



# VOILET POISSONS MIGRATEURS 2015-2021



Anguille jaune  
(© G. Germis, BGM)



Saumon mâle (© G. Germis, BGM)



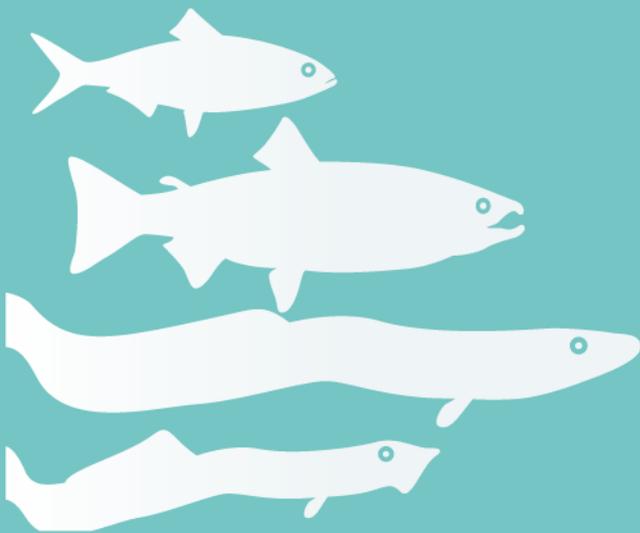
Grande alose (© FD56)



Lamproie marine  
(© F. Guéineau, FD35)



Truite de mer (© A. Langlois, Syndicat Horn)



Suivi scientifique des migrations de poissons de la passe à bassins du barrage d'Arzal, Suivi 2019

Brice Sauvaget  
Gérard Eriau  
Cédric Briand

Juin 2020

Réalisé avec le concours financier de :

Soutiennent les actions du volet "poissons migrateurs" :



## Résumé

Ce rapport présente le bilan de suivi de la passe à bassins d'Arzal en 2019. Il détaille le fonctionnement de la passe, de son système d'enregistrement vidéo, ainsi que les effectifs annuels des principales espèces ayant transité par la passe du barrage d'Arzal à l'estuaire de la Vilaine. En 2019, 2048 aloses (*Alosa Sp.*), 456 lamproies marines (*Petromyzon marinus*), 7 truites de mer (*Salmo trutta trutta*), 39 saumons (*Salmo salar*) et 304871 mulets porcs (*Chelon ramada*) ont été comptabilisés à la passe d'Arzal. Ce rapport a été automatisé à l'aide des commandes du logiciel stacomir <http://stacomir.r-forge.r-project.org/>.

*Mots clés : mullet, lamproie marine, alose, stacomir*

## Abstract

This report presents the monitoring of the pool fishway at Arzal in 2019. It details the operation of the fishway and its recording video device, along with the annual number of the main species crossing the Arzal Dam in the Vilaine estuary. In 2019, 2048 shads (*Alosa Sp.*), 456 sea lampreys (*Petromyzon marinus*), 7 sea trouts (*Salmo trutta trutta*), 39 salmon (*Salmo salar*) and 304871 (*Chelon ramada*) mullet have been counted at the Arzal fishway. This report has been automated using the stacomir package <http://stacomir.r-forge.r-project.org/>.

*Keywords : mullet, lamprey, shad, stacomir*

## Sommaire:

<b>1 Matériel et méthodes</b>	<b>2</b>
1.1 Site d'étude . . . . .	2
1.1.1 Le barrage . . . . .	2
1.1.2 La passe à bassins . . . . .	2
1.2 Fonctionnement de la passe à bassins . . . . .	3
1.2.1 Principe . . . . .	3
1.2.2 Catégories d'état de la passe à bassins . . . . .	3
1.3 Système de suivi vidéo numérique . . . . .	4
1.3.1 Enregistrement vidéo . . . . .	4
1.3.2 Dépouillement vidéo . . . . .	5
1.3.3 Echappement au dispositif de franchissement . . . . .	5
<b>2 Résultats</b>	<b>6</b>
2.1 Fonctionnement de la passe à bassins . . . . .	6
2.2 Conditions environnementales . . . . .	7
2.3 Mulets . . . . .	8
2.4 Lamproies marines . . . . .	12
2.5 Aloses . . . . .	15
2.6 Saumons . . . . .	19
2.7 Truite de mer . . . . .	21
2.8 Autre espèces . . . . .	22
<b>3 Annexes</b>	<b>24</b>

## Introduction

L'estuaire de la Vilaine est limité à sa portion aval par le barrage d'Arzal, construit par l'IAV en 1970, et qui à 12 km de la mer bloque l'onde de marée. L'estuaire en amont, jusqu'à la limite historique de l'estuaire tital (barrages de Malon et de la Potinais à 70-80 km en amont) a été transformé en rivière. Le plan d'eau ainsi créé à vu se développer de nouveaux usages dont les principaux sont la navigation et l'eau potable. Le barrage d'Arzal joue aussi un rôle majeur dans la protection contre les crues de l'aval du bassin versant, en empêchant les conjonctions de forts débits amont et de d'importantes surcotes de marées. Ce barrage constitue ainsi une rupture nette entre des eaux saumâtres et douces. Il évacue le débit de la Vilaine qui avec 12400 km<sup>2</sup> couvre le tiers de la surface la Bretagne. Le barrage d'Arzal est un obstacle majeur à la circulation des poissons migrateurs. Entre 1970 et 1995, année de la mise en service de dispositifs de franchissements, leurs populations ont très fortement régressé sur le fleuve, voire même disparu. Les passes à poissons du barrage d'Arzal, mises en service à l'automne 1995, font l'objet d'un suivi régulier. En 1996 et 1997, les migrations dans la passe à bassins ont été comptabilisées sur l'ensemble de l'année. Entre 1998 et 2012, seule la période favorable (généralement de mars à juin) fait l'objet d'un suivi. Depuis 2013, le suivi est à nouveau annuel.

Ce rapport décrit le fonctionnement de la passe à fente verticale du barrage et de son système de vidéosurveillance

associé. Il fait également la synthèse des passages de poissons migrateurs par la passe à bassins en 2019 (la migration sur les passes à anguilles est traitée dans un autre rapport : *Gestion de l'anguille sur le bassin versant de la Vilaine*).

## 1 Matériel et méthodes

### 1.1 Site d'étude

#### 1.1.1 Le barrage

L'ouvrage, édifié entre 1965 et 1970, est constitué d'une partie centrale de 160 mètres comprenant 5 vannes et une écluse, et d'une digue en terre de 360 mètres (Photo 1). Il bloque l'onde de marée à 12 kilomètres de l'embouchure et constitue une rupture nette entre le milieu estuarien et le plan d'eau douce artificiellement créé à l'amont. Le marnage à l'aval est de 7 mètres lors des grandes marées (Figure 1).



FIGURE 1 – Photographie aérienne du barrage d'Arzal.

#### 1.1.2 La passe à bassins

Deux passes ont été construites en 1995 sur le barrage. La première est un dispositif spécifique pour les anguilles composé de rampes de reptation plongeant dans l'estuaire et permettant aux anguillettes et aux civelles de grimper le long des rampes en prenant appui sur des brosses, puis plus en amont d'un piège, un vivier de stockage dans lequel les anguilles tombent après avoir franchi la rampe. La deuxième est la passe à bassins successifs dont le suivi fait l'objet de ce rapport. Elle est composée de 9 bassins successifs reliés entre eux par des fentes verticales (Larinier et al., 1999). Des chutes s'établissent entre les bassins et permettent de passer de la cote de l'estuaire à la cote du plan d'eau amont (la passe constitue une sorte d'escalier hydraulique). Le poisson est attiré à l'entrée de la passe par un courant d'eau douce. Il va remonter successivement

la chute aval et les différents bassins de la passe à poissons (2) pour se retrouver à l'amont du barrage au niveau de la chambre de visualisation (3) (Figure 2).



FIGURE 2 – Reconstitution pédagogique vue de dessus et en 3D de la passe à bassins du barrage d'Arzal.

Les paramètres hydrauliques de la passe conditionnent le passage des espèces migratrices : le courant doit être suffisant pour attirer le poisson vers l'entrée de la passe, mais pas trop puissant pour lui permettre de franchir les chutes qui s'établissent entre chaque bassin. Ces paramètres doivent rester compris dans une gamme de valeurs permettant le franchissement des espèces que l'on désire faire passer. Ils dépendent étroitement du niveau d'eau amont et de la hauteur de chute qui s'établit en entrée de passe. Or, le niveau aval, lié à la marée, et le niveau amont lié à la gestion du plan d'eau par le barrage, sont très fluctuants. Une série de vannes gérées par un automate permet d'adapter en permanence le nombre de bassins (le nombre de marches d'escalier nécessaires pour franchir le dénivelé) et la hauteur de chute aval (la hauteur de la première marche). La mise au point de la passe a été réalisée en 1996 et a permis de caler les conditions de course, d'ouverture et de fermeture des différentes vannes en fonction du niveau de la marée (Briand et Boussion, 1998). La passe à bassins est franchissable par plusieurs espèces marines, avec les grands migrateurs (saumon, truite de mer, alose, lamproie, mullet, anguille jaune) et d'autres espèces dont les passages sont anecdotiques (bar, flet), mais également par des espèces d'eau douce dévalant en estuaire par l'écluse ou par les vannes lors des épisodes de forts débits (silure, carpe, amour blanc, sandre, gardon, ablette, brème...). Ce type de passe permet de s'adapter aux grandes variations de niveaux amont et aval rencontrées en estuaire.

## 1.2 Fonctionnement de la passe à bassins

### 1.2.1 Principe

Le rôle du barrage d'Arzal est de limiter au maximum les entrées d'eau salée en Vilaine. La passe à bassins, située à l'interface de la mer et de l'eau douce, subit donc des contraintes liées aux marées. Un automate informatique gère les vannes aval et amont de la passe à bassins en fonction des niveaux d'eau de la mer et de la Vilaine. La passe fonctionne seulement quand le niveau de la mer est inférieur au niveau amont. La contrainte de sécurité de 30 cm sert à empêcher les intrusions d'eau salée dans le plan d'eau amont. La passe reste en fonctionnement à basse mer mais on considère qu'au-delà de 50 cm la chute à l'aval de la passe n'est plus franchissable. Lorsque le niveau dans le dernier bassin à l'aval de la passe (Niveau SAS) est situé 50 cm en dessus du niveau mer, la passe est considérée en dysfonctionnement hydraulique.

### 1.2.2 Catégories d'état de la passe à bassins

Les fonctionnements de la passe sont classifiés suivant les standards nationaux établis par le SANDRE dans le [guide des stations de contrôle des migrations](#) :

1. Fonctionnement normal.
2. Arrêt ponctuel lié au fonctionnement du dispositif : marée haute.
3. Arrêt technique : la passe est arrêtée mais compte tenu du niveau de la mer, elle pourrait être en fonctionnement. Les limitations de fonctionnement en période d'étiage sont incluses dans cette catégorie.
4. Dysfonctionnement hydraulique : à basse mer, la hauteur de chute à l'aval empêche la migration des poissons.
5. Inconnu : pas de données provenant de la base de données du barrage.

En pratique, il est difficile de différencier un arrêt technique de la passe et un arrêt à marée haute. Ainsi, les périodes d'arrêt technique de la passe sont traduites en alternance de périodes d'arrêt technique -la passe est fermée alors que le niveau de la mer permettrait son ouverture- et des périodes d'arrêt normal lié au fonctionnement -en fonctionnement normal la passe aurait été fermée car le niveau de la mer s'approche à moins de 30 cm du niveau de la Vilaine ce qui déclenche la fermeture de la vanne amont pour éviter les intrusions d'eau salée (Figure 47 en annexe).

En dehors des périodes d'arrêt et lorsque les coefficients de marée dépassent 70, la passe alterne entre des périodes où elle est fermée à marée haute, des périodes de régulation à marée montante et descendante, et où le niveau de la mer à basse mer descend en dessous de la cote de régulation de la vanne. La chute aval augmente alors au delà du seuil de 50 cm auquel nous considérons que la passe devient

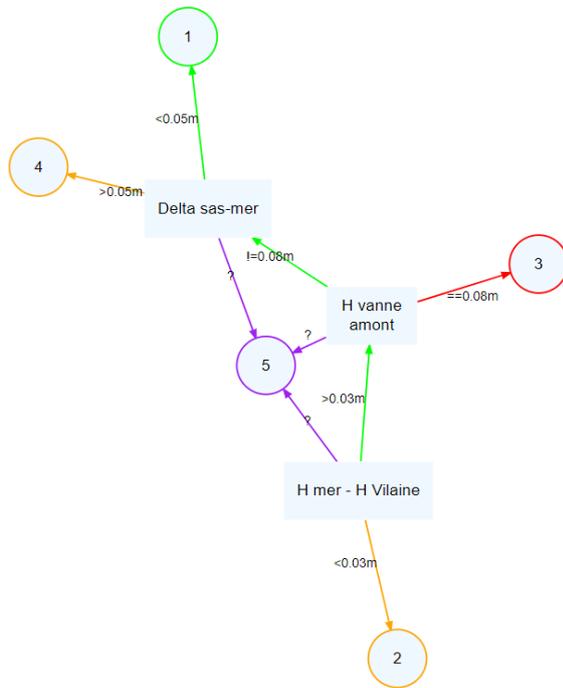


FIGURE 3 – Diagramme schématisé de l'algorithme de calcul du fonctionnement de la passe. Les valeurs sont en mètres. La passe fonctionne pour une différence de niveaux entre la Vilaine et la mer supérieure à 30 cm, elle est fermée quand le codeur de la vanne amont est à la cote 0.08m, elle est ouverte pour toutes les autres valeurs. Un dysfonctionnement hydraulique est noté pour des valeurs de chute aval supérieures à 50 cm (lors des basses mer). En cercles les types de fonctionnement du dispositif, 1 = Fonctionnement normal, 2 = arrêt normal dû au fonctionnement du dispositif, ici marée haute, 3 = arrêt pour maintenance, 4 = dysfonctionnement hydraulique, 5 pas de données. Le graphique est créé à partir du package DiagrammeR (Iannone, 2019).

infranchissable (dysfonctionnement hydraulique) (Figure 48 en annexe).

Lors des périodes d'étiages, deux moyens sont utilisés pour réduire le débit de la passe. D'une part la fermeture du canal de débit d'appoint qui double le débit dans le bassin aval de la passe, d'autre part l'arrêt de la passe à basse mer car les migrations sont nulles lorsque la passe est en dysfonctionnement hydraulique, et globalement les passages sont faibles lors des marées descendantes. Malgré la baisse de débit, nous considérons que la passe reste attractive car l'exutoire des tuyaux du siphon se situe près de l'entrée aval de la passe, et il n'est pas nécessaire de maintenir un débit d'attrait important pour que les poissons trouvent la source principale de l'eau douce s'écoulant dans un estuaire à la salinité proche de l'eau de mer.

### 1.3 Système de suivi vidéo numérique

Avant leur sortie à l'amont de la passe, les poissons sont dirigés par un système de grille vers un couloir équipé de vitres. Un caisson de rétroéclairage permet de filmer les poissons en ombres chinoises. Le système d'enregistrement se compose d'une caméra, d'un ordinateur pour l'enregistrement (Figure 4). Le système de comptage est basé sur un enregistrement numérique des passages de poissons réalisé à l'aide des logiciels SYSIPAP (Système de Surveillance Informatisée des Passes à Poissons). Ce système fonctionne en deux phases :

- la première est une phase d'enregistrement sur le site de séquences vidéo numérisées et compressées d'une taille d'environ 10 Mo (logiciel WSEQ32, vers. 6.2),
- la deuxième est un dépouillement des enregistrements en temps différé (WPOIS32, vers. 5.2).



FIGURE 4 – Système de suivi vidéo numérique.

#### 1.3.1 Enregistrement vidéo

Le logiciel d'acquisition de séquences d'images WSEQ32 (Image 5) comprend les fonctionnalités suivantes :

- déclenchement d’alarme basée sur la détection d’intensité lumineuse,
- déclenchement d’enregistrement comprimé sur le disque dur d’un PC.

Les paramètres ajustables sont :

1. le cycle de mesure,
2. la taille, la sensibilité et le mode actif/inactif des cellules composant l’écran,
3. le seuil de déclenchement de l’alarme,
4. la temporisation de l’alarme,
5. le nombre d’images enregistrées précédant la condition de déclenchement.

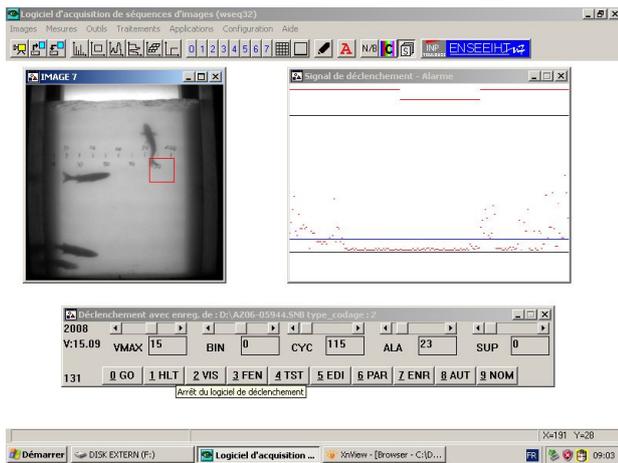


FIGURE 5 – Logiciel d’acquisition vidéo.

### 1.3.2 Dépouillement vidéo

Le logiciel de dépouillement WPOIS32 (Figure 6) fonctionne sur Arzal de manière manuelle, c’est-à-dire que la personne qui visionne les fichiers vidéo doit reconnaître les différentes espèces et rentrer les effectifs correspondant à l’aide de l’interface ”choix espèce”. Le résultat du dépouillement est un fichier texte comprenant la liste des événements enregistrés : espèce, montée ou descente, numéro de l’image de sortie, date et heure, taille en pixel et distance du poisson à la vitre.

### 1.3.3 Echappement au dispositif de franchissement

Le barrage d’Arzal, par son faible dénivelé, reste franchissable par les volets, par l’écluse, voire par les vannes wagons lorsque le dénivelé est faible. Mais il ne l’est que dans certaines conditions et sur de courtes périodes.

La gestion du barrage, liée aux contraintes hydrauliques amont (débit à évacuer) et aval (marée), a une grande incidence sur la franchissabilité du barrage. Les lâchés d’eau douce peuvent se faire par des vannes wagons ou par des clapets flottants (volets) en surverse. En règle générale, la

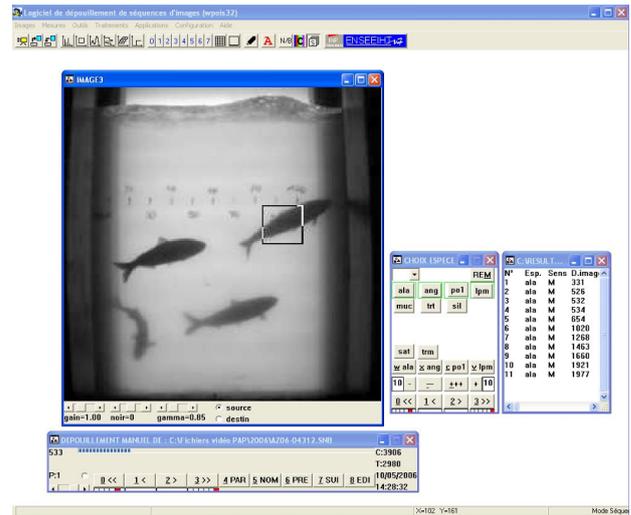


FIGURE 6 – Logiciel de dépouillement vidéo.

plus grande part du débit est évacuée de jour, par l’intermédiaire des vannes lorsque le niveau de la marée le permet. L’ouverture des volets la nuit permet de s’affranchir de la surveillance des vannes, les volets flottants empêchant mécaniquement la remontée de l’eau de mer dans le plan d’eau amont.

Pour la première fois en 2013, nous avons observé grâce à un sonar multifaisceaux (DIDSON) des passages de lamproies marines sous les vannes lorsque les vitesses de courant ne sont pas élevées. Les effectifs recalculés peuvent être conséquents. Lorsque la marée monte jusqu’au niveau des volets, il arrive un moment où ils sont franchissables par des espèces ayant une bonne capacité de nage. **Les chiffres donnés pour l’évaluation des stocks de migrateurs doivent donc être considérés comme un minimum.**

## 2 Résultats

### 2.1 Fonctionnement de la passe à bassins

**Résumé du fonctionnement.** En 2019, le fonctionnement de la passe peut être résumé comme suit :

- printemps -été** : perturbations du fonctionnement normal à cause de la manip mulet,
- fin avril – mai** : arrêts nocturnes car problème avec fin de course aval,
- 01/07** : canal d'attrait batardé,
- 04/09** : mode étiage,
- 07/10** : mode normal.

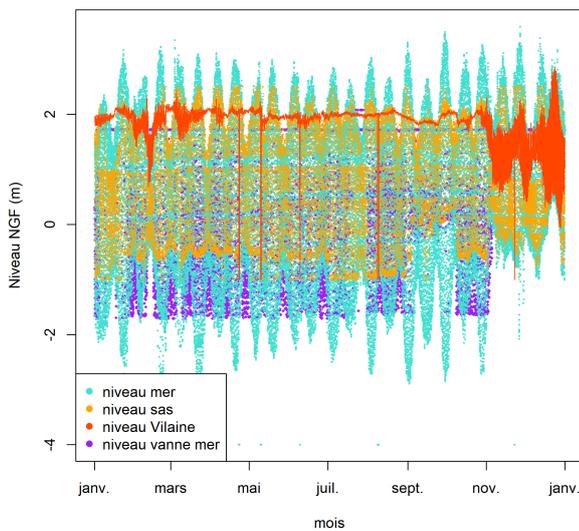


FIGURE 7 – Fonctionnement de la passe en 2019, niveaux Vilaine, mer, sas (dernier bassin en aval de la passe), et niveaux de la vanne aval. Chaque point correspond aux niveaux enregistrés lors d'une période de 10 minutes. Les données ont été corrigées des valeurs aberrantes.

**Calculs des débits de la passe à bassins.** Les temps de fonctionnement de la passe sont illustrés en figure 8. Les débits de la passe calculés par l'automate du barrage (Figure 49) et recalculés en prenant en compte des corrections de valeurs aberrantes et du coefficient de noyage de la vanne aval (Figure 50) sont présentés en annexe.

**Fonctionnement du dispositif de franchissement.** La durée de fonctionnement de la passe dépend d'abord des conditions de marée. Les fonctionnements de la passe par période de 10 minutes sont illustrés en Figure 51 (en annexe). Le bilan du fonctionnement de la passe en 2019 montre un fonctionnement diminué sur la période printanière (Figures 53 52 en annexe) principalement en raison des arrêts nocturnes de la passe (déclenchements d'alarmes) et de problèmes de fermetures intempestives

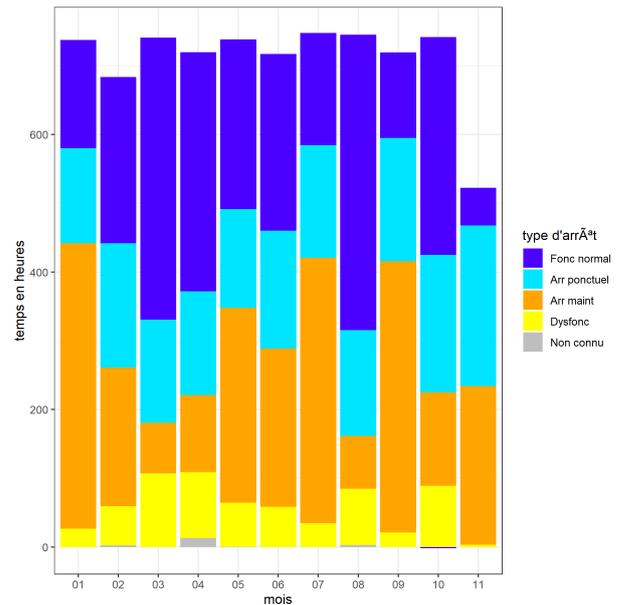


FIGURE 8 – Fonctionnement de la passe en 2019, niveaux Vilaine, mer, sas<sup>1</sup>, et niveaux de la vanne aval. Chaque point correspond aux niveaux enregistrés lors d'une période de 10 minutes. Les données ont été corrigées des valeurs aberrantes.

de la vanne aval. Pour ajouter au mauvais bilan, les opérations de vidange de la passe pour tenter de prélever des mulets ou pour l'installation de la boucle de l'antenne radio ont augmenté les temps d'arrêts. Les débits de la Vilaine ont également été limités à l'automne et se sont traduits par la mise en route de la passe en mode étiage.

**Fonctionnement du dispositif de comptage.** Le dispositif de comptage a fonctionné du 01/03/2019 au 05/11/2019 (Figure 9). Les arrêts techniques pendant la période de suivi sont relativement rares (Figure 10).

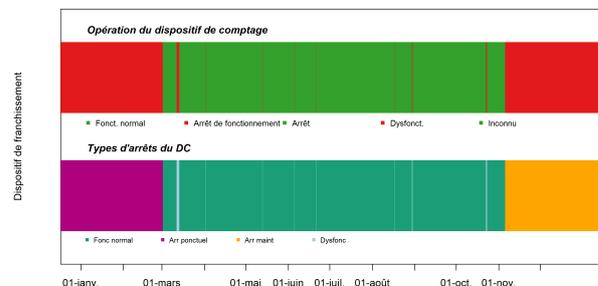


FIGURE 9 – Bilan du fonctionnement du dispositif de comptage en 2019.

## 2.2 Conditions environnementales

L'année 2019 a été marquée par des débits proche des débits de référence au printemps et une crue importante à partir de mi-octobre.

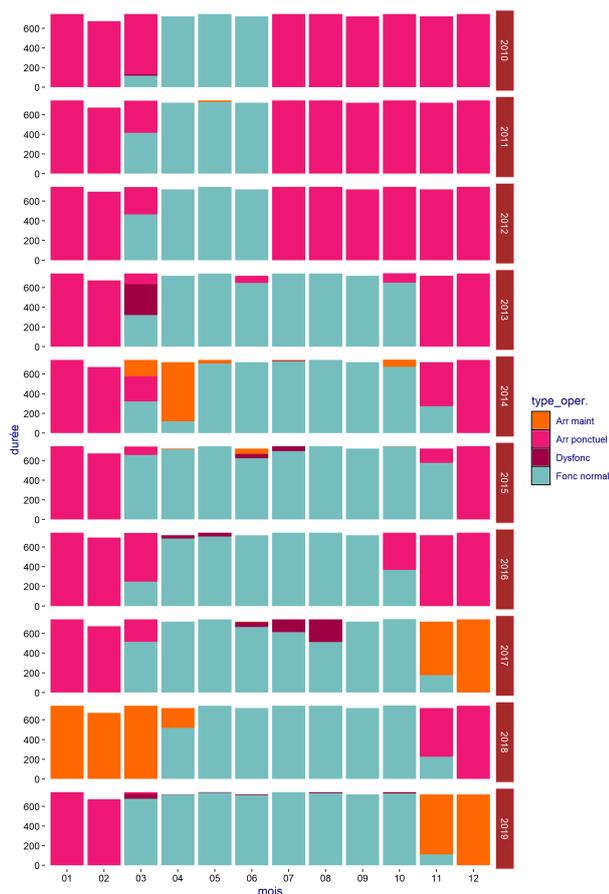


FIGURE 10 – Bilan du fonctionnement du dispositif de comptage de 2010 à 2019. Les fonctionnements de la période 1998 à 2010 sont disponibles en annexe (Figure 54).

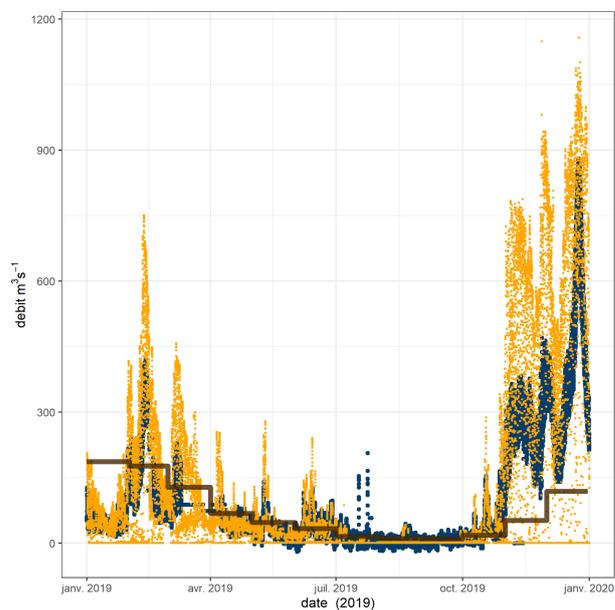


FIGURE 11 – Débits de la Vilaine en 2019. En bleu les débits mesurés au Pont de Cran, à l'aide d'une sonde à ultrasons, en orange les débits instantanés au barrage d'Arzal (volets et vannes). Chaque point représente la valeur moyenne calculée toute les dix minutes, noter l'absence de débit par les volets et les vannes en période estivale. Les débits de référence mensuels moyens de la banque hydro au pont de Cran sont donnés en marron.

## 2.3 Mulets



Le mullet porc *Chelon ramada* est considéré en France comme l'espèce de Mugilidés la plus ubiquiste tant en cours d'eau qu'en zone côtière (Farrugio et Quignard, 1974, Gautier et Hussenot, 2005). Sa reproduction a lieu en mer fin automne-début hiver, sur la zone littorale à proximité des estuaires. A partir du printemps, le mullet porc peut effectuer des migrations sur des longues distances entre les eaux marine et douce pour trouver des habitats favorables à sa croissance. La reproduction a lieu fin d'automne-début hiver, sur la zone littorale à proximité des estuaires. Il migre donc à l'automne en avalaison sur les fleuves pour rejoindre le littoral. Il fait l'objet d'une exploitation par la pêche professionnelle en Vilaine, et constitue après l'anguille la première espèce en effectif dans les comptages aux passes à poissons du barrage d'Arzal. En France les effectifs de mullet sont aujourd'hui en régression (Bartulović et al., 2011), l'espèce est néanmoins classée en préoccupation mineure sur la liste rouge de l'IUCN. Sur la Vilaine au barrage d'Arzal, parmi les mulets, seul *Chelon ramada* remonte l'estuaire pour migrer en eau douce (Briand et al., 2018a). En effet, le passage des poissons entre le milieu estuarien et le milieu de rivière provoque une variation brutale de salinité entre l'eau estuarienne et l'eau douce, que seule *Chelon ramada* pourrait supporter à l'aller et au retour de migration (Briand et al., 2018b). La présence de la seule espèce euryhaline et le confinement à la zone estuarienne des autres espèces communes en Bretagne *Chelon labrosus* et *Chelon aurata* est cependant à confirmer (Gautier et Hussenot, 2005, Trancart, 2011).

Compte tenu des effectifs très important de mullet franchissant le barrage d'Arzal chaque année, les comptages n'ont pas été effectués sur l'ensemble de la période de suivi historique de la passe. Ils ont été effectués en 1996 et 1997, en 2013 et de 2015 à 2019. Lors des pics de migration, le comptage des mulets est effectué par lots (dizaine ou centaines) et la taille des poissons est analysée sur un sous-échantillon. La structure en taille des mulets présente à la fois des variations saisonnières et interannuelles (Figure 12). Les mulets les plus grands se présentent en tout début de saison, puis la taille des mulets diminue pour atteindre son minimum lors de l'été (Lemonnier, 2019). Il n'y a pas eu, dans le fonctionnement de la passe, d'éléments permettant d'expliquer la faible migration des mulets de 200 à 300 mm de taille. En effet, le fonctionnement de la passe a été continu pendant tout l'été et les consignes d'étiage (fonctionnement réduit) n'ont été appliquées qu'à partir de septembre.

Les effectifs de mulets de 2019  $N=304\ 871$  sont comparables à ceux de la période 2014-2019 avec des variations entre des effectifs de 200 000 à 600 000 mulets. Les variations des effectifs de petits mulets sont en grande partie liée à l'abondance des mulets de classe de taille de 200 à 300 mm (Lemonnier, 2019) (Tableau 1, Figure 13).

A partir de septembre, on note une augmentation des effectifs de mulets dans la passe (Figure 20) et les bancs de mulets commencent à descendre la Vilaine pour retourner en mer participer à leur reproduction annuelle. Les mulets peuvent alors faire des remontées dans la passe et la struc-

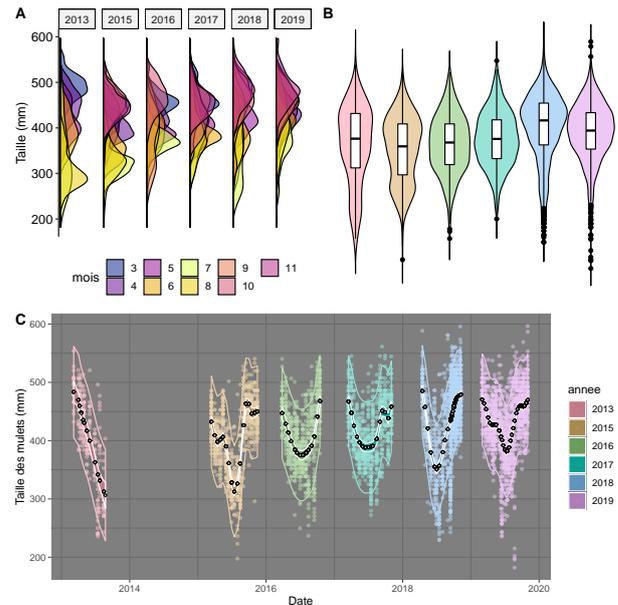


FIGURE 12 – Tendances saisonnières d'évolution des tailles de mulets depuis 2013. A. Graphiques de densités (distributions) des tailles par mois, en jaune mois estivaux, en violet mois printaniers, en rose automne. B. Graphique en violon et box-plot des tailles annuelles. C. Modèle gam ajusté sur les valeurs de taille (au centre modèle et intervalle de confiance à 95 %) les points correspondent à prédiction + résidus.

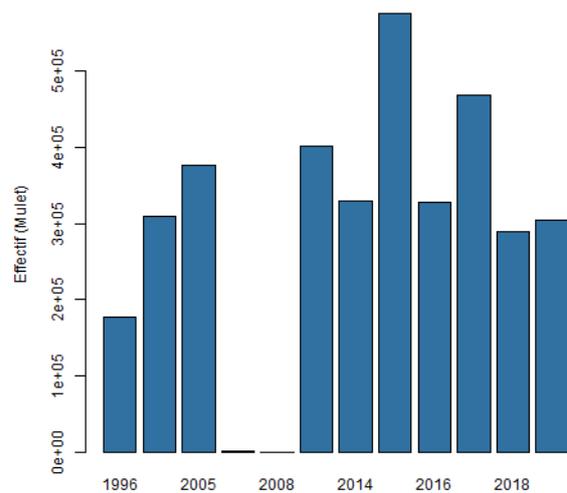


FIGURE 13 – Bilan annuel des migrations de mulets au barrage d'Arzal

ture en taille des muets réaugmente en général en fin de saison. Les raisons de la remontée à l'automne des muets dans la passe ne sont pas connues, mais le passage brutal de l'eau douce à l'eau salée en estuaire nécessite probablement un temps d'adaptation pour effectuer la régulation osmotique. Ainsi, les chiffres de migration totale représentent probablement un biais dans l'interprétation de la taille de la population de muets en Vilaine et un calcul du nombre de muets migrant jusqu'au mois de septembre (exclu) est donné au Tableau 1.

On note que les tailles moyennes ont moins diminué en période estivale que lors d'autres années, par exemple en 2015.

Année	<i>Chelon ramada</i> Indéterminé	
	N annuel	N 01-08
1 996	177 392	177 392
1 997	309 918	292 651
2 005	375 778	375 778
2 013	401 920	282 788
2 014	329 475	231 826
2 015	576 518	430 331
2 016	327 000	294 635
2 017	467 884	291 435
2 018	289 022	270 273
2 019	304 871	204 653

Tableau 1 – Migration des muets dans la passe à bassins du barrage d'Arzal (passe à fente verticale), pour l'année complète et pour la période de montaison (jusqu'au 31 août).

La migration des muets est essentiellement diurne (Figure 14) et elle dépend également du niveau mer avec une grande part des passages pour des niveaux mer >0m (Figure 15).

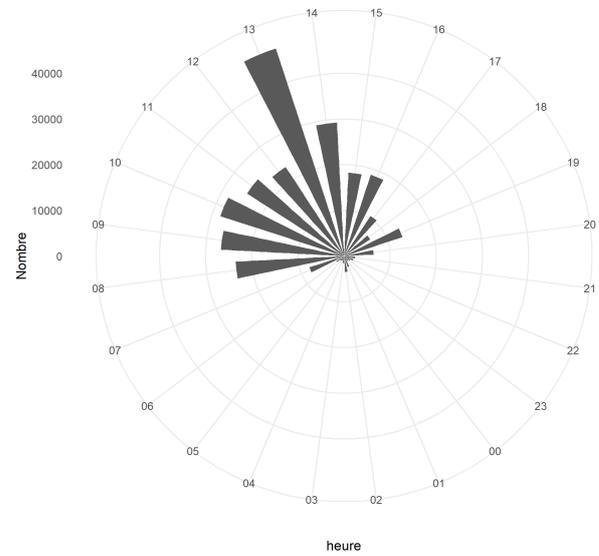


FIGURE 14 – Horaires de migration des muets en 2019.

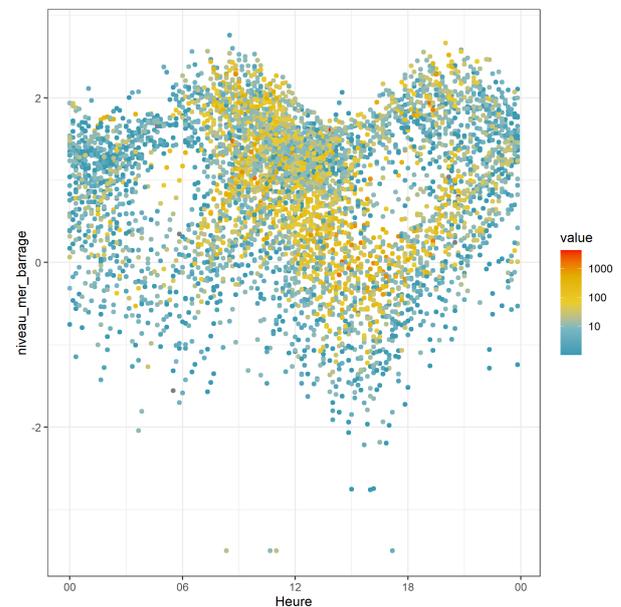


FIGURE 15 – Passage des muets en fonction de l'heure et du niveau mer en 2019.



FIGURE 16 – Mulets en migration devant la vitre de la passe.



FIGURE 18 – Lamproie et mulet.

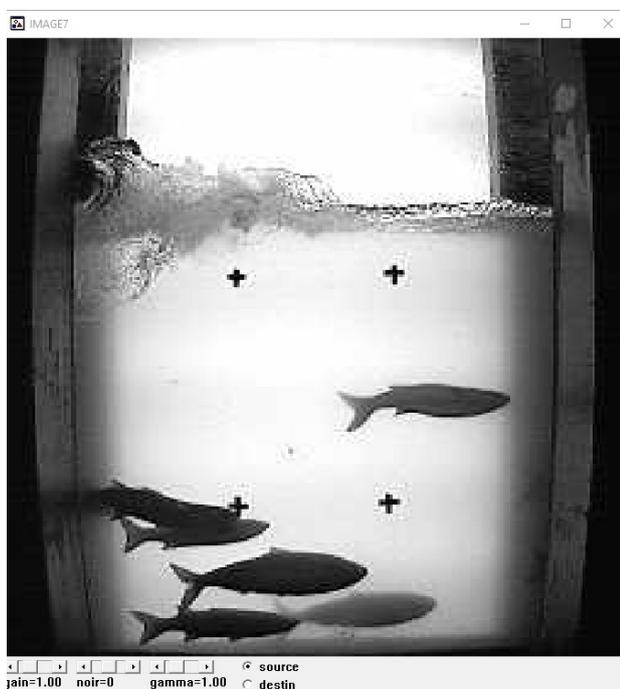


FIGURE 17 – Mulets et aloses.

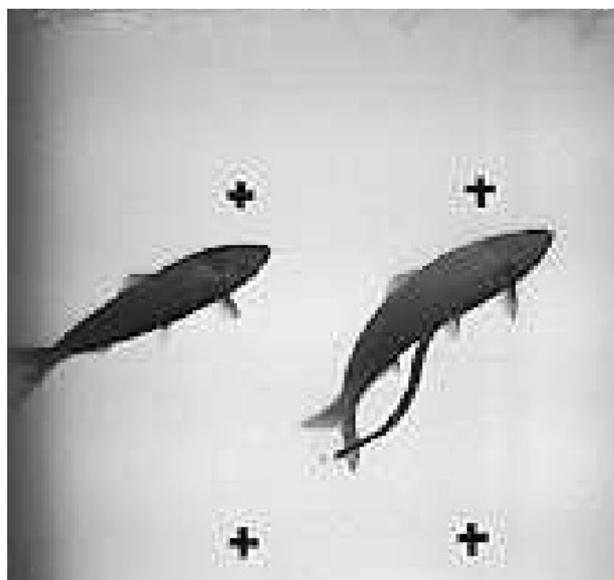


FIGURE 19 – Deux aloses.

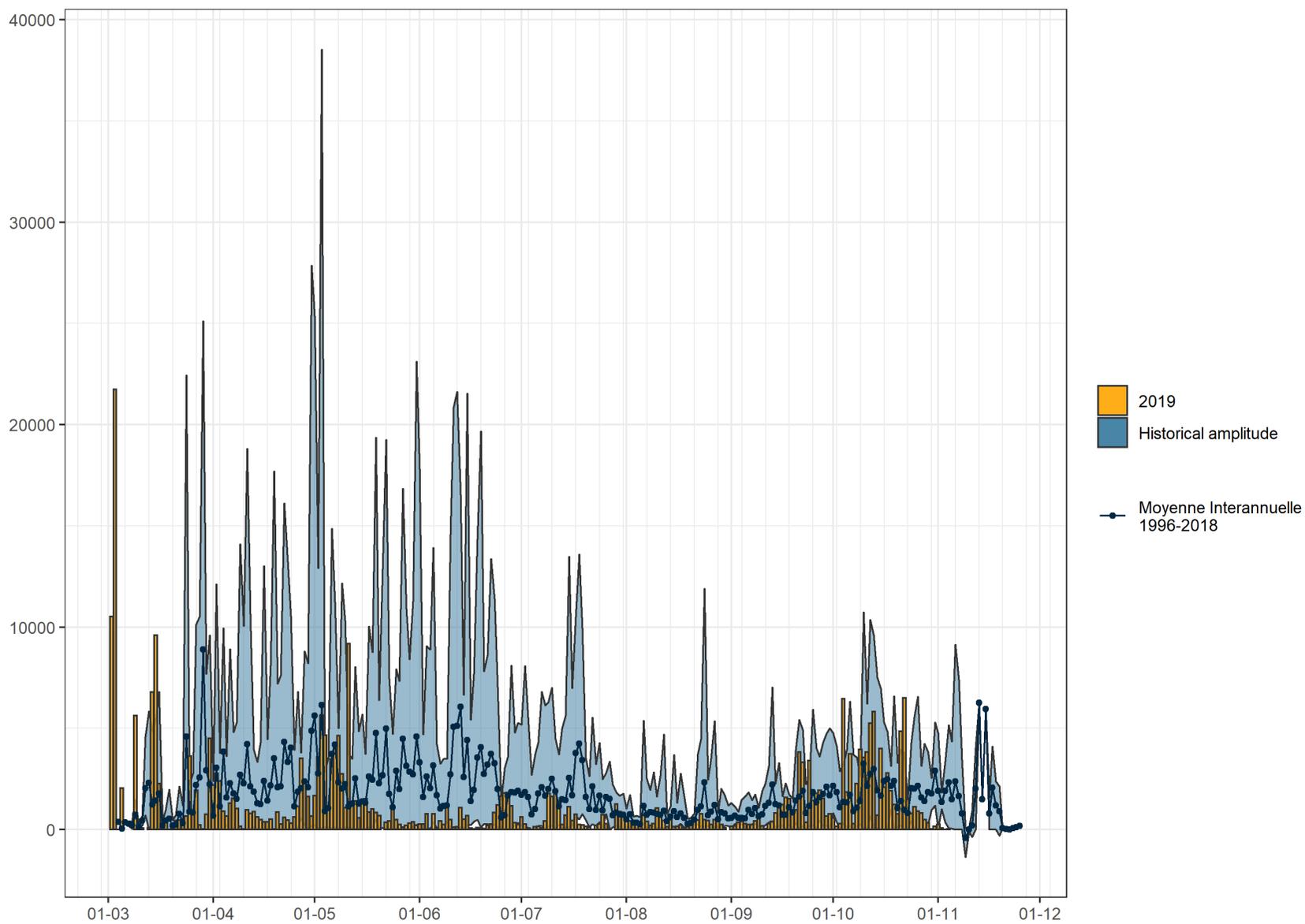


FIGURE 20 – Bilan annuel des migrations de muets *Chelon ramada* au barrage d'Arzal.

## 2.4 Lamproies marines



Les lamproies *Petromyzon marinus* sont des vertébrés primitifs de la classe des Agnathes (sans mâchoire, avec une bouche circulaire), et ne sont donc pas à proprement parler des poissons. La lamproie marine est une espèce amphihaline. Elle ne se reproduit qu'une seule fois en eau douce en mai-juin, avec un homing<sup>a</sup> faible. Les larves ammocètes vivent enfouies dans les sédiments et les litières pendant 5 à 7 ans. Après métamorphose, les lamproies dévalent en mer où elles vivent 1 à 2 ans en tant que parasite externe sur des poissons ou des mammifères. Au niveau national, la tendance des abondances est à la baisse, surtout sur les sites qui étaient les plus fréquentés (Gironde, Loire), alors qu'en Bretagne, la chute est moins marquée. La contribution de la Vilaine à l'échelle de la France, très faible aux débuts des années 2000, est aujourd'hui non négligeable. Sur la Vilaine, les migrations de 2017 à 2019 ont été très mauvaises, mais la saison 2020 marque un retour à la normale. Espèce classée quasi-menacée en France sur la liste rouge UICN.

a. retour à leur rivière de naissance

Les migrations de lamproies marine sur la Vilaine sont globalement en fort déclin depuis 2015 (Figure 21, Tableau 3). Ce déclin, commun à de nombreux bassins dans le Golfe de Gascogne, reste mal expliqué. 456 Lamproies marines ont été comptées en 2019 ce qui place l'année au rang 18 sur les 24 années de suivi à Arzal.

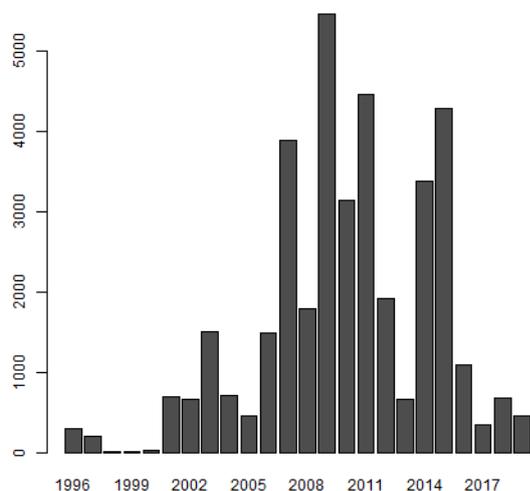


FIGURE 21 – Histogramme des effectifs annuels de lamproies marines comptabilisés au barrage d'Arzal.

La comparaison des tendances mensuelles avec les migrations interannuelles montre qu'elles sont toujours inférieures à la moyenne sauf en mars (Figure 22, Tableau 2).

La migration des Lamproies marine intervient entre mars et juin (Figure 23). En 2019, la migration s'est faite essentiellement en avril soit plus tôt que la migration historique

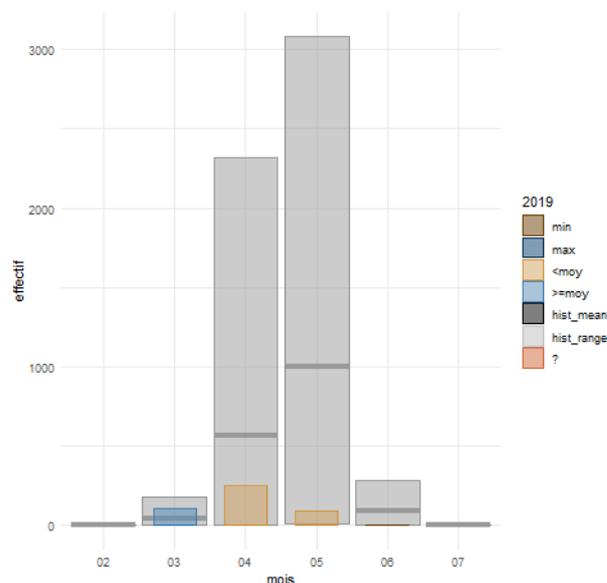


FIGURE 22 – Comparaison de la migration de lamproies marines de 2019 avec la série interannuelle de données 1996-2018.

Mois	Min*	Moyenne*	Max*	N (2019)
mars	1	49	182	109
avr.	4	551	2 317	253
mai	9	960	3 080	93
juin	1	89	281	1

Tableau 2 – Migrations mensuelles des lamproies marines dans la passe à bassins du barrage d'Arzal,  $N$  nombre, \* correspondent à la période 1996-2019. min\* minimum mensuel, max\* maximum mensuel, moyenne\* moyenne des effectifs mensuels.

<i>Petromyzon marinus</i>	
1996	301
1997	196
1998	2
1999	17
2000	32
2001	686
2002	666
2003	1 507
2004	713
2005	459
2006	1 488
2007	3 878
2008	1 789
2009	5 463
2010	3 130
2011	4 462
2012	1 921
2013	663
2014	3 383
2015	4 275
2016	1 088
2017	348
2018	681
2019	456

Tableau 3 – Migration des lamproies marines dans la passe à bassins du barrage d’Arzal (passe à fente verticale).

dont le maximum est en mai (Figures 22, 24).

La comparaison des structures en taille vidéo de cette année laisse apparaître un accroissement de la taille. A compter de 2019, la taille a été mesurée relativement à 9 sections de la vitre de comptage pour prendre en compte les déformations de la lentille de la caméra. Ainsi les tailles avant 2019 sont peut être légèrement plus petites (Figure 25).

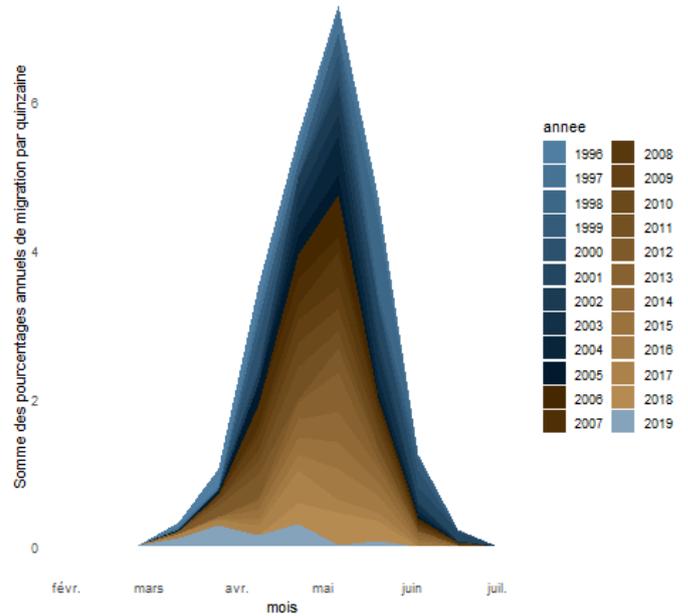


FIGURE 23 – Saisonnalité de la migration des lamproies marines, les pourcentages par quinzaine sont cumulés.

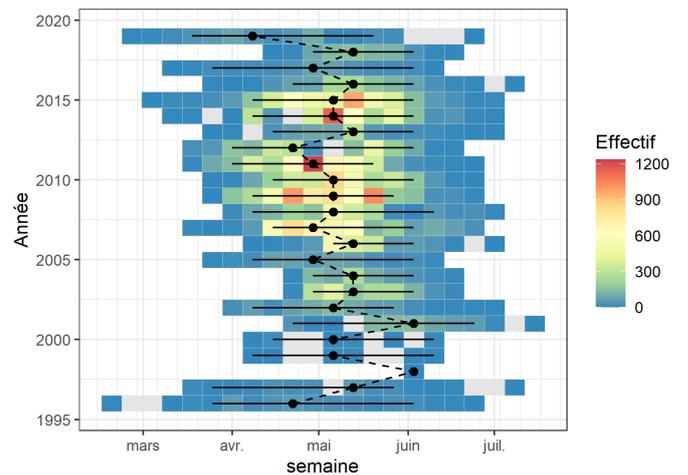


FIGURE 24 – Saisonnalité de la migration des lamproies marines, effectifs hebdomadaires. Les barres représentent le 5<sup>me</sup> et le 95<sup>me</sup> percentile de la migration. Le point la médiane. L’importance des effectifs est représentée par la couleur.

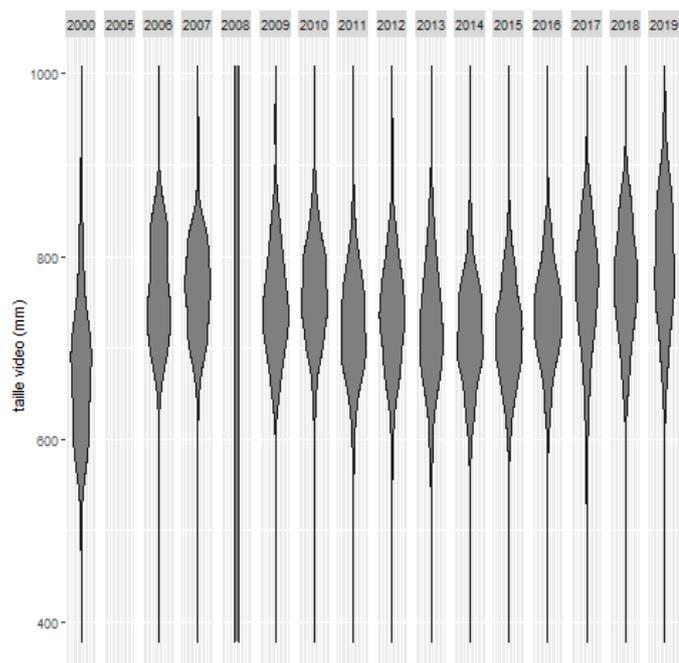


FIGURE 25 – Comparaison des structure en taille des lamproies marines. Les tailles de 2019 ont été calculées en prenant en compte la déformation des distances dans les différentes zones de la vitre.

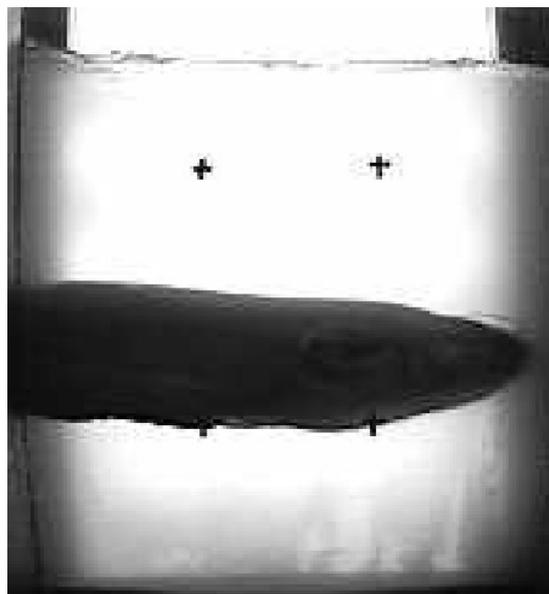


FIGURE 27 – Silure.

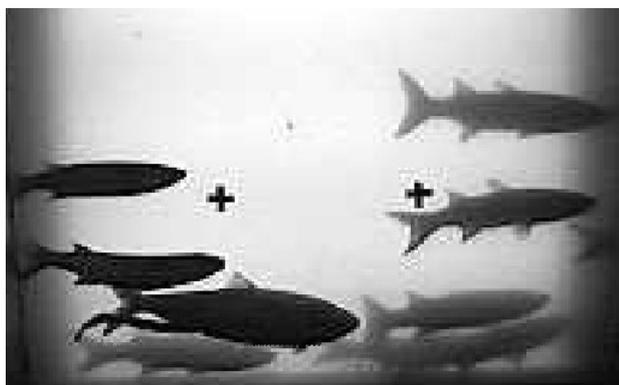


FIGURE 26 – Alose et muets.

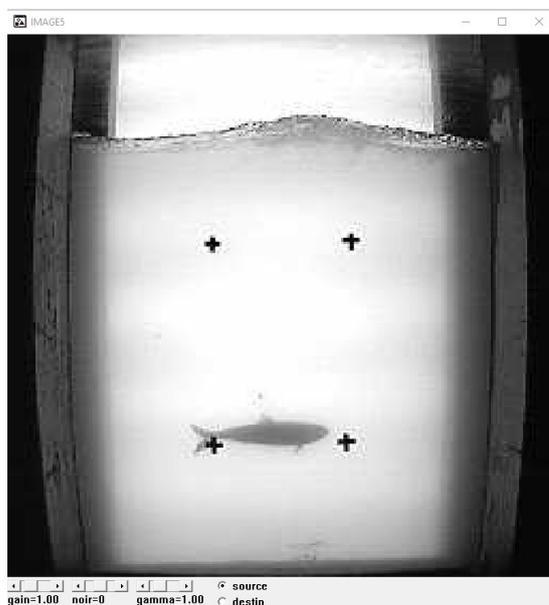


FIGURE 28 – Petite alose.

## 2.5 Aloses



Poisson migrateur amphihalain de la famille des Clupéidés (sardine ...). La grande alose *Alosa alosa* ne se reproduit généralement qu'une seule fois, en eau douce en mai-juin, souvent sur sa rivière d'origine ou dans un cours d'eau proche géographiquement. Les alosons restent à proximité des frayères quelques mois avant de dévaler en automne vers l'estuaire, puis rapidement en mer pour une phase de croissance d'environ 5 ans. Les femelles sont plus massives que les mâles et restent généralement une année de plus en mer. Au niveau national, la tendance est à une chute très marquée, surtout sur les sites qui étaient les plus fréquentés (Gironde, Loire). En Bretagne, la situation est plutôt à l'amélioration, et la Vilaine fait partie des principaux sites avec le Blavet et l'Aulne. Après la période 2012-2016 où la pêche professionnelle estuarienne a fortement impacté la migration, on constate un retour à la normale. Espèce classée en danger critique d'extinction en France sur la liste rouge UICN.

2048 aloses ont été comptées en 2019 (Figures 33 29 et Tableau 4). Cette migration place l'année 2019 au rang 7 par rapport à l'ensemble des années de migration. En vidéo comptage, il n'est pas possible de distinguer les deux espèces, grande alose *Alosa alosa* et alose feinte *Alosa fallax*.

<i>Alosa sp.</i>	
1996	57
1997	185
1998	81
1999	12
2000	61
2001	54
2002	2 461
2003	1 324
2004	891
2005	2 606
2006	1 715
2007	1 163
2008	596
2009	2 095
2010	4 242
2011	3 053
2012	423
2013	327
2014	293
2015	416
2016	950
2017	1 273
2018	2 182
2019	2 048

Tableau 4 – Migration des Aloses (*Alosa sp.*) dans la passe à bassins du barrage d'Arzal (passe à fente verticale).

Les migrations des mois de mars et d'avril sont supérieures à la moyenne interannuelle, les migrations de juin sont très faibles (Figures 30 29, Tableau 5).

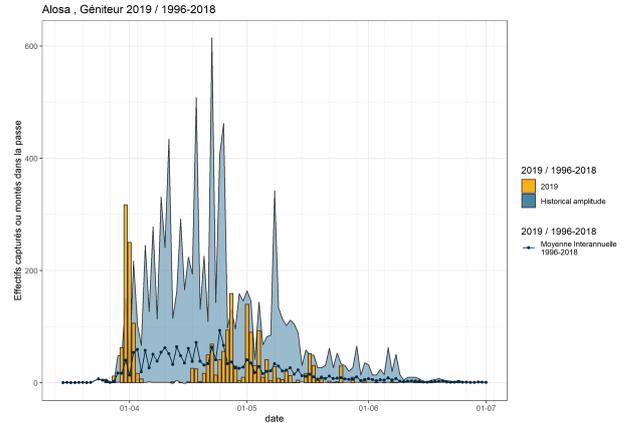


FIGURE 29 – Comparaison de la migration d'aloses de 2019 avec la série interannuelle de données 1996-2018.

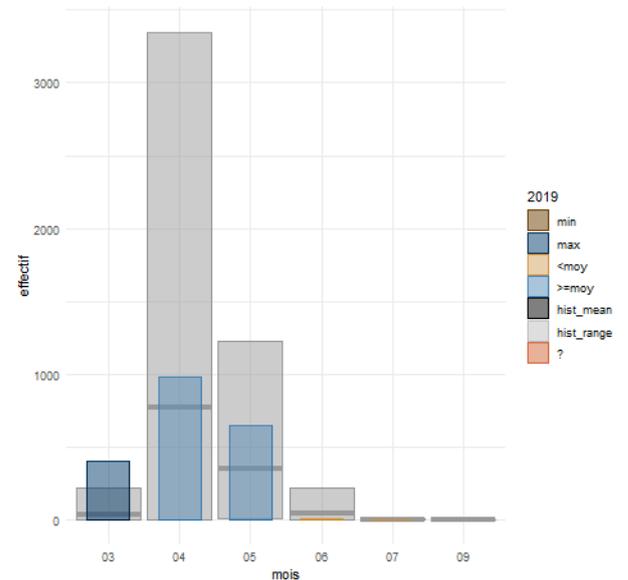


FIGURE 30 – Comparaison de la migration d'aloses de 2019 avec la série interannuelle de données 1996-2018.

La comparaison des structures en taille vidéo de cette année laisse apparaître un accroissement de la taille. A compter de 2019, la taille a été mesurée relativement à 9 sections de la vitre de comptage pour prendre en compte les déformations de la lentille de la caméra. Ainsi les tailles avant 2019 sont peut être légèrement plus petites (Figure 31).

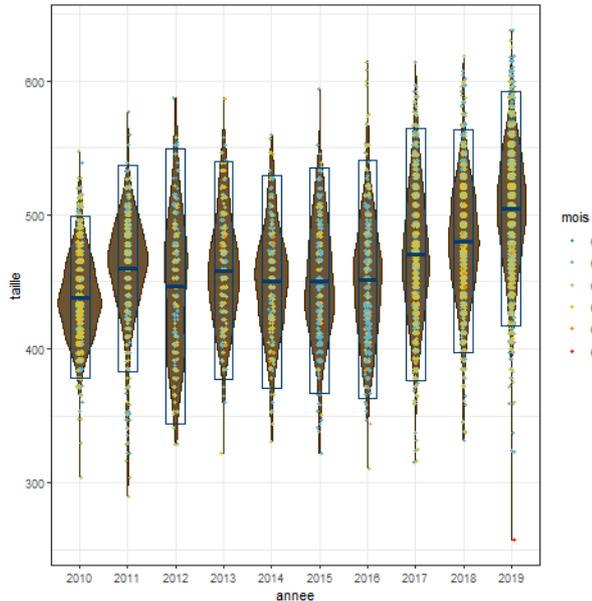


FIGURE 31 – Taille des aloses mesurées à Arzal. Densité (graphique en violon), moyenne et  $\pm 2$  fois l'écart type (en bleu foncé). La couleur des points dépend du mois de passage

Comme pour les lamproies, la saison apparaît plus précoce (Figure 32). L'absence de migration au début avril pourrait être due à des arrêts diurnes de la passe pour capture de mulets (Figure 51 en annexe).

Les tailles des aloses semblent être en augmentation depuis 2015, les raisons de cette tendance ne sont pas clairement identifiées mais peuvent être en lien avec la diminution du taux d'exploitation en estuaire (Y a-t'il une taille plus importante des aloses en début de saison - période à laquelle elles auraient été plus exploitées?). L'augmentation de 2019 pourrait être la conséquence d'une modification de la méthode de mesure avec une correction des tailles en fonction des secteurs de la vitre pour prendre en compte les déformations liées à la lentille.

En 2019 comme en 2018, on considère qu'il n'y a pas eu d'exploitation estuarienne de l'aloise (Figure 33). La gestion de la population d'alosés de Vilaine a fait l'objet d'un débat technique dans le cadre du Comité de gestion des poissons migrateurs de Bretagne. A partir des éléments collectés sur le bassin, et des données obtenues sur les stocks d'alosés voisins, un objectif de gestion en biomasse a été défini. Le stock potentiel d'alosés sur la Vilaine est estimé entre 50 000 aloses, pour le niveau actuel d'aménagement du bassin - c'est à dire un fort étagement par le barrage d'Arzal puis par les ouvrages de l'Oust et de

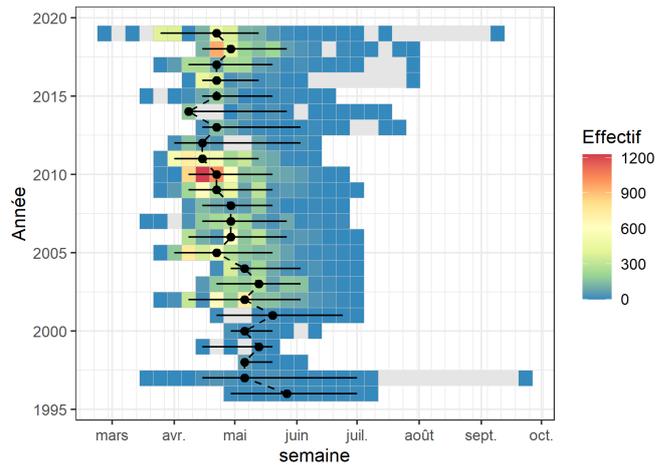


FIGURE 32 – Saisonnalité de la migration des Aloses, effectifs hebdomadaires. Les barres représentent le 5ème et le 95ème percentile de la migration. Le point la médiane. L'importance des effectifs est représentée par la couleur.

la Vilaine- , et 100 000 aloses pour une rivière en conditions pristinnes, c'est à dire une rivière pour laquelle l'accès aux zones de frayères serait restauré. Une limite en biomasse, celle en-dessous de laquelle on estime qu'il pourrait y avoir un risque accru de diminution du stock est proposée à 15 000 aloses. En dessous de cette limite, la mortalité devrait être réduite pour remonter le stock à son niveau optimal. Une règle de gestion a été proposée pour la gestion des pêcheries. L'importance de l'aménagement des axes fluviaux pour l'accès aux zones de reproduction a également été mise en avant.

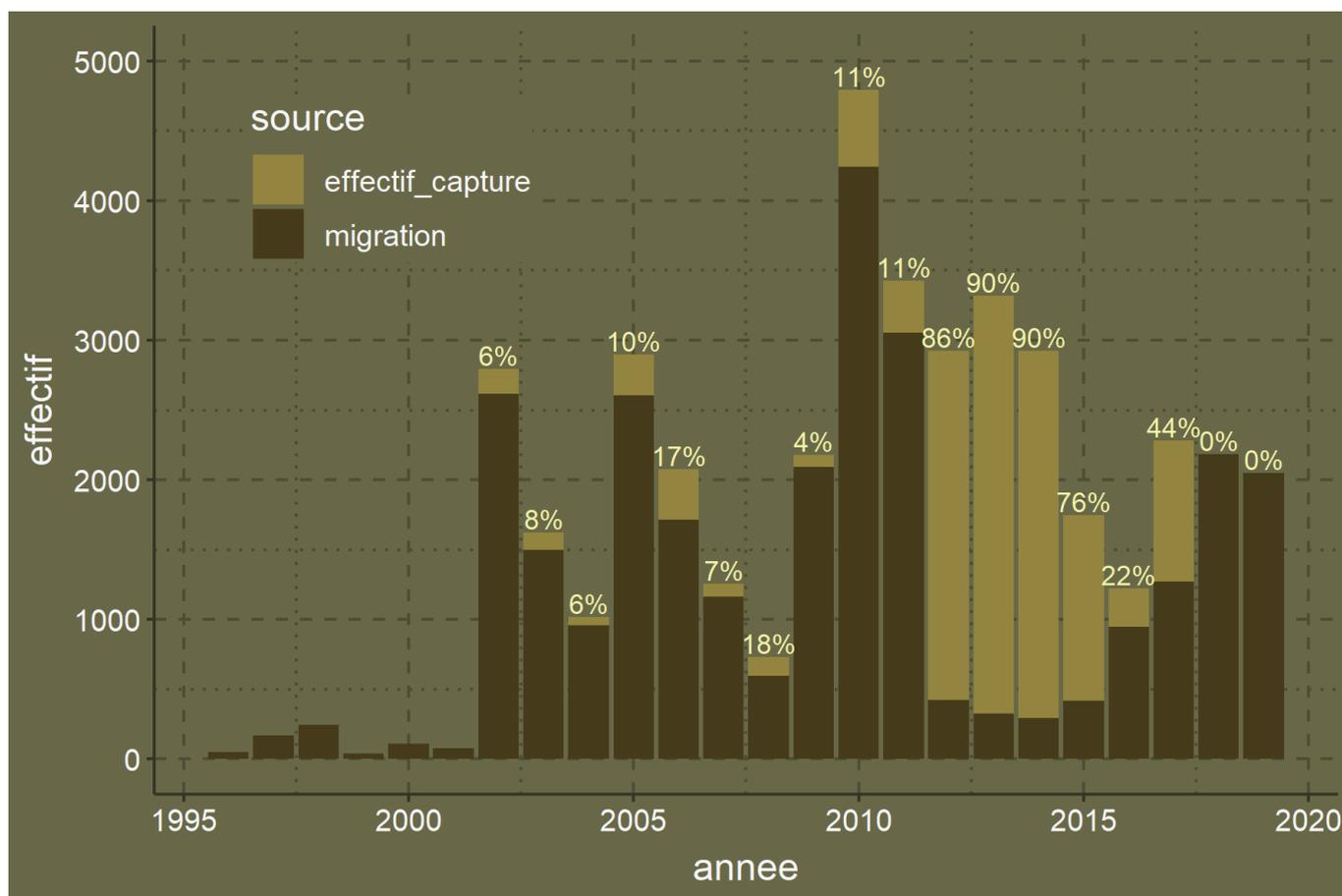


FIGURE 33 – Migration et taux d'exploitation des aloses en estuaire de Vilaine, illustration de l'effet des mesures prises à partir de 2015 pour limiter l'exploitation de l'espèce en estuaire. Interdictions par zones et saisonnières de 2015 à 2017 puis interdiction totale saisonnière de pêche à partir de 2018.

Année	Captures		Migration			
	nb	kg	mars	avril	mai	juin-juillet
2016	271	456	0	838	111	1
2017	1 009	1 707	17	868	358	
2018	0	0	0	1 483	656	43
2019	0	0	400	981	652	

Tableau 5 – Migrations mensuelles et captures annuelles des aloses dans la passe à bassins du barrage d'Arzal entre 2016 et 2019.

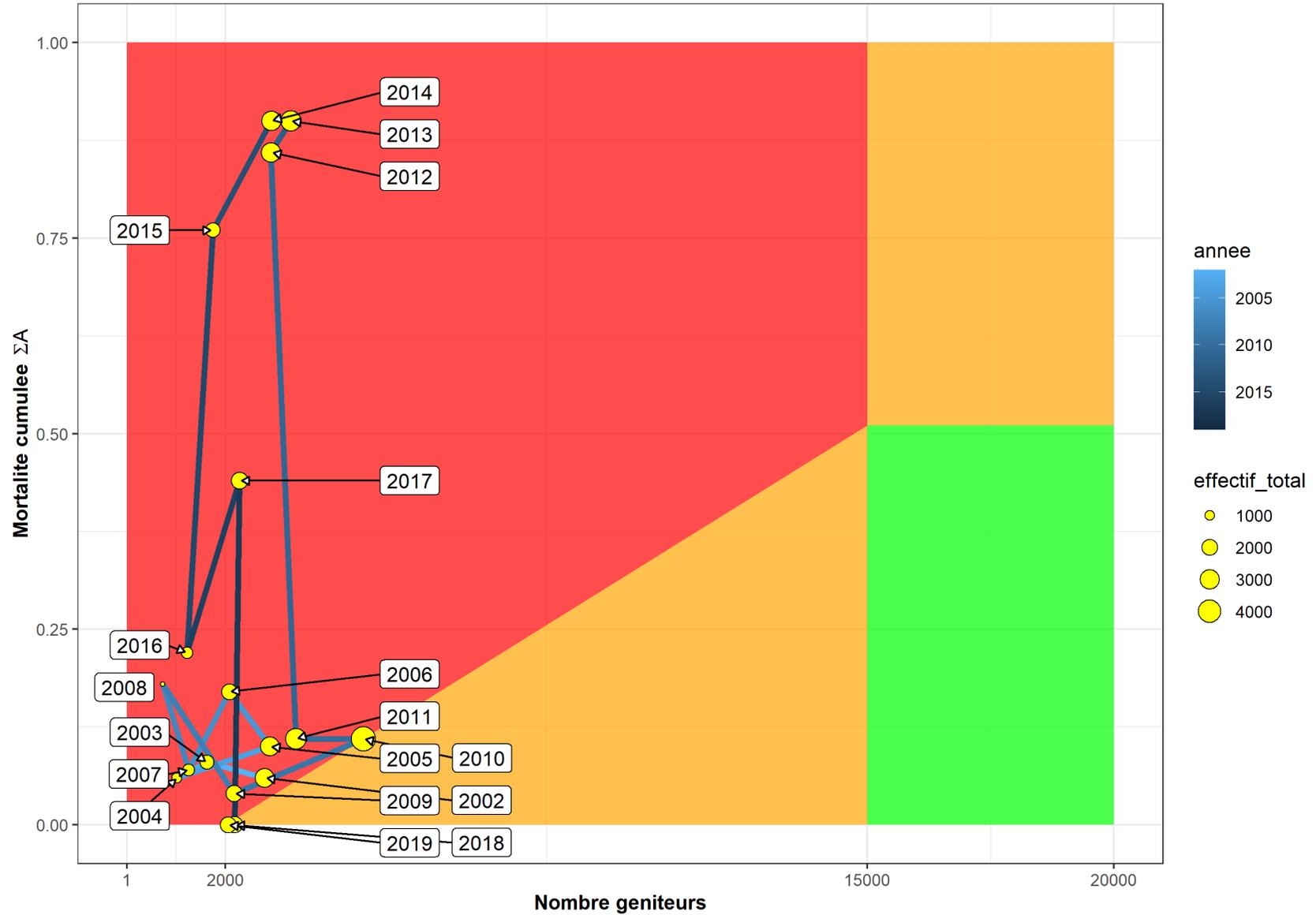


FIGURE 34 – Diagramme de précaution pour la gestion des aloses en Vilaine, les données indiquent la position du stock par rapport à la règle de gestion proposée par le groupe de travail du cogepomi sur les aloses. En abscisse, niveau de biomasse par rapport à la cible de gestion, en ordonnée, mortalité cumulée (taux instantané) de la pêche estuarienne. Les données de la pêche fluviale, indisponibles, ne sont pas intégrées au calcul.

## 2.6 Saumons



Le saumon Atlantique *Salmo salar* est un poisson migrateur amphihalín, qui ne se reproduit généralement qu'une seule fois. La reproduction a lieu en eau douce en novembre-janvier, avec un homing fort. Le jeune saumon (tacon) y reste 1 à 2 ans avant de se métamorphoser en smolt qui dévale au printemps vers la mer pour une phase de croissance de 1 an (saumon de printemps) à 3 ans (saumon d'hiver). En général, la durée du séjour marin dépend de la rivière de retour : plus la migration en eau douce sera longue, plus le saumon devra avoir de réserves pour atteindre les frayères. En Bretagne, l'espèce est bien présente, avec des stocks en place naturellement. Certaines rivières sont bien fréquentées, à l'image du Blavet et de l'Aulne. Si historiquement la Vilaine accueillait beaucoup de saumons, les migrations sont aujourd'hui très faibles. Espèce classée vulnérable en France sur la liste rouge UICN.

39 saumons ont été comptés en 2019 (Figure 35, Tableau 6). Cette migration place l'année 2019 au 3<sup>ème</sup> rang par rapport à l'ensemble des années de migration (Figures 7, Tableau 36).

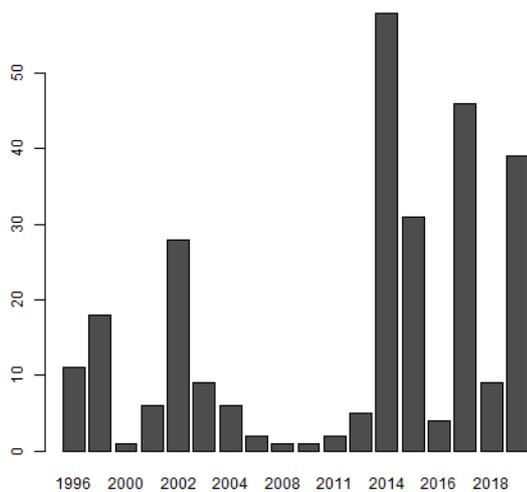


FIGURE 35 – Histogramme des effectifs annuels de saumons comptabilisés au barrage d'Arzal.

Mois	Min*	Moyenne*	Max*	N (2019)
juin	1	4	15	4
juil.	1	7	18	17
aot	2	13	41	13
oct.	1	3	5	5

Tableau 6 – Migrations mensuelles des saumons dans la passe à bassins du barrage d'Arzal, *N* nombre, \* correspondent à la période 1996-2019. min\* minimum mensuel, max\* maximum mensuel, moyenne\* moyenne des effectifs mensuels.

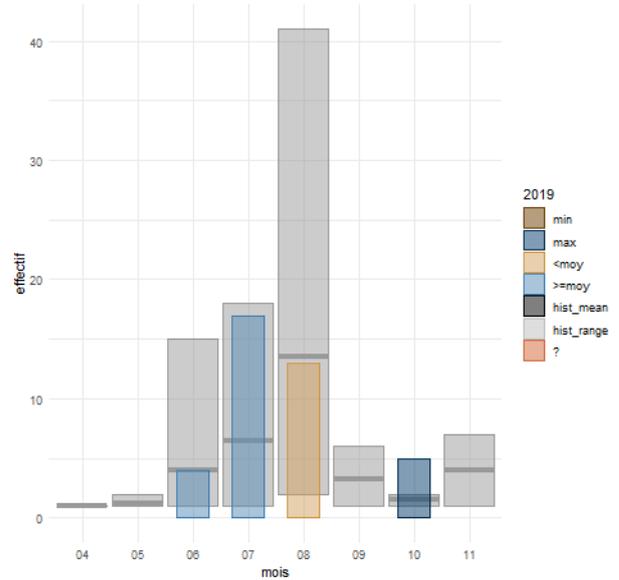


FIGURE 36 – Comparaison de la migration de saumons de 2019 avec la série interannuelle de données 1996-2018.

La migration des saumons intervient toute l'année avec un pic estival (Figure 37). En 2019, la migration s'est faite en juin, juillet août et octobre (Figure 36).

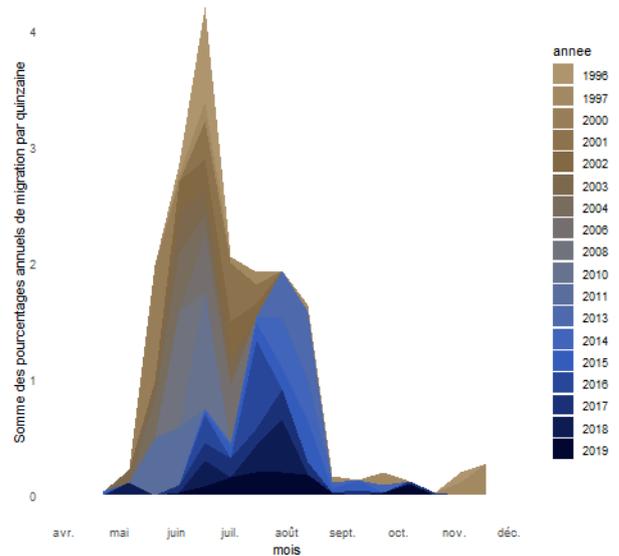


FIGURE 37 – Saisonnalité des migrations de saumons Atlantiques sur la Vilaine.

Les tailles des saumons mesurées au niveau de la passe d'Arzal sont présentées en figure (Figure 38).

<i>Salmo salar</i>	
1996	11
1997	18
2000	1
2001	6
2002	28
2003	9
2004	6
2006	2
2008	1
2010	1
2011	2
2013	5
2014	58
2015	31
2016	4
2017	46
2018	9
2019	39

Tableau 7 – Migration des saumons atlantiques dans la passe à bassins du barrage d'Arzal (passe à fente verticale).

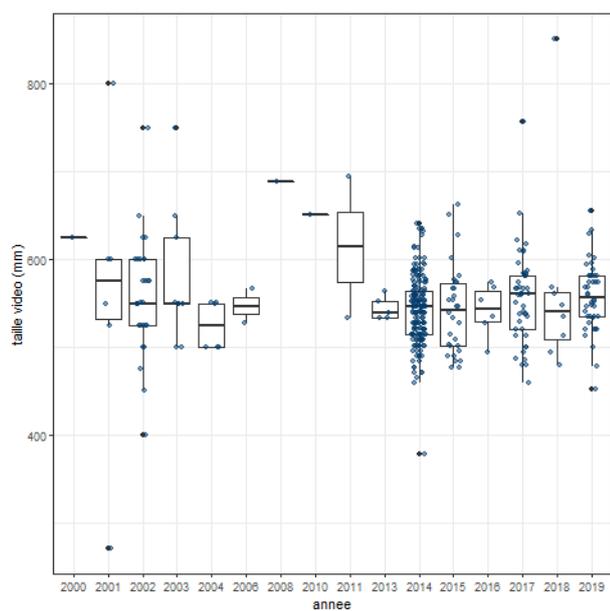


FIGURE 38 – Taille des saumons mesurées au niveau du dispositif de vidéocontrôle d'Arzal.

## 2.7 Truite de mer



La Truite de mer *Salmo trutta trutta* est un poisson migrateur amphihalal qui se reproduit souvent plusieurs fois. La reproduction a lieu en eau douce en novembre-janvier, avec un homing assez fort. Environ 1/4 des truites de mer, majoritairement des mâles, seront sédentaires, les autres, majoritairement des femelles, dévaleront après 1 à 2 ans de vie en eau douce. Le séjour marin s'effectue à proximité des côtes françaises, avec des incursions fréquentes en eau douce. La durée de la phase marine est très variable, de quelques mois à 3 ans. Les adultes de cette espèce peuvent rester en rivière, aller grossir en mer ou grossir en lac selon les contextes, ce qui définit trois écotypes distincts (truite fario, truite de mer et truite lacustre). La truite de mer n'est pas menacée au niveau français, mais elle est peu présente en Bretagne. Sur la Vilaine, des alevinages de truites ont provoqué le passage d'environ 400 truites de mer en 1996, puis les effectifs ont chuté très rapidement, pour être anecdotiques ces dernières années. Espèce classée en préoccupation mineure en France sur la liste rouge UICN.

7 truites de mer ont été comptées en 2019 (Figure 39, Tableau 8).

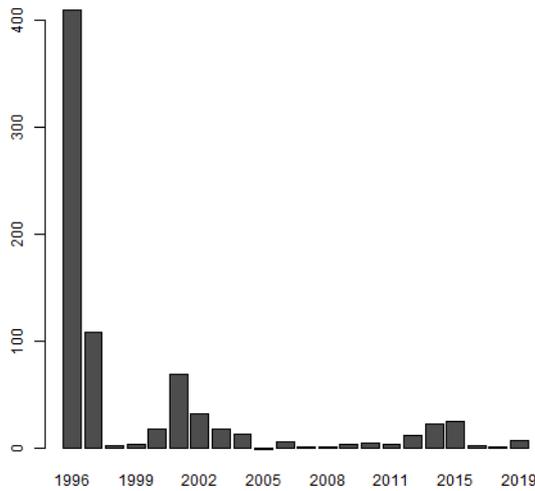


FIGURE 39 – Histogramme des effectifs annuels de truites de mer comptabilisés au barrage d'Arzal.

La migration est faible par rapport aux années précédentes (Figure 40, Tableau 9).

La migration des truites de mer intervient toute l'année avec un pic estival, qui n'apparaît pas cet été compte tenu des effectifs faibles (Figure 41).

Les tailles des truites mesurées au niveau de la passe d'Arzal sont présentées en figure (Figure 42).

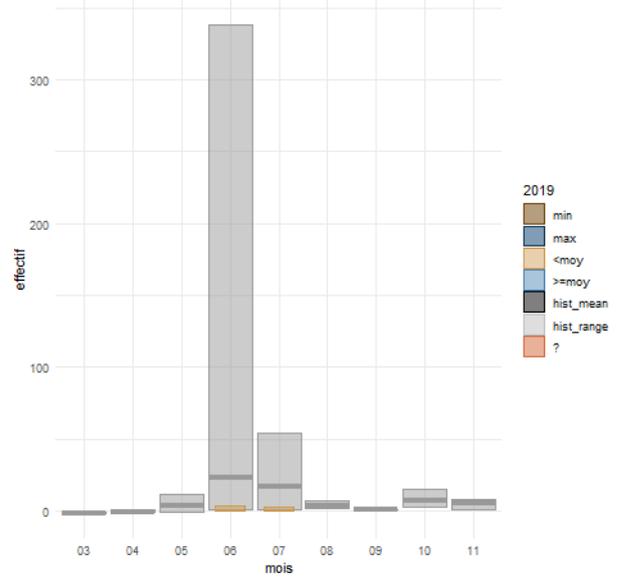


FIGURE 40 – Comparaison de la migration de truite de mer de 2019 avec la série interannuelle de données 1996-2018.

Mois	Min*	Moyenne*	Max*	N (2019)
juin	1	22	338	4
juil.	1	15	54	3

Tableau 8 – Migrations mensuelles des truites de mer dans la passe à bassins du barrage d'Arzal, *N* nombre, \* correspondent à la période 1996-2019. min\* minimum mensuel, max\* maximum mensuel, moyenne\* moyenne des effectifs mensuels.

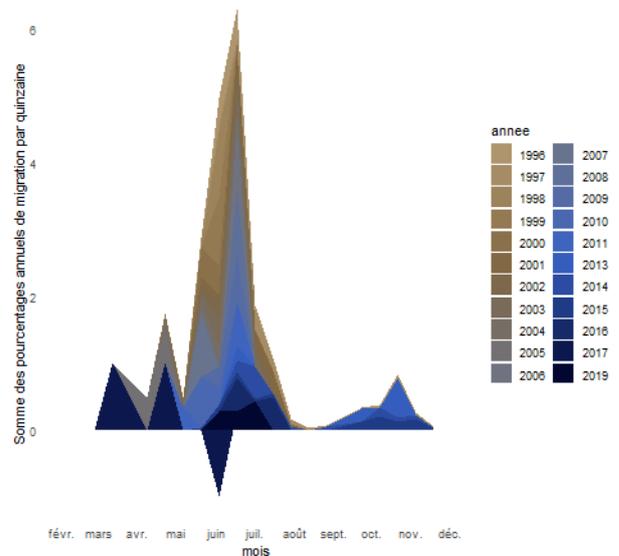


FIGURE 41 – Saisonnalité des migrations de truites de mer sur la Vilaine.

<i>Salmo trutta trutta</i>	
1996	410
1997	108
1998	2
1999	3
2000	17
2001	69
2002	32
2003	17
2004	13
2005	-2
2006	6
2007	1
2008	1
2009	3
2010	4
2011	3
2013	11
2014	22
2015	25
2016	2
2017	-1
2019	7

Tableau 9 – Migration des truites de mer dans la passe à bassins du barrage d'Arzal (passe à fente verticale).

## 2.8 Autre espèces

Par sa situation avec le pied en eau salée et la tête en eau douce, la passe ne rencontre que des effectifs très faibles d'autres espèces. En 2019 les espèces recensées sont peu nombreuses, Silure, Sandre, Black bass, cyprinidés et brème (Figure 43). La fréquentation des autres espèces depuis 2000 est illustrée de manière graphique à la Figure 44.

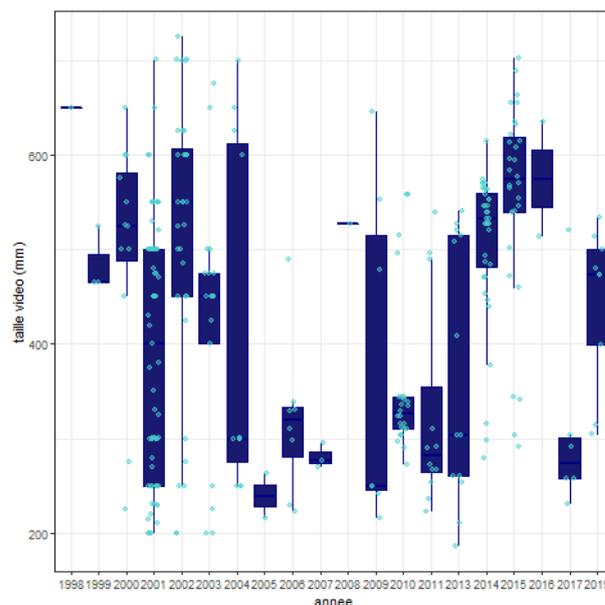


FIGURE 42 – Taille des truites de mer mesurées au niveau du dispositif de vidéocontrôle d'Arzal.

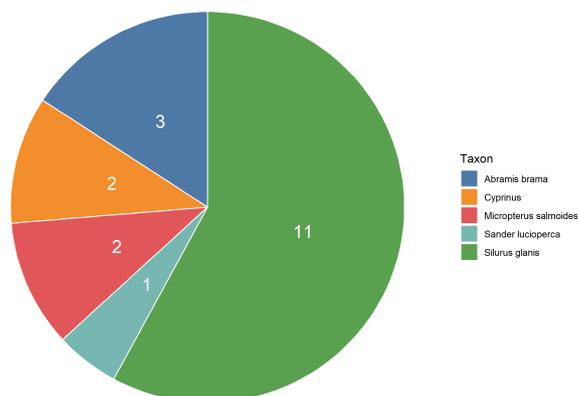


FIGURE 43 – Effectif des autres espèces recensées en 2019 dans la passe, *Abramis brama* Brème, *Sander lucioperca* Sandre, *Cyprinus* cyprinidés sans détermination (genre), *Micropterus salmoides* black bass à grande bouche, *Silurus glanis* Silure

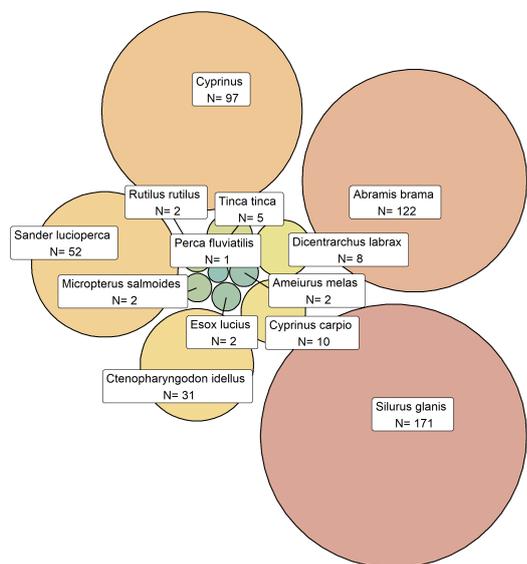


FIGURE 44 – Effectif des autres espèces rencontrées dans la passe d’Arzal depuis 2000.



FIGURE 46 – Silure devant la vitre de la passe



FIGURE 45 – Silure devant l’entrée de la passe

### 3 Annexes

**Calculs extraits de la base de données du barrage.** La base de données du barrage collecte les informations relatives aux niveaux et au fonctionnement des vannes au pas de temps de 10 minutes. Le fichier des données extrait de la base de données du barrage contient 52 302 lignes. À partir de ce dernier un script de traitement extrait les temps et les modes de fonctionnement de la passe (Figure 3). Les sondes utilisées en référence ont parfois des valeurs manquantes, 0 et 0 respectivement pour les niveaux aval (mer) et amont (Vilaine). Après correction en utilisant l'une ou l'autre des sondes, le nombre de valeurs manquantes restantes pour lesquelles les deux sondes n'ont pas de valeur est de 1 et celles 1 pour les niveaux aval et amont. Les corrections des niveaux de la mer <sup>2</sup>, du sas aval <sup>3</sup> correspondent à 2108 lignes et des dérives de codeur sur la vanne mer <sup>4</sup> à 900 lignes. Au final 5698 lignes manquent des données permettant de calculer le fonctionnement de la passe (Figure 7). Le fichier de calcul des temps de fonctionnement réintégré dans stacomIR comporte 3270 lignes.

**Entretien de la passe** L'historique des modifications effectuées depuis la mise en service de la passe à bassins est décrit au Tableau 10.

Année	Intervention
1998	Mise en place du mode "étiage" pour maintenir le fonctionnement de la passe à bas débit.
2000	Reprogrammation des automatismes pour éviter le vieillissement prématuré de la centrale hydraulique aval.
2005	Changement du système vidéo, remplacement par un système numérique. 2005
Changement de la vanne aval (corrosion).	
2010	Remplacement des têtes des vérins aval corrodées par des têtes en inox.
2011	Modernisation des armoires électrique amont et aval, reprogrammation des automatismes.
2012	Pose d'une vanne montée sur poulie sur le canal de débit d'appoint pour faciliter la réouverture rapide du canal, et favoriser la gestion d'étiage.
2013	Rénovation du local d'accueil de la passe à bassins (peinture, gradin).
2014	Rénovation du local d'accueil de la passe à bassins (téléviseur, luminaires, prises . . .).
2016	Réparation du caisson lumineux après plusieurs submersions. Etude de la possibilité d'installer un caisson étanche avec un éclairage par leds.
2017-18	Rénovation des vérins de la porte aval.

Tableau 10 – Entretien historique de la passe à poissons.

2. Suppression des valeurs inférieures à -3.5 m NGF.

3. Le dernier bassin en aval de la passe, la différence de niveaux entre ce bassin et la mer conditionne le fonctionnement de la vanne aval, suppression des valeurs en dehors de la gamme [-1m,2.5m].

4. Suppression des valeurs en dehors de la gamme [-1.72m,2.5m] correspondant à la course normale de la vanne.

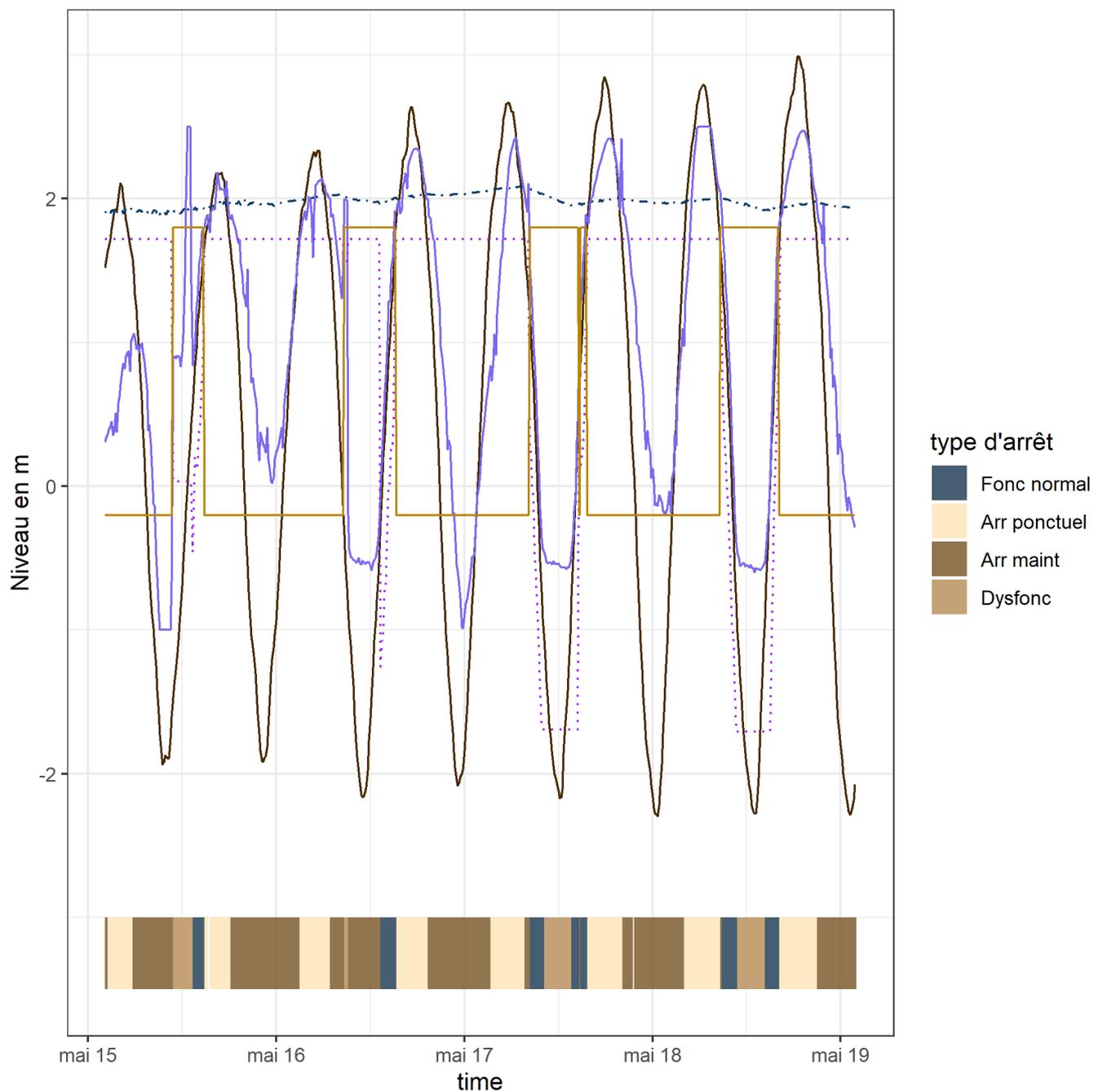


FIGURE 47 – Illustration du fonctionnement de la passe lors d'un fonctionnement normal en mai. A chaque cycle de marée, le niveau de la mer varie entre +2 m et -2m environ (en noir). Le niveau vilaine vilaine (.- bleu) varie peu et reste autour de 1m80. La vanne amont (en marron clair) s'ouvre dès que le niveau mer descend 30 cm en dessous du niveau Vilaine. C'est l'entrée en régulation de la passe. La vanne aval (... violets) ajuste le niveau du SAS (courbe bleue) pour maintenir une chute constante à l'aval de la passe à l'aide d'une régulation par l'automate. L'arrêt pour maintenance le 17 lors de la marée montante se traduit par une fermeture de la vanne amont (trait horizontal supplémentaire). L'état de la passe est calculée pour chaque période de 10 minutes (en bas).

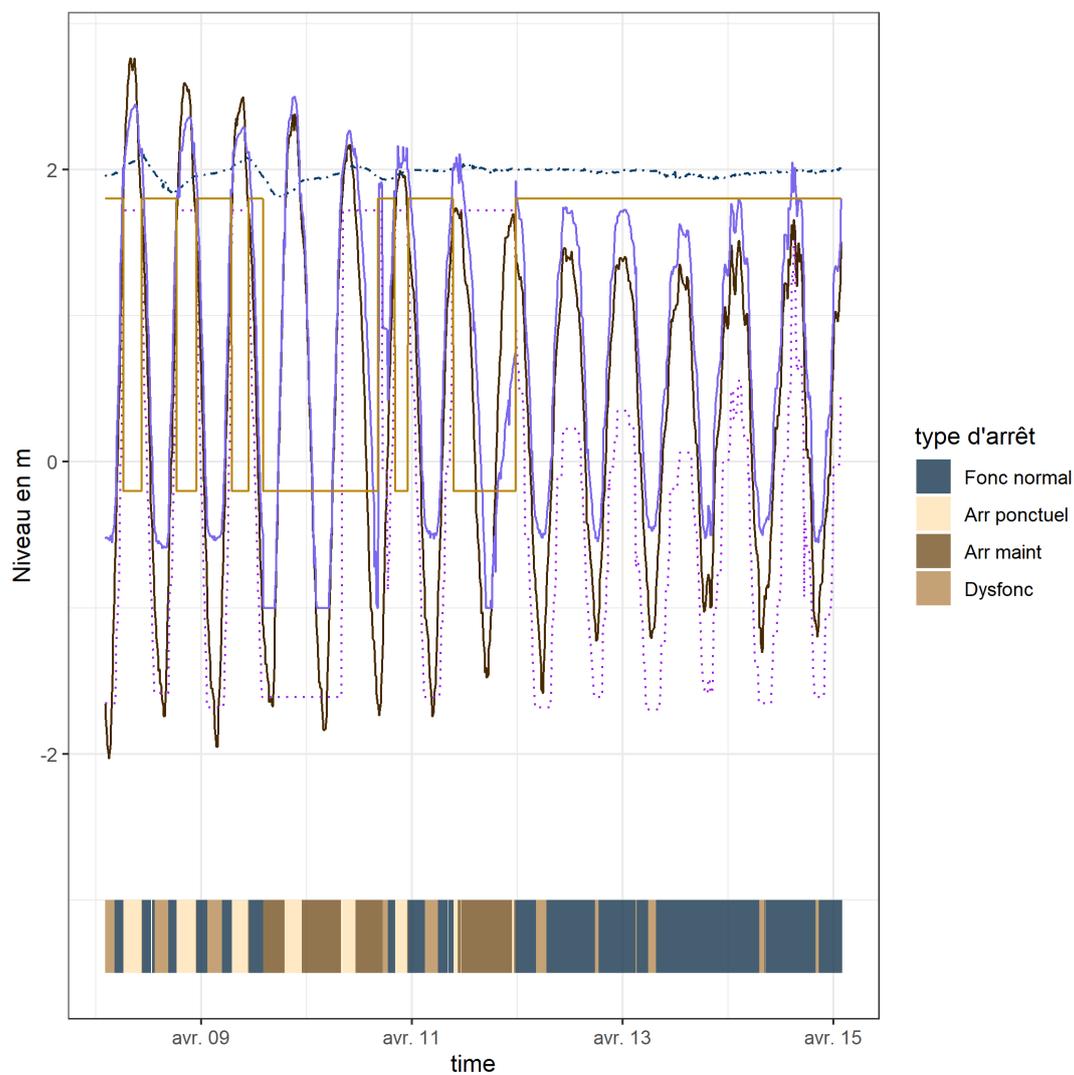


FIGURE 48 – Illustration du fonctionnement de la passe après la remise en route de la passe en avril. En ordonnée les niveaux mer (noir), vilaine (-), sas (en bleu), niveau vanne mer (pointillés violet), niveau vanne Vilaine (ligne marron continue). L'état de la passe est calculée pour chaque période de 10 minutes (en bas). Les 10 et 11 après midi, la position basse de la vanne amont (vanne fermée) indiquent une fermeture de la passe.

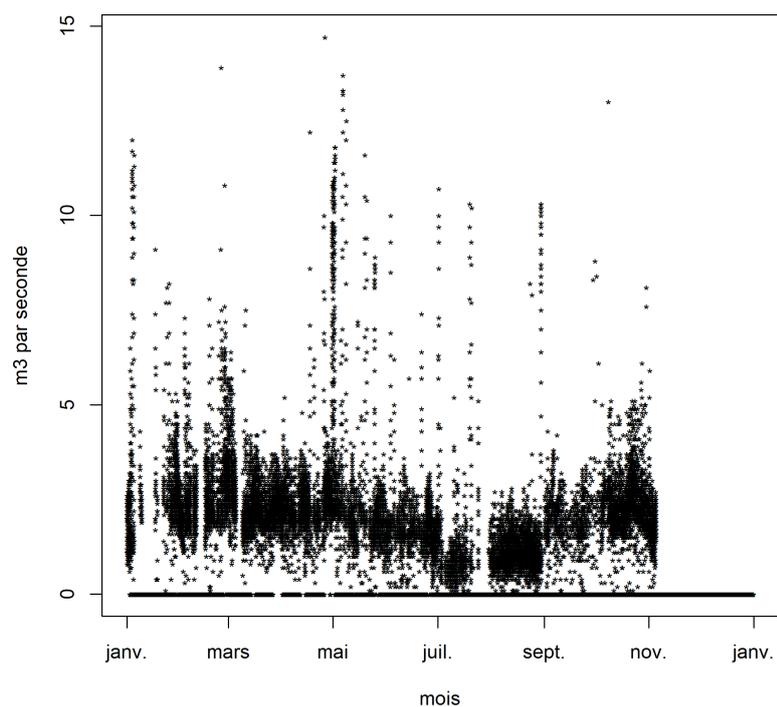


FIGURE 49 – Débit calculé dans la passe en 2019, mesures de l'automate du barrage.

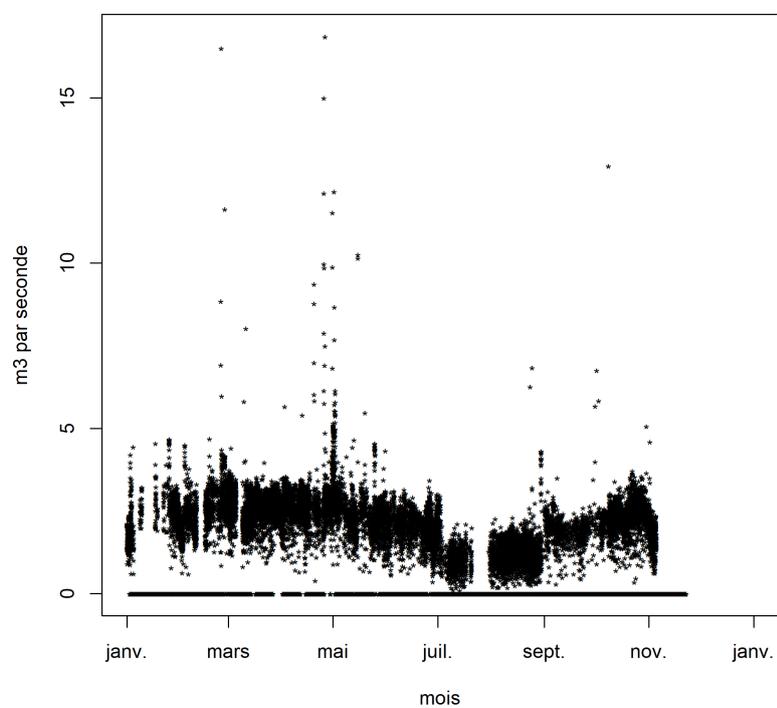


FIGURE 50 – Débit recalculé dans la passe en 2019, après correction des valeurs aberrantes et prise en compte du noyage aval de la passe.

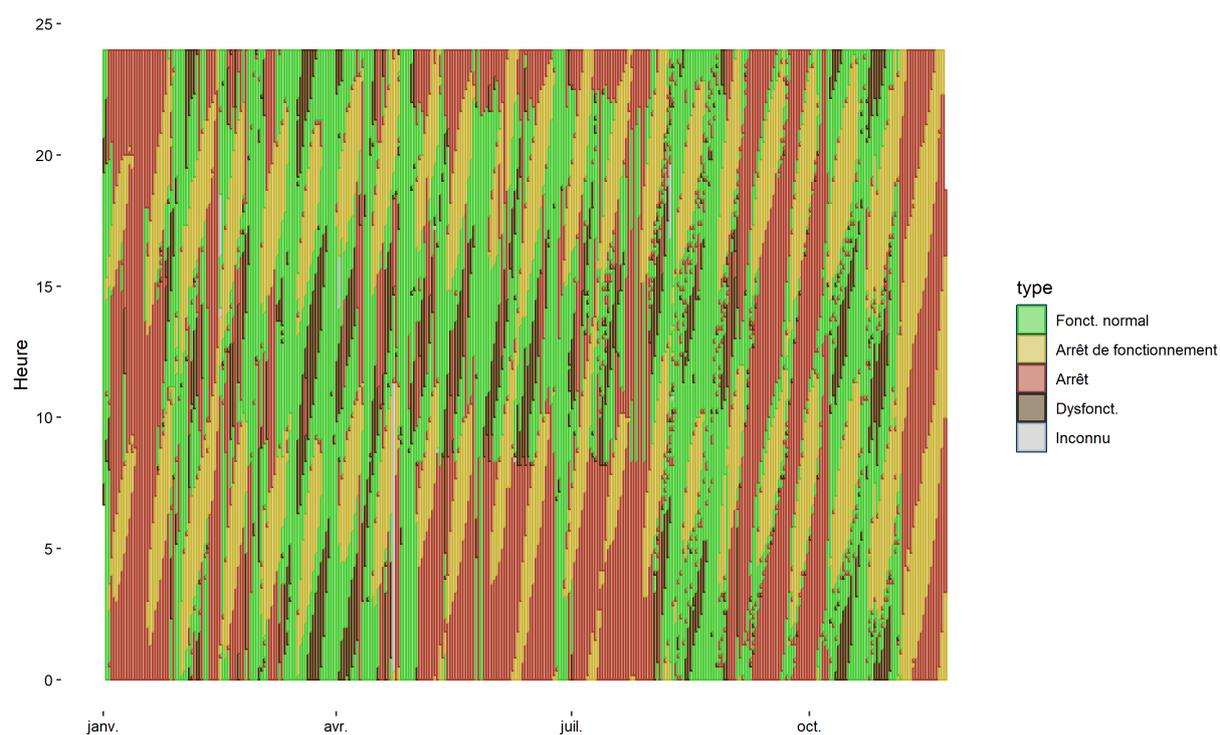


FIGURE 51 – Bilan du fonctionnement de la passe lors de l'année 2019. En orange il est possible de suivre les périodes de haute mer où la passe est fermée, les périodes où les bandes sont les plus larges correspondent à des périodes de vives eaux et également en hiver aux périodes où la gestion de la Vilaine est plus réduite. Les arrêts nocturnes de la passe sont visibles en mai - juin - juillet. En septembre et octobre le passage en "mode étiage" réduit la durée de fonctionnement de la passe aux quelques heures qui précèdent la marée haute. En hiver, en période de crue, la passe est à l'arrêt.

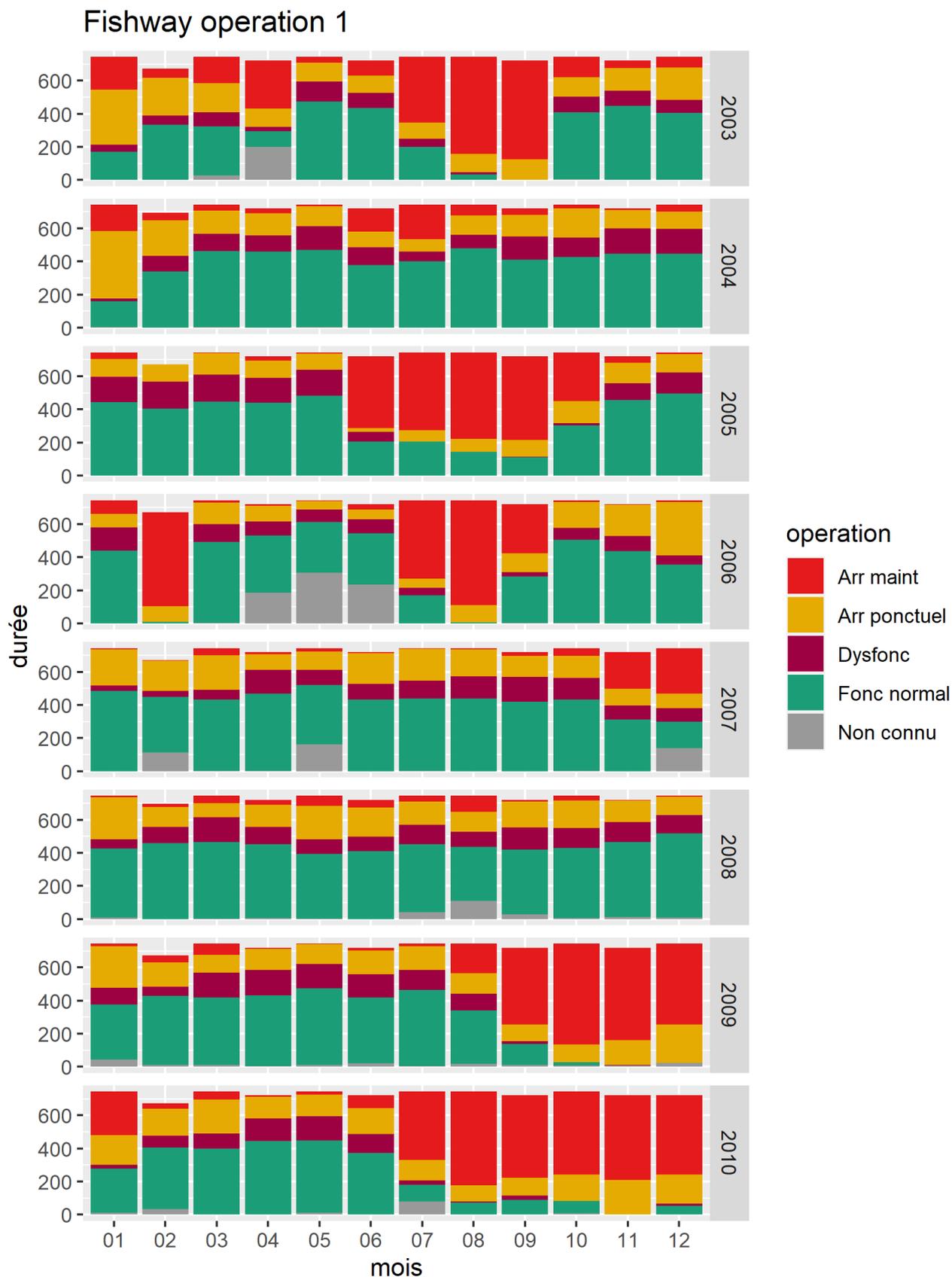


FIGURE 52 – Bilan mensuel du fonctionnement de la passe à bassins d’Arzal de 2003 à 2010.

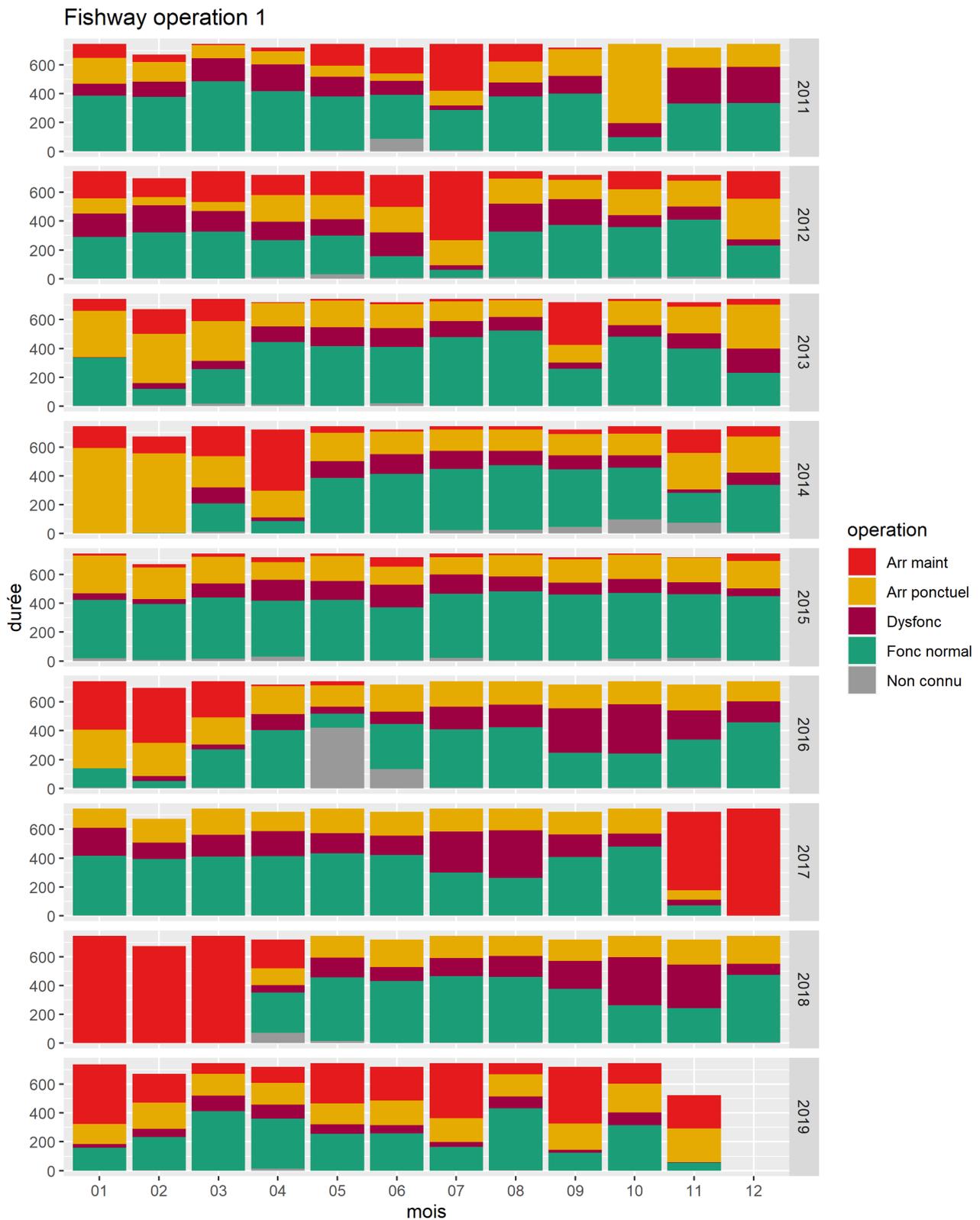


FIGURE 53 – Bilan mensuel du fonctionnement de la passe à bassins d’Arzal de 2011 à 2019.

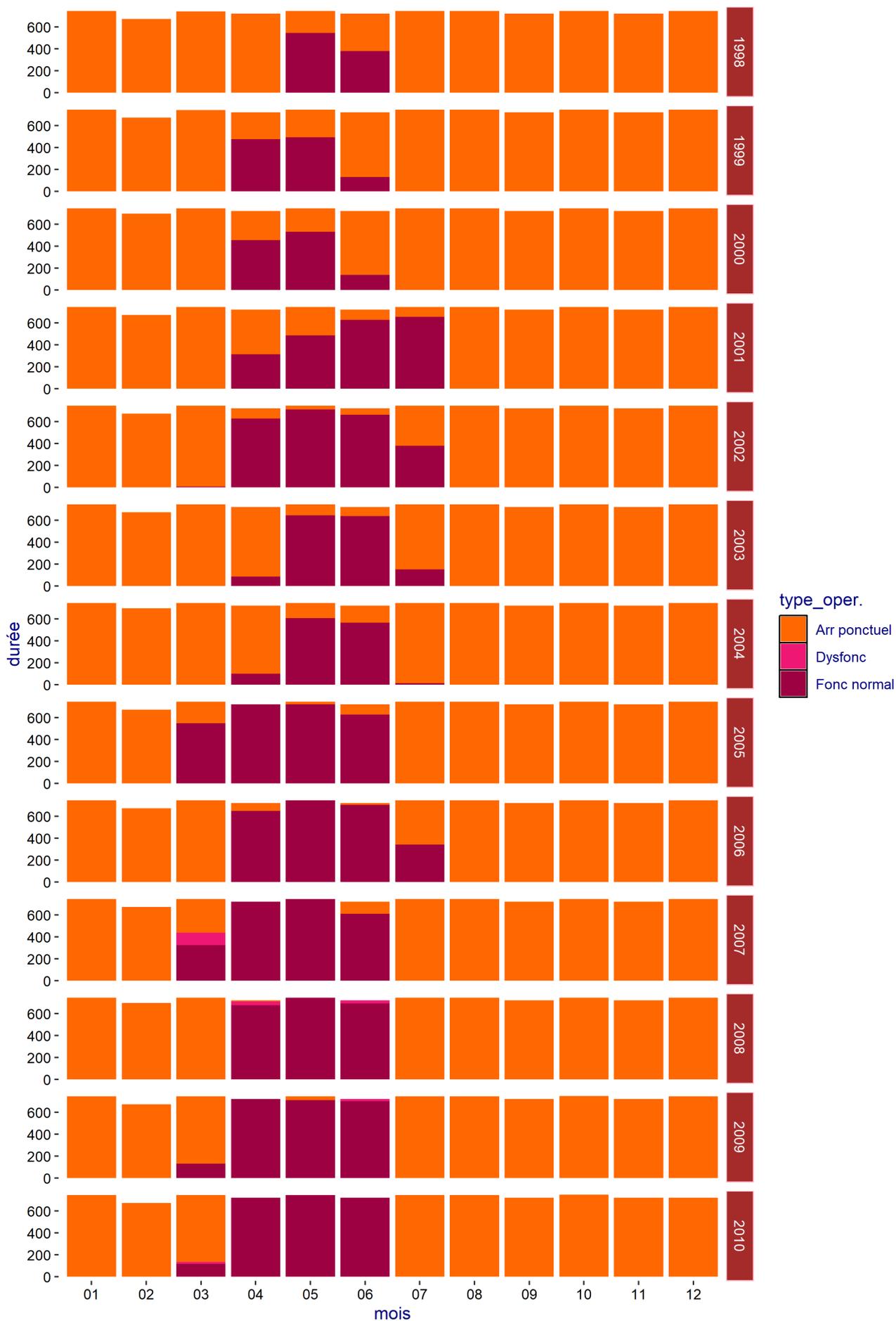


FIGURE 54 – Bilan du fonctionnement du dispositif de comptage de 1998 à 2010.

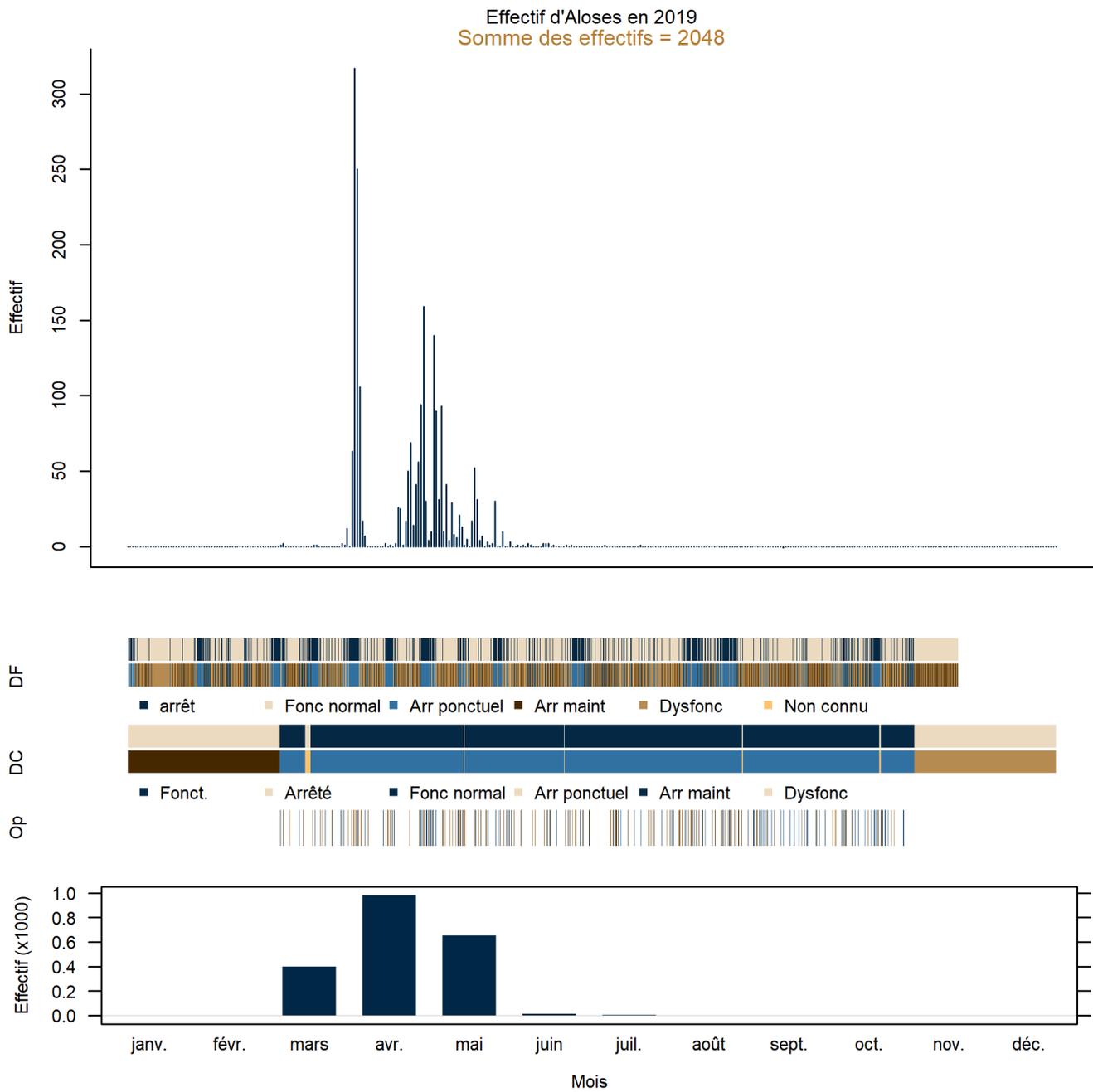


FIGURE 55 – Bilan de la migration des aloses en 2019. Effectifs journaliers et fonctionnement des dispositifs de franchissement et de comptage

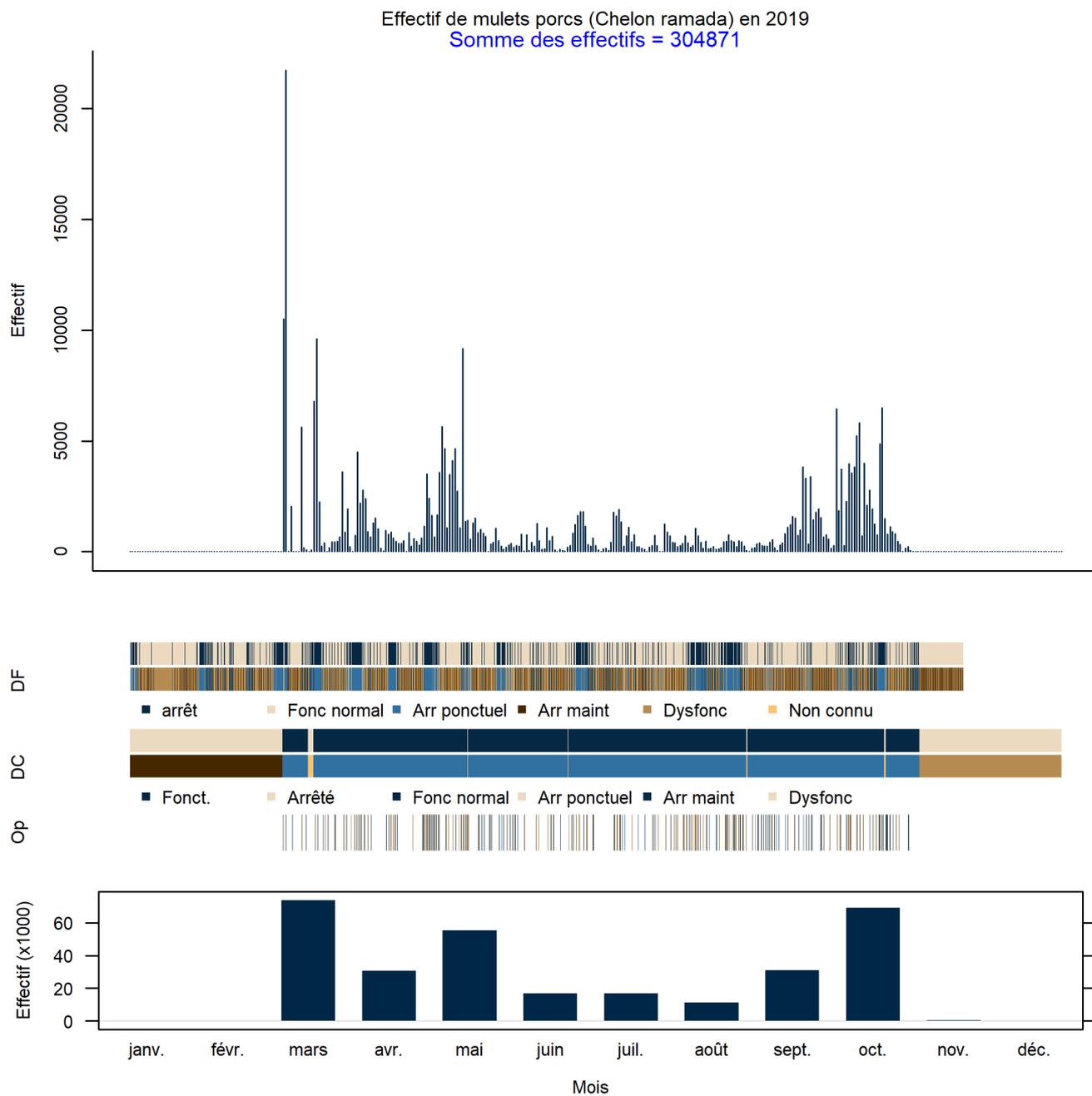


FIGURE 56 – Bilan de la migration des mulets en 2019. Effectifs journaliers et fonctionnement des dispositifs de franchissement et de comptage

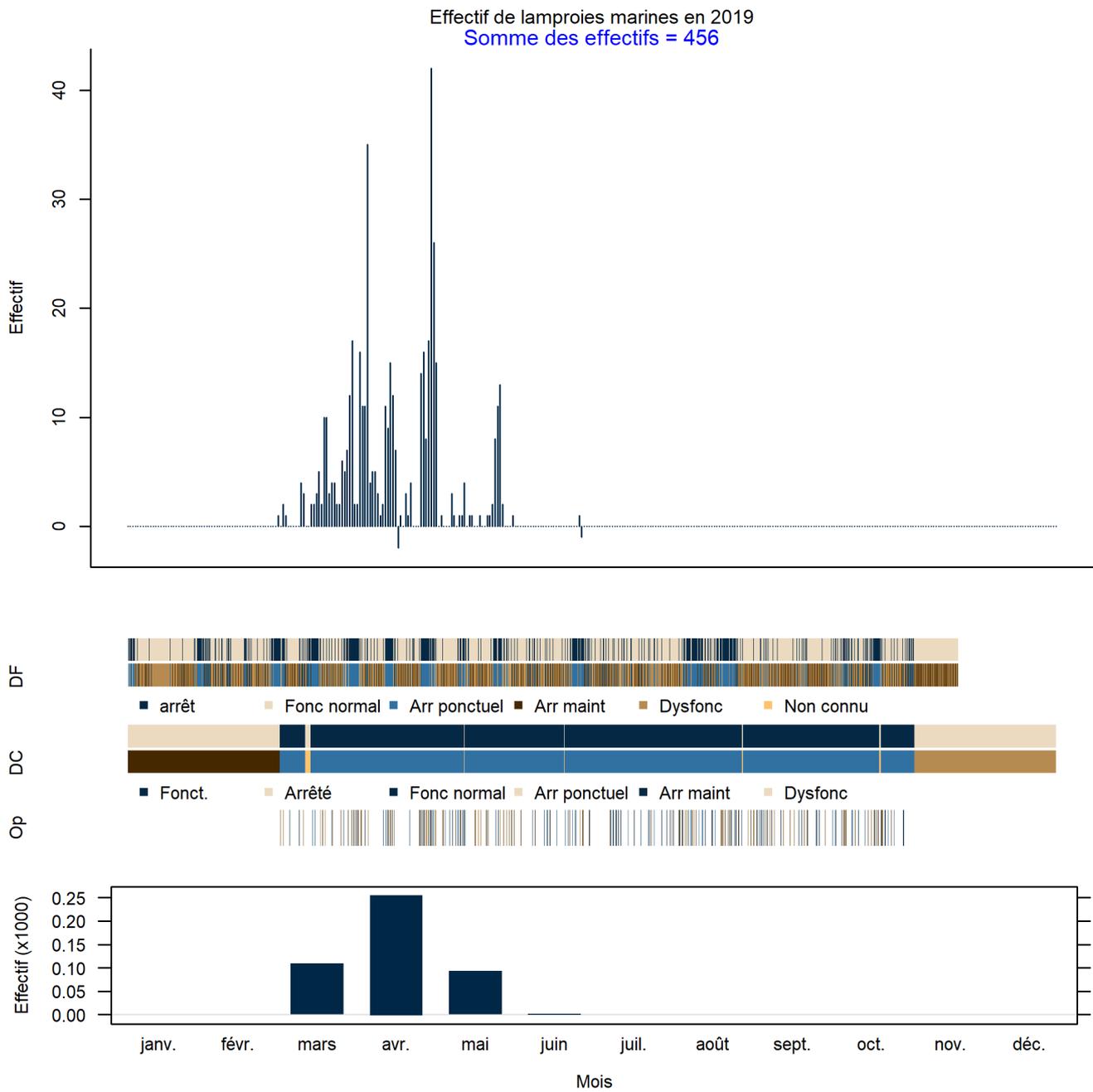


FIGURE 57 – Bilan de la migration des lamproies marines en 2019. Effectifs journaliers et fonctionnement des dispositifs de franchissement et de comptage

Versions précédentes des rapports annuels (table 11).

Tableau 11 – Rapports précédents concernant la passe à bassins.

Année	Rapport
2019	Dynamique de la population de Mulet porc <i>Chelon ramada</i> (Risso 1827) dans le bassin versant de la Vilaine
2019	Suivi de la passe à bassins, 2018
2018	Suivi de la passe à bassins, 2017
2017	Suivi de la passe à bassins, 2016
2016	Suivi de la passe à bassins, 2015
2015	Suivi de la passe à bassins, 2014
2014	Suivi de la passe à bassins, 2013
2013	Suivi de la passe à bassins, 2012
2012	Suivi de la passe à bassins, 2011
2010	Suivi de la passe à bassins, 2009
2009	Suivi de la passe à bassins, 2008

**Remerciements** La passe fonctionne au quotidien grâce au travail d'entretien de suivi et d'intervention des barragistes : Alban Le Guen, Cyril Faucon, Johann Dahlem, Laurent Philipot, Thierry Besnard. Nous tenons à les remercier pour leur aide et leur disponibilité.

### Ressources en ligne

Association Loire Grands Migrateurs (LOGRAMI) : <http://www.logrami.fr>

Association Migrateurs Garonne Dordogne : <http://www.migado.fr>

Cellule Migrateurs Charente Seudre : <http://www.migrateurs-charenteseudre.fr>

Observatoire des poissons migrateurs en Bretagne : <http://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr>

## Références

- Bartulović, V., Dulčić, J., Matić-Skoko, S., et Glamuzina, B. 2011. Reproductive cycles of *Mugil cephalus*, *Liza ramada* and *Liza aurata* (Teleostei : Mugilidae). *Journal of Fish Biology* **78**(7) : 2067–2073. doi :10.1111/j.1095-8649.2011.02953.x.
- Briand, C. et Bousson, D. 1998. Suivi des passes estuariennes de la Vilaine. Rapport technique, Institution d’Aménagement de la Vilaine.
- Briand, C., Sauvaget, B., et Eriau, G. 2018a. Suivi des migrations d’anguilles au barrage d’Arzal. Rapport technique, EPTB Vilaine.
- Briand, C., Sauvaget, B., et Eriau, G. 2018b. Suivi scientifique des migrations de poissons de la passe à bassins du barrage d’Arzal 2018. Rapport technique.
- Farrugio, H. et Quignard, J.P. 1974. Biologie de *Mugil (Liza) ramada* Risso 1826 et de *Mugil (Chelon) labrosus* Risso, 1826 (Poissons, Teleosteens, Mugilides) du Lac de Tunis. Age et croissance. *Bull. Inst. Nrl. Scient. Tech. Océang. Peche. Salammbô-3* (1-4) pp. 139–152.
- Gautier, D. et Hussenot, J. 2005. Les Mulets Des Mers D’Europe : Synthèse Des Connaissances Sur Les Bases Biologiques Et Les Techniques D’aquaculture. Editions Quae.
- Iannone, R. 2019. *DiagrammeR : Graph/Network Visualization*.
- Larinier, M., Porcher, J., Travade, F., et Gosset, C. 1999. Passes à Poissons, Expertise, Concetion Des Ouvrages de Franchissement.
- Legrand, M., Briand, C., et Besse, T. 2019. *stacomiR : A common tool for monitoring fish migration*. *Journal of Open Source Software* **4**(40) : 791.
- Lemonnier, A. 2019. Dynamique de la population de Mulet porc *Chelon ramada* (Risso, 1827) dans le bassin de la Vilaine (Bretagne, France). Premier essai d’estimation des paramètres démographiques et biologiques du stock. Master 2 PNB : Patrimoine naturel et biodiversité. EPTB Vilaine, INRA Rennes, Université de Rennes 1, Rennes.
- Trancart, T. 2011. Analyse Comparative Des Tactiques Déployées Lors de La Migration de Colonisation Des Bassins Versants Par Les Poissons Migrateurs Amphihalins Thalassotoques. PhD Thesis, Bordeaux 1.

Rapport Sweave  $\LaTeX$

Les sources sont disponibles, n’hésitez pas à nous demander une copie du programme source pour copier... —————

packages R :

StacomiR ([Legrand et al., 2019](#))

$\LaTeX$  :Hmisc, xtable, stargazer, tables

graphiques : StacomiR, ggplot2, lattice

traitements : stringr, lubridate, reshape2, dplyr

diagrammes : diagrammeR

base : XLConnect, RPostgreSQL, sqldf

Dernière compilation : le 25 juin 2021

R version 4.0.3 (2020-10-10)

plateforme x86-64-w64-mingw32