

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 2022

L CARRY, S GRACIA, P TARDIEU, O MENCHI, W BOUSSONNIE, T PIQUET



M I G A D O

Suivi des franchissements piscicoles au niveau des stations de
contrôle à la montaison de la Garonne (Golfech / Malause / Bazacle /
Carbonne)

Suivi de la reproduction de la grande alose sur la Garonne en aval
de Golfech

MPGOL22 – MPMALA22 - MPBAZ22 - MPCARB22 - MPALAG22

Etude financée par :

L'Union Européenne
L'Agence de l'Eau Adour-Garonne
Electricité de France
L'ENSAT

Rédigé par :

**William BOUYSSONNIE
Laurent CARRY
Sébastien GRACIA
Olivier MENCHI
Thomas PIQUET
Pierre TARDIEU**



M I G A D O



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
LISTE DES FIGURES	4
INTRODUCTION.....	8
1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	10
2. GOLFECH (MPGOL22).....	11
2.1 Les ouvrages de franchissement.....	11
2.2 Les conditions environnementales	13
2.3 Le suivi de l'ascenseur à poissons	15
2.3.1 Fonctionnement de l'ascenseur à poissons.....	15
2.3.2 Evolution du suivi vidéo.....	16
2.3.3 Bilan des passages	17
2.3.4 Diversité spécifique	18
2.3.5 Particularité de l'année 2022.....	18
2.4 Les grands salmonidés	19
2.4.1 La migration à Golfech	19
2.4.2 Le piégeage/transport	23
2.4.3 Evaluation de l'efficacité de piégeage	26
2.4.4 Comportement dans le système de franchissement.....	27
2.5 La grande alose	29
2.6 Le suivi de la rampe spécifique à anguilles	31
2.6.1 Fonctionnement de la rampe.....	31
2.7 Comptage automatique	31
2.7.1 Efficacité du compteur.....	32
2.7.2 Biométrie.....	33
2.8 La gestion du silure à Golfech	35
2.8.1 Le silure à Golfech	35
2.8.2 Comportement et évacuation dans le canal de transfert.....	36
2.8.3 Observation et mise en place de pêches d'effarouchement en pied d'ouvrage.....	38
3. MALAUSE.....	42
3.1 Historique.....	42
3.2 La rivière de contournement.....	43
3.3 Les conditions environnementales	46
3.4 Le suivi du dispositif de franchissement	46
3.4.1 Fonctionnement des différents organes du dispositif.....	46
3.4.2 Le suivi vidéo	47
3.4.3 Bilan des passages	52
3.5 Le saumon atlantique.....	53

3.6	L'anguille européenne	54
3.7	Silures	57
3.8	Comportement des espèces au niveau des vitres de contrôle à Malause.....	59
4.	LE BAZACLE (MPBAZ22)	60
4.1	La description de l'aménagement.....	60
4.2	Les conditions environnementales	62
4.3	Le suivi de la passe à bassins	64
4.3.1	Fonctionnement du dispositif de franchissement	64
4.3.2	Bilan des passages	64
4.4	Le saumon atlantique	65
4.5	Le silure	66
5.	CARBONNE (MPCARB22)	68
5.1	La description de l'aménagement.....	68
5.2	Les conditions environnementales	69
5.2.1	Fonctionnement du dispositif de franchissement	71
5.2.2	Bilan des passages	71
5.1	Le saumon atlantique	72
6.	BILAN TRANSVERSAL DES RESULTATS SUR LA GARONNE EN 2022.....	72
6.1	Les grands salmonidés	72
6.1.1	Taux de transfert	72
6.1.2	Etude de comportement du saumon sur le secteur Golfech - Toulouse.....	74
6.2	Evaluation du stock reproducteur de grande alose (MPALAG22).....	78
6.3	Les anguilles	87
6.3.1	Rythmes de migration entre Golfech et Malause	87
6.3.2	Comparaison des classes de tailles entre Golfech et Malause	88
6.4	Le silure	88
6.5	Les holobiotiques	90
6.5.1	Diversité spécifique	90
6.5.2	Espèces dominantes et abondance.....	91
6.5.3	Période d'observations.....	93
	CONCLUSION	94
	BIBLIOGRAPHIE.....	96

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Photographie subaquatique d'un saumon relâché sur l'Ariège.....	9
Figure 2 : Situation géographique des stations de contrôle à la montaison sur la Garonne ..	10
Figure 3 : Contexte géographique de l'usine hydroélectrique de Golfech	11
Figure 4 : Schéma en vue aérienne du site de Golfech	11
Figure 5 : Schéma des deux entrées de l'ascenseur et de la rampe à anguilles	12
Figure 6 : Evolution journalière du débit de la Garonne à Lamagistère (82) en 2022 mis en relation avec des débits de référence (DOE = débit d'objectif d'étiage, DHE = débit hautes eaux)	13
Figure 7 : Evolution mensuelle du coefficient d'hydraulicité à Lamagistère en 2022 (référence : 1967-2021).....	14
Figure 8 : Evolution mensuelle de l'écart à la moyenne de la température de l'eau à Golfech en 2022 (référence : 1993-2021)	14
Figure 9 : Répartition mensuelle du fonctionnement et des causes d'arrêt de l'ascenseur à poissons de Golfech en 2022	15
Figure 10 : Comparaison du pourcentage de fonctionnement et des causes d'arrêt de l'ascenseur à poissons entre 1995-2021 et 2022 pendant la période de migration (01/02 au 31/07).....	16
Figure 11 : Schéma du fonctionnement du vidéo-contrôle	16
Figure 12 : Capture d'écran de l'interface de dépouillement vidéo HIZKIA.....	17
Figure 13 : Nombre d'individus comptabilisés par espèce en 2022 à Golfech en 2022.....	18
Figure 14 : Fonctionnement de l'ascenseur à poissons pendant la période de migration (01/02 au 31/07/22).....	19
Figure 15 : Rythmes historiques de migration des espèces amphihalines à Golfech	19
Figure 16 : Evolution annuelle des passages de grands salmonidés à Golfech.....	20
Figure 17 : Comparaison des rythmes de migration des saumons à Golfech pour les périodes 1993-2002, 2003-2021 et l'année 2022.....	21
Figure 18 : Evolution du nombre de saumons par jour, mise en relation avec la température et le débit en 2022.....	21
Figure 19 : Représentativité des classes de tailles des saumons contrôlés à Golfech.....	22
Figure 20 : Rythme de migration des saumons en 2022 à Golfech, mis en corrélation avec le rythme de l'ascenseur et les différents évènements	23
Figure 21 : Comparaison des horaires de première apparition à la vitre des saumons en 2022 et pour la période 2000-2021.....	24
Figure 22 : Destination des saumons passés par Golfech en 2022	25
Figure 23 : Résumé des causes d'échec de piégeage de 2022 à Golfech.....	25
Figure 24 : Représentation des saumons piégés en fonction de l'heure du premier et du dernier passage à la vitre	26
Figure 25 : Représentation des saumons non-piégés en fonction de l'heure du premier et du dernier passage à la vitre	27
Figure 26 : Evolution du temps de transit des saumons dans le canal de transfert de Golfech au cours de la saison 2022.....	28
Figure 27 : Comparaison du temps de transit des saumons passés par l'ascenseur à poissons de Golfech en 2022 par rapport à la période d'arrivée dans le canal de transfert ..	28
Figure 28 : Analyse de l'effet du piégeage sur le temps de transit des saumons dans le canal de transfert.....	29
Figure 29 : Evolution des passages de grandes aloses à Golfech en 2022	30
Figure 30 : Répartition des sexes de grandes aloses piégées à Golfech en 2022	30
Figure 31 : Evolution du nombre d'anguilles à Golfech depuis 1993.....	31
Figure 32 : Passages journaliers d'anguilles à Golfech en 2022.....	32

Figure 33 : Comparatifs compteur/comptage manuel en 2022.....	33
Figure 34 : Répartition des classes de tailles d'anguilles à Golfech en 2022	34
Figure 35 : Evolution des passages de silures à Golfech entre 1993 et 2022	35
Figure 36 : Evolution des passages de silures à Golfech en 2022.....	36
Figure 37 : Nombre d'allers-retours par silures mis en corrélation avec les passages de silures et de saumons en 2022.....	37
Figure 38 : Résumé des vidanges effectuées en 2022	37
Figure 39 : Comparaison des 3 années de suivi de la présence de silures au pied de l'ouvrage de Golfech.....	38
Figure 40 : Moyenne de silures observés par semaine en pied d'ouvrage et au local de vidéo-contrôle pour les 3 années de suivi.....	38
Figure 41 : Observations de silures en fonction de l'heure à Golfech en 2022.....	39
Figure 42 : Nombre de silures observés en fonction de la localisation à Golfech en 2022	39
Figure 43 : Schéma et tableau résumé des pêches à la ligne effectuées à Golfech en 2022	40
Figure 44 : Evolution du nombre de silures observés par rapport à la pêche à la ligne à Golfech en 2022.....	41
Figure 45 : Evolution du nombre de silures contrôlés avant pêche au pied de l'usine de Golfech en 2021 (pas de pêche) et 2022 (pêches).....	41
Figure 46 : Vue du dessus de la rivière de contournement de Malause	43
Figure 47 : Vue des différentes parties fonctionnelles de la rivière de contournement de Malause	45
Figure 48 : Tableau de fonctionnement de la rivière de contournement de Malause	46
Figure 49 : Photographies illustrant les infiltrations d'eau (1 et 2) dans le local de suivi et le colmatage des grilles amont de la prise d'eau (3) à Malause en 2022.....	47
Figure 50 : Schéma du local de vidéo-contrôle de Malause.....	47
Figure 51 : Images issues des 3 caméras filmant la rive gauche du chenal de vidéo-contrôle de Malause.....	48
Figure 52 : Schéma du fonctionnement du vidéo-contrôle de Malause	49
Figure 53 : Images de saumons obtenus via deux types d'éclairages (rétro-éclairage à gauche et direct à droite).....	50
Figure 54 : Tableaux de fonctionnement et des causes des arrêts de fonctionnement du système de vidéo-contrôle de Malause en 2022.....	51
Figure 55 : Bilan des individus par espèce ayant transité par la rivière de Malause en 2022	52
Figure 56 : Passage des saumons à Malause en fonction du débit turbiné à Golfech et du débit déversé au barrage (Débit TCC).....	53
Figure 57 : Evolution des passages d'anguilles à Malause et du débit dans chaque bras de la Garonne en 2022	54
Figure 58 : Evolution des passages d'anguilles et de la température de l'eau à Malause en 2022	55
Figure 59 : Répartition des classes de tailles d'anguilles à Malause en 2022	55
Figure 60 : Heures de passages des anguilles à Malause en 2022	56
Figure 61 : Evolution journalière des passages de silures à Malause en 2022	57
Figure 62 : Comparaison des passages de silures au niveau des 2 vitres de contrôle à Malause en 2022.....	58
Figure 63 : Préférence de chenal à la montaison et à la dévalaison des silures contrôlés à Malause en 2022.....	59
Figure 64 : Préférence de chenal à la montaison et à la dévalaison de l'ensemble des espèces contrôlés à Malause en 2022	59
Figure 65 : Vue de la chaussée du Bazacle à Toulouse	61
Figure 66 : Evolution journalière du débit de la Garonne en 2022 mesuré à Portet-sur-Garonne (Banque hydro).....	62
Figure 67 : Evolution du coefficient d'hydraulicité de la Garonne à Portet-sur-Garonne en 2022.....	63
Figure 68 : Comparaison de l'évolution mensuelle de l'écart à la moyenne 1993-2021 de la température de l'eau au Bazacle en 2022	63

Figure 69 : Bilan du fonctionnement de la passe à poissons du Bazacle en 2022	64
Figure 70 : Nombre de poissons observés par espèce au Bazacle en 2022.....	64
Figure 71 : Nombre de poissons observés par espèce au Bazacle en 2022.....	65
Figure 72 : Evolution du nombre de silures au Bazacle sur la période 1993 – 2022	66
Figure 73 : Comparaison de la répartition mensuelle des passages de silures au Bazacle entre la moyenne observée sur la période 2011 – 2021 et 2022	67
Figure 74 : Comparaison de la répartition mensuelle des passages de saumons et de silures au Bazacle en 2022.....	67
Figure 75 : La station de piégeage de Carbonne.....	69
Figure 76 : Evolution journalière du débit de la Garonne en 2022 mesuré à Saint Vidian (Banque Hydro).....	69
Figure 77 : Evolution du coefficient d'hydraulicité de la Garonne à St Vidian en 2022.....	70
Figure 78 : Comparaison de l'évolution mensuelle de l'écart à la moyenne 1993-2021 de la température de l'eau à Carbonne en 2022	70
Figure 79 : Bilan du fonctionnement de la passe à poissons de Carbonne en 2022	71
Figure 80 : Nombre de poissons observés par espèce à Carbonne en 2022.....	71
Figure 81 : Evolution journalière du nombre de saumons atlantiques à Carbonne en fonction des paramètres du milieu en 2022.....	72
Figure 82 : Evolution du taux de transfert des saumons sur la Garonne entre Golfech et le Bazacle entre 1994 et 2022.....	73
Figure 83 : Visualisation des différentes marques utilisées pour l'étude télémétrie en 2022 .	74
Figure 84 : Localisation des postes de réceptions des différentes marques sur la Garonne en 2022	75
Figure 85 : Schéma synthétique du devenir des 26 saumons marqués à Golfech en 2022 et relâchés en aval de l'ascenseur à poissons.....	76
Figure 86 : Bull d'alose (© Didier Taillefer/Sméag)	79
Figure 87 : Modèle statistique sur la répartition des pontes au cours de la nuit (CASSOU-LEINS, 1985).....	79
Figure 88 : Localisation géographique des zones de frayères en aval de Golfech sur la Garonne	80
Figure 89 : Localisation des trois sites favorables à l'enregistrement des bulls.....	81
Figure 90 : Nombre de jours travaillés prévus sur le suivi de la reproduction de la grande alose sur la moyenne Garonne (OCALAG22) par le personnel de MIGADO en 2022.....	81
Figure 91 : Nombre de nuits suivies sur les différentes frayères d'aloses	82
Figure 92 : Nombre de ¼ d'heure suivies sur l'ensemble des frayères de grande alose en 2022	82
Figure 93 : Comparaison de la répartition nocturne de l'activité de ponte de la grande alose en 2022 au niveau des frayères en aval de Golfech avec celle estimée par Cassou-Leins en 1980	83
Figure 94 : Nombre de géniteurs en 2022 sur le Lot (Aiguillon) et la Garonne.....	83
Figure 95 : Evolution des débits et de la température au cours de la saison en lien avec l'activité de reproduction.....	84
Figure 96 : Pourcentages d'attaques des bulls en fonction des frayères et des 3 années de régulation	85
Figure 97 : Evolution journalière des pourcentages d'attaques des bulls sur les frayères au cours de la saison	86
Figure 98 : Evolution du stock de grande alose sur le bassin Garonne/Dordogne entre 1993 et 2022	86
Figure 99 : Rythmes de migration des anguilles à Golfech et à Malause en 2022	87
Figure 100 : Répartition des classes de tailles d'anguilles entre Golfech et Malause en 2022	88
Figure 101 : Comparaison de la moyenne des passages de silures entre 2000-2021 et des passages observés en 2022 sur les stations de contrôle à la montaison de la Garonne.....	88
Figure 102 : Tailles des silures contrôlés aux vitres des stations de contrôle à la montaison de la Garonne en 2022.....	89

Figure 103 : nombre d'espèces différentes observées par station	90
Figure 104 : Evolution de la diversité spécifique observée au niveau de chaque station de la Garonne sur la période 1993 - 2022	91
Figure 105 : Représentativité des 5 espèces dominantes au sein des holobiotiques depuis le début des suivis.....	91
Figure 106 : Evolution de l'abondances des 5 espèces les plus représentées sur chaque station	92
Figure 107 : Période d'observation des espèces holobiotiques à Golfech, au Bazacle et Carbonne. Comparaison entre la moyenne observée sur la période 1993 – 2021 et 2022 ...	93

INTRODUCTION

La biodiversité ne cesse de chuter depuis de nombreuses années, tant au niveau national que mondial. Les populations de poissons et en particulier les migrateurs amphihalins ne font pas exception à la règle. Pourtant, la particularité comportementale de ces espèces en fait de parfaits indicateurs de la qualité des milieux. Dès lors, il paraît primordial de se mobiliser pour le maintien de leurs populations particulièrement touchées par la fragmentation des habitats. En effet, ces espèces ont des besoins très spécifiques en matière de reproduction, les obligeant à devoir parcourir de longues distances (en mer et en rivière) afin de compléter leur cycle de vie et donc de se reproduire.

En 1984, l'article L432-6, oblige les propriétaires et/ou exploitants d'obstacles à équiper leur dispositif d'ouvrages permettant le franchissement des espèces piscicoles (ces lois évolueront par la suite avec la Directive Cadre sur l'Eau de 2000 au niveau européen et la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques qui en découle en France en 2006). Sur la Garonne, 3 ouvrages principaux sont ainsi équipés pour la montaison et associés à des systèmes de contrôles gérés par MIGADO.

Le contrôle des espèces tant amphibiotiques qu'holobiotiques a pour objectif de connaître l'abondance des poissons fréquentant le bassin, ainsi que leurs caractéristiques et leurs comportements à des fins :

- De connaissance des peuplements et de suivi des tendances à moyen et long terme (partie intégrante de l'observatoire de la faune piscicole).
- De gestion des espèces exploitées.
- D'évaluation et de retour d'expérience des opérations de restauration.
- Et, de façon annexe, d'amélioration des techniques du génie piscicole (dispositifs de franchissement par exemple).

Ces contrôles impliquent des prérequis indispensables afin d'être effectués dans des conditions optimales tels que :

- La pérennité du fonctionnement de la station de contrôle afin de tenir compte de la durée des cycles biologiques des espèces, du temps de réponse des interventions et de l'indispensable prise en compte des fluctuations d'abondance interannuelles.
- Une recherche de données quantitatives, et donc le respect strict d'un protocole garantissant une saisie homogène et une bonne reproductibilité.

Le présent rapport a pour objectif de rendre compte, comme les années précédentes :

- Du **bilan de fonctionnement des dispositifs** de franchissement de Golfech, Malause, du Bazacle et de Carbonne en 2022.
- Du **bilan de fonctionnement de l'enregistrement vidéo** et du système d'analyse d'images (moyens de contrôle).
- Du **bilan des passages** des poissons à l'amont et de la mise en parallèle des rythmes de migration observés avec l'évolution des principaux paramètres enregistrés.
- Du **bilan sur les opérations de transport de géniteurs de saumons sur l'Ariège** après piégeage à Golfech en 2022, opérations optimisées depuis 2020 pour permettre l'accès aux frayères du bassin au plus grand nombre de saumons.

- De l'**estimation du stock reproducteur de grande alose** observé sur les frayères situées en aval de l'usine hydroélectrique de Golfech en 2022.
- Du **bilan du protocole** mis en place pour gérer les **silures** dans le dispositif de franchissement de **Golfech**.

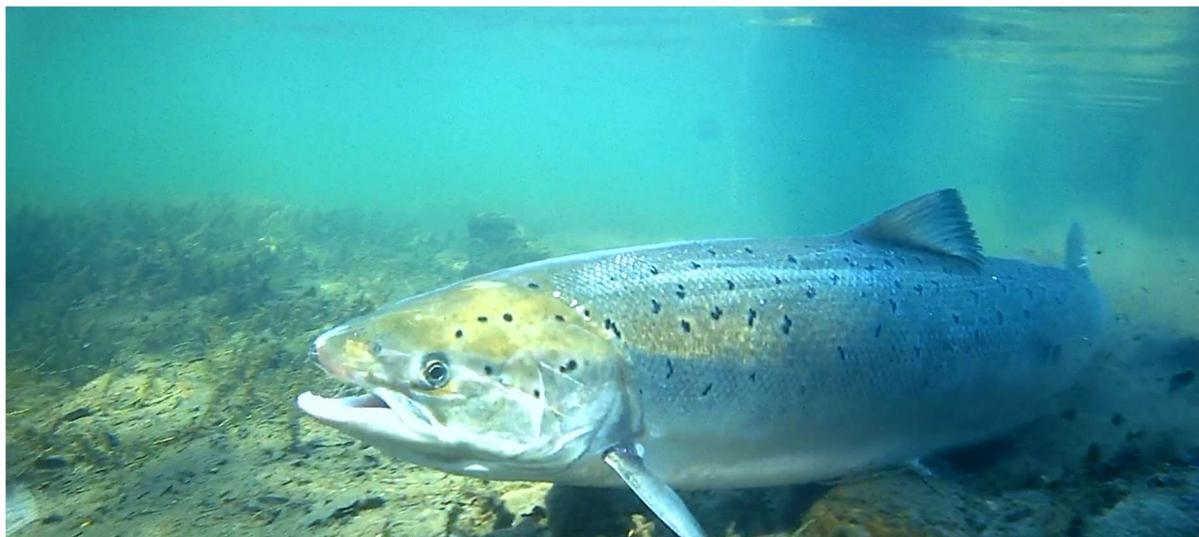


Figure 1 : Photographie subaquatique d'un saumon relâché sur l'Ariège

*

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Sur la Garonne, un premier contrôle est réalisé au niveau des stations de Golfech et de Malause qui sont associées à deux types de dispositif de franchissement (l'ascenseur à poissons et la rivière mixte. Voir partie II). La colonisation par les espèces de tout le bassin amont dépend essentiellement du bon fonctionnement de ces ouvrages.

Une seconde station de contrôle est située 100 km en amont, au niveau de l'usine hydroélectrique du Bazacle (Toulouse), elle est couplée à une passe à bassins et à une passe à ralentisseurs.

Enfin, lorsque les grands salmonidés migrent sur la Garonne en amont de Toulouse, ils sont capturés au niveau de la station de piégeage de Carbonne (Figure 2), premier ouvrage d'une série de 19 barrages non-équipés à l'heure actuelle, puis transportés sur les zones de reproduction les plus favorables du bassin.



Figure 2 : Situation géographique des stations de contrôle à la montaison sur la Garonne

Chaque année, depuis 1993 pour Golfech et le Bazacle, depuis 2000 pour la station de Carbonne et depuis 2022 pour Malause, les données de passages de la faune piscicole sont analysées et mises en perspective pour **1)** évaluer les mesures de gestion mises en place pour les espèces amphihalines, **2)** appréhender l'efficacité des dispositifs de franchissement et, le cas échéant, proposer avec nos partenaires une optimisation de fonctionnement **3)** proposer des actions permettant de répondre au mieux aux exigences des espèces et ainsi contribuer à leur bon développement sur notre bassin.

2. GOLFECH (MPGOL22)

2.1 Les ouvrages de franchissement

L'aménagement hydroélectrique de Malause – Golfech, construit en 1973 et géré par EDF, se situe à environ 270 km de la mer et constitue le premier obstacle à la migration sur la Garonne. Il se compose d'un barrage mobile, situé à Malause et court-circuitant une quinzaine de kilomètres de la Garonne (débit réservé entre 20 m³/s et 40 m³/s suivant les périodes de l'année) pour alimenter un canal d'amenée de 10 Km de longueur. Celui-ci permet d'alimenter l'usine de Golfech, équipée de trois groupes bulbes turbinant un débit maximal de 540 m³/s. L'ensemble du débit turbiné est restitué en Garonne par un canal de fuite de 2 Km de longueur, Figure 3.

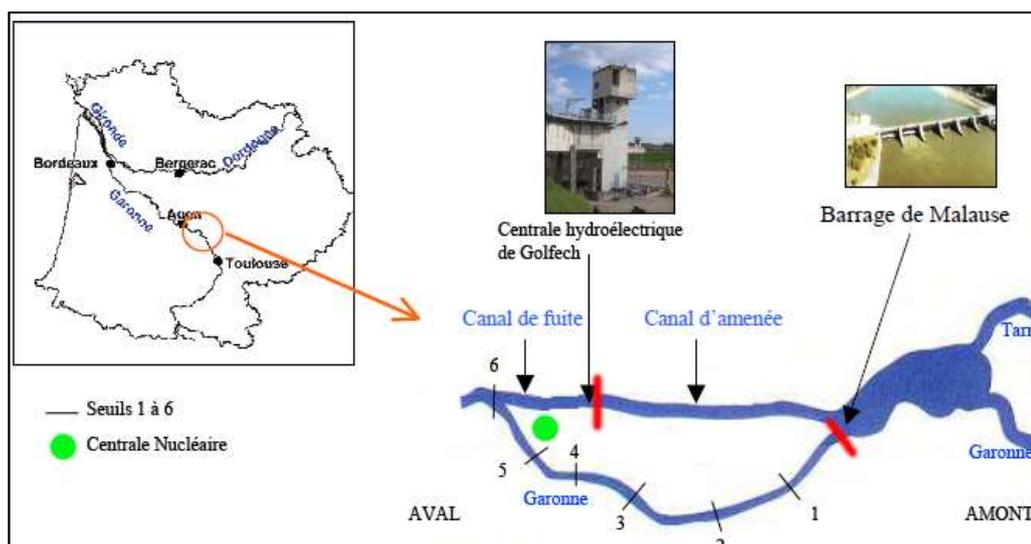


Figure 3 : Contexte géographique de l'usine hydroélectrique de Golfech

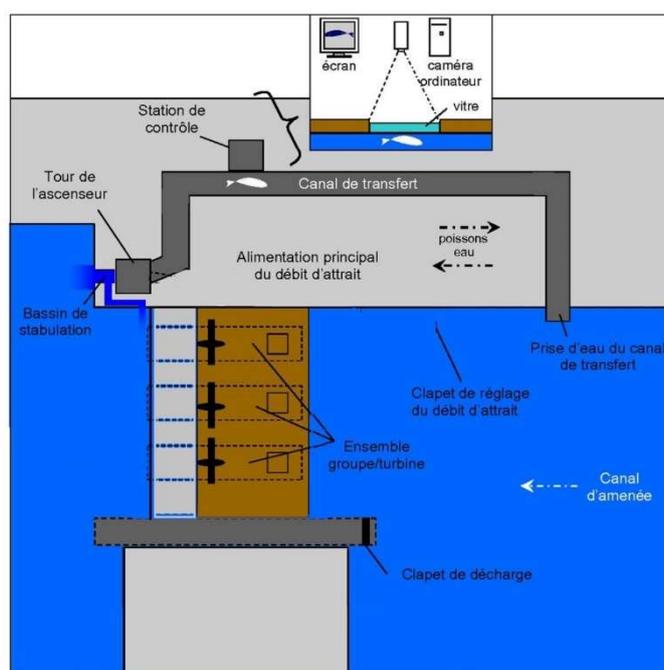


Figure 4 : Schéma en vue aérienne du site de Golfech

En 1987, l'usine a été équipée d'une passe à poissons de type ascenseur couplé à une station de contrôle vidéo (géré depuis 1993 par MIGADO).

Le principe de l'ascenseur consiste à capturer les poissons, préalablement attiré par une injection de débit, dans une cuve contenant une quantité d'eau adaptée à leur nombre. Cette cuve est ensuite remontée le long d'une tour, au sommet de laquelle elle se déverse dans un canal dit de transfert qui permet le contournement de l'usine et l'accès des poissons ayant emprunté le dispositif à l'amont du complexe (canal d'amenée ;).

En parallèle, au cours de l'année 2002, une rampe expérimentale à anguilles a été mise en service en rive droite. Elle se situe pour des raisons de facilité dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons au niveau de la partie basse, ce qui lui permet de profiter du débit d'attrait de l'ascenseur à poissons. Cette rampe expérimentale, inclinée de 35° et mesurant 10 m, a été agrandie en 2008 pour permettre un franchissement total de l'obstacle (Figure 5). Depuis cette date, la passe mesure 40 m de long et permet de franchir le dénivelé total du barrage de Golfech, soit 17 m de haut. A l'amont, un bac vivier de 1 m³ permet de réceptionner les anguillettes empruntant la passe.

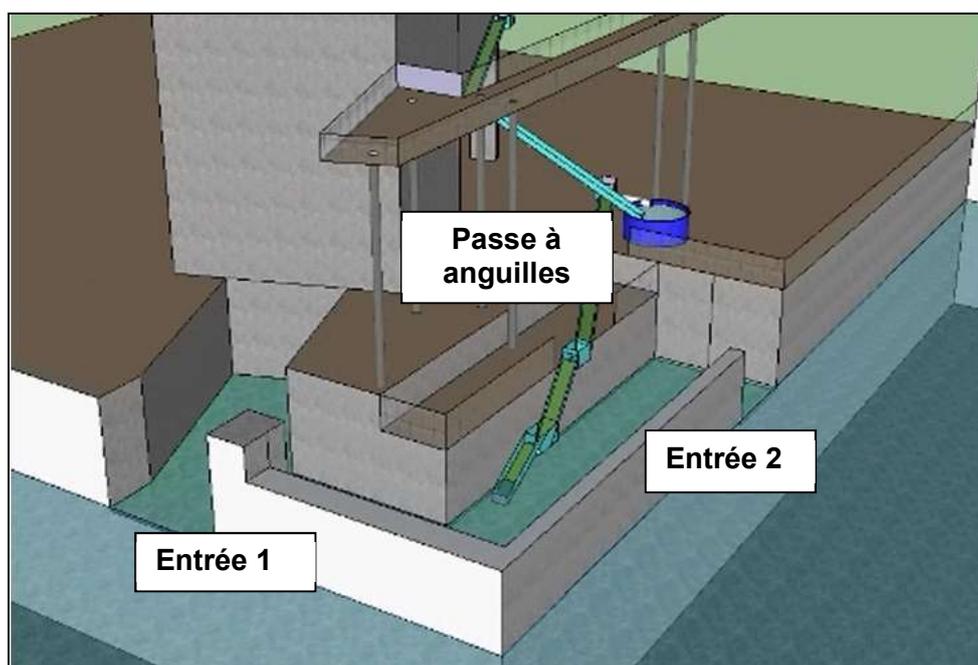


Figure 5 : Schéma des deux entrées de l'ascenseur et de la rampe à anguilles

La passe est équipée d'une plaque de PVC sur laquelle sont implantés des filaments synthétiques montés en touffes, espacés de 2,5 cm sur les bords et de 1,5 cm au centre pour satisfaire toutes les tailles d'anguilles. Le tout est recouvert d'un grillage métallique empêchant la prédation et le dérangement par les oiseaux lors de l'ascension. Elle se compose de deux parties :

- La passe inférieure (ou aval) : repose sur le fond de l'enceinte de l'ascenseur, à proximité de l'entrée et attire les anguilles à l'aide d'un débit d'attrait spécifique supplémentaire. Ce débit provient directement par gravité d'une canalisation implantée dans le canal de transfert situé 10 m plus haut. Les anguilles remontant cette passe inférieure sont contraintes à tomber dans un bassin tampon de 4 m³ empêchant une éventuelle dévalaison ;
- La passe supérieure (ou amont) : constituée d'une rampe séparée par trois bacs de repos intermédiaires. Les anguilles, qui ont franchi la totalité de la passe, passent ensuite par un caisson dans lequel elles glissent sur une plaque en PVC et dans lequel des caméras permettent le comptage des individus par un système d'intelligence artificielle développé par HIZKIA. Après comptage, ces anguilles rejoignent le canal de transfert par lequel elles pourront accéder à l'amont du complexe.

2.2 Les conditions environnementales

La progression des grands migrateurs dans un cours d'eau est fortement influencée par les conditions environnementales, notamment le débit et la température de l'eau. Ces données doivent donc être mises en perspective par rapport aux années précédentes.

Le premier semestre de l'année 2022 a été marqué par une crue importante, en janvier, au cours de laquelle le débit de la Garonne à Lamagistère (1km en aval de Golfech) a atteint 3 664 m³/s. Elle a été suivie par deux autres crues, en mars (13/03 - 15/03 avec un pic à 1 451 m³/s le 14/03) et en avril (25/04, 1 100 m³/s ; Figure 6).

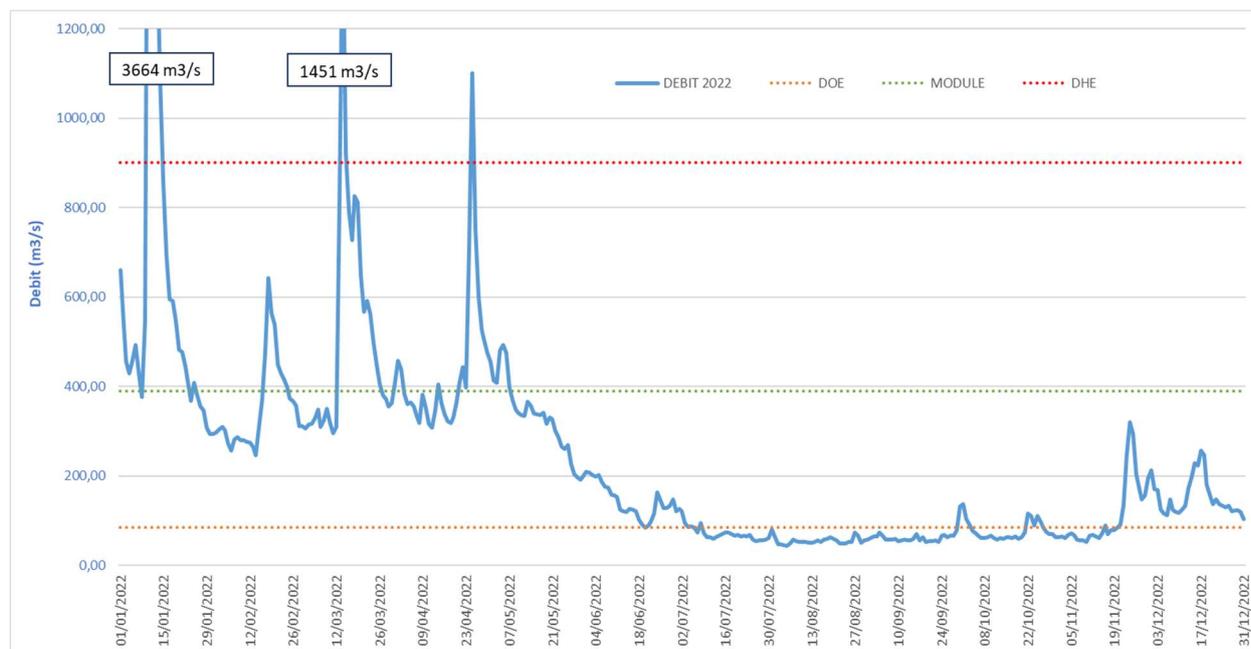


Figure 6 : Evolution journalière du débit de la Garonne à Lamagistère (82) en 2022 mis en relation avec des débits de référence (DOE = débit d'objectif d'étiage, DHE = débit hautes eaux)

Depuis ce dernier évènement, l'année 2022, d'un point de vue hydrologique a été très particulière avec des débits très largement inférieurs aux moyennes de saison entre juin et octobre (65,8 m³/s en moyenne avec un minimum à 44,3 m³/s le 05/08). Le débit objectif d'étiage (DOE) et de 85 m³/s à Lamagistère (source : PGE Garonne 2017-2028 SMEAG). Ce seuil sur les 5 dernières années a été franchi en moyenne 4,4 semaines par an contre 17 semaines en 2022. A titre comparatif : 2006, 11 semaines ; 2012, 10 semaines ; et 2003, considérée généralement comme l'année de référence pour la canicule, « seulement » 9 semaines). Cette année 2022 s'affiche comme la plus « sèche » jamais observée depuis 1967 ! (Figure 7)

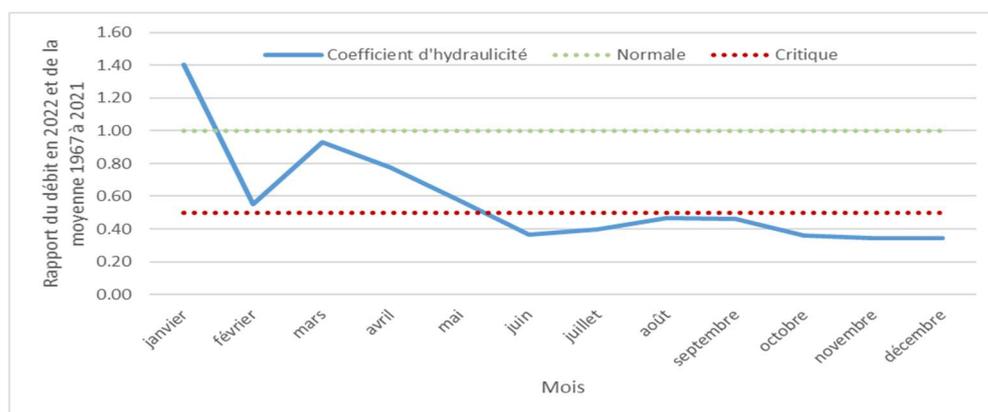


Figure 7 : Evolution mensuelle du coefficient d'hydraulicité à Lamagistère en 2022 (référence : 1967-2021)

Ces débits très faibles ont conduit à une hausse de température qui a finalement atteint son maximum de 28,9°C le 18 juillet (semaine 29, moyenne la plus élevée sur les 5 dernières années de 25,96°C semaine 32). La barre des 20°C a été passée le 20 mai et n'est redescendue de façon durable que le 27 septembre. Ainsi, la Figure 8 montre l'importance de l'écart de température de l'eau de l'année 2022 à la moyenne de 1993 à 2021. Sur l'ensemble de l'année, l'écrasante majorité des données sont 1 à 4 degrés supérieures à la moyenne. En moyenne, l'écart de température sur l'ensemble de l'année est de +1.7°C, mais l'on peut distinguer 2 périodes : le premier tiers de l'année, avec une moyenne de -0.3°C et une avec des écarts à la moyenne très importants, de mai à novembre (moyenne = +2.83°C).



Figure 8 : Evolution mensuelle de l'écart à la moyenne de la température de l'eau à Golfech en 2022 (référence : 1993-2021)

2.3 Le suivi de l'ascenseur à poissons

2.3.1 Fonctionnement de l'ascenseur à poissons

En théorie, les ouvrages sont conçus pour être utilisés toute l'année, soit 8760 heures. Mais certaines conditions ne permettent pas leur fonctionnement. Depuis 1995, les arrêts de l'ascenseur sont systématiquement consignés dans un fichier et classés selon 4 catégories : Crue, Entretien, Volontaire et Panne. Certains arrêts, comme les crues, sont inéluctables et sont le fait même de la conception de l'ouvrage de franchissement, calé pour fonctionner jusqu'à des débits atteignant 2 fois le module (environ 900 m³/s à Golfech). Par ailleurs, les échanges réguliers entre les exploitants EDF et MIGADO permettent d'anticiper les problèmes techniques et de réduire, autant que possible, les périodes d'entretien ou de pannes. Ainsi, sur les 8760 heures de fonctionnement théorique, l'ascenseur à poissons a fonctionné 7049 heures en 2022 (Figure 9).

ANNEE	Durée totale théorique	Durée de fonctionnement	Durée d'arrêt	Causes des arrêts				Observations
				Crue	Entretien	Volontaire	Panne	
2022								
Janvier	744h	00h	744h	00h00	744h00	00h00	00h00	
Février	672h	252h	420h	00h00	420h00	00h00	00h00	
Mars	744h	551h	192h	192h30	00h00	00h00	00h00	
Avril	720h	539h	181h	43h00	00h00	00h00	138h00	Rupture du câble de la cuve
Mai	744h	737h	07h	00h00	00h00	00h00	07h00	
Juin	720h	555h	165h	00h00	00h00	00h00	165h00	
Juillet	744h	744h	00h	00h00	00h00	00h00	00h00	
Août	744h	744h	00h	00h00	00h00	00h00	00h00	
Septembre	720h	720h	00h	00h00	00h00	00h00	00h00	
Octobre	744h	744h	00h	00h00	00h00	00h00	00h00	
Novembre	720h	719h	01h	00h00	00h00	01h00	00h00	
Décembre	744h	744h	00h	00h00	00h00	00h00	00h00	
Total	8760h	7049h	1710h	235h30	1164h00	01h00	310h00	
% Total		80,47%	19,53%	2,69%	13,29%	0,01%	3,54%	
% des arrêts				13,8%	68,1%	0,1%	18,1%	

Figure 9 : Répartition mensuelle du fonctionnement et des causes d'arrêt de l'ascenseur à poissons de Golfech en 2022

La fin de l'entretien annuel en janvier et début février, hors période de migration, représente la plus grosse part d'arrêt, d'autres sont dus à des périodes de crues en début d'année et ont eu lieu pendant la période migration (mars, 192 heures et avril, 43 heures, pour un total de 235 h d'indisponibilité). Une autre cause d'arrêt non négligeable cette année (contrairement à la grande majorité des années précédentes) est une panne du dispositif lié à la rupture du câble permettant la remontée de la cuve (310 h d'indisponibilité). Suite à cette panne, dans le but d'éviter une rupture du câble de rechange (non définitif), l'ascenseur a fonctionné de manière dégradée (une heure au lieu de 30 minutes entre chaque remontée).

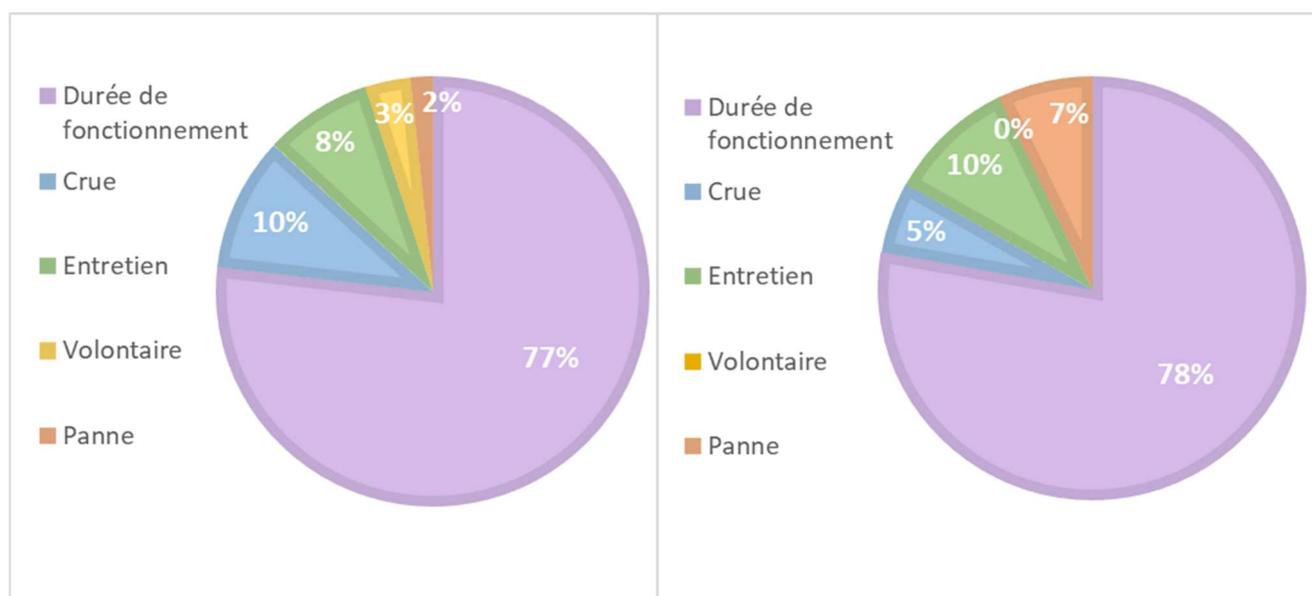


Figure 10 : Comparaison du pourcentage de fonctionnement et des causes d'arrêt de l'ascenseur à poissons entre 1995-2021 et 2022 pendant la période de migration (01/02 au 31/07)

2.3.2 Evolution du suivi vidéo

Cette année a été marquée par un changement important dans la manière d'effectuer le suivi vidéo. En effet, l'ancien système SYSIPAP a été abandonné au profit d'un nouveau système développé par HIZKIA informatique. Le principe reste sensiblement le même : une caméra filme la vitre en continu et un logiciel enregistre des séquences lorsqu'un mouvement est détecté.

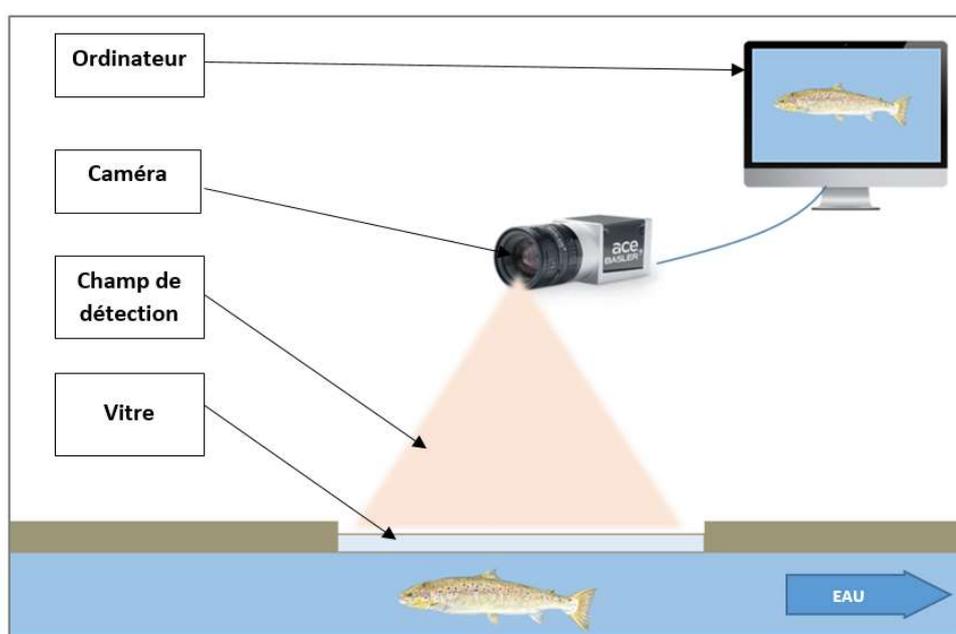


Figure 11 : Schéma du fonctionnement du vidéo-contrôle

L'avantage principal de ce système réside dans le mode d'acquisition qui est numérique (et plus analogique comme SYSIPAP) et permet donc d'être actualisé dans le temps afin d'améliorer la qualité d'image, déjà bien supérieure aux années précédentes, qui permet d'identifier de façon précise les individus (saumons). De plus, les vidéos enregistrées sont envoyées sur un serveur à la fin de chaque journée et peuvent ainsi être analysées à distance à partir de n'importe quel poste. Elles sont également analysées par une intelligence artificielle qui permet à posteriori, lors de l'analyse, d'appliquer des filtres et ainsi de réduire le temps de dépouillement ou de cibler certaines espèces si le besoin se présente. Les résultats des analyses effectuées sont eux aussi envoyés sur un serveur distant et permettent de récupérer l'ensemble des données à tout moment (Figure 12).

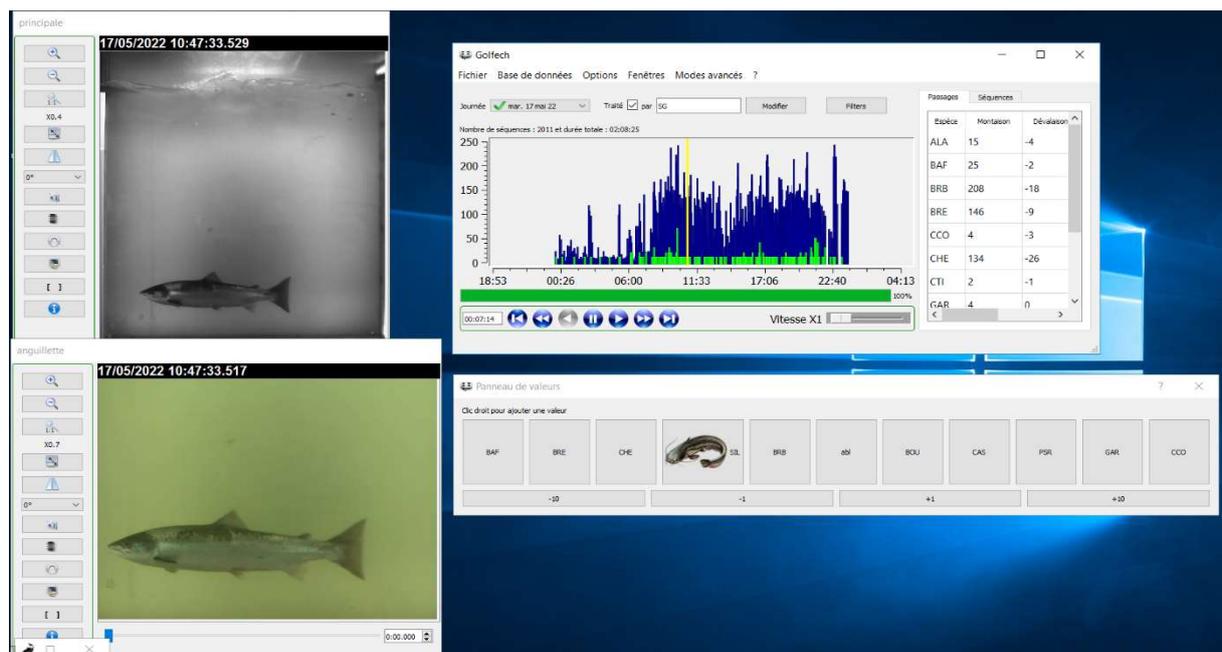


Figure 12 : Capture d'écran de l'interface de dépouillement vidéo HIZKIA

2.3.3 Bilan des passages

D'une manière générale, les passages de l'année 2022 à Golfech sont marqués par **1)** des effectifs très faibles de grandes aloses (441) au regard des stocks historiques, **2)** une absence récurrente et alarmante de lamproies (543 en 2011 ; 401 en 2012 ; 5 depuis 2013), **3)** un nombre de saumons, 166 individus contrôlés, bien au-dessus des effectifs contrôlés ces dix dernières années, **4)** d'importants passages d'anguilles égalant presque le record sur la station et **5)** une quantité de poissons holobiotiques comparable à l'historique.

MIGRATEURS			
Anguilles	188 959	Saumons atlantique	166
Aloses	441	Truite de mer	1
NON-MIGRATEURS			
Ablettes	57 300	Goujons	3
Barbeaux	1 828	Mulets porc	0
Black-bass	8	Perches communes	2
Blénies	2	Perches soleil	22
Bouvières	1 927	Pseudorasbora	663
Brèmes bordelières	11 120	Sandres	10
Brèmes communes	8 494	Silures glanes	439
Carassins	27	Spirilins	2
Carpes communes	64	Truites arc-en-ciel	4
Chevesnes	4 889	Tanche	1
Carpes amour blanc	11	Truite fario	0
Gardons	2 604	Vandoises	3

Figure 13 : Nombre d'individus comptabilisés par espèce en 2022 à Golfech en 2022

2.3.4 Diversité spécifique

Au total, 28 espèces différentes ont été contrôlées dans le système de franchissement de Golfech (Figure 13).

Le contrôle des migrations des espèces amphibiotiques a permis de mettre en évidence une activité migratoire parfois intense des populations.

Les cyprinidés constituent toujours la famille la plus représentée, avec notamment les brèmes, les chevesnes, les gardons, les bouvières et les ablettes (espèce la plus représentée).

Le changement de système d'acquisition à Golfech a permis d'améliorer **1)** la détection des espèces mais permet également **2)** de mieux les déterminer. Ainsi, quelques spirilins, truites arc-en-ciel, vandoises et gougeons ont été déterminés pour la première fois à Golfech. Le nombre de ces individus n'est pas exhaustif car bien qu'ils soient plus facilement déterminables, il n'en reste pas moins de petites tailles et leur détection reste très liée à la turbidité de l'eau. Des carnassiers ont également pu être observés (quelques perches et sandres voire même blackbass).

2.3.5 Particularité de l'année 2022

Les pannes ont pris cette année une place importante dans les causes d'arrêt de l'ascenseur. Afin d'éviter une « surcharge » du fonctionnement du système de franchissement, la fréquence de remontée a dû être adaptée. Ainsi, entre le 14 avril et le 15 mai, l'ascenseur ne remontait plus toutes les 30min mais toutes les heures (Figure 14). Après le 14 juin (plus

de cette station de contrôle. La truite de mer, quant à elle, reste anecdotique sur le complexe puisqu'elle n'est presque plus observée depuis 2013 sur le site de Golfech (Figure 16).

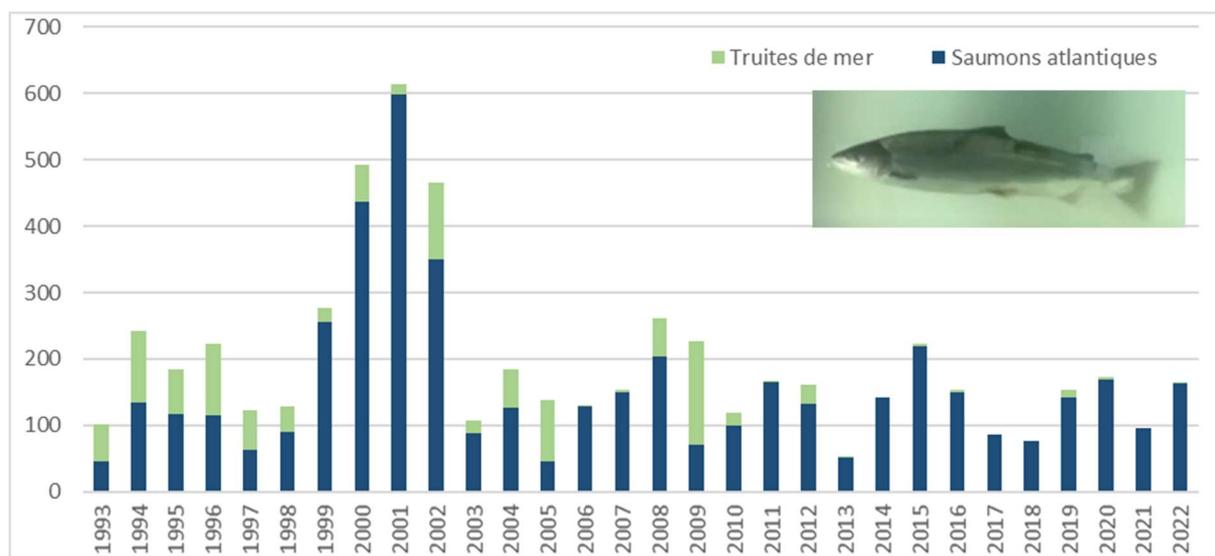


Figure 16 : Evolution annuelle des passages de grands salmonidés à Golfech

Cette année a été particulièrement marquée par une concentration de la migration sur les mois de mars et avril (près de 82 % des contrôles dont presque 65 % en avril uniquement, Figure 17). Entre 2003 et 2021, la grande majorité des individus observés l'ont été en avril et en mai (59 %).

Les passages au mois de juin sont très faibles, voire inexistant, et marquent l'arrêt définitif de la migration. Cela s'explique en grande partie par de faibles débits couplés à une hausse importante de la température de l'eau (Figure 18).

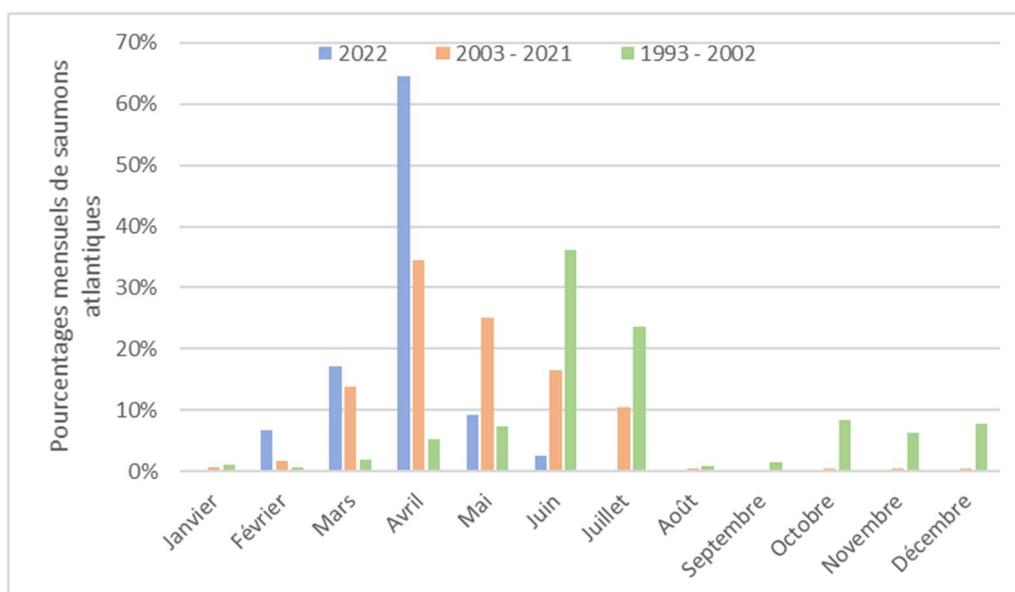


Figure 17 : Comparaison des rythmes de migration des saumons à Golfech pour les périodes 1993-2002, 2003-2021 et l'année 2022

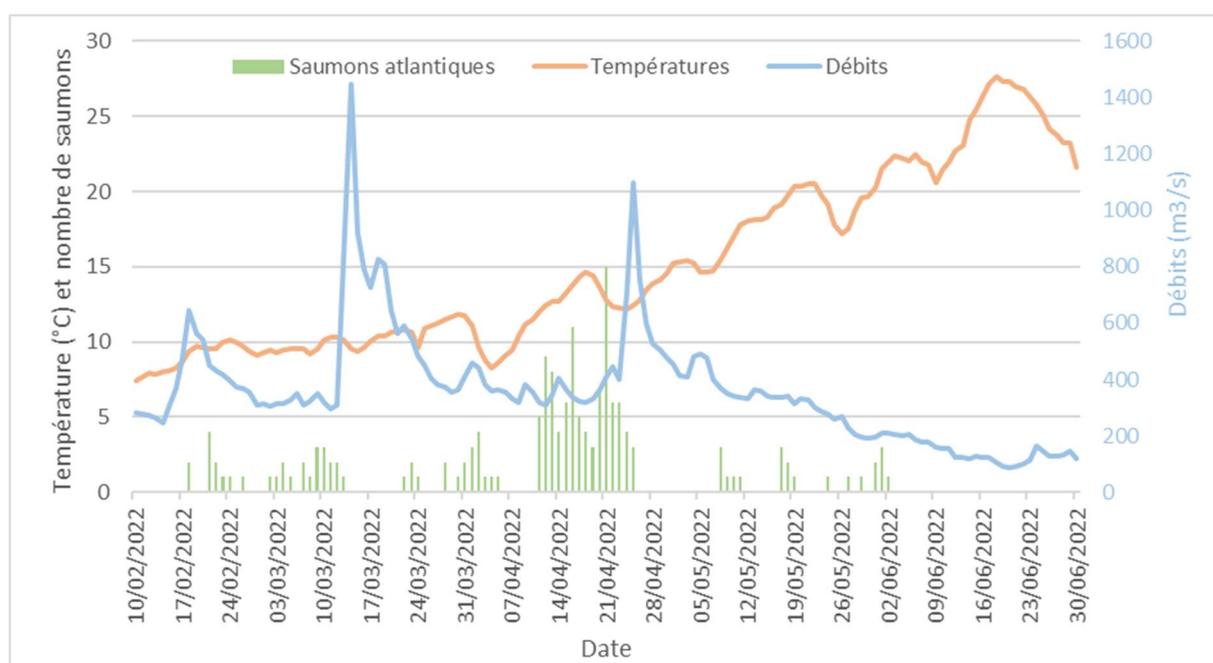


Figure 18 : Evolution du nombre de saumons par jour, mise en relation avec la température et le débit en 2022

Depuis 2003, la quasi-totalité de la migration des saumons se fait avant la période estivale avec des individus âgés de 2 voire 3 hivers de mer. Les castillons (1 hiver de mer) sont désormais pratiquement absents des cohortes observées sur ce site. Ce changement s'observe non seulement à travers les périodes de franchissement mais également à travers les tailles des individus. Depuis 1993 l'ensemble des saumons est mesuré de façon systématique. Ainsi, depuis 2003 les classes de tailles les plus représentées sont comprises en 70 et 85 cm. En cela, l'année 2022 ne diffère pas de tendance (Figure 19). Sur les 166 individus, 164 ont été classés PHM (2 ou 3 hivers de mer) et 2 ont été classés castillons (1HM).

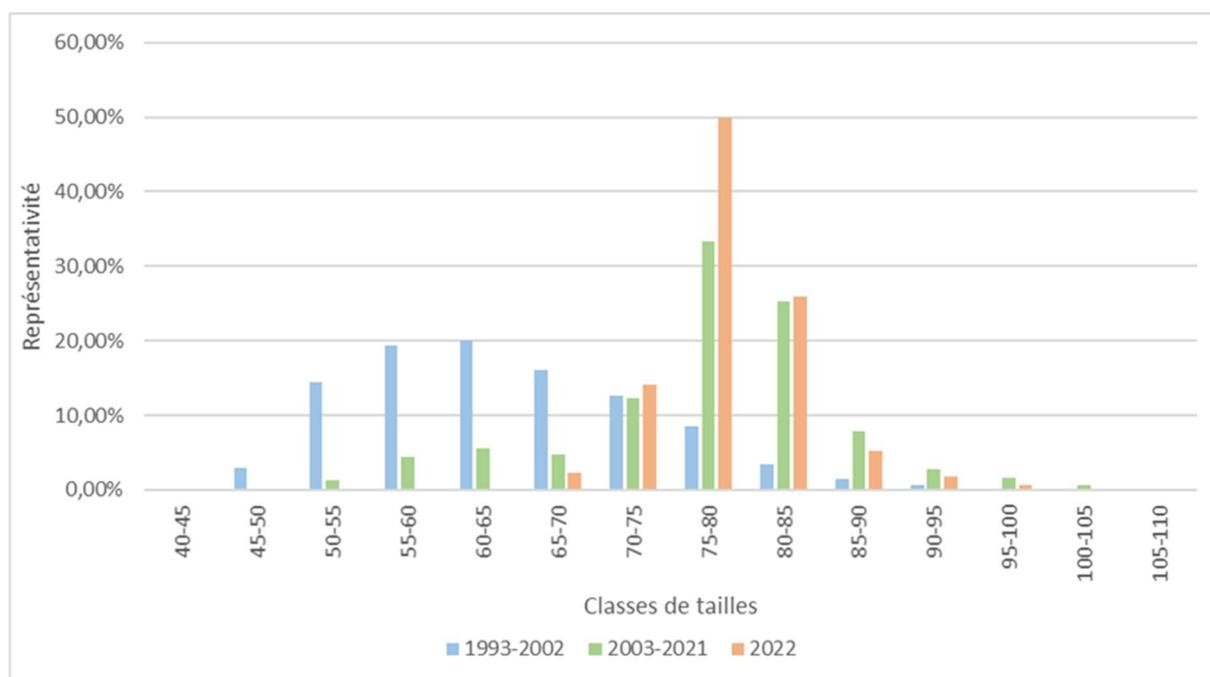


Figure 19 : Représentativité des classes de tailles des saumons contrôlés à Golfech

Les deux premiers individus ont été observés le 18 février, quelques heures à peine après la remise en service de l'ascenseur. Ils se sont présentés dans le système pour une température moyenne de l'eau de 9.35°C. Un fort pic de migration a été observé en avril (du 11 au 25) mais une crue survenue pendant ce pic a fortement ralenti la migration qui a eu beaucoup de mal à reprendre par la suite. De plus, la rupture du câble (qui s'est produite début avril) est intervenue juste avant le pic de migration et a donc très probablement freiné certains individus, voire conduit d'autres à repartir vers l'aval (Figure 20).

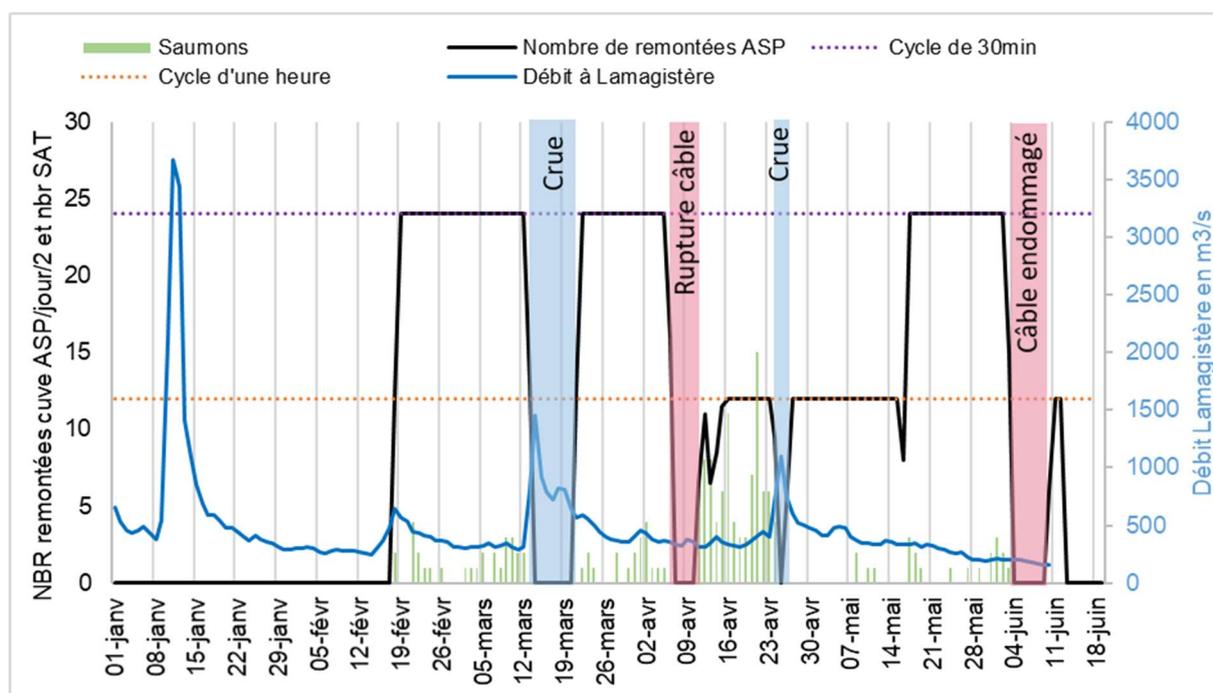


Figure 20 : Rythme de migration des saumons en 2022 à Golfech, mis en corrélation avec le rythme de l'ascenseur et les différents évènements

2.4.2 Le piégeage/transport

Suite à l'évaluation du programme saumon par le Groupe Migrateurs Garonne pendant l'année 2018 et à la réunion de restitution de cette évaluation du 26 septembre 2018, il a été validé que ce programme avait une finalité patrimoniale sur le territoire de l'Ariège avec pour objectif d'aboutir rapidement à une population acclimatée, constituée d'un effectif viable génétiquement, le nombre de géniteurs optimum devant être précisé ultérieurement.

Pour ce faire, dans une première phase il s'agit :

- D'augmenter sensiblement la reproduction naturelle en concentrant les géniteurs sur l'Ariège avec un transfert d'un maximum de géniteurs depuis Golfech dès 2019.
- De réaliser une étude pour préciser les conditions de migrations sur la Garonne moyenne entre Golfech et le Bazacle en mesurant l'efficacité des dispositifs de franchissement.

Pour permettre de répondre aux objectifs fixés par les partenaires techniques et financiers, il a été décidé d'activer le piège de Golfech entre 5h et 22h. En effet, l'analyse de la série chronologique des passages horaires des saumons à Golfech sur la période 2000-2021 montre que 91.4 % des individus franchissent Golfech dans cette plage horaire. Par ailleurs, un piégeage de nuit est fastidieux sur le site (voire impossible) du fait du passage des silures qui, par leur comportement, peuvent bloquer l'accès à la nasse de piégeage.

Cependant, la Figure 21 qui compare les pourcentages horaires des effectifs de saumons contrôlés à Golfech entre 2022 et la moyenne observée sur la période 2000-2021,

montre qu'en 2022, près de 15 % des individus sont passés en dehors de la période de piégeage.

Ainsi, en 2022, le temps de piégeage effectif est de 1938 h et le temps de passage libre de 1733 h entre le 22 février et le 13 juin. Sur les 165 saumons ayant emprunté l'ascenseur à poisson, 39 ont échappé au piégeage.

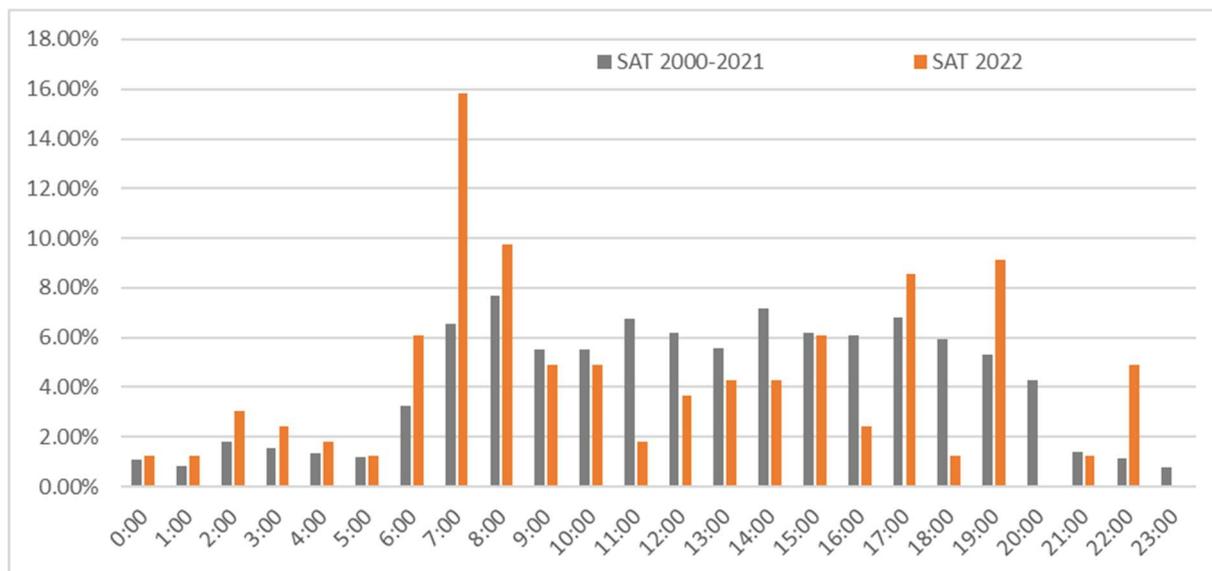


Figure 21 : Comparaison des horaires de première apparition à la vitre des saumons en 2022 et pour la période 2000-2021

En 2022, 123 saumons ont été **piégés (74 %)** : 92 ont été transportés sur l'**Ariège (55 %)** et 26 individus ont été marqués pour l'étude **radiopistage**, équipés d'émetteurs et relâchés en aval de Golfech (**16 %**) pour étudier leur comportement au droit des obstacles et sur le linéaire compris entre Golfech et le Bazacle. Par ailleurs, 5 saumons, dont l'état sanitaire a été jugé non satisfaisant (grosses blessures, écaillage important...), ont été transportés au centre de reconditionnement de **Bergerac (3 %)** tel que préconisé dans l'arrêté préfectoral délivré par la DDT 82. Enfin, 2 individus ont été **prédatés** par des silures dans le canal de transfert et 2 sont **mort (2 %)** sans causes apparentes (Figure 22).

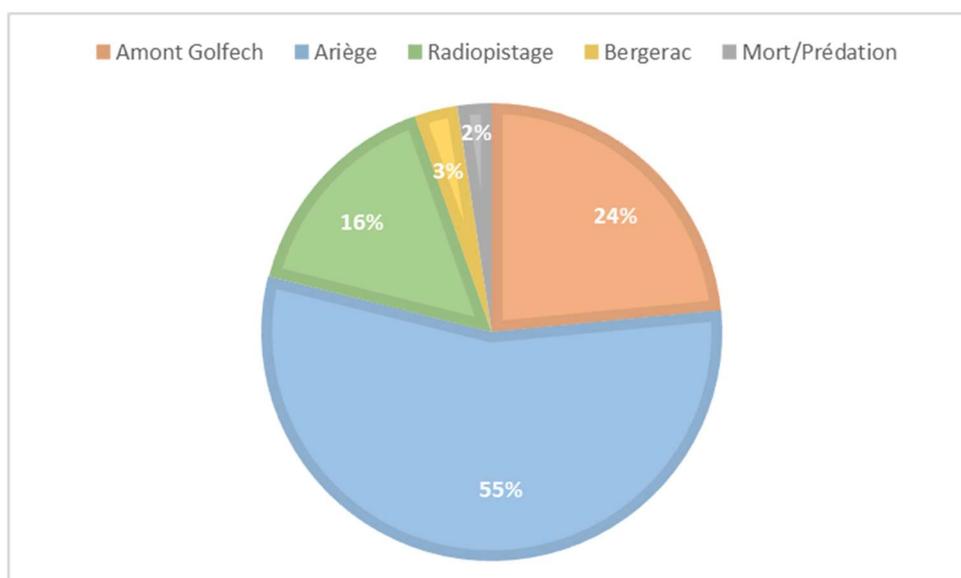


Figure 22 : Destination des saumons passés par Golfech en 2022

Le protocole de piégeage (piège actif de 5h à 22h) n'a pas permis de capturer 27 saumons sur les 39 non piégés (69 %). Parmi les 12 saumons restants, 2 sont passés en même temps que des saumons radiopistés et les autres individus ont transité lors de manipulations ou évènements particuliers (Figure 23).

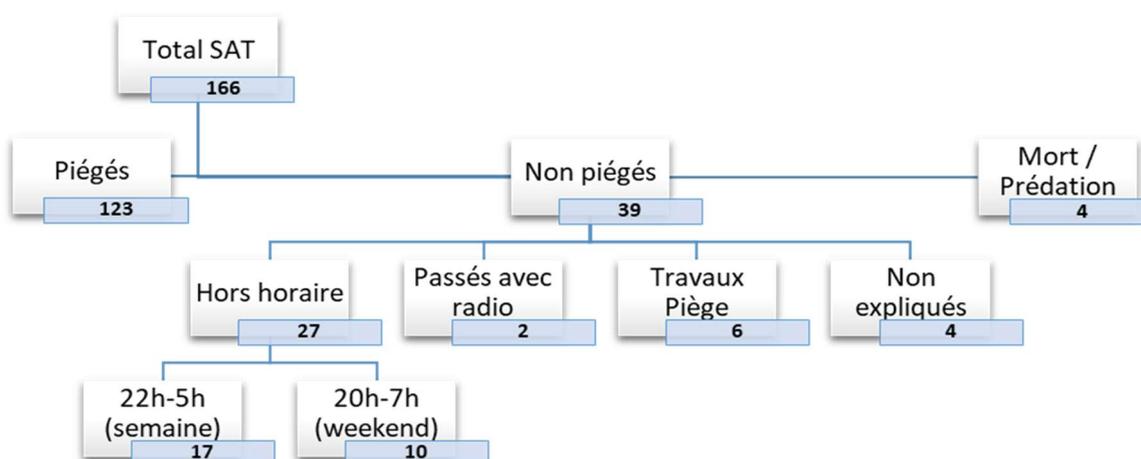


Figure 23 : Résumé des causes d'échec de piégeage de 2022 à Golfech

Pour être transportés, les saumons sont anesthésiés avec de la tricaine à 10 % délivrée sous ordonnance par un vétérinaire. Le dosage est de 18 ml pour 40 L d'eau de la Garonne. Pendant l'anesthésie, une biométrie est effectuée sur chaque saumon (taille, longueur mâchoire), un état sanitaire est évalué (depuis 2020) par le technicien avec pour objectif de décrire précisément l'état général du saumon et les éventuelles blessures en les localisant.

Une base de données est ainsi créée afin de normaliser cette prise de données. Une photo de chaque individu est réalisée et stockée.

Par ailleurs, des prélèvements d'écaillés et de tissus (bouts de nageoires) sont effectués. Ces éléments seront analysés par les équipes en charge de la génétique des saumons sur notre bassin (MIGADO, Labogéna) afin d'évaluer la réussite du programme saumon. Enfin, une marque de type spaghetti est apposée sur la nageoire (dorsale ou adipeuse). Chaque marque possède son identifiant propre et pourra, en cas de capture accidentelle sur l'Ariège, permettre d'identifier le poisson et donner ainsi des informations sur d'éventuels déplacements d'individus.

2.4.3 Evaluation de l'efficacité de piégeage

La Figure 24 reprend l'ensemble des saumons piégés en fonction de leurs heures de premier passage à la vitre et de l'heure du dernier passage (proche de l'heure de piégeage). 97 saumons ont été piégés entre 0 et 3h après leur première apparition au local de comptage. 5 ont mis plus de 3h pour être piégés et 22 ont attendus le lendemain. Les saumons piégés hors de la période de 5h-22h sont dues à des embauche/débauche en avance ou tardive.

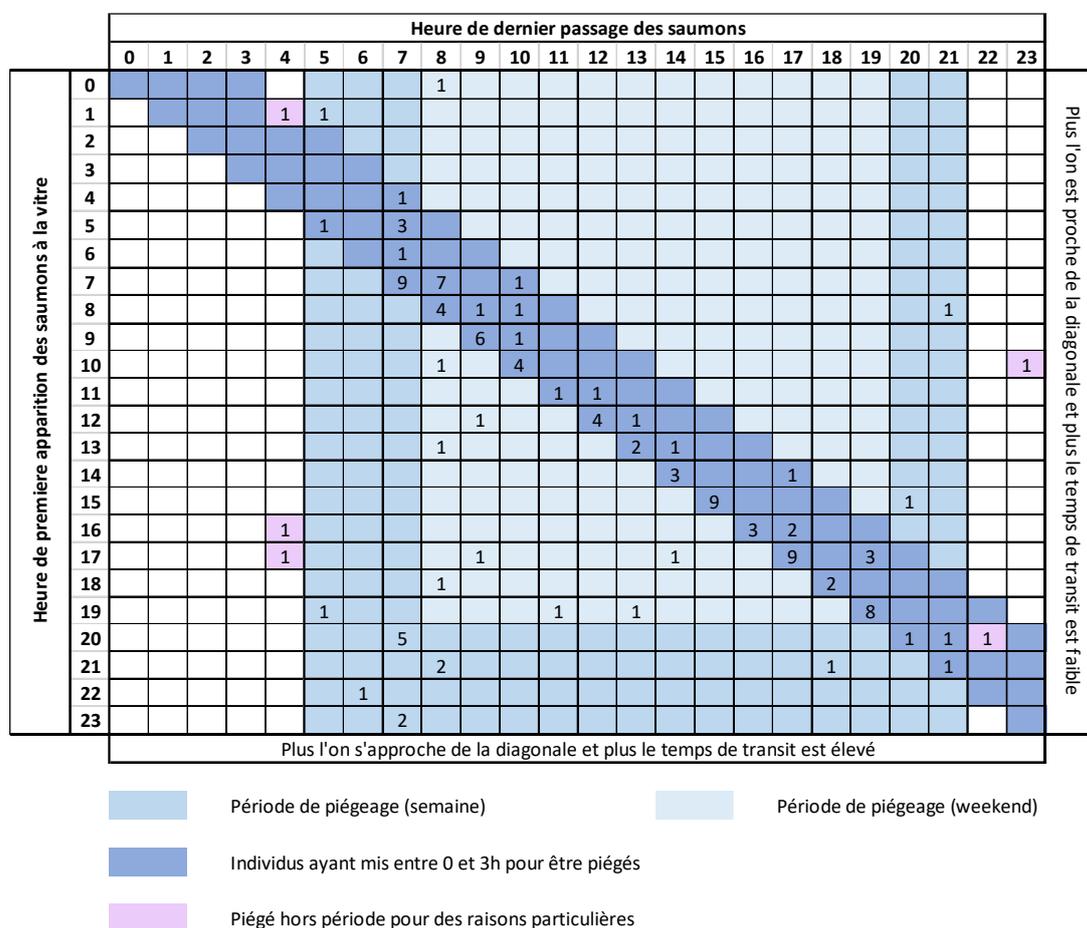


Figure 24 : Représentation des saumons piégés en fonction de l'heure du premier et du dernier passage à la vitre

La Figure 25 exprime un travail similaire pour les saumons non-piégés et met en évidence les causes de non piégeage.

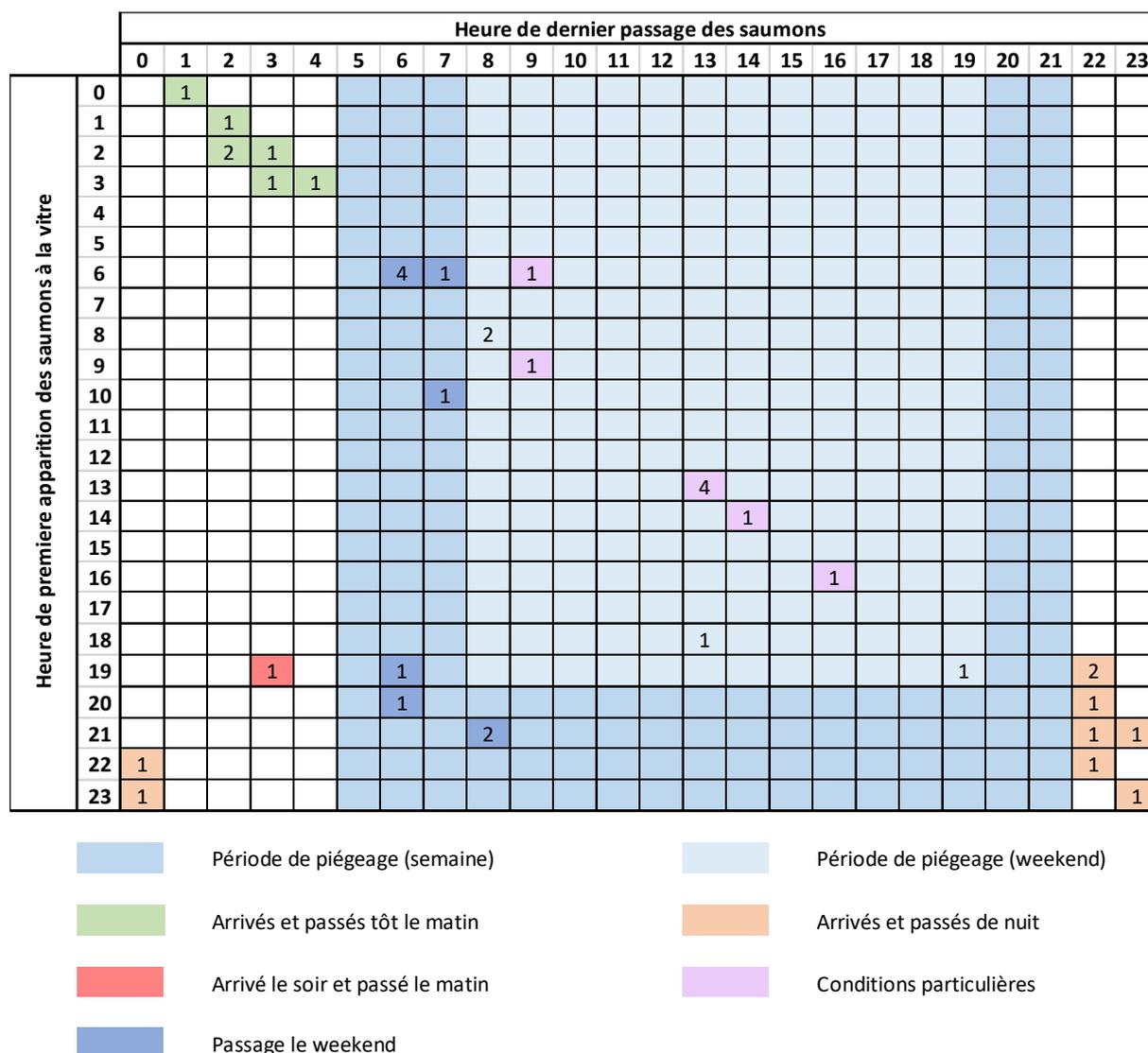


Figure 25 : Représentation des saumons non-piégés en fonction de l'heure du premier et du dernier passage à la vitre

La synthèse des tableaux précédents permet d'évaluer l'efficacité de piégeage de l'année 2022 et d'expliquer les raisons ayant mené à des échecs et qui sont en grande partie dus à l'amplitude de piégeage (rappel : 27 saumons hors de la période de piégeage). Malgré cela, le **taux de capture** atteint cette année **96.8 %** si l'on tient compte des échecs explicables par les horaires de passages et les temps de transit des saumons, le décalage des horaires le week-end et des événements particuliers survenus sur le site.

En 2023, l'automatisation de la mise en place du piège à 5h par le GU de Golfech permettra de pallier ces différences d'horaires entre la semaine et les week-ends et donc d'éviter l'échappement des saumons le week-end.

2.4.4 Comportement dans le système de franchissement

Le système de vidéo-contrôle permet, outre le comptage des individus, d'observer et d'analyser des comportements grâce à des métriques particulières. Ainsi, un temps de transit dans le système peut être déterminé. Celui-ci varie beaucoup entre les individus mais ne semble pas subir l'influence de l'avancement dans la saison de migration (Figure 26).

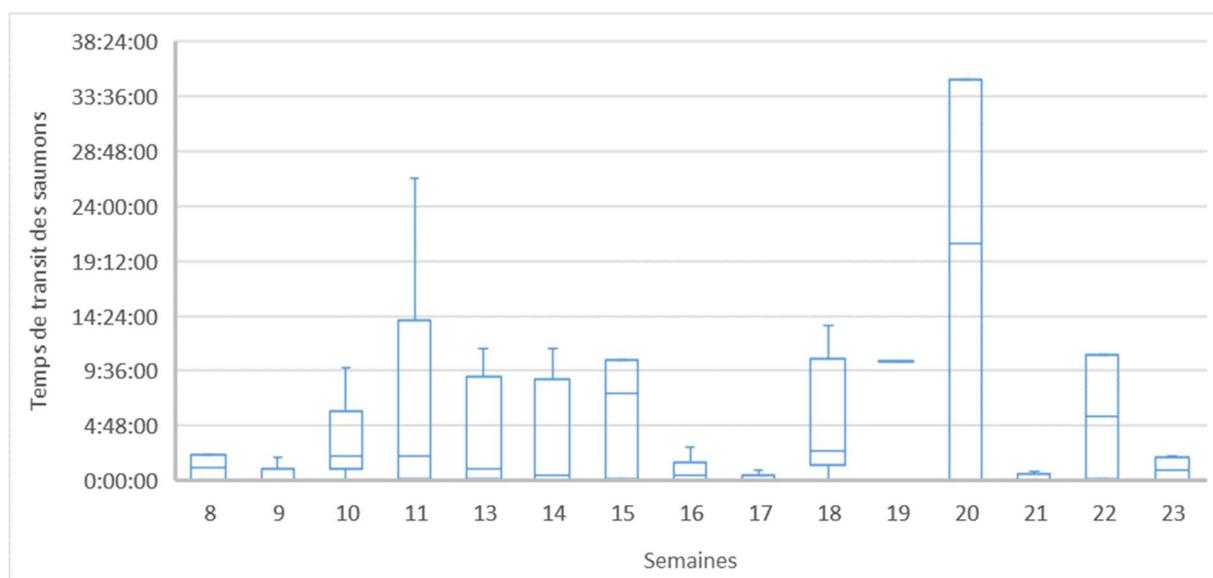


Figure 26 : Evolution du temps de transit des saumons dans le canal de transfert de Golfech au cours de la saison 2022

Le temps de transit des saumons peut également être influencé par l'heure d'arrivée des individus dans le système. En effet, comme le montre la Figure 27, les saumons empruntant l'ascenseur en journée sont plus rapides pour franchir le canal de transfert, lorsque la nuit tombe les saumons se mettent au repos et reprennent leur migration au petit matin. Cette constatation confirme le comportement naturellement diurne du saumon atlantique. L'ouvrage ne modifie donc pas ce comportement.

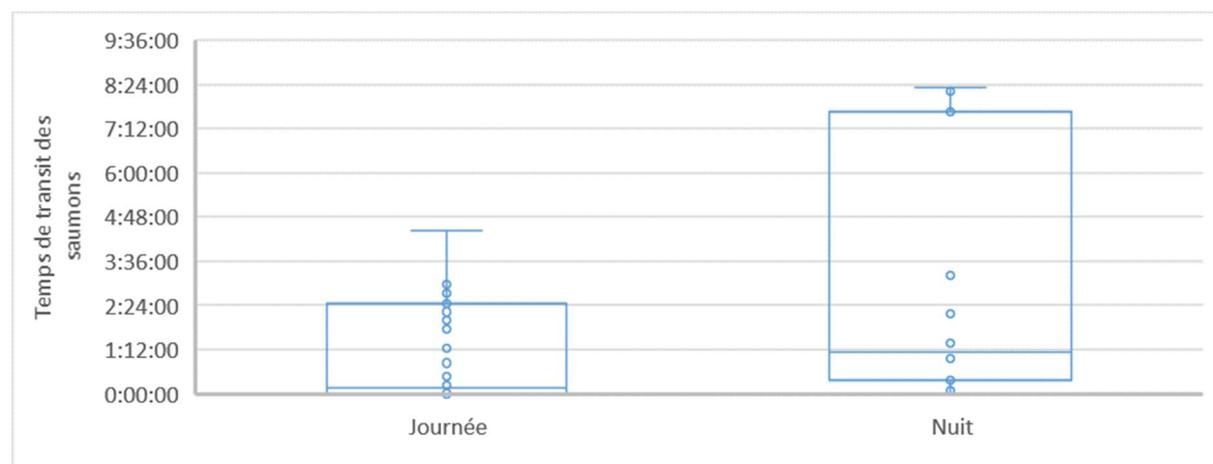


Figure 27 : Comparaison du temps de transit des saumons passés par l'ascenseur à poissons de Golfech en 2022 par rapport à la période d'arrivée dans le canal de transfert

Cependant, le piégeage constitue un potentiel frein à la franchissabilité du canal de transfert par les saumons. Ainsi, l'effet de ce dispositif a également été analysé et représenté sur la Figure 28.

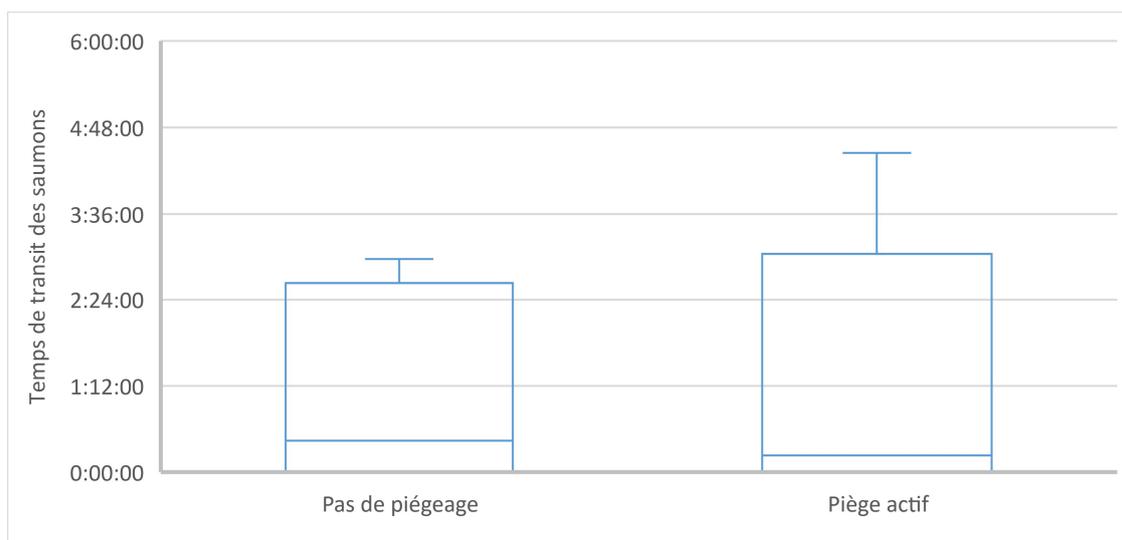


Figure 28 : Analyse de l'effet du piégeage sur le temps de transit des saumons dans le canal de transfert

Ainsi, après analyse, le dispositif de piégeage ne semble pas avoir influencé de manière significative le comportement des saumons en 2022. Par conséquent, les variations de temps de transit des saumons semblent être inhérentes à l'individu lui-même, aux conditions environnementales (température de l'eau) et à la biologie de l'espèce et non au dispositif.

2.5 La grande alose

Les aloses ont été présentes en très faible effectif à Golfech en 2022 puisque seulement 441 individus ont été contrôlés. Un pic peut toutefois être observé entre le 16 et le 25 mai avec une pointe à 102 individus le 19 mai.

Les débits faibles et la température de l'eau élevée qui en résulte peuvent en partie expliquer ces effectifs.

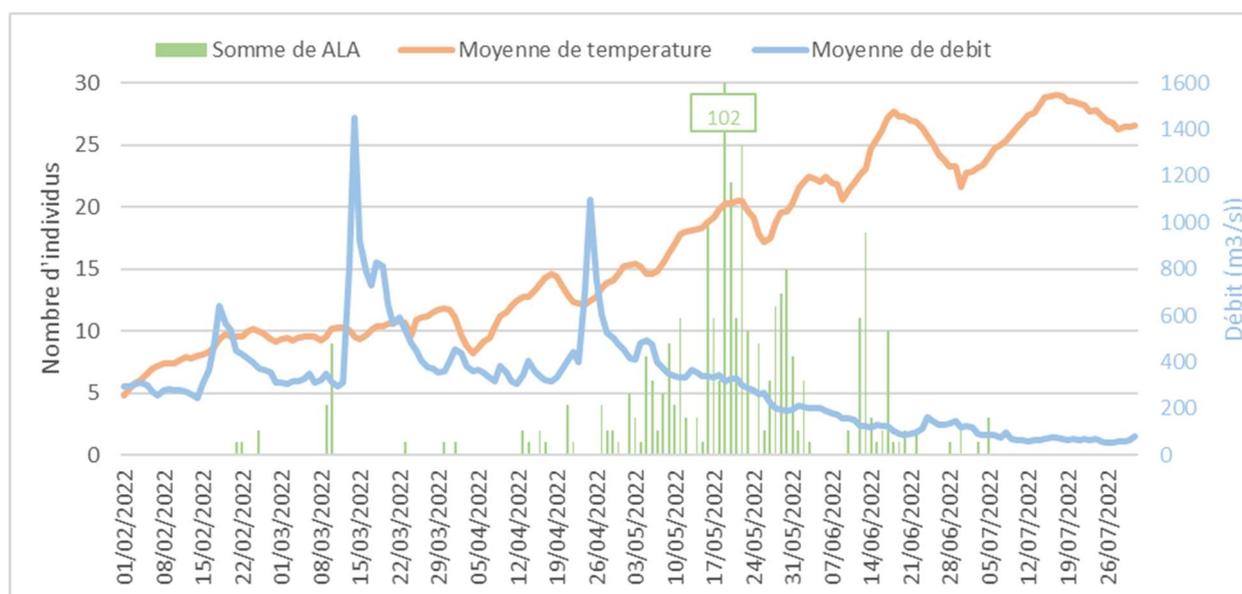


Figure 29 : Evolution des passages de grandes aloses à Golfech en 2022

Comme chaque année depuis 2008, un piégeage d'aloses est effectué sur le site afin d'approvisionner la pisciculture de Bruch (gérée par MIGADO) en géniteurs pour la production d'alevins destinés au repeuplement sur le Rhin.

En 2022, 76 grandes aloses ont ainsi été capturées et sexées (26 femelles pour 50 mâles) en 5 semaines entre le 16 mai et le 13 juin.

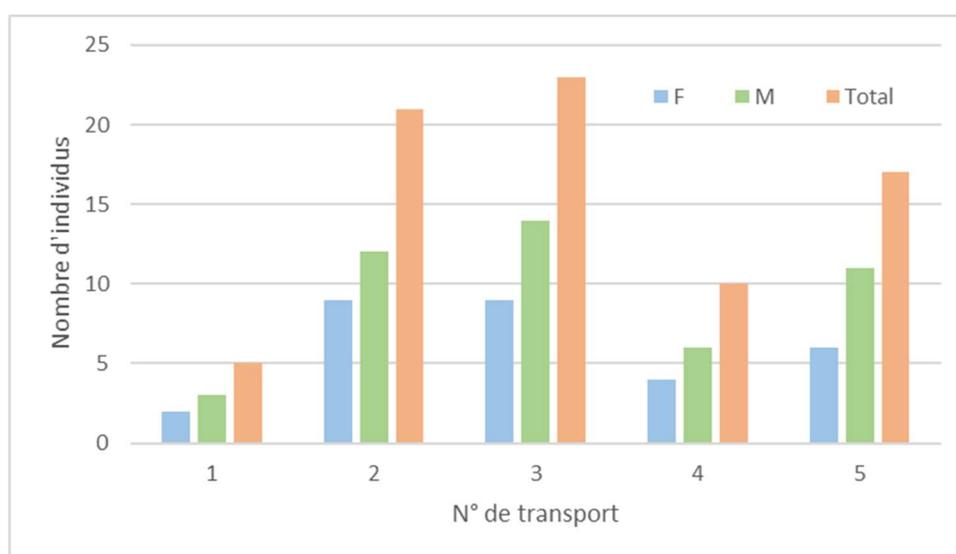


Figure 30 : Répartition des sexes de grandes aloses piégées à Golfech en 2022

2.6 Le suivi de la rampe spécifique à anguilles

2.6.1 Fonctionnement de la rampe

La rampe à anguilles a été mise en service le 14 avril et arrêtée le 21 octobre après plusieurs jours sans constater de passages (1er : 4 mai ; dernier : 17 octobre). Au cours de cette période, pour faciliter la montaison, le débit d'attrait de l'ascenseur, qui peut masquer celui de la rampe, a été arrêté 1h sur deux entre 22h et 6h.

2.7 Comptage automatique

Depuis 2021, le comptage des anguilles empruntant la rampe spécifique est effectué par un dispositif développé par HIZKIA informatique. Il s'agit d'un caisson en sortie de passe par lequel vont transiter les individus. A l'intérieur du caisson, 2 caméras numériques sont installées et reliées à 2 ordinateurs différents : l'un permettant l'acquisition en continu des passages d'anguilles et l'autre équipé d'un logiciel d'analyse d'images n'enregistrant que les séquences où un « objet » (anguilles ou autres) est détecté. Enfin, un rétro-éclairage infra-rouge permet d'optimiser la qualité des images enregistrées tout en limitant le développement algal ainsi que la présence d'insectes au droit des caméras.

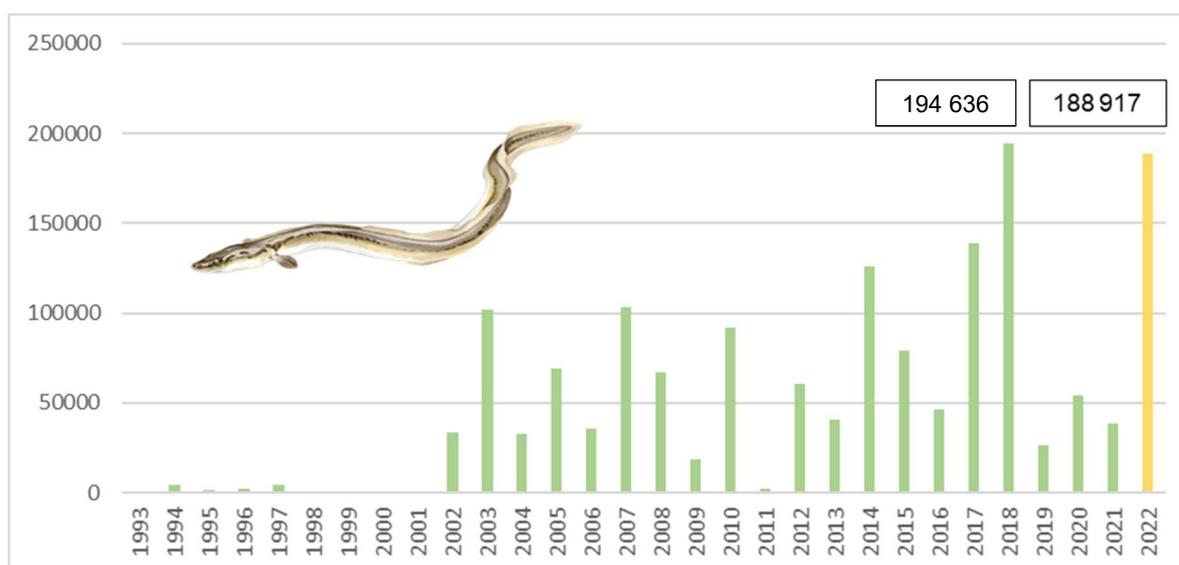


Figure 31 : Evolution du nombre d'anguilles à Golfech depuis 1993

Ce système a permis de comptabiliser au cours de l'année 2022, **171 743** individus. Toutefois certaines anguilles empruntent l'ascenseur et représentent en moyenne 10% (études Migado 2011 à 2016) des passages issus de la rampe spécifique (17 174 individus). Au total, cela représente donc **188 917** anguilles qui ont emprunté les ouvrages de franchissement de Golfech en 2022. Cette année s'affiche donc comme une très bonne année puisqu'elle égale presque le record sur la station (Figure 31).

Ces chiffres sont représentatifs d'une forte migration sur l'ensemble du bassin comme en attestent les cordons de migration observés à l'aval de la Gironde en pleine journée par plusieurs opérateurs.

Cette saison, la température de l'eau de la Garonne montre une forte influence sur les passages d'anguilles à Golfech (Figure 32). De mi-mai à fin juillet, chaque hausse de la température de l'eau correspond un pic plus ou moins fort de passages. Chaque chute de la température est accompagnée d'une diminution des franchissements. Un flux très important de migration a été enregistré du 15 au 25 juin, avec un pic journalier le 16 juin où plus de 41000 anguillettes ont franchi la rampe pour un débit Garonne de 124 m³/s et une température d'eau de 26°C. Dans ces conditions, les limites physiques du système ont été atteintes. La rampe s'est retrouvée saturée d'anguilles, de plus en plus affaiblies par le manque d'oxygène dissous dans le faible débit nécessaire pour alimenter le système. Les techniciens de Migado sur site ont dû acheminer manuellement un certain nombre d'individus en haut de l'obstacle.

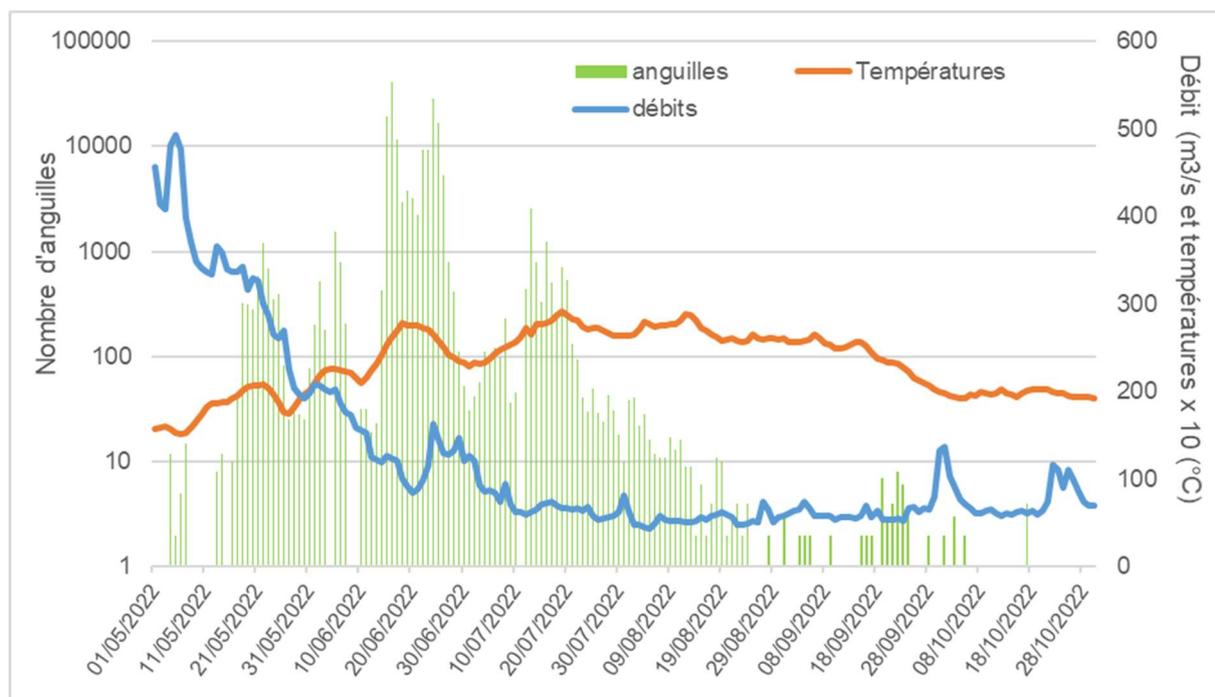


Figure 32 : Passages journaliers d'anguilles à Golfech en 2022

2.7.1 Efficacité du compteur

Les passages d'anguilles sont dénombrés via un système vidéo-informatique automatisé développé par la société HIZKIA. Il est en service sur Golfech depuis 2019 et a fait chaque saison, depuis 2020, l'objet de calibrages afin de connaître sa réelle efficacité.

- En 2020, l'efficacité du comptage était de 102 % ;

- En 2021, dans le but d'affiner les mesures de taille des individus, la zone filmée a été réduite mais cette manipulation a impacté l'efficacité, passant alors à 93.6 %.

- **Pour 2022**, en accord avec le constructeur, un caisson mieux adapté et standardisé a été mis en place. Celui-ci présentant des dimensions définies de la zone filmée ainsi qu'une inclinaison et un débit connus. Dans ces conditions fiabilisées, **l'efficacité** du système de comptage automatique des anguilles par vidéo (SYCAAV) est de **97 %** (Figure 33).

DATE	HEURE DEBUT	HEURE FIN	DUREE H	COMPTAGE AUTO	COMPTAGE MANUEL	EFFICACITE
21/05/2022	04:00	05:00	01:00	100	100	100%
22/05/2022	02:00	03:00	01:00	205	204	100%
02/06/2022	02:00	03:00	01:00	119	119	100%
05/06/2022	13:00	14:00	01:00	516	516	100%
15/06/2022	13:00	14:00	01:00	1153	1153	100%
16/06/2022	04:00	05:00	01:00	2651	2663	100%
16/06/2022	10:49	10:50	00:01	526	641	82%
16/06/2022	10:50	10:51	00:01	86	85	101%
16/06/2022	10:54	10:55	00:01	41	42	98%
16/06/2022	10:55	10:56	00:01	460	504	91%
16/06/2022	10:56	10:57	00:01	202	206	98%
16/06/2022	10:57	10:58	00:01	109	110	99%
24/06/2022	04:00	04:30	00:30	2325	2448	95%
13/07/2022	02:00	03:00	01:00	363	364	100%
19/07/2022	22:00	23:00	01:00	104	103	101%
Bilan des périodes de fonctionnement en routine:			08:30	7536	7670	98%
Bilan des périodes avec déversement manuel en amont du compteur:			00:06	1424	1588	90%
Bilan 2022			08:36	8960	9258	97%

Figure 33 : Comparatifs compteur/comptage manuel en 2022

A noter : les échantillonnages du 16/06 présentent une faible efficacité du compteur automatique. Cela s'explique par le rythme important des passages à ce moment-là (des milliers d'anguilles déversées simultanément en amont immédiat du compteur). Mais aussi par l'état de fatigue de ces individus, entraînant une proportion anormalement élevée d'anguilles juxtaposées.

2.7.2 Biométrie

Le logiciel de comptage vidéo suit le déplacement de l'anguille en la mesurant X fois. Il moyenne ensuite un nombre de pixels par poisson. Le développeur a mis au point une équation en fonction de l'objectif de la caméra et de son positionnement par rapport au support de reptation des anguilles. Chaque individu est donc mesuré de façon automatique.



Figure 34 : Répartition des classes de tailles d'anguilles à Golfech en 2022

Les calculs de mesure de tailles des anguilles ayant déjà été vérifiés et validés les années précédentes, les biométries n'ont pas eu lieu de façon récurrentes cette année. Une seule session, au cours de laquelle 99 anguilles ont été mesurées, a été effectuée. Les résultats ont été comparés avec les anguilles mesurées par l'intelligence artificielle la nuit précédente et les résultats confirment la fiabilité du système. Ce système permet ainsi de mesurer plus de 95 % des individus sans stress (plus de 165 000 mesures en 2022). L'échantillon représente donc la totalité de la population migrant à Golfech.

2.8 La gestion du silure à Golfech

2.8.1 Le silure à Golfech

Cette année 439 silures ont emprunté le dispositif de franchissement de Golfech (Figure 35). Le premier est arrivé de façon presque concomitante avec l'ouverture du dispositif (et l'arrivée des deux premiers saumons), le 19 février. Les passages restent peu importants jusqu'à fin avril, après la crue. A partir de ce moment, leur présence s'intensifie sans toutefois que l'on observe des comportements de stagnation/d'accoutumance au système. A noter cependant que leur présence à Golfech s'est faite dans la durée. En effet, le nombre d'individus tend normalement à décroître avec l'arrivée de l'automne, or ce n'a pas été le cas en 2022 où ils ont été observés jusqu'à fin novembre et ce très probablement en raison des conditions environnementales (température de l'eau élevée), Figure 36.

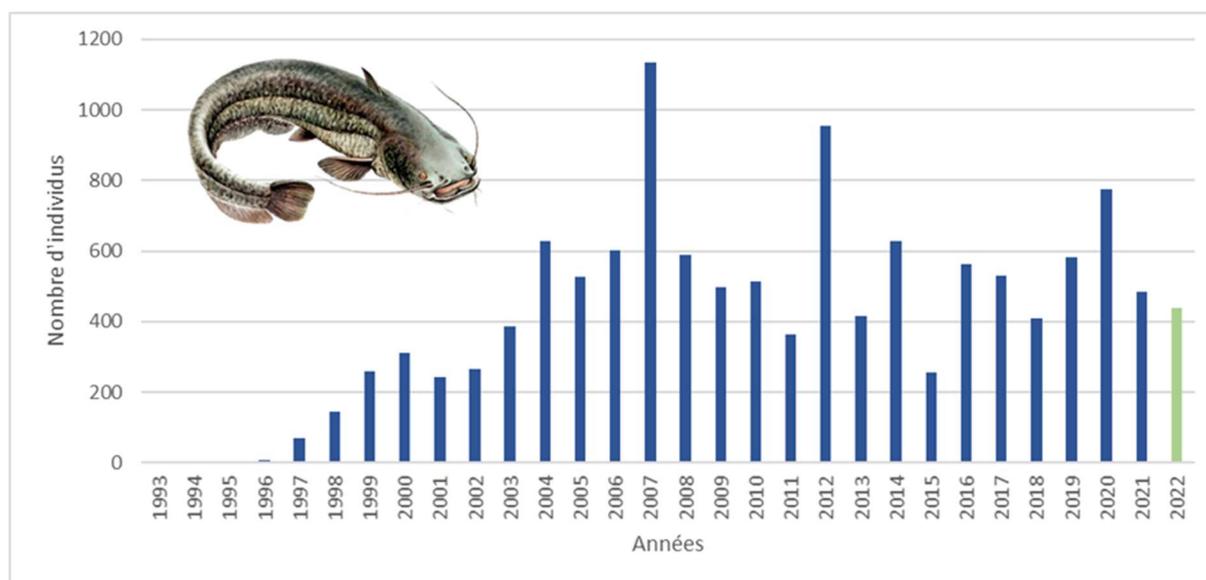


Figure 35 : Evolution des passages de silures à Golfech entre 1993 et 2022

Si le phénomène d'accoutumance n'a pas été observé pendant la période de migration, il a pu l'être par la suite. En effet, depuis la fin du mois de juin, 5 à 7 silures ont été présents dans le canal de transfert et ont ainsi fait de nombreux aller-retour devant la vitre de comptage.

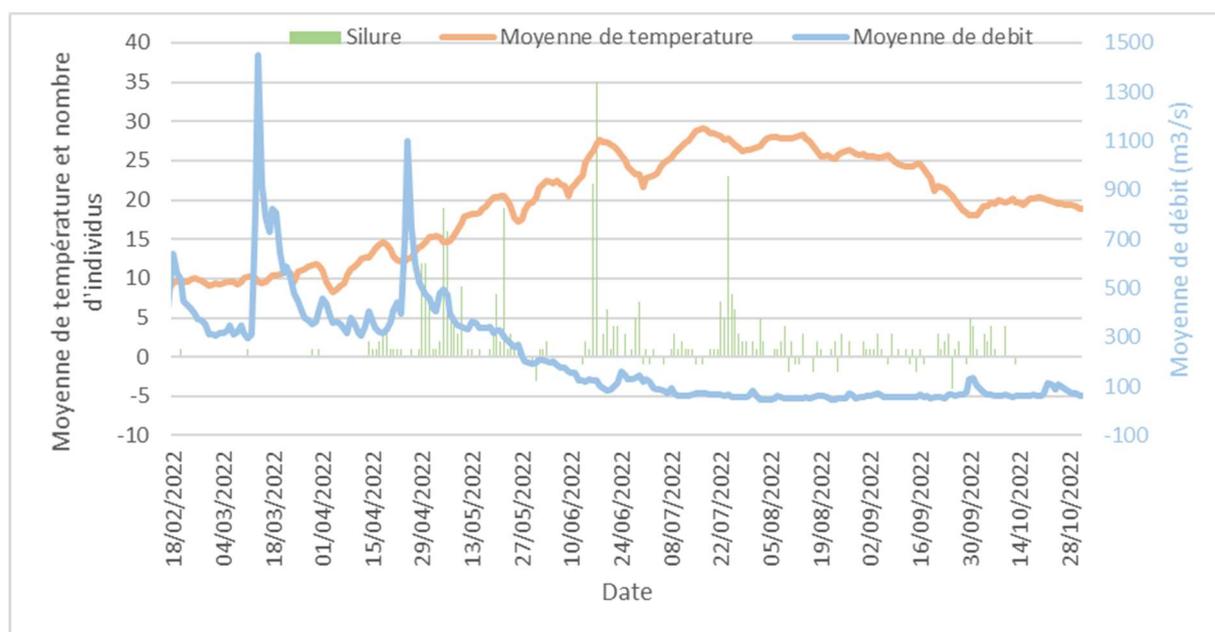


Figure 36 : Evolution des passages de silures à Golfech en 2022

Plus de détails concernant la caractérisation de la population seront abordés dans la partie transversale, chapitre 6.4. Seules les actions effectuées à Golfech seront présentées en suivant.

2.8.2 Comportement et évacuation dans le canal de transfert

La Figure 37 montre la répartition des passages de silures et de saumons dans le système au cours de la saison 2022 ainsi que le nombre d'allers-retours moyen par silure sur la même période. Ce dernier a été analysé afin de mieux appréhender le comportement des silures dans le canal de transfert.

En premier lieu, on observe **1**) un décalage dans le temps de la présence des deux espèces. Les saumons sont arrivés plus tôt que les silures et lorsque la présence de silures s'est intensifiée, le pic de migration du saumon était presque terminé. De plus, on observe très rapidement qu'entre la semaine 8 (février) et la semaine 22 (mi-juin), **2**) le nombre d'allers-retours moyen par silure est relativement faible (2 allers-retours en moyenne) pendant cette période de forte affluence de saumons. Durant ces mois, les silures empruntant l'ouvrage ont donc tendance à passer plus rapidement (exception faite de certains individus dit « stagnant » qui sont retirés du système).

Au cours des mois encadrant cette période, la variabilité dans le nombre d'allers-retours par individu est beaucoup plus élevée et le nombre moyen d'allers-retours plus élevé également. Cette variabilité au cours de l'année peut s'expliquer en grande partie (mais pas uniquement) par la température de l'eau ; avant le mois d'avril, la température de l'eau étant faible, le métabolisme des silures (qui dépend de façon importante de la température de leur milieu – espèce poïkilotherme) est ralenti, lorsque l'eau se réchauffe le métabolisme augmente et donc la capacité de nage également puis lorsque la température de l'eau devient trop élevée, elle finit par devenir limitante. Ainsi, lorsque le métabolisme fonctionne dans une moindre mesure, les individus dans le canal se déplacent sur de courtes distances puis se

laissent porter par le courant, conduisant à un non-échappement du canal et donc à des allers-retours croissants.

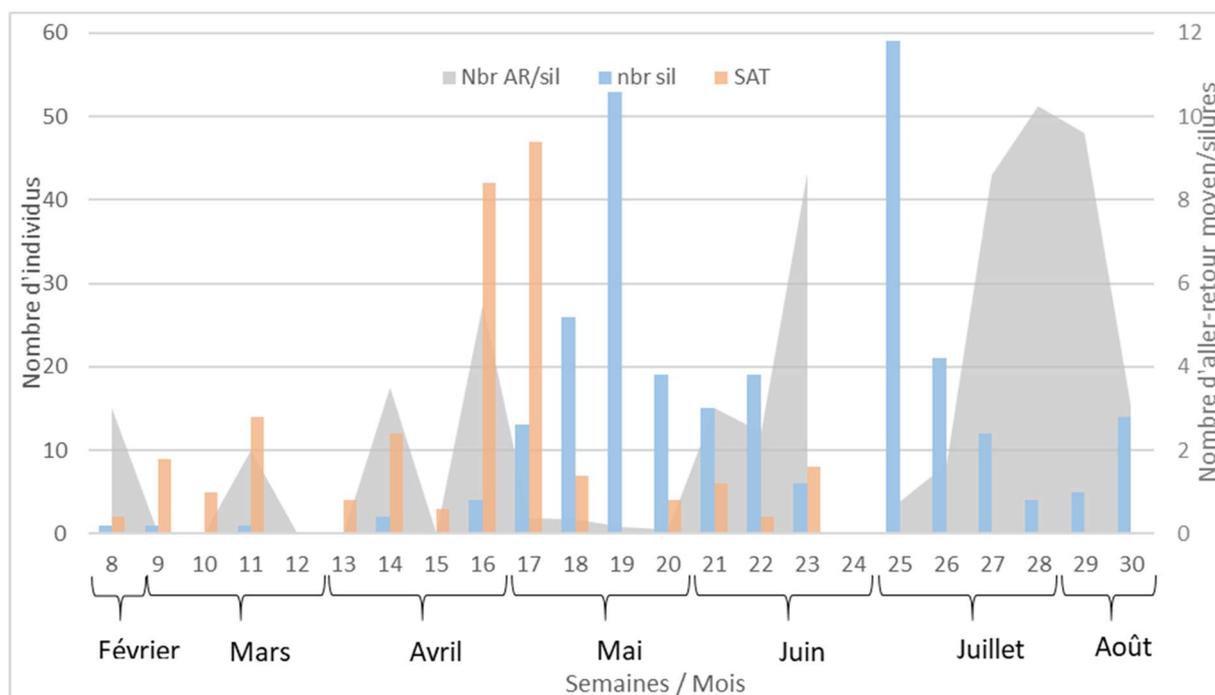


Figure 37 : Nombre d'allers-retours par silures mis en corrélation avec les passages de silures et de saumons en 2022

Si les deux premiers points montrent que les silures n'ont posé que peu de problèmes dans le système en 2022, ils ont quand même dû être évacués en raison de leur comportement d'acclimatation à l'ouvrage.

En 2022, ce sont donc 8 silures qui ont été évacués et valorisés (Figure 38). Ces 8 silures représentent 1.8 % de l'ensemble des individus ayant emprunté l'ouvrage et leur taille moyenne est de 181 cm.

Date	Semaine	Num_Vidange	Taille (cm)	Destination	Contenus stomacaux	Sexe
30/03/2022	14	1	188	valorisation	0	m
14/04/2022	16	2	163	valorisation	SAT	m
14/04/2022	16	2	194	valorisation	SAT	m
02/05/2022	19	3	159	valorisation	0	f
02/05/2022	19	3	204	valorisation	0	m
20/05/2022	21	4	177	valorisation	0	f
20/05/2022	21	4	210	valorisation	CHE 35 cm	m
01/06/2022	23	5	152	valorisation	0	f

Figure 38 : Résumé des vidanges effectuées en 2022

Bien que le protocole de vidange ait été effectué, il n'a pas permis d'empêcher la prédation de 2 saumons qui ne se sont jamais présentés à la vitre et ont été retrouvés lors des contenus stomacaux du 14 avril, durant la semaine où un pic de migration de saumons a été observé.

2.8.3 Observation et mise en place de pêches d'effarouchement en pied d'ouvrage

Depuis 2020, des observations quotidiennes de silures sont effectuées à vue au pied de l'ouvrage. La figure 38 montre, sur les 3 années, le nombre moyen d'individus observés sur la saison ainsi que le maximum de silures observés. Ces chiffres sont quasiment constants sur la période, indépendamment des franchissements et des pêches expérimentales menées en aval du site par les pêcheurs professionnels (Figure 39).

	2020	2021	2022
Moyenne	5,37	6,90	6,80
Min*	2	1	1
Max	52	33	43

* quand présence de silures

Figure 39 : Comparaison des 3 années de suivi de la présence de silures au pied de l'ouvrage de Golfech

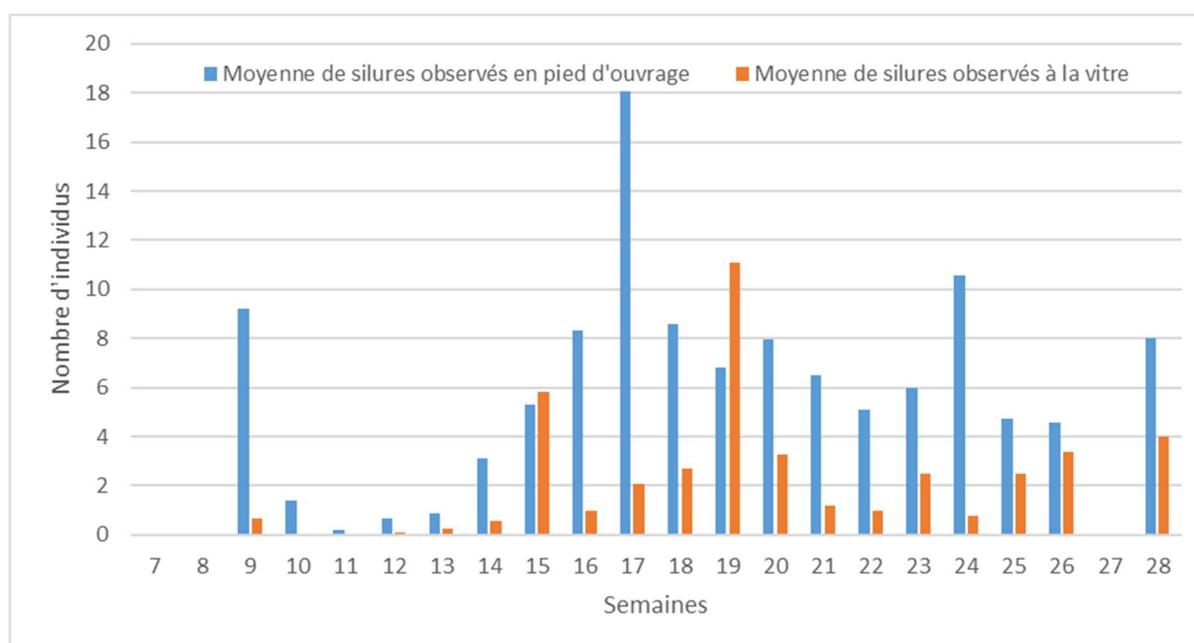


Figure 40 : Moyenne de silures observés par semaine en pied d'ouvrage et au local de vidéo-contrôle pour les 3 années de suivi

Sur le site de Golfech, la présence de silures est observée tout au long de la journée (pas/peu d'observations entre 21h et 7h en raison de la visibilité) avec peu de variations au cours de celle-ci (Figure 41). De plus, cette espèce est observée majoritairement à la sortie

des turbines dans les zones à remous. Ces deux informations vont à l'encontre de la littérature qui présente le silure comme une espèce nocturne et affectionnant les zones calmes et montre un comportement particulier, **dans cette configuration**, qui s'observe de plus en plus sur d'autres sites similaires.

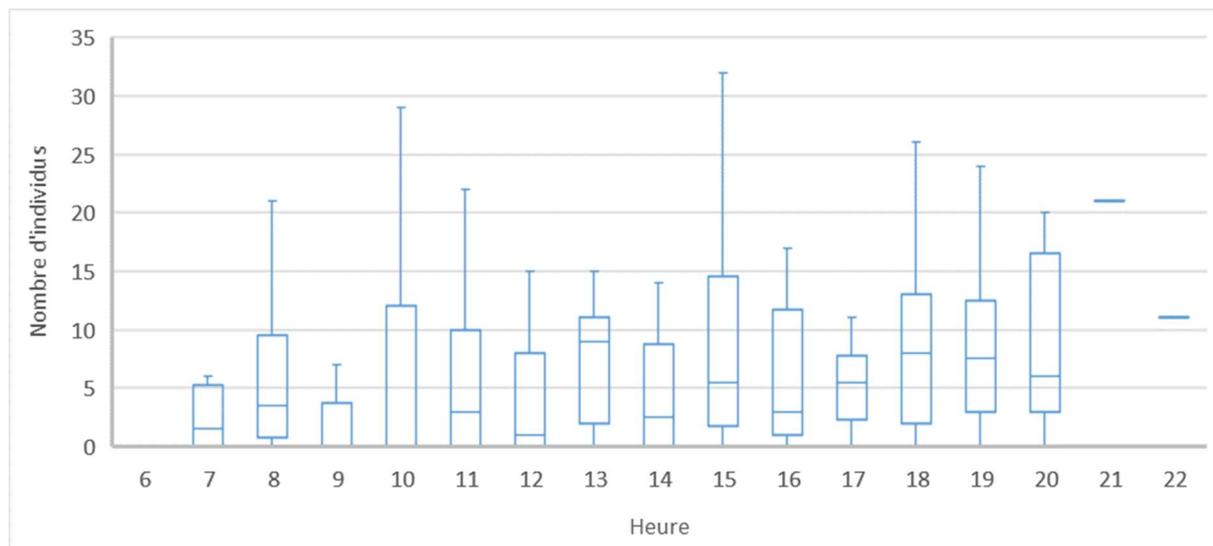


Figure 41 : Observations de silures en fonction de l'heure à Golfech en 2022

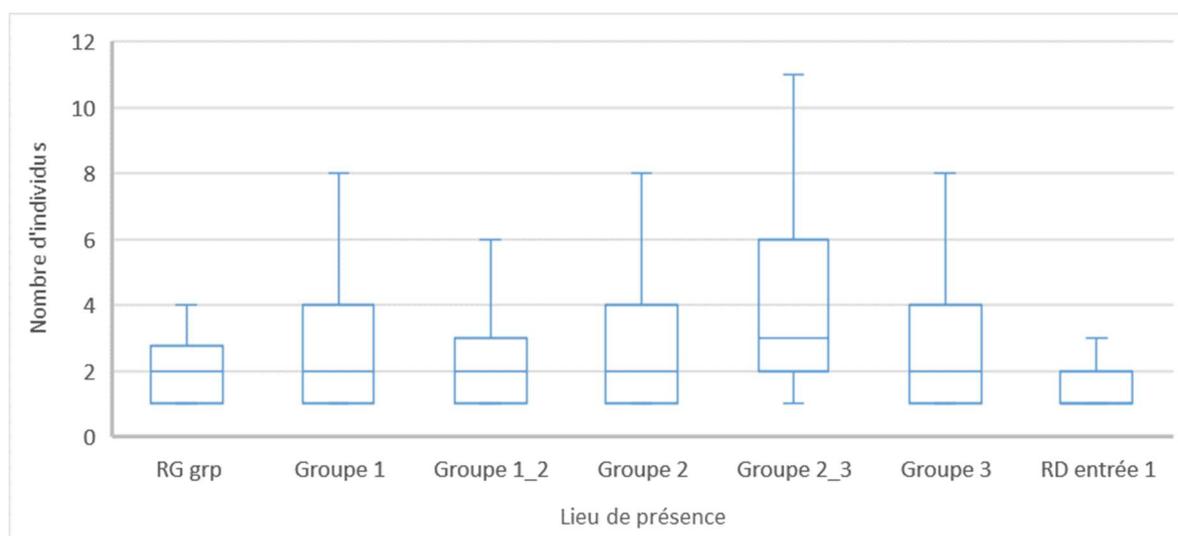


Figure 42 : Nombre de silures observés en fonction de la localisation à Golfech en 2022

En 2022, suite aux observations récurrentes de silures au pied de l'ouvrage, une étude d'efficacité sur des pêches d'effarouchement a été mise en place. Les pêches se sont déroulées du 7 mai au 3 juin et ont été effectuées en partenariat avec les différentes fédérations de pêche du secteur (FD82, FD46, FD31). Elles avaient pour objectifs **1)** de voir si le stress généré par un individu pris à la ligne faisait diminuer la fréquentation générale du site (sans sortir l'individu, hameçon « ouvrables ») et **2)** d'étudier le comportement de certains

individus qui ont été sortis et marqués avec différents types d'émetteurs. Le résumé de ces pêches est présenté ci-dessous, sur la Figure 43.

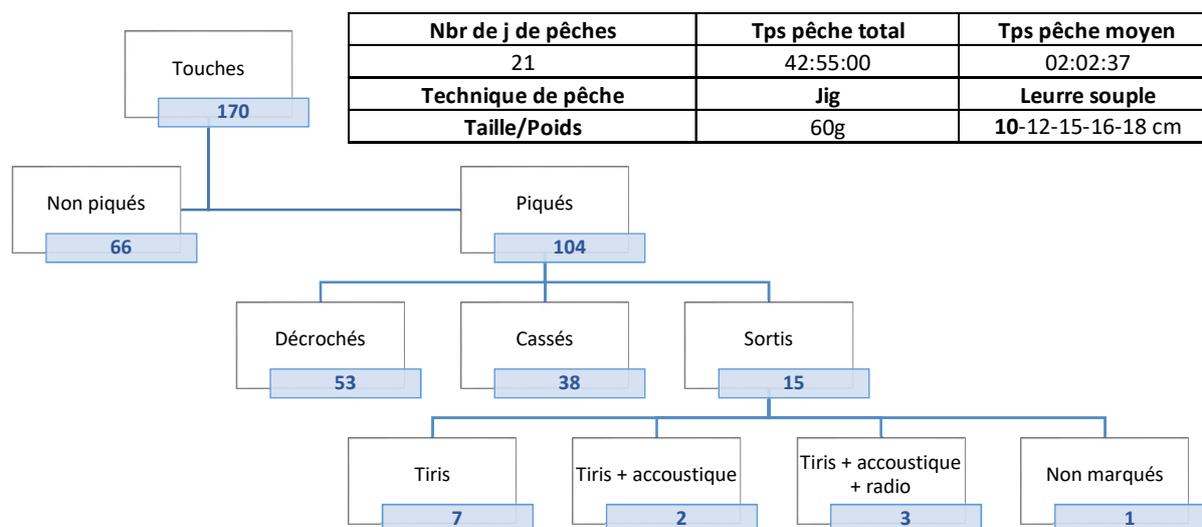


Figure 43 : Schéma et tableau résumé des pêches à la ligne effectuées à Golfech en 2022

Les observations menées avant et après les pêches semblent montrer un impact important de l'effarouchement sur les silures au pied de l'usine de Golfech (Figure 44). Cependant, il semble que cet effet s'estompe dans le temps, puisque le nombre de silures observés chaque jour avant les pêches semblait similaire (difficile à appréhender en raison de la variabilité journalière). Ainsi, plutôt que d'aborder ces informations au global, il apparaît plus important de les mettre en opposition avec les observations faites en 2021, lorsqu'aucune pêche ne pouvait altérer le comportement des silures.

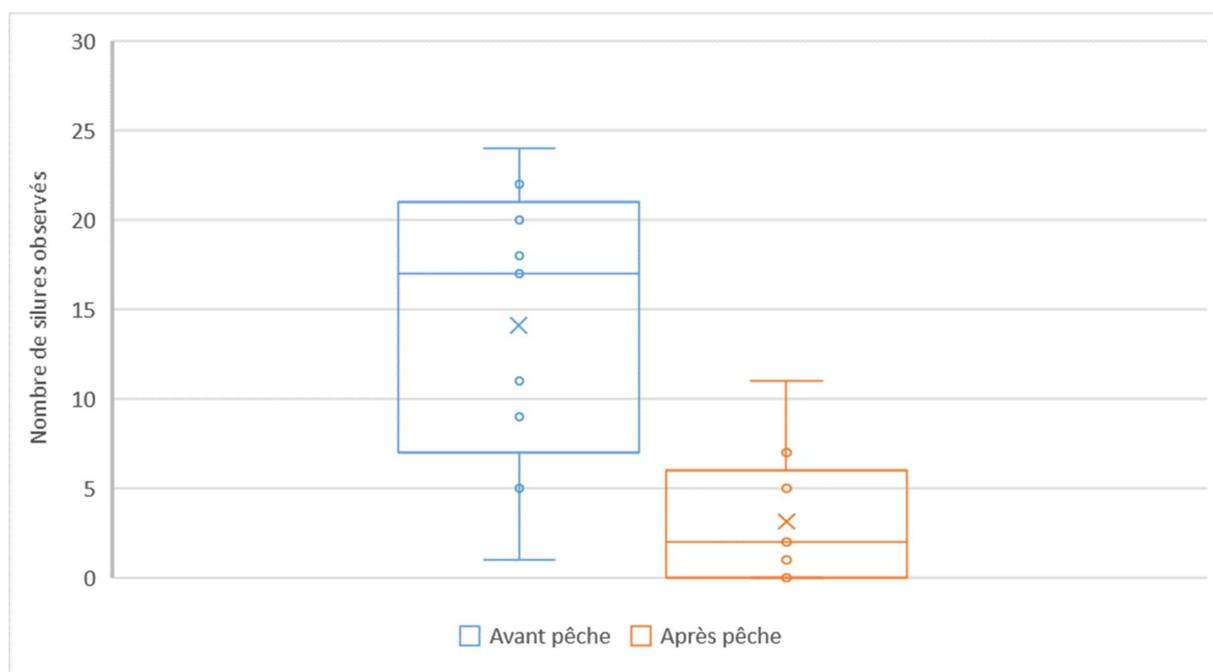


Figure 44 : Evolution du nombre de silures observés par rapport à la pêche à la ligne à Golfech en 2022

La comparaison des observations montre qu'en 2021, le nombre de silures comptabilisé par jour était très variable d'une journée à l'autre sans réelle tendance au cours du temps tandis qu'en 2022, bien que la variabilité journalière soit là aussi présente, on observe une tendance à la diminution de la fréquentation du site qui serait en accord avec les résultats précédents. Toutefois, il convient de noter que cette tendance à la diminution s'amorce avant le début des pêches et peut-être donc due à un comportement naturel des silures (bien que cela ne soit pas observé en 2021) lié à la fin de saison (Figure 45).

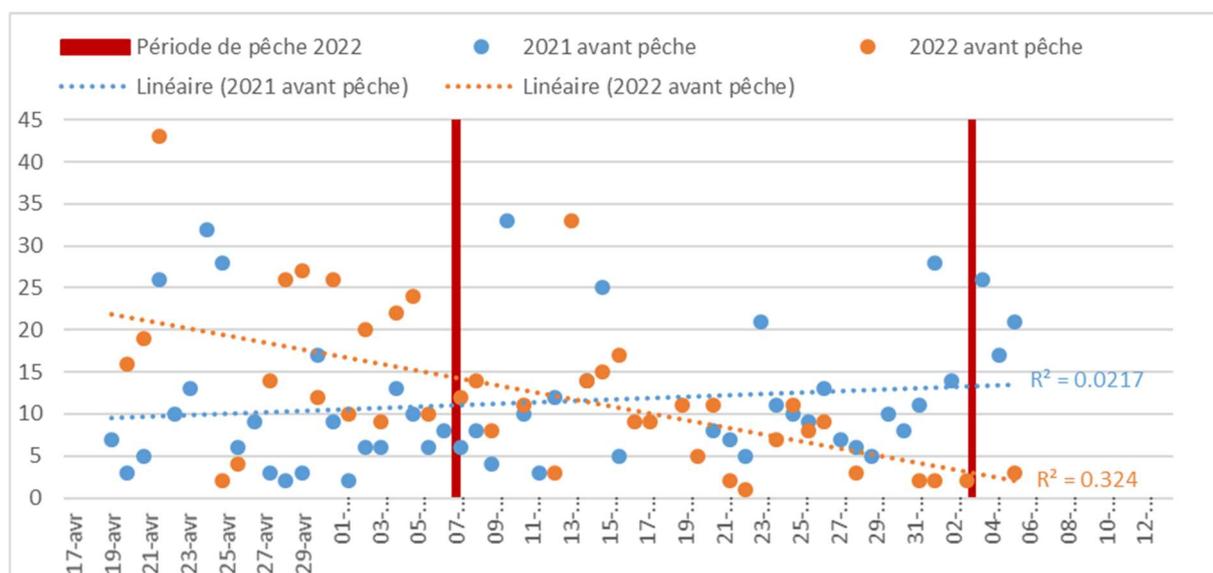


Figure 45 : Evolution du nombre de silures contrôlés avant pêche au pied de l'usine de Golfech en 2021 (pas de pêche) et 2022 (pêches)

Il est nécessaire de rappeler que ces tests de pêches d'effarouchement ont été mis en place tard dans la saison (7 mai) et que ces pêches se sont déroulées sur un laps de temps relativement court (1 mois), sur lequel il est difficile de tirer des informations (robustesse des données). L'idéal serait de reconduire cette action dès le mois de mars afin d'augmenter le jeu de données et de pouvoir déceler des comportements de silures en fonction des pêches.

- Cette année encore un grand nombre d'individus ont transité à travers le canal de transfert de Golfech.
- L'étude sur le radiopistage du saumon ouvre de nouvelles perspectives quant à la gestion de l'ascenseur.
- Grande réactivité d'EDF quand problèmes. Echanges constants entre les équipes et bonne communication.

3. MALAUSE

3.1 Historique

La problématique de continuité piscicole reste, depuis de nombreuses années, un enjeu majeur sur l'axe migratoire Garonne. Le premier dispositif de franchissement mis en place au droit de la centrale hydroélectrique de Golfech date de 1987. Cependant, de nombreuses observations ont montré qu'un nombre non négligeable, mais difficilement quantifiable, de poissons (migrateurs ou non) pouvaient emprunter le tronçon court-circuité et se retrouver bloqué au pied du barrage de Malause.

Après de nombreuses réunions et plusieurs projets de système de franchissement pour équiper cet obstacle majeur à la libre circulation, en 2017, EDF et les services de l'Etat, mettent en commun leurs compétences dans l'objectif d'assurer le meilleur franchissement possible pour les poissons migrateurs du site de Golfech-Malause. Groupe de Travail (DREAL, OFB, Agence de l'Eau, DDT, MiGaDo, EDF) et s'accordent sur la solution technique à développer.

Le 28 janvier 2020, la signature d'un protocole d'accord entre, l'Agence de l'eau Adour-Garonne et l'Office français de la biodiversité (OFB) valide officiellement le projet et les travaux du nouveau système de franchissement du barrage de Malause débutent en juin de la même année. Début mars 2022, la mise en service de l'ouvrage de franchissement piscicole de Malause est effective avec l'installation d'un système de contrôle vidéo de type Hizkia permettant le comptage exhaustif des individus qui empruntent le dispositif.

3.2 La rivière de contournement

La rivière de contournement du barrage de Malause constitue l'une des plus grandes rivières de contournement d'un barrage en France en termes de linéaire et de débit d'alimentation. Elle mesure 450 mètres de long, permet de franchir une hauteur de 8 mètres et possède un débit constant de 3 m³/s.

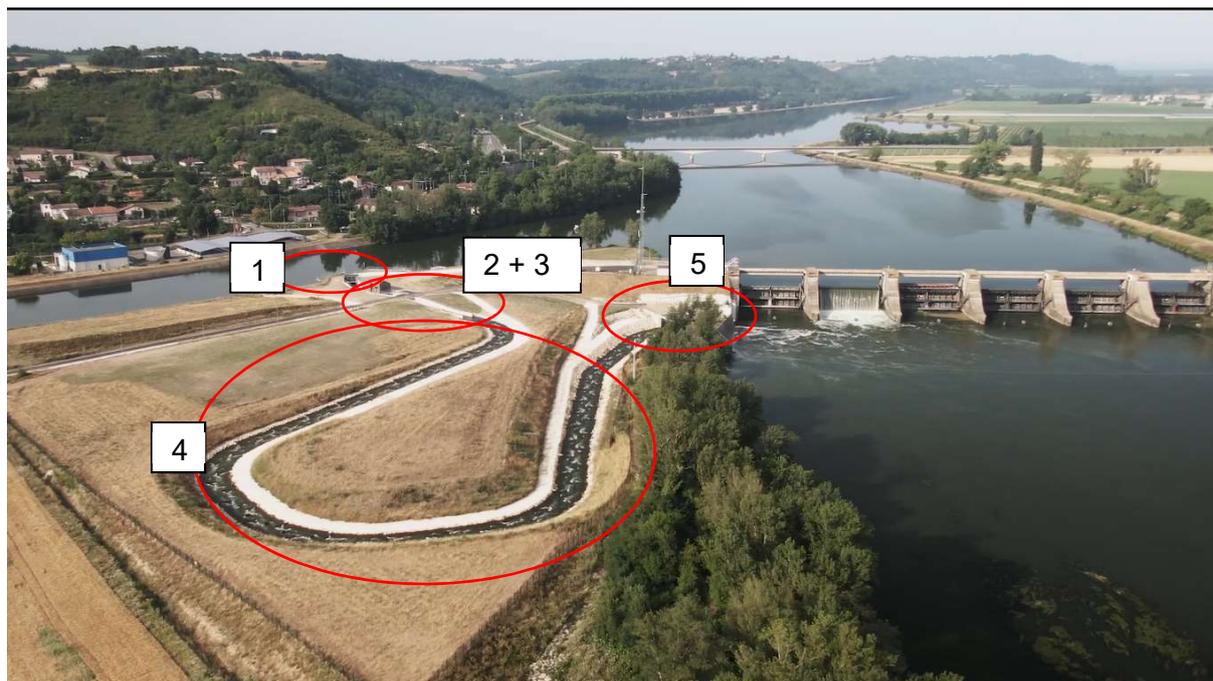
La conception de ce projet d'ouvrage de montaison piscicole, porté par le centre d'ingénierie hydraulique (CIH) d'EDF, a nécessité la réalisation d'une étude sur la base d'un modèle réduit permettant d'optimiser la progression des poissons dans le dispositif (pente, vitesses, tirants d'eau), et de retenir les meilleurs choix techniques pour le dimensionnement de l'ouvrage. Ce travail a été réalisé en partenariat avec le pôle éco-hydraulique R&D de l'OFB (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse) et les résultats obtenus après l'achèvement des travaux montrent leur conformité avec ceux obtenus à partir du modèle réduit.



Figure 46 : Vue du dessus de la rivière de contournement de Malause

L'ouvrage de montaison au barrage de Malause est constitué successivement d'amont en aval par les éléments suivants (Figure 47Figure 1) :

- 1 : Un **ouvrage de prise** (sortie piscicole) localisé en rive gauche du canal d'aménée de l'usine (120 m environ à l'aval de sa prise d'eau sur la Garonne) et qui permet d'alimenter la rivière artificielle avec un débit constant de **3 m³/s**.
- 2 : **Un local de comptage à double entrée** permettant le suivi de l'efficacité du dispositif. La largeur des chenaux est de 55 cm.
- 3 : **Une série de 7 bassins** successifs à double fente de 45 cm de large. La chute entre les bassins est de 20 cm, pour permettre le passage des petites espèces holobiotiques. Les bassins mesurent 4 m de large et 5 m de long, leur profondeur moyenne est de 2,10 m. Des macro-rugosités sont fixées sur le fond des bassins pour faciliter la migration des anguilles et des autres espèces.
- 5 : **Une rivière de contournement d'une longueur totale de 450 m et de pente constante de 1.5 %** répétant un motif géométrique sur l'ensemble de son linéaire. Cette rivière permettra aux migrateurs de franchir une chute de 6.9 m.
- 4 : Un **ouvrage de raccordement aval** (entrée piscicole) au niveau duquel un **débit d'attrait** complémentaire de 10 m³/s est injecté via un groupe de restitution (turbine). On trouve également à ce niveau une vanne permettant de réguler une hauteur de chute à la sortie (25 cm).



1 : Ouvrage de prise d'eau, sortie piscicole



2 : Local de comptage
3 : Passe à bassins



4 : Rivière artificielle



5 : Ouvrage de restitution aval et d'injection du débit complémentaire, entrée piscicole.

Figure 47 : Vue des différentes parties fonctionnelles de la rivière de contournement de Malause

3.3 Les conditions environnementales

En raison de la proximité de l'ouvrage de Malause avec celui de Golfech, les conditions environnementales entre les deux sites sont identiques et ne seront donc pas réexpliquées dans cette partie.

3.4 Le suivi du dispositif de franchissement

3.4.1 Fonctionnement des différents organes du dispositif

Les organes du dispositif permettant la gestion autonome de la rivière de contournement n'ont présenté que peu de problèmes lors de leur première année de fonctionnement (Figure 48). Seule la vanne de prise (à l'amont) a présenté des problèmes lors de sa réouverture et ceux-ci ont rapidement été résolus. La régulation de la hauteur de chute (à l'aval) semble également fonctionner correctement avec une moyenne de 27 cm de différence entre la cote amont et aval (pour une consigne de 25 cm). Au total, la fonctionnalité de la passe s'élève à 99.8 % sur l'année de mise en fonctionnement.

2022	Durée totale théorique	Durée de fonctionnement	Durée d'arrêt (passe)	Causes de arrêts				Observations
				Cruc	Entretien	Volontaire	Panne	
Janvier								
Février								
Mars	336h	333h	03h	00h	00h	03h	00h	
Avril	720h	720h	00h	00h	00h	00h	00h	
Mai	744h	742h	02h	00h	02h	00h	00h	
Juin	720h	718h	02h	00h	02h	00h	00h	
Juillet	744h	743h	01h	00h	01h	00h	00h	
Août	744h	744h	00h	00h	00h	00h	00h	
Septembre	720h	717h	03h	00h	00h	00h	03h	
Octobre	744h	740h	03h	00h	00h	00h	03h	
Novembre	720h	720h	00h	00h	00h	00h	00h	
Décembre	744h	744h	00h	00h	00h	00h	00h	
Total	6936h	6921h	14h	00h00	05h00	03h00	06h08	
% Total		99,80%	0,20%	0,00%	0,07%	0,04%	0,09%	
% des arrêts				0,0%	35,4%	21,2%	43,4%	

Figure 48 : Tableau de fonctionnement de la rivière de contournement de Malause

En revanche, d'autres problèmes n'ayant pas/peu d'impact sur la fonctionnalité de la passe sont survenus.

En premier lieu, des infiltrations d'eau provenant des locaux de rétro-éclairage dans le local de comptage ont mené à une interruption volontaire de l'éclairage pour des raisons de sécurité. Ce problème devrait être résolu en janvier 2023.

Également, les nettoyeurs de vitre initialement prévus n'ont pas eu l'effet escompté et ne permettent qu'un nettoyage partiel et fragmentaire des vitres de contrôle, entraînant des besoins de vidange de la rivière à des fins d'entretien.

Enfin, un colmatage régulier des grilles à l'amont de la vanne de prise entraîne un blocage physique pour l'eau et potentiellement pour les poissons, et diminue la fonctionnalité de l'ouvrage (sans toutefois la stopper). Sur ce dernier point, des discussions sont en cours et le problème devrait être réglé au premier trimestre 2023.



Figure 49 : Photographies illustrant les infiltrations d'eau (1 et 2) dans le local de suivi et le colmatage des grilles amont de la prise d'eau (3) à Malause en 2022

3.4.2 Le suivi vidéo

Le local de vidéo-comptage est composé d'une chambre souterraine s'ouvrant sur 2 chenaux par des vitres de 220 cm et de 2 chambres destinées à l'accueil du rétro-éclairage.

Les dimensions des vitres sont les suivantes :

- 1500 mm x 2200 mm pour les vitres de vidéo-comptage ;
- 1700 mm x 2200 mm pour les vitres des rétro-éclairages.

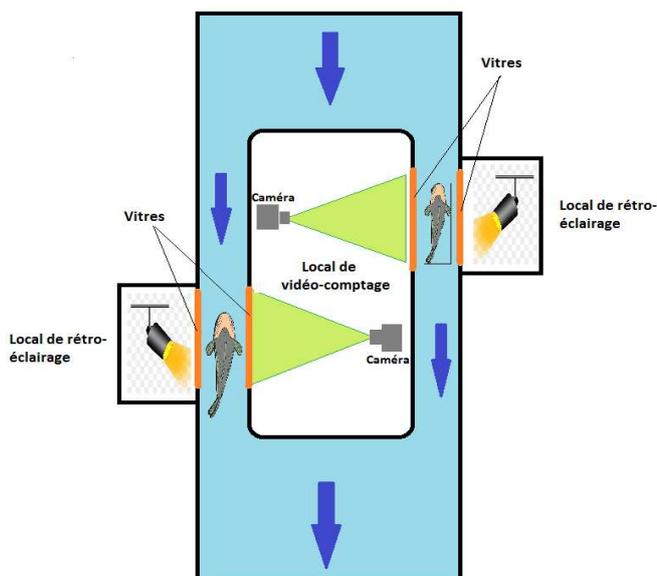


Figure 50 : Schéma du local de vidéo-contrôle de Malause

3.4.2.1 Matériel

L'installation et la mise en service du système de suivi par vidéo-contrôle ont été effectués par la société SCIMABIO INTERFACE et le matériel a été fourni par la SCOP basque HIZKIA INFORMATIQUE.

Comme à Golfech, la solution logicielle Ibaï Begi choisie se compose d'un logiciel d'acquisition vidéo ainsi que d'un logiciel de dépouillement des images et d'un système d'alertes mails générées par le PC d'acquisition en cas de problèmes.

Chaque chenal est filmé et est associé à un ordinateur qui lui est propre.

Le chenal rive gauche est filmé par 3 caméras numériques industrielles :

- 1 caméra d'acquisition principale couleurs ;
- 1 caméra d'acquisition principale monochrome ;
- 1 caméra dite « anguilletes » destinée à filmer via un zoom sur la partie benthique des vitres de comptage (environ 50 cm au-dessus du radier).

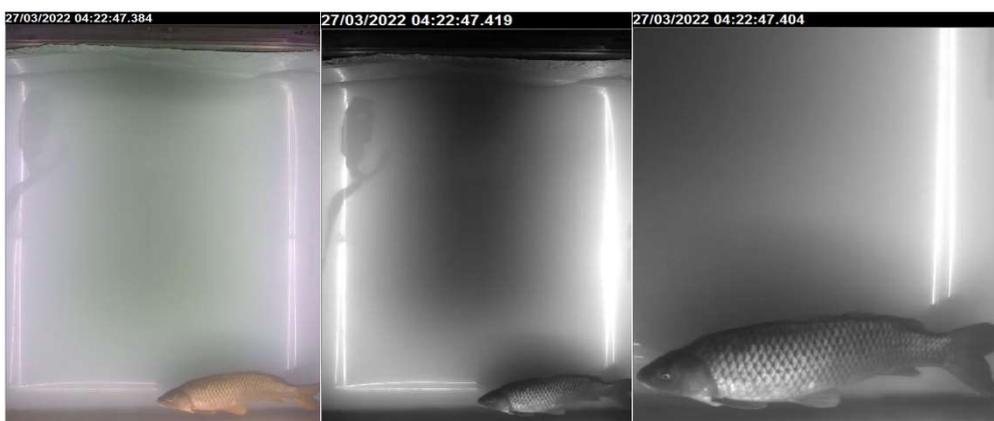


Figure 51 : Images issues des 3 caméras filmant la rive gauche du chenal de vidéo-contrôle de Malause

Le PC du chenal rive droite est relié à 2 caméras numériques industrielles.

- 1 caméra d'acquisition principale monochrome ;
- 1 caméra dite « anguilletes » destinée à filmer via un zoom sur la partie benthique des vitres de comptage (environ 50 cm au-dessus du radier).

Les images collectées sur site sont envoyées à intervalles réguliers via Internet sur un serveur distant. Ce serveur héberge ainsi, de façon sécurisée, les vidéos, le logiciel de dépouillement ainsi que la base de données produite après visionnage des images. Les utilisateurs peuvent donc analyser les vidéos et/ou récupérer les données à distance.

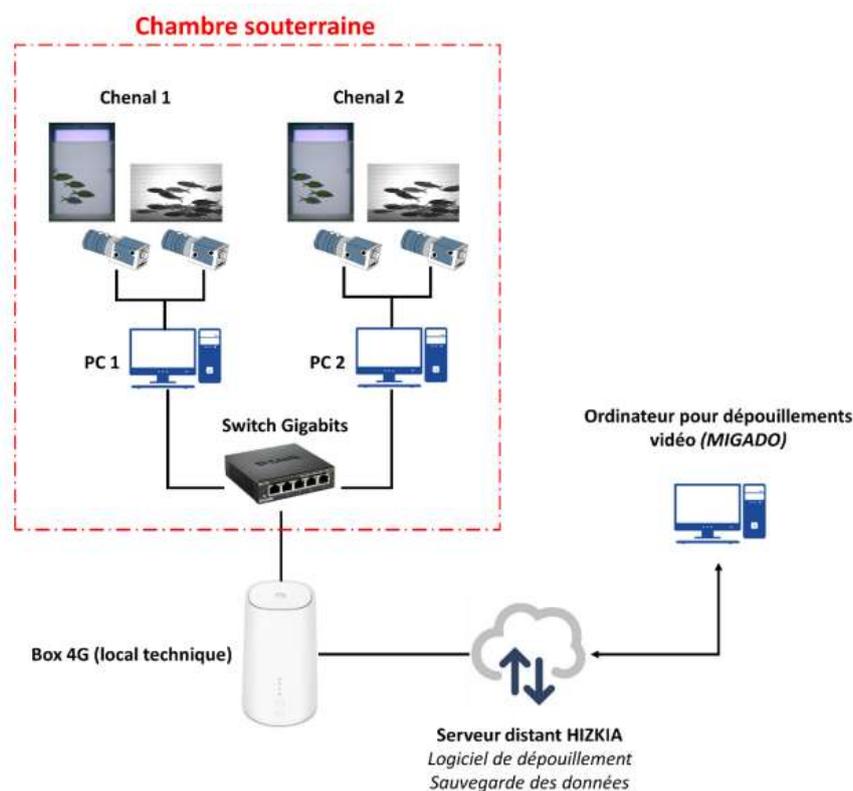


Figure 52 : Schéma du fonctionnement du vidéo-contrôle de Malause

Une prise de contrôle à distance est configurée sur un ou plusieurs ordinateurs. Cela permet aux opérateurs de MIGADO et d'Hizkia de vérifier le bon fonctionnement des machines d'acquisition et l'occupation du disque mais aussi d'ajuster les réglages, voire de traiter un incident sans se déplacer sur site.

De plus, une sonde de température filaire permet une acquisition et une consultation en temps réel des données. La température est ainsi automatiquement associée aux passages de poissons et enregistrée en base de données. Les relevés de température sont également disponibles sur le serveur distant. Ils sont consultables et téléchargeables pour toutes les personnes autorisées.

3.4.2.2 Eclairage

Afin d'obtenir une qualité d'image et de détection acceptables, les chenaux de visualisation des poissons sont éclairés. A cet effet, des locaux de **rétro-éclairage** ont été prévus lors de la conception de l'ouvrage. Pour chaque chenal, des spots leds, ainsi qu'une plaque de diffusion de la lumière ont été disposés dans les puits de rétro-éclairage (éclairage face caméra, images en ombres chinoises, bon contraste en eaux turbides, couleur impossible).

Suite à l'évolution du matériel ces dernières années, et après plusieurs installations et tests concluants réalisés par MIGADO, **des rampes d'éclairages directs** sont venues compléter ce système dans le but d'améliorer la qualité des images, de faciliter la détermination des petits sujets, d'apprécier l'état sanitaire des poissons filmés ainsi que d'obtenir de meilleurs clichés pour la communication (éclairage côté caméra, couleur possible).



Figure 53 : Images de saumons obtenus via deux types d'éclairages (rétro-éclairage à gauche et direct à droite)

Toutes les chambres de visualisations de poissons sont équipées à ce jour d'éclairage traditionnel. Or, certaines espèces plutôt benthiques adoptent des comportements lucifuges. Depuis plusieurs années, MIGADO s'intéresse à l'influence de la lumière au niveau des stations de contrôle (répulsion, attractivité, développement algal, qualité d'image...). Suite à plusieurs échanges avec Hizkia, et grâce à l'évolution des capteurs des caméras noir et blanc, l'enregistrement dans l'infrarouge devient possible.

Ainsi, afin d'améliorer les connaissances à ce sujet, EDF a intégré au cahier des charges de la mise en place du matériel de vidéo-comptage, un éclairage infrarouge sur l'un des deux chenaux. Des spots de rétro-éclairage infra-rouges ainsi que des rampes d'éclairage directs infra-rouges viennent donc compléter les options de visualisation du chenal rive droite.

Les premiers tests en éclairage direct infrarouge seront menés en 2023 et constitueront le premier retour d'expérience de ce type (les études sur le type d'éclairage étant à l'heure actuelle concentrées sur le rétro-éclairage infrarouge et son taux de détection dans différents environnements).

3.4.2.3 Fonctionnement du système vidéo

Le matériel de suivi vidéo a été installé le 18 mars 2022, soit quelques semaines après la mise en eau de la passe à poissons. Du matériel ancien installé de manière temporaire par MIGADO a permis une surveillance durant cette période transitoire. Quelques poissons, peu nombreux, (début de saison) ont pu être identifiés (aucun migrateur). Ils ne feront pas partie des analyses du présent document.

Entre le 18 mars et le 31 décembre, le chenal rive droite a été suivi 83 % du temps. Celui rive gauche, 81.7 % du temps. Indépendamment du chenal considéré, la cause principale de non suivi ou de suivi partiel correspond à un non-éclairage des vitres de comptages (respectivement 98 % et 99 % des causes d'arrêt du vidéo-contrôle). En effet, en raison d'infiltrations d'eau dans le local, l'éclairage a dû être interrompu pour des raisons de sécurité (ce problème semble être résolu à ce jour).

2022	Durée totale théorique	Durée de fonctionnement RD	Durée de fonctionnement RG	Durée d'arrêt RD	Durée d'arrêt RG
Janvier					
Février					
Mars	336h	336h	336h	00h	00h
Avril	720h	720h	720h	00h	00h
Mai	744h	723h	744h	21h	00h
Juin	720h	716h	716h	03h	03h
Juillet	744h	744h	744h	00h	00h
Août	744h	744h	744h	00h	00h
Septembre	720h	720h	714h	00h	06h
Octobre	744h	501h	501h	243h	243h
Novembre	720h	450h	450h	270h	270h
Décembre	744h	105h	00h	638h	743h
Total	6936h	5759h	5669h	1176h	1266h
% Total		83,04%	81,74%	16,96%	18,26%

2022	Causes de arrêts RD					Causes de arrêts RG				
	Electrique	Volontaire	Eclairage	Perte de charge	Observations	Electrique	Volontaire	Eclairage	Perte de charge	Observations
Janvier										
Février										
Mars	00h	00h	00h	00h		00h	00h	00h	00h	
Avril	00h	00h	00h	00h		00h	00h	00h	00h	
Mai	21h	00h	00h	00h		00h	00h	00h	00h	
Juin	00h	03h	00h	00h		00h	03h	00h	00h	
Juillet	00h	00h	00h	00h		00h	00h	00h	00h	
Août	00h	00h	00h	00h		00h	00h	00h	00h	
Septembre	00h	00h	00h	00h		06h	00h	00h	00h	
Octobre	00h	00h	243h	00h		00h	00h	243h	00h	
Novembre	00h	00h	270h	00h		00h	00h	270h	00h	
Décembre	00h	00h	638h	00h		00h	00h	743h	00h	
Total	21h00	03h30	1151h59	00h00		06h00	03h30	1256h59	00h00	
% Total	0,30%	0,05%	16,61%	0,00%		0,09%	0,05%	18,12%	0,00%	
% des arrêts	1,8%	0,3%	97,9%	0,0%		0,5%	0,3%	99,2%	0,0%	

Figure 54 : Tableaux de fonctionnement et des causes des arrêts de fonctionnement du système de vidéo-contrôle de Malause en 2022

Au cours de cette première année de fonctionnement, les logiciels ont permis l'enregistrement de 1296 h de vidéo sur le chenal rive droite et 636 h sur le chenal rive gauche, soit un total de **1932 h de vidéo** sur la passe à montaison du barrage de Malause.

3.4.3 Bilan des passages

Cette première année de fonctionnement a vu de nombreux poissons emprunter l'ouvrage de franchissement avec **334273 poissons de 19 espèces différentes** comptabilisés en 2022 (Figure 55).

Les cyprinidés, dont font partie les ablettes, les brèmes et les carpes, constituent l'ordre le plus représenté. De plus, plus de 1300 silures ont quitté le tronçon aval du barrage pour regagner le plan d'eau amont.

Enfin, on notera le passage de 4 saumons atlantiques qui ont franchi l'obstacle et donc les 5 seuils du tronçon court-circuité de la Garonne. Il en va de même pour les 8955 anguilles comptabilisées.

MIGRATEURS			
Anguilles	8 955	Saumons atlantique	4
NON-MIGRATEURS			
Ablettes	263 043	Gardons	4 268
Barbeaux	3 911	Goujons	1
Black-bass	3	Gremilles	1
Bouvière	230	Perches communes	1
Brèmes bordelières	44 724	Perches soleil	3
Brèmes communes	1 092	Pseudorasbora	36
Carassins	224	Sandres	75
Carpes communes	2 392	Silures glanes	1 314
Chevesnes	3 996		

Figure 55 : Bilan des individus par espèce ayant transité par la rivière de Malause en 2022

3.5 Le saumon atlantique

Pour la première saison de fonctionnement de la rivière de contournement de Malause, 4 saumons ont franchi l'ouvrage entre le 23 avril et le 7 juin.

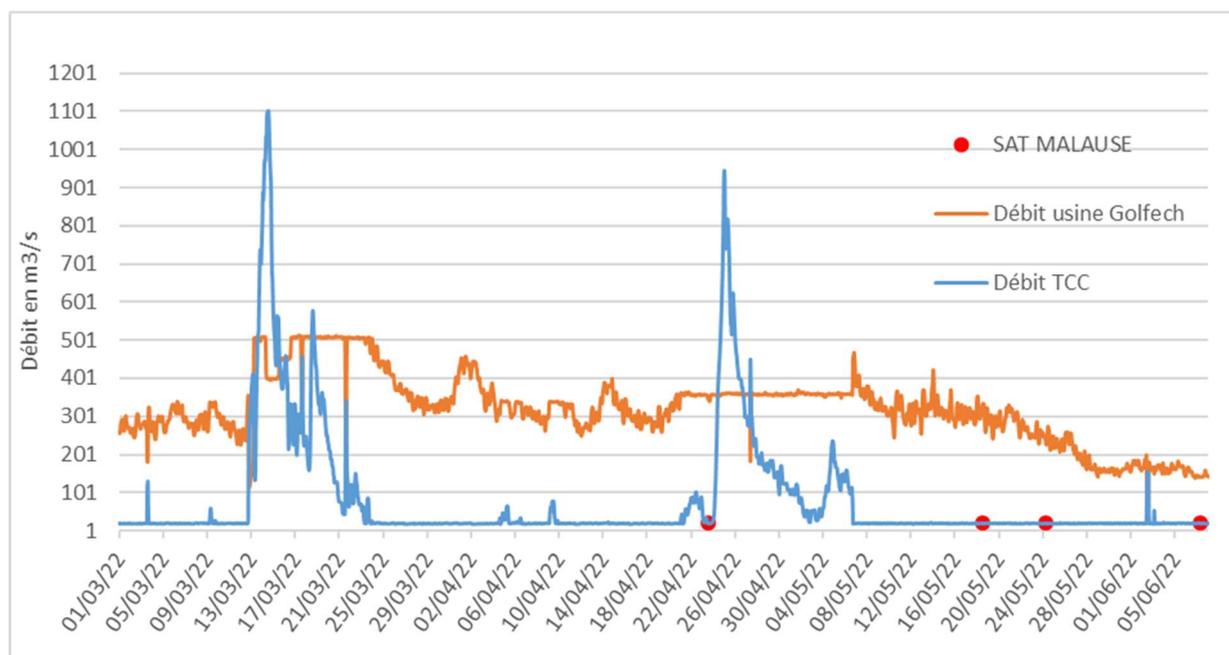


Figure 56 : Passage des saumons à Malause en fonction du débit turbiné à Golfech et du débit déversé au barrage (Débit TCC)

Le graphique ci-dessus permet d'apprécier les conditions de débit dans le tronçon court-circuité (TCC) de la Garonne et le canal d'aménée de la centrale hydroélectrique au cours de la période de migration des saumons. Des déversements au barrage de Malause réguliers ont été enregistrés sur les périodes du 13 au 23 mars ainsi que du 21 avril au 6 mai avec un maximum de 1104 m³/s dans le TCC le 14 mars puis un autre pic à 947 m³/s le 25 avril. **A noter que le suivi vidéo n'a débuté que le 18 mars et qu'il est possible que certains saumons aient pu emprunter la passe de Malause avant cette date.** Cependant, les 4 poissons filmés l'ont été alors que le débit du TCC était au minimum (20 m³/s).

Deux scénarios semblent se détacher :

- Le saumon du 23 avril a potentiellement été attiré par les déversements au barrage les 2 jours précédents sa détection.
- Les passages des 3 autres saumons interviennent entre 5 et 20 jours après le dernier déversement et posent donc la question du moment de leur engagement dans le tronçon court-circuité (lors des déversements ou bien au débit réservé).

Des analyses comparatives avec les franchissements à Golfech pour 2022 seront présentées dans le chapitre consacré à l'analyse transversale des données issues des stations de contrôle de la Garonne

3.6 L'anguille européenne

L'amorce de la migration de l'anguilles a débuté relativement tôt à Malause avec l'apparition des 2 premiers individus le 28 mars, suivie d'une reprise au 15 avril avec une centaines d'individus cette fois pour réellement s'amplifier fin avril. La dernière anguille a été comptabilisée le 11 août. Au total, 8955 anguilles ont emprunté la rivière de contournement de Malause (Figure 57).

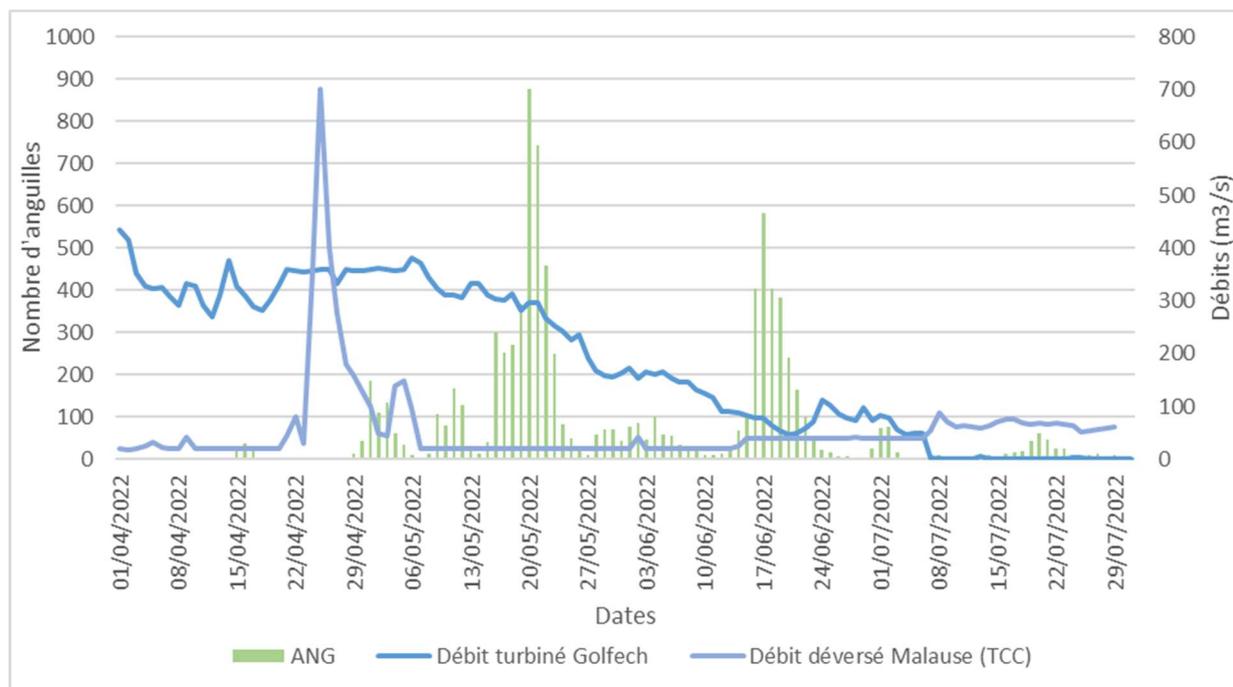


Figure 57 : Evolution des passages d'anguilles à Malause et du débit dans chaque bras de la Garonne en 2022

Si les passages d'anguilles à Malause ne semblent pas être sous l'influence du débit, il semble en revanche qu'ils soient fortement influencés par les hausses de température, comme le montre la Figure 58 où l'on observe qu'à chaque hausse de la température de l'eau correspond un pic plus ou moins fort de passages.

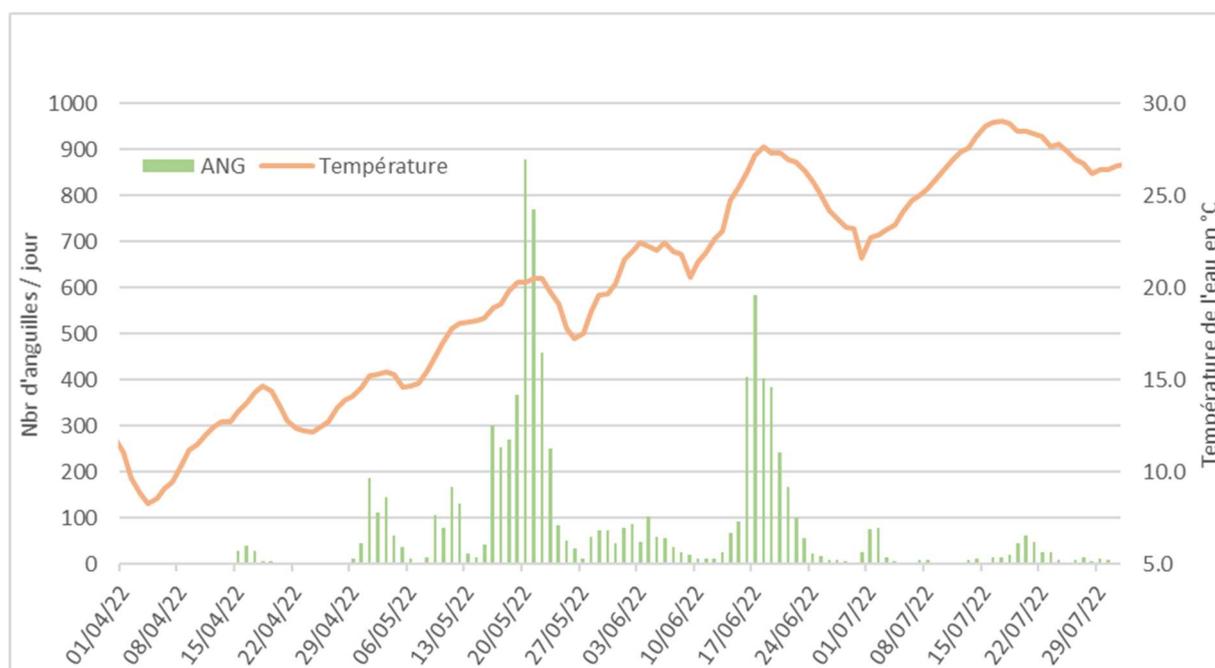


Figure 58 : Evolution des passages d'anguilles et de la température de l'eau à Malause en 2022

Les tailles des individus sont comprises entre 80 et 680 mm avec toutefois peu d'individus de grande taille. La majorité des effectifs mesurés est constituée d'individus entre 100 et 240 mm (Figure 59), cependant, à Malause, les anguilles doivent être mesurées manuellement. Ces mesures n'étant pas systématiques au début de la saison, 426 anguilles, réparties sur l'ensemble de la saisons ont été mesurées à postériori.

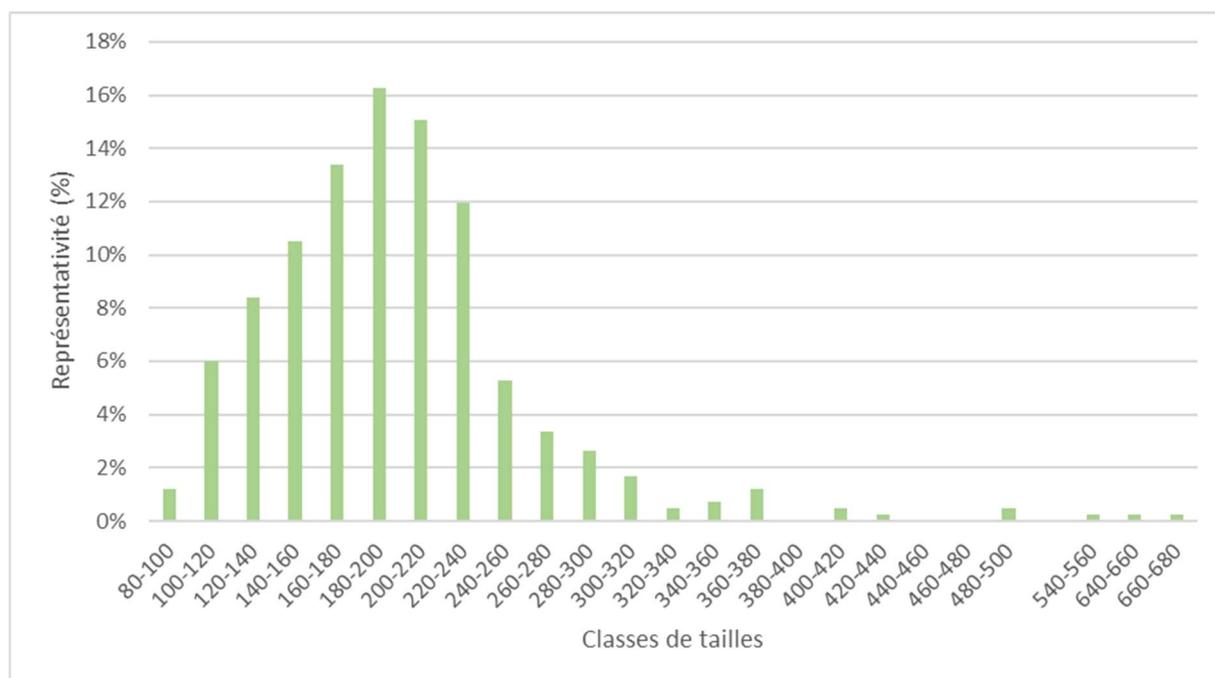


Figure 59 : Répartition des classes de tailles d'anguilles à Malause en 2022

En ce qui concerne les heures de passage de cette espèce, elles concordent avec les observations faites sur les autres sites et confirment l'activité nocturne des anguilles avec une répartition fortement majoritaire (75.7 %) des heures de passage entre 23h et 5h (Figure 60).

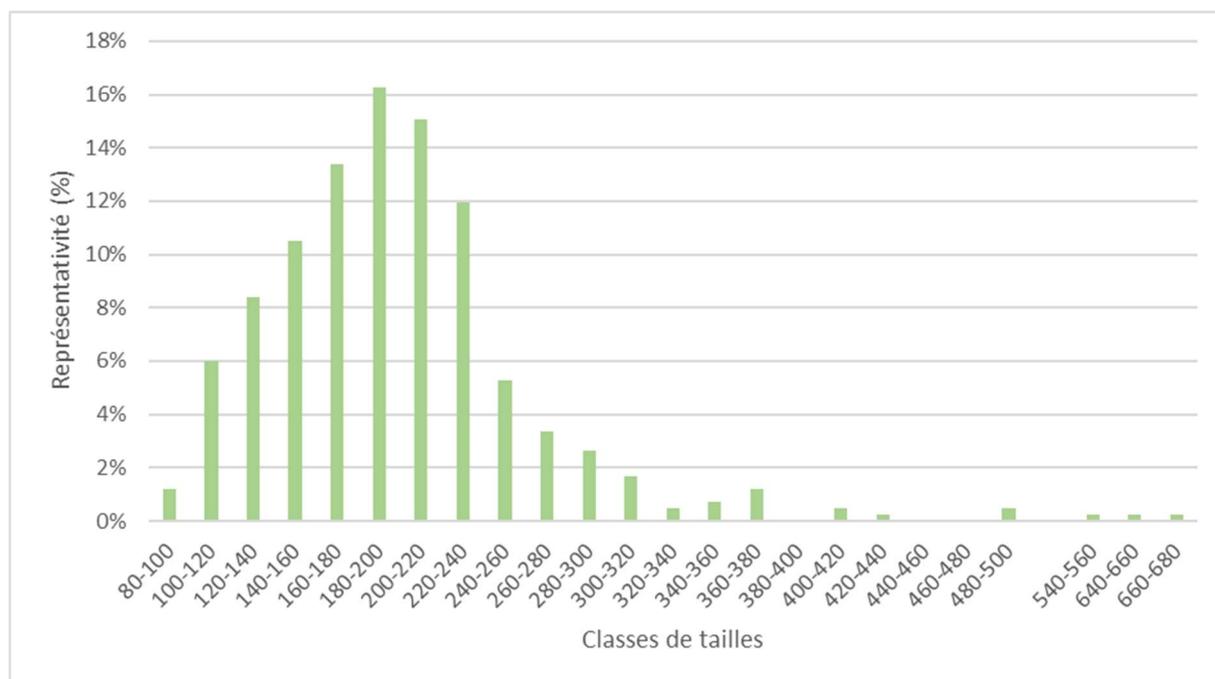


Figure 60 : Heures de passages des anguilles à Malause en 2022

3.7 Silures

En 2022, 1314 silures ont été comptabilisés à Malause entre le 18 mars et le 30 novembre (Figure 61). Ce nombre montre que cette espèce n'a pas de difficultés majeures pour franchir l'ouvrage.

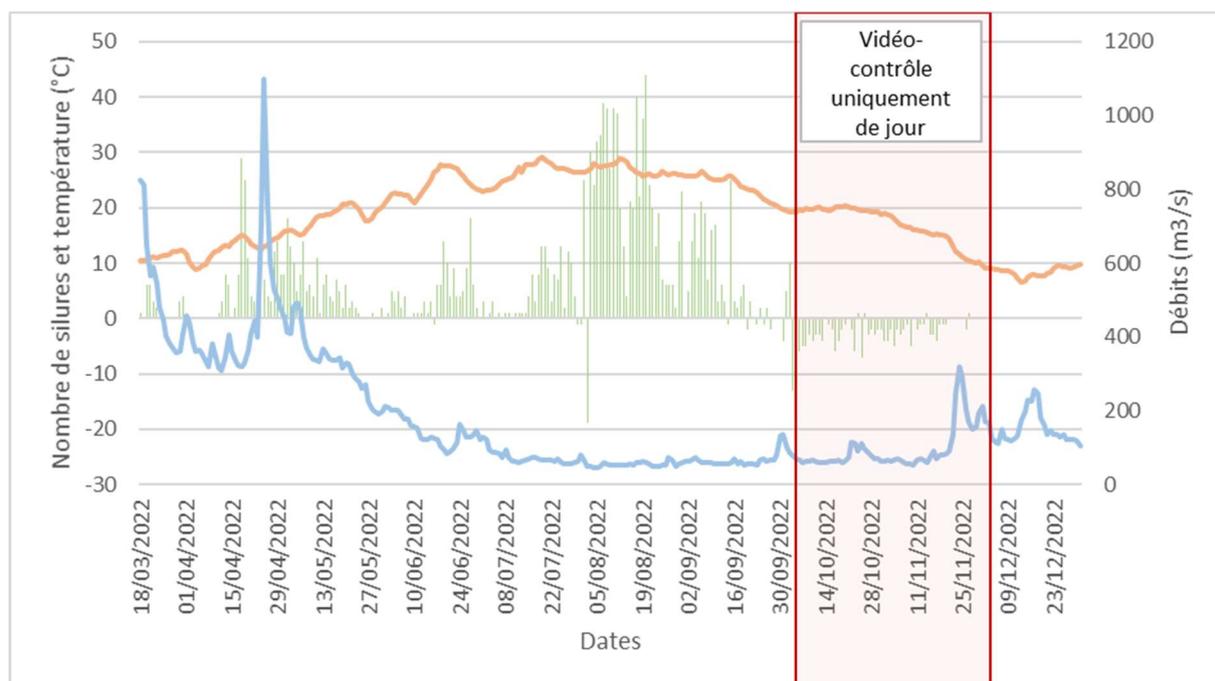


Figure 61 : Evolution journalière des passages de silures à Malause en 2022

La Figure 62 montre la somme de silures empruntant chaque chenal et permet de distinguer 3 périodes caractéristiques :

- La première débute avec le passage des premiers silures le 18 mars et s'achève mi-juillet et englobe donc la période de migration. Elle se caractérise par des passages journaliers relativement faible (482 silures au 15 juillet, soit 36.7 % des passages de l'année avec une moyenne de 4 silures par jour). Durant cette période, on observe peu de dévalaison et la somme des passages est positive quel que soit le chenal considéré.
- La seconde, du 16 juillet au 4 octobre, voit un changement important dans les passages de silures. Tout d'abord, le nombre de passages journaliers augmente fortement (958 silures, soit 73 % du total de l'année avec une moyenne de 12 silures par jour), ensuite, de nombreuses dévalaisons sont observées en rive droite et sont en opposition avec les montaisons observées en rive gauche. Grâce aux enregistrements, certains individus peuvent être identifiés et ont été observé à plusieurs reprises. Ces individus ont fait preuve d'un comportement déjà observé sur le site de Mauzac, comparable à Malause. Il s'agit ici d'individus « tournant » autour du local de vidéo-contrôle. Cependant, le bilan positif indique que ces individus ont fini par quitter le système.

- Enfin, la dernière période, encadrant la fin de l'année, montre une dévalaison plus intense que la montaison et conduit à un bilan négatif et ce sur les deux chenaux. Cependant, ces résultats ne sont pas utilisables et ne seront pas analysés en raison de problèmes techniques empêchant toute interprétation (pas d'éclairage = pas de vidéo la nuit ; encrassement d'une vitre et donc arrêt du dépouillement non concomitant sur les deux chenaux)

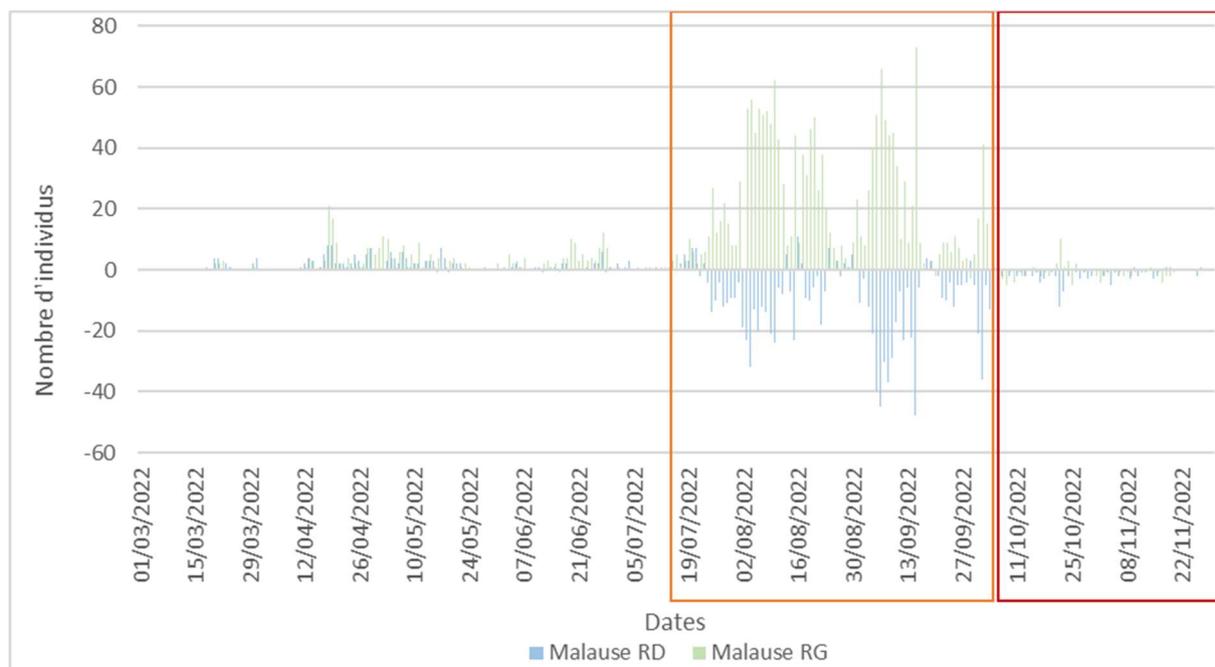


Figure 62 : Comparaison des passages de silures au niveau des 2 vitres de contrôle à Malause en 2022

Indépendamment du sens de passage, le chenal en rive droite semble être le plus emprunté. Si, à la montaison, les silures semblent favoriser le chenal en rive droite, il semblerait qu'ils le favorisent en dévalaison également et même de façon plus importante qu'à la montaison. Le chenal rive gauche, quant à lui, présente une montaison plus importante que la dévalaison (Figure 63).

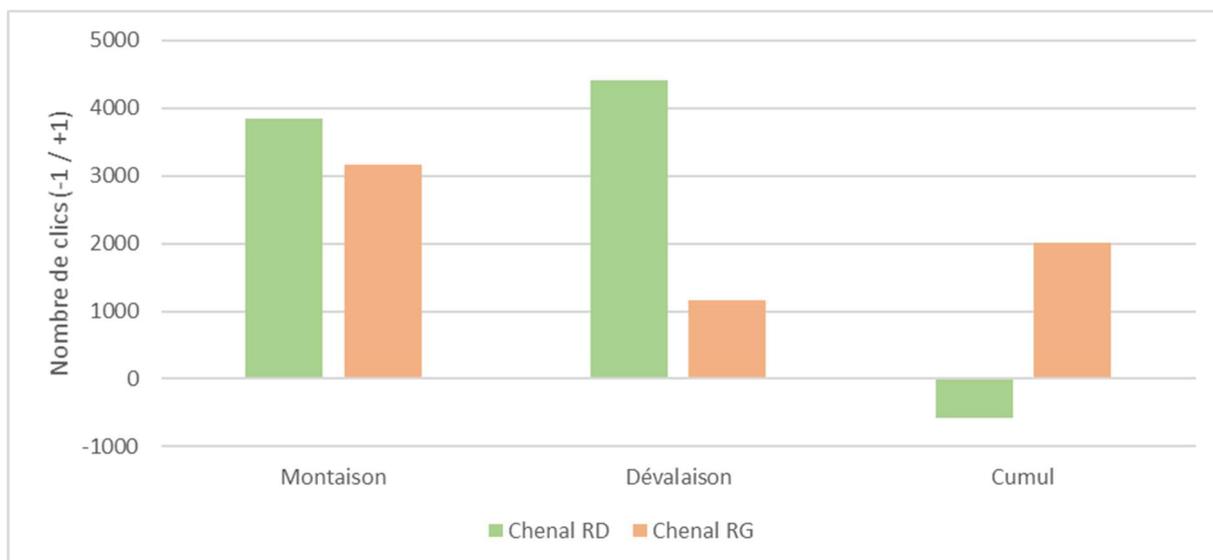


Figure 63 : Préférence de chenal à la montaison et à la dévalaison des silures contrôlés à Malause en 2022

3.8 Comportement des espèces au niveau des vitres de contrôle à Malause

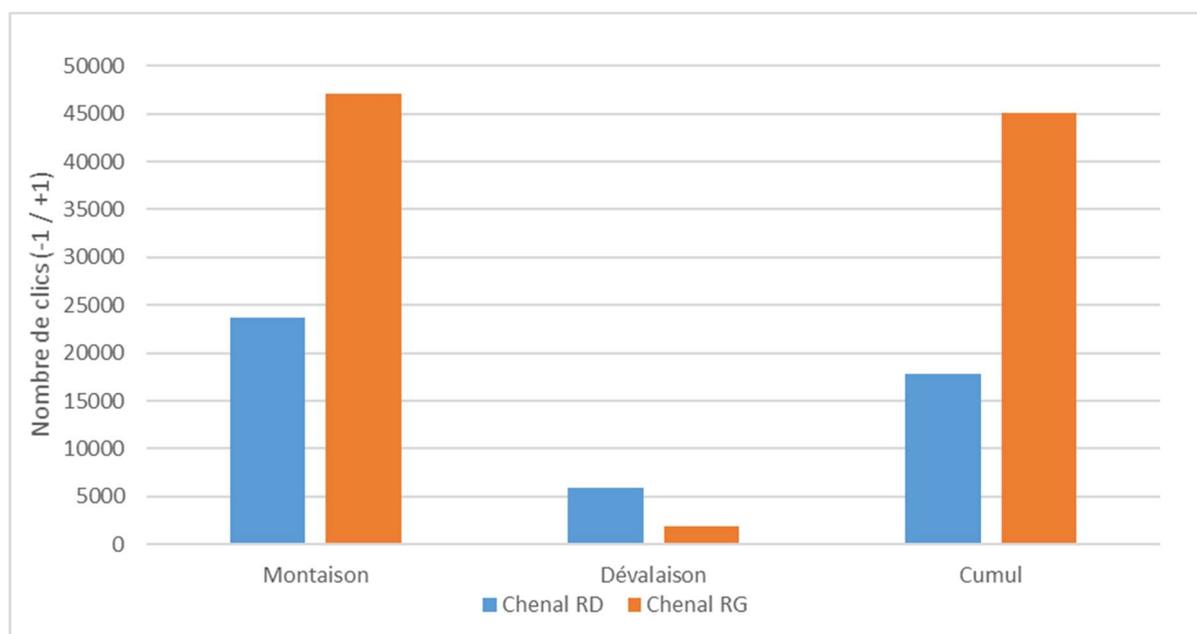


Figure 64 : Préférence de chenal à la montaison et à la dévalaison de l'ensemble des espèces contrôlés à Malause en 2022

Lorsque l'on considère l'ensemble des espèces, on observe une prédominance de la montaison sur le chenal rive gauche tandis que le chenal rive droite montre une plus forte dévalaison.

Ces résultats sont surprenants quant à ceux attendus (résultats similaires sur les deux chenaux). Le débit dans les deux chenaux a été évalué par des mesures faites par l'OFB (pôle éco-hydraulique de l'IMFT) à différents niveaux de la colonne d'eau qui montrent un débit constant de 1.5 m³/s dans chaque chenal. De plus, visuellement, l'écoulement semble n'être perturbé d'aucune manière d'un côté ou de l'autre. Par ailleurs, ces données sont conformes à celles obtenues sur le modèle réduit ayant servi de base à la conception même de la passe.

Seule une variable pourrait expliquer ces différences. Il s'agit de la position des vitres dans le local. La vitre permettant de filmer la rive droite se situe en aval du local, tandis que la vitre rive gauche est située en amont.

Cependant, cette année reste particulière. En effet, la mise en service de la rivière de contournement a très probablement créé un afflux de poissons bloqués jusque-là au pied du barrage et ; par conséquent ; les résultats obtenus en 2022 (nombre de poissons et comportement devant les vitres) seront à confirmer ces prochaines années.

Par ailleurs, les tests d'éclairages avec une alternance d'éclairage en lumière visible ou bien infra-rouge seront effectués et les résultats de franchissement avec et sans lumière visible seront analysés.

- La première année de mise en service de la rivière mixte s'est révélée marquante par la quantité d'individus observés, en particulier en termes d'espèces holobiotiques.

- La prise en main du dispositif par les équipes a pu être faite rapidement.

MAIS :

- Local caméra soumis à inondation (problème d'étanchéité) provoquant un arrêt de l'éclairage (sécurité) et par conséquent une perte de données !

- Perte de charge importante à l'amont pouvant induire une réduction du débit dans la rivière de contournement et une baisse du débit d'attrait.

4. LE BAZACLE (MPBAZ22)

4.1 La description de l'aménagement

L'aménagement hydroélectrique du Bazacle, situé à 370 km de l'océan se compose d'une chaussée de 270 m de longueur pour une hauteur de chute maximum de 4.5 m. La superficie du bassin versant au niveau de l'aménagement est d'environ 10 000 km², et le module au droit de l'ouvrage est de 187 m³/s.

En 1989, une passe à poissons à bassins successifs a été construite au niveau de la centrale hydroélectrique du Bazacle. L'objectif principal de ce système de franchissement est de permettre à la faune piscicole, et aux grands migrateurs de la Garonne en particulier, de regagner des zones favorables à l'accomplissement de leur cycle de vie. Ainsi, pour les grands salmonidés, il s'agit d'un passage obligé pour se reproduire du fait de l'absence de zones de frayères fonctionnelles en aval de l'ouvrage. Par ailleurs, il existe une ancienne passe à

ralentisseurs sur le site, rénovée en 1989, qui fonctionne en complément de la passe à bassins. Elle est située entre la chaussée et l'usine hydroélectrique.

La mise en service de la station de contrôle du Bazacle a été faite en 1989 avec un suivi en continu et homogène de toutes les espèces piscicoles à partir de 1993.

La station de contrôle du Bazacle a pour objectifs **1)** de connaître l'abondance des poissons migrateurs susceptibles de coloniser les zones de reproduction et/ou de grossissement situées en amont de l'obstacle **2)** d'effectuer une veille écologique sur les espèces de rivière. Elle permet notamment de calculer la fraction de la population de grands salmonidés issus des comptages de Golfech qui est susceptible de se reproduire sur le haut bassin de la Garonne et de l'Ariège.

Afin de comptabiliser l'ensemble des individus qui empruntent les systèmes de franchissement, le site du Bazacle est équipé d'un système vidéo couplé à un logiciel d'analyse d'images (SYSIPAP). Au-delà du simple comptage, les espèces sont déterminées par un opérateur qui relève également la taille de certains individus (saumons, silures, aloses), l'état sanitaire et éventuellement le sexe du poisson.



Figure 65 : Vue de la chaussée du Bazacle à Toulouse

4.2 Les conditions environnementales

Les débits sont issus de la banque Hydro (<https://www.hydro.eaufrance.fr>) à la station de Portet-sur-Garonne, située une dizaine de km en amont de la chaussée du Bazacle, en aval de la confluence avec l'Ariège. Au niveau de cette station, le module annuel est de 186 m³/s. Par ailleurs, la passe à poissons du Bazacle se ferme automatiquement dès lors que les débits atteignent 350 m³/s (environ 2 fois le module).

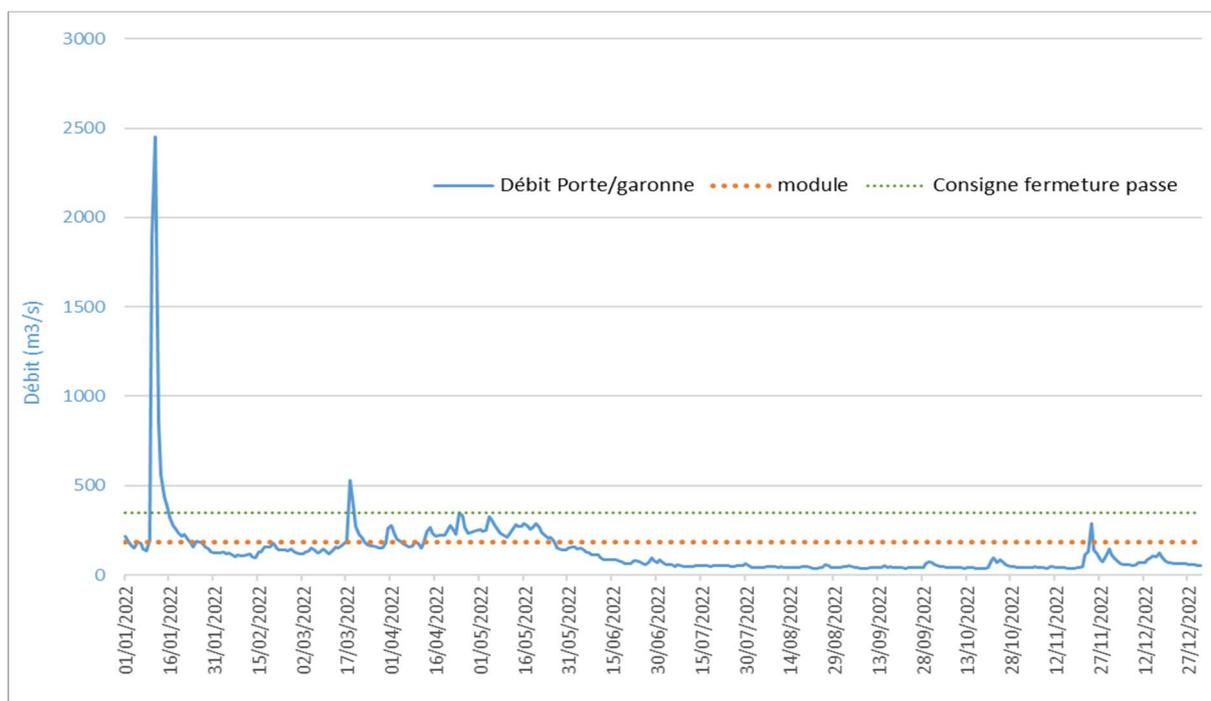


Figure 66 : Evolution journalière du débit de la Garonne en 2022 mesuré à Portet-sur-Garonne (Banque hydro)

La Figure 66 montre l'évolution du débit journalier de la Garonne à Portet-sur-Garonne en 2022. Cette année est caractérisée par une crue spectaculaire, brutale et rapide entre le 10 et le 15 janvier 2022 avec un débit de 2450 m³/s mesuré le 11 janvier. Un autre coup d'eau est observé le 18 mars avec 543 m³/s. Sur le reste de la saison, les débits sont supérieurs au module jusqu'à la fin du mois de mai puis chutent drastiquement pour atteindre des valeurs très faibles, en moyenne de 50 m³/s jusqu'à mi-novembre.

En complément, la Figure 67, qui indique l'évolution du coefficient d'hydraulicité de la Garonne à Portet-sur-Garonne, permet de mettre en perspective le débit moyen mensuel de la Garonne en 2022 en le comparant avec la moyenne des débits observés entre 1993 et 2021. Ainsi, la quasi-totalité de l'année se situe sous la normale, avec un débit d'étiage prolongé proche d'une valeur critique (1/2 de la normale).

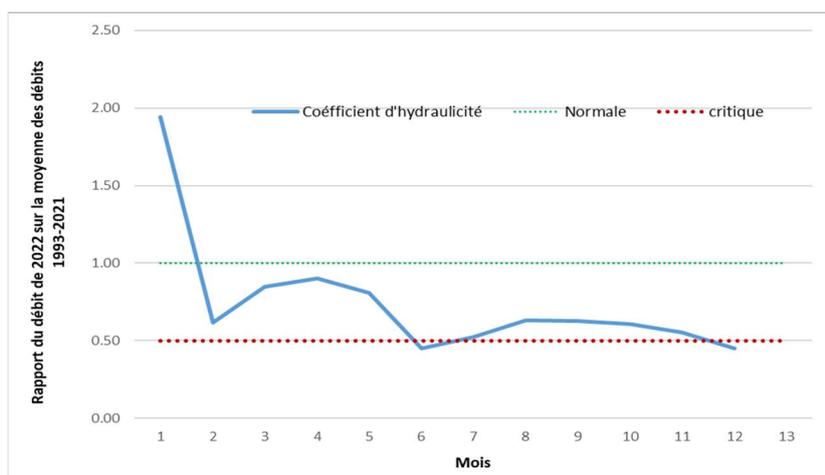


Figure 67 : Evolution du coefficient d'hydraulicité de la Garonne à Portet-sur-Garonne en 2022.



Figure 68 : Comparaison de l'évolution mensuelle de l'écart à la moyenne 1993-2021 de la température de l'eau au Bazacle en 2022

La température mensuelle de l'eau de la Garonne au niveau de Portet-sur-Garonne en 2022 est quasiment toujours supérieure à la moyenne observée sur la période 1993-2021, en relation avec les faibles débits observés en 2022, le tout associé à de très fortes températures de l'air dès la mi-mai. La température de l'eau dépasse les 23°C dès le 13 juin et, du fait des faibles débits, est restée supérieure de 2°C aux valeurs moyennes enregistrées sur la période 1993-2021 tout le reste de l'année (Figure 68)

4.3 Le suivi de la passe à bassins

4.3.1 Fonctionnement du dispositif de franchissement

ANNEE 2022	Durée totale	Durée de fonctionnement	Durée d'arrêt	Cause des arrêts				Observations
				Crue	Entretien	Volontaire	Panne	
Janvier	744h00	221h00	523h00	172h00	351h00	0h00	0h00	entretien annuel et crue
Février	696h00	293h00	403h00	0h00	403h00	0h00	0h00	entretien annuel
Mars	744h00	648h00	96h00	96h00	0h00	0h00	0h00	
Avril	720h00	720h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
Mai	744h00	744h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
Juin	720h00	720h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
Juillet	744h00	744h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
Août	744h00	744h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
Septembre	720h00	720h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
Octobre	744h00	744h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
Novembre	720h00	720h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
Décembre	744h00	744h00	0h00	0h00	0h00	0h00	0h00	
TOTAL	8784h00	7762h00	1022h00	268h00	754h00	0h00	0h00	
% Total		88.4%	11.6%	3.1%	8.6%	0.0%	0.0%	
% des arrêts				26%	74%	0%	0%	

Figure 69 : Bilan du fonctionnement de la passe à poissons du Bazacle en 2022

La passe à bassin du Bazacle a fonctionné correctement tout le long de la saison avec, au-delà de l'entretien annuel perturbé par la crue de janvier, un arrêt uniquement au mois de mars pour crue. La chute située à l'entrée de la passe a toujours été mesurée entre 25 et 30 cm, valeurs favorables aux franchissements des poissons, toutes espèces confondues.

4.3.2 Bilan des passages

MIGRATEURS			
Anguilles	8	Saumons atlantique	14
Aloses	4		
NON-MIGRATEURS			
Ablettes	85375	Gardons	191
Barbeaux	2196	Silures glanes	142
Brèmes communes	3281	Truites fario	1
Carpes communes	14	Chevesnes	1951

Figure 70 : Nombre de poissons observés par espèce au Bazacle en 2022

Au total 13 espèces différentes ont été observées dans le système de franchissement du Bazacle (Figure 70), ce qui correspond globalement aux observations des années précédentes. Les ablettes constituent la majorité des poissons contrôlés sur le site, comme chaque année. A noter, le nombre important de silures observé, 142, soit le double de ceux comptabilisés en 2021 et 4 fois plus que la moyenne calculée sur les 10 dernières années (29).

Parmi les grands migrateurs, 14 saumons, 4 aloses et 8 anguilles ont été contrôlés. Pour les anguilles, ce chiffre ne révèle pas le nombre d'individus qui ont 1) potentiellement franchi l'obstacle par la passe, la qualité des images ne permettant pas d'être exhaustif sur le dénombrement de cette espèce et 2) le nombre d'individus présent en aval de la chaussée du Bazacle, la passe à bassins, bien que multi-espèces, n'étant pas forcément le système de franchissement le mieux adapté pour l'anguille. Le nombre d'aloses et d'anguilles étant anecdotique sur cette station, les données de passages des individus en fonction des conditions environnementales ne seront pas analysées.

4.4 Le saumon atlantique

Les passages de saumons au niveau du Bazacle sont directement liés au nombre d'individus non piégés à Golfech. Ainsi, depuis 2019, année de début des piégeages intensifs à Golfech pour transport des individus sur l'Ariège, ce nombre est relativement faible (entre 20 et 30 % du stock contrôlé à Golfech) et explique le faible nombre de saumons observés au Bazacle.

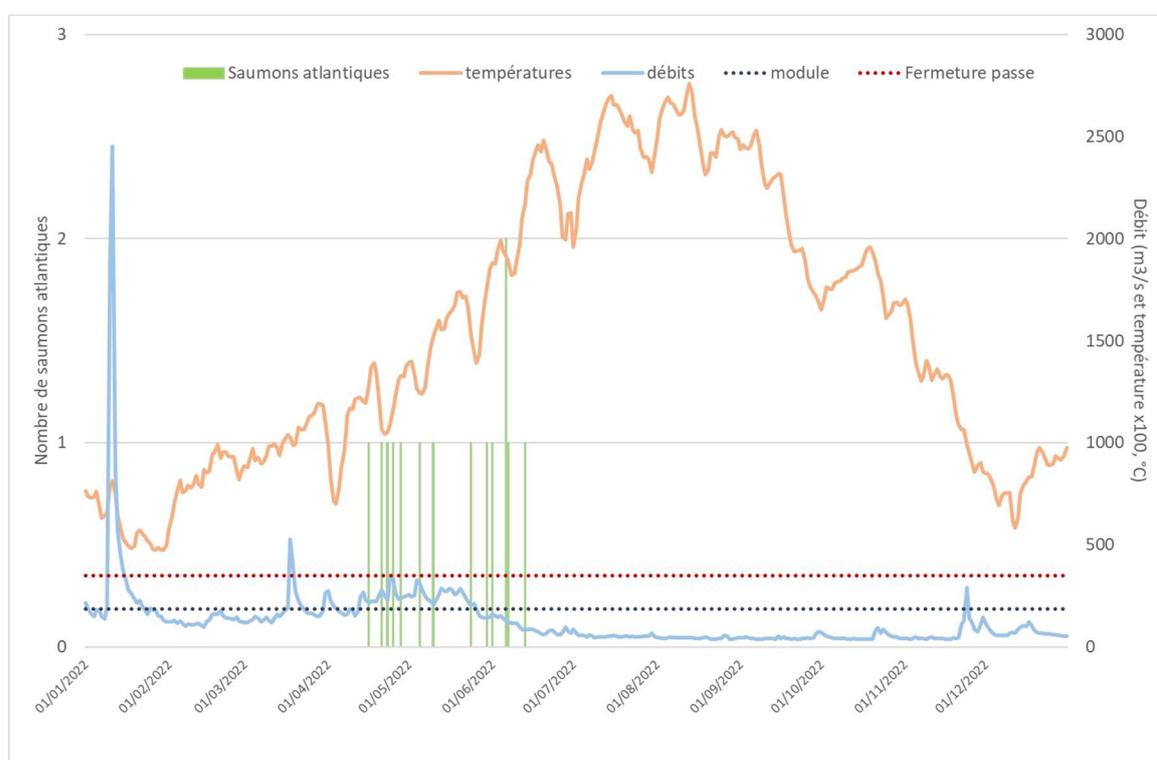


Figure 71 : Nombre de poissons observés par espèce au Bazacle en 2022

L'analyse de ces passages ne peut être effectuée qu'en prenant en compte le passage des individus non piégés à Golfech. Ainsi, les éléments seront spécifiés dans le bilan transversal au chapitre 6.1 de ce rapport.

Les individus, tous 2 ou 3 hivers de mer, ont été contrôlés entre le 15 avril et le 12 juin, pour des températures de l'eau à Toulouse comprises entre 12 et 21 °C et un débit moyen de 208 m³/s, légèrement supérieur au module (186 m³/s) pendant cette période. A partir de la mi-juin, la température de l'eau augmente rapidement et les débits s'effondrent, conditions drastiques ne permettant plus d'observer de migration sur le site.

4.5 Le silure

En 2022, 142 silures ont été observés à la station de contrôle du Bazacle, soit 2,5 fois plus qu'en 2021, précédente année record (63 individus).

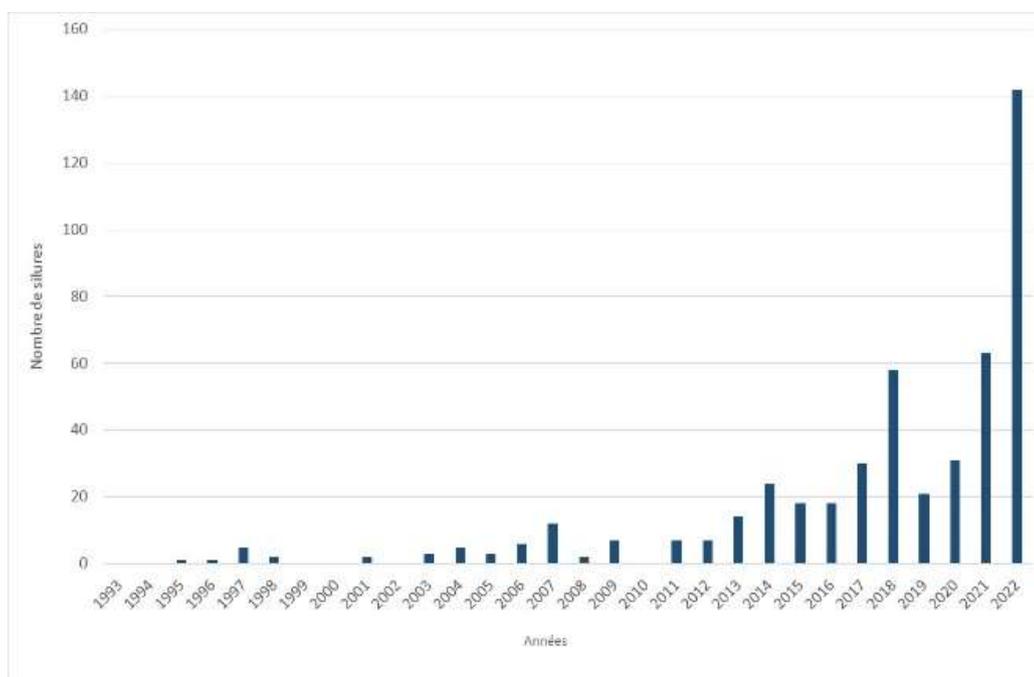


Figure 72 : Evolution du nombre de silures au Bazacle sur la période 1993 – 2022

Cette augmentation exponentielle du nombre d'individus sur ce site a déjà été observée à Golfech à la fin des années 2000. Ce résultat peut être mis en relation avec la température de l'eau particulièrement élevée et ce, dès le début du mois de mai.

Au-delà du nombre d'individus observés en 2022, la Figure 73 compare en pourcentage, le nombre de silures observés par mois entre 2022 et la moyenne des 10 dernières années (2011 – 2021), années où les passages sont significatifs et en augmentation).

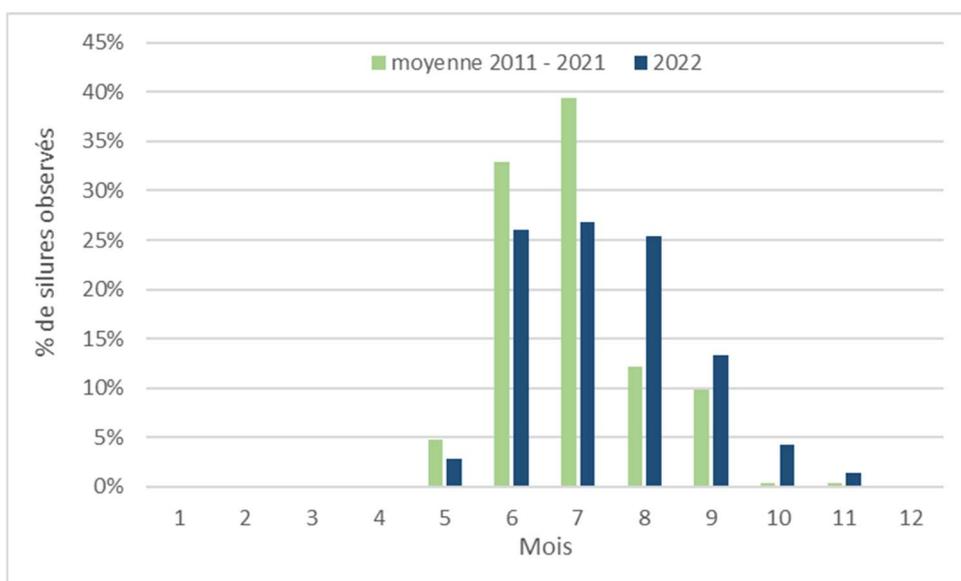


Figure 73 : Comparaison de la répartition mensuelle des passages de silures au Bazacle entre la moyenne observée sur la période 2011 – 2021 et 2022

Il apparaît qu’aucun silure n’est contrôlé au Bazacle avant le mois de mai depuis 2011, que la plupart des individus sont observés jusqu’à fin septembre mais qu’en 2022, quelques passages ont été significatifs au mois d’octobre et novembre, à la faveur de la température de l’eau toujours élevée à cette époque de l’année.

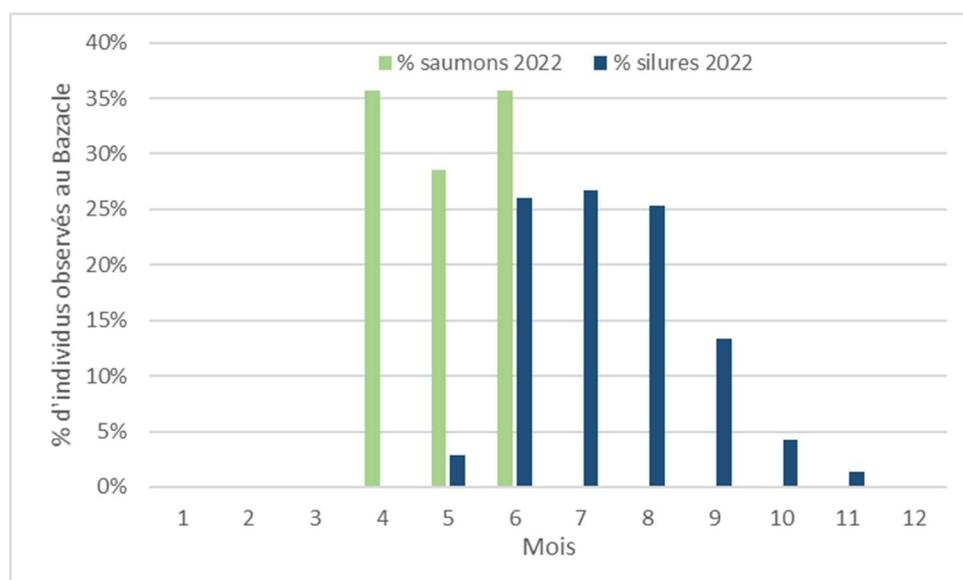


Figure 74 : Comparaison de la répartition mensuelle des passages de saumons et de silures au Bazacle en 2022

Enfin, la Figure 74 compare les périodes de passages des saumons et des silures au Bazacle en 2022 et il est à noter une concomitance des observations de silures et de saumons non négligeables pendant le mois de juin. Même si, en nombre, très peu de saumons ont été observés au Bazacle au mois de juin en 2022 (4 individus), il se peut que la présence du silure au droit de l'ouvrage de franchissement perturbe (effarouchement) la montaison du saumon pendant cette période. Les études en cours au niveau de Golfech (pêche d'effarouchement, observation par caméra acoustique au niveau des entrées) pourront donner des éléments de réponses quant à l'impact du silure en aval d'un système de franchissement.

5. CARBONNE (MPCARB22)

5.1 La description de l'aménagement

L'aménagement hydroélectrique de Carbonne est situé sur la Garonne à 410 km de l'océan et constitue le réceptacle d'un bassin versant d'environ 5250 km². Il constitue à l'heure actuelle la limite amont des zones librement accessibles par les poissons migrateurs. Le module de la Garonne au niveau de cette station est de 104 m³/s. La mise en service de la station de Carbonne a été faite en 1999.

Le piégeage- transport à la station de Carbonne s'intègre dans une stratégie de restauration du saumon atlantique sur le haut bassin de la Garonne. Ainsi, ces opérations consistent, d'une part, au piégeage, au tri et au chargement des poissons migrateurs dans le véhicule et, d'autre part, au transport des poissons. Jusqu'en 2018, les poissons amphibiotiques étaient déversés sur les zones de reproduction de la Garonne amont, notamment sur la Pique en ce qui concerne les saumons atlantiques alors que les espèces holobiotiques étaient remises à l'eau à l'aval du barrage, dans le canal de fuite de l'usine. Avec la réorientation du plan saumon sur le bassin de la Garonne, il a été acté au sein du groupe Garonne du COGEPOMI de transporter les grands salmonidés sur le bassin de l'Ariège, au droit de Varilhes, afin de concentrer toute la reproduction naturelle des saumons du bassin de la Garonne sur ce secteur à fort potentiel.

Le suivi biologique des poissons migrateurs prend en compte le dénombrement et l'identification des espèces migratrices, le relevé des caractéristiques biométriques, les prélèvements génétiques des saumons (morceau de nageoire et écailles) et l'enregistrement des paramètres du milieu. Enfin, si des saumons piégés présentent un état sanitaire dégradé (blessures notamment), ils pourront, après expertise, être transportés au centre de reconditionnement de Bergerac.



Figure 75 : La station de piégeage de Carbonne

5.2 Les conditions environnementales

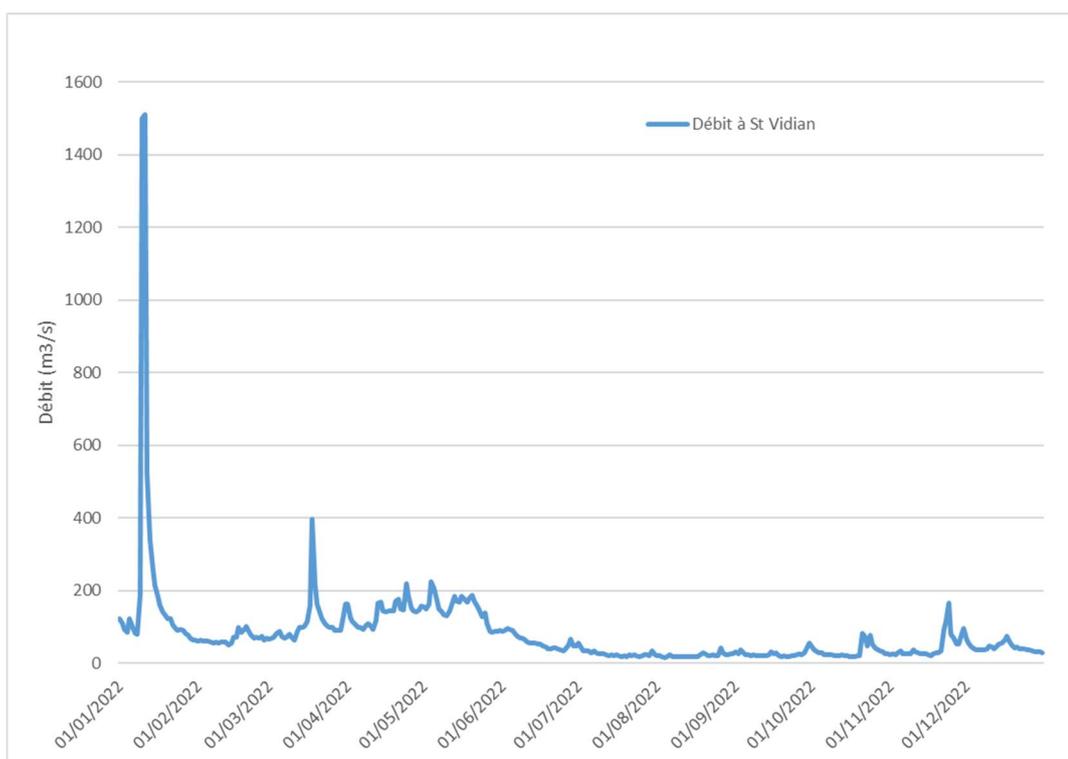


Figure 76 : Evolution journalière du débit de la Garonne en 2022 mesuré à Saint Vidian (Banque Hydro)

Les débits sont issus de la banque Hydro (<https://www.hydro.eaufrance.fr>) à la station de Saint Vidian, située en amont immédiat de la station de Carbonne. Au niveau de cette station, le module annuel est de 104 m³/s.

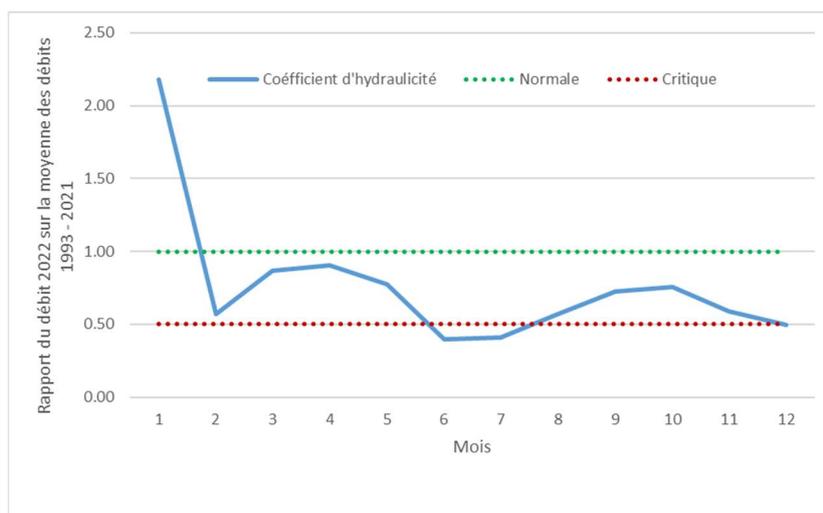


Figure 77 : Evolution du coefficient d'hydraulicité de la Garonne à St Vidian en 2022.

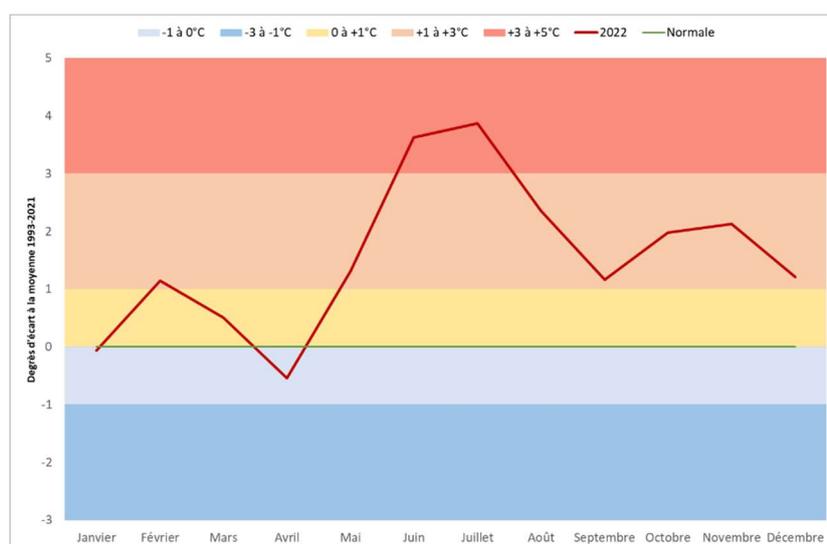


Figure 78 : Comparaison de l'évolution mensuelle de l'écart à la moyenne 1993-2021 de la température de l'eau à Carbone en 2022

Comme sur les autres stations, la température de l'eau à Carbone est supérieure de 1°C à 4°C pendant toute la saison, excepté au mois d'avril avec une température moyenne proche de la normale du fait d'un coup d'eau observé mi-mars. La température maximum, de 25.9 °C est atteinte le 15 juillet. A noter que la température de l'eau reste supérieure à 23°C entre le 7 juillet et le 8 septembre, soit 65 jours d'affilée !

5.2.1 Fonctionnement du dispositif de franchissement

ANNEE 2022	Durée totale	Durée de fonctionnement	Durée d'arrêt	Cause des arrêts				Observations
				Crue	Entretien Travaux	Piégeage	Panne ou arrêt volontaire	
Janvier	744h00	0h00	744h00	0h00	744h00	0h00	0h00	Travaux turbine débit attrait
Février	696h00	0h00	696h00	0h00	696h00	0h00	0h00	Travaux turbine débit attrait
Mars	744h00	0h00	744h00	0h00	744h00	0h00	0h00	Travaux turbine débit attrait
Avril	720h00	292h00	428h00	0h00	416h00	12h00	0h00	Travaux turbine débit attrait
Mai	744h00	713h00	31h00	0h00	0h00	31h00	0h00	
Juin	720h00	690h00	30h00	0h00	0h00	30h00	0h00	
Juillet	744h00	713h00	31h00	0h00	0h00	31h00	0h00	
Août	744h00	330h00	414h00	0h00	0h00	18h00	396h00	Incident poulie treuil ascenseur
Septembre	720h00	0h00	720h00	0h00	0h00	0h00	720h00	Incident poulie treuil ascenseur
Octobre	744h00	0h00	744h00	0h00	0h00	0h00	744h00	Incident poulie treuil ascenseur
Novembre	720h00	0h00	720h00	0h00	0h00	0h00	720h00	Incident poulie treuil ascenseur
Décembre	744h00	621h00	123h00	0h00	0h00	27h00	96h00	Incident poulie treuil ascenseur
TOTAL	8784h00	3359h00	5425h00	0h00	2600h00	149h00	2676h00	
% Total		38.2%	61.8%	0.0%	29.6%	1.7%	30.5%	
% des arrêts				0%	48%	3%	49%	

Figure 79 : Bilan du fonctionnement de la passe à poissons de Carbonne en 2022

Le fonctionnement du piège de Carbonne (Figure 79) est marqué par une remise en service tardive du fait du retard pris dans la mise en place de la turbine au niveau du débit d'attrait du piège (mi-avril). Par ailleurs, un incident sur le treuil de la cuve a entraîné l'arrêt du système de piégeage à partir du 15 août, incident nécessitant une réparation lourde et ayant occasionné un arrêt du piège jusqu'à la fin de l'année. Ceci dit, au vu des passages sur les autres stations (Golfech et Bazacle), ces arrêts n'ont pas été préjudiciables pour le piégeage des grands salmonidés, les saumons au Bazacle ayant été contrôlés entre le 15 avril et le 13 juin 2022.

5.2.2 Bilan des passages

MIGRATEURS			
Anguilles	466	Saumons atlantique	6
NON-MIGRATEURS			
Ablettes	1234	Gardons	25
Barbeaux	35	Silures glanes	36
Brèmes communes	79	Truites fario	6
Carpes communes	14	Chevesnes	15
Gougeons	688		

Figure 80 : Nombre de poissons observés par espèce à Carbonne en 2022

5.1 Le saumon atlantique

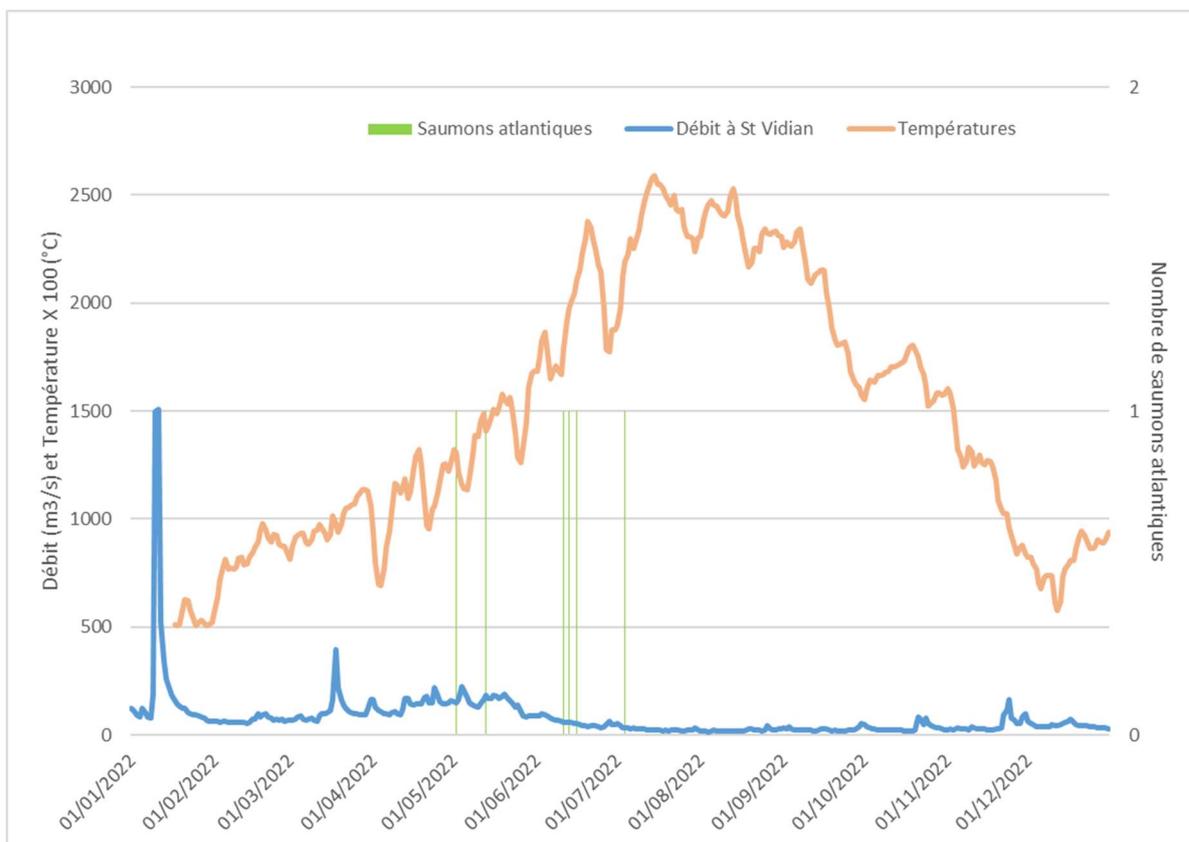


Figure 81 : Evolution journalière du nombre de saumons atlantiques à Carbonne en fonction des paramètres du milieu en 2022

En 2022, 6 saumons ont été piégés à Carbonne entre le 2 mai et le 4 juillet, sur les 13 observés au Bazacle (43 %). Le premier saumon a été piégé 15 jours après avoir été observé au Bazacle, ce qui est un délai relativement long mais qui peut s'expliquer par les faibles débits observés en 2022. Ces 6 individus ont été transportés sur l'Ariège (Varilhes) tel que préconisé par le Groupe Migrateurs Garonne.

6. BILAN TRANSVERSAL DES RESULTATS SUR LA GARONNE EN 2022

6.1 Les grands salmonidés

6.1.1 Taux de transfert

Le suivi au niveau du Bazacle permet de calculer le taux de transfert des saumons entre Golfech et l'amont du Bazacle. En considérant, d'après l'étude de radiopistage du GHAPPE (Croze, 2002 – 2006), que le franchissement du Ramier et/ou de la Cavaletade n'est pas vraiment problématique (87 % d'efficacité au Ramier), si bien sûr les conditions n'ont pas évolué, alors les saumons franchissant le Bazacle sont certainement des individus qui

auront la possibilité soit d'être capturés à Carbonne puis transportés sur les zones de reproduction, soit de migrer sur l'Ariège où les zones favorables à la reproduction sont accessibles. Cependant, sur cet axe, il reste des inquiétudes quant au franchissement de certains obstacles tels que le barrage d'Auterive où des saumons radiomarqués ont été observés à l'aval sans jamais le franchir.

En 2022, 14 saumons ont été contrôlés au Bazacle sur les 48 qui potentiellement pouvaient se présenter sur le site, c'est-à-dire les non piégés et transportés depuis Golfech (39) additionnés des 5 radiomarqués, lâchés en aval de Golfech ou Malause, qui ont refranchi les ouvrages et des 4 saumons passés à Malause. Parmi ces 14 individus, 2 étaient marqués.

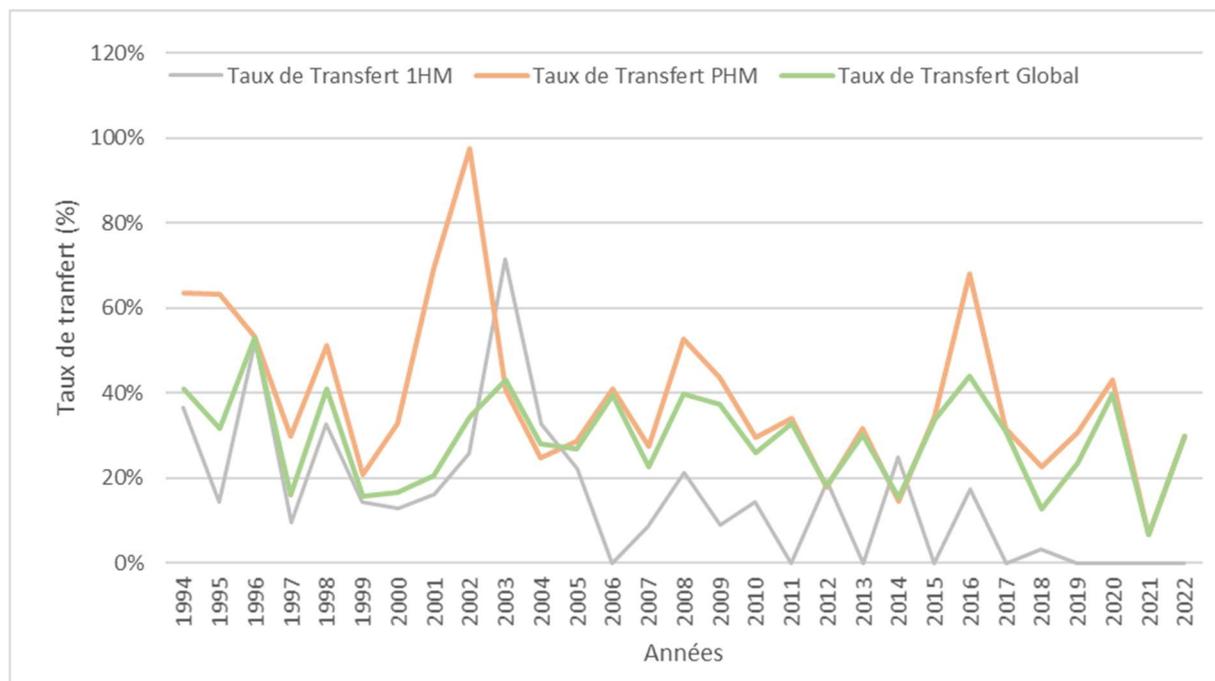


Figure 82 : Evolution du taux de transfert des saumons sur la Garonne entre Golfech et le Bazacle entre 1994 et 2022

La Figure 82 montre l'évolution du taux de transfert des saumons entre Golfech et l'amont du Bazacle. Le taux moyen varie entre 9 % et 53 % avec une moyenne de 30 % sur la période 1994 – 2021. En 2022, ce taux est de 30%. Il est important de distinguer les individus selon leur âge de mer. En effet, on observe que les 2 voire 3 hivers de mer, qui migrent plus tôt dans la saison, ont un léger meilleur taux de transfert avec 39 % sur la période 1994 – 2021. Cependant, ces taux ne progressent pas réellement malgré des améliorations constantes faites au niveau des dispositifs de franchissement.

La deuxième entrée de l'ascenseur à poissons de Golfech, mise en service en 2012, avait pour objectif permettre aux migrateurs de trouver plus facilement l'entrée du système de franchissement et, par conséquent, de perdre potentiellement moins d'énergie pour optimiser leur progression en amont de l'ouvrage. De plus, un dégrilleur, installé au niveau du débit d'attrait de la passe à poissons du Bazacle en 2012, permet de délivrer le débit complémentaire tel que préconisé par les concepteurs.

Ainsi, indépendamment des incertitudes soulevées par l'étude de Croze (2002 – 2006) sur les difficultés potentielles constatées sur le tronçon Malause- aval Bazacle, il aurait été normal voire logique de constater une amélioration du taux de transfert à partir de 2013. Et ce d'autant plus que les saumons migrant sur la Garonne depuis près de 15 ans sont essentiellement des PHM, individus présents entre février et juin, période où les débits de la

Garonne sont plutôt favorables à la migration, même si certaines années, comme 2022, le régime hydraulique est faible voire très faible. Or, aucune amélioration ne se dessine ces dernières années, avec un taux de transfert global qui stagne autour de 30 %. Différentes études au niveau de Golfech ont montré que la présence du silure au droit du système de franchissement de Golfech pouvait s'avérer très préjudiciable à la migration de cette espèce avec, en 2016, environ 30 % des saumons prédatés dans le canal de transfert entre fin avril et fin mai. Une gestion de cette espèce est réalisée tous les ans depuis 2017, limitant fortement la prédation mais là encore, aucun impact sur le transfert des saumons ne se fait réellement sentir. Il est convenu que les problèmes pouvant impacter la migration du saumon sur la Garonne sont d'origine multifactorielle (débits, températures, prédation, pollution, habitat...) mais aucune étude n'a pu hiérarchiser ces facteurs de risques afin de proposer des éventuelles mesures de gestion.

6.1.2 Etude de comportement du saumon sur le secteur Golfech - Toulouse

Faisant suite à l'observation de la chute du taux de transfert et devant tant d'incertitudes concernant le comportement de migration du saumon entre Golfech et Toulouse, les membres du Groupe Migrateurs Garonne ont décidé d'initier une étude par radio télémétrie dont l'objectif est de **1)** suivre la migration sur le tronçon aval immédiat Golfech-Toulouse et **2)** vérifier l'efficacité des dispositifs de franchissement.

- **2019** : Test de faisabilité (7 saumons marqués, relâchés en aval du Bazacle)
- **2020** : Début de l'étude ; prise en compte de la dimension prédation ; cartographie des faciès d'écoulement Malause-Bazacle (Rapport ECOGEA-MIGADO disponible)
- **2021** : 2^e année de l'étude ; 24 saumons marqués ; triple marquage : RFID, radio, acoustique-prédation entre le 31/03 et le 06/06 ; relâchés en aval de Golfech (Lamagistère)
- **2022** : 3^e année de l'étude ; 26 saumons marqués ; même protocole que 2021 mais uniquement 50 % avec du suivi de la prédation (50 % acoustique classique)

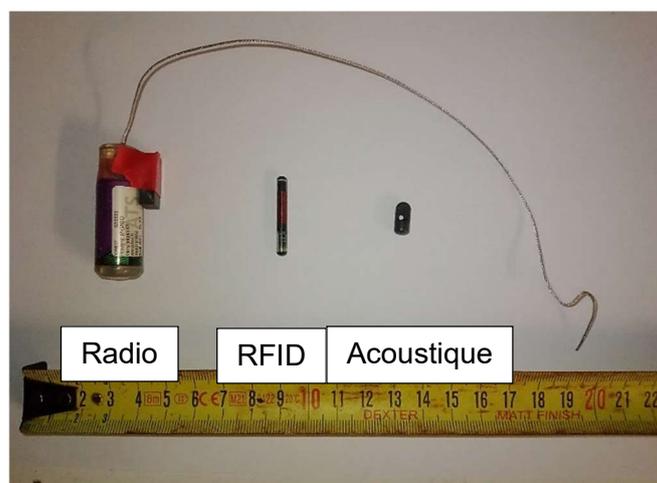


Figure 83 : Visualisation des différentes marques utilisées pour l'étude télémétrie en 2022

Les suivis ont été réalisés à l'aide d'un réseau de récepteurs automatiques (Radio, acoustique et antenne Tiris), complétés par de nombreux suivis manuels effectués en voiture, en bateau ou à pied le long de la berge.

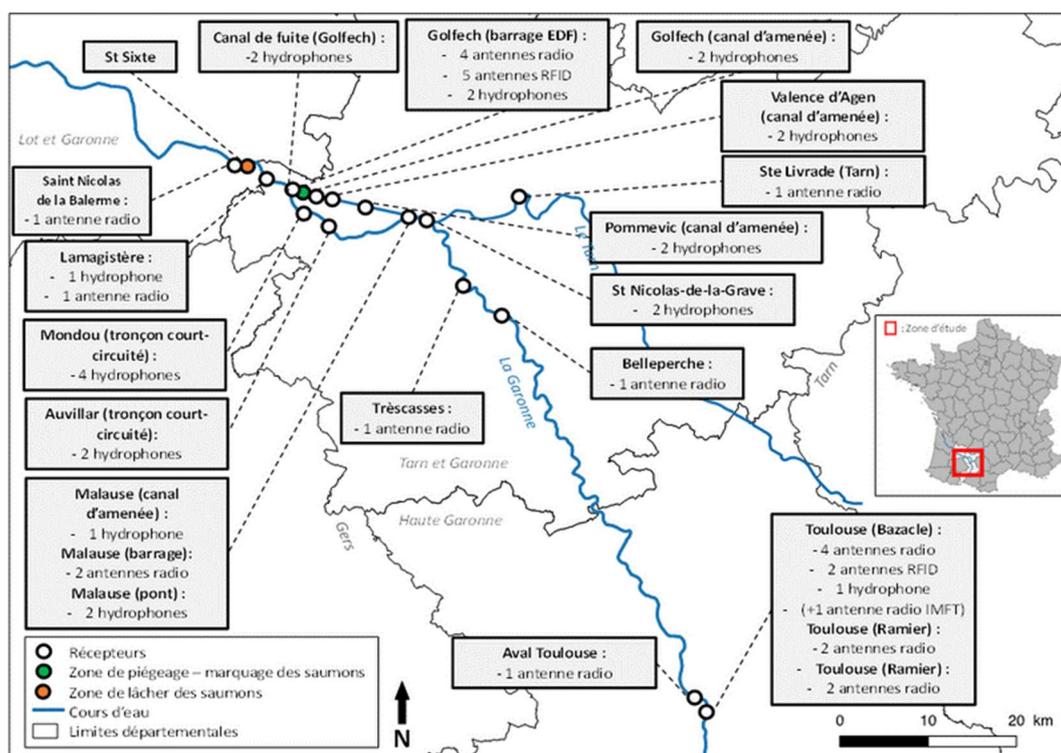


Figure 84 : Localisation des postes de réceptions des différentes marques sur la Garonne en 2022

Les résultats de cette opération ont fait l'objet de nombreux échanges entre les membres du COPIL (OFB pôle éco hydraulique, EDF CIH, EDF R&D, ECOGEA et MIGADO) dont la synthèse a fait l'objet d'une note envoyée en novembre 2022 à tous les partenaires Groupe Migrateurs Garonne. Au-delà des résultats partagés par tous les membres du COPIL, des préconisations concernant le protocole d'étude, l'amélioration du dispositif de franchissement de Golfech et la gestion de celui-ci ont été formulées.

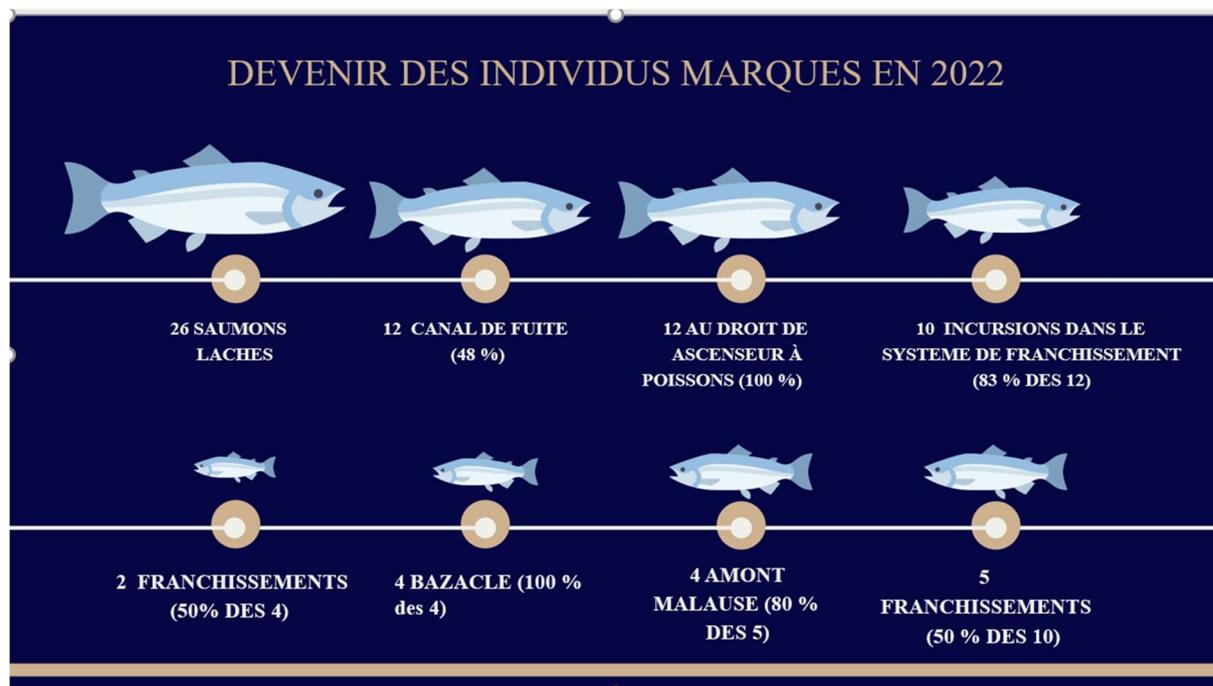


Figure 85 : Schéma synthétique du devenir des 26 saumons marqués à Golfech en 2022 et relâchés en aval de l'ascenseur à poissons

Parmi les 26 saumons marqués en 2022, 25 ont été lâchés en aval de Golfech et 1 saumon, en fin de saison (3 juin) a été lâché en amont du seuil 1 dans le tronçon court-circuité, en aval de la rivière de contournement.

Sur les 25 saumons lâchés en aval de Golfech, 12 se sont présentés dans le canal de fuite de l'usine hydraulique et l'ont remonté jusqu'aux abords de l'ouvrage de franchissement. Bien que 10 individus soient parvenus à entrer dans le système de franchissement et ce majoritairement par l'entrée 2, seulement 5 sont parvenus à le franchir portant l'efficacité globale de l'ascenseur à poissons en 2022 à 42 % (5 inds/12).

Par ailleurs, les 13 autres saumons ont dévalé après marquage. Parmi eux, 7 ont été lâchés au début de la crue du 25 avril et 4 environ 15 jours après la remise en service de l'ascenseur à poissons. Par ailleurs, aucun passage de saumons à la station vidéo n'a été observé durant les 10 jours suivant cette crue.

Sans minimiser les biais de comportement qui peuvent être provoqués par le marquage (stress) ou par le protocole (marquage d'individus ayant déjà franchi l'ouvrage avec plus ou moins de difficultés), il semblerait que les conditions environnementales lors du lâché influent sur la faculté des individus à revenir au droit de l'ouvrage de Golfech.

Après analyse des résultats du comportement des 12 individus au droit de l'ascenseur à poissons de Golfech, il semblerait que :

- L'utilisation à plus de 50 % du groupe 3 ait une influence négative sur l'attractivité des 2 entrées. Ceci avait déjà été évoqué dans la note concernant les réglages de l'ascenseur avec fonctionnement de la 2^e entrée produite par ECOGEA pour EDF en 2013.

- Les individus qui pénètrent dans l'enceinte de franchissement ressortent, pour 50 % d'entre eux, alors même qu'ils se sont présentés une ou plusieurs fois à proximité des portes anti-retour, sans avoir été « poussés » dans la cuve de l'ascenseur à poissons, alors même que plusieurs cycles de remontées se sont déclenchés lors de leur présence.

Ainsi, une visite de terrain a eu lieu le 6 décembre 2022 (pôle éco hydraulique, MIGADO, ECOGEA) ayant pour but 1) de vérifier visuellement les écoulements dans l'enceinte de l'ascenseur à poissons en fonction de différentes configuration (débit d'attrait, ouverture des portes anti-retour, fonctionnement à 1 ou 2 entrées de l'ascenseur à poissons et 2) de proposer des mesures pour améliorer l'efficacité du système de franchissement dès 2023. 3 mesures principales ont été proposées (Courret et al, 2022) :

- **Fonctionnement séquentiel des entrées de l'ascenseur à poissons avec entrée 2 ouverte lorsque le groupe 3 ne fonctionne pas à plus de 50 % sinon, entrée 1 ouverte**
- **Demander à EDF de prioriser le fonctionnement des 3 groupes de l'usine en fonction des débits avec pour objectif de réduire le fonctionne du groupe 3 à 50 % autant que faire se peut.**
- **Adapter les cycles de l'ascenseur à poissons en passant éventuellement la fréquence de remontée de la cuve à 10 mn au lieu de 30 mn, le système de franchissement étant prévu pour fonctionner à cette cadence.**

Enfin, des améliorations des écoulements ont été également préconisées en installant des déflecteurs au droit de l'entrée 2.

Devenir des individus ayant refranchi Golfech :

Parmi les 5 saumons ayant refranchi l'ouvrage, un individu est malheureusement mort dans le canal de transfert lors de son second passage. Les 4 autres sont rapidement arrivés au Bazacle où seuls 2 saumons ont trouvé la passe à poissons et ont pu continuer leur migration vers les zones de reproduction (50 % d'efficacité du système).

Enfin, la moitié des individus étant équipés de tag prédation, il a été possible d'estimer l'impact du silure sur la migration de l'échantillon marqué avec, en résultats bruts, 57 % des saumons qui se sont fait prédater. Dans le détail, il a été observé que :

- Les individus qui ne reprennent pas la migration de montaison après marquage sont retrouvés prédaturés à 40 % mais relativement longtemps après marquage, ce sont des individus peu actifs et surement faibles et vulnérables.
- Les individus qui reprennent la migration mais échouent au franchissement de l'ascenseur (échec entrée dans le dispositif, échec franchissement), se sont fait prédater à 70 % (5 sur 7 équipés de ce tag en 2022). La prédation s'est faite entre 3 et 40 jours après s'être présentés en aval de Golfech. Sur ces 5 individus, 4 ont été retrouvés dans le secteur du complexe Malause/Golfech.
- La prédation est quasiment nulle lors de la migration de montaison sur le secteur « amont Golfech – aval Bazacle » (1 individu marqué le 2/06 en 2022, et qui a été détecté prédaturé lors de son arrivée sur le site du Bazacle).

Ces résultats montrent 1) que la prédation est forte et prégnante en aval de Golfech et 2) qu'elle serait plus la conséquence d'un problème de franchissement plutôt que la cause. Les résultats de 2022, qui ont permis d'affiner le comportement des individus dans l'enceinte de l'ASP, montrent que sur les 5 saumons prédatés au droit de Golfech, 4 étaient parvenus à pénétrer jusqu'aux portes anti-retour avant d'échouer dans leur tentative de franchissement.

Proposition pour 2023 : les membres du COPIL s'accordent pour dire que la prédation, qui est réelle sur le site de Golfech, est certainement la conséquence d'un problème de franchissement (retard ou échec). Les individus qui migrent doivent « s'échapper » rapidement vers l'amont, sans échouer lors de leurs tentatives de franchissement. Les pistes d'amélioration proposées précédemment devraient permettre de limiter la prédation au droit de Golfech. Par ailleurs, le COPIL propose de ne plus marquer d'individus avec les tags prédatations acoustiques, les résultats de ces dernières années, sur cette thématique, étant suffisants. Ce choix nécessite d'affiner la réception automatique en remplaçant des récepteurs acoustiques par des récepteurs radios. 5 postes complémentaires seraient nécessaires.

Les résultats complets de l'étude feront l'objet d'un rapport détaillé spécifique (MIGADO et ECOGEA, Etude MPESG22, rapport à paraître).

6.2 Evaluation du stock reproducteur de grande alose (MPALAG22)

Pour connaître la totalité du stock reproducteur sur le bassin de la Garonne, il est nécessaire de suivre la reproduction sur les sites se situant en aval de la station de contrôle de Golfech. En effet, durant la phase active de la ponte de cette espèce, les couples évoluent en surface, en tournant sur eux-mêmes, et frappent violemment la surface de l'eau à l'aide de leur nageoire caudale. Ce type de comportement est dénommé "bull" et fait un bruit caractéristique qui dure entre deux et dix secondes. Pendant ce laps de temps, les œufs sont émis par la femelle (50 000 à 250 000 œufs par kilo de femelle) et fécondés par le mâle. Généralement, on compte un mâle pour une femelle lors du bull, mais il n'est pas rare d'observer deux mâles, parfois trois, pour une seule femelle. L'alose a une ponte fractionnée, c'est à dire qu'elle va frayer en plusieurs fois. A chaque fraie, une partie des "œufs" contenus dans ses ovaires sera libérée. La fatigue des différentes reproductions cumulée à la migration, peut entraîner une mort post-reproductrice massive des géniteurs juste après le " bull " (Figure 86).



Figure 86 : Bull d'alose (© Didier Taillefer/Sméag)

La durée de ponte s'étend de vingt-trois heures à six heures du matin, mais la période de plus forte activité est réduite à la plage horaire comprise entre une heure et trois heures du matin (Figure 87).

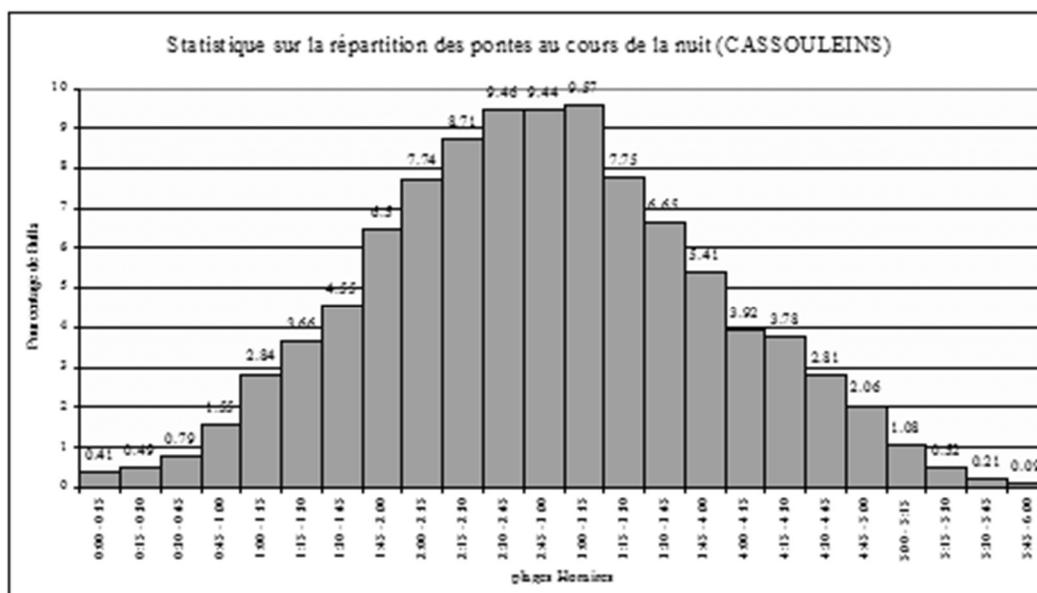


Figure 87 : Modèle statistique sur la répartition des pontes au cours de la nuit (CASSOULEINS, 1985)

Sur le bassin de la Garonne, le suivi de la reproduction de l'alose s'effectue chaque année sur les rives de la Garonne (principalement) et du Lot à Aiguillon en collaboration avec la Réserve Naturelle de la Frayère d'Alose (RNFA). Les rivières Tarn et Aveyron au niveau du département du Tarn-et-Garonne peuvent être prospectées si le nombre de géniteurs franchissant Golfech est significatif (plusieurs milliers de géniteurs). 5 frayères principales sont reconnues et étudiées en moyenne Garonne et une sur le Lot (Figure 88). 3 autres frayères secondaires sont également suivies. En 2022, des prospections ont également été faites sur

le tronçon court-circuité (TCC) de la Garonne (complexe Malause-Golfech) au niveau du seuil 5 et au droit du barrage de Malause.

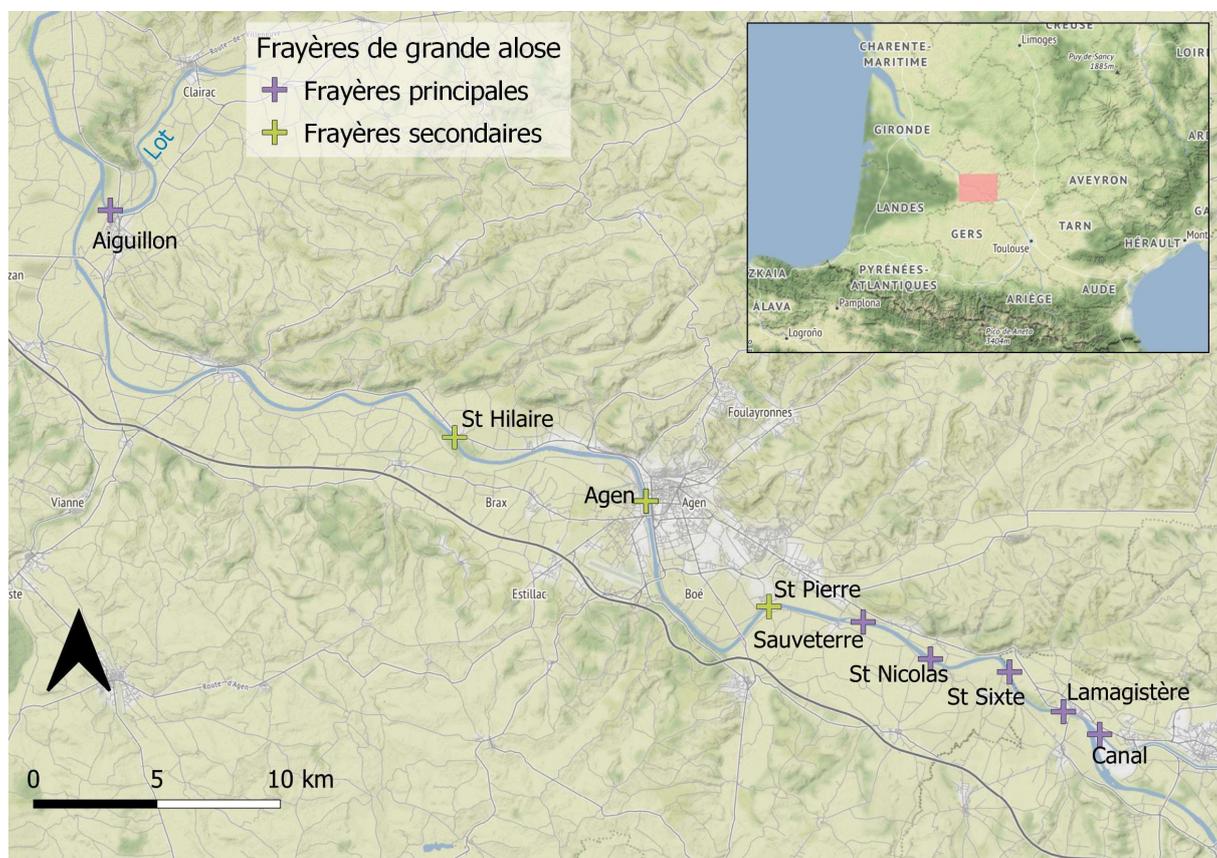


Figure 88 : Localisation géographique des zones de frayères en aval de Golfech sur la Garonne

Sur la Garonne, la méthode de suivi est dite « directe », à savoir que le personnel en charge de ces suivis se déplace sur le terrain, la nuit, pour observer et comptabiliser les bulls. En effet, il existe une autre méthode consistant à poser des enregistreurs au droit des frayères et à récupérer les enregistrements pour un dépouillement ultérieur. Cette technique est uniquement utilisée pour le site du canal juste en aval de l'ascenseur sur trois points d'écoute (Figure 89). Cependant, ce type de suivi est difficilement applicable sur les autres sites de reproduction de la Garonne du fait de la proximité des routes et/ou voies de chemin de fer qui perturbent considérablement la qualité des enregistrements.

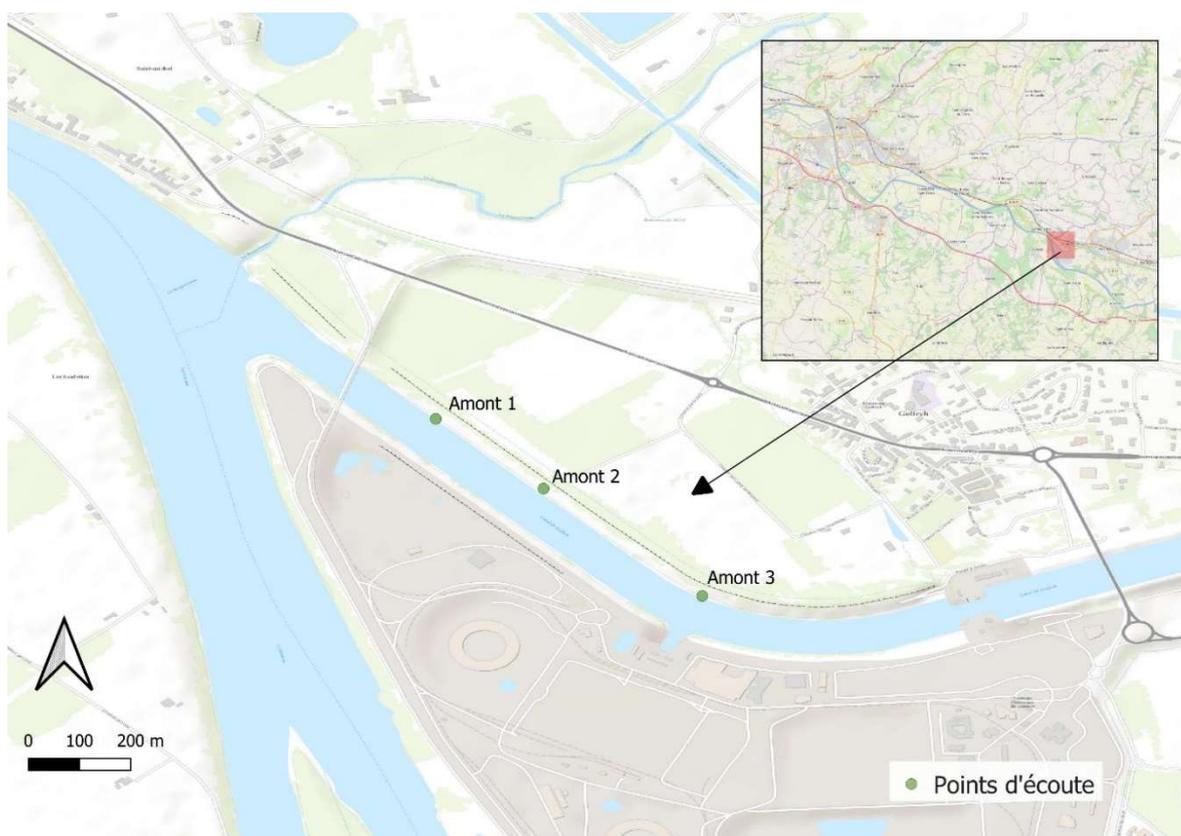


Figure 89 : Localisation des trois sites favorables à l'enregistrement des bulls

Concernant l'organisation des suivis : 3 binômes sont constitués pour effectuer les suivis quasiment chaque nuit : 2 binômes de la Réserve Naturelle de la Frayère d'Alose d'Agen et 1 binôme MIGADO. La répartition des zones de suivi varie en fonction de l'activité mais classiquement, l'équipe MIGADO suit les frayères de Lamagistère, l'amont de St Sixte (Port de Bonneau) et du canal de fuite de la centrale hydroélectrique de Golfech, les autres frayères sont suivies par le personnel de la RNFA. Concernant le binôme de MIGADO, il est constitué d'un stagiaire et d'un CDD.

Personnel MIGADO	Jours sur le dossier
Chargé de mission	28
Technicien	34
Stagiaire	70
Personnel administratif	9

Figure 90 : Nombre de jours travaillés prévus sur le suivi de la reproduction de la grande alose sur la moyenne Garonne (OCALAG22) par le personnel de MIGADO en 2022.

Les premiers suivis (RNFA) ont débuté le 22 avril pour se terminer au 5 juillet. La première activité (2 bulls sur tous les sites confondus) a été observée le 30 avril et la dernière le 4 juillet (2 bulls également). Au total, 54 nuits (sur les 75 de la période de prospection) ont été suivies par la RNFA et MIGADO. Plusieurs sites sont prospectés par nuit par les différentes équipes. Ainsi, en moyenne 5h30 de présence par nuit ont été effectuées entre toutes les équipes sur le terrain. A cela se rajoutent les enregistrements par la pose de micro.

Sites	Aiguillon	St Hilaire de Lusignan	Agen	Saint Pierre de Gaubert	Sauveterre Saint Denis	Saint Nicolas de la Balerne	Saint Sixte	Lamagistère	Canal de fuite	TCC
Nbre de nuits suivies	11	2	36	1	29	42	47	14	34	6

Figure 91 : Nombre de nuits suivies sur les différentes frayères d'aloses

Au total, 1182 $\frac{1}{4}$ d'heures ont été contrôlés en écoute directe entre 23h15 et 6h15, dont presque 80 % entre 00h30 et 3h45, soit au plus fort de l'activité. Cet effort de suivi permet de limiter les erreurs grossières lors de l'extrapolation des données et ainsi d'estimer le plus précisément possible le stock reproducteur d'aloses en aval de Golfech. A cela se rajoute 243 $\frac{1}{4}$ d'heures d'enregistrement (60h45) répartis sur 2 sites en amont du pont du nucléaire. Ils permettent de suivre de manière précise et simultanément l'activité de reproduction sur ces sites. Deux micros enregistreurs ont été utilisés cette année.

Cette année, 5 frayères ont été plus régulièrement suivies : Agen, Sauveterre St Denis, St Nicolas de la Balerne, St Sixte et le Canal de fuite. Cette dernière affiche un effort d'échantillonnage plus important en lien avec le nombre de géniteurs présents cette année mais aussi avec la pose d'enregistreurs.

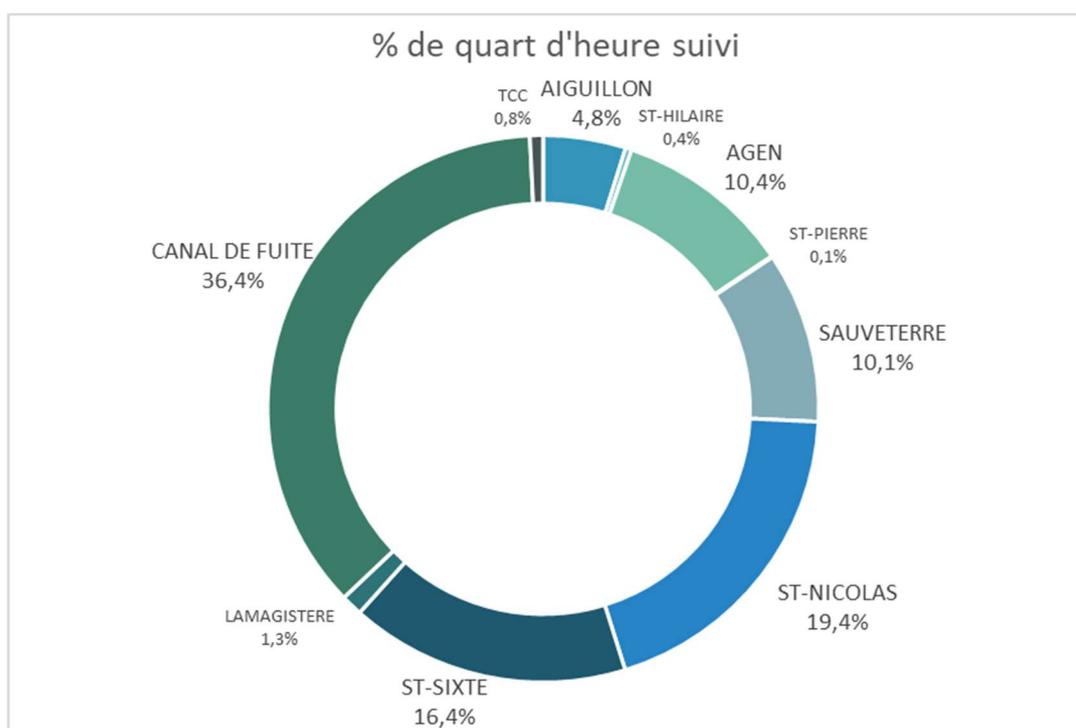


Figure 92 : Nombre de $\frac{1}{4}$ d'heure suivis sur l'ensemble des frayères de grande alose en 2022

La répartition de l'activité par $\frac{1}{4}$ d'heure propre à l'année 2022 a pu être établie et comparée à celle observée par Cassou-Leins dans le milieu des années 80. Cette année, la courbe obtenue est très proche de celle utilisée par Cassou-Leins. Ainsi, pour le calcul du nombre de géniteurs, cette dernière a été utilisée car elle a été établie sur un nombre bien plus important d'actes de reproduction et d'efforts de suivis.

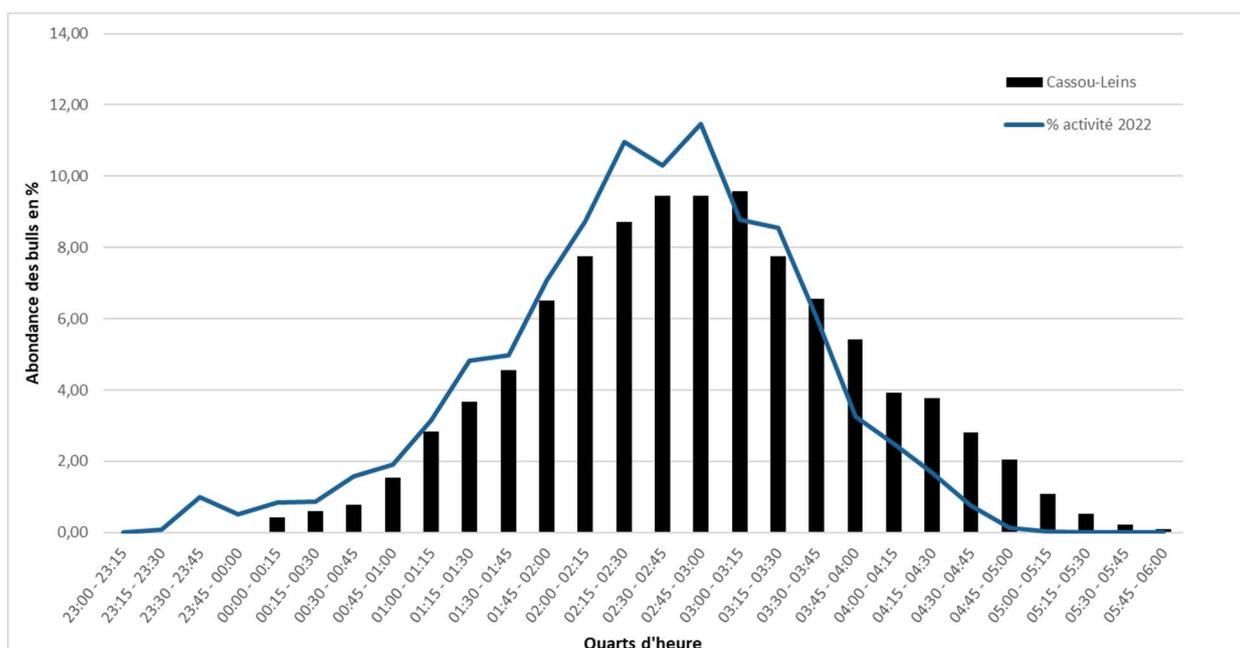


Figure 93 : Comparaison de la répartition nocturne de l'activité de ponte de la grande alose en 2022 au niveau des frayères en aval de Golfech avec celle estimée par Cassou-Leins en 1980

Au total, après extrapolation des données, **24 039 bulls** ont été estimés sur l'ensemble des frayères de la moyenne Garonne en 2022. Il est ensuite possible d'en déduire le nombre de géniteurs présents sur les frayères étudiées (G) et, par la même occasion, en totalisant le nombre de bulls obtenus pour la saison sur toutes les frayères, le nombre total de géniteurs en moyenne Garonne. Tout ceci en supposant que les géniteurs ne se reproduisent que sur une seule frayère, que seule une femelle et un mâle sont impliqués dans un bull et qu'une femelle pond en moyenne entre 8 et 12 fois (Chanseau M. et al., 2005).

Soit : $G = 2N / 10$ avec N = Nbre de bulls et G = Nbre de géniteurs

Ainsi, le stock reproducteur estimé en aval de Golfech est de 4 808 grandes aloses. En ajoutant ce nombre aux 441 aloses de la station de contrôle de Golfech, on obtient **5249 géniteurs** sur la Garonne.

Sites	Aiguillon	Agen	Sauveterre Saint Denis	St Nicolas de la Balermie	Saint Sixte	Lamagistère	Canal de fuite
Nbre de géniteurs	3	3	966	1073	1114	0	1649

Figure 94 : Nombre de géniteurs en 2022 sur le Lot (Aiguillon) et la Garonne

Malheureusement, cette année encore, la migration à Golfech est l'une des plus faibles migrations enregistrées avec seulement 441 individus et contraste avec le nombre d'individus en aval. Effectivement, comme les années précédentes, on retrouve une faible partie des individus au-dessus de Golfech, c'est-à-dire 15 %, alors que la moyenne sur la décennie 90-2000 était un peu supérieure à 50 %. Un questionnement se pose donc sur le peu de passages

à l'ascenseur de Golfech en lien avec la présence de nombreuses aloses à quelques centaines de mètres en aval de l'ouvrage. Un premier élément est certainement en lien avec les faibles effectifs d'aloses qui ne favorisent pas les migrations par banc assez caractéristiques chez cette espèce. De plus, les très faibles débits ainsi que la présence de nombreux silures en pied d'ouvrage pourraient peut-être aussi expliquer ces faibles passages. Sur le tableau ci-dessus, on note que les frayères du Canal, St Sixte, St Nicolas et Sauveterre ont été privilégiées par les géniteurs et ceci en adéquation avec les observations de ces dernières années. Aucune reproduction n'a été observée sur les frayères de St Hilaire de Lusignan, St Pierre de Gaubert, Lamagistère et sur le TCC de la Garonne.

Cette année, suite à la crue du mois d'avril, les débits ont diminué très régulièrement et assez rapidement tout au long de la saison de reproduction (Figure 95). Des valeurs en dessous du module à Lamagistère (386 m³/s) ont été observées dès le début des suivis. Ainsi, les conditions de débits ont été très favorables à la reproduction cette année. Concernant les températures, elles sont marquées par une montée très rapide, avec la barre des 20°C atteinte dès le 19 mai. Deux chutes de températures ont été observées, fin mai et au 10 juin, entraînant une diminution de l'activité de reproduction. Les températures ont ensuite continué leur ascension avec un 27°C atteint le 17 juin. Cette année, les conditions de température pour le développement des œufs et des larves sont donc critiques vis-à-vis des limites de seuils maximums de mortalité pour les œufs et les larves établies à 25,6 et 26,7°C par Jatteau et al. (2017).

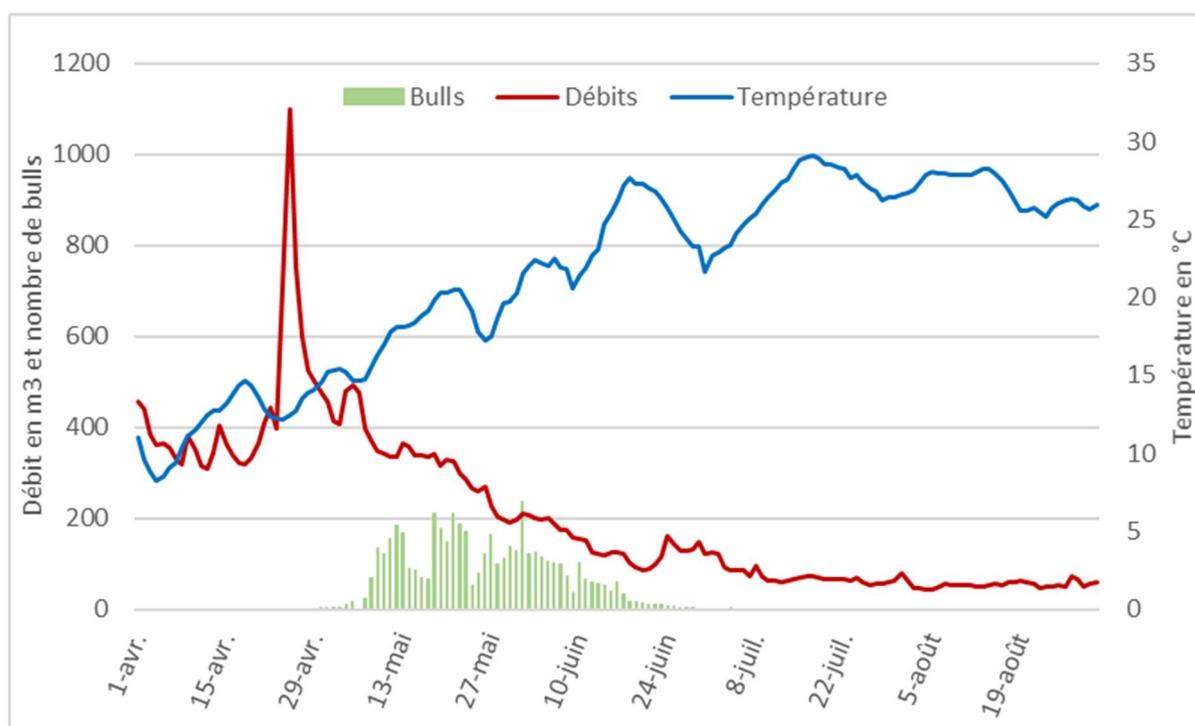


Figure 95 : Evolution des débits et de la température au cours de la saison en lien avec l'activité de reproduction

En 2022, la caractérisation de la prédation du silure sur les grandes aloses et notamment sur les bulls, se poursuit en collaboration avec le Laboratoire ECOLAB de l'université Paul Sabatier de Toulouse. En parallèle, des pêches de régulation (AADPPED33 et SMEAG) ont été réalisées au niveau du canal de fuite de Golfech et sur les frayères de Sauveterre St Denis, St Nicolas de la Balerme et l'aval de St Sixte. Lors de ces pêches, respectivement 592 et 233 silures ont été pêchés à Golfech et sur les frayères en aval (St Sixte, St Nicolas et Sauveterre).

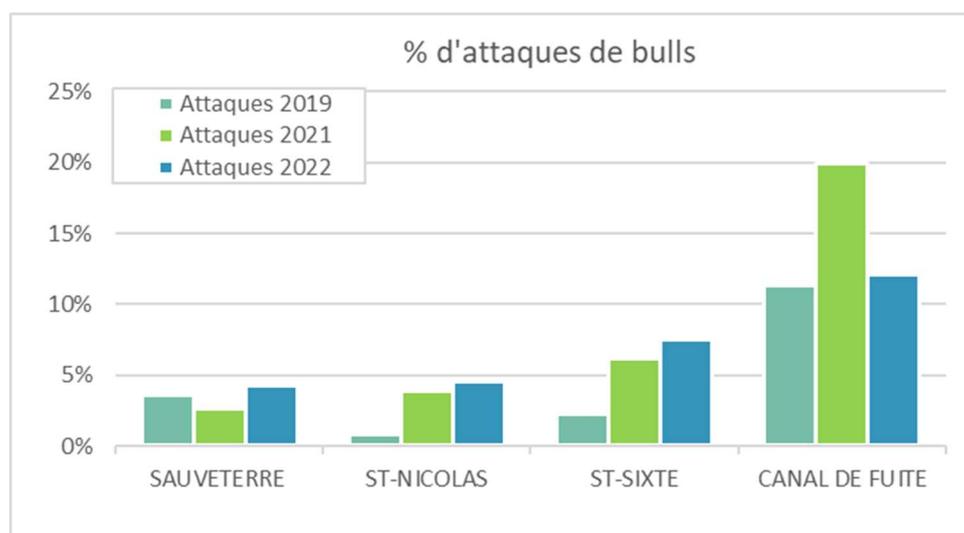


Figure 96 : Pourcentages d'attaques des bulls en fonction des frayères et des 3 années de régulation

L'observation du graphique ci-dessus montre tout d'abord une différence entre la prédation sur le site du canal de fuite et les 3 frayères plus en aval (entre 5,5 km et 14 km en aval de Golfech) avec une prédation moyenne de 15 % au niveau du Canal sur les 3 années étudiées contre en moyenne 4 % sur les frayères aval. Ce qui pourrait s'expliquer par un milieu plus anthropisé (entièrement chenalisé) et avec un potentiel blocage des individus en migration au niveau du Canal de fuite. Et, à contrario, sur les frayères plus en aval avec un profil d'écoulement naturel, la prédation est moins prégnante. Sur la frayère du Canal de fuite, la zone en aval du pont du nucléaire affiche des taux de prédation supérieurs à la zone amont. Ainsi, en 2022, la prédation observée en aval du pont s'élève à 20 % malgré les captures de silures réalisées, ce qui est en adéquation avec les résultats de 2019 où sur le même secteur, le nombre moyen d'attaques avait été estimé à 37 % (Boulêtreau S. et al, 2020) lors des écoutes. Ce pourcentage est une valeur minimale puisqu'il s'agit uniquement d'attaques de bulls compté à « l'oreille » et, en réalité, certaines attaques ont lieu sans bruits spécifiques, comme observé depuis le pont surplombant la frayère du canal lors des suivis vidéo. D'un autre côté, toutes les attaques ne se sont pas conclues par la capture de l'alose.

Sur la Figure 97, on peut observer l'évolution des attaques de bulls au cours de la saison. La tendance générale montre une augmentation de ces attaques au fil des semaines. La moyenne des attaques de bulls, sur les 3 saisons étudiées et sur l'ensemble des frayères, passe de 8,3 % sur la période avril-mai à 10 % sur la période juin-juillet. A première vue, on n'observe donc aucun impact de la régulation des silures par la pêche professionnelle en aval du canal de fuite de la centrale hydroélectrique de Golfech au cours de la saison sur les attaques de bulls, avec même une légère tendance à l'augmentation que ce soit sur la frayère du canal ou bien celles plus en aval. Plusieurs explications peuvent être avancées, comme un nombre très important de silures sur ces zones et donc avec un effet de la régulation nécessitant de plus forts prélèvements pour pouvoir être perçu. Il est aussi possible que les

individus en chasse sur les frayères ne soient pas affectés par les pêches actuelles (au verveux en bordure) car avec une zone de repli différente.

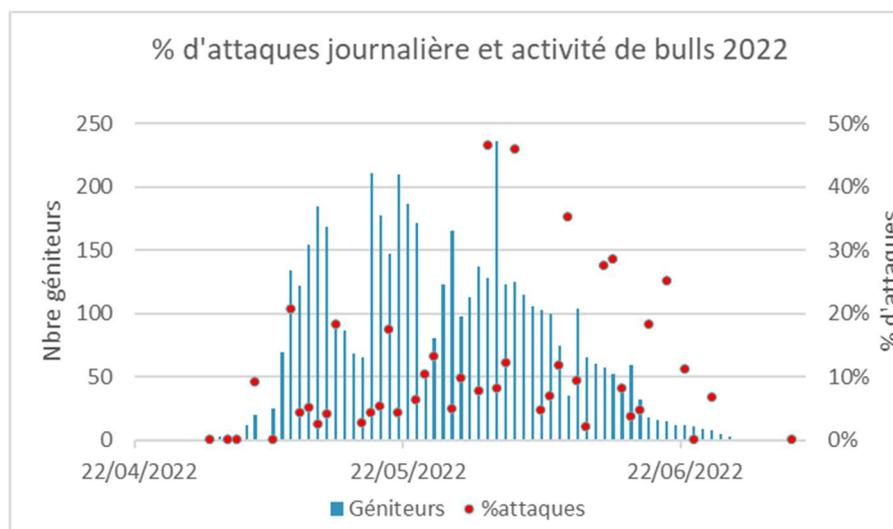


Figure 97 : Evolution journalière des pourcentages d'attaques des bulls sur les frayères au cours de la saison

L'aloise présentant un homing de bassin, elle doit être gérée à l'échelle du bassin Garonne-Dordogne. Sur la Dordogne, cette année, 95 individus ont franchi Tuilières qui se rajoutent aux 3 255 individus en reproduction sur le secteur aval Tuilières.

Ainsi, les résultats de 2022 donnent une estimation du stock reproducteur à **8599 géniteurs**. Une nette diminution est observée par rapport à l'année dernière et l'effectif est également en dessous de la moyenne des 5 dernières années avec 16 000 géniteurs. Des programmes sont actuellement en cours afin d'essayer de comprendre les facteurs qui limitent le retour de la population à des effectifs plus importants, notamment suite à l'arrêt de la pêche en 2008.

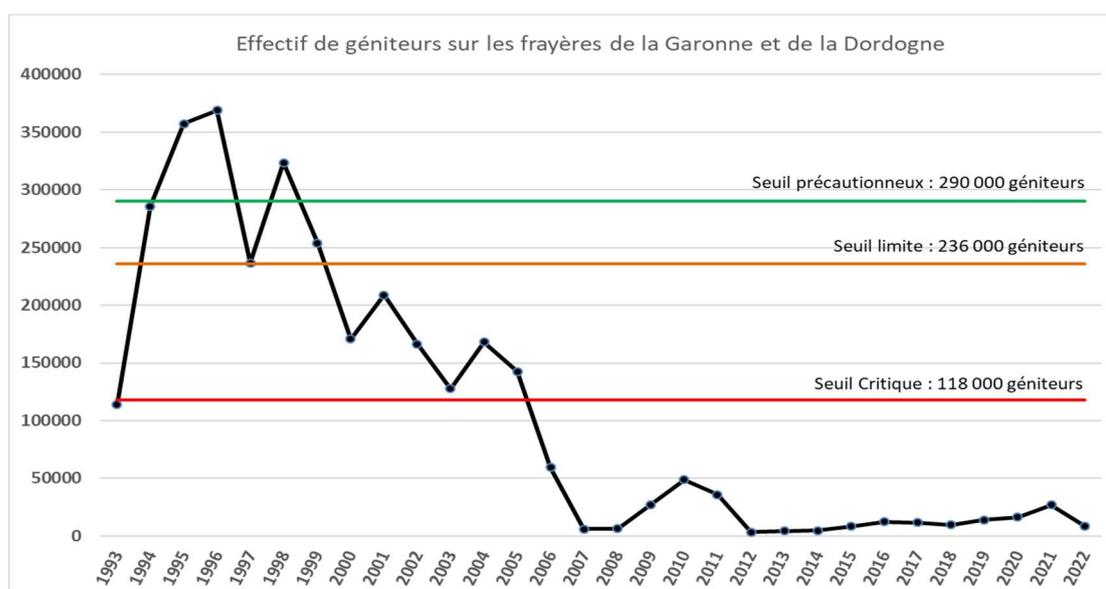


Figure 98 : Evolution du stock de grande alose sur le bassin Garonne/Dordogne entre 1993 et 2022

La Figure 98 montre l'évolution du stock reproducteur d'aloses sur le bassin Garonne Dordogne. D'après le *tableau de bord alose du bassin Garonne Dordogne* (Collin S, Rochard E, 2012), l'indicateur de population « effectif sur frayères », est situé depuis maintenant 17 ans largement en dessous du seuil critique de 118 000 individus, seuil basé sur la relation stock-recrutement (S-R) définie par Rougier (2010).

6.3 Les anguilles

Pour la première fois, la migration des anguilles a été suivie sur une saison à l'usine hydroélectrique de Golfech ainsi qu'au barrage de Malause. Les individus détectés à Malause ont emprunté le tronçon court-circuité de Golfech et franchi les 5 seuils. Il paraît donc intéressant de comparer la fréquentation de ces deux sites ainsi que la taille des individus migrants.

6.3.1 Rythmes de migration entre Golfech et Malause

La Figure 99 présente les pourcentages journaliers de passages d'anguilles à Golfech et à Malause en 2022. A partir du 20 mai, date des premiers franchissements significatifs à Golfech, les pics de migration apparaissent quasi concomitants sur les deux sites mais dans des proportions différentes. En revanche, l'activité était beaucoup plus précoce à Malause avec des passages réguliers entre le 15 avril et le 20 mai alors que très peu d'anguilles étaient enregistrées à Golfech dans le même temps. Ce comportement précoce à Malause pourrait être attribué à des individus bloqués au pied du barrage depuis plusieurs années. Leur taille plutôt supérieure à la moyenne de la saison conforte cette hypothèse.

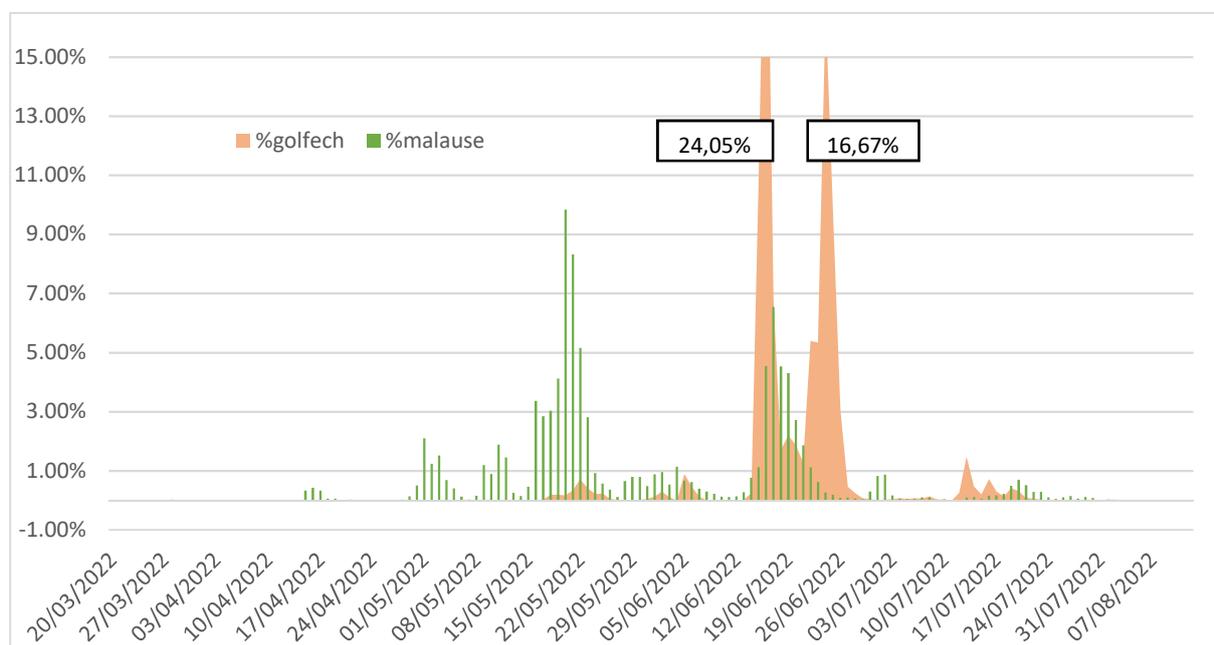


Figure 99 : Rythmes de migration des anguilles à Golfech et à Malause en 2022

6.3.2 Comparaison des classes de tailles entre Golfech et Malause

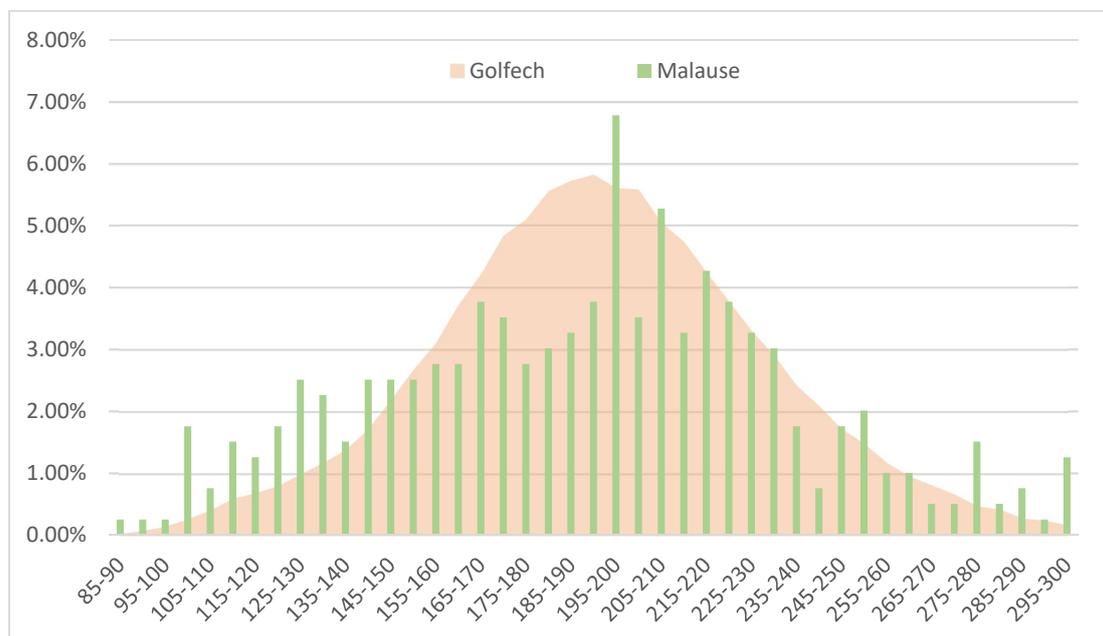


Figure 100 : Répartition des classes de tailles d'anguilles entre Golfech et Malause en 2022

La répartition des classes de tailles des anguilles passées par Golfech et par Malause semble similaire, étant donné le peu d'individus mesurés à Malause (398 contre 165 221 à Golfech). A Malause, les anguilles doivent être mesurées individuellement et manuellement par l'opérateur, ce qui est fastidieux et parfois difficile selon le positionnement des anguilles devant la vitre. De plus, les mesures n'ont pas été systématiques dès le début du suivi, la grande majorité des mesures ont donc été effectuées à posteriori. En 2023, les mesures d'anguilles à Malause seront effectuées de façon plus régulière et mieux réparties dans la saison.

6.4 Le silure

	Golfech	Malause	Bazacle	Carbonne
Moyenne 2000-2021	529		15	10
2022	439	1314	142	21

Figure 101 : Comparaison de la moyenne des passages de silures entre 2000-2021 et des passages observés en 2022 sur les stations de contrôle à la montaison de la Garonne

Au regard des passages historiques, l'année 2022 semble particulière avec un nombre de silures comptabilisés à Golfech légèrement inférieur à l'historique tout en restant

relativement stable tandis qu'au Bazacle le nombre d'individus contrôlés est presque 10 fois supérieur à l'historique.

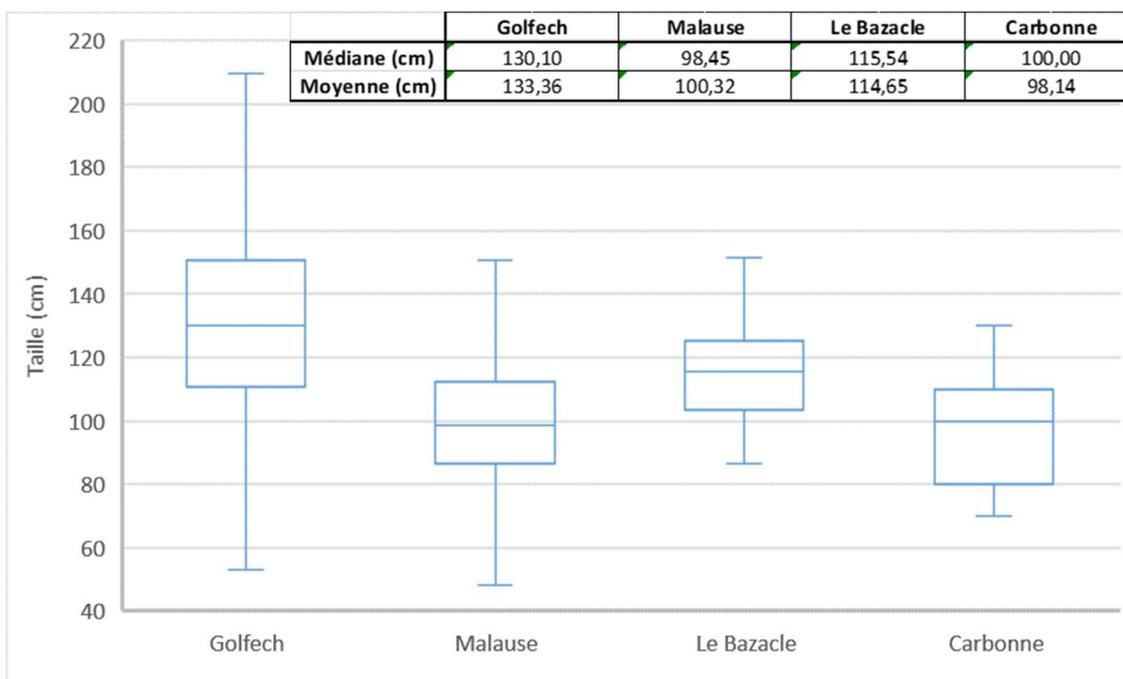


Figure 102 : Tailles des silures contrôlés aux vitres des stations de contrôle à la montaison de la Garonne en 2022

Bien que les sites de Golfech et Malause soit très proches géographiquement parlant, le contexte au pied des deux ouvrages est radicalement différent. Ainsi, on observe une différence de tailles entre les sites avec des tailles d'individus plus faibles à Malause lors de cette première année de fonctionnement et de suivi de l'ouvrage et qui peut s'expliquer par l'évacuation d'un stock présent à l'aval.

En remontant sur le bassin, la taille des individus observés diminue selon un gradient d'éloignement à l'estuaire. Ces différences de tailles s'expliquent par la température de l'eau, plus faible en amont, qui limite la croissance des silures.

6.5 Les holobiotiques

6.5.1 Diversité spécifique

Sur l'ensemble du bassin de la Garonne, après regroupement des 4 stations de contrôle, ce sont 39 espèces différentes (5 migratrices et 34 holobiotiques) qui ont été observées entre 1993 et 2022 (Figure 103).

	Golfech	Malause	Le Bazacle	Carbone	Nombre d'espèces différentes total
Nombre d'espèces différentes 93-2022	32	19	18	24	39
Nombre d'espèces maximum pour une année entre 93-2021	18		18	24	
Nombre d'espèces 2022	26	19	10	11	29

Figure 103 : nombre d'espèces différentes observées par station

A Golfech, depuis le début des suivis en 1993, 32 espèces différentes ont été observées avec un maximum de 18 espèces en 1996-1997. Si le nombre d'espèces observé était relativement stable pendant cette période (moyenne : 16 espèces par an), l'année 2022 montre une richesse spécifique importante et même la plus importante depuis le début des suivis (26). Ces résultats sont dus au nouveau système d'acquisition plus performant et ne sont donc pas comparables à l'historique.

Au Bazacle, 18 espèces différentes ont pu être comptabilisées depuis 1993. La diversité maximum annuelle est également de 18 espèces (en 1996) pour une moyenne de 13 espèces par années.

A Carbone, comme au Bazacle, le nombre d'espèce différentes comptabilisées sur une année et sur l'ensemble de la période de suivi est le même et s'élève à 24 espèces. Le nombre d'espèce moyen par année est lui de 14 espèces.

L'évolution du nombre d'espèces observée sur les stations du Bazacle et de Carbone semble montrer une tendance à la disparition de certaines espèces et donc une perte de diversité (Figure 82 ; Figure 83). Cependant, une perte de diversité n'est pas nécessairement négative et dépend des espèces impactées (natives ou introduites).

L'évolution du nombre d'espèces observées sur l'ensemble des stations semble montrer une tendance à la disparition de certaines espèces et donc une perte de diversité. Ce constat semble d'autant plus important sur l'amont de la Garonne.

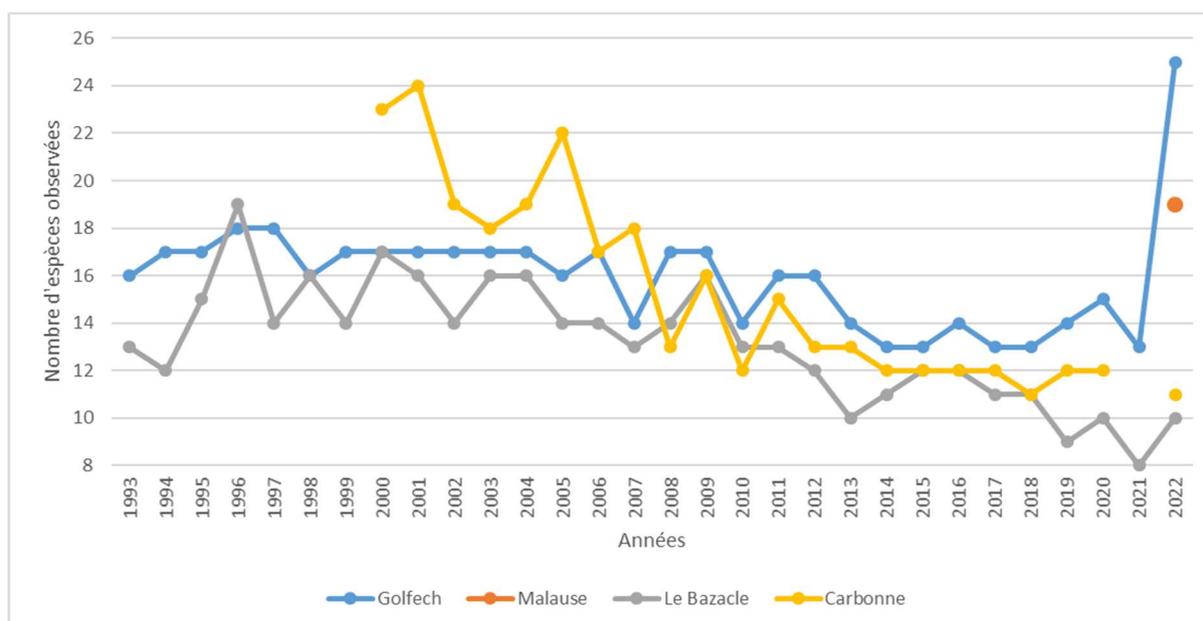


Figure 104 : Evolution de la diversité spécifique observée au niveau de chaque station de la Garonne sur la période 1993 - 2022

6.5.2 Espèces dominantes et abondance

Les 5 espèces dominantes sur chaque site sont répertoriées sur les graphiques de la Figure 106. De Golfech au Bazacle, les espèces les plus observées sont identiques. En revanche à Carbonne, si les trois espèces principales sont les mêmes que sur les autres sites, les chevesnes et les gardons ne représentent pas une grosse proportion des observations, ils sont remplacés par les goujons et les toxostomes. A noter qu'aucune de ces sept espèces n'a été introduite.

	GOLFECH	BAZACLE	CARBONNE
Ablette	73%	81%	49%
Barbeau	2%	10%	8%
Brème	18%	5%	1%
Chevesne	2%	1%	
Gardon	4%	4%	
Goujon			15%
Toxostome			13%
Total	98%	100%	87%

Figure 105 : Représentativité des 5 espèces dominantes au sein des holobiotiques depuis le début des suivis.

L'évolution de l'abondance de ces espèces peut être utilisée comme un indice afin de détecter une tendance générale de l'évolution de l'abondance des espèces holobiotiques à différents niveaux de la Garonne et ainsi donner une idée de l'état général des populations.

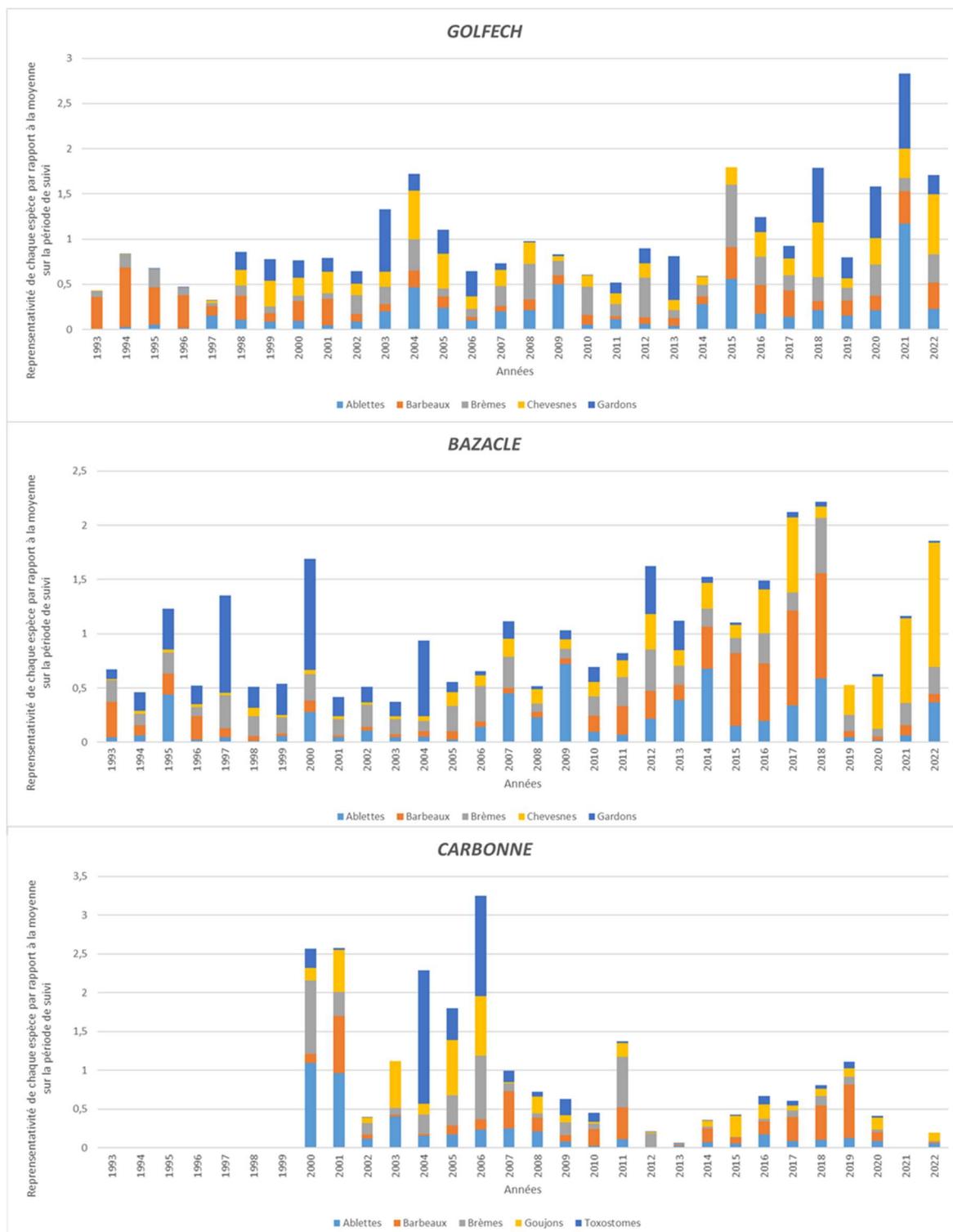


Figure 106 : Evolution de l'abondances des 5 espèces les plus représentées sur chaque station

La Figure 106 montre l'évolution du rapport à la moyenne des 5 espèces dominantes contrôlées aux différentes stations chaque année. Au niveau de **Golfech**, une grande variabilité interannuelle est observée mais aucune tendance ne se dessine quelle que soit l'espèce considérée. Au global, les populations semblent en légère hausse depuis 2015 par rapport à la moyenne historique.

Au **Bazacle**, on observe une diminution progressive des gardons au profit des chevesnes tandis que les populations de brèmes semblent stables. Le barbeau, qui était bien représenté dans les années 2010 a vu sa représentativité diminuer de façon importante à la vitre de contrôle. L'ablette, quant à elle, semble avoir un comportement atypique et cyclique depuis 2006, uniquement observé sur ce site. En effet, on observe depuis cette année-là une augmentation des effectifs contrôlés durant 4 années puis une chute brutale. Ce cycle a été observé à 3 reprises et, si cela se confirme, l'année 2022 correspondrait à la troisième année de hausse des effectifs contrôlés. Cependant, à chacun des « cycles », une tendance à la diminution est observée. Au global, ici aussi une tendance des effectifs semble à la hausse depuis 2012 par rapport à la moyenne historique.

A **Carbonne**, on observe une diminution importante de l'ensemble des populations depuis 2007 et certaines espèces, comme le barbeau, qui semblait reprendre de l'importance entre 2014 et 2019 se sont finalement à nouveau affaiblies. A noter toutefois qu'en 2021, la station n'a pas fonctionné et qu'en 2022 elle a fonctionné très peu de temps comparativement aux années précédentes. Au global, les populations semblent être en difficulté depuis la fin des années 2000.

A noter, que ce document traite pour chaque site des poissons contrôlés dans le système de franchissement et que le fonctionnement ou la disponibilité de celui-ci peut différer d'une année à l'autre et donc impacter les effectifs annuels.

6.5.3 Période d'observations

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
GOLFECH	1993-2021	0,02%	0,05%	0,80%	5,56%	10,69%	14,81%	19,63%	16,11%	23,28%	7,75%	1,20%	0,12%
	2022	0,05%	0,08%	1,41%	4,41%	21,36%	31,25%	21,99%	1,82%	6,13%	0,30%	10,65%	0,56%
LE BAZACLE	1993-2021	0,00%	0,00%	0,63%	1,41%	2,54%	8,80%	16,02%	8,16%	51,08%	10,97%	0,38%	0,00%
	2022	0,00%	0,01%	0,02%	0,34%	1,96%	7,94%	7,28%	64,07%	14,83%	3,12%	0,42%	0,00%
CARBONNE	2000-2021	0,02%	0,06%	0,06%	0,15%	2,69%	6,42%	26,62%	13,57%	25,29%	21,80%	3,15%	0,19%
	2022	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,47%	3,54%	94,99%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Figure 107 : Période d'observation des espèces holobiotiques à Golfech, au Bazacle et Carbonne. Comparaison entre la moyenne observée sur la période 1993 – 2021 et 2022

Globalement, les déplacements des espèces holobiotiques ont eu lieu légèrement plus tôt en 2022 par rapport aux déplacements historique. Ils ont également été concentrés sur des périodes de temps plus courtes qu'à l'accoutumée. L'activité piscicole étant fortement liée à la température (Bartolini & al. 2015), ces écarts aux données historique sont donc très probablement dus aux débits de la Garonne, très faibles en 2022, ayant conduit à une hausse de la température de l'eau rapide et importante.

CONCLUSION

Depuis 1993, la faune piscicole qui emprunte les passes à poissons de Golfech et du Bazacle est suivie chaque année. La station de Carbonne est, quant à elle, suivie depuis 2000.

L'année 2022 est marquée par la mise en service de la rivière de contournement située au droit du barrage de Malause. Le contrôle de ce nouveau système de franchissement a été confié à MIGADO et est équipé du système d'acquisition vidéo développé par la société Hizkia. Afin d'homogénéiser les données sur l'ensemble du complexe Golfech / Malause, le système vidéo de Golfech, SYSIPAP a également été changé en 2022 par le système Hizkia.

En 2022, les ouvrages de franchissements ont fonctionné à 80 %, 100 %, 88 % et 38 % du temps respectivement à Golfech, Malause, au Bazacle et à Carbonne. Pendant la période de migration, la saison est marquée par la rupture du câble de l'ascenseur à poissons de Golfech au mois d'avril occasionnant un fonctionnement dégradé de l'ascenseur à poissons après réparation. Par ailleurs, à Carbonne, un problème également de treuil et de câble, obligeant une réparation lourde, a rendu indisponible la station de piégeage à partir de la mi-août.

Durant l'année 2022, 28 espèces différentes ont été recensées dont 3 grands migrateurs amphihalins. A noter qu'à Golfech, 26 de ces 28 espèces sont présentes et ont pu être déterminées grâce au nouveau système d'acquisition vidéo Hizkia. Il est également important de signaler que la diversité spécifique a tendance à diminuer sur les stations du Bazacle et de Carbonne depuis la mise en service des stations de contrôle (1993 pour Bazacle et 2000 pour Carbonne).

Les effectifs de grandes aloses sur le site de Golfech sont très faibles (441) et les résultats de 2022 donnent une estimation du stock reproducteur à l'échelle du bassin Garonne Dordogne de **8599 géniteurs**. Ainsi, une nette diminution est observée par rapport à l'année dernière et l'effectif est également en dessous de la moyenne des 5 dernières années avec 16 000 géniteurs. Des programmes sont actuellement en cours afin d'essayer de comprendre les facteurs qui limitent le retour de la population à des effectifs plus importants, notamment suite à l'arrêt de la pêche en 2008.

Les effectifs de saumons contrôlés à Golfech sont supérieurs à la moyenne de ces 19 dernières années (124 individus en moyenne sur la période 2003-2021) avec 166 individus observés. Plus de 85 % des individus ont été contrôlés avant la fin du mois d'avril, et la population est globalement constituée à 98 % d'individus de plusieurs hivers de mer (164 individus). Sur ces 166 saumons, 92 ont été transportés sur l'Ariège pour permettre de favoriser la reproduction naturelle sur ce bassin, 5 transportés au centre de reconditionnement de Bergerac, 4 sont morts dans le canal de transfert dont 2 prédatés et 26 ont été marqués (télémétrie) puis lâchés à l'aval de Golfech. A Malause, 4 saumons ont été contrôlés dès la première année de mise en service de la passe si bien qu'au final, sur les 170 individus observés au niveau du complexe Golfech-Malause, 48 ont échappé aux différentes opérations de piégeage et ont pu migrer jusqu'au Bazacle. Parmi ces individus, seulement 14 saumons ont franchi le barrage du Bazacle à Toulouse, soit 30 % des effectifs contrôlés à Golfech. Ainsi, en 2022, ce sont 106 saumons sur les 168 qui ont la possibilité de se reproduire (14+92), soit 63 % des effectifs. Enfin, l'étude des conditions de migration des saumons sur la Garonne s'est poursuivie en 2022 et sur les 26 individus piégés, marqués et lâchés en aval de Golfech. 5 ont franchi le barrage de Golfech, 4 sont parvenus au droit du Bazacle, 2 ont emprunté la passe à poissons et 1 saumon marqué a été piégé à Carbonne, accompagné de 5 autres individus non marqué. Un rapport détaillé spécifique à cette étude reprend le comportement général et individuel des effectifs marqués (Rapport MIGADO MPPEG22, à paraître). Par ailleurs, Les résultats de cette étude, partagés avec les partenaires techniques (OFB, EDF

R&D, EDF CIH et ECOGEA), ont également permis de faire des nouvelles préconisations de gestion de l'ascenseur à poissons de Golfech afin d'en améliorer son efficacité.

En 2022, ce sont 171743 anguilles qui ont été comptabilisées comme ayant franchi la rampe spécifique de Golfech. D'après les études des années précédentes sur ce site, 10 % d'anguilles auraient franchi l'obstacle par l'ascenseur à poissons : 17170 individus. Ainsi, il a été estimé à **188900 le nombre d'anguilles ayant franchi l'ouvrage de Golfech en 2022**, soit la deuxième meilleure année de migration. Par ailleurs, près de 90 % ont pu être mesurés sans manipulation grâce au système de comptage automatique mis en place sur la station depuis 2 ans (Hizkia). A Malause, environ 9000 individus ont été observés lors de cette première année de contrôle et des réglages d'acquisition de données sont en cours pour optimiser l'acquisition et le dépouillement sur ce site.

Aucune lamproie n'a été contrôlée à Golfech en 2022 et cette absence de lamproies depuis maintenant près de 10 ans est très alarmante, d'autant plus que cette espèce est quasiment le seul grand migrateur exploité par la pêche aux engins sur la partie aval des axes. L'espèce a été déclassée en espèce en danger par l'UICN au niveau national depuis 2019.

Enfin, la problématique silure, qui se traduit par des perturbations de la migration des aloses et des saumons dans le canal de transfert de l'ascenseur à poissons, a été moins prégnante sur le site, certainement en raison d'une migration très faible des saumons à partir du mois de mai et de très faibles effectifs de grande alose au niveau de l'ascenseur à poissons. Ainsi, en 2022, seulement 8 silures ont été capturés dans le canal de transfert sur les 439 individus observés à Golfech. Parallèlement, des tests d'effarouchement au droit des entrées de l'ascenseur à poissons de Golfech ont été effectués avec la collaboration active des fédérations de pêche locales et un protocole établi conjointement entre MIGADO et l'université Paul Sabatier (laboratoire EDB). Ces premiers tests effectués à partir de la mi-mai sont encourageants mais devront être reconduits en 2023 sur une plus grande période (avril – Juin) pour permettre de conclure sur l'efficacité d'une telle pratique.

BIBLIOGRAPHIE

BARRACOU D., Communication personnelle.

BARTOLINI, T., BUTAIL, S. & PORFIRI, M. Temperature influences sociality and activity of freshwater fish. *Environ Biol Fish* 98, 825–832 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10641-014-0318-8>

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 GHAAPPE RA05.01, 101 p.

BOULÉTREAU S., CARRY L., MEYER E. *et al.* High predation of native sea lamprey during spawning migration. *Sci Rep* 10, 6122 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62916-w>

BOYER-BERNARD S., 1991. Contribution à la définition de dispositifs d'évitement des centrales hydroélectriques pour les juvéniles de poissons migrateurs. Thèse de doctorat : Sciences agronomiques : Toulouse, INPT : 1991.

BOUYSSONNIE W., CARRY L. GRACIA S., MENCHI O., 2022. Etude des rythmes de migration des espèces amphibiotiques et holobiotiques de la Garonne au niveau des stations de contrôle de Golfech, du Bazacle et de Carbonne au cours de l'année 2021. Rapport MI.GA.DO

CASSOU-LEINS F., CASSOU-LEINS J.J., 1996. Etude des rythmes de migration des espèces amphibiotiques et holobiotiques de la Garonne au niveau de la station de contrôle de Golfech au cours de l'année 1995. Rapport MI.GA.DO., 25 p. + annexes.

CASTIGNOLLES, 1995. Automatisation du comptage et de la reconnaissance des espèces dans les passes à poissons par l'analyse de séquences d'images. Thèse doctorat, INP Toulouse, 167 p.

CHANSEAU M., DARTIGUELONGUE J., LARINIER M., 2000. Analyse des données sur les passages enregistrés aux stations de contrôle des poissons migrateurs de Golfech et du Bazacle sur la Garonne et de Tuilières sur la Dordogne. Rapport GHAAPPE RA00.02 / MI.GA.DO. G14-00-RT, 64 p.

COURRET D., RICHARD S., MATAIX V., ROY R., LAGARRIGUE T., CARRY L., GRACIA S., 2022. Proposition de nouvelles consignes de gestion de l'ascenseur à poissons de Golfech pour en améliorer l'efficacité.

PORCHER J.P., 1994. Le saumon atlantique en France en 1993. Captures par les pêcheurs et professionnels en eau douce. Eléments de connaissance et de gestion des stocks. Rapport CSP, 48 p.

VOEGTLE B., LARINIER M., 1999. Etude sur les capacités de franchissement des anguillettes –Site hydroélectrique de Tuilières sur la Dordogne (24). Rapport GHAAPPE RA99.04/MIGADO G14.99.RT. 28p + annexes.

Site internet : <http://www.eaufrance.fr>

Opération financée par :



UNION EUROPÉENNE



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional



Association MIGADO

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

www.migado.fr -   

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