étude 2023 (m³/s)	▼ 243	▼ 153	▼ 350	▼ 235	▼ 383	▲ 356	▼ 111
Q moy. Mensuel de l'étude 2024 (m³/s)	▼ 331	▼ 430	▲ 690	▼ 345	▲ 627	▼ 285	▼ 157

Tableau 6 : Coefficients d'hydraulicité de la Garonne à Lamagistère pendant la période d'étude

Au cours des 5 dernières années, l'hydrologie de la Garonne au niveau de la station de Lamagistère a été majoritairement déficitaire par rapport aux moyennes mensuelles de références (Tableau 6). En 2020, on observe des débits assez stables et plutôt faibles (inférieurs aux modules respectifs) entrecoupés de plusieurs coups d'eau tout au long du suivi (6 coups d'eau ont été recensés de 2 à 4,5 fois le module). En 2021, excepté un début d'année à l'hydrologie soutenue (janvier et février), on observe finalement des débits relativement faibles (inférieurs aux modules respectifs) et stables, entrecoupés de quelques coups d'eau à partir du mois de mai. En 2022, comme l'année précédente, on observe une

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.

crue en janvier puis des débits plutôt stables et faibles, avec seulement 3 coups d'eau significatifs au cours du printemps (de 1,6 à 3,7 fois le module). En 2023, on observe deux coups d'eau au mois de janvier et au mois de mars (1,8 à 3 fois le module), mais finalement l'hydrologie est globalement déficitaire. Enfin, l'année 2024 présente également une hydrologie inférieure aux débits de références avec 2 périodes aux débits significativement plus soutenus (mars et mai).

Finalement, sur l'ensemble des périodes suivies, nous avons essentiellement des périodes aux conditions hydrologiques faibles et stables entrecoupées de coups d'eau plus ou moins intenses, allant de 1,5 à quasiment 5 fois le module.



Figure 7 : Débits classés de la Garonne à Lamagistère pendant la période d'étude

Le module de la Garonne à Lamagistère est de $384 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Cette valeur a été dépassée seulement 13 % du temps sur la période 1^{er} février – 31 juillet 2020 à 2024 (Figure 7). Sur cette même période d'étude, les débits à Lamagistère ont été inférieurs au maximum turbinable à l'usine de Golfech pendant 98,8 % du temps, ce qui signifie que **seulement 1,2 % du temps d'étude a potentiellement présenté des déversements au barrage de Malause.**

5.2. ANALYSE DES ANNEES SUIVIES PAR RAPPORT AUX CHRONIQUES HISTORIQUES

Le débit moyen journalier des 5 semestres étudiés (1^{er} février – 31 juillet 2020 à 2024) est resté largement inférieur à la moyenne des valeurs observées sur les cinquante dernières années (Figure 8). Les faibles débits recensés au printemps 2021 font même partie des plus faibles observés sur la période depuis 1967. Sur l'ensemble des données observées, seules deux périodes apparaissent avec une hydrologie supérieure à la moyenne, il s'agit de la période fin février-début mars et de la période fin avril-début mai.

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.

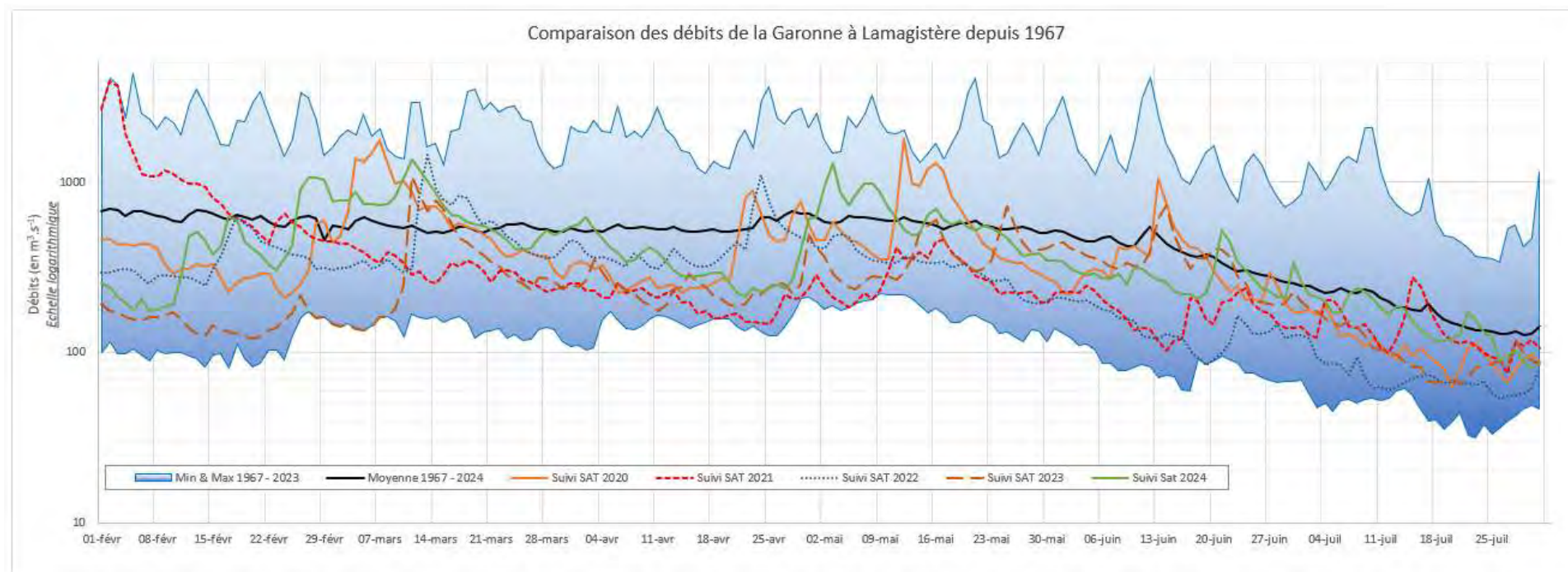


Figure 8 : Comparaison des débits de la Garonne à Lamagistère depuis 1967

5.3. TEMPERATURE DE L'EAU

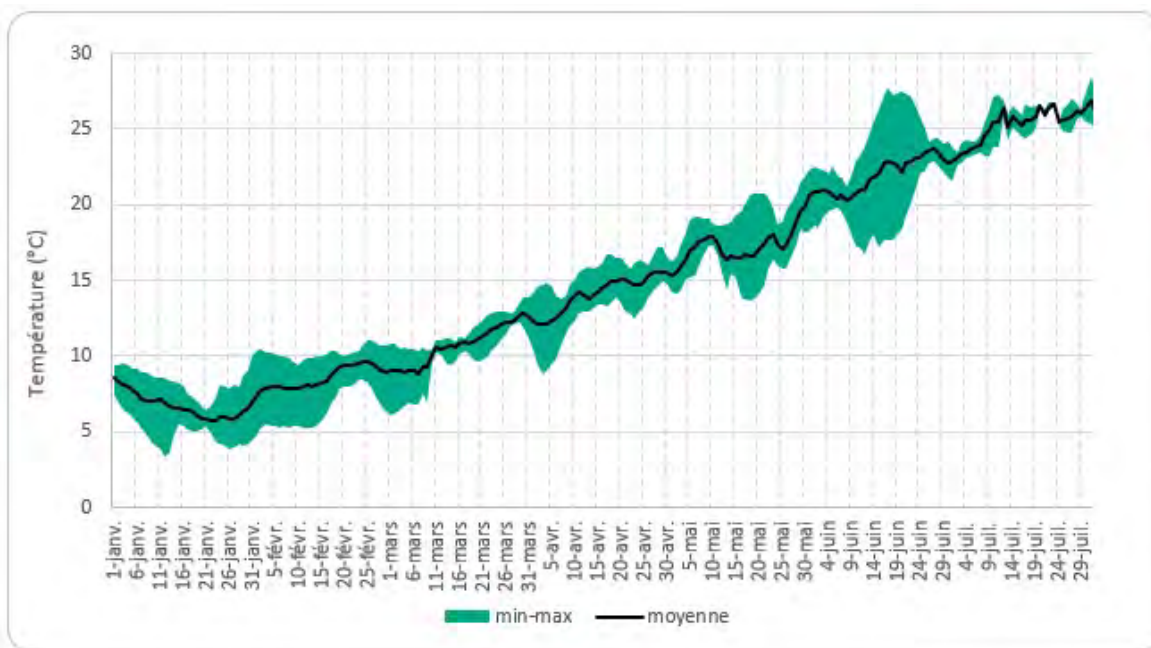


Figure 9 : Thermie de la Garonne au cours du premier semestre des années 2020 à 2024

La température de l'eau de la Garonne relevée à Golfech au cours des années d'étude a progressé de manière similaire avec des variations interannuelles ponctuelles liées à l'enregistrement de coups d'eau. En moyenne, la température de l'eau dépasse les 10 °C à partir du 10 mars, les 15 °C à partir du 20 avril, les 20 °C à partir du 31 mai et enfin les 25 °C à partir du 09 juillet (Figure 9).

Concernant la saison principale de migration des saumons (mars-juin), les températures de l'eau à Golfech ont donc été globalement favorables pour chaque année de suivi.

5.4. FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE HYDROELECTRIQUE DE GOLFECH

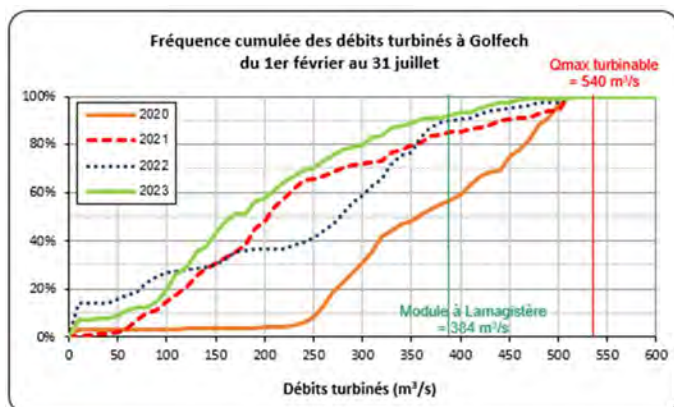


Figure 10 : Fréquence cumulée des débits journaliers turbinés à Golfech

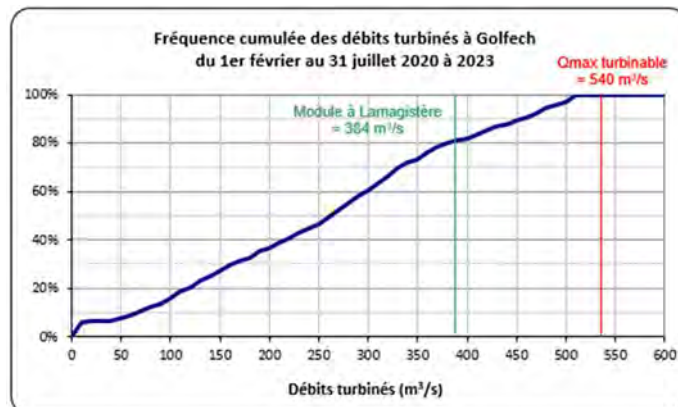


Figure 11 : Synthèse de la fréquence cumulée des débits journaliers turbinés à Golfech

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.

Le débit moyen turbiné sur la période étudiée (février-juillet) est très contrasté en fonction des années (Figure 10). En 2020, 92 % des débits turbinés sont supérieurs à 250 m³.s⁻¹ et 43 % supérieurs au module à Lamagistère. Pour les 3 autres années étudiées, les débits turbinés supérieurs au module ne dépassent pas 15 % du temps (2021 : 15 %, 2022 : 10 %, 2023 : 8 %).

Sur l'ensemble des périodes étudiées (de février à juillet, 2020 à 2023), le débit moyen journalier turbiné est compris entre 10 m³.s⁻¹ et 510 m³.s⁻¹ (Figure 11). Les débits inférieurs à 384 m³.s⁻¹ turbiné représentent 81 % du temps et l'usine a turbiné des débits supérieurs au module pendant 19 % du temps. Les débits turbinés supérieurs à 500 m³.s⁻¹ ne représentent que 3,3 % du temps.

Nbr de groupes	Année	Répartition
0	2020	3.8%
	2021	0.9%
	2022	13.1%
	2023	12.1%
Total 0 groupe		7.5%
1	2020	0.0%
	2021	17.5%
	2022	13.4%
	2023	20.5%
Total 1 groupe		12.8%
2	2020	0.0%
	2021	47.4%
	2022	22.3%
	2023	38.6%
Total 2 groupes		27.1%
3	2020	96.2%
	2021	34.2%
	2022	51.1%
	2023	28.8%
Total 3 groupes		52.6%

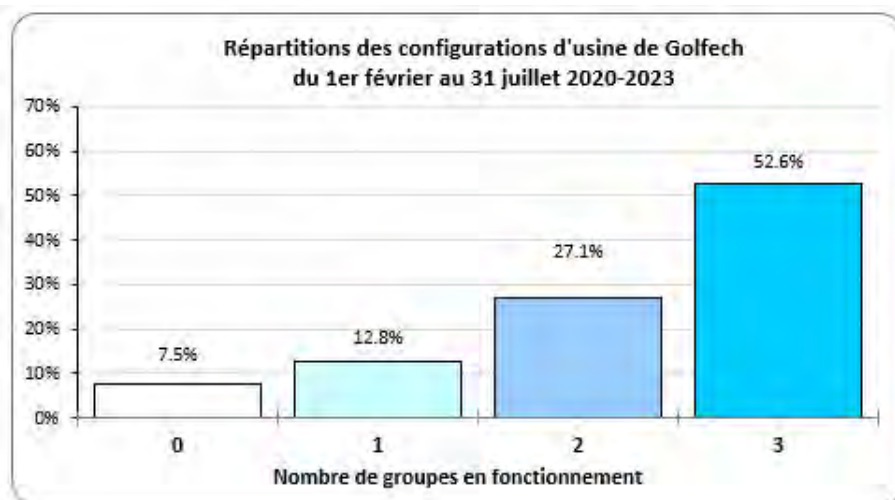


Tableau 7 : Répartition annuelle par type de configuration d'usine

Figure 12 : Répartition des configurations d'usine à Golfech en fonction du nombre de groupes en fonctionnement

Les groupes de l'usine de Golfech fonctionnent à iso-puissance, c'est-à-dire que les débits turbinés sont homogènes pour chaque groupe. C'est pour cela que la configuration à 3 groupes est dominante dans la majeure partie des cas sauf avarie sur un groupe ou plus (Tableau 2). Si l'on observe les configurations d'usine sur la période étudiée (ici février-juillet), la configuration à 3 groupes représente 52,6 % et la configuration à 2 groupes représente 27,1 % du temps (Figure 12), soit 79,7 % du temps pour ces 2 configurations. Les configurations à 1 groupe ont, elles, représenté 12,8 % du temps de ce suivi. Les arrêts d'usine représentent au total 7,5 % du temps.

Concernant le suivi des poissons par télémétrie, pour l'ensemble des poissons suivis en aval de l'ascenseur, 27 individus ont été marqués et relâchés alors que l'usine fonctionnait avec 3 groupes (4 en 2021 et 23 en 2022), 28 poissons relâchés lorsque l'usine fonctionnait à 2 groupes (19 en 2021, 3 en 2022 et 6 en 2023) et enfin 1 poisson (en 2021) avec 1 seul groupe en fonctionnement.

Nombre d'heures d'utilisation	Configurations de groupe à l'usine de Golfech							
	-;-;-	1;-;-	-;2;-	-;-;3	1;2;-	1;-;3	-;2;3	1;2;3
	1300	635	1306	293	2946	749	1013	9157

Tableau 8 : Répartition horaires des 8 configurations d'usine rencontrées lors des campagnes de suivi entre 2020 et 2023

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.

Le Tableau 8 présente la répartition, en heures, de chaque configuration d'usine de Golfech rencontrée pendant les suivis. Les configurations avec le groupe 3, le plus proche de l'enceinte de l'ascenseur, représentent au total 11 212 h de fonctionnement, soit 64 % de la période étudiée.

	Nbr d'heures G3 <50%	Nbr d'heures G3 >50%
2020	1101 (25%)	3267 (75%)
2021	2936 (68%)	1407 (32%)
2022	1996 (46%)	2348 (54%)
2023	3086 (71%)	1258 (29%)
Total	9119 52%	8280 48%

Tableau 9 : Comparaison de l'utilisation du groupe 3 par année par rapport au fonctionnement à 50 %

A partir de la saison de migration 2023, l'ouverture des 2 entrées piscicoles de l'ascenseur s'est faite de manière séquentielle : ouverture de l'entrée 2 uniquement quand le niveau de turbinage du groupe 3 est inférieur ou égal à 50 % et ouverture uniquement de l'entrée 1 dans le cas contraire. Le Tableau 9 permet de comparer l'utilisation du groupe 3 au cours des différentes années de suivi. En 2020, le groupe 3 a fonctionné majoritairement à plus de 50 %, ce qui aurait entraîné majoritairement l'ouverture de l'entrée 1 avec le fonctionnement séquentiel. En 2021, le fonctionnement inférieur à 50 % a été majoritaire, ce qui aurait entraîné une priorisation de l'entrée 2. Enfin en 2022, l'utilisation de groupe 3 a été homogène par rapport au 50 % de turbinage. Dans ce cas, l'utilisation des 2 entrées aurait été également homogène. Enfin, en 2023, première année de la mise en place du fonctionnement séquentiel, le groupe 3 a majoritairement fonctionné en dessous de 50 %, favorisant l'ouverture de l'entrée 2.

6. RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI DES SAUMONS PAR TELEMETRIE

6.1. VARIATIONS DE PROTOCOLE

6.1.1. NOMBRE DE POISSONS MARQUES ET PERIODES DE MARQUAGE

Depuis le lancement de l'étude en 2020, au total 79 saumons (Tableau 10) ont pu être capturés pour marquage à l'aide du piège situé dans le canal de transfert de l'ascenseur à poissons de Golfech. En 2022, le 26^{ème} individu correspond à un saumon lâché dans le TCC de Golfech, en amont du seuil 1. Ce poisson a été le dernier marqué lors du suivi 2022, le 2 juin. Ce lâcher était un test suite à la mise en service de la rivière de contournement du barrage de Malause et cet individu ne sera pas pris en compte dans l'analyse du comportement et des franchissements. Sur l'ensemble de l'étude, 1 seul individu identifié comme un castillon (saumon ayant passé un seul hiver en mer) a été piégé et marqué en 2020. Ce poisson a été capturé en fin de campagne (le 06 juin 2020), juste avant la fin des piégeages. Cette proportion correspond à la quasi absence de contrôle d'individus castillons sur les dernières années au niveau de l'ouvrage de Golfech.

Les marquages de poissons se sont déroulés chaque année entre la mi-mars et le début du mois de juin, avec souvent l'augmentation de la température de l'eau et le début de l'étiage estival comme facteur limitant. Sur l'ensemble des 5 campagnes, le marquage le plus précoce a été réalisé le 11 mars, pour le suivi 2022, et le marquage le plus tardif a été opéré le 04 juin pour le suivi 2020.

Année	Nombre de saumons marqués	Date du 1er saumon marqué	Date de dernier saumon marqué	1HM	PHM
2020	18	09-avril	04-juin	1	17
2021	24	31-mars	02-juin	-	24
2022	26*	11-mars	02-juin	-	26
2023	6	09-avril	08-mai	-	6
2024	5	22-avril	08-avril	-	5
	79	11-mars	04-juin	1	78

Tableau 10 : Détails des périodes de marquage des saumons pour chaque année de suivi

6.1.2. TYPES DE MARQUAGES EFFECTUES

Ces 79 saumons ont tous été marqués avec différents types d'émetteurs (radio, RFID et/ou acoustique), en fonction des années et des objectifs ciblés (Tableau 11). Les marquages radio et RFID ont été systématiques lors de chaque suivi depuis 2020. En revanche, le suivi acoustique a connu diverses versions : en 2020, la version des tags acoustique prédation utilisés permettait de savoir uniquement si l'individu marqué était prédaté. En 2021, un nouveau modèle de tag prédation a été utilisé permettait de connaître la date de prédation. Lors du suivi 2022, le nouveau modèle de tag prédation a été utilisé (15 individus marqués sur 26, soit 58 %) mais également des émetteurs simples (non prédation). Un peu moins coûteux, l'achat de ces émetteurs a été réalisé afin d'augmenter le nombre de poissons marqués. Ainsi 11 individus ont

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.

été marqués avec ce modèle non prédation (42 %). A partir de 2023, le suivi acoustique n'a pas été reconduit.

Année	Type de marquage	Radio	RFID	Acoustique		
				Non prédation	Prédation	
					0 / 1	délai prédation
2020	triple	18	18	-	18	-
2021	triple	24	24	-	1	23
2022	triple	26	26	11	-	15
2023	double	6	6	-	-	-
2024	double	5	5	-	-	-

Tableau 11 : Détails des différents types de marquages réalisés sur les saumons en fonction de l'année de suivi

6.1.3. LIEUX DE LACHER

L'ensemble des poissons marqués n'a pas été relâché au même endroit (Tableau 12). En effet, le suivi 2020 a été perturbé par la crise sanitaire liée à la COVID-19. Initialement prévu en aval de l'aménagement de Golfech, tous les lâchers de poissons ont été réalisés en amont de l'ascenseur à poissons, au niveau du piège dans le canal de transfert, afin de limiter les déplacements liés à la crise sanitaire. En 2021, les lâchers ont tout d'abord été réalisés à Saint Sixte (7,5 km en aval de l'ascenseur). Mais après réflexion, ce point de lâcher ne semblait pas être optimal pour différentes raisons et tous les lâchers suivants ont été effectués au niveau de Lamagistère (3,5 km en aval de l'ascenseur).

Année	Lieux de lâcher	Distance ASP	Nombre
2020	Canal de transfert (amont ASP)	-	18
2021	Saint Sixte	7,5 km	16
	Lamagistère	3,5 km	8
2022	Lamagistère	3,5 km	25
2023	Lamagistère	3,5 km	6
2024	Lamagistère	3,5 km	5

Tableau 12 : Détails des différents lieux de lâchers des saumons en fonction de l'année de suivi

6.2. DEVENIR DES SAUMONS MARQUES EN AVAL DE L'ASCENSEUR

Parmi les 79 saumons marqués et présentés dans la partie 6.1, tous les résultats ne pourront pas être comparés en raison des différentes variations de protocole appliquées tout au long de ce suivi. Tout d'abord, les 18 saumons de 2020, lâchés dans le canal de transfert, n'apparaîtront pas dans cette partie et seront intégrés au traitement uniquement lors de la présentation des résultats en amont de l'aménagement de Golfech. Enfin, en 2022, un individu a été lâché dans le TCC en amont du seuil 1.

	Nombre de poissons suivis	Taux reprise de migration		Attractivité de l'ASP		Franchissabilité de l'ASP		Efficacité de l'ASP	
		Nombre de poissons détectés en aval proche de l'ascenseur / Nb de poissons marqués et suivis		Nb de poissons ayant réalisé des incursions aux entrées / Nb de poissons enregistrés en aval proche de l'ascenseur		Nb de poissons ayant franchi l'ascenseur / Nb de poissons ayant réalisé des incursions aux entrées		Nombre de poissons ayant franchi l'ascenseur / Nb de poissons enregistrés en aval proche de l'ascenseur	
2021-24	60	35 sur 60	58%	20 sur 35	57%	10 sur 20	50%	10 sur 35	28.5%

Tableau 13 : Détails des détections des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech

Au final, sur l'ensemble des suivis de 2021 à 2024, 60 saumons atlantiques ont été marqués et relâchés en aval de l'ascenseur de Golfech (Tableau 13 – 60 = 79-18-1). Parmi ces 60 poissons, 36 ont effectué au moins une incursion dans le canal de fuite de l'usine (soit 60 %) et 35 ont atteint le pied de l'ascenseur de Golfech (soit 58 %), c'est-à-dire qu'ils ont été captés en radio par l'antenne boucle générale. Parmi ces 35 poissons détectés en aval proche de l'ascenseur, 33 ont été enregistrés au moins à une des deux entrées de l'ascenseur. Ainsi, la plupart des poissons détectés dans le canal de fuite prospectent jusqu'à proximité des entrées de l'ascenseur.

En revanche, les saumons semblent éprouver plus de difficultés pour pénétrer dans le dispositif puisque sur les 35 enregistrés en aval proche de l'ascenseur, seuls 20 ont réalisé au moins une incursion dans une des deux entrées. **Ceci indiquerait une attractivité de l'ascenseur de seulement 57 % sur cette espèce.**

Concernant les 15 poissons qui n'ont pas réalisé d'incursions aux entrées, 8 ont finalement dévalé de manière significative, 1 repli dans le canal de fuite a été enregistré sans nouveau mouvement et enfin 6 incursions et tentatives via le tronçon court-circuité ont été observées dont l'une d'elles s'est soldée par un franchissement par la nouvelle rivière de contournement de Malause (les autres se sont soldées par une dévalaison définitive).

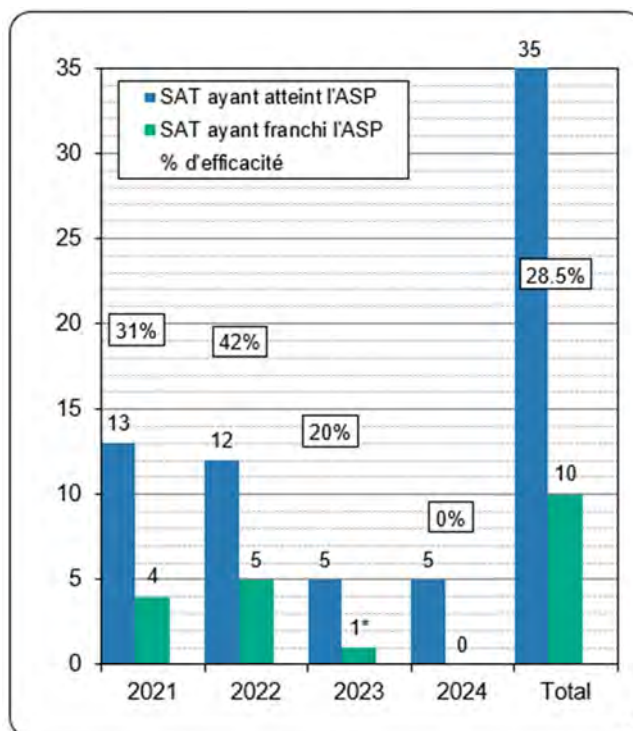


Figure 13 : Répartition annuelle du nombre de poissons suivis ayant réalisé un retour au pied de l'ascenseur comparé au nombre de poissons suivis ayant franchi l'ascenseur de Golfech

1* En 2023, 2 poissons ont été capturés par la nasse de l'ascenseur, mais l'un des deux est sorti de la cuve et s'est retrouvé coincé sous la cuve de l'ascenseur. Ce poisson est mort sous la cuve et au final n'a pas franchi l'aménagement.

Parmi les 20 poissons ayant réalisé des incursions aux entrées, seuls 10 ont finalement franchi l'ouvrage de montaison, **soit une franchissabilité de 50 %** (Figure 13 et Tableau 13). Les 10 poissons qui n'ont finalement pas franchi l'ascenseur ont, soit dévalé de manière notable (3 individus), soit ont été prédatés dans la zone aval du barrage (4 individus) ou bien ont tenté par la suite d'emprunter le tronçon-court-circuité (2 individus). Enfin, un dernier poisson s'est fait capturer par la nasse de l'ascenseur, mais celui-ci 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.

Au final, on enregistre donc 10 franchissements pour un total de 35 saumons détectés à proximité de l'ouvrage, ce qui donne **une efficacité globale de l'ascenseur pour le saumon de seulement 28,5 %** (Figure 13).

6.3. COMPORTEMENT DES SAUMONS AU NIVEAU DU COMPLEXE GOLFECH-MALAUSE

6.3.1. RETOUR EN AVAL DE L'ASCENSEUR A POISSONS

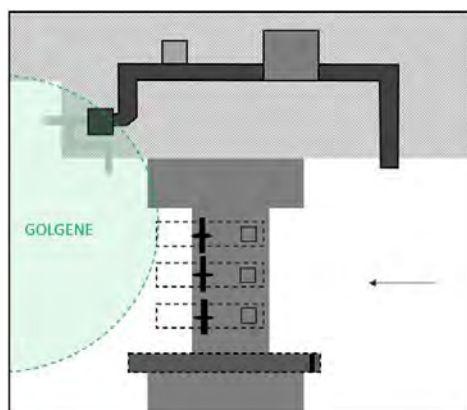


Figure 14 : Rappel de la zone **GOLGENE** étudiée dans les paragraphes 6.3.1

Sur les 60 poissons considérés ici (0 et Tableau 13), 36 ont entamé un mouvement vers l'amont après leur lâcher et, 35 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 14). Ces 35 individus représentent donc 58 % des poissons suivis.

Seul le comportement de 34 saumons sera analysé ici car en 2023, le premier saumon marqué et suivi (SAT23GAR0) a fréquenté la zone de l'ascenseur et franchi ce dernier avant que la fréquence ne soit entrée sur les enregistreurs de la zone ascenseur.

Les poissons enregistrés dans la zone de l'antenne générale (n=34) ont effectué de 1 à 16 incursions chacun, avec une médiane de 2 tentatives (dans ce cas une incursion correspond à un temps de présence significatif dans la zone, séparée d'au moins une heure de la précédente détection). La durée de ces incursions est comprise entre 6min pour la plus courte et 36h pour la plus longue (avec une médiane de 5h).

	Total	SAT sans franchissement (n=24)	SAT avec franchissement (n=10)
min.	1	1	1
max.	16	16	13
médiane	2	2	1

Tableau 14 : Répartition du nombre d'incursions dans la zone **GOLGENE** en aval de l'ascenseur pour les poissons suivis en fonction de leur succès ou non de franchissement

Si l'on compare le succès ou non de franchissement en fonction du nombre d'incursions réalisées, les résultats sont hétérogènes puisque des poissons ont franchi l'ascenseur avec une seule ou peu d'incursions, mais le poisson qui a réalisé le plus grand nombre d'incursions a finalement lui aussi franchi l'ascenseur (Tableau 14). Idem pour les poissons sans succès de franchissement : des poissons ont abandonné après seulement une seule tentative alors que d'autres ont réalisé de nombreuses tentatives sans succès.

6.3.2. DELAIS DE RETOUR ET TEMPS DE BLOCAGE

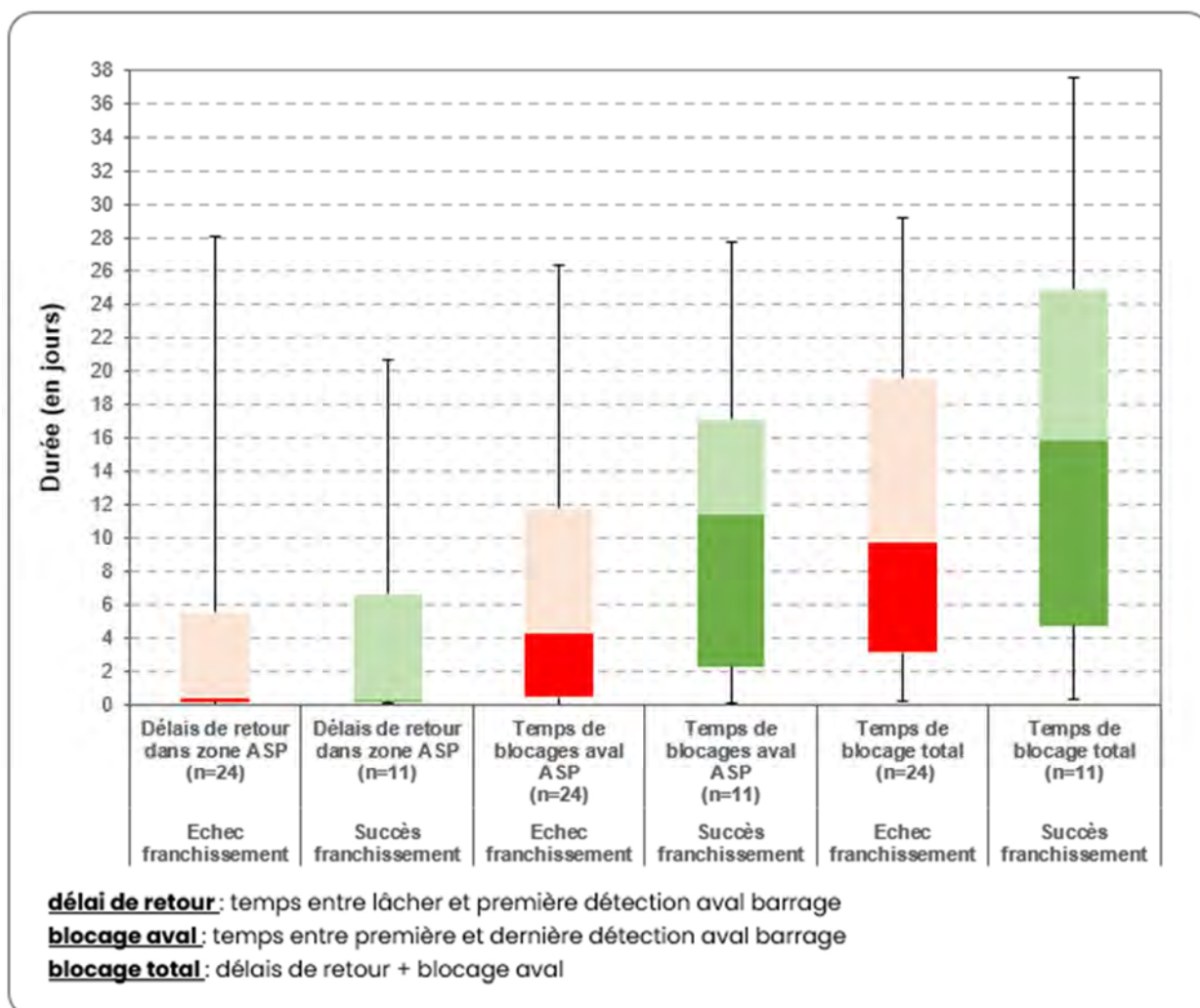


Figure 15 : Détails des délais de retour après marquage et des temps de blocage des saumons suivis en aval de l'ouvrage de Golfech en fonction du succès ou de l'échec de franchissement

L'analyse des enregistrements de l'antenne GOLGENE permet également d'observer le délai de retour de chaque poisson marqué au pied de l'ascenseur. Les délais de retour pour l'ensemble des 35 individus discutés sont compris entre 15 minutes pour le plus rapide et 28 jours pour le plus long (Figure 15). On notera que, indépendamment de leur succès de franchissement, 57 % des poissons ont un délai de retour inférieur à 8h et 66 % inférieur à 24h (23 individus) et enfin que 26 % d'entre eux ont un délai de retour supérieur à 6 jours, ce qui est élevé par rapport à la distance à parcourir (de 3,5 à 7,5 km).

En ce qui concerne le temps de blocage (temps entre la première et la dernière détection des antennes en aval du barrage), il est compris entre 30 minutes pour le plus court et 28 jours pour le plus long, quel que soit le devenir des poissons (succès de franchissement ou non). Les poissons ayant emprunté l'ascenseur ont un temps de blocage (médiane : 11,4 jours) supérieur aux poissons n'ayant pas réussi à franchir l'aménagement (médiane : 4,2 jours). Cette observation reflète donc une certaine « persévérance » des individus ayant franchi.

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.

Enfin, le temps de blocage total (cumul des 2 temps observés précédemment) des 35 individus étudiés est compris entre 4h et 38 jours au total.

Lors du suivi 2021, deux hydrophones situés dans le canal de fuite de Golfech, à environ 1,5 km en aval de l'usine, permettaient de suivre le devenir des poissons lors des replis en aval de l'usine. Pour les 13 poissons de 2021 détectés en aval de l'usine, 100 % des replis se sont effectués en aval de ces hydrophones situés quasi à la confluence canal de fuite / TCC. Globalement, les saumons s'approchaient de l'usine le matin et se repliaient en fin de journée pour passer la nuit dans des zones plus aval.

6.3.3. DETECTIONS AU NIVEAU DES 2 ENTREES DE L'ASP

Avant d'aborder les incursions aux deux entrées de l'ascenseur, il faut rappeler que sur les 35 saumons arrivés au pied de l'ascenseur, 33 ont été enregistrés par les antennes radio filaires installées au droit des entrées 1 et 2 (Figure 16).

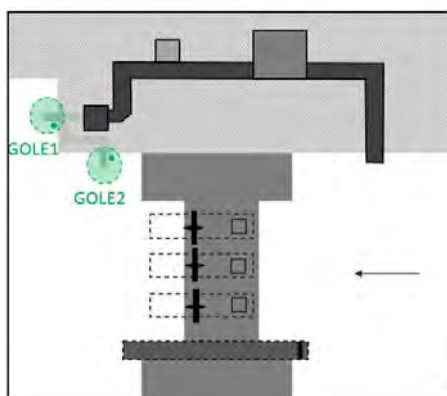


Figure 16 : Rappel de la zone GOLE1 et GOLE2

Le premier saumon non enregistré par ces 2 antennes (SAT21GAR10) est un poisson qui a effectué une seule incursion en aval de l'ascenseur inférieure à 3h, avec uniquement le groupe 2 en fonctionnement. Après cette venue dans l'environnement de l'ascenseur, le poisson a progressivement dévalé jusqu'à passer Couthures sur Garonne 7 jours plus tard (environ 100 km à l'aval de Golfech). Le second (SAT24GAR10) a effectué un grand nombre d'incursions en aval de l'usine (16 au total entre le 30 avril et le 22 mai), entrecoupées de 2 visites au seuil 5 (4 au 6 mai et du 7 au 8 mai). Le temps cumulé de cet individu en pied d'usine est de 64h dans la zone de détection de l'antenne GOLGENE.

Si l'on s'intéresse au ratio du temps enregistré à proximité des entrées par rapport au temps total passé dans la zone GOLGENE, les données se répartissent de 4 % à 95 % (médiane : 42 %, 1^{er} quartile : 24 % et 3^{ème} quartile : 59 %). Cela signifie, pour ce dernier cas, que le poisson a passé quasiment l'intégralité de son temps de présence sur site à proximité de l'une des deux entrées du système. On observe donc un comportement très hétérogène des poissons avec des individus présents en aval de l'ouvrage mais qui restent éloignés des entrées de l'ascenseur et à l'inverse des individus qui passent jusqu'à 95 % de leur temps de présence au droit des entrées de l'ascenseur.

Afin d'observer si les détections enregistrées aux deux entrées de l'ascenseur sont influencées par le fonctionnement de l'usine et notamment l'utilisation du G3 (qui peut en partie masquer

le jet de l'entrée 2), lors des suivis 2021 et 2022, nous avons relié les détections à chaque entrée au fonctionnement d'usine par l'intermédiaire des différentes classes de fonctionnement du G3. Le nombre de poissons marqués ayant évolué au fur et à mesure de la saison (il ne s'agit pas d'un lot global lâché en début de suivi), les détections aux entrées ont été rapportées au nombre de poissons marqués et relâchés au moment de la détection.

Ainsi, une courbe de préférence pour la détection au niveau de l'entrée 2 a été élaborée (Figure 17) en comparant les détections au niveau de chaque entrée en fonction à la fois du nombre de poissons suivis présents dans le canal de fuite et du taux d'utilisation du groupe 3 de l'usine grâce à l'utilisation de l'indice (D) de Jacob (1974). Cet indice, permet de quantifier la préférence (sélection, indifférence, évitement) d'une classe de fonctionnement du groupe 3 pour effectuer une incursion à l'entrée 2.

Ainsi, pour chaque classe de fonctionnement du groupe 3 choisie (i), l'indice de sélection D_i peut être calculé par la formule :

$$D_i = \frac{u_i - d_i}{u_i + d_i - (2u_i d_i)} D_i$$

avec :

- u_i = proportion du critère (ici : nombre d'incursions à une entrée par rapport au nombre de poissons suivis) réalisée pour cette classe de fonctionnement du G3 (%),
- d_i = proportion du temps où cette classe de fonctionnement du G3 a été rencontrée (%).

Cet indice varie de -1 (évitement maximum) à +1 (sélection maximum) et indique des comportements plus ou moins importants de choix de classes de débits :

- de -1 à -0.5 : évitement important,
- de -0.5 à -0.25 : évitement modéré,
- de -0.25 à +0.25 = indifférence,
- de +0.25 à +0.5 = sélection modérée,
- de +0.5 à +1 = sélection importante.

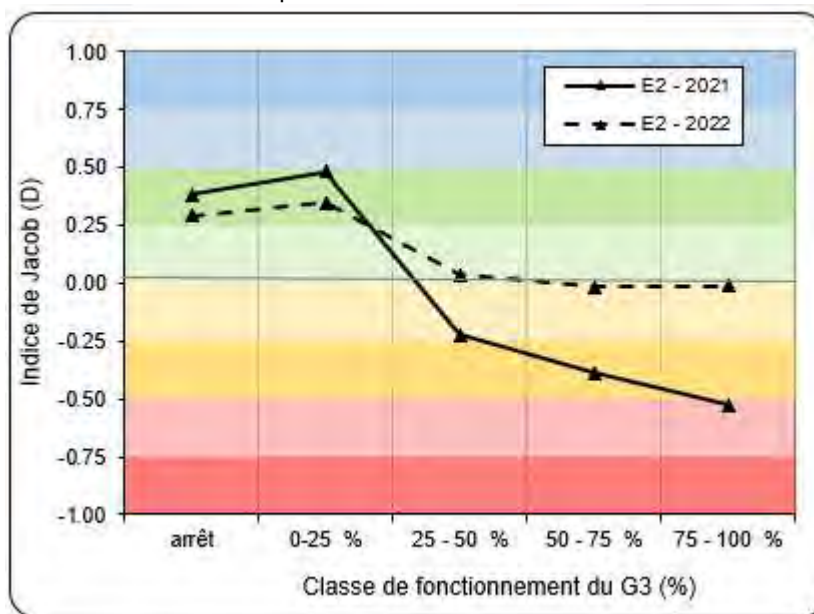


Figure 17 : Comparaison du nombre de détections au niveau de l'entrée 2 de l'ascenseur par rapport au nombre de poissons suivis présents dans le canal de fuite et en fonction du taux d'utilisation du groupe 3 de l'usine en 2021 et 2022

L'indice de Jacob varie en fonction des classes de fonctionnement du G3 lors des détections à l'entrée 2 de l'ASP (Figure 17). En 2021, en étudiant les données issues de 12 saumons détectés au niveau des 2 entrées, nous avons observé une sélection modérée lorsque le groupe 3 est arrêté ou peu utilisé (<25 %). En revanche, lorsque le taux d'utilisation du groupe 3 augmente, un évitement modéré apparaît progressivement pour atteindre un évitement important au-delà d'une puissance de 75 %. En 2022 (n=13 individus), une sélection modérée apparaît également lorsque le groupe 3 est arrêté ou peu utilisé (<25 %). Lorsque le taux d'utilisation du groupe 3 augmente, une indifférence apparaît progressivement et cela même au-delà d'une puissance de fonctionnement supérieure à 75 %.

Ainsi, on peut retenir ici que **si la non utilisation du G3 ou son utilisation à puissance modérée (<25 %) ne semble pas perturber l'attractivité de l'entrée 2, l'utilisation du G3 à plus de 50 % de sa puissance semble pénaliser l'attractivité de l'entrée 2** (Figure 17). Ceci avait déjà été évoqué dans la note concernant les réglages de l'ascenseur avec fonctionnement de la 2^{ème} entrée (ECOGEA pour EDF, 2013).

Suite à ce constat sur les poissons radiomarqués, une visite de terrain a été organisée en décembre 2022 (pôle éco hydraulique de l'OFB, MIGADO, EDF, ECOGEA) dans le but de vérifier visuellement les écoulements en sortie des deux entrées et dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons en fonction de différentes configurations (valeur de débit d'attrait, ouverture des portes anti-retour, fonctionnement à 1 ou 2 entrées de l'ascenseur à poissons). Suite à cette visite, différentes préconisations ont été faites afin d'améliorer l'efficacité du système de franchissement. Parmi elles, la mesure principale est le fonctionnement séquentiel des 2 entrées de l'ascenseur à poissons avec uniquement l'entrée 2 ouverte lorsque le groupe 3 fonctionne à moins de 50 % de sa puissance et uniquement l'entrée 1 ouverte dans le cas contraire (pour plus de détails, voir COURRET et al, 2023). Ainsi, le fonctionnement séquentiel des entrées a été mis en place dès la fin de l'hiver 2022-2023 pour être opérationnel dès la saison de migration 2023.

Depuis la mise en place du fonctionnement séquentiel des deux entrées, deux campagnes de suivi télémétrique ont été réalisées mais peu de saumons ont pu être marqués et observés au niveau des entrées de l'ascenseur. Au total, seuls 9 saumons sont parvenus jusqu'aux entrées et nous possédons les enregistrements uniquement pour 8 d'entre eux (4 en 2023 et 4 en 2024 – comme expliqué au § 6.3.1 un saumon a franchi l'ascenseur alors que la fréquence radio n'était pas enregistrée sur les postes de suivi fixe). Les temps d'enregistrement des saumons marqués dans la zone de l'entrée 2 représentent 23 % du temps total de présence des 8 poissons enregistrés en aval de l'usine. Si l'on observe les configurations d'usine lors des enregistrements à proximité de l'entrée 2, 98 % ont été réalisés avec le G3 à l'arrêt. Cela représente une fenêtre d'environ 130 h au cours de laquelle seuls 3 saumons sur 9 présents ont réalisé une incursion dans l'enceinte de l'ascenseur, pour 2 succès de franchissement.

Le jeu de données obtenu depuis la mise en place du fonctionnement séquentiel des entrées est donc relativement réduit (9 individus enregistrés en aval de l'ouvrage). Toutefois, il semble montrer que **même si les poissons fréquentent volontiers la zone de l'entrée 2 lorsque le groupe 3 ne fonctionne pas, ils éprouvent malgré tout une certaine réticence à pénétrer dans l'enceinte de l'ascenseur une fois à proximité de cette entrée** (seuls 3 poissons sur 9).

6.3.4. COMPORTEMENT DES SAUMONS DANS L'ENCEINTE DE L'ASCENSEUR A POISSONS

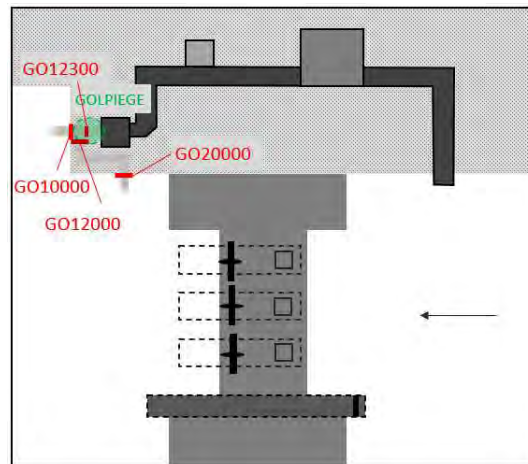


Figure 18 : Rappel des zones de détections dans l'enceinte de l'ASP : zone radio (GOLPIEGE) et zones RFID (GO10000, GO20000, GO12000 et GO12300) étudiées dans le paragraphe 6.3.4

Parmi les 35 saumons détectés à l'aval proche de l'ascenseur, 20 (57%) 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 (Figure 18).

Dans le détail par année, ces résultats sont hétérogènes puisque :

- en 2021, 7 individus sur 12 enregistrés à proximité des entrées ont réalisé une incursion dans l'enceinte de l'ascenseur (soit 58 %),
- en 2022, ce sont 10 individus sur 12 (soit 83 %),
- en 2023, 2 individus sur 5 (soit 40 %),
- et enfin en 2024, seulement 1 individu sur 4 (soit 20 %) a pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur.

L'installation RFID dans l'enceinte de l'ascenseur a évolué entre chaque campagne de suivi : en 2021, il n'y avait que les antennes GO10000 et GO20000 installées aux 2 entrées de l'enceinte, l'antenne intermédiaire GO12000, située à la réunion des deux entrées, n'a été mise en place qu'au cours du suivi 2021 (le 12 mai 2021 exactement). Enfin, l'antenne à plat située sous la nasse GO12300 a été construite pour le suivi 2023.

Concernant les antennes GO10000 et GO20000 installées aux 2 entrées, 20 poissons différents ont été détectés pour un total de 51 incursions¹ distinctes (de 1 à 10 incursions enregistrées par poissons : médiane = 2 ; 1^{er} quartile = 1 et 3^{ème} quartile = 3) (Tableau 15). Sur les 11 succès de franchissement, 5 se sont déroulés lors de la première incursion dans l'enceinte de l'ascenseur (soit 45 %) et sur les 9 échecs, 5 saumons ont effectué une seule incursion (55,5 %). Ainsi, seulement 50% des poissons ayant effectué une seule incursion ont réussi à franchir l'ascenseur

¹ Dans le cadre du RFID, le terme **incursion** correspond à un temps de présence significatif au droit de l'antenne en question (somme de détections successives sans interruption).

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.

(5 sur 10). Cette proportion monte à 60% pour les poissons ayant effectué au moins 2 incursions (6 sur 10).

	Total	SAT sans franchissement (n=9)	SAT avec franchissement (n=11)
min.	1	1	1
max.	10	8	10
médiane	2	1	2

Tableau 15 : Répartition du nombre d'incursions par poisson, au total, avec ou sans succès de franchissement

L'antenne GO12000, correspondant à l'antenne intermédiaire située à la jonction des entrées 1 et 2 (Figure 18), a permis d'enregistrer seulement 5 saumons au total : 2 en 2021, car l'antenne a été installée en cours d'étude (12 mai), 1 en 2022, car le coffret gérant cette antenne a cessé de fonctionner à partir du 05 avril et enfin 2 en 2023 car seulement 2 individus ont pénétré dans l'enceinte de l'ascenseur. Potentiellement, 15 individus auraient pu au total être captés par cette antenne.

Parmi ces 5 poissons, tous ont franchi l'ascenseur, dont 2 lors de leur seule et unique tentative. Les 3 autres poissons ont permis de mettre en évidence des sorties de l'enceinte malgré des détections à l'antenne intermédiaire : ressortie par l'entrée d'arrivée mais aussi des sorties par la seconde entrée en période de fonctionnement non séquentiel d'ouverture des entrées (entrée par l'E1 puis sortie par l'E2 ou entrée par l'E2 puis sortie par l'E1). Cette antenne a permis également de mettre en évidence des entrées puis ressorties par l'E2 sans que l'individu atteigne l'antenne intermédiaire.

Enfin, l'installation de l'antenne GO12300 à plat sous la nasse du piège de l'ascenseur a été réalisée pour tenter d'observer si les poissons ressortaient de la nasse. Malheureusement, elle n'a été construite que juste avant le début du suivi 2023 et n'a au final enregistré que 2 saumons (2 saumons ayant emprunté l'ascenseur en 2023). Sur ces 2 poissons, l'un a pénétré dans le piège lors de sa première tentative et a franchi l'ascenseur. Le second saumon a effectué 5 incursions dans l'enceinte de l'ascenseur avant de se faire piéger, dont 3 avec entrée dans la nasse du piège (2 échecs avec ressortie de la nasse et 1 succès avec piégeage). Ce poisson a malheureusement réussi à sortir de la cuve lors de sa remontée et s'est retrouvé coincé dans la fosse sous la cuve où il restera bloqué avant de mourir.

6.4. RESULTATS D'EFFICACITE

Efficacité de l'ouvrage

» Nombre de poissons ayant franchi l'ascenseur / Nb de poissons enregistrés en aval proche de l'ascenseur



28,5% (10 sur 35)

Attractivité de l'ouvrage

» Nb de saumon ayant réalisé incursions aux entrées / Nb de saumons enregistrés en aval proche de l'ascenseur



57% (20 sur 35)

Franchissabilité de l'ouvrage

» Nombre de saumons ayant franchi l'ascenseur / Nb de saumons ayant réalisé des incursions aux entrées



50% (10 sur 20)

Temps de blocage



succès de franchissement

50 % < 11,4 jrs

échec de franchissement

50 % < 4,2 jrs

Ce qu'il faut retenir de l'efficacité de l'ascenseur

- ⇒ Sur 60 saumons marqués et lâchés à l'aval de l'ascenseur, 35 ont été détectés en aval de l'ouvrage. On retiendra que sur ces 35, seulement 20 ont réalisé au moins une incursion dans l'enceinte de l'ascenseur, soit une attractivité de 57 % (20 sur 35 détectés) et seuls 10 ont finalement franchi l'ascenseur, soit une efficacité globale du dispositif de 28,5 % (10 sur 35 détectés).

6.5. INCURSIONS DANS LE TRONÇON COURT-CIRCUITE

Le tronçon court-circuité peut être une voie alternative à l'ascenseur pour le franchissement du complexe Malause-Golfech. Le débit réservé dans de cette voie de passage est de $20 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ du 15 octobre au 14 juin et de $40 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ 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 $10 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Le complément de débit est alors réalisé par l'un des clapets du barrage.

Avant de rejoindre l'aval du barrage de Malause, les poissons en montaison ont 5 seuils à franchir tout au long des 15 km du tronçon court-circuité. Ces seuils sont pour le moment équipés de passes à poissons de conception ancienne, jugées peu efficaces. Des réflexions sont en cours quant à leur aménagement et/ou arasement.

Une fois au pied du barrage, avant 2022 le barrage de Malause était 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 du lit en aval. Depuis l'hiver 2021-2022, une rivière de contournement a été mise en service en rive droite du barrage de Malause. Ce dispositif est présenté de manière détaillée dans le paragraphe 3.2.1.2.

6.5.1. BILAN A LA STATION DE CONTROLE DE MALAUSE

Année	2022	2023	2024	Total
SAT comptés ASP Golfech	166	14	14	194
SAT comptés à Malause (hors radiopistage)	4	3	2	9
% de passage par Malause	2%	18%	13%	4%

Tableau 16 : Résultats des comptages à la station vidéo de Golfech et de Malause

Après la mise en service de la rivière de contournement, plusieurs saumons ont été comptés chaque année à la station de contrôle de Malause. Hors poissons radiomarqués, 9 saumons ont été recensés depuis 2022, avec de 2 à 4 individus par an (Tableau 16). En fonction des années, cela représente 2 à 18 % du stock contrôlé sur l'ensemble de l'aménagement.

Ces effectifs contrôlés, somme toute modestes, sont liés à la fois, à la faible attractivité du TCC quand l'usine de Golfech turbine et que les déversements au barrage sont faibles, ainsi qu'aux difficultés rencontrées par les poissons pour franchir les 5 seuils jalonnant le TCC.

6.5.2. EQUIPEMENT DU TCC POUR LE SUIVI TELEMETRIQUE

Les poissons marqués étant lâchés en aval de la restitution du canal de fuite et du tronçon court-circuité, ils peuvent emprunter le tronçon court-circuité. De ce fait, cette voie a été équipée dès le début du suivi afin de pouvoir enregistrer d'éventuelles incursions de poissons marqués.

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.

Année	Radio	Localisation	Acoustique	Localisation
2021	-	-	4 hydrophones	2 hydrophones (pont de Mondoux) 2 hydrophones (Auvillar)
2022	1 poste	aval seuil 5 RG	4 hydrophones	2 hydrophones (pont de Mondoux) 2 hydrophones (Auvillar)
2023	1 poste	aval seuil 5 RG	-	-
2024	1 poste	seuil 5 RG	-	-

Tableau 17 : Détails par année des différentes installations télémétriques du TCC

Au total entre 2021 et 2024, 10 individus marqués ont été enregistrés dans le tronçon court-circuité comme atteignant au moins le pied du seuil 5, soit par une station d'enregistrement fixe, soit par suivi manuel. En 2021, il n'y avait pas encore de station radio au niveau du seuil 5, ainsi les poissons détectés dans le TCC cette année-là l'ont été soit grâce aux hydrophones (amont seuil 4 et amont seuil 3), soit grâce au suivi manuel (Tableau 17). Ainsi, il est probable que le nombre de détections en 2021 soit sous-estimé. Lors des suivis 2022 et 2023, une station radio a été installée environ 1 km en aval du seuil 5 (et environ 500m en amont de la restitution du canal de fuite). Après analyse des données récoltées, il a été décidé de déplacer cette station et de la rapprocher du seuil 5 car les données enregistrées semblaient partielles. Là encore, le nombre d'individus enregistrés en 2022 et 2023 est sans doute sous-estimé. Pour le suivi 2024, la station d'enregistrement a été installée directement au niveau du seuil 5.

Les 10 poissons détectés en aval du seuil 5 ont tous emprunté le canal de fuite et visité la zone aval usine de Golfech avant de redévaler et de s'engager dans le tronçon court-circuité. Ainsi, entre 2021 et 2024, **a minima 30 % (10/35) des saumons enregistrés à proximité de l'ascenseur ont à un moment visité l'aval du TCC.**

Parmi les 10 poissons enregistrés en aval du seuil 5, 4 individus l'ont franchi (4 sur 10, soit 40 %) (Tableau 18). Parmi ces 4 poissons, 2 sont arrivés au pied du barrage de Malause et 1 seul a franchi l'obstacle par la rivière de contournement en 2023. Le second poisson n'ayant pas franchi a atteint l'aval du barrage en 2021, lorsque la nouvelle passe n'était pas encore en service. L'émetteur de ce poisson a été capté jusqu'au mois de juin 2021 (son tag acoustique a cessé de fonctionner avant la fin du suivi, donc aucune information sur la prédation potentielle de l'individu n'est disponible). Pour les 2 autres poissons ayant franchi le seuil 5, l'un a atteint l'aval du seuil 1 en 2024 avant de dévaler sur un coup d'eau (1000 à 1200 m³.s⁻¹ enregistrés à Lamagistère) et le second a atteint Auvillar, en amont du seuil 3, lors du suivi 2021, avant de se faire prédater par un silure après plusieurs jours de présence entre le seuil 3 et le seuil 2.

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.

	2021	2022	2023	2024**	Total
retour SAT aval ASP	13	12	5	5	35
SAT détecté au moins 1 fois au pied du seuil 5	3*	2	1	4	10
% d'incursion	23%	17%	20%	80%	29%
SAT détecté amont seuil 5	2	0	1	1	4
SAT radiomarcqué franchissant Malause	0	0	1	0	1

Tableau 18 : Résultats du suivi télémétrique dans le tronçon court-circuité de Golfech

*en 2021, le seuil 5 n'était pas équipé de station d'enregistrement fixe, mais un poisson y a été détecté lors d'une session de suivi manuel

**en 2024, la station d'enregistrement fixe a été déplacée et installée directement au niveau du seuil 5. Les résultats obtenus sont donc plus exhaustifs qu'en 2022 et 2023.

Concernant les 6 individus détectés en aval du seuil 5 et qui ne l'ont pas franchi, ils présentent plusieurs destinées. L'un a finalement fini par emprunter l'ascenseur, 27 jours après sa présence au pied du seuil 5. Deux individus se sont fait prédater en aval de l'ouvrage de Golfech (aval usine ou canal de fuite) et enfin, 3 individus ont fini par dévaler suite à un coup d'eau.

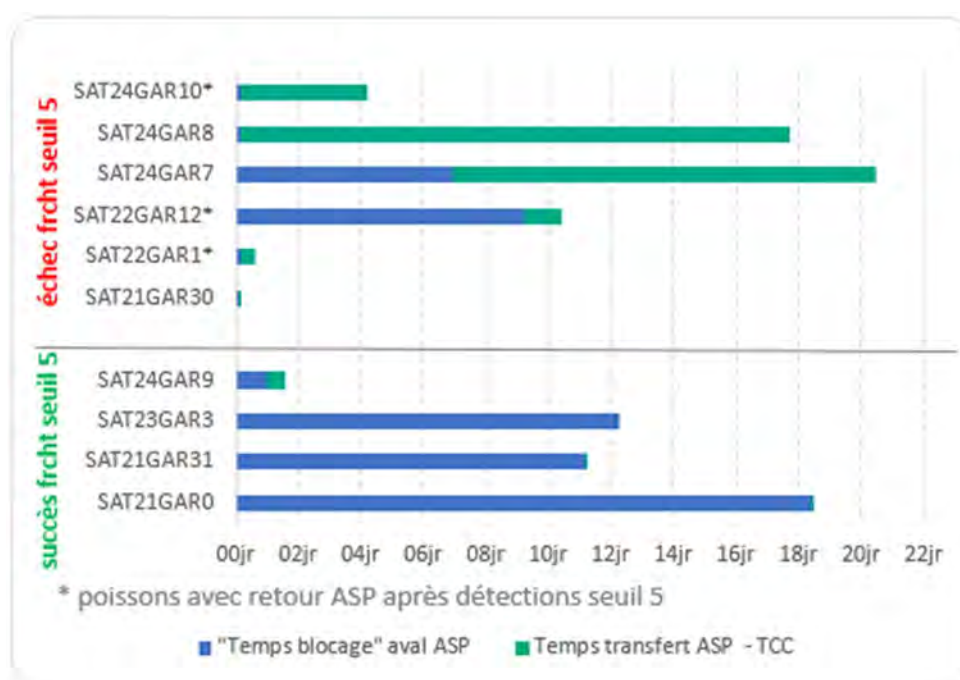


Figure 19 : Délais d'arrivée des saumons dans le tronçon court-circuité au pied du seuil 5

La Figure 19 présente le délai d'arrivée des 10 saumons enregistrés au niveau du seuil 5. Ce délai d'arrivée correspond au temps de blocage au pied de l'aménagement de Golfech auquel s'ajoute le temps de transfert dans le tronçon court-circuité, c'est-à-dire le temps entre le dernier enregistrement en aval de l'usine de Golfech et la première détection au pied du seuil 5.

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.

Les délais observés sont compris entre 3h30 et 20,5 jours (médiane : 10,75 jours). Les poissons ayant un temps de transfert important sont des poissons qui ont stagné en aval du canal de fuite ou qui se sont repliés au niveau de Lamagistère, avant d'explorer le tronçon court-circuité. On notera également que 3 poissons sont retournés au pied de l'usine après leur échec en aval du seuil5.

Année	ID poisson	1ère détection	Débit usine (m ³ .s ⁻¹)	Débit TCC (m ³ .s ⁻¹)	Ratio (Q _{TCC} /Q _{usine})	Dernière détection	Débit usine (m ³ .s ⁻¹)	Débit TCC (m ³ .s ⁻¹)	Ratio (Q _{TCC} /Q _{usine})	Détection	Temps de détection au seuil 5 (hh:mm)	Franchissement seuil n°5
2021	SAT21GAR0	22/04/2021 20:00	111.4	69.5	0.62	24/04/2021 17:00	144.21	69.12	0.48	Dernière détection ASP et 1ère détection Malause	45:00	succès
2021	SAT21GAR30	19/05/2021 16:00	369.7	69.6	0.19	19/05/2021 21:30	349.86	68.61	0.20	Détection manuelle	5:30	échec
2021	SAT21GAR31	23/05/2021 19:51	202.0	24.0	0.12	24/05/2021 18:30	218.37	21.5	0.10	Dernière détection ASP et 1ère détection Mondou	22:39	succès
2022	SAT22GAR1	24/03/2022 05:36	446.8	20.4	0.05	24/03/2022 06:06	447.4	19.98	0.04	Antenne Radio	0:30	échec
2022	SAT22GAR12	20/04/2022 23:11	337.1	19.9	0.06	20/04/2022 23:12	337.1	19.9	0.06	Antenne Radio	0:01	échec
2023	SAT23GAR3	26/04/2023 20:48	254.5	19.0	0.07	28/04/2023 15:07	214.34	22.85	0.11	Dernière détection ASP et 1ère détection Malause	42:19	succès
2024	SAT24GAR7	13/05/2024 04:56	498.0	105.0	0.21	14/05/2024 00:12	450.8	37.2	0.08	Antenne Radio	19:16	échec
2024	SAT24GAR8	15/05/2024 08:21	527.0	117.0	0.22	15/05/2024 17:37	525.6	238.4	0.45	Antenne Radio	9:16	échec
2024	SAT24GAR9	29/04/2024 07:45	317.3	40.7	0.13	29/04/2024 11:18	331	43	0.13	Antenne Radio	3:33	succès
		02/05/2024 14:10	398.4	652.6	1.64	02/05/2024 14:26	398.4	652.6	1.64	Antenne Radio	0:16	dévalaison
2024	SAT24GAR10	04/05/2024 15:15	298.2	656.0	2.20	06/05/2024 22:09	528.5	425.5	0.81	Antenne Radio	54:54	échec
		07/05/2024 16:03	531.3	450.7	0.85	08/05/2024 20:04	530.4	431	0.81	Antenne Radio	28:01	échec

Tableau 19 : Conditions de débit dans le tronçon court-circuité et à l'usine lors des détections de poissons au seuil 5

Le Tableau 19 et la Figure 20 permettent de caractériser les différentes détections de saumons suivis et enregistrés au pied du seuil 5. Il faut toutefois garder à l'esprit que l'antenne installée au niveau du seuil 5 en 2022 ne couvre pas l'intégralité de la largeur du TCC, les informations présentées ici sont donc partielles, soit concernant la présence même des poissons, soit concernant leur temps de présence. En outre en 2021, il n'y avait pas de station d'enregistrement fixe au niveau du seuil 5, nous avons donc seulement des fenêtres de présence entre les deux dernières positions connues ou entre les dernières détections manuelles relevées et il est probable que le nombre de détections en 2021 soit sous-estimé.

La grande majorité des poissons enregistrés au seuil 5 l'ont été lors d'une visite unique (8 sur 10), excepté les poissons **SAT24GAR9** et **SAT24GAR10** qui ont deux périodes de détections distinctes. Pour le poisson **SAT24GAR9**, la deuxième période de détection correspond à de la dévalaison puisque ce poisson avait franchi le seuil 5 lors de la première présentation et s'était engagé dans le TCC jusqu'au seuil 1. Cette dévalaison a été enregistrée lors d'un coup d'eau avec un débit entrant supérieur à 1000 m³.s⁻¹ à Malause. Pour le saumon **SAT24GAR10**, les deux visites sont espacées d'environ 18h, période pendant laquelle le poisson a fait une incursion en aval de l'usine dans la zone de l'antenne GOLGENE (7h de présence en aval de l'usine sur la fenêtre de 18h).

Les durées de présence enregistrées en aval du seuil 5 sont relativement courtes, notamment par rapport aux temps de présence enregistrés en aval de l'usine par exemple. En effet, les durées de présence des poissons ne dépassent pas 54h, avec une moyenne de 21h et une médiane de 4h30.

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.

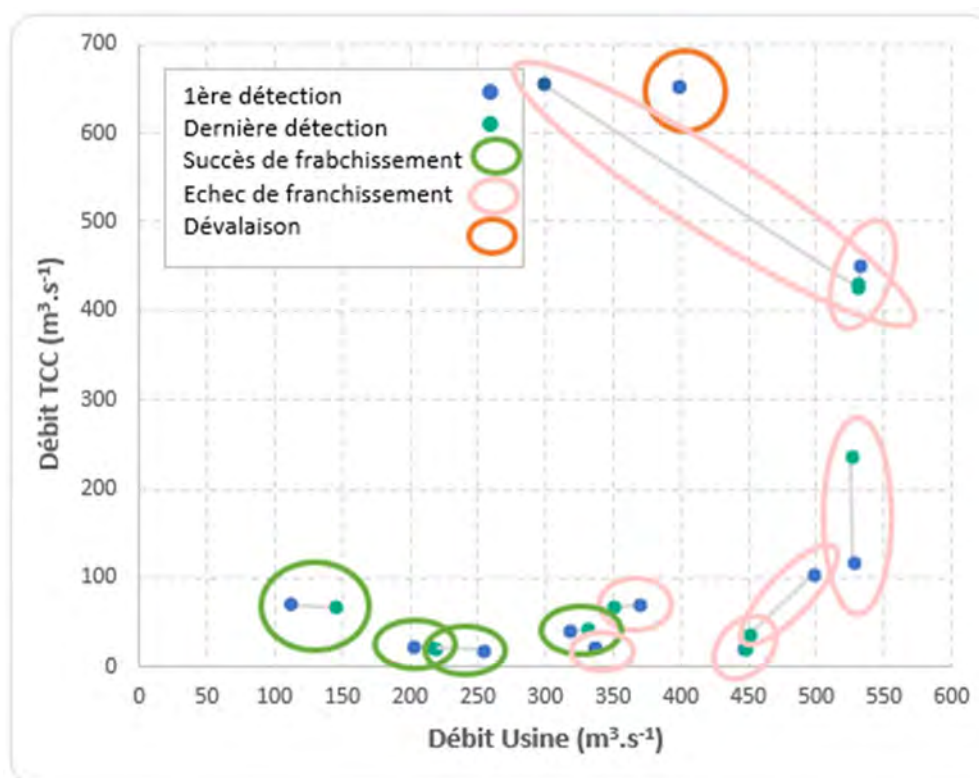


Figure 20 : Rapport entre le débit du tronçon court-circuité et le débit du canal de fuite lors de la présence des poissons suivis en aval du seuil 5

Les 4 succès de franchissement du seuil 5 ont été observés avec un débit faible dans le TCC, compris entre 20 et 70 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ et un débit moyennement élevé coté usine, compris entre 110 et 350 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$. On note aussi 3 échecs de franchissement pour des débits du TCC < 70 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$. En revanche, dès que le débit du TCC devient supérieur à 70 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, on observe 4 échecs et 1 renoncement (dévalaison). Il semble donc que, **dans les conditions actuelles d'équipement du seuil 5, les débits élevés dans le TCC puissent attirer des poissons vers cette voie mais que le franchissement du seuil par la passe à poissons existante ne soit possible qu'à faible débit (< 70 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$).**

Ce qu'il faut retenir des incursions des saumons dans le TCC

- ➔ Concernant les poissons radiomarqués, 29 % (10/35) des individus suivis en aval de l'ouvrage de Golfech se sont présentés, dans un second temps, au moins une fois en aval du seuil 5 dans le TCC. **Cela signifie que tous les enregistrements dans le TCC résultent d'un premier blocage au niveau de l'ascenseur.** Parmi ces poissons enregistrés en aval du seuil 5, 40 % (4/10) l'ont franchi mais 1 seul à finalement franchi le barrage de Malause.

6.6. DEVENIR DES POISSONS SUIVIS EN AMONT DE L'ASP

6.6.1. CANAL DE TRANSFERT

	Poissons détectés dans le canal de transfert	Nombre de poissons sortis du canal de transfert	Remarques
2020	18*	17	1 mort par prédation
2021	4	4	-
2022	5	4	1 mort mais sans trace de prédation
2023	1	1	-
2024	-	-	-

*en 2020, les saumons marqués ont tous été relâchés dans le canal de transfert en amont du piège

Tableau 20 : Détails des détections dans le canal de transfert et des sorties du canal de transfert

Au cours des différentes années de suivi, 28 poissons différents ont été enregistrés dans le canal de transfert (Tableau 20), avec pour rappel, l'année 2020 où l'ensemble des poissons marqués ont été relâchés dans le canal de transfert (en amont du piège). Sur ces 28 poissons, 26 ont été enregistrés comme sortant du canal de transfert (93 %). Les 2 poissons qui ne sont pas sortis du canal ont été retrouvés morts lors de vidange du canal. L'un a subi l'attaque d'un prédateur et une seule partie de son corps a été retrouvée non digérée, avec le tag radio à proximité sur le fond du canal mais sans présence du tag prédation acoustique. Le second poisson a été retrouvé en aval de la vitre de contrôle sans trace d'agression ou de prédation.

Les 26 saumons suivis sortis du canal de transfert ont entamé leur parcours dans le canal d'amenée de l'usine.

6.6.2. CANAL D'AMENEE DE GOLFECH

6.6.2.1. NOMBRE DE SORTIES DU CANAL D'AMENEE

La description du site de Malause-Golfech est présentée en partie 3.2, mais nous rappellerons ici que le barrage mobile de Malause alimente l'usine via un canal d'amenée d'environ 10.6 km de long. Ce canal présente une section trapézoïdale et entièrement revêtu en béton bitumeux, ce qui lui confère un caractère lisse d'un point de vue hydraulique. Il est constitué de 4 tronçons avec une section d'écoulement qui augmente de l'amont vers l'aval par approfondissement et élargissement du canal.

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.

	Nbr SAT sortis du canal transfert	Nbr SAT arrivés à l'amont du canal d'amenée
2020	17	16
2021	4	4
2022	4	4
2023	1	1
Total	26	25 (soit 96%)

Tableau 21 : Répartition par année du nombre de saumons suivis sortis du canal de transfert de Golfech et du nombre d'individus ayant atteint l'amont du canal d'amenée

Comme vu précédemment au § 6.6.1, 26 saumons marqués ont quitté le canal de transfert de Golfech. Parmi ces 26 poissons, 25 (96 %) ont atteint l'amont du canal d'amenée de l'usine (Tableau 21). Le seul poisson qui n'a pas entamé de déplacement dans le canal d'amenée, est resté en 2020 en amont direct de l'usine dès sa sortie du canal de transfert et l'immobilité de son émetteur laissait présager une mort rapide. La perte de son tag prédation dans le canal de transfert ne permet pas de conclure à une prédation.

Le devenir de ces 25 poissons sera traité au paragraphe 6.7.

6.6.2.2. INFLUENCE DES PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX SUR LA MONTAISON DANS LE CANAL D'AMENEE

Parmi les 25 poissons marqués ayant atteint l'amont du canal d'amenée, nous disposons de données précises sur le temps de parcours de 19 individus. Nous avons à disposition également des temps de parcours maximaux pour 3 individus qui avaient perdu leur tag acoustique et qui ont pu être pointés en suivi manuel. Pour les 3 derniers poissons, 2 ont perdu le tag acoustique et le 3^{ème} est un poisson du suivi 2023, campagne durant laquelle le suivi acoustique a été abandonné.

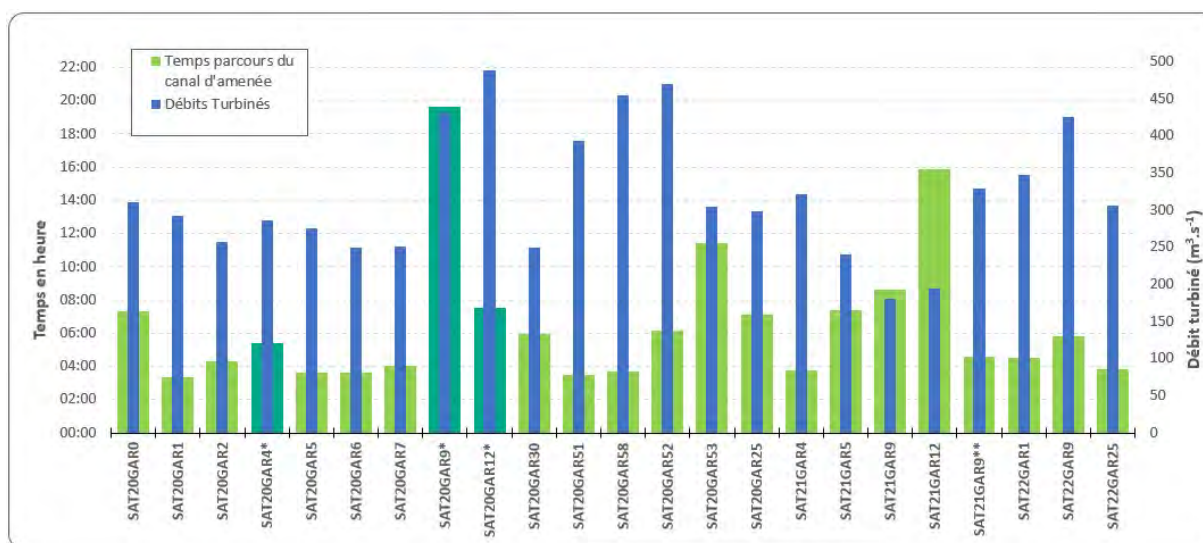


Figure 21 : Temps de parcours dans le canal d'amenée en fonction du débit turbiné

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.

**Pour ces 3 poissons, il s'agit d'un temps de parcours maximal car estimé à l'aide de pointage de suivi manuel et non de station fixe.*

*** le saumon SAT21GAR9 a effectué plusieurs A/R dans le canal d'aménée, ainsi qu'une deuxième remontée complète présentée ici.*

Concernant les 22 poissons (19+3) pour lesquels nous avons des données (Figure 21), le temps de parcours entre l'aval et l'amont du canal d'aménée est compris entre 3h22min pour l'individu le plus rapide (soit une vitesse moyenne de 3.1 km.h⁻¹) et 19h40min pour le plus lent (soit une vitesse moyenne de 0.5 km.h⁻¹). Le temps de parcours médian est de 5h24min, avec un 1^{er} quartile de 3h46min et un 3^{ème} quartile de 7h21min.

Le débit moyen turbiné pour ces 22 trajets est de 320 m³.s⁻¹, ce qui représente environ 58 % du débit maximum turbinable. Seulement 6 saumons ont évolué dans le canal avec un débit moyen turbiné supérieur à 380 m³.s⁻¹. Les poissons ont donc évolué dans des conditions de vitesse d'écoulement contraignantes dans le canal mais pas les plus difficiles. En effet, à 320 m³.s⁻¹, les vitesses d'écoulement sont comprises entre 0,44 m.s⁻¹ sur la partie aval du canal et 0,80 m.s⁻¹ sur la partie amont, alors qu'elles peuvent atteindre 1.30 à 1.45 m.s⁻¹ sur la partie amont du canal quand l'usine turbine à fond (540 m³.s⁻¹).

En 2024, l'ensemble des données de suivis dans le canal d'aménée de Golfech-Malause acquises entre 2020 et 2022 a été repris et compilé par le Pôle d'Ecohydraulique de l'OFB à Toulouse afin de travailler sur l'évaluation de la dépense énergétique des saumons atlantiques lors de leur passage dans ce canal (GENSON, 2024)². En effet sur la Garonne, les géniteurs de saumon atlantique sont amenés à parcourir plus de 380 km depuis l'estuaire de la Gironde avant d'atteindre les premiers habitats de reproduction fonctionnels situés en amont de Saverdun sur l'Ariège (ou après avoir atteint la station de piégeage-transport de Carbonne sur la Garonne). L'aménagement hydroélectrique de Golfech-Malause est le premier obstacle majeur sur la Garonne et la voie principale de franchissement est l'ascenseur à poissons située au niveau de l'usine. Les poissons empruntant l'ascenseur doivent alors remonter le canal d'aménée qui s'avère particulièrement long (plus de 10 km), avec des vitesses d'écoulement élevées, et qui ne présente a priori aucune zone de repos pour les poissons. Si les temps de parcours présentés ci-dessus semblent corrects, dans son étude GENSON (2024) montre que les débits élevés dans le canal d'aménée, en particulier au-dessus de 350 m³.s⁻¹, augmentent considérablement les dépenses énergétiques des saumons, affectant potentiellement leur succès migratoire.

Ce qu'il faut retenir du passage des saumons dans le canal d'aménée

⇒ **96 % des individus ayant emprunté le canal d'aménée sont arrivés à l'amont de celui-ci** (25 sur 26 individus), qu'ils soient lâchés dans le canal de transfert ou lâchés en aval de l'ascenseur.

² GENSON, 2024. *Evaluation des dépenses énergétiques pour les saumons Atlantique lors de leur remontée dans le canal d'aménée de Golfech et dans les tronçons de Garonne coulant sur la dalle.*

6.7. COMPORTEMENT DES SAUMONS ENTRE MALAUSE ET TOULOUSE

Ce paragraphe traite du devenir des 25 poissons étudiés arrivés au barrage de Malause en amont du canal d'amenée, auxquels s'ajoutent également 2 poissons suivis qui ont franchi la rivière de contournement et la passe de Malause, soit un total 27 individus. Ils ont été classés en 2 groupes : les poissons ayant atteint l'ouvrage du Bazacle à Toulouse d'une part, et les poissons ayant stoppé leur migration de montaison sur le secteur Malause-Bazacle ou qui ont entamé leur migration mais qui ont par la suite dévalé d'autre part.

6.7.1. POISSONS AYANT ATTEINT L'AMENAGEMENT DU BAZACLE

Parmi les 27 poissons étudiés, 14 ont atteint l'ouvrage du Bazacle à Toulouse (soit 52 %). Il s'agit de 7 poissons sur 16 en 2020, 2 sur 4 en 2021, 4 sur 5 en 2022 et enfin 1 sur 2 en 2023. Parmi ces 14 individus, 1 seul provient d'un passage par le TCC de Golfech et la rivière de contournement de Malause.

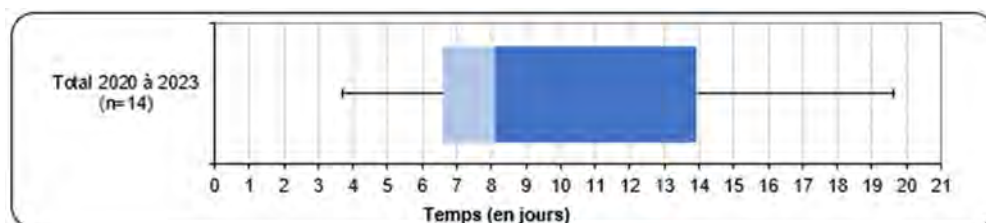


Figure 22 : Répartition des temps de transfert entre la sortie du canal d'amenée à Malause et l'arrivée à l'aval du Bazacle pour les poissons suivis ayant atteint cet ouvrage

La Figure 22 représente la durée de transit entre le barrage de Malause (sortie canal d'amenée) et l'arrivée en aval du Bazacle. Ces temps se répartissent entre 3,7 jours pour le poisson le plus rapide et 19,6 jours pour le plus lent. La médiane est de 8 jours et 75 % des poissons ont parcouru ce trajet en moins de 14 jours.

La distance entre le barrage de Malause et le barrage du Bazacle est de 96 km. La vitesse moyenne de transfert pour ces poissons est donc comprise entre 26 km/jr pour le plus rapide et 4,9 km/jr pour le poisson ayant le temps de parcours le plus long. La vitesse médiane pour ces 14 saumons est de 12 km/jr. A titre de comparaison, des études menées sur la Loire et sur le gave de Pau ont montré que les vitesses de migration des saumons étaient comprises entre 19 km/jour et 37 km/jour et 7 km/jour et 38 km/jour respectivement (BARIL & GUENEAU, 1986 ; CHANSEAU & LARINIER, 1999).

6.7.2. POISSONS AVEC ARRET EN COURS DE MIGRATION OU AYANT DEVALE APRES UN EPISODE DE MONTAISON

Cette catégorie concerne 13 individus qui ont interrompu leur mouvement vers l'amont sans jamais le reprendre ou en redévalant le secteur de Garonne libre.

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.

Devenir des poissons	Nbr poissons concernés	%
Dévalaison TCC	2	15.4%
Dévalaisons canal d'amenée	2	15.4%
Arrêt retenue Malause	2	15.4%
Prédation avérée		
- 16 km en amont du barrage de Malause	2	15.4%
- dans Toulouse		
Arrêt sur secteur malause-Bazacle	5	38.5%
- passage à Belleperche, 21 km en amont du barrage de Malause puis dévalaison		
- arrêt à Bourret, 27 km en amont du barrage de Malause puis dévalaison		
- arrêt à Verdun sur Garonne : 45 km en amont du barrage de Malause		
- arrêt à Grenade sur Garonne : 61 km en amont du barrage de Malause		
- Arrivée à Beauzelles, 75 km en amont du barrage de Malause puis dévalaison		

Tableau 22 : Devenir des poissons suivis après arrivée à l'amont du canal d'amenée

2 poissons ont dévalé dans le TCC suite à leur arrivée à l'amont du canal d'amenée dans la retenue de Malause (Tableau 22). Ces deux individus ont rejoint le TCC pendant des coups d'eau ($Q_{horaire}$ max $1100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le premier et $Q_{horaire}$ max $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le second) au cours desquels les déversements au barrage de Malause étaient significatifs. Il y a également 2 poissons qui ont redévalé directement le canal d'amenée pour finir en aval de l'ouvrage de Golfech.

Parmi les 9 autres poissons, 2 ont arrêté leur migration dans la retenue de Malause (Tableau 22). Le premier n'a jamais été retrouvé par la suite et le second a perdu son tag acoustique, de ce fait, aucune information concernant la prédation n'est disponible pour ces deux individus.

Deux individus ont été enregistrés comme prédatés. Le premier au niveau de Castelferrus (16 km en amont du barrage de Malause). Cette prédation a été constatée 12 jours après le marquage du poisson et 11 jours après sa sortie du canal d'amenée mais il n'est pas possible de connaître la date de la prédation. Le second a été prédaté en aval de Toulouse ou bien dans Toulouse puisque les premières détections de l'émetteur concerné enregistrées en aval du Bazacle correspondent déjà à un individu prédaté et donc à un silure.

Enfin, les 5 derniers individus ont tous entamé une migration vers l'amont mais ne sont pas arrivés jusqu'à l'aménagement du Bazacle. Deux saumons ont parcouru 21 et 27 km en amont du barrage de Malause avant de redévaler et de s'arrêter dans la retenue de Malause. L'un a perdu son tag prédation et le second n'a pas pu être décodé, donc aucune information sur leur prédation éventuelle n'est disponible. Un poisson s'est arrêté à Verdun/Garonne (45 km en amont du barrage de Malause) et son tag radio a été pointé régulièrement au même endroit jusqu'à la fin du suivi (ce poisson ne possédait pas de tag acoustique prédation). Un autre individu a arrêté ses déplacements au niveau de Grenade/Garonne (61 km en amont du barrage de Malause). L'émetteur radio de ce saumon ne bougera plus jusqu'à la fin de son suivi et le tag acoustique n'a pas pu être contrôlé (pas d'information sur la prédation). Enfin, le dernier poisson a atteint Beauzelle (75 km en amont du barrage de Malause et 10 km en aval du seuil du Bazacle). Il a ensuite dévalé et a été enregistré dans le canal d'amenée de Golfech 10 jours plus tard où il finira prédaté.

Ce qu'il faut retenir des transferts Malause-Bazacle

⇒ **52 % des poissons suivis a atteint l'ouvrage du Bazacle** (14 sur les 27 poissons enregistrés à l'amont du barrage de Malause : 25 ayant parcouru le canal d'aménée et 2 provenant du TCC). Les temps de transfert pour parcourir les 96 km séparant Malause du Bazacle sont compris entre 3,7 jours et 19,6 jours, avec une médiane de 8 jours.

6.8. COMPORTEMENT AU NIVEAU DE L'AMENAGEMENT DU BAZACLE

Nous avons vu dans la partie précédente (§ 6.7.1) que 14 individus suivis ont atteint l'ouvrage du Bazacle à Toulouse sur les 27 potentiellement au départ de la retenue de Malause, soit 52 %.

Afin de décrire au mieux les comportements de chacun des individus, nous avons classé le devenir des poissons en 2 groupes : les poissons ayant stoppé leur migration en aval de l'aménagement du Bazacle et les poissons ayant franchi l'aménagement du Bazacle.

6.8.1. POISSONS N'AYANT PAS FRANCHI L'AMENAGEMENT DU BAZACLE

Au total, 6 individus sur les 14 arrivés en aval du Bazacle n'ont pas réussi à franchir l'aménagement (soit 43 %). Ces échecs sont répartis du mois d'avril au mois de juin avec des débits d'arrivée sur site compris entre 77 m³.s⁻¹ et 284 m³.s⁻¹ enregistrés à la station de Portet-sur-Garonne. Les hauteurs de chute à l'entrée de la passe à poissons étaient comprises entre 30 et 44 cm lors de l'arrivée des poissons (en 2020, l'enregistrement de cette information n'était pas disponible).

Année	ID poisson	Date 1 ^{ère} détection	Délais depuis Malause	Q _{Garonne} (m ³ /s)	Q _{Turb Bazacle} (m ³ /s)	H _{chute} PAP (cm)	Date dernière détection	Q _{Garonne} (m ³ /s)	Q _{Turb Bazacle} (m ³ /s)	H _{chute} PAP (cm)	Devenir du poisson
2020	SAT20GAR0	15/04/2020 12:47	5.4 jr	141	77.7	-	29/06/2020 14:58	100	69.21	-	aval Bazacle
2020	SAT20GAR3	17/04/2020 08:54	6.7 jr	155	80.92	-	05/05/2020 22:14	285	83.68	-	aval Bazacle
2020	SAT20GAR5	05/05/2020 11:34	19.6 jr	284	89.03	-	12/06/2020 15:04	295	72.57	-	aval Bazacle
2021	SAT21GAR5	02/05/2021 18:13	17.3 jr	171	38.44	30	09/05/2021 23:30	166	39.78	29	aval Bazacle
2022	SAT22GAR1	03/05/2022 04:12	12.5 jr	230	82.48	40	19/07/2022 14:27	49.1	-	-	aval Bazacle
2022	SAT22GAR25	18/04/2022 08:11	4.8 jr	201	70.87	44	03/05/2022 23:37	240	82.6	41	dévalaison

Tableau 23 : Configurations environnementales et de l'ouvrage de franchissement du Bazacle pour les poissons suivis arrivés en aval de l'aménagement mais qui ne l'ont pas franchi

Le poisson **SAT22GAR25** a été enregistré jusqu'au 3 mai après 15,6 jours de présence au pied de l'ouvrage. L'analyse de ses enregistrements montre une prospection active à proximité de la passe à bassins mais sans pénétrer dans le dispositif. Ce poisson a redévalé suite à un léger

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.

coup d'eau (Q_h max $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ enregistré le 04/05/22 à Portet-sur-Garonne). Ce poisson ne possédait pas de tag prédation.

Les 5 autres poissons ont terminé le suivi au pied de l'aménagement. Parmi ces 5 individus, la durée de présence en aval de l'aménagement varie de 7 à 77 jours. Au total, 4 de ces saumons étaient équipés de tag prédation : le premier l'a perdu après le marquage, le second était équipé d'un tag non activé, le troisième n'a pas pu être contrôlé et le quatrième n'a pas déclenché son tag jusqu'à la fin du suivi. Pour le cinquième saumon, il possédait un tag acoustique non prédation : il est peu probable qu'il ait été prédaté puisque le tag radio et le tag acoustique ont été enregistrés de manière synchrone et n'étaient donc pas séparés jusqu'à la fin des enregistrements.

Quelle que soit la durée d'enregistrement en aval de l'ouvrage, ces poissons ont montré une phase de prospection active à proximité de l'entrée de la passe à bassins lors de leur arrivée sur site mais sans pénétrer dans celle-ci. Les hauteurs de chute à l'entrée de la passe ont été correctes et comprises entre 30 et 40 cm pour les poissons dont l'information est connue. Après cette phase de prospection apparaissent les premiers retraits en aval du site puis les poissons sont enregistrés de manière épisodique à l'antenne radio générale du site. Après cette seconde phase, les poissons sont ensuite détectés en suivi manuel en aval du site (rive droite ou rive gauche), avec de très rares mouvements voir plus aucun mouvement jusqu'à la fin des suivis.

On citera également le poisson **SAT22GAR54**, non présenté dans le Tableau 23, qui a été prédaté en aval proche de l'ouvrage. En remontant au déclenchement du tag prédation, il s'avère que la prédation s'est déroulée 1 heure avant la première détection du tag acoustique à l'entrée de la passe à bassins du Bazacle. Ceci signifie donc que le poisson enregistré par la suite en aval du Bazacle n'était plus un saumon, mais très certainement un silure.

6.8.2. POISSONS AYANT FRANCHI L'AMENAGEMENT DU BAZACLE

Au cours des différents suivis, 8 individus sur les 14 arrivés en aval du Bazacle ont franchi l'aménagement (soit 57 %). Ces franchissements sont également répartis du mois d'avril au mois de juin, avec des débits d'arrivée sur site compris entre $123 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et $247 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ enregistrés à la station de Portet-sur-Garonne et un délai d'arrivée en aval de l'ouvrage du Bazacle compris entre 3,7 et 15 jours (médiane de 8 jours).

Année	ID poisson	Date 1 ^{ère} détection	Délais depuis Malause	Q_{Garonne} (m^3/s)	$Q_{\text{turb Bazacle}}$ (m^3/s)	$H_{\text{chute PAP}}$ (cm)	Date franchissement	Durée franchissement (h:mm)	Q_{Garonne} (m^3/s)	$Q_{\text{turb Bazacle}}$ (m^3/s)	$H_{\text{chute PAP}}$ (cm)	Devenir du poisson
2020	SAT20GAR1	18/04/2020 10:08	7.7 jr	141	83.09	-	19/04/2020 18:55	0:28	172	78.24	-	dévalaison après franchissement
2020	SAT20GAR2	19/04/2020 18:04	8.2 jr	172	82.07	-	20/04/2020 19:51	0:47	309	88.3	-	dévalaison après franchissement
2020	SAT20GAR4	18/04/2020 15:47	8.0 jr	163	79.06	-	18/04/2020 18:46	0:37	164	82.65	-	axe Ariège
2020	SAT20GAR53	02/06/2020 21:51	6.6 jr	150	78.65	-	24/06/2020 13:20	1:39	110	49.88	-	axe Garonne
2021	SAT21GAR12	18/05/2021 20:27	3.7 jr	171	49.5	29	30/05/2021 09:07	0:37	100	43.52	28	axe Garonne
2022	SAT22GAR4	20/04/2022 15:04	14 jr	247	83.54	41	22/04/2022 18:25	1:05	218	83.53	41	axe Ariège
2022	SAT22GAR9	13/04/2022 06:58	10.7 jr	213	77.28	44	09/05/2022 17:42	0:41	189	79.2	40	axe Garonne
2023	SAT23GAR0	24/04/2023 21:30	15 jr	123	35.78	45	27/04/2023 18:51	1:17	158	47.61	40	aval Ramier

Tableau 24 : Configurations environnementales et de l'ouvrage de franchissement du Bazacle pour les poissons suivis arrivés en aval de l'aménagement et l'ayant franchi

L'information notable pour ces 8 poissons concerne le délai entre l'arrivée sur site et le franchissement de l'ouvrage. En effet, 5 poissons ont franchi en moins de 72h (62,5 %), 1 poisson après un délai de 11,5 jours et les 2 derniers poissons sont restés 21,6 et 26,4 jours avant de

franchir. Le poisson **SAT2IGARI2**, qui a un délai de franchissement de 11,5 jours, a réalisé une incursion dans l'entrée de la passe 3 jours après son arrivée (détection RFID), avant de se replier en aval de l'ouvrage, malgré l'absence de variation de débit. Ce poisson s'est représenté quelques jours plus tard, et franchira la passe à bassins lors de sa deuxième incursion significative dans la passe. Le poisson **SAT20GAR53** a été enregistré quasiment 22 jours en aval du barrage. Au cours de sa période au pied de l'ouvrage, il a subi une augmentation de débit d'environ $100 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ et s'est replié pendant cette hausse. Il s'est présenté à nouveau en aval de la passe à la fin de la variation de débit. Enfin, le poisson **SAT22GAR9** qui a le délai de franchissement le plus long, a rencontré 2 coups d'eau pendant sa prospection en aval de l'ouvrage du Bazacle. La première a atteint $400 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ et la seconde $350 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Ces augmentations du débit ont limité les tentatives d'approche de l'ouvrage de montaison. Au final l'unique tentative d'incursion dans la passe a permis à ce poisson de passer à l'amont de l'aménagement.

Les hauteurs de chute connues pour les poissons ayant franchi la passe sont comprises entre 28 et 40 cm.

Le temps de franchissement de la passe est relativement rapide, pour la taille de l'ouvrage, puisqu'il est compris entre 28min et 1h39min avec une médiane de 44min.

6.8.3. ANALYSE DES CONDITIONS DE FRANCHISSEMENT DU BAZACLE

Les différentes antennes radio installées sur le site du Bazacle ont permis d'analyser le comportement des saumons arrivés en aval de l'ouvrage (Figure 23). Si l'on compare les temps de présence au niveau de l'antenne générale par rapport à la durée de présence en aval de l'ouvrage (délais entre la première et la dernière détection sur site), on observe une différence importante entre les poissons ayant un succès de franchissement et les poissons ayant échoué. Les poissons passés à l'amont ont un ratio plus important (médiane 32,5 %) que les poissons n'ayant pas réussi à franchir (8,5 %). Cela montre que les poissons qui ont franchi l'aménagement ont passé plus de temps à proximité de la passe que les autres. Le type de suivi réalisé ne permet pas de dire si ce temps de présence correspond à de l'exploration ou simplement de l'attente. L'analyse est identique si l'on observe le temps de présence à proximité de l'entrée de la passe par rapport au temps passé d'en la zone de l'antenne générale. Les saumons passés à l'amont ont un ratio compris entre 5 % et 100 % avec une médiane de 15,7 % alors que les individus restés à l'aval ont un ratio compris entre 0 % et 20 % avec une médiane de 3,4 %.

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.

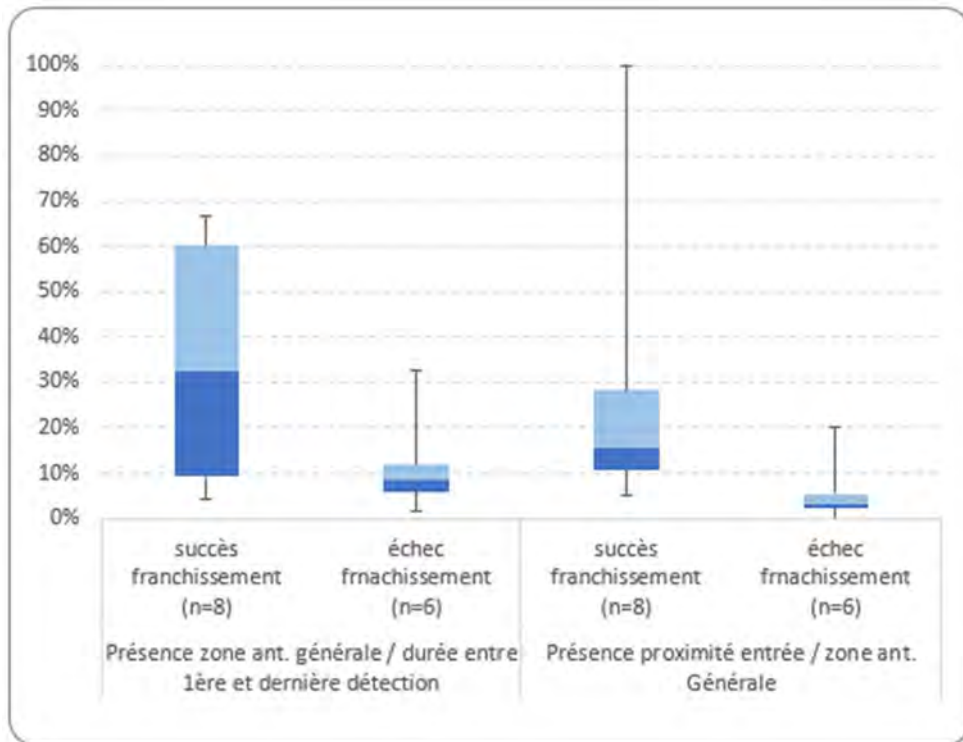


Figure 23 : Comparaison des temps de présence des saumons enregistrés en aval de l'aménagement du Bazacle en fonction du succès ou non de franchissement

Globalement, les poissons ayant franchi la passe du Bazacle ont des temps de présence significativement plus importants en aval proche de l'ouvrage que les individus ayant échoué. Comme cela a été observé en aval de l'ascenseur à Golfech, les poissons passant à l'amont de l'ouvrage de franchissement semblent plus persévérants.

Les conditions de franchissement (débit transitant dans la passe et hauteur de chute à l'entrée de la passe) ont été stables sur l'ensemble des cas étudiés. Les variations observées concernent le débit global de la Garonne et le débit turbiné.

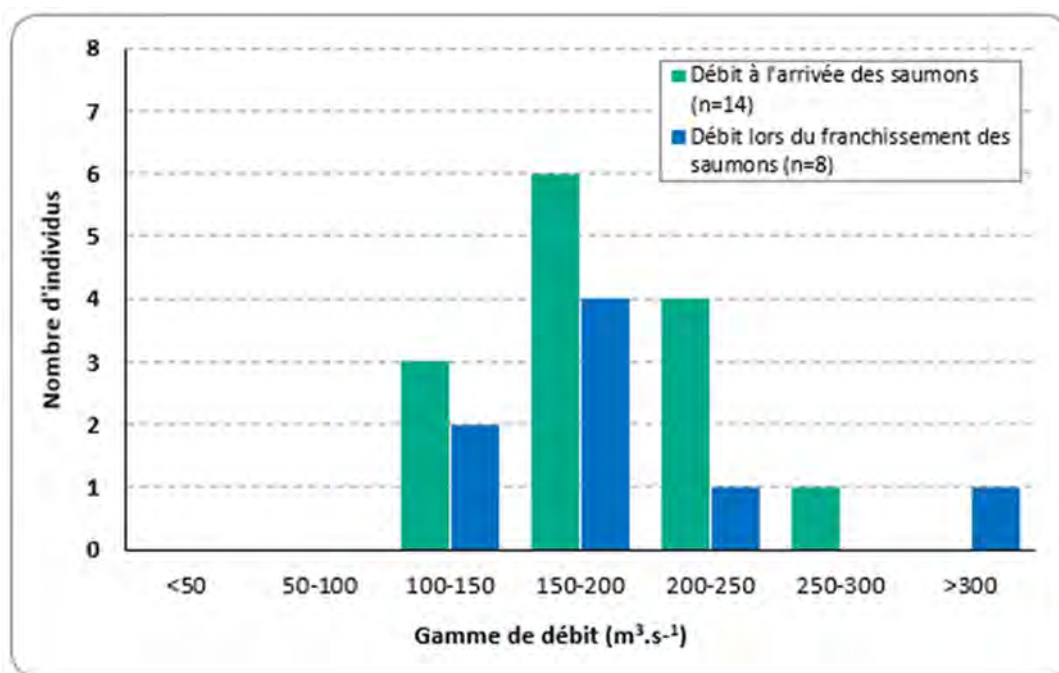


Figure 24 : Arrivées et passages des saumons atlantique au Bazacle par gamme de débit (station Portet/Garonne)

La Figure 24 présente les différentes gammes de débits rencontrées lors de l'arrivée des saumons suivis au Bazacle, ainsi que les gammes de débits lors du franchissement des saumons. Les saumons ont fréquenté l'ouvrage avec un débit enregistré à Portet/Garonne compris entre 100 (environ 0,5 fois le module) et 309 m³.s⁻¹ (1,6 fois le module). On observe l'arrivée de 3 saumons dans la gamme 100-150 m³.s⁻¹, ainsi que 2 franchissements (ce ne sont pas les mêmes individus). Dans la gamme 150-200 m³.s⁻¹, 4 individus ont franchi pour 6 saumons présents. 4 saumons sont arrivés sur site dans la gamme 200-250 m³.s⁻¹ et 1 seul franchissement a été observés. Enfin, 1 saumon est arrivé avec un débit compris entre 250 et 300 m³.s⁻¹ et un franchissement a été observé à 309 m³.s⁻¹. Parmi les 8 succès de franchissement, 2 saumons ont franchi l'aménagement dans la même gamme de débit que leur arrivée sur site, 3 saumons ont franchi lors d'une hausse de débit (respectivement +22 %, +29 % et +80 %) et 3 lors d'une baisse de débit (respectivement -11 %, -27 % et -42 %).

Ce qu'il faut retenir de l'efficacité de la passe à bassins du Bazacle

- ➔ Pour les 14 individus enregistrés en aval de l'ouvrage du Bazacle, 8 ont réalisé au moins une incursion dans l'entrée de la passe à poissons, soit une attractivité de 57 % (8 sur 14 détectés). Au final, ces 8 individus ont franchi la passe, ce qui implique une franchissabilité de 100 % (les 8 individus entrés dans la passe l'ont franchie), **soit une efficacité globale du dispositif de 57 % (8 sur 14)**.

6.9. DEVENIR DES SAUMONS EN AMONT DU BAZACLE

6.9.1. DEVALAISON APRES SUCCES DE FRANCHISSEMENT

Parmi les 8 saumons ayant franchi l'ouvrage du Bazacle, 2 ont très vite redévalé le barrage suite à un coup d'eau significatif. Il s'agit des saumons **SAT20GAR1** et **SAT20GAR2**. Ils ont franchi la passe à 24h d'intervalle les 19 et 20 avril 2020, sur une montée des débits ($172 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le premier et $309 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le second). Le coup d'eau a atteint son maximum le 22 avril avec un débit horaire maximal de $921 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Le premier poisson a été pointé en suivi manuel le 23 avril quelques centaines de mètres en amont du seuil du Bazacle. Le 24 avril, il est enregistré par l'antenne générale en aval du seuil ($Q_{mj} = 400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et 4 jours plus tard, il a dévalé l'intégralité du canal d'amenée de Malausse puis il sera détecté le 29 avril en aval de l'usine de Golfech. C'est son dernier pointage, il ne sera plus retrouvé par la suite. Le second poisson n'a pas été enregistré sur les antennes du Bazacle lors de sa dévalaison mais son émetteur radio a été retrouvé le 05 juin, 16 km en aval du seuil du Bazacle, au niveau de la confluence avec l'Aussonnelle. L'émetteur a été retrouvé seul, sans trace du cadavre du poisson.

6.9.2. BLOCAGE A L'OUVRAGE SUIVANT

Le saumon **SAT23GAR0** a été détecté au pied de l'ouvrage du Ramier, situé 1,6 km en amont du seuil du Bazacle, 1 heure après son franchissement le 27 avril 2023. Ce saumon a été capté de manière continue en aval de l'ouvrage du Ramier pendant près de 3 jours sans emprunter la passe à bassins (débit moyen de $143 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ enregistré à Portet entre le 27 et le 29 avril, puis augmentation à $267 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ le 30 avril). 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.

6.9.3. CHOIX DE L'AXE GARONNE

3 individus sur 8 ont poursuivi leur migration sur l'axe Garonne. Il s'agit des poissons **SAT20GAR53**, **SAT21GAR12** et **SAT22GAR9**. En 2020, les aménagements du Ramier et de la Cavaletade situés en aval et en amont de l'île du Ramier à Toulouse n'étaient pas équipés de stations radio. Il n'est donc pas possible de connaître le parcours du poisson **SAT20GAR53** après le franchissement du Bazacle le 24 juin, mais il a été détecté le 03 juillet en aval de l'ouvrage de Carbonne (environ 50 km en amont du seuil du Bazacle) et sera capturé lors du passage à l'amont de celui-ci par l'ascenseur à poissons. L'individu a ensuite été transporté sur l'Ariège le 06 juillet au niveau de Varilhes, au même endroit que les saumons piégés à Golfech (et non utilisés pour le suivi télémétrique). Ce poisson a été pointé à plusieurs reprises entre juillet et novembre aux environs de Crampagna mais l'émetteur radio a été localisé à plusieurs reprises, toujours au même endroit, entre le 13 juillet et le 20 novembre, ce qui signifie sans doute que ce poisson n'était plus en vie.

Les poissons **SAT21GAR12** et **SAT22GAR9** ont emprunté le bras inférieur de la Garonne dans Toulouse pour rejoindre l'aménagement de la Cavaletade, environ 5,5 km en amont du Bazacle. Le transfert entre les 2 aménagements a été de 2h09min pour le premier poisson (débit de $105 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ enregistré à Portet avec une répartition de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans le bras inférieur et de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans le bras supérieur) et 3h19min pour le second poisson.

Le poisson **SAT21GAR12** est resté bloqué au pied de l'ouvrage de la Cavaletade un peu plus de 3 jours. En effet, il s'est présenté à l'ouvrage tous les jours du 30 mai au 02 juin, en journée (entre 10 et 12h consécutives) au pied de l'ouvrage et en se repliant les nuits. Au total, ce poisson a été enregistré de manière consécutive pendant plus de 45h au pied de l'usine sur les 79h entre

sa première et dernière détection. Pourtant, il n'y avait aucun débit déversé susceptible de perturber l'attractivité de la passe pendant sa présence. En revanche, nous ne connaissons pas la hauteur de chute à l'entrée de la passe qui n'est pas régulée par une vanne mais dont la cote de déversement est théoriquement réglable au-dessus de la cote 131.78 par insertion de batardeau dans des rainures prévues à cet effet (COURRET et al., 2020). Il a finalement franchi la passe à poissons de l'aménagement de la Cavaletade le 02 juin. Le poisson **SAT22GAR9**, quant à lui, est resté bloqué 17,5 h en aval de l'usine de la Cavaletade avant de passer à l'amont de l'aménagement.

Après le franchissement de l'aménagement de la Cavaletade, le poisson **SAT21GAR12** a été détecté en suivi manuel le 09 juin (soit 7 jours après son franchissement de l'ouvrage), à quelques centaines de mètres en aval de l'aménagement de Carbonne, 42 km en amont de l'aménagement de la Cavaletade. Le poisson ne s'est jamais présenté au pied de l'usine de Carbonne où était installée une station d'enregistrement radio. Suite à cette détection du 09 juin, le poisson n'a plus été enregistré sur aucune station d'enregistrement, même aval, et n'a plus été retrouvé en suivi manuel (que ce soit sur l'axe Garonne ou sur l'axe Ariège). Après le franchissement de la Cavaletade, le poisson **SAT22GAR9** a rejoint l'ouvrage de Carbonne en 3 jours. Le poisson a emprunté l'ouvrage de montaison de cet aménagement après 3 jours de présence en aval de l'usine. Comme le poisson **SAT20GAR53**, il a été capturé avant d'être transporté sur la rivière Ariège, au niveau de Varilhes.

6.9.4. CHOIX DE L'AXE ARIEGE

Pour finir, 2 individus ont poursuivi leur migration sur l'axe Ariège. Il s'agit des poissons **SAT20GAR4** et **SAT22GAR4**.

Concernant le premier (**SAT20GAR4**), il n'a pas été retrouvé pendant 25 jours après son franchissement du Bazacle le 18 avril. L'absence de station d'enregistrement en amont du Bazacle en 2020 n'a pas permis de savoir si le poisson avait continué sa progression ou s'il avait dévalé suite au coup d'eau de la fin du mois d'avril. Après différentes recherches en aval de Toulouse et sans détection au barrage de Carbonne sur l'axe Garonne, les recherches se sont tournées vers l'axe Ariège. Ainsi, le poisson a bien été retrouvé sur l'axe Ariège le 13 mai (soit 25 jours après le franchissement du Bazacle), au niveau du pont de Grépiac, 28 km en amont du seuil du Bazacle. Il a été pointé tous les jours du 13 au 19 mai entre le pont de Grépiac et l'aval du seuil de Grépiac, montrant les difficultés à franchir cet ouvrage. Le franchissement de l'obstacle de Grépiac semble faire suite à un redémarrage de la centrale hydroélectrique et à l'appel d'eau en aval de celle-ci favorisant l'attrait au niveau de la passe à poissons de l'aménagement. Puis le poisson a été pointé le 26 mai depuis le pont d'Auterive (7 km en amont du seuil de Grépiac). Il y a été détecté pendant 48h, en aval proche du premier seuil, avant que son signal ne soit perdu. Le poisson sera finalement enregistré dans Toulouse le 18 juin au niveau du bras supérieur de Garonne (station d'enregistrement radio installée au niveau de l'I.M.F.T. sur l'île du Ramier). Le poisson sera pointé le lendemain, le 19 juin, en aval de l'usine de Ramier. Ce sera sa dernière localisation connue.

Après avoir franchi l'ouvrage du Bazacle le 22 avril, le saumon **SAT22GAR4** a rejoint l'usine du Ramier en 1 heure. Ce poisson est resté bloqué 1,7 jours en aval de l'ouvrage du Ramier avant de franchir par la passe à bassins en 32 minutes, le 24 avril. Il a ensuite été retrouvé le 09 mai sur l'Ariège au niveau d'Auterive, 15 jours après le franchissement du Ramier. Ce saumon est resté bloqué au pied du seuil d'Auterive pendant environ 11 jours avant de ne plus être détecté sur l'axe

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.

Ariège. Il sera capté le 28 juin au niveau du bras supérieur de la Garonne dans Toulouse (station d'enregistrement radio installée au niveau de l'I.M.F.T. sur l'île du Ramier), signifiant une dévalaison. Ce sera également sa dernière localisation connue.

Ce qu'il faut retenir du devenir des poissons après franchissement du Bazacle

- ⇒ **3 individus sur 8 ont emprunté l'axe Garonne** dont 2 après franchissement de l'ouvrage de la Cavaletade (17,5j et 3 jours de blocage). **Ces 3 individus ont atteint l'aménagement de Carbonne** et 2 ont emprunté l'ascenseur à poissons du site où ils ont été capturés puis transportés sur l'Ariège.
- ⇒ **2 individus sur 8 ont emprunté l'axe Ariège** dont 1 a franchi l'ouvrage du Ramier après 1,7 jours de blocage. Le suivi sur cet axe est moins précis mais **les 2 poissons ont finalement atteint Auterive, où ils resteront bloqués en aval du seuil du moulin du Ramier dans Auterive, avant de dévaler**. Les 2 poissons seront recaptés dans Toulouse en fin de suivi avant d'être perdus.

7. SYNTHÈSE SUR L'IMPACT DES SILURES

Lors de l'ensemble de ce suivi, 57 saumons ont pu être équipés de marques prédatrices acoustiques. Parmi ces 57 individus, 18 ont été relâchés en amont de l'ascenseur de Golfech, 38 en aval et 1 dans le TCC. Toutefois, 5 tags ont présenté un problème technique (soit 9 %) : 2 tags n'ont pas pu être activés, 2 tags ont déclenché la fonction prédation au moment du marquage et 1 tag du suivi 2020, qui avait dû être utilisé pour le premier saumon marqué en 2021 suite à un problème d'activateur, s'est arrêté prématurément.

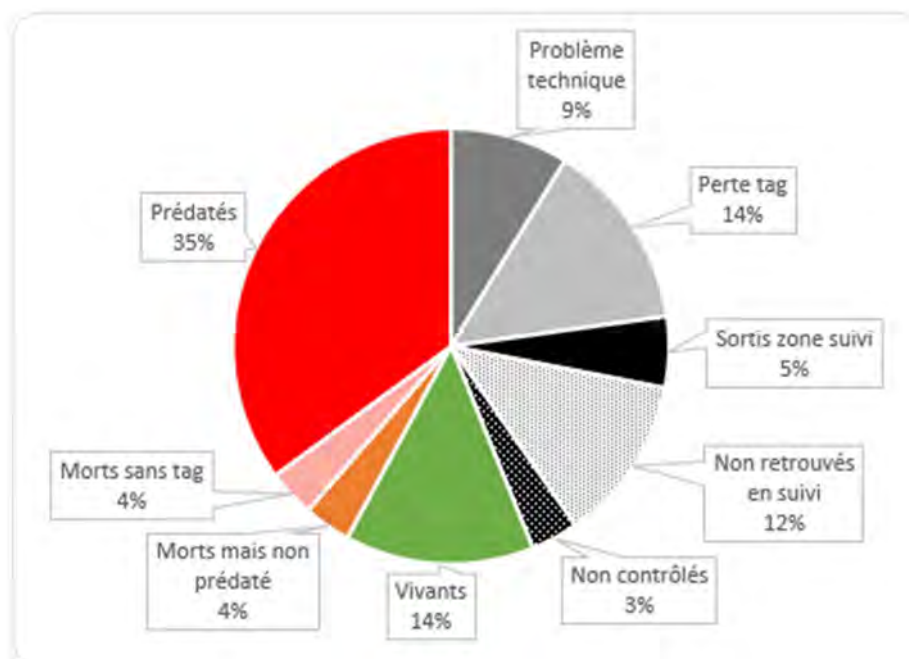


Figure 25 : Détails du devenir des 57 saumons équipés de marque prédatrice acoustique

Parmi les 52 poissons marqués avec un tag prédation fonctionnel, 8 n'ont pu être détectés à l'aide de la sonde acoustique portable VR100 (perte, expulsion ou dysfonctionnement du tag), dont 7 lors des marquages 2020, première année de suivi. Il n'est donc pas possible de connaître le devenir de ces 8 poissons. 3 individus équipés de tag prédation ont dévalé en dehors de la zone d'études (aval Couthures sur Garonne) et le devenir de ces poissons n'est donc pas connu non plus.

Parmi les 41 individus restants, 7 n'ont pas pu être localisés grâce à leur émetteur radio. Leur tag prédation n'a donc pas pu être contrôlé. À ceux-là s'ajoutent 2 autres individus dont la position a été localisée mais dont le tag acoustique n'a pas pu être décodé. En effet, si le poisson n'est pas à proximité d'une station acoustique autonome fixe, il est nécessaire de contrôler le tag acoustique à l'aide d'une sonde acoustique portable mais cela nécessite de naviguer et de se stabiliser à proximité de l'individu, ce qui n'est pas toujours possible.

Sur les 32 individus marqués restants, 1 cadavre a été retrouvé dans le canal de transfert à Golfech (**SAT20GAR10**). Le poisson a été découvert dans ce canal lors d'une vidange. Il a potentiellement subi l'attaque d'un silure puisque seule une partie du corps a été retrouvée, avec le tag radio à proximité sur le fond du canal. En revanche, le tag acoustique n'a pas été retrouvé.

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.

Pour le **SAT20GAR2**, l'émetteur radio a été retrouvé au niveau de la confluence entre la Garonne et l'Aussonnelle, mais sans trace du cadavre du poisson et du tag acoustique. La mort de ces 2 poissons a donc bien été confirmée mais sans information sur la date de prédation. En outre, 2 individus ont été retrouvés morts sur l'aval du secteur de suivi mais sans que leur tag acoustique ne soit déclenché. La prédation ne semble donc pas être la cause de leur mort. Ces 2 individus n'ont jamais repris de mouvement vers l'amont après leur marquage. Ils ont uniquement dévalé jusqu'à leur décès.

Au final, ce sont donc 20 individus dont le tag acoustique prédation a été déclenché au cours du suivi, dont 1 seul issu du suivi 2020 (**SAT20GAR25**). Le modèle utilisé pendant ce suivi permet d'accéder à l'information prédation mais pas de remonter au moment de la prédation. Ce poisson, lâché en amont de l'ascenseur, a entamé un mouvement de montaison jusqu'en amont de Castelferrus (environ 18 km en amont de Malause). Le poisson a été enregistré « vivant » à sa sortie de la retenue de Malause, 24h après son marquage. Il a été détecté prédaté 11 jours après la sortie de la retenue de Malause.

7.1. REPARTITION DES PREDATIONS EN FONCTION DU COMPORTEMENT DES SAUMONS

7.1.1. ANALYSE EN AVAL DU COMPLEXE MALAUSE/GOLFECH

Parmi le lot de 32 individus équipés de tag prédation exploitables (voir explications § 7), 27 ont été lâchés en aval de l'aménagement de Golfech ou de Malause :

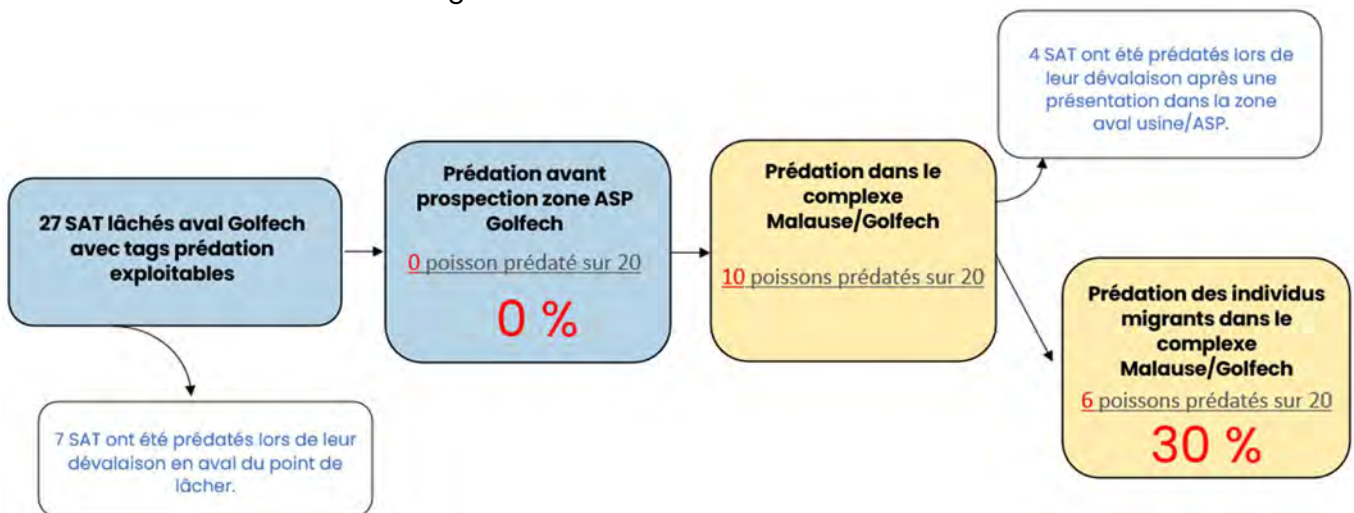


Figure 26 : Analyses et devenirs des individus équipés de tag prédation en aval du complexe Malause/Golfech

Parmi les 27 individus observés, 7 saumons ont rapidement dévalé après leur marquage, sans reprendre un comportement de montaison. Ces poissons ne présentaient pas un comportement « normal », ils étaient sans doute plus « vulnérables ». Ils se sont tous fait prédaté mais soit après des délais importants (de 7 jours à 40 jours - médiane : 11 jours), soit largement en aval du point de lâcher (prédation enregistrée jusqu'à 85 km en aval de Lamagistère).

Au sein du lot de 20 poissons ayant repris un mouvement de montaison, aucun individu ne s'est fait prédaté avant son arrivée en aval de l'usine de Golfech et de son ouvrage de

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.

franchissement (Figure 26). Au total, 10 prédatons ont été enregistrées sur ces 20 individus. Si la prédation de ces 10 individus semble résulter d'un blocage en aval de l'ouvrage de franchissement, on distingue deux catégories :

- 4 individus ont dévalé suite à leur blocage en aval de l'ascenseur et se sont fait prédater après avoir dévalé, dans un délai de 15 jours à 46 jours après leur dernière détection en aval de l'ascenseur.
- 6 individus se sont fait prédater au droit direct de l'aménagement, après 2 à 26 jours de prospections en aval de l'ascenseur (médiane : 7,3 jours). Il y a 2 individus prédatés pendant leur phase de prospection au pied de l'ascenseur et enfin 4 individus prédatés après un échec de franchissement à l'ascenseur (poisson entrés et ressortis de l'enceinte de l'ouvrage de franchissement). On enregistre au final 5 prédatons en aval de l'usine ou dans le canal de fuite et une prédation dans le tronçon court-circuité.

Parmi les 20 individus étudiés, seulement 3 ont finalement franchi les ouvrages de montaison (2 saumons ont franchi l'ascenseur et 1 saumon a franchi la rivière de contournement de Malause) et rejoint le secteur amont. **L'impact de la prédation sur les saumons migrants en aval direct de l'ascenseur est donc ici de 6 individus sur 20, soit 30 %.**

7.1.2. ANALYSE SUR LE TRONÇON DE GARONNE LIBRE (AMONT GOLFECH – AVAL TOULOUSE)

Sur les 32 individus équipés de tag prédation exploitable décrits précédemment, 8 ont évolué sur le secteur de Garonne libre à l'amont du complexe Malause/Golfech. Ce lot de 8 poissons se compose de 5 poissons lâchés en 2020 à l'amont de l'ascenseur dans le canal de transfert, de 2 poissons ayant franchi l'ascenseur et d'un poisson lâché dans le tronçon court-circuité et ayant franchi la nouvelle passe de Malause.

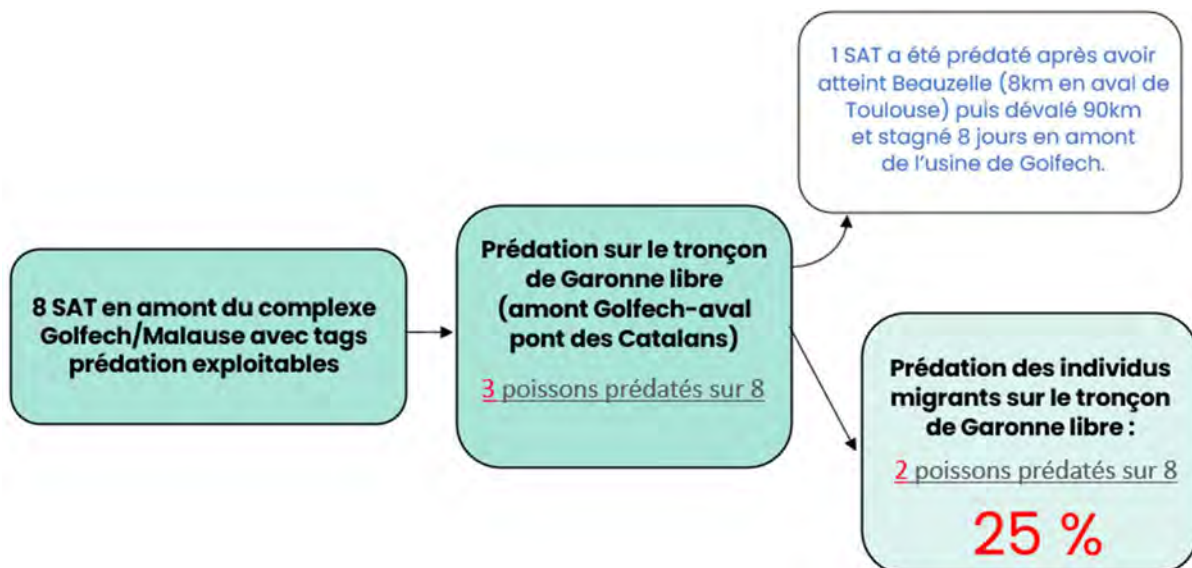


Figure 27 : Analyses et devenir des individus équipés de tag prédation sur le tronçon de Garonne libre entre l'amont de Golfech et l'aval de Toulouse.

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.

Concernant ces 8 individus, 3 prédatations ont été observées. L'une concerne un individu qui avait atteint Beauzelle, quelques kilomètres en aval de Toulouse, et qui, suite à un coup d'eau, a dévalé l'ensemble du secteur de suivi jusqu'à Malause, puis a dévalé également l'intégralité du canal d'amenée de l'usine. Ce poisson a ensuite stagné 8 jours en amont des grilles de l'usine avant de se faire prédater. Cette prédation semble donc être celle d'un poisson affaibli, vulnérable. Enfin, 2 autres individus se sont fait prédater sur le secteur « courant » de la Garonne lors de déplacement vers l'amont : le premier en début de coup d'eau au niveau de la queue de retenue de Malause et le second juste avant son arrivée au Bazacle (prédation déjà effective au niveau du pont des Catalans avant détection sur site).

L'impact de la prédation sur les saumons migrants, sur le secteur de Garonne libre est de 2 individus sur 8, soit 25 %.

7.1.3. ANALYSE EN AVAL PROCHE DE L'AMENAGEMENT DU BAZACLE

Malgré le suivi réalisé à l'aide des tags prédation, aucune donnée n'a pu être collectée en aval de l'aménagement du Bazacle, en raison des différents problèmes techniques rencontrés et du faible échantillon d'individus disponible en aval de cet aménagement. De plus, les rares individus équipés ne se sont pas présentés à l'entrée de l'ouvrage de franchissement où était installé un hydrophone pouvant contrôler leur tag. La zone en aval de l'usine n'étant pas navigable, il n'a pas été possible non plus de contrôler ces tags à l'aide d'une sonde manuelle.

Concernant ce secteur, les investigations sont donc à poursuivre pour connaître réellement l'impact de la prédation du silure en aval de la passe à poissons du Bazacle.

7.2. DELAIS DE PREDATION APRES MARQUAGE DES SAUMONS

Parmi les 20 tags déclenchés, 18 ont permis de remonter au moment de la prédation, permettant ainsi de calculer le délai entre le lâcher des poissons et leur prédation.

Les délais de prédation des saumons suivis sont compris entre 5,7 jours et 71 jours (Figure 28). La médiane est de 15,7 jours (1^{er} quartile : 9,5 jours et 3^{ème} quartile : 30,6 jours) et la moyenne est de 22,3 jours. Si l'on distingue les résultats en fonction du comportement des poissons au moment de leur prédation, la médiane du délai de prédation pour les poissons en dévalaison est de 9,1 jours (1^{er} quartile : 7,7 jours et 3^{ème} quartile : 14,6 jours) contre 23 jours (1^{er} quartile : 15,6 jours et 3^{ème} quartile : 32,4 jours), soit quasiment le double, pour les poissons encore en prospection. Le poisson SAT22GAR54 prédaté lors de son arrivée à Toulouse présente lui un délai de 10,4 jours après marquage.

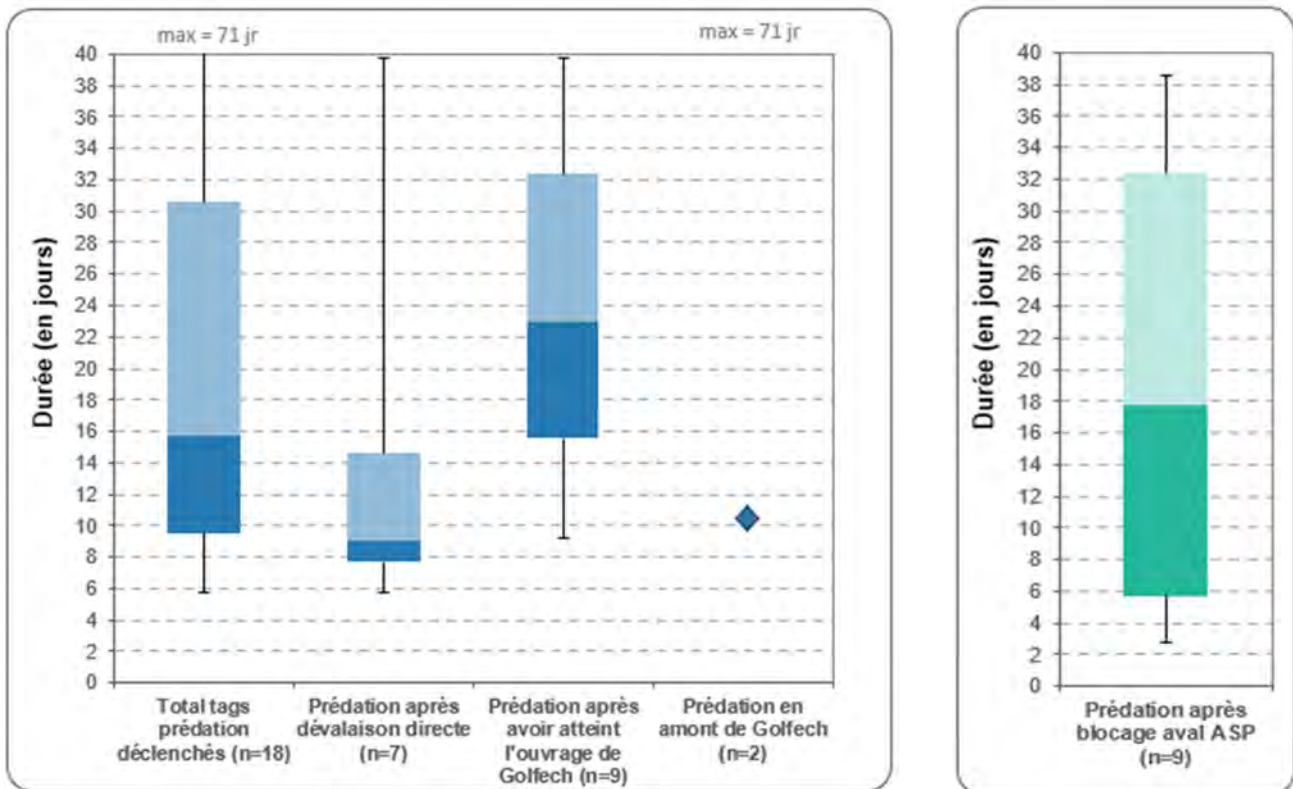


Figure 28 : Répartition des délais de prédation des saumons suivis prédatés en fonction de leur comportement : après lâcher (en bleu) ou après première détection à l'ASP (en vert)

Concernant les individus prédatés après leur retour en aval de l'ascenseur, le délai de prédation, par rapport à leur premier retour à l'ascenseur est compris entre 2,8 jours et 38,6 jours, avec une médiane à 17,7 jours (Figure 28). Le résultat notable ici est que 75 % des individus concernés ont été prédatés après plus de 5,7 jours de présence et d'échec de franchissement.

La notion principale ici concerne la prédation des saumons en aval direct de l'aménagement de Golfech qui est étroitement liée au blocage des individus en aval de l'ascenseur. En effet, les poissons passés rapidement à l'amont ne sont pas inquiétés par les silures, qui ici, ciblent les saumons bloqués et présents depuis plus de 17,7 jours dans 50 % des cas. **La prédation n'est donc potentiellement pas un problème dans cette zone, à partir du moment où l'ascenseur est efficace et fait passer les saumons rapidement à l'amont.**

Ce qu'il faut retenir de l'impact des silures sur les saumons en migration

- ⇒ **L'impact de la prédation sur les saumons migrants en aval du complexe Malause/Golfech est de 30 %** : 6 individus prédatés sur 20 après un blocage médian de 7,3 jours en aval de l'ASP de Golfech.
- ⇒ **L'impact de la prédation pour le secteur de Garonne libre (amont Golfech - aval Toulouse) est de 25 %** : 2 individus sur 8 prédatés sur le secteur en migration vers l'amont.
- ⇒ **L'impact de la prédation en aval proche de l'aménagement du Bazacle n'a pas pu être évalué.**
- ⇒ La différence est notable en fonction du contexte de prédation : les poissons bloqués en aval de Golfech (qui n'ont pas trouvé la voie de franchissement rapidement) ont tendance à se faire prédater au final mais après des temps de blocage importants (médiane : 17,7 jours). **La prédation apparaît ici donc plutôt comme une conséquence du blocage en aval** (et de la mauvaise efficacité du système de franchissement) **et non comme la cause de l'échec de franchissement**. D'où un intérêt majeur à ce que le franchissement intervienne le plus rapidement possible au niveau de l'ouvrage.

8. RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI D'ESPECES HOLOBIOTIQUES

8.1. CONTEXTE ET MARQUAGE

Comme expliqué au paragraphe 1.2., à partir de l'année 2023, des espèces holobiotiques ont été marquées afin 1) d'étoffer le jeu de données concernant la franchissabilité des ouvrages de Golfech et dans une moindre mesure de celui du Bazacle, sans pour autant exercer une pression supplémentaire sur les saumons et 2) de voir si ces espèces pouvaient effectivement, dans l'avenir, être utilisées comme modèles de remplacement aux saumons.

	2023	2024	Total Général
Chevesnes (CHE)	16	26	42
Barbeaux (BAF)	7	25	32
Brèmes (BRE)	15	47	62
TOTAL	38	98	136

Tableau 25 : Récapitulatif des poissons holobiotiques marqués et relâchés à l'aval de Golfech

Ainsi, 136 individus ont été marqués à l'aide d'émetteurs RFID (Tableau 25). Les espèces sélectionnées sont le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*), le chevesne (*Squalius cephalus*) et la brème commune (*Abramis brama*). Ces individus ont tous été relâchés en aval de l'ouvrage de Golfech, à environ 150m des entrées de l'ascenseur.

8.2. RETOURS AUX ENTREES DE L'ASCENSEUR DE GOLFECH

8.2.1. FONCTIONNEMENT DES ENTREES ET PERIODE DE DETECTION



Figure 29 : Répartition mensuelle de l'ouverture des entrées de l'ascenseur à poissons de Golfech en 2023, 2024 et sur l'ensemble des 2 années

Pour rappel, le fonctionnement séquentiel des deux entrées de l'ascenseur de Golfech a été mis en place à partir de la saison de migration 2023. La Figure 29 permet d'observer la répartition mensuelle de l'ouverture de l'entrée 1 ou de l'entrée 2, ainsi que les arrêts d'ascenseur. En 2023, l'entrée ouverte majoritairement était l'entrée 2, conséquence d'une année à faible hydrologie, alors qu'à l'inverse, en 2024, c'est l'entrée 1 qui a été majoritairement ouverte en raison d'une hydrologie plus soutenue.

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.

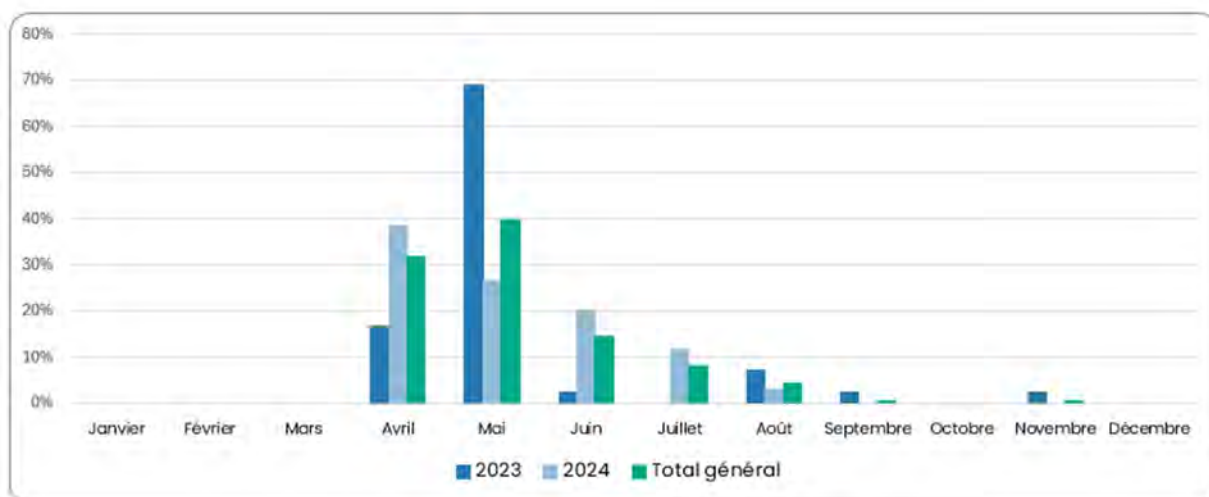


Figure 30 : Fréquence des détections d'holobiotiques dans l'enceinte de l'ascenseur

En 2023, la majorité des détections enregistrées s'est faite lors des mois d'avril et mai (86 %) alors qu'en 2024 les détections ont été réparties sur la période d'avril à août, avec 65 % sur la période avril-mai et 35 % sur la période juin-août (Figure 30Figure 29).

8.2.2. ANALYSE DES RETOURS

	2023			2024			Total Général
	E1	E2	E1 & E2	E1	E2	E1 & E2	
Chevesnes (CHE)	2	0	4	7	0	1	15**
Barbeaux (BAF)	1	1	1	2	2	2	9
Brèmes (BRE)*	9	0	2	19	2	5	41**
TOTAL	20 (53%)			45 (46%)			65 (48%)

* 1 marquée en 2023, retours en 2023 entrée 1 uniquement et 2024 nasse uniquement ** dont 1 CHE et 3 BRE non captés aux entrées (+1 de 2023)

Tableau 26 : Retours des holobiotiques marqués aux entrées de l'ascenseur à poissons de Golfech en fonction de l'espèce et de l'année

Parmi les 136 individus marqués et relâchés à l'aval, 65 ont été redéteints aux entrées de l'ascenseur, soit un taux de retour de 48% (Tableau 26Tableau 26 : Retours des holobiotiques marqués aux entrées de l'ascenseur à poissons de Golfech en fonction de l'espèce et de l'année), dont majoritairement des brèmes.

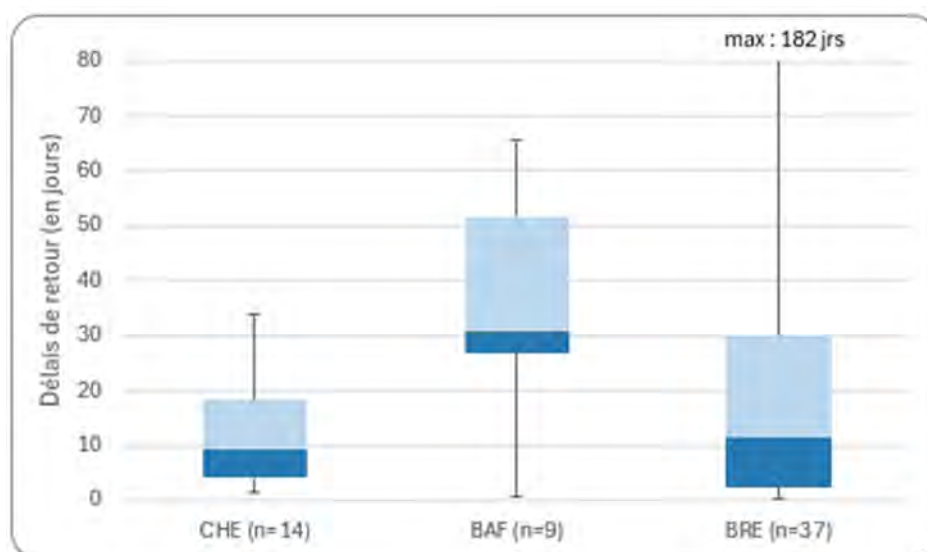


Figure 31 : Répartition des délais de retour (en jours) des poissons holobiotiques marqués à l'ascenseur à poissons de Golfech

Le délai de retour des individus marqués aux entrées de l'ascenseur permet d'avoir une première appréciation du comportement des espèces (Figure 31). De manière générale, les chevesnes et les brèmes semblent reprendre relativement rapidement un comportement de migration post marquage, avec des primo-détections aux entrées environ 10 jours après le lâcher (médiane respectivement de 9,35 jours et 11,31 jours), tandis que les barbeaux mettent plus de temps à revenir vers l'ouvrage (médiane : 31 jours). A relativiser toutefois en raison des faibles effectifs enregistrés (14 chevesnes et 9 barbeaux).

8.3. ACCES A LA NASSE DE PIEGEAGE

	2023	2024	Total	2023	2024	Total
Chevesnes (CHE)	3	8	11	50%	89%	73%
Barbeaux (BAF)	2	5	7	67%	83%	78%
Brèmes (BRE)	2	25	27	18%	83%	66%
Total	7	38	45	35%	84%	69%

Tableau 27 : Détections dans la nasse de piégeage pour les poissons holobiotiques marqués

Parmi les 65 individus ayant été détectés et ayant emprunté les entrées, 45 ont été détectés sur l'antenne positionnée derrière les portes du chariot mobile (nasse), soit 69% des individus pouvant potentiellement l'atteindre (Tableau 27). Une différence très nette apparaît entre les résultats enregistrés en 2023 et 2024. En effet, lors de la première année de suivi, le taux de poisson pénétrant dans la nasse de l'ascenseur par rapport au nombre enregistré aux entrées est seulement de 35 % (7 sur 20). En revanche, en 2024, ce taux est de 84 % (38 sur 45) avec une amélioration significative de ce taux pour chaque espèce observée.

Cette évolution est très certainement à relier aux travaux effectués lors de l'entretien annuel de l'ouvrage dans l'hiver 2023 (Tableau 1 § 1.1 : modification de l'injection du débit dans le chenal

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.

de l'ASP, modification de la partie terminale de la rampe à anguille, reprise du barreaudage et des supports des portes antiretour de la nasse (Photo 10).



Photo 10 : photos du barreaudage des portes antiretour de la nasse du piège de l'ascenseur de Golfech avant modification (photo de gauche) et après modification (photo de droite)

8.4. DEVENIR DANS LA NASSE

	2023	2024	Total	2023	2024	Total
Chevesnes (CHE)	2	7	9	67%	88%	82%
Barbeaux (BAF)	1	3	4	50%	60%	57%
Brêmes (BRE)	2	15	17	100%	60%	63%
Total	5	25	30	71%	66%	67%

Tableau 28 : Succès de franchissement pour les individus ayant pénétré dans la nasse

Sur l'ensemble des deux années de suivi, 67% des individus ayant été détectés dans la nasse au moins une fois ont franchi l'ascenseur à poissons de Golfech (Tableau 28). Ces résultats sont similaires entre 2023 (71 %) et 2024 (66 %), avec toutefois un échantillon très faible en 2023.

		Succès	Echec
BAF (n=6)	min	1	1
	max	2	3
	médiane	1	2
BRE (n=27)	min	1	1
	max	3	6
	médiane	1	4
CHE (n=11*)	min	1	1
	max	9	1
	médiane	1	1

Tableau 29 : Répartition du nombre de détections au niveau de l'antenne RFID de la nasse de l'ASP pour les poissons suivis en fonction de leur succès ou non de franchissement

*1 chevesne enregistré dans le canal de transfert a été écarté de l'analyse car aucune donnée à l'aval de l'ascenseur n'a été enregistrée

Le Tableau 29 présente une synthèse du nombre de détections au niveau de l'antenne RFID de la nasse de l'ASP en fonction de leur succès ou non de franchissement. Pour le suivi 2024, il n'a pas été possible de récupérer les informations concernant les horaires de départ de cycle de l'ascenseur. Ainsi, il n'est pas possible d'interpréter les détections à l'antenne nasse en fonction des cycles de l'ascenseur et d'en déduire les incursions réelles dans la nasse et donc les ressorties éventuelles (plusieurs détections à l'antenne RFID ne signifient pas systématiquement une ressortie de la nasse).

Malgré tout, les poissons franchissant avec succès l'ascenseur ont tendance à le faire après peu de tentatives et à l'inverse, les poissons ne parvenant pas à franchir présentent un plus grand nombre de détections dans la nasse.

Indépendamment du succès ou non de franchissement, 44 poissons différents ont été détectés dans la nasse de l'ascenseur pour un total de 86 détections³ distinctes (de 1 à 9 détections distinctes enregistrées par poissons : médiane = 1 ; 1^{er} quartile = 1 et 3^{ème} quartile = 2). **Sur les 28 succès de franchissement, 24 se sont déroulés lors de l'unique incursion dans la nasse de l'ascenseur (soit 86 %) et sur les 16 échecs, 6 ont été enregistrés une seule fois dans la nasse (37,5 %).**

³ Dans ce cas précis, une seule antenne RFID est installée dans la nasse de l'ASP et il n'est pas possible de connaître les entrées/sorties de la nasse avec cette unique antenne. Nous avons distingué comme détection distincte toute somme de détections avec une continuité inférieur à 4 min

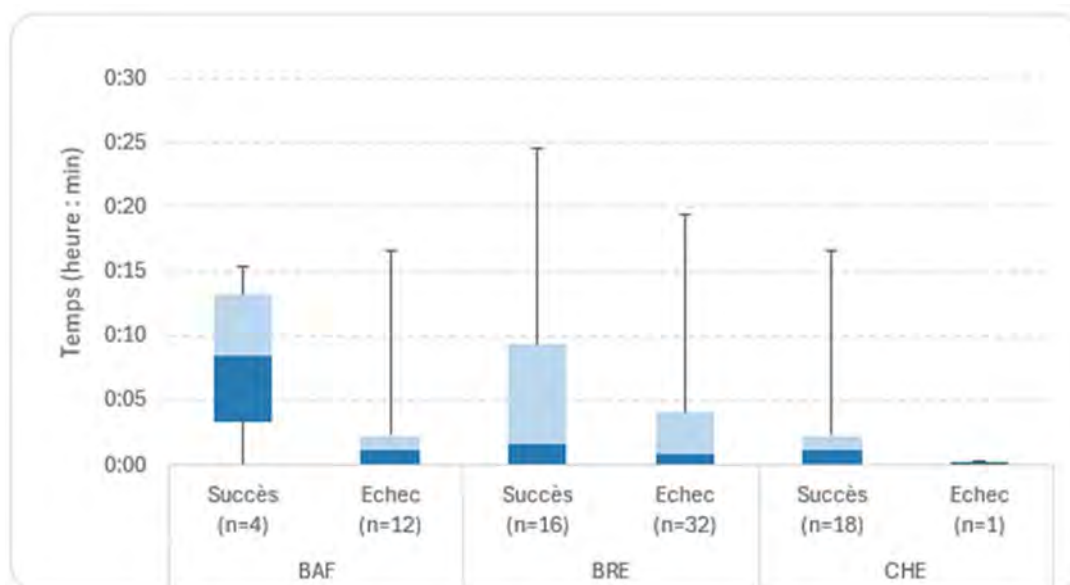


Figure 32 : Répartition des durées de détection dans la nasse de piégeage de l'ascenseur par espèce et en fonction du succès ou de l'échec de franchissement

La Figure 32 permet d'observer les durées des enregistrements au niveau de l'antenne située dans la nasse de piégeage de l'ascenseur. L'installation RFID en place ne permet pas d'enregistrer les poissons pendant la totalité du temps de présence dans la nasse mais seulement lorsque ces derniers passent à proximité. Les temps présentés ici ne correspondent donc pas au temps de présence global dans la nasse, mais permettent de s'en approcher.

Indépendamment de l'espèce ou du succès de franchissement, ces temps de présence sont relativement courts et aucun ne dépasse la durée entre 2 cycles de l'ascenseur (30 minutes).

Les individus ayant réussi à franchir l'aménagement ont été enregistrés plus longtemps dans la nasse que les poissons ayant échoué, traduisant probablement une moindre ressortie de la nasse des individus ayant franchi. Cette différence est significative pour les barbeaux (médiane succès : 8min30 et médiane échec : 1min13) mais l'échantillon d'individus est faible ($n_{\text{succès}}=4$ et $n_{\text{échec}}=12$). La différence est moins marquée pour les brèmes qui possèdent un échantillon plus robuste (médiane succès : 1min34 et médiane échec : 56sec). Concernant les chevesnes, un seul individu a échoué au franchissement.

8.5. SORTIE DU CANAL DE TRANSFERT ET MARQUAGE AMONT

L'ensemble des 30 individus ayant emprunté l'ascenseur sont sortis du canal de transfert sans difficultés. Le temps de transit à travers le canal ne sera pas calculé en raison du piégeage constant qui influence cette variable.

En parallèle des individus marqués et relâchés en aval qui ont refranchi l'obstacle ($n=30$), au cours du suivi 2024, des individus ont été marqués et relâchés à l'amont du piège, dans le canal de transfert, afin d'apporter des informations sur le transfert Golfech-Bazacle.

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.

	Poissons marqués et lâchés à l'aval de l'ASP et ayant franchi celui-ci	Poissons marqués et lâchés à l'amont de l'ASP	Poissons marqués et lâchés à l'amont de l'ASP et enregistrés comme sortis du canal de transfert	Effectif suivi à l'amont de Golfech
Chevesnes (CHE)	9	14	13	22
Barbeaux (BAF)	4	19	18	22
Brèmes (BRE)	17	46	43	60
Total	30	79	74	104

Tableau 30 : Bilan des holobiotiques marqués et relâchés à l'amont de l'ascenseur de Golfech et pouvant possiblement rejoindre l'ouvrage du Bazacle

74 des 79 individus marqués et relâchés à l'amont de l'ascenseur sont sortis du canal de transfert. A ceux-là s'ajoutent les 30 individus marqués et lâchés à l'aval qui ont validé à nouveau leur franchissement de l'ascenseur, soit 104 poissons marqués pouvant potentiellement atteindre l'ouvrage du Bazacle (Tableau 30).

8.6. TRANSFERT VERS LE BAZACLE

	Poissons lâchés aval ASP aval Golfech	Poissons lâchés amont ASP amont Golfech	Total
Chevesnes (CHE)	2 (22%)	0	2 (9%)
Barbeaux (BAF)	0	0	0
Brèmes (BRE)	10 (59%)	23 (53%)	33 (55%)
Total	12 (40%)	23 (31%)	35 (34%)

Tableau 31 : Transfert des holobiotiques marqués vers le Bazacle en fonction du lieu de lâcher

Parmi les 104 individus suivis en amont de l'aménagement de Golfech, 35 ont atteint l'ouvrage du Bazacle à Toulouse, distant de quasiment 100 km (Tableau 31). Toutefois, ce résultat est sans doute sous-estimé car 1) la technologie RFID ne permet pas de connaître le nombre d'individus marqués arrivés en aval de l'aménagement mais qui ne se sont pas engagés dans la passe à poissons et 2) les espèces holobiotiques utilisées ici ne présentent pas nécessairement un comportement migratoire marqué.

40 % des individus marqués et lâchés à l'aval de l'ascenseur (12 sur 30) a atteint le Bazacle contre seulement 31 % des individus marqués et lâchés à l'amont de l'ascenseur (23 sur 74).

Les chevesnes ont très peu migré vers l'amont puisque seulement 2 individus ont atteint Toulouse (2 sur 22 soit 9 %) et aucun barbeau n'a effectué ce transfert. En revanche, **le taux de transfert pour les brèmes de 55 % (33 sur 60) est remarquable.**

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.

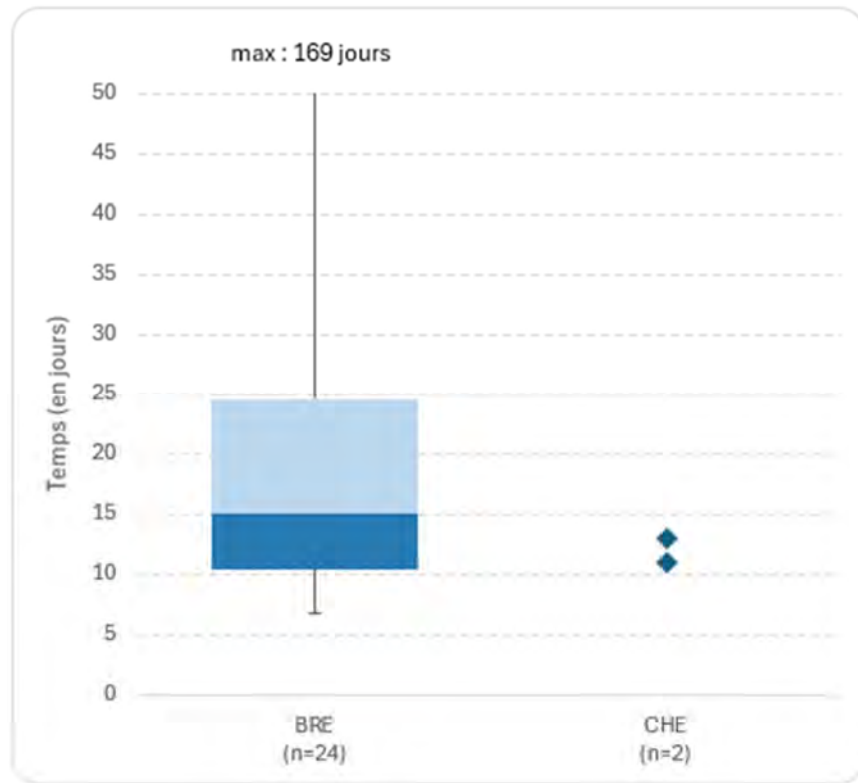


Figure 33 : Répartition des temps de transfert entre la sortie du canal de transfert de Golfech et l'arrivée à l'aval du Bazacle pour les poissons suivis ayant atteint cet ouvrage

En ce qui concerne les brèmes, les temps de transfert⁴ sont rapides (médiane : 15 jours, 1^{er} quartile : 10,4 jours et 3^{ème} quartile : 24,5 jours) et même légèrement supérieurs à ceux observés pour les saumons (médiane : 8 jours). Seules les données de 24 brèmes ont été analysés sur les 33 possibles (Tableau 31) car 9 d'entre elles n'ont pas été enregistrées en sortie de canal de transfert. Il y a également deux chevesnes qui ont atteint le Bazacle en 8,8 jours et 10,4 jours.

⁴ Ce temps de transfert est évalué entre la dernière détection en sortie du canal de transfert de Golfech et la première détection à l'aval du Bazacle.

8.7. COMPORTEMENT DANS LA PASSE A BASSIN

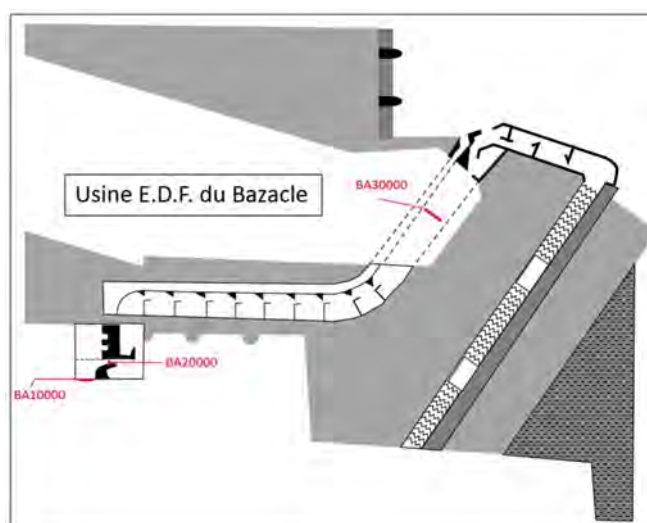


Figure 34 : Rappel des zones de détections au niveau de l'aménagement du Bazacle : zones RFID (BA10000, BA20000 et BA3000) étudiées dans le paragraphe 0

Les poissons holobiotiques suivis ne sont pas équipés d'émetteurs radio, leur arrivée sur site n'est donc pas enregistrée par l'antenne radio générale aval et la seule façon de connaître leur présence sur site est qu'ils soient détectés lors de leur passage par l'entrée de la passe à poissons (antenne RFID BA10000). Ainsi, il est possible que le nombre de poissons détecté sur le site du Bazacle soit sous-estimé si des poissons ont rejoint le site sans faire de tentative au niveau de la passe à poissons.

	Nbr de poissons détectés au niveau de l'entrée de la passe (Ant. BA10000)	Nbr de poissons détectés au niveau de la première échancrure (Ant. BA20000)	Nbr de poissons détectés au niveau de l'antenne amont (Ant. BA30000)
Chevesnes (CHE)	2	2 (100 %)	0
Barbeaux (BAF)	0	0	0
Brèmes (BRE)	33	27 (82%)	4 (12%)
Total	35	29 (83%)	4 (11,5%)

Tableau 32 : Détection des individus holobiotiques dans la passe à bassins du Bazacle

De manière générale, les individus qui se sont engagés dans l'entrée de la passe à bassins ont atteint la seconde antenne située au niveau de la première échancrure (Tableau 32) : 100 % des chevesnes (2 sur 2) et 82 % des brèmes (27 sur 33).

En revanche, **le nombre de poissons atteignant l'amont de la passe est anormalement faible** puisque seulement 4 brèmes ont atteint l'antenne située au niveau de la vitre de contrôle, soit 12 % des brèmes enregistrées en aval de la passe (4 sur 33) et 15 % des brèmes enregistrées à la première échancrure. Au total, le taux de franchissement des individus enregistrés à l'entrée de la passe à poissons du Bazacle n'est que de 11,5 % (4 sur 35), alors qu'il est de 100 % pour les saumons. Il serait donc nécessaire de continuer les marquages d'holobiotiques afin de mieux appréhender ce problème au niveau de la passe du Bazacle.

8.8. BILAN DES SUIVIS D'ESPECE HOLOBIOTIQUES AU NIVEAU DES OUVRAGES DE LA GARONNE

8.8.1. GOLFECH

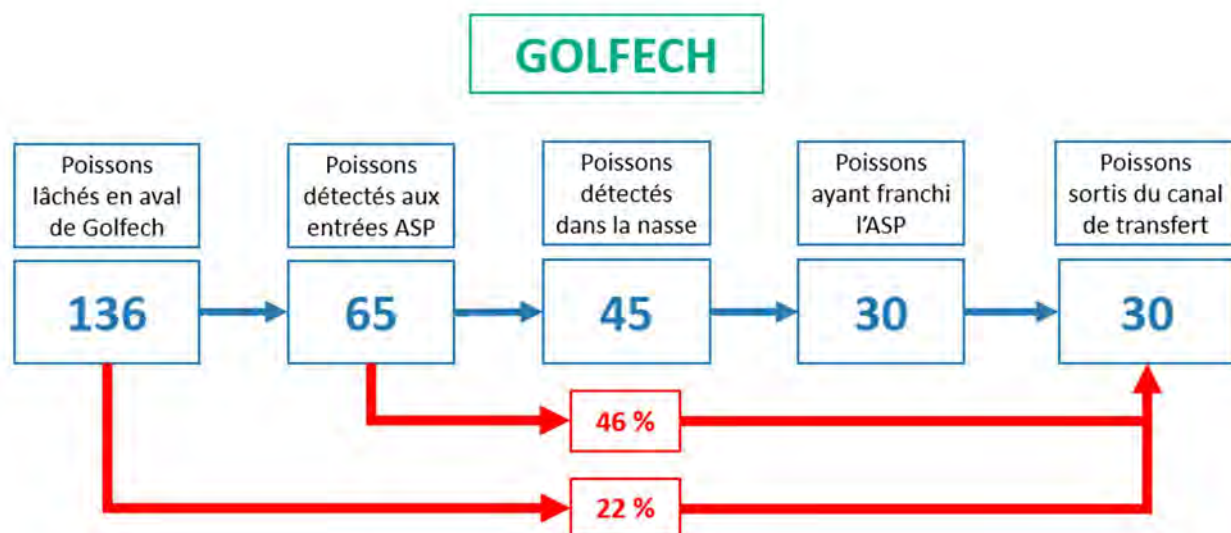


Figure 35 : Bilan des suivis d'espèces holobiotiques au niveau de l'ouvrage de Golfech (compilation suivis 2023 et 2024)

Au final, sur l'ensemble des suivis de 2023 et 2024, 136 poissons holobiotiques ont été marqués et relâchés en aval de l'ascenseur de Golfech (Figure 35). Les poissons holobiotiques n'étant pas équipés d'émetteurs radio, il n'est pas possible de connaître leur comportement entre le lâcher et la première détection RFID aux entrées de l'ascenseur. Cependant, les poissons marqués sont tous relâchés entre 100 et 150m en aval de l'ascenseur. Nous considérerons ici l'ensemble des poissons lâchés (n=136) comme présents en aval proche du site, à l'instar des saumons suivis enregistrés par l'antenne radio générale.

=> Parmi ces 136 poissons, 65 ont effectué au moins une incursion dans l'enceinte de l'ascenseur de Golfech par l'une des deux entrées. **L'attractivité de l'ascenseur apparaît donc faible (48 %) pour l'ensemble des poissons holobiotiques suivis.** Pour rappel, l'attractivité pour les saumons suivis dans cette étude a été estimée à 57 % (20 sur 35).

=> Parmi les 65 poissons ayant réalisé des incursions aux entrées, seuls 30 ont finalement franchi l'ouvrage de montaison, soit **une franchissabilité de 46 %** (Figure 35). Pour rappel, la franchissabilité pour les saumons suivis dans cette étude a été estimée à 50 % (10 sur 20). On notera que 45 individus ont atteint la nasse du piège de l'ascenseur sur les 65 détectés aux entrées (soit 61,5 %) et donc que 30 ont franchi sur les 45 détectés dans la nasse (soit 67 %).

=> Au final, on enregistre donc 30 franchissements pour un total de 136 poissons relâchés à proximité de l'ascenseur, ce qui donne **une efficacité de l'aménagement (taux de franchissement) de seulement 22 %** (efficacité estimée à 28,5 % pour les saumons atlantiques de ce suivi).

Avec la technologie RFID, il n'est pas possible de connaître le devenir des 71 poissons non-détectés. Au-delà des nouveaux individus qui seront potentiellement marqués dans le futur, il sera intéressant de poursuivre le contrôle des codes des poissons marqués en 2023 et 2024 car il est possible qu'ils se représentent au droit de l'ascenseur dans les prochains mois ou prochaines années.

8.8.2. LE BAZACLE

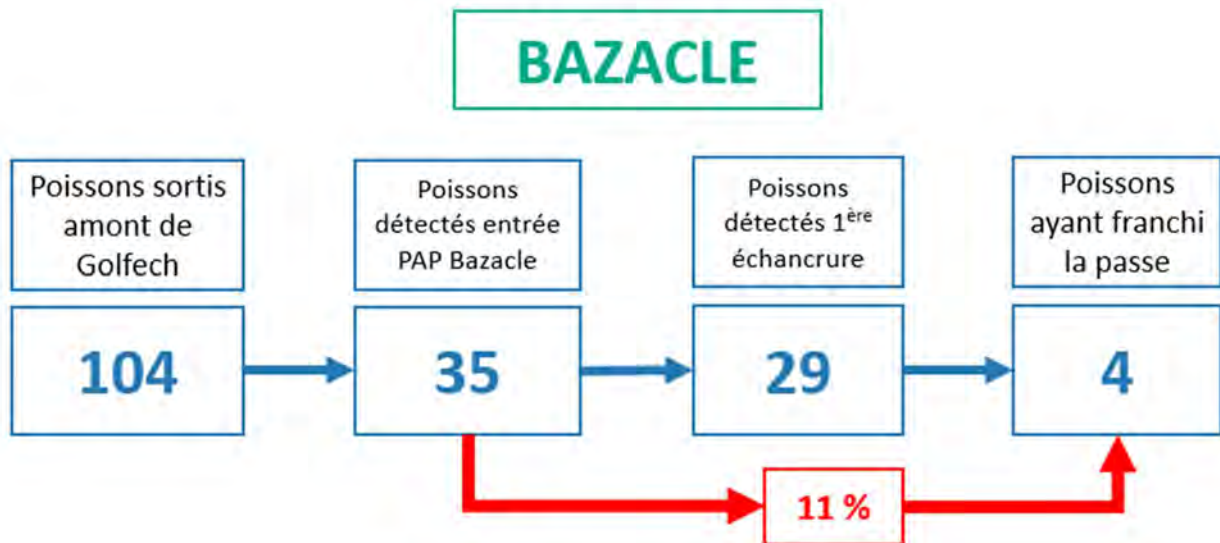


Figure 36 : Bilan des suivis d'espèces holobiotiques au niveau de l'ouvrage du Bazacle (compilation suivis 2023 et 2024)

La franchissabilité de la passe à poissons du Bazacle pour les holobiotiques marqués en RFID est très faible puisque de seulement 11 % (4 sur 35). En effet, si la majorité des individus détectés à l'entrée du dispositif atteignent la première échancrure (29 sur 35), après avoir passé la zone d'injection du débit d'attrait complémentaire, très peu franchissent finalement la totalité du dispositif qui présente donc une sélectivité certaine pour les holobiotiques, non relevée chez les saumons suivis.

9. DISCUSSION

Au cours des campagnes de suivi 2020 à 2024, malgré certaines difficultés de réalisation (crise COVID en 2020, crue en 2022, stock de migrateurs disponibles en 2023 et 2024, ...), 79 individus de saumons atlantiques ont fait l'objet d'un suivi télémétrique dans le but 1) d'étudier la franchissabilité du complexe Golfech-Malause (ascenseur à poissons de Golfech et nouvelle rivière de contournement au barrage), 2) d'évaluer le taux de transfert entre Golfech/Malause et le Bazacle à Toulouse, 3) d'évaluer la franchissabilité des aménagements du Bazacle puis du ramier/Cavaletade et 4) d'appréhender l'impact de la présence de silures sur la migration des saumons sur l'ensemble du secteur étudié.

L'intégralité des individus a été suivie sur un secteur allant de Couthures-sur-Garonne (100 km en aval de l'ASP) à Carbonne (environ 150 km en amont de l'ASP), soit environ 250 km sur le secteur Garonne, auxquels s'ajoutent la partie aval de l'axe Tarn et les parties aval et médiane de l'axe Ariège.

9.1. AVAL COMPLEXE GOLFECH-MALAUSE

Parmi les 60 saumons marqués et lâchés quelques kilomètres en aval de l'ouvrage de Golfech, 35 (soit 58 %) se sont présentés dans la zone d'enregistrement de nos antennes en aval de l'ASP. A titre de comparaison, lors de l'étude des années 2000 sur la Garonne (BAU et CROZE, 2008), 79 % des individus suivis s'étaient présentés en aval de l'aménagement de Golfech (19 individus sur 24). Sur le gave de Pau, entre 1995 et 1997, sur les 43 saumons marqués et lâchés à l'amont de l'ouvrage de Puyoo, ce sont 32 qui se sont présentés à l'ouvrage de Baigts situé 8 km en amont, soit un taux de transfert de 74% (CHANSEAU et LARINIER, 1999). Sur la Dordogne en 2010, sur 24 saumons marqués, 13 (54%) se sont représentés au niveau des aménagements (FARGEIX et al., 2011).

Un élément commun aux expérimentations sur la Garonne concerne la « naïveté » des individus par rapport à l'utilisation d'un aménagement déjà emprunté. En effet, les individus utilisés dans le cadre de ces 2 suivis ont été capturés dans un piège situé en amont de l'ascenseur. Le fait de les relâcher à nouveau en aval du même aménagement confronte les poissons lors de leur remontée à un site déjà connu. Dans leur étude, HAGELIN et al ; (2020) ont montré que d'avantage de salmonidés « naïfs » pénétraient dans un piège. Ce point avait été évoqué lors de l'élaboration du protocole Garonne mais les multiples contraintes pour s'approvisionner en individus « naïfs » nous ont conduit à y renoncer.

Dans son analyse, CROZE (2008) distingue les poissons ayant fréquenté brièvement l'aménagement dans un délai court après le marquage (24h). En effet, certains travaux (MAKINEN et al., 2000 ; THORSTAD et al., 2003) expriment un potentiel risque de modification du comportement du saumon adulte marqués sur un délai court allant de 1 jours (SOLOMON et STORETON-WEST, 1983 ; JOKIKOKKO, 2002) à 5 jours (HEGGBERGET et al., 1988) après les opérations de capture, de marquage et de lâcher. Dans notre suivi, 6 individus (6 sur 35, soit 17 %) présentent un délai de retour court (<24h) et une incursion unique et brève en aval de l'aménagement (<24h). Parmi ces 6 poissons, 2 ont franchi l'aménagement avec succès. Nous avons décidé de conserver les données de ces 6 individus dans l'analyse globale.

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.

	Nombre de poissons suivis	Taux reprise de migration		Attractivité de l'ASP		Franchissabilité de l'ASP		Efficacité de l'ASP	
		Nombre de poissons détectés en aval proche de l'ascenseur / Nb de poissons marqués et suivis		Nb de poissons ayant réalisé des incursions aux entrées / Nb de poissons enregistrés en aval proche de l'ascenseur		Nb de poissons ayant franchi l'ascenseur / Nb de poissons ayant réalisé des incursions aux entrées		Nombre de poissons ayant franchi l'ascenseur / Nb de poissons enregistrés en aval proche de l'ascenseur	
2021-24	60	35 sur 60	58%	20 sur 35	57%	10 sur 20	50%	10 sur 35	28.5%
CROZE (2005-06)	24	19 sur 24	79%	11 sur 19	58%	9 sur 11	82%	9 sur 19	47%

Tableau 33 : Comparaison des détails de détections des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech entre notre suivi (2021-2024) et le suivi de Croze (2005-2006)

Suite à leur reprise de migration post marquage, la très grande majorité (33/35) des individus présents en aval de l'usine se sont présentés, au moins à une reprise, dans un environnement très proche des 2 entrées de l'ascenseur (rayon de 10 à 15 m). En revanche, seuls 20 saumons ont réalisé des incursions dans l'ascenseur, soit une attractivité de l'ascenseur estimée à 57 %. Lors de l'étude de CROZE, c'était 11 sur 19 poissons, soit une attractivité du même ordre (58%), ce qui veut dire que **la proportion d'individus présents à proximité de l'ascenseur et pénétrant dans le dispositif était équivalente avec une seule entrée à l'époque et depuis avec deux entrées.**

De la même façon, la franchissabilité de l'ascenseur (nombre de poissons franchissant par rapport au nombre de poissons ayant réalisé des incursions à l'intérieur du dispositif) a été estimée à 50% (10/20) dans notre suivi contre 82% (9/11) en 2005-2006. Sur les 51 incursions distinctes réalisées par les saumons dans l'enceinte de l'ASP lors de notre suivi, 40 se sont soldées par un repli à l'extérieur de l'ASP (soit 78 %). Ce chiffre était moitié moindre dans l'étude de CROZE avec une seule entrée (6 sur 15, soit 40%), même s'il faut rester prudent dans la comparaison puisque le jeu d'antennes radio était différent et qu'il n'y avait pas de dispositif RFID. Les ressorties de poissons sont ainsi toujours importantes (9 sur 20, soit 45 %) alors que cette proportion n'était que de 22% lors du suivi de CROZE (2 sur 9) à l'époque de l'entrée unique. **Il semble donc que l'ajout d'une seconde entrée à l'ascenseur ait augmenté le nombre de ressorties de poissons ayant pénétré dans l'enceinte de l'ASP.**

Au final, l'efficacité globale du dispositif (nombre de poissons ayant franchi par rapport au nombre de poissons enregistrés en aval proche) peut être aujourd'hui estimée à 28.5% (10/35) alors qu'elle était de 47% (9/19) en 2005-2006. **La création de la seconde entrée en 2011 n'a donc pas amélioré la situation pour le saumon qui semble même s'être dégradée⁵, avec une efficacité globale du dispositif de 28.5% bien trop faible au regard des enjeux de migration du saumon sur la Garonne à Golfech.**

Cette dégradation de la situation se retrouve également au niveau des temps de blocage à l'aval de l'aménagement (temps entre la première et la dernière détection des antennes en aval du barrage). En effet, pour les individus ayant franchi l'ouvrage, **le temps de blocage médian, pour les saumons ayant franchi le dispositif, est évalué à 11,4 jours lors de notre suivi contre 3,8 jours à l'époque de l'entrée unique.**

⁵ Constat également fait dans la synthèse sur l'état écologique de la Garonne et son impact sur les populations de poissons migrateurs (CORNU et al., 2019), notamment pour des débits de la Garonne à Golfech < 300 m³.s⁻¹.

Depuis la mise en place du fonctionnement séquentiel des deux entrées en 2023, seuls 9 saumons marqués ont pu être suivis, ce qui constitue un échantillon relativement limité. Toutefois, les premiers résultats semblent montrer que **même si les poissons fréquentent volontiers la zone de l'entrée 2 lorsque le groupe 3 ne fonctionne pas, les saumons éprouvent toujours une certaine réticence à pénétrer dans l'enceinte de l'ascenseur une fois à proximité de l'entrée 2** (seuls 3 poissons sur 9 ont pénétré dans l'enceinte, pour 2 succès de franchissement).

9.2. TRONÇON COURT-CIRCUITE

Hors période de crues, les conditions de débits rencontrées (sans surverse à Malause) ont favorisé l'orientation et l'attrait des saumons suivis vers le canal de fuite et l'usine de Golfech. Toutefois, **à minima 29 % (10/35) des individus suivis en aval de l'ouvrage de Golfech se sont présentés, dans un second temps, au moins une fois en aval du seuil 5 dans le TCC**. Ces présentations dans le TCC sont toutes consécutives à une période de blocage en aval de l'usine hydroélectrique. C'était 87,5 % lors du suivi de CROZE (7 saumons sur 8 détectés dans le TCC provenaient initialement du canal de fuite).

La progression dans le TCC n'est pas exempte de difficultés, comme déjà signalé à plusieurs reprises dans différents suivis (CROZE et al., 2004 ; BAU et al., 2005, 2006 ; CARRY et BOYER-BERNARD, 2000). Dans notre étude, seulement 40 % des poissons présents en aval du seuil 5 (4 sur 10) ont réussi à le franchir. **Ces 4 franchissements du seuil 5 ont été enregistrés dans des gammes de débits faibles transitant dans le TCC** (de 20 à 70 m³.s⁻¹). Lors du suivi de CROZE, 25 % des poissons suivis avaient franchi le seuil 5 (2 sur 8).

Sur 4 franchissements du seuil 5, seuls 2 individus sont arrivés jusqu'au pied du barrage de Malause (1 individu sur 2 dans l'étude de CROZE) : l'un a fini par le franchir via la nouvelle passe mise en service en 2022 alors que le second est resté bloqué au pied de l'ouvrage, avant la mise en service de la nouvelle passe.

Depuis sa mise en service en 2022, la station de contrôle de Malause a enregistré 4 % du stock contrôlé au niveau de l'ascenseur de Golfech (9 sur 194). **Ces faibles effectifs contrôlés s'expliquent à la fois, par la faible attractivité du TCC quand l'usine de Golfech turbine et que les déversements au barrage sont faibles, ainsi que par les difficultés rencontrées par les poissons pour franchir les 5 seuils jalonnant le TCC**. L'amélioration significative de ces performances passe inévitablement par l'amélioration de la progression des poissons dans le TCC qui fait l'objet d'études de faisabilité en ce moment.

9.3. AMONT DU COMPLEXE GOLECH-MALAUSE ET TAUX DE TRANSFERT JUSQU'À TOULOUSE

Au cours des différentes années de suivi, 28 saumons ont été enregistrés dans le canal de transfert, avec pour rappel en 2020 l'ensemble des poissons marqués relâchés en amont du piège dans le canal de transfert (n=18). Les 10 autres poissons correspondent à des individus ayant emprunté une seconde fois l'ascenseur après leur premier passage et leur capture dans le piège pour le marquage. Sur ces 28 poissons, 26 ont été enregistrés comme sortant du canal de transfert et 25 ont atteint l'amont du canal d'amenée de l'usine. A ce lot de 25 poissons s'ajoutent également 2 poissons issus du franchissement du barrage de Malause via le TCC et

la nouvelle passe, soit un total de 27 individus suivis en amont de l'aménagement de Malause. A titre de comparaison, lors de la précédente évaluation de CROZE entre 2002 et 2006, un échantillon de 93 individus ont été relâchés dans le canal de transfert, dont 48 PHM.

Lors de notre suivi, **le taux de transfert en amont du Bazacle est de 30 %** (8 individus sur 27). Ce résultat est un peu supérieur à celui de l'étude de CROZE pour les PHM (11 individus sur 48, soit 22.9%) et comparable aux 34% évalués via les stations de contrôle de Golfech et du Bazacle, sur la période 2003-2017 où les individus de plusieurs hivers de mer (PHM) sont très largement dominants dans la population de saumons (voir données MIGADO ci-dessous).

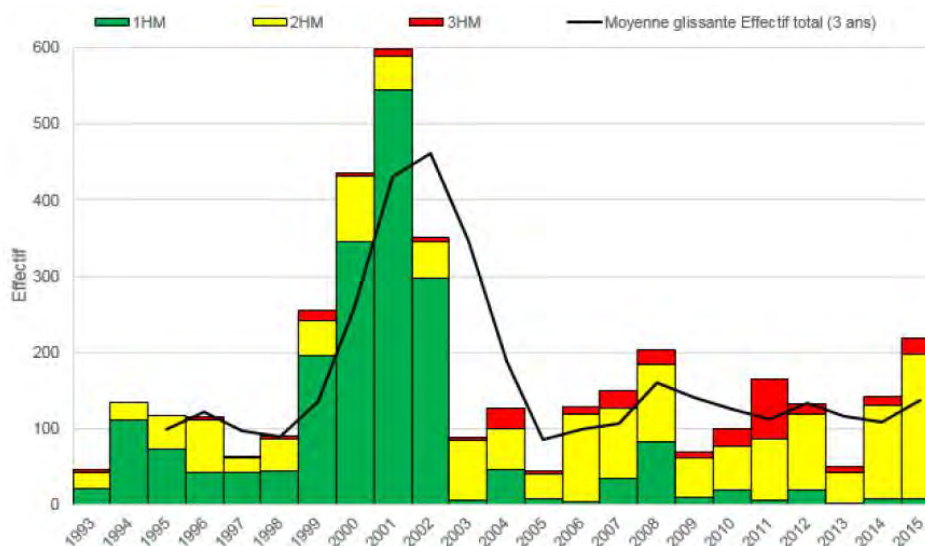


Figure 37 : Effectifs de saumons contrôlés à Golfech par classe d'âge entre 1995 et 2015 (données MIGADO)

Si l'on distingue le lieu de relâché des saumons marqués, à savoir l'amont (canal de transfert) ou l'aval de Golfech, le taux de transfert est :

- De 25% (4/16) pour ceux lâchés à l'amont en 2020 et de 23% (11/48) en 2003 et 2004,
- De 36% (4/11) pour ceux lâchés à l'aval entre 2021 et 2024 et de 33% (3/9) en 2005/2006.

Il semble donc que le fait d'avoir à franchir l'ascenseur de Golfech une ou deux fois (une première fois pour la capture/marquage et une seconde fois pour franchir l'aménagement après marquage pour ceux relâchés à l'aval) ne soit qu'un des multiples facteurs affectant le transfert des saumons entre Golfech et le Bazacle.

Dans la synthèse sur l'état écologique de la Garonne et son impact sur les populations de poissons migrateurs (CORNU et al., 2019), les faibles taux de transferts observés entre Golfech et le Bazacle pour le saumon ont été reliés à un ensemble de risques qui apparaissent sur le secteur en question, à savoir : la présence du silure, la retenue de Malause, la thermie, l'hydrologie, la micropollution et enfin les dispositifs de franchissement.

Dans leur bilan des connaissances, COURRET et al. (2020) ont montré de faibles taux de transfert vers les bas débits (<150-200 m³.s⁻¹), au moins en partie lié à des températures élevées défavorables aux salmonidés (>22°C), de meilleurs taux de transfert dans une gamme de débit intermédiaire (150-200 à 400-450 m³.s⁻¹) et de faibles taux de transfert vers les forts débits (> 400-450 m³.s⁻¹). D'après ces mêmes auteurs, l'influence des forts débits de la Garonne sur la proportion de saumons dépassant Belleperche ou atteignant le Bazacle n'est pas liée à la

fonctionnalité des dispositifs de montaison du Bazacle, ce qui les a amenés à s'interroger sur les conditions d'écoulements dans le canal d'aménée et la retenue de Malause. Ces interrogations ont notamment conduit à l'étude de GENSON (2024) qui souligne que les débits élevés dans le canal d'aménée, en particulier au-dessus de $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, génèrent des vitesses importantes, ce qui augmentait considérablement les dépenses énergétiques des saumons, affectant potentiellement leur succès migratoire. Nous ne disposons que de 22 poissons dont nous avons pu reconstituer le parcours dans le canal d'aménée pour examiner cette hypothèse. Le débit moyen turbiné pour ces 22 trajets est de $320 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ce qui représente seulement 58 % du débit maximum turbinable, et seuls 6 saumons ont évolué dans le canal d'aménée avec un débit moyen turbiné supérieur à $380 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Parmi eux, 1 seul est arrivé jusqu'au Bazacle et l'a franchi, soit un taux de transfert de moins de 17% alors que pour les 16 autres, 10 sont arrivés au Bazacle et 5 ont franchi, soit un taux de transfert de 31 % (5/16). **Les 6 saumons ayant emprunté le canal d'aménée à plus fort débit ont donc des taux de transfert plus faibles que les autres.**

Enfin, concernant les 2 saumons ayant franchi l'ouvrage par la rivière de contournement au barrage de Malause (sans emprunter le canal d'aménée donc), aucun n'a franchi l'ouvrage du Bazacle, ils se sont faits prédater sur le tronçon sans obstacle entre la sortie de Malause et le Bazacle. Il faut garder cependant à l'esprit le passif de ces 2 saumons avant de franchir Malause : l'un d'eux avait été relâché à l'aval de Golfech, était resté bloqué 12 jours en aval de l'ascenseur avant de s'engager dans le TCC et de mettre plus de 4 jours pour franchir Malause, l'autre avait été relâché directement dans le TCC en amont du seuil 1, suite au marquage, et avait mis environ 2 jours pour franchir l'ouvrage de Malause.

Le faible taux de transfert de 30% (8/27) entre Golfech et le Bazacle implique donc **la perte de 70% (19/27) des individus sur l'ensemble du parcours**⁶, pertes qui se produisent :

- (1) **Pour 22% (6/27) par des arrêts de migration dans le tronçon Golfech-Malause.** Parmi les 13 individus qui n'ont pas atteint l'aménagement du Bazacle, 4 ont dévalé directement après leur sortie du canal d'aménée de Golfech (2 ont dévalé le canal d'aménée et 2 ont dévalé par le barrage de Malause par surverse et rejoint le TCC) et 2 ont stoppé leur progression directement dans la retenue de Malause (progression inférieure à 5 km dans la retenue). Ce taux était de 31.3 % (15/48) pour les PHM lors de la précédente étude.
- (2) **Pour 26% (7/27) par des arrêts de migration dans le tronçon de Garonne sans obstacles, entre la sortie de la retenue de Malause et l'aval de l'ouvrage du Bazacle à Toulouse.** 6 individus ont stoppé leur migration entre 16 km et 75 km en amont du barrage de Malause et 1 saumon a stoppé sa progression à proximité de Toulouse avant de dévaler et de se faire prédater 16 km en amont du barrage de Malause (il n'est pas possible de savoir si la prédation est la cause ou la conséquence de l'arrêt de l'individu). Ce taux était de 18.8 % (9/48) pour les PHM lors de la précédente étude.
- (3) **Pour 22% (6/27) par le blocage de la migration par l'ouvrage du Bazacle.** 6 individus sur les 14 arrivés au pied de l'aménagement du Bazacle ont échoué à le franchir. Ce taux était de 22.9 % (11/48) pour les PHM lors de la précédente étude.

Lors de la précédente étude, il y avait également eu un faible taux d'égarement sur le Tarn de 4.2% (2/48), phénomène qui ne s'est pas produit lors de notre suivi.

⁶ Ce taux était de 77.1% (37/48) dans la précédente étude.

Lors des suivis de CROZE, près de 20 % de l'échantillon suivi avait réalisé une dévalaison définitive, la plupart en aval de l'usine de Golfech et 30% des individus avaient été définis comme morts, les poissons étant suivis jusqu'à la période de reproduction. 3 causes avaient alors été avancées : les débits soutenus rencontrés, la qualité de l'eau et enfin les secteurs de rivière avec une absence ou une pauvreté de substrat et donc de zones de repos/refuge.

Concernant ces 3 causes, une étude a été conduite, en parallèle de nos suivis de saumons marqués, sur les conditions de migration des saumons entre Golfech et le Bazacle, au regard de la pollution présente sur ce secteur et en amont (ADICT pour AEAG, 2024). Une des conclusions de cette étude est que les arrêts de migration ou les dévalaisons de saumons marqués tendent à être associés à un contexte pollué, matérialisé par des conditions de migration jugées défavorables liées à des coups d'eau des affluents RG de la Garonne et à des étiages sévères de la Garonne avec des températures de l'eau élevées. D'après les auteurs de cette étude, la migration des saumons sur le tronçon Toulouse-Golfech ne serait pas le résultat d'une seule condition mais d'une combinaison de plusieurs conditions favorables et défavorables, pas toujours simples à « détricoter ». C'est ainsi que nos suivis, basés sur un nombre limité de 27 saumons suivis, n'ont pas permis de remonter à l'origine exacte des arrêts de migration constatés. Certaines dévalaisons sont bien en lien avec des augmentations de débit mais il n'est pas possible d'affirmer si ces hausses de débits sont la cause directe ou indirecte des arrêts de progression (poissons fatigués, absence d'abris pour se reposer et se protéger des débits, influence néfaste de la qualité de l'eau lors des coups d'eau printaniers). De même l'étude de la qualité de l'eau de la Garonne, sur les tronçons allant de Golfech à Toulouse, réalisée par CROZE et al. (2006), n'avait pas formellement montré un effet direct sur la perturbation de la migration et les mortalités. Pour les auteurs, l'origine des arrêts de géniteurs et des mortalités est multifactorielle (température, débit, turbidité) et l'apparition d'un stress supplémentaire lié aux pesticides est susceptible d'augmenter la sensibilité des saumons. La littérature scientifique, sur les effets de la micropollution, mentionne notamment : des troubles du comportement, des altérations de l'osmorégulation, de la sensibilité olfactive, des perturbations endocriniennes, des perturbations de la maturation sexuelle, un affaiblissement des capacités respiratoires et des perturbations des fonctions cardiaques, donc des réductions des capacités de migration ; une dépression immunitaire, et donc une sensibilité renforcée aux parasites et maladies (pour plus de détails, voir CORNU et al., 2019).

Enfin, l'étude des habitats réalisée par ECOGEA pour MIGADO en 2021 a montré que le tronçon de la Garonne situé entre la fin de la retenue de Malause et l'ouvrage du Bazacle a subi de profondes modifications morphologiques au cours du XX^{ème} siècle (extractions de granulats, stabilisation des berges, suppression de méandres, construction de barrages/digues ...). Ce constat a amené ces auteurs à s'interroger 1) sur les habitats utilisables par le saumon pour se reposer lors de sa migration ou se réfugier lors des crues et 2) sur la présence de secteur difficilement franchissable. Leurs investigations de terrain ont mis en évidence que si 32% du linéaire de la Garonne entre Malause et le Bazacle était constitué de faciès profonds, seuls 33% d'entre eux pouvaient être considérés comme des zones de repos/refuge de bonne qualité. D'autre part, il a été mis en évidence d'importants linéaires de faciès courants où l'eau s'écoule sur le substratum molassique. Bien que ces zones ne soient pas infranchissables du point de vue des capacités de nage des saumons, l'accumulation de secteurs s'écoulant sur un substrat plutôt lisse doit engendrer des efforts plus importants pour les poissons lors de leur franchissement. Des auteurs ont également mis en évidence que des comportements à priori

anormaux pour un poisson qui cherche à remonter un cours d'eau, c'est-à-dire des dévalaisons de plusieurs kilomètres, ont lieu plus fréquemment dans les secteurs à forte dominance de dalle.

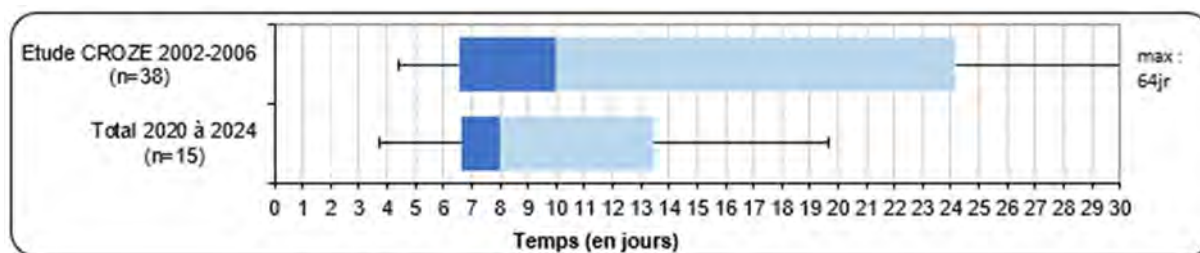


Figure 38 : Répartition des temps de transfert entre la sortie du canal d'amenée à Malause et l'arrivée à l'aval du Bazacle pour les poissons suivis ayant atteint cet ouvrage

Les temps de transfert minimaux et médians entre la retenue de Malause et l'aval du Bazacle sont très proches entre notre suivi et le suivi 2002–2006 (temps minimum de 3,7 jours contre 4,4 jours pour le suivi précédent et temps médian de 8 jours pour 10 jours pour le précédent suivi). En revanche, le temps maximum observé lors du suivi 2002–2006 atteint 64 jours, contre à peine 20 jours lors de notre suivi. Lors du suivi 2002–2006, les saumons ont été marqués et suivis tout au long de l'année (marquage de mars à octobre), ce qui peut en partie expliquer cette différence.

9.4. FRANCHISSEMENT DU BAZACLE

En ce qui concerne le franchissement du Bazacle, 8 individus sur les 14 enregistrés au pied de l'ouvrage ont franchi, soit 57 %. Lors du suivi de Croze, concernant les PHM, 17 individus avaient franchi sur 33 détectés en aval de l'ouvrage, soit 52 %. Même si l'effectif suivi est moindre, il semble donc que l'efficacité de la passe à bassins du Bazacle ne se soit pas améliorée par rapport à la situation évaluée lors de l'étude 2002–2006, malgré la mise en place depuis 2012 d'un dégrilleur automatisé sur les prises d'eau de la passe et du débit d'attrait. Même si cette automatisation a permis de réduire significativement les périodes de dysfonctionnement de délivrance du débit d'attrait (de l'ordre de 25% du temps contre 1% maintenant – DARTIGUELONGUE, 2019), d'autres paramètres impactent donc la franchissabilité de l'ouvrage.

Dans leur bilan des connaissances, COURRET et al. (2020) ont montré que l'efficacité de la passe à bassins du Bazacle, pour les saumons suivis de 2002 à 2006, semblait diminuer avec le débit de la Garonne à l'arrivée des poissons sur site, en raison notamment de la réduction d'attractivité des écoulements issus de la centrale du Bazacle et de celle des dispositifs de franchissement. L'effectif suivi dans notre étude est moins important mais la tendance est la même, à savoir que le débit moyen journalier de la Garonne à Portet est de quasi 200 m³.s⁻¹ (variation de 141 à 284 m³.s⁻¹) pour les 6 saumons n'ayant pas franchi l'ouvrage contre 170 m³.s⁻¹ (variation de 123 à 247 m³.s⁻¹) pour les 8 saumons l'ayant franchi. COURRET et al. (2020) constatent que le jeu d'antennes utilisé à l'époque n'avait pas permis d'identifier plus précisément la cause du déficit d'efficacité (poissons peu présents devant l'entrée ou ne pénétrant pas dans le dispositif ou encore ressortant du dispositif). Le dispositif mis en œuvre dans notre suivi à lui permis une étude plus fine du comportement des saumons. Ainsi, concernant le temps de présence à proximité de l'entrée de la passe par rapport au temps passé dans la zone de l'antenne générale, les saumons passés à l'amont ont un ratio compris

entre 5 % et 100 %, avec une médiane de 15,7 %, alors que les individus n'ayant pas franchi ont un ratio compris entre 0 % et 20 % avec une médiane de 3,4 %. Globalement, **les poissons ayant franchi la passe du Bazacle ont des temps de présence significativement plus importants en aval proche de l'ouvrage que les individus ayant échoué.**

COURRET et al. (2020) s'interrogeaient également sur la zone d'injection du débit d'attrait de la passe à bassins du Bazacle de conception particulièrement « compacte » (grille d'injection du débit d'attrait faisant face à l'entrée piscicole et première fente de la passe à bassins en position latérale). Le dispositif RFID installé lors de notre suivi a permis de montrer que **les 8 saumons ayant franchi la vanne régulant la chute de l'entrée piscicole ont tous franchi la passe et donc que la zone d'injection du débit d'attrait ne semble pas gêner les saumons une fois qu'ils ont pénétré dans le dispositif.** Ce constat, établi sur la base de 8 saumons, devra toutefois être confirmé lors des suivis spécifiques mis en place à partir de 2025 pour évaluer la franchissabilité de l'ouvrage du Bazacle pour le saumon (étude ECOGEA/MIGADO pour EDF, en cours).

Parmi les 8 poissons passés à l'amont de l'ouvrage du Bazacle, 2 ont dévalé la chaussée sur un coup d'eau dans les jours suivants leur franchissement, 2 (25%) ont emprunté l'axe Ariège (31 % lors du suivi de CROZE), 1 (12,5%) est resté bloqué en aval de l'ouvrage suivant, le Ramier (9 % pour CROZE) et enfin 3 (37,5%) ont emprunté l'axe Garonne (60 % pour CROZE). Concernant le devenir des poissons ayant choisi l'axe Garonne, 1 est resté bloqué en aval de l'ouvrage de Carbonne (32 % pour CROZE) et 2 ont été piégés après avoir emprunté l'ouvrage de franchissement de Carbonne (68 % pour CROZE).

9.5. PREDATION

Entre 2020 et 2022, le suivi acoustique réalisé a permis d'équiper 57 individus avec une marque permettant de connaître le devenir de l'individu concernant la prédation. Toutefois, après examen du devenir de certains individus, l'analyse finale ne porte que sur 32 individus (problème technique, perte de marque, sortie du secteur d'études ou encore poisson non retrouvé). Ainsi, 20 individus sur 32 ont été prédatés, soit 62,5 % mais il convient de tenir compte de la typologie des prédatations afin de les analyser. Dans le détail, il a été observé que :

- **26% des individus qui ne reprennent pas leur migration de montaison après marquage sont retrouvés prédatés** (7 prédatations sur 27 individus concernés). Ces individus sont peu actifs et surement plus faibles et vulnérables. Ces prédatations interviennent en moyenne 17 jours après le marquage.
- **30 % des individus qui reprennent leur migration mais échouent au franchissement de l'ascenseur se sont fait prédatés après s'être présentés aux entrées ou après avoir pénétrés dans le dispositif puis ressortis suite à un échec de franchissement).** Les prédatations sont intervenues entre 9 et 40 jours après marquage, avec une moyenne de 21,5 jr.
- **La prédation lors de la migration de montaison sur le secteur « amont Golfech – aval Bazacle » représente 25 %** (2 prédatations sur 8 individus concernés)

Les résultats de l'ensemble du suivi prédation tendent à montrer si une prédation réelle existe bel et bien en aval direct de l'ouvrage de Golfech, **elle apparaît comme la conséquence d'un échec de franchissement (ressortie de l'ouvrage après tentative ou difficulté à trouver**

l'entrée du dispositif) et non comme la cause des mauvais résultats de franchissement. Pour les poissons qui ne passent pas rapidement à l'amont du complexe Malause/Golfech, la prédation est le résultat d'une stagnation et sans doute d'un épuisement des poissons en pied d'aménagement.

D'après PROTEAU et al. (2008), l'alimentation du silure reflète l'éventail d'espèces présentes dans son habitat. Certains auteurs ont montré que, dans des zones de concentration de poissons, certains prédateurs adoptaient leurs stratégies alimentaires en exploitant des taxons de proies différentes en amont et en aval de barrage (BAUMGARTNER 2007 ; AGOSTINHO et al. 2012 ; SCHMITT et al. 2017). Lors de campagnes de pêches sur la Garonne pour la régulation locale de silure (Saint Sixte et canal de fuite de Golfech) en 2021, sur 531 captures de silure sur ces 2 sites, 78 contenaient des proies dans l'estomac, avec plus de 14 espèces différentes mais aucun saumon (GAILLARD et RAPET, 2021). La majorité de la biomasse consommée par les silures était à 46% des grandes aloses. C'était aussi le cas lors de la campagne 2019 où la grande alose avait été majoritairement consommée (75 %). Sur la Dordogne, un suivi mené par EPIDOR entre 2020 et 2025 dans le bergeracois, a montré que sur 3518 silures dont on a examiné les contenus stomacaux, le saumon atlantique est l'espèce grande migratrice la moins prédatée avec 6 individus contre notamment 123 lamproie marine, 141 grande alose, 13 alose feinte et 34 anguilles (EPIDOR, à paraître).

A Golfech, BOULETREAU et al. (2018) ont montré que les actes de prédation s'exerçaient dans des zones spécifiques concentrant les individus, avec des silures capables 1) de modifier leurs rythmes d'activité afin de correspondre à ceux de certaines proies, impliquant 35 % de prédation de saumon dans le canal de transfert de Golfech et 2) d'adopter une stratégie de présence continue en sortie du canal de transfert afin de prédater les poissons sortant de celui-ci, avec 72 % de saumons attaqués contre 46 % pour les autres espèces. Des mesures ont été prises depuis pour résoudre ces problèmes dans ces zones avec des vidanges régulières du canal de transfert pour en extraire les silures et l'installation d'un anti-retour en sortie du canal afin de favoriser la sortie libre des saumons.

Concernant la prédation sur le tronçon libre de la Garonne à l'amont de la retenue de Malause, celle-ci existe, mais semble moins prégnante. Les risques potentiels avaient été mis en évidence dans l'étude POMI (CORNU, 2019) avec le constat de prédateurs entre le point de contrôle de Golfech et celui du Bazacle, impactant donc le taux de transfert entre les deux aménagements, indépendamment des conditions de migration.

9.6. HOLOBIOTIQUES

Les suivis 2023 et 2024 ont permis le marquage RFID de 136 individus holobiotiques en aval de l'ascenseur de Golfech (42 chevesnes, 32 barbeaux fluviatiles et 62 brèmes communes).

Les espèces sélectionnées, comme beaucoup d'espèces d'eau douce, ne sont pas sédentaires et n'accomplissent pas l'ensemble de leur cycle de vie sur un seul et unique tronçon de rivière (LAKE et BOND REICH, 2007). En effet, les espèces potamodromes doivent migrer au cours de leur vie pour accéder à des habitats de reproduction, d'alimentation et de refuge, ou pour boucler leur cycle biologique (LUCAS et BARAS, 2001 ; NUNN et COWX, 2012 ; BENITEZ et al., 2018). C'est vrai notamment pour le chevesne (FREDRICH et al. 2003), le barbeau (BARAS, 1995 ; OVIDIO et al. 2007) ou encore la brème (GARDNER, 2013 ; WINTER et al. 2021).

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.

	Nombre de poissons suivis		Attractivité de l'ASP		Franchissabilité de l'ASP		Efficacité de l'ASP		
			Nb de poissons ayant réalisé des incursions aux entrées / Nb de poissons enregistrés en aval de l'ouvrage		Nb de poissons ayant franchi l'ascenseur / Nb de poissons ayant réalisé des incursions aux entrées		Nombre de poissons ayant franchi l'ascenseur / Nb de poissons enregistrés en aval de l'ouvrage		
SAT 2021-24	60	35 sur 60	58%	20 sur 35	57%	10 sur 20	50%	10 sur 35	28.5%
Holobiotiques 2023-24	136			65 sur 136	48%	30 sur 65	46%	30 sur 136	22%
CHE 2023-24	42			15 sur 42	36%	9 sur 15	60%	9 sur 42	21%
BAF 2023-24	32			9 sur 32	28%	4 sur 9	44%	4 sur 32	13%
BRE 2023-24	62			41 sur 62	66%	17 sur 41	41%	17 sur 62	27%

Tableau 34 : Détails des détections des poissons marqués en aval de l'aménagement de Golfech entre le suivi saumon (2021-2024) et le suivi holobiotique (2023-2024)

Parmi les 136 poissons marqués, 65 ont effectué au moins une incursion dans l'enceinte de l'ascenseur de Golfech par l'une des deux entrées. L'attractivité de l'ascenseur apparaît donc un peu moins élevée que pour les saumons avec 48% et variable selon les espèces holobiotiques.

Parmi les 65 poissons ayant réalisé des incursions aux entrées, 30 ont finalement franchi l'ouvrage de montaison, soit une franchissabilité de 46 %. Comme pour l'attractivité, les résultats varient en fonction des espèces.

Au final, on enregistre **30 franchissements pour un total de 136 poissons relâchés à proximité de l'ascenseur, ce qui donne une efficacité du dispositif de 22 %** avec des résultats allant de 13 % pour le bardeau à 27 % pour la brème.

Les études sur les performances des ouvrages de franchissement sont souvent monospécifiques et concernent majoritairement les espèces migratrices anadromes (THORSTAD et al., 2003 ; CROZE, 2008 ; IZZO et al. 2016), mais certains auteurs ont également évalué les performances de ces ouvrages de franchissement sur les espèces potamodromes (TUMMERS et al. 2016 ; BENITEZ et al. 2018 ; OVIDIO, 2019). BENITEZ et al. (2018) ont travaillé sur la Meuse belge en aval de Liège en analysant le suivi de 11 espèces potamodromes (marquage RFID et radio) au niveau de la passe du barrage de Monsin. Ils ont obtenu des taux de reprise de migration de 67.2 % pour le chevesne et de 26.7 % pour le barbeau et des taux de franchissement de 94,4 % pour le chevesne et de 66,7 % pour le barbeau. OVIDIO (2019) a travaillé sur la Vesdre (affluent de l'Ourthe en Belgique) et a testé les capacités de franchissement au niveau de 3 passes de conceptions différentes pour le barbeau et le chevesne. Il a obtenu des taux d'attractivité de 82 à 100 % et des taux de franchissement de 53 à 89 % en fonction du site testé.

Les premiers résultats d'efficacité de l'ASP de Golfech obtenus pour le suivi des holobiotiques sont du même ordre de grandeur que pour le saumon, et apparaissent donc comme peu satisfaisants pour un ouvrage de cette importance. Ces résultats mériteraient toutefois d'être encore consolidés, ce qui nécessiterait de poursuivre les efforts de marquage sur les individus holobiotiques à Golfech dans les prochaines années.

10. BILAN / CONCLUSION

Le bilan concernant les 4 objectifs principaux de ce suivi, qui s'est déroulé sur 5 années de migration du saumon, est le suivant :

- 1) Concernant le franchissement du complexe Golfech-Malause par le saumon, **l'efficacité globale de l'ascenseur à poissons est de 28,5 %** et **le taux de franchissement via le tronçon court-circuité est de 3 %** actuellement (seuils + rivière de contournement).
- 2) **Le taux de transfert des saumons, entre l'amont du complexe Golfech-Malause et l'aval de l'aménagement du Bazacle à Toulouse, est de 52 %**, avec un temps de transfert médian de 8 jours pour l'ensemble des individus suivis.
- 3) Concernant le franchissement de **l'aménagement du Bazacle, l'efficacité globale du dispositif de montaison est de 57 %**. En cumulant les 52 % de taux de transfert entre Golfech et le Bazacle et les 57 % d'efficacité de l'ouvrage du Bazacle, on obtient 29,6 % de taux de transfert entre l'amont de Golfech et l'amont du Bazacle. Ce chiffre est cohérent avec les taux transferts Golfech-Bazacle observés par MI.GA.DO à l'aide des contrôles vidéo (28-30%).

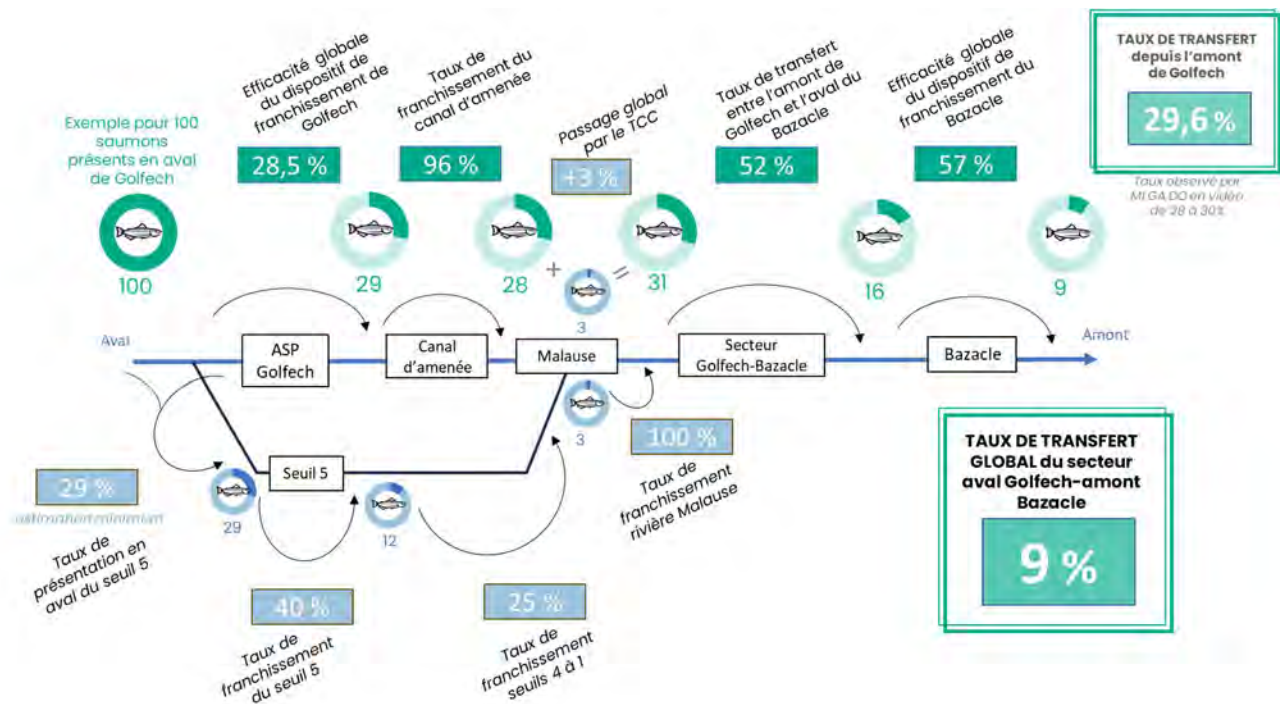


Figure 39 : Schéma bilan du taux de transfert global des saumons atlantiques sur le secteur de Garonne entre l'aval de Golfech et l'amont du Bazacle à Toulouse

En cumulant les différents impacts subis par les saumons se présentant à Golfech (Figure 39), **le Taux de transfert global pour le secteur aval Golfech-amont Bazacle est évalué à seulement 9 %**. Ce qui signifie que pour 100 saumons arrivant en aval de l'aménagement de Golfech, seuls 9 saumons parviennent à l'amont de l'aménagement du Bazacle.

- 4) Enfin, en ce qui concerne **l'impact de la présence de silures** sur la migration des saumons sur l'ensemble du secteur étudié, nous avons observé une prédation avérée **de 26% des individus (7/27) qui ne reprennent pas leur migration de montaison après marquage, de 30% des individus (6/20) qui reprennent leur migration mais échouent au franchissement de l'ascenseur de Golfech et de 25% des individus (2/8) lors de leur migration de montaison sur le tronçon libre de Garonne entre l'amont de Golfech et l'aval du Bazacle.**

Suite à ces résultats, le COPIL s'est réuni le 20 janvier 2026 afin de partager les conclusions et définir collégalement les pistes de travail afin d'améliorer drastiquement la situation en terme de continuité écologique au niveau du complexe Golfech / Malause. Ces constats et perspectives, présentées au groupe migrateurs Garonne le 24/02/2026, sont les suivantes :

GOLFECH / MALAUSE

- 1) la totalité des saumons suivis se présente en premier lieu à l'aval de l'usine de Golfech dont l'ouvrage de franchissement présente une efficacité jugée bien trop faible (28,5%) pour la réussite du plan de restauration du saumon atlantique.
- 2) la totalité des saumons se présentant dans le TCC ont en premier lieu visité l'aval de l'usine de Golfech. Actuellement seul 3% des saumons parviennent à franchir Malause via le TCC.
- 3) le taux de prédation par le silure en aval de Golfech est jugé important (50%) mais apparait comme la conséquence d'un échec de franchissement. 60 % des saumons prédatés le sont après être ressorti du système.
- 4) L'équipement du TCC, sans pouvoir juger de son efficacité à ce stade, ouvrira une nouvelle voie de passage à l'horizon 2030. D'ici cette date, il semble indispensable :
 - Lancer une réflexion sur les améliorations possibles au niveau de l'ascenseur à poissons de Golfech, voie de passage principale et situé sur le premier obstacle de la Garonne.
 - Continuer à étudier le silure au droit de Golfech (radio), test d'effarouchement et comportement

MALAUSE / AVAL BAZACLE

- 1) le taux de transfert entre Malause et l'aval de Toulouse est de 52 %, 25 % des échecs sont expliqués par la prédation.
- 2) Certains saumons qui échouent, dévalent lors des premiers coups d'eau. L'étude pollution montre un impact potentiel des affluents rive gauche (pollution agricole). On ne dispose pas de levier direct pour améliorer le taux de transfert entre Golfech et l'aval du Bazacle mais le ce taux peut augmenter par la baisse de la perte énergétique lie au franchissement de Golfech/Malause
- 3) L'étude habitat sur ce secteur n'a pas montré de problèmes majeurs.

BAZACLE

- 1) l'efficacité de la passe à poissons du Bazacle est de 57 %, liée à une mauvaise attractivité, la franchissabilité étant très bonne pour le saumon (100%)
- 2) La prédation par le silure au droit du site n'a pu être évaluée lors de cette étude.
- 3) Le taux de transfert amont Golfech - amont Bazacle (30 %) observé à la vidéo et équivalent à celui obtenu par radio télémétrie.

Ainsi, l'efficacité du Bazacle est à améliorer notamment en améliorant l'attractivité de la passe à poissons. Il faut continuer à étudier le comportement au droit de la passe en prenant en compte la dimension prédation (réseau spécifique) en complétant les données par un suivi des silures en aval du Bazacle (caméra acoustique r&d).

II. BIBLIOGRAPHIE

- ADICT 2024.** Programme saumon Garonne : étude des conditions de migration du saumon atlantique entre Golfech et Toulouse (seuil du Bazacle) – Volet A : pollution. Rapport ADICT pour AEAG. 40 p + annexes.
- AGOSTINHO A.A., AGOSTINHO C. S., PELICICE F. M., MARQUES E. E., 2012.** Fish ladders : safe fish passage or hotspot for predation. *Neotropical Ichthyology* 10, 687–696.
- BARIL D. et GUENEAU P., 1986.** Radio-pistage de saumons adultes (*Salmo salar*) en Loire. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 86–105.
- BAU F., BREINIG T., JOURDAN H., CROZE O., 2005.** Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne en amont de Golfech – Deuxième campagne (suivi 2003). Rapport GHAAPE RA05.01, 102 p.
- BAU F., MOREAU N., CROZE O., BREINIG T. et JOURDAN H., 2006.** Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne en amont de Golfech. Rapport GHAAPE RA06.03.
- BAU F., CROZE O., DELMOULY L., MOREAU N. et ALESINA R., 2007.** Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne – En aval & en amont de Golfech – Quatrième campagne (suivi 2005). Rapport GHAAPE RA.07.03.
- BAU F. et CROZE O., 2008.** Montaison du saumon atlantique en Garonne – Bilan du radiopistage 2002–2006. Rapport GHAAPE RA.08.02.
- BAUMGARTNER L.J., 2007.** Diet and feeding habits of predatory fishes upstream and downstream of a low-level weir. *Journal of Fish Biology* (2007) 70, 879–894.
- BARAS E., 1995.** Seasonal activities of *Barbus barbus*: effect of temperature on time-budgeting. *J Fish Biol* 46:806–818.
- BARAS E., 2001,** Manuel de Biotélémétrie Aquatique.
- BENITEZ J.P., DIERCKX A., NZAU MATONDO B., ROLLIN X., OVIDIO M., 2018.** Movement behaviours of potamodromous fish within a large anthropised river after the reestablishment of the longitudinal connectivity. *Fish Res* 207:140–149.
- BOULETREAU S., GAILLAGOT A., CARRY L., TETARD S., DE OLIVEIRA E., SANTOUL F., 2018.** Adult Atlantic salmon have a new freshwater predator. *PLoS ONE* 13(4): e0196046.
- CARRY L., BOYER-BERNARD S., 2000.** Etude des rythmes de migration des espèces amphibiotes et holobiotes de la Garonne au niveau de la station de contrôle de Golfech au cours de l'année 1999. Rapport MI.GA.DO.
- CARRY L., DELPEYROUX J.M. et BOSCH S., 2015.** Etude des rythmes de migration des espèces amphibiotes et holobiotes 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., 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.
- CHANSEAU M. et LARINIER M., 1999.** Étude du comportement du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) au niveau de l'aménagement hydroélectrique de Baigts (gave de Pau) lors de sa migration anadrome. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 239–262.
- CORNU V., TESSIER S., DABOS P., 2019.** Etat écologique de la Garonne et son impact sur les populations de poissons migrateurs – Analyse des risques « saumon atlantique » sur le bassin de la Garonne. Résultats, synthèse et discussion. Rapport ECOGEA/Adict Solutions/Géodiag pour l'AEAG.

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.

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.

CROZE O., BAU F., BREINIG T., 2004. Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne en amont de Golfech – Première campagne (suivi 2002). Rapport GHAAPE RA04.06, 225 p.

CROZE O., BLOT E., DELMAS F., ALESINA R., JOURDAN H., BAU F., BREINIG T., 2006. Suivi de la qualité de l'eau de la Garonne lors de la migration anadrome du saumon en amont de Golfech. Rapport GHAAPE RA06.04, 144 p.

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.*

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. Etude de l'efficacité des dispositifs de franchissements des aménagements de Golfech et du Bazacle par suivi télémétrique. Etude des impacts du silure par prédation et effarouchement sur la migration anadrome du saumon sur le secteur Golfech-Bazacle. Résultats des suivis du printemps 2020.

ECOGEA pour MIGADO, 2022. 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. Etude des impacts du silure par prédation et effarouchement sur la migration anadrome du saumon sur le secteur Golfech-Bazacle. Résultats des suivis du printemps 2021.

ECOGEA pour MIGADO, 2023. 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. Etude des impacts du silure par prédation et effarouchement sur la migration anadrome du saumon sur le secteur Golfech-Bazacle. Résultats des suivis du printemps 2022.

ECOGEA pour MIGADO, 2024. 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.

FARGEIX S., GUERRI O., CHANSEAU M., 2011. Etude par radiotélémétrie de la migration du saumon atlantique (*Salmo salar*) au niveau des barrages du bergeracois sur la rivière Dordogne. Rapport EPIDOR. 42 p + annexes.

FREDRICH F., OHMANN S., CURIO B., KIRSCHBAUM F., 2003. Spawning migrations of the chub in the River Spree, Germany. *J Fish Biol* 63(3):710–723.

GAILLARD M. et RAPET E., 2021. Amélioration de la montaison et de la reproduction des poissons migrateurs par la mise en place de régulations locales du silure glane en Garonne Dordogne, Année 2021.

GARDNER C.J., DEEMING D.C., EGDY P.E., 2013. Seasonal movements with shifts in lateral and longitudinal habitat use by common bream, *Abramis brama*, in a heavily modified lowland river. *Fisheries Management and Ecology*, 2013, 20, 315–325.

GUILLERAUD G., BOULETREAU S. et SANTOUL F., 2018. Predation of European catfish on anadromous fish species in an anthropised area. *Marine and Freshwater Research*.

HAGELIN A., MUSETH J., GREENBERG L., KRAABOL M., CALLES O., BERGMAN E., 2020. Upstream fishway performance by Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) spawners at complex

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.

hydropower dams - is prior experience a success criterion ? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 78(3):332-338.

HEGGBERGET Y. G., 1988. Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 845-849.

IZZO L.K., MAYNARD G.A., 2016. Upstream Movements of Atlantic Salmon in the Lower Penobscot River, Maine Following Two Dam Removals and Fish Passage Modifications. Marine and Coastal Fisheries Dynamics Management and Ecosystem Scienc. January 2016.

JOKIKOKKO E., 2002. Migration of wild and reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the river Simojoki, northern Finland. Fish. Res., 58: 15-23.

KEEFER M.L., TAYLOR G.A., GARLETTS D.F., GAUTHIER G.A., PIERCE T.M., CAUDILL C.C., 2006. Prespawn mortality in adult spring Chinook salmon outplanted above barrier dams. Ecology of Freshwater Fish 2010: 19: 361-372.

KRAABOL M., ARNELEIV J.V., 2000. Spawning migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in a regulated Norwegian watercourse: impact of turbine water outlet into the lake and reduced water flow in the spawning tributaries. In Advances in Fish Telemetry, A Moore, I Russell. (eds). CEFAS: Lowestoft; 237-244.

LAKE P.S., BOND REICH P., 2007. Linking ecological theory with stream restoration. Freshw Biol 52:597-615.

LUCAS M.C., BARAS E., 2001. Migration of freshwater fishes. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd., Oxford.

MAKINEN T.S., NIEMELA E., MOEN K., LINDSTROM R., 2000. Behaviour of gill-net and rod-captured Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during upstream migration and following radio tagging. Fish. Res., 45: 117-127.

NUNN A.D., COWX I.G., 2012. Restoring river connectivity: prioritizing passage improvements for diadromous fishes and lampreys. Ambio 41:402-409.

OVIDIO M., PARKINSON D., PHILIPPART J.C., BARAS E., 2007. Multiyear homing and fidelity to residence areas by individual barbel (*Barbus barbus*). Belg J Zool 137(2):183-190.

OVIDIO M., SONNY D., WATTHEZ Q., GOFFAUX D., DETRAIT O., ORBAN P., NZAU MATONDO B., RENARDY S., DIERCKX A. et BENITEZ J.P., 2019. Evaluation of the performance of successive multispecies improved fishways to reconnect a rehabilitated river.

PROTEAU J.P., SCHLUMBERGER O., ELIE P., 2008. Le silure glane. Savoir-faire. Edition Quae.

REISCHEL T.S., BJORNN T., 2003. Influence of Fishway Placement on Fallback of Adult Salmon at the Bonneville Dam on the Columbia River, North American Journal of Fisheries Management, 23:4, 1215-1224.

SCHMITT J. D., HALLERMAN E. M., BUNCH A., ZACH M., EMMEL J. A., ORTH D. J., 2017. Predation and prey selectivity by nonnative catfish on migrating alosines in an Atlantic slope estuary. Marine and Coastal Fisheries 9, 108-125. doi:10.1080/19425120.2016.1271844.

SOLOMON DJ, STORETON-WEST T.J., 1983. Radio tracking of migratory salmonids in rivers development of an effective system. Ministry of agriculture, fisheries and food directorate of fisheries research. Issn 0308 - 5589.

THORSTAD E.B., OKLAND F., FINSTAD B., 2000. Effects of telemetry transmitters on swimming performance of adult Atlantic salmon. Journal of Fish Biology (2000) 57, 531-535.

THORSTAD E.B., FISKEL P., AARESTRUP K., HVIDSEN N.A., HARSAKER K, HEGGBERGET T.G., ØKLAND F., 2003. Upstream migration of Atlantic salmon in three regulated rivers. Aquatic telemetry : advances and applications. Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe. Rome, FAO/COISPA. 2005. 295p.

TUMMERS J.S., HUDSON S., LUCAS M.C., 2016. Evaluating the effectiveness of restoring longitudinal connectivity for stream fish communities: towards a more holistic approach. Sci Total Environ 569-570:850-860.

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.

WINTER E.R., HINDES A.M., LANE S., BRITTON J.R., 2021. Movements of common bream *Abramis brama* in a highly connected, lowland wetland reveal sub-populations with diverse migration strategies. *Freshwater Biology*. 2021;00:1–13.

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.

12. ANNEXES

Année	Code lot	Date	Tag radio		Tag acoustique non prédaté	Tag acoustique prédaté	Tag RFID	Date et heure lâcher	Lieu de lâcher	Taille (en cm)	Âge
			Freq.	Code							
2020	SAT20GAR0	09/04/2020	48931	0	52288	52289	8000F9EE941A7404	09/04/2020 19:15	Canal transfert Golfech	85	PHM
2020	SAT20GAR1	10/04/2020	48931	1	52290	52291	8000F9EE941A756F	10/04/2020 10:00	Canal transfert Golfech	77	PHM
2020	SAT20GAR2	10/04/2020	48931	2	52292	52293	8000F9EE941D9386	10/04/2020 10:00	Canal transfert Golfech	73	PHM
2020	SAT20GAR3	10/04/2020	48931	3	52294	52295	8000F9EE941A795A	10/04/2020 10:00	Canal transfert Golfech	80	PHM
2020	SAT20GAR4	10/04/2020	48931	4	52296	52297	8000F9EE941A79D0	10/04/2020 10:00	Canal transfert Golfech	81	PHM
2020	SAT20GAR5	15/04/2020	48931	5	52298	52299	8000F9EE941D942A	15/04/2020 15:30	Canal transfert Golfech	76	PHM
2020	SAT20GAR6	15/04/2020	48931	6	52300	52301	8000F9EE941A79CE	15/04/2020 15:30	Canal transfert Golfech	78	PHM
2020	SAT20GAR7	16/04/2020	48931	7	52302	52303	8000F9EE941A8DD1	16/04/2020 09:30	Canal transfert Golfech	70	PHM
2020	SAT20GAR9	17/04/2020	48931	9	52304	52305	8000F9EE941A74F8	17/04/2020 12:15	Canal transfert Golfech	83	PHM
2020	SAT20GAR10	17/04/2020	48931	10	52306	52307	8000F9EE941A7953	17/04/2020 21:00	Canal transfert Golfech	78	PHM
2020	SAT20GAR12	20/04/2020	48931	12	52308	52309	8000F9EE941A77B5	20/04/2020 08:30	Canal transfert Golfech	75	PHM
2020	SAT20GAR30	20/04/2020	48931	30	52310	52311	8000F9EE941A7697	20/04/2020 17:45	Canal transfert Golfech	78	PHM
2020	SAT20GAR51	20/04/2020	48931	51	52314	52315	8000F9EE941A7A7D	20/04/2020 19:15	Canal transfert Golfech	81	PHM
2020	SAT20GAR33	21/04/2020	48931	33	52312	52313	8000F9EE941A72F3	21/04/2020 09:00	Canal transfert Golfech	78	PHM
2020	SAT20GAR58	21/04/2020	48931	58	52316	52317	8000F9EE941A8E3D	21/04/2020 09:00	Canal transfert Golfech	81	PHM
2020	SAT20GAR52	11/05/2020	48931	52	52318	52319	8000F9EE941A799E	11/05/2020 10:45	Canal transfert Golfech	75	PHM
2020	SAT20GAR53	26/05/2020	48931	53	52384	52385	8000F9EE941D92F7	26/05/2020 18:35	Canal transfert Golfech	76	PHM
2020	SAT20GAR25	04/06/2020	48931	25	52386	52387	8000F9EE941A7457	04/06/2020 08:40	Canal transfert Golfech	67	1HM
2021	SAT21GAR0	31/03/2021	48101	0	52390	52391	8000F9EE941A7A26	31/03/2021 12:15	Saint Sixte (pK 207.5)	78	PHM
2021	SAT21GAR1	31/03/2021	48101	1	734	-	8000F9EE941D935A	31/03/2021 17:15	Saint Sixte (pK 207.5)	83	PHM
2021	SAT21GAR2	31/03/2021	48101	2	736	-	8000F9EE941D93D4	31/03/2021 17:15	Saint Sixte (pK 207.5)	72	PHM
2021	SAT21GAR3	01/04/2021	48101	3	737	-	8000F9EE941A79E5	01/04/2021 10:15	Saint Sixte (pK 207.5)	74	PHM
2021	SAT21GAR4	06/04/2021	48101	4	738	-	8000F9EE941A70B9	06/04/2021 19:30	Saint Sixte (pK 207.5)	79	PHM
2021	SAT21GAR5	07/04/2021	48101	5	739	-	8000F9EE941A795E	07/04/2021 15:30	Saint Sixte (pK 207.5)	79	PHM
2021	SAT21GAR6	07/04/2021	48101	6	740	-	8000F9EE941A78F3	07/04/2021 19:30	Saint Sixte (pK 207.5)	81	PHM
2021	SAT21GAR9	17/04/2021	48101	9	741	-	8000F9EE941D9424	17/04/2021 11:35	Saint Sixte (pK 207.5)	82	PHM
2021	SAT21GAR10	17/04/2021	48101	10	742	-	8000F9EE941D94C7	17/04/2021 11:35	Saint Sixte (pK 207.5)	76	PHM
2021	SAT21GAR12	17/04/2021	48101	12	743	-	8000F9EE941A794B	17/04/2021 11:35	Saint Sixte (pK 207.5)	78	PHM
2021	SAT21GAR25	23/04/2021	48101	25	744	-	8000F9EE941A7171	23/04/2021 14:00	Saint Sixte (pK 207.5)	77	PHM
2021	SAT21GAR26	28/04/2021	48101	26	745	-	8000F9EE941A7299	28/04/2021 12:50	Saint Sixte (pK 207.5)	79	PHM
2021	SAT21GAR27	28/04/2021	48101	27	746	-	8000F9EE941A740F	28/04/2021 12:50	Saint Sixte (pK 207.5)	75	PHM
2021	SAT21GAR28	30/04/2021	48101	28	747	-	8000F9EE941D92C1	30/04/2021 08:00	Saint Sixte (pK 207.5)	81	PHM
2021	SAT21GAR29	01/05/2021	48101	29	748	-	8000F9EE941A713E	01/05/2021 11:50	Saint Sixte (pK 207.5)	80	PHM
2021	SAT21GAR30	11/05/2021	48101	30	749	-	8000F9EE941A783C	11/05/2021 09:45	Saint Sixte (pK 207.5)	79	PHM
2021	SAT21GAR31	12/05/2021	48101	31	750	-	8000F9EE941A8E72	12/05/2021 10:30	Lamagistère (pK 211.6)	83	PHM
2021	SAT21GAR32	12/05/2021	48101	32	751	-	8000F9EE941A7044	12/05/2021 10:30	Lamagistère (pK 211.6)	77	PHM
2021	SAT21GAR33	18/05/2021	48101	33	752	-	8000F9EE941A7982	18/05/2021 18:00	Lamagistère (pK 211.6)	82	PHM
2021	SAT21GAR34	20/05/2021	48101	34	753	-	8000F9EE941A7518	20/05/2021 17:20	Lamagistère (pK 211.6)	81	PHM
2021	SAT21GAR37	21/05/2021	48101	37	754	-	8000F9EE941D936F	21/05/2021 12:15	Lamagistère (pK 211.6)	86	PHM
2021	SAT21GAR50	25/05/2021	48101	50	755	-	8000F9EE941A7362	25/05/2021 17:12	Lamagistère (pK 211.6)	79	PHM
2021	SAT21GAR51	31/05/2021	48101	51	756	-	8000F9EE941D954F	31/05/2021 18:20	Lamagistère (pK 211.6)	73	PHM
2021	SAT21GAR52	02/06/2021	48101	52	757	-	8000F9EE941D94A1	02/06/2021 09:05	Lamagistère (pK 211.6)	85	PHM

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.

2022	SAT22GAR0	11/03/2022	48501	0	1144	-	8000F9EE941A7689	11/03/2022 14:30	Lamagistère (pK 211.6)	83	PHM
2022	SAT22GAR1	23/03/2022	48501	1	57604	-	8000F9EE941A7578	23/03/2022 10:00	Lamagistère (pK 211.6)	81	PHM
2022	SAT22GAR2	23/03/2022	48501	2	1145	-	8000F9EE941A7779	23/03/2022 10:00	Lamagistère (pK 211.6)	84	PHM
2022	SAT22GAR3	23/03/2022	48501	3	57605	-	8000F9EE941A77C0	23/03/2022 11:20	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM
2022	SAT22GAR4	25/03/2022	48501	4	1146	-	8000F9EE941A7B43	25/03/2022 14:45	Lamagistère (pK 211.6)	83	PHM
2022	SAT22GAR5	29/03/2022	48501	5	57606	-	8000F9EE941A8DC2	29/03/2022 11:45	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM
2022	SAT22GAR6	29/03/2022	48501	6	1147	-	8000F9EE941A72D7	29/03/2022 11:25	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM
2022	SAT22GAR9	01/04/2022	48501	9	57607	-	8000F9EE941A7453	01/04/2022 09:00	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM
2022	SAT22GAR10	04/04/2022	48501	10	1148	-	8000F9EE941A76E2	04/04/2022 13:30	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM
2022	SAT22GAR12	05/04/2022	48501	12	1149	-	8000F9EE941D92A2	05/04/2022 09:00	Lamagistère (pK 211.6)	79	PHM
2022	SAT22GAR25	11/04/2022	48501	25	57608	-	8000F9EE941D945D	11/04/2022 13:40	Lamagistère (pK 211.6)	77	PHM
2022	SAT22GAR26	11/04/2022	48501	26	1150	-	8000F9EE941A75E2	11/04/2022 14:00	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM
2022	SAT22GAR27	12/04/2022	48501	27	57609	-	8000F9EE941A8E61	12/04/2022 11:00	Lamagistère (pK 211.6)	-	PHM
2022	SAT22GAR28	13/04/2022	48501	28	1151	-	8000F9EE941D9430	13/04/2022 11:25	Lamagistère (pK 211.6)	-	PHM
2022	SAT22GAR31	19/04/2022	48501	31	57611	-	8000F9EE941A797A	19/04/2022 10:00	Lamagistère (pK 211.6)	79	PHM
2022	SAT22GAR29	19/04/2022	48501	29	57610	-	8000F9EE941A7642	19/04/2022 09:30	Lamagistère (pK 211.6)	77	PHM
2022	SAT22GAR30	19/04/2022	48501	30	1152	-	8000F9EE941A7ADA	19/04/2022 09:50	Lamagistère (pK 211.6)	82	PHM
2022	SAT22GAR34	21/04/2022	48501	34	1155	-	8000F9EE941A7726	21/04/2022 10:20	Lamagistère (pK 211.6)	80	PHM
2022	SAT22GAR33	20/04/2022	48501	33	1154	-	8000F9EE941A7207	20/04/2022 15:20	Lamagistère (pK 211.6)	73	PHM
2022	SAT22GAR32	20/04/2022	48501	32	1153	-	8000F9EE941A7086	20/04/2022 15:00	Lamagistère (pK 211.6)	73	PHM
2022	SAT22GAR37	21/04/2022	48501	37	56612	-	8000F9EE941D9597	21/04/2022 10:30	Lamagistère (pK 211.6)	77	PHM
2022	SAT22GAR50	12/05/2022	48501	50	1156	-	8000F9EE941A7546	12/05/2022 11:45	Lamagistère (pK 211.6)	79	PHM
2022	SAT22GAR51	17/05/2022	48501	51	57613	-	8000F9EE941D91D2	17/05/2022 11:30	Lamagistère (pK 211.6)	80	PHM
2022	SAT22GAR52	17/05/2022	48501	52	1157	-	8000F9EE941A7925	17/05/2022 13:30	Lamagistère (pK 211.6)	74	PHM
2022	SAT22GAR53	18/05/2022	48501	53	57614	-	8000F9EE941A706E	18/05/2022 00:00	Lamagistère (pK 211.6)	79	PHM
2022	SAT22GAR54	02/06/2022	48501	54	1158	-	8000F9EE941A7830	02/06/2022 11:30	Lamagistère (pK 211.6)	74	PHM
2023	SAT23GAR0	09/04/2023	48801	0	-	-	8000F9EE9A5C7B77	09/04/2023 12:30	Lamagistère (pK 211.6)	80	PHM
2023	SAT23GAR1	11/04/2023	48801	1	-	-	8000F9EE9A5CEEAA2	11/04/2023 10:35	Lamagistère (pK 211.6)	71	PHM
2023	SAT23GAR2	11/04/2023	48801	2	-	-	8000F9EE9A5CB78D	11/04/2023 14:35	Lamagistère (pK 211.6)	76	PHM
2023	SAT23GAR3	13/04/2023	48801	3	-	-	8000F9EE9A5D18CF	13/04/2023 14:40	Lamagistère (pK 211.6)	77	PHM
2023	SAT23GAR4	26/04/2023	48801	4	-	-	8000F9EE9A5CC46E	26/04/2023 10:47	Lamagistère (pK 211.6)	80	PHM
2023	SAT23GAR5	08/05/2023	48801	5	-	-	8000F9EE9A5D18CA	08/05/2023 11:30	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM
2024	SAT24GAR6	22/04/2024	48801	6	-	-	8000F9EE9A5CD256	22/04/2024 11:00	Lamagistère (pK 211.6)	81	PHM
2024	SAT24GAR7	22/04/2024	48801	7	-	-	8000F9EE9A5CD027	22/04/2024 11:00	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM
2024	SAT24GAR8	27/04/2024	48801	8	-	-	8000F9EE9A5D0341	27/04/2024 09:30	Lamagistère (pK 211.6)	74	PHM
2024	SAT24GAR9	27/04/2024	48801	9	-	-	8000F9EE9A5CE6A2	27/04/2024 12:00	Lamagistère (pK 211.6)	85	PHM
2024	SAT24GAR10	28/04/2024	48801	10	-	-	8000F9EE9A5D1A5D	28/04/2024 17:15	Lamagistère (pK 211.6)	78	PHM

Annexe A : Synthèse des poissons piégés et marqués à Golfech au cours des suivis de 2020 à 2024

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.

Opération financée par :



Autres partenaires :



Association MIGADO

18 ter rue de la Garonne - 47520 LE PASSAGE D'AGEN - Tel : 05 53 87 72 42 - mail : contact@migado.fr

www.migado.fr



YouTube