



10 avenue de Toulouse 31860 Pins-Justaret
Tél./Fax : 05.62.20.98.24
<http://ecogea.pagespro-orange.fr>

Evaluation de l'efficacité du dispositif de dévalaison au niveau de l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières (Dordogne) pour les anguilles d'avalaison.

-
Résultats des tests d'automne-hiver 2010-2011.



Barge de pêche en rive gauche du canal d'aménée à l'usine de Mauzac et une anguille argentée radio-marquée.



Rédacteurs : A. Frey
T. Lagarrigue
J.M. Mennessier

Février 2012

**Evaluation de l'efficacité du dispositif de dévalaison au niveau de
l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières (Dordogne) pour
les anguilles d'avalaison.**

Résultats des tests de l'automne hiver 2010-2011.

Remerciements :

Les auteurs tiennent à remercier ici :

- l'ensemble du personnel EDF de l'usine de Tuilières, en particulier le chef d'usine Jean-Michel Quadjovie, pour avoir contribué au bon déroulement de l'étude, ainsi que Laurence Lissalde-Bonnet (EDF CIH Toulouse) pour la coordination et la logistique sur le site de Mauzac.

- les pêcheurs professionnels, pour leur implication dans l'étude, leur assiduité malgré les intempéries et le partage de leur savoir-faire. Ces derniers ont largement contribué à la réussite de cette campagne de suivi en fournissant le matériel biologique nécessaire.

- EDF Recherche et Développement pour le prêt de matériel de radio-télémetrie qui a permis l'amélioration de nos installations.

SOMMAIRE :

1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIFS DE L'ETUDE	2
3. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE	2
3.1. Le bassin de la Dordogne	2
3.2. Principaux aménagements hydroélectriques du bassin de la Dordogne	4
3.2.1. Aménagements de la haute Dordogne :	5
3.2.2. Aménagements de la Vézère :	5
3.2.3. Aménagements de la basse Dordogne :	5
3.2.3.1. L'aménagement hydroélectrique de Mauzac	5
3.2.3.2. L'aménagement hydroélectrique de Tuilières	7
3.2.3.3. L'aménagement hydroélectrique de Bergerac	9
3.3. Bassin versant potentiellement accessible à l'anguille	10
4. MATERIEL ET METHODE	10
4.1. La période d'étude.....	10
4.2. La pêche professionnelle d'avalaison	11
4.2.1. Objectifs de la pêche	11
4.2.2. Localisation	11
4.2.3. Principe de fonctionnement	12
4.2.4. Structure et état sanitaire de la population d'anguille dévalante du bassin de la Dordogne	15
4.3. Les conditions environnementales au cours de la période d'étude	15
4.3.1. Les débits.....	15
4.3.2. Données environnementales.....	16
4.3.3. Fonctionnement des usines de Tuilières et de Mauzac	17
4.4. Suivi des déplacements de poissons à l'aide de la technique de radiotélémetrie	17
4.4.1. Principe	17
4.4.2. Matériel biologique.....	18
4.4.3. Matériel utilisé	19
4.4.3.1. Emetteurs	19
4.4.3.2. Récepteurs-Enregistreurs.....	19
4.4.4. Zones de détection	20
4.4.4.1. Le site de Mauzac	20
4.4.4.2. Le site de Tuilières	21
4.4.4.3. Le site de Bergerac	22
4.4.5. Suivi mobile.....	23
4.4.6. Modalités de marquage, de transport et de lâcher	23
4.4.6.1. Le marquage.....	23
4.4.6.2. Stabulation, transport et lâchers.....	24
4.5. Evaluation de l'efficacité de la pêche par la méthode de capture-marquage-recapture (CMR)	25
4.5.1. Principe général	25
4.5.2. Les transpondeurs utilisés	25
4.5.3. Le matériel biologique	26
5. CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE L'ETUDE	27
6. RESULTATS CONCERNANT LA PECHERIE	31
6.1. Nombre de captures	31
6.1.1. Anguilles	31
6.1.2. Autres espèces	31
6.2. Principales caractéristiques biométriques des anguilles	31
6.3. Etat sanitaire général des anguilles	34
6.4. Temps de pêche effectif, nombre de relèves de filet et effectif capturé par relève de filet.....	35
6.5. Effort de pêche et CPUE	37
7. RESULTATS CONCERNANT LA RADIOTELEMETRIE.....	38
7.1. Fonctionnement des ouvrages hydroélectriques	38
7.1.1. Tuilières	38
7.1.2. Mauzac	39
7.2. Devenir des 73 anguilles radiomarquées	41

7.3. Comportement et franchissement des anguilles au niveau des ouvrages étudiés	43
7.3.1. Mauzac	43
7.3.1.1. Comportements au barrage.....	45
7.3.1.2. Comportement à l'usine.....	46
7.3.1.3. Conclusions sur le franchissement de Mauzac	47
7.3.2. Tuilières	47
7.3.2.1. Conclusions sur les franchissements de Tuilières	51
7.4. Synthèse sur le franchissement des 2 ouvrages hydroélectriques	52
7.4.1. Taux de franchissement et voies de passage	52
7.4.2. Temps de transfert entre les ouvrages.....	53
7.4.3. Horaires de franchissement.....	56
7.5. Influence des paramètres environnementaux sur la dévalaison (captures par la pêche et anguilles radio-marquées)	56
7.5.1. Turbidité	57
7.5.1.1. Relations entre la turbidité et les mouvements d'anguilles	57
7.5.1.2. Relations entre les différentes stations de mesure de la turbidité	64
7.5.1.3. Relations entre la turbidité et le débit	66
7.5.2. Débits	69
7.5.2.1. Relations entre les débits et les captures par la pêche.....	69
7.5.2.2. Relations entre les débits, les captures par la pêche et les franchissements d'ouvrages.....	70
7.5.2.3. Relations entre les débits, les franchissements et les mouvements d'anguilles.....	71
8. DISCUSSION.....	78
8.1. Rappels des principaux résultats	78
8.2. Difficultés rencontrées lors de l'étude	81
8.3. Perspectives pour le suivi 2011-2012	82
9. CONCLUSION	83
ANNEXES.....	86

LISTE DES FIGURES

- Figure 1** : Carte du bassin hydrographique de la Dordogne
Figure 2 : Profil en long de la Dordogne et affluents situant les principaux aménagements hydroélectriques du bassin versant (Electricité de France)
Figure 3 : Schéma représentatif de l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières
Figure 4 : Plan du barrage de Bergerac
Figure 5 : Schéma d'un guideau en pêche (Guide des engins de pêche fluviale et lacustre – CSP, 2003 in Acou *et al.*, 2010).
Figure 6 : Schéma du principe de fonctionnement de la pêcherie
Figure 7 : Localisation des stations multi-paramètres mises en place par la DTG
Figure 8 : Principe du radiopistage en milieu aquatique. (BARAS et CHERRY, 1990)
Figure 9 : Schéma des différentes zones d'enregistrement au niveau du barrage et de l'usine de Mauzac
Figure 10 : Schéma des différentes zones d'enregistrements au niveau du barrage de Tuilières
Figure 11 : Schéma de l'antenne multibrin TUC1 (4,5 et 6) et de l'antenne multibrin TUC2 (1,2 et 3)
Figure 12 : Schéma de la zone d'enregistrement au niveau du barrage de Bergerac
Figure 13 : Débits moyens mensuels de la Dordogne à Lamonzie Saint Martin (chronique de 1958 à 2009)
Figure 14 : Débits moyens journaliers de la Vézère et de la Dordogne pendant la période d'étude
Figure 15a : Débits classés de la Vézère à Montignac pendant la période d'étude
Figure 15b : Débits classés de la Dordogne à Cénac pendant la période d'étude
Figure 15c : Débits classés de la Dordogne à Lamonzie pendant la période d'étude
Figure 15d : Débits classés de la Dordogne en amont de Mauzac
Figure 16 : Répartition par classe de taille (cm) des anguilles capturées sur la Loire et la Dordogne
Figure 17 : Répartition des classe d'indice oculaire des anguilles capturées en 2009/10 et 2010/11 à la pêcherie de Mauzac
Figure 18 : Répartition des classes d'indice de la nageoire pectorale des anguilles capturées en 2009/10 et 2010/11 à la pêcherie de Mauzac.
Figure 19 : Répartition des temps effectifs de pêche pendant la durée de l'étude
Figure 20 : Répartition du débit moyen journalier de la Dordogne (Montignac+Cénac) en fonction du nombre de relèves de filet par nuit de pêche
Figure 21 : Nombre d'anguilles capturées par relève du filet de pêche au cours de l'étude
Figure 22 : Fréquence cumulée du nombre de turbines en fonctionnement à Tuilières durant la période d'étude
Figure 23 : Fréquence cumulée des débits moyens horaires turbinés à Tuilières durant la période d'étude
Figure 24 : Fréquence cumulée des débits moyens horaires turbinés à Mauzac durant la période d'étude
Figure 25 : Représentation des jours de surverse au barrage de Mauzac
Figure 26 : Répartition des différents points de lâcher Dordogne et Vézère
Figure 27 : Schéma bilan du devenir des 73 anguilles radiomarquées
Figure 28 : Captures à la pêcherie de Mauzac et surverse au barrage de Mauzac
Figure 29 : Durée de présence sur site en amont du barrage de Mauzac avant franchissement
Figure 30 : Répartition des franchissements des 3 pertuis à l'entrée du canal d'amenée de Mauzac
Figure 31a : Répartition des temps de transfert entre le Barrage de Mauzac et son usine
Figure 31b : Répartition des temps de présence à l'aval de l'usine de Mauzac
Figure 32 : Répartition des temps de franchissement de l'ouvrage de Mauzac (barrage+usine) par les anguilles radiomarquées
Figure 33 : Voie et horaire de franchissement de Tuilières avant et après le 31 Décembre
Figure 34 : Voies de franchissement suivant le fonctionnement de l'ouvrage de Tuilières
Figure 35 : Durée de la dernière incursion avant franchissement de Tuilières en fonction des voies de passage
Figure 36 : Répartition des temps de présence à l'aval de l'usine de Tuilières
Figure 37 : Pourcentage de transfert entre les points de lâcher et les différents ouvrages
Figure 38 : Taux de franchissement des 2 ouvrages cumulés
Figure 39 : Répartition des temps de transfert entre l'usine de Mauzac et de Tuilières
Figure 40 : Horaire de franchissement des ouvrages de Mauzac et de Tuilières
Figure 41 : Horaire de franchissement individuel
Figure 42 : Relation entre la turbidité mesurée à Mauzac et les captures d'anguilles par la pêcherie

- Figure 42b** : Relation entre la turbidité mesurée à Terrasson et les captures d'anguilles par la pêcherie
- Figure 43a** : Turbidité moyenne journalière à Mauzac pendant période de pêche, turbidité des captures cumulées et des nuits de captures cumulées
- Figure 43b** : Turbidité moyenne journalière à Terrasson pendant période de pêche, turbidité des captures cumulées et des nuits de captures cumulées
- Figure 43c** : Turbidité moyenne journalière enregistrée à Mauzac lors des captures à J et J -1
- Figure 43d** : Turbidité moyenne journalière enregistrée à Mauzac lors de nuits de captures à J et J-1
- Figure 44a** : Relation entre la turbidité mesurée à Mauzac et les franchissements de Mauzac
- Figure 44b** : Relation entre la turbidité mesurée à Terrasson et les franchissements de Mauzac
- Figure 45** : Relation entre la turbidité mesurée à Mauzac et les franchissements de Tuilières
- Figure 46 et 47** : Relations entre la turbidité mesurée à Terrasson et à Mauzac et les franchissements de Mauzac et Tuilières
- Figure 48** : Relation entre la turbidité mesurée à Mauzac et l'Indice d'activité migratoire ainsi que les captures d'anguilles par la pêcherie
- Figure 48b** : Relation entre la turbidité mesurée à Terrasson et l'Indice d'activité migratoire ainsi que les captures d'anguilles par la pêcherie
- Figure 49** : Relation entre la turbidité à Mauzac (Dordogne), à Lanzac (Dordogne) et la turbidité à Terrasson (Vézère)
- Figure 50a** : Indice d'activité migratoire en fonction de la turbidité de la Vézère
- Figure 50b** : Indice d'activité migratoire en fonction de la turbidité de la Dordogne
- Figure 50c** : Indice d'activité migratoire en fonction de la turbidité de la Dordogne
- Figure 51a** : Relation entre le débit de la Vézère et la turbidité de la Vézère à Terrasson
- Figure 51b** : Relation entre le débit de la Vézère et la turbidité de la Dordogne à Mauzac
- Figure 52a** : Relation entre le débit de la Dordogne amont et la turbidité de la Dordogne à Lanzac
- Figure 52b** : Relation entre le débit de la Dordogne et la turbidité de la Dordogne à Mauzac
- Figure 53** : Effectifs d'anguilles capturées et franchissements à Mauzac en fonction des débits de la Dordogne à Cénac et Lamonzie et de la Vézère à Montignac (Banque Hydro)
- Figure 54a** : Débit de la Vézère à Montignac lors des franchissements et des captures à Mauzac et sur la période d'étude
- Figure 54b** : Débit de la Dordogne à Cénac lors des franchissements et des captures à Mauzac et sur la période d'étude
- Figure 54c** : Débit de la Dordogne à Lamonzie lors des franchissements et des captures à Mauzac, des franchissements à Tuilières et sur la période d'étude
- Figure 55** : Franchissements des aménagements de Mauzac et de Tuilières en fonction du débit de la Dordogne à Lamonzie.
- Figure 56a** : Relation entre le débit de la Vézère (coups d'eau) et les franchissements de Mauzac et Tuilières
- Figure 56b** : Relation entre le débit de la Dordogne à Cénac et les franchissements de Mauzac et Tuilières
- Figure 56c** : Relation entre le débit de la Dordogne à Lamonzie et les franchissements de Mauzac et Tuilières
- Figure 57a** : Indice d'activité migratoire en fonction du débit de la Vézère
- Figure 57b** : Indice d'activité migratoire en fonction du débit de la Dordogne amont
- Figure 57c** : Indice d'activité migratoire en fonction du débit de la Dordogne à Lamonzie
- Figure 58a** : Fréquences classées des débits de la Vézère et des débits de la Vézère les jours de captures
- Figure 58b** : Fréquences classées des débits de la Dordogne amont et des débits de la Dordogne amont les jours de captures
- Figure 58c** : Fréquences classées des débits de la Dordogne (Montignac+Cénac) et des débits de la Dordogne (Montignac+Cénac) les jours de captures
- Figure 58d** : Fréquences classées des débits de la Dordogne aval et des débits de la Dordogne aval les jours de captures
- Figure 59** : Anguilles lâchées sur la Vézère dévalant sur un pic de turbidité et/ou de débit
- Figure 60a et 60b** : Anguilles lâchées sur la Dordogne ne dévalant pas au premier pic de turbidité et/ou de débit
- Figure 61** : Anguilles lâchées sur la Vézère ne dévalant pas au premier pic de turbidité et/ou de débit
- Figure 62a et 62b** : Transfert Mauzac-Tuilières des anguilles du lot témoin lors de pics de débit et/ou de turbidité

Figure 63 : Transfert Mauzac-Tuilières des anguilles du lot témoin lors de conditions de débits et de turbidité assez « stables » ou lors de baisses de ces paramètres

Figure 64a : Transferts Mauzac-Tuilières ne s'effectuant pas sur le premier pic de débit ou de turbidité

Figure 64b : Transferts Mauzac-Tuilières lors de pics de débit et/ou de turbidité

Figure 64c : Transferts Mauzac-Tuilières lors de conditions de débits et de turbidité assez « stables » malgré différents pics antérieurs

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Superficie de bassin versant accessible à l'aval du premier ouvrage infranchissable de la Dordogne et principaux affluents

Tableau 2 : Constantes et coefficients utiles au calcul de l'argenteure (DURIF 2003)

Tableau 3 : Taille et poids des anguilles radio-marquées

Tableau 4 : Caractéristiques constructeur des radio émetteurs utilisés

Tableau 5 : Descriptif des stations d'enregistrement du site de Mauzac

Tableau 6 : Descriptif des stations d'enregistrement du site de Tuilières

Tableau 7 : Coefficient d'hydraulicité de la Dordogne à Lamonzie pendant la période d'étude

Tableau 8 : Coefficient d'hydraulicité de la Vézère à Montignac pendant la période d'étude

Tableau 9 : Coefficient d'hydraulicité de la Dordogne à Cénac pendant la période d'étude

Tableau 10 : Caractéristiques de taille et de poids des anguilles pêchées sur la Dordogne

Tableau 11 : Distribution du nombre d'anguilles capturées en fonction des relèves au cours des mois de pêche

Tableau 12 : Comparaison des efforts de pêche et des CPUE entre l'étude Dordogne 2009-2010, 2010-2011 et les études Loire 2001-2009

Tableau 13 : Effectif et répartition des 7lots d'anguilles radiomarquées

Tableau 14 : Conditions de franchissement des anguilles passées en période de surverse à Mauzac

Tableau 15 : Détails des différentes configurations d'usine lors du franchissement de Tuilières par les anguilles radiomarquées

Tableau 16 : Résumé des voies de franchissement des deux ouvrages étudiées

Tableau 17 : Détails du transfert entre Mauzac et Tuilières pour les anguilles radiomarquées ayant mis moins de 48h entre les 2 ouvrages

Tableau 18 : Détails du transfert entre Mauzac et Tuilières pour les anguilles radiomarquées ayant mis 48h à 10 jours entre les 2 ouvrages

Tableau 19 : Détails du transfert entre Mauzac et Tuilières pour les anguilles radiomarquées ayant mis plus de 10 jours entre les 2 ouvrages

Tableau 20 : Répartition des franchissements à Mauzac et Tuilières après un pic de turbidité

Tableau 21 : Répartition des franchissements à Mauzac et Tuilières après les « coups d'eau »

Tableau 22 : Synthèse des caractéristiques des anguilles de la Fréquence 48421

Tableau 23 : Synthèse des caractéristiques des anguilles de la Fréquence 48201

Tableau 24 : Synthèse des caractéristiques des anguilles de la Fréquence 48351

LISTE DES PHOTOS

- Photo 1** : Vue aval de l'usine de Mauzac et de la sortie des turbines
Photo 2 : Vue amont de l'usine de Mauzac et son plan de grille
Photo 3 : Barrage de Mauzac et ses vannes-toit
Photo 4 : Vue du canal d'aménée depuis le barrage
Photo 5 : Passe à ralentisseurs et passe à anguilles du barrage de Mauzac
Photo 6 : Passe à bassins de l'usine de Mauzac
Photo 7 : Clapet de défeuillage de l'usine de Mauzac (position fermée)
Photo 8 : Clapet de défeuillage de l'usine de Mauzac (position surverse)
Photo 9 : Clapet de défeuillage de l'usine de Mauzac (position ouvert)
Photo 10 : Vue amont du barrage de Tuilières depuis la rive gauche
Photo 11 : Vue amont de l'usine hydroélectrique de Tuilières depuis la rive gauche
Photo 12a : Ascenseur à poissons de l'usine de Tuilières
Photo 12b : Passe à anguilles de l'usine de Tuilières
Photo 13 : Vue générale du masque guideau depuis la rive gauche
Photo 14 : Vue du seuil de Bergerac depuis la rive gauche ainsi que de la nouvelle passe à anguilles
Photo 15 : Vue (vers l'aval) de la berge rive gauche du canal d'aménée de Mauzac lors de sa vidange au mois d'août 2010
Photo 16 : Zone de stabulation des anguilles et positionnement de la barge de pêche dans le canal d'aménée de Mauzac
Photo 17 et 18 : La barge utilisée pour la pêcherie de Mauzac
Photo 19 : Nettoyage du filet de pêche après la première relève (23 Février 2011)
Photo 20 : Bacs de stabulations pour les anguilles capturées
Photo 21 : Vue d'ensemble de l'aire de débarquement de la pêcherie de Mauzac
Photo 22 : Sondes de la station multi-paramètres DTG installée à Mauzac
Photo 23 : Coffret d'acquisition de données de la station multi-paramètres DTG installée à Mauzac
Photo 24 : Anguille d'avalaison capturée par la pêcherie
Photo 25 : Emetteur utilisés pour le marquage
Photo 26 et 27 : Exemples d'installations de postes enregistreurs utilisés pour la détection des anguilles
Photo 28 : Vue des antennes multibrins (TUC1 et TUC2) de la chambre d'eau de Tuilières
Photo 29 : Différentes étapes du marquage des anguilles : incision, insertion de l'émetteur et de l'antenne, suture
Photo 30 : Anguille radiomarquée (l'antenne du radio-émetteur apparaît sur le flanc droit) juste après son lâcher au Buisson (Dordogne)
Photo 31 : Seringue de marquage, transpondeur RFID utilisé et son lecteur
Photo 32 : Anguille d'avalaison capturée par la pêcherie, avec une nette hypertrophie oculaire
Photos 33 et 34 : Juvénile de lamproie marine et jeune silure capturés par la pêcherie à Mauzac
Planche photo : Lésions anatomo-morphologiques externes des anguilles
Photo 35 : Hémorragie (HE)
Photo 36 : Œil vitreux - opacité (CO)
Photo 37 : Ulcère hémorragique (UH)
Photo 38 : Absence de l'extrémité de la nageoire caudale (AO)
Photo 39 : Absence nageoire pectorale droite (AO)
Photo 40 : Ulcère au niveau postérieur de l'anguille (UH)

Evaluation de l'efficacité du dispositif de dévalaison au niveau de l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières (Dordogne) pour les anguilles d'avalaison.

Résultats des tests d'automne hiver 2010-2011.

1. INTRODUCTION

Ces dernières années, on assiste à une prise de conscience, au niveau européen et en France, de la richesse que constituent les différentes populations de migrateurs amphihalins. Cet intérêt est en adéquation avec les objectifs que se fixent l'Europe et l'Etat français via la Directive Cadre européenne sur l'Eau (directive 2000/60/CE), à savoir l'atteinte du « bon état écologique » des eaux à l'horizon 2015. Dans un même temps, la loi n°2005-781, qui fixe les orientations de la politique énergétique, a pour objectif de faire produire à la France, d'ici 2010, 21 % de sa consommation intérieure sous forme d'énergie renouvelable (dont l'hydroélectricité fait partie dans les textes).

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

Sur la Dordogne, les premiers barrages construits à la fin du XIX^{ème} siècle ont entraîné la limitation de l'expansion de tous les migrateurs présents, et notamment de l'anguille. Même si, à partir de 1985, une politique de grands travaux fut mise en place afin de rétablir le franchissement à la montaison des 3 grands ouvrages du bergeracois, son comportement qui est assez différent de celui des autres espèces migratrices face aux ouvrages de montaison ne lui a pas permis de bénéficier de l'effort d'aménagement des ouvrages de Bergerac (1985), Tuilières (1989) et Mauzac (1987). L'intérêt pour cette espèce étant beaucoup plus récent que pour le saumon par exemple, la mise en place à Tuilières d'une passe spécifique à anguilles ne date que de 1999. Le site de Mauzac ne fut lui équipé qu'en 2007, suite à l'accident survenu au niveau du barrage de Tuilières, alors que le barrage de Bergerac est équipé depuis le printemps 2011. Cependant, l'anguille étant particulièrement sensible aux turbines des usines hydroélectriques qui provoquent des dégâts importants, cet effort entrepris pour améliorer la montaison doit s'accompagner de mesures destinées à favoriser la dévalaison des adultes matures vers l'océan.

Suite au renouvellement de la concession de Tuilières par arrêté préfectoral du 15 avril 2002, il a été inclus dans le cahier des charges (article 18), et en accord avec les articles L432-6 et L214-17 du code de l'environnement, l'étude et la réalisation d'un dispositif mixte de dévalaison pour les poissons migrateurs, adapté aux smolts et aux anguilles. Au-delà des aspects réglementaires, la mise en place d'un dispositif de dévalaison à Tuilières en fait un site expérimental, en raison de la taille du site (débit turbiné de 400 m³/s) et de l'état des connaissances sur les dispositifs de dévalaison pour l'anguille. Dans ce contexte, un Comité d'Experts piloté par la DRIRE a été mis en place à partir de 2003. Celui-ci s'est réuni à plusieurs reprises et lors de la réunion du 18 juillet 2007, le Préfet de la Dordogne a décidé de mettre en place à Tuilières :

- Un masque guideau de surface pour la dévalaison des smolts, pouvant évoluer vers un dispositif mixte à grilles fines, mis en service du 15 mars au 15 juin,
- Des arrêts ciblés de turbinage pour la dévalaison des anguilles, du 1^{er} septembre au 31 décembre, de 18 h à 6 h.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le dispositif de dévalaison prévu pour le saumon à Tuilières (masque guideau de surface) ne sera pas efficace pour l'anguille. Il a donc été prévu d'arrêter les turbines durant la nuit de 6h à 18h sur une période allant du 1^{er} septembre au 31 décembre, afin de permettre le passage des anguilles par les vannes de crue. Dans le but d'éviter un arrêt total des groupes durant la période de migration définie, il a été proposé pour les années à venir de mettre au point une méthodologie permettant d'identifier les principaux pics migratoires, afin de restreindre les arrêts de turbinage à ces seuls pics de dévalaison.

La présente étude constitue la deuxième année de suivi des anguilles d'avalaison du bassin de la Dordogne sur les aménagements de Mauzac et de Tuilières. Elle a pour objectifs principaux :

- Evaluer la cinétique de dévalaison des anguilles au moyen d'une pêcherie d'avalaison implantée à l'entrée du canal d'amenée de l'usine hydroélectrique EDF de Mauzac,
- Evaluer, par capture-marquage-recapture, l'efficacité de cette pêcherie pour approcher l'importance du stock dévalant,
- Déterminer, par radio-télémetrie, le temps de transit des anguilles entre les deux ouvrages séparés d'une quinzaine de kilomètres, ainsi que les voies de passage au niveau de ces deux aménagements,
- Approfondir les connaissances sur la structure de la population et l'état sanitaire des anguilles du bassin de la Dordogne,
- A terme, modéliser l'activité migratoire en fonction de différents paramètres mésologiques pour essayer de prédire les pics de dévalaison d'anguilles argentées (principe de la modélisation mise en œuvre sur la Loire).

Cette dernière partie « modélisation », fruit de la collaboration entre EDF et le MNHN, ne sera pas abordée ici et fera l'objet d'un rapport spécifique.

3. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

3.1. Le bassin de la Dordogne

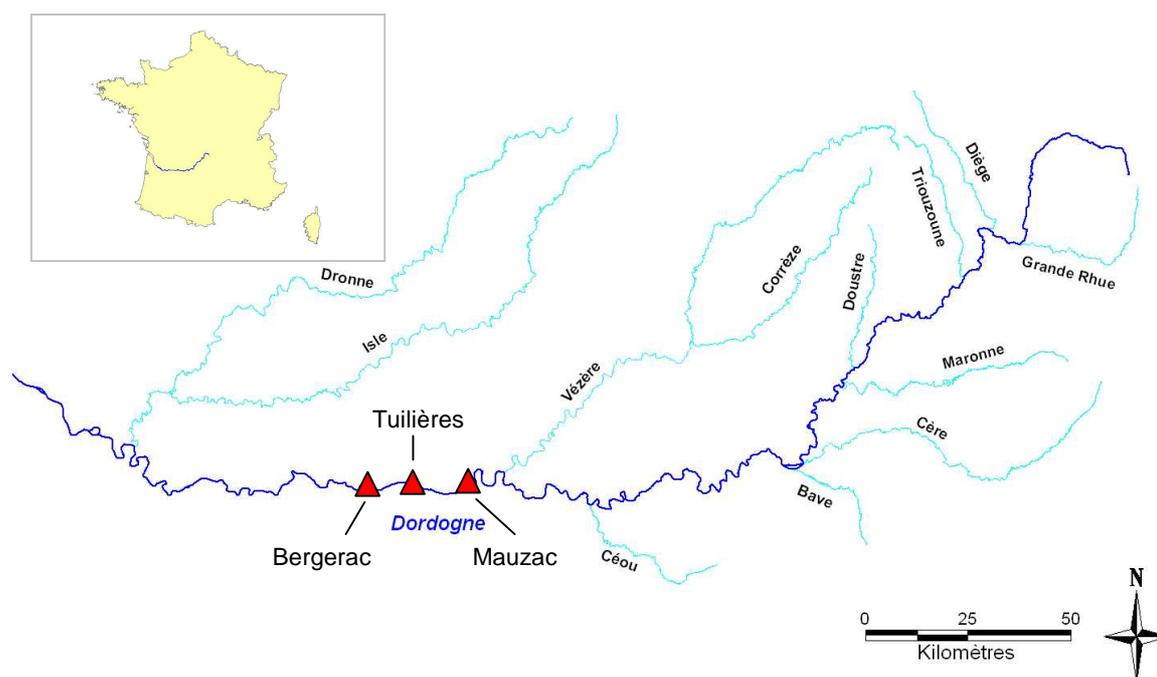


Figure 1 : Carte du bassin hydrographique de la Dordogne

Le système fluvio-estuarien Gironde-Garonne-Dordogne, situé dans la partie sud-ouest de la France, comprend deux axes principaux, la Garonne et la Dordogne, qui se rejoignent au Bec d'Ambés pour former l'estuaire de la Gironde. La Dordogne prend sa source sur les pentes ouest des Monts Dores dans le Massif Central. Après 475 km et avoir drainé 24 500 km² (figure 1), elle rejoint l'estuaire de la Gironde et l'océan Atlantique. Elle est caractérisée par un régime hydrologique de type pluvial avec de hautes eaux liées aux pluies du printemps et de la fin de l'automne. Le module inter-annuel au niveau de l'usine de Tuilières est de 280 m³/s. La Dordogne reçoit la plus grande partie de ses affluents en rive droite et notamment la Vézère, qui représente 30 % de la surface totale du bassin versant, à une trentaine de kilomètres en amont de l'usine de Tuilières.

La Vézère prend sa source dans la Tourbière de Longeyroux (900 m) sur le plateau des Millevaches dans le département de la Corrèze (figure 1). Longue de 211 km, elle conflue en rive droite avec la rivière Dordogne à Limeuil, dans le département de la Dordogne. Le module inter-annuel de la Vézère au niveau de Montignac est de 58 m³/s, pour un bassin versant de 3 125 km².

Son principal affluent est la rivière Corrèze qui conflue avec elle en rive gauche à l'aval immédiat de Brive-la-Gaillarde.

3.2. Principaux aménagements hydroélectriques du bassin de la Dordogne

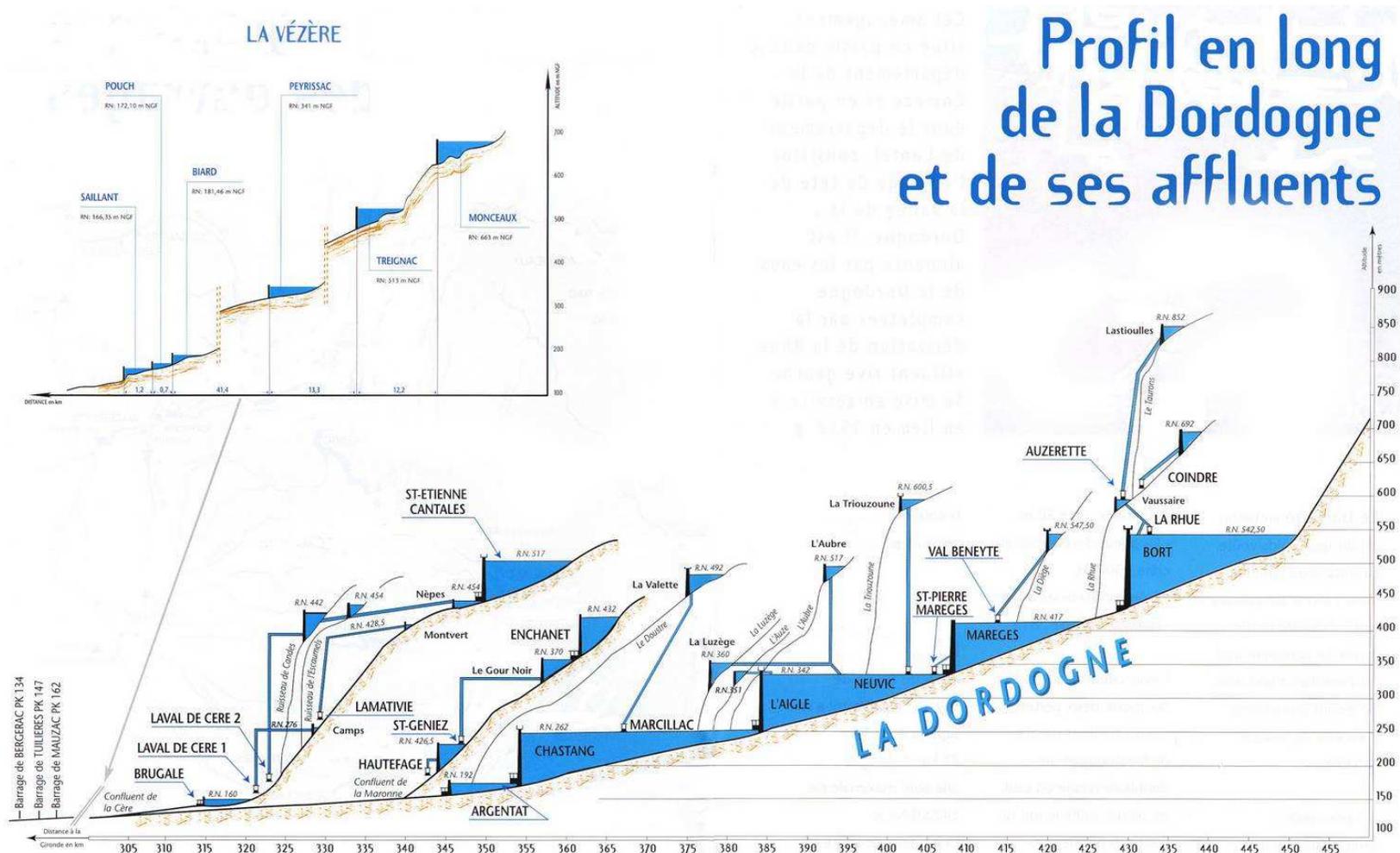


Figure 2 : Profil en long de la Dordogne et affluents situant les principaux aménagements hydroélectriques du bassin versant (Electricité de France)

3.2.1. Aménagements de la haute Dordogne :

A partir des années 1930, la partie amont de la rivière Dordogne a largement été orientée vers la production d'énergie hydroélectrique. La construction et la mise en service des principaux grands barrages de la Haute Dordogne commencent en 1932 à Marèges et s'achèvent avec la mise en service du Sablier en 1957 (mise en service de l'aménagement de Marèges en 1935, de l'Aigle en 1945, de Chastang en 1951, de Bort-les Orgues en 1952 et enfin du Sablier en 1957). Avant 1932, la Dordogne avait donc un régime hydrologique naturel.

Les lacs-réservoirs de ces aménagements ont une capacité de stockage de 938 Mm³ d'eau pour une réserve utile de 724 Mm³, soit de quoi retenir pendant 102 jours le module de la Dordogne à Argentat. La puissance installée sur ces aménagements est de 1200 MégaWatts soit l'équivalent d'une tranche nucléaire quasiment immédiatement mobilisable sur le réseau (1 tranche à Golfech = 1300 MégaWatts).

De même, plusieurs grands barrages ont été édifiés sur les principaux affluents de la haute Dordogne : Maronne (mise en service de l'aménagement de St-Geniez en 1946, d'Enchanet en 1951 et de Hautefage en 1958) et Cère (mise en service notamment de l'aménagement de St-Etienne-Cantalès en 1945 et de Brugales en 1967).

3.2.2. Aménagements de la Vézère :

La Vézère, comme la Dordogne, la Maronne ou encore la Cère, a largement été orientée vers la production hydroélectrique. On notera deux périodes de constructions de retenues hydroélectriques. Tout d'abord dans les années 1920, sur sa partie médiane sont implantés des aménagements associés à des retenues de petites dimensions avec de l'amont vers l'aval :

- Biard, mis en service en 1921, d'une capacité totale 0,3 millions de m³.
- Pouch, mis en service en 1920, d'une capacité totale extrêmement réduite de 0,03 millions de m³ et fonctionnant au fil de l'eau.
- Le Saillant, mis en service en 1929, d'une capacité totale de 0,45 millions de m³.

Puis dans les années 1950, sont implantées de nouvelles retenues sur sa partie amont :

- Montceaux, mise en service en 1946 d'une capacité totale de 20,1 millions de m³,
- Treignac, mise en service en 1952 d'une capacité totale de 7,5 millions de m³,
- Peyrissac, mise en service en 1955, d'une capacité totale de 1,2 millions de m³.

Cet équipement très important de la haute Dordogne et de la Vézère a des conséquences importantes, notamment sur le régime hydrologique de ces cours d'eau puisque la majorité de ces grands aménagements fonctionnent par éclusées (lâchers d'eau) en réponse aux variations de la demande énergétique sur le réseau (pour plus de détails, voir notamment Courret *et al.*, 2006. et Cazeneuve, Lagarrigue et Lascaux, 2008.).

3.2.3. Aménagements de la basse Dordogne :

3.2.3.1. L'aménagement hydroélectrique de Mauzac

L'aménagement hydroélectrique de Mauzac (photos 1 et 2) est situé sur la Dordogne, à environ 162 km de la Gironde. A l'origine, le barrage faisait partie du système d'ouvrages construits de 1830 à 1840 pour faciliter la navigation. Il a été surélevé en 1920 et les premières turbines furent installées en 1921. En 1950, il subit une nouvelle transformation pour améliorer le productible et en 1953 un sixième groupe est mis en service.



Photo 1 : Vue aval de l'usine de Mauzac et de la sortie des turbines



Photo 2 : Vue amont de l'usine de Mauzac et de son plan de grille

L'aménagement proprement dit se compose, en rive droite, d'un barrage mobile d'une hauteur de 5,80 m et de 280 m de long (photo 3). En rive gauche, on trouve un canal d'amenée (photo 4) long de 960 m et large de 42,2 m (section 240 m²) qui alimente les 6 groupes de l'usine fonctionnant au fil de l'eau. Le barrage est constitué de 5 vannes-toit (25m x 2,8 m), 2 clapets automatiques (15m x 1,5 m) et de 3 vannes Stony (15m x 5,5 m) évacuant le débit par le fond. La retenue créée par ce barrage couvre une superficie de 250 ha pour une capacité totale de 7.5 millions de m³ (cote NGF 43,07).



Photo 3 : Barrage de Mauzac et ses vannes-toit



Photo 4 : Vue du canal d'amenée depuis le barrage

L'usine est équipée de 5 turbines Francis verticales tournant à 55 tours par minute et 1 turbine Kaplan verticale tournant à 94 tours par minute. La puissance totale est de 13.2 MW avec un débit turbiné de 280 à 350 m³/s sous une chute nette maximale de 7.6 m. Les prises d'eau des 6 groupes sont protégées par un plan de grille de 70 m de long et de 8.5 m de haut. L'espacement des barreaux est de 88 mm.

Le canal d'amenée de l'usine est équipé d'un clapet de défeuillage (photos 7, 8 et 9), situé en rive droite à l'aval du canal, dans le prolongement du mur bajoyer. Le clapet est capable de délivrer 80 m³/s, mais afin de ne pas créer de contre-courants, son utilisation est souvent limitée à 40 m³/s.

Concernant la montaison, le barrage est équipé d'une passe à anguilles, ainsi que d'une passe à ralentisseurs construite en 1950 (photo 5). Cette dernière étant jugée peu efficace, une seconde passe à poissons (à bassins) a été installée en 1986, en rive droite de l'usine (photo 6). Elle est alimentée par un débit de l'ordre de 1 m³/s, ainsi que d'un débit complémentaire d'attrait de 3 à 4 m³/s injecté dans la partie aval du dispositif. Une seconde entrée a été construite en 2004 dans le mur bajoyer du groupe 6 côté groupe 5. Elle a une largeur de 1,6 m et mobilise 1 m³/s avec une chute de l'ordre de 25 cm.

Concernant la dévalaison, aucun dispositif spécifique n'existe pour le moment à Mauzac.



Photo 5 : Passe à ralentisseurs et passe à anguilles du barrage de Mauzac



Photo 6 : Passe à bassins de l'usine de Mauzac



Photo 7 : Clapet de défeuillage de l'usine de Mauzac (position fermée)



Photo 8 : Clapet de défeuillage de l'usine de Mauzac (position surverse)



Photo 9 : Clapet de défeuillage de l'usine de Mauzac (position ouvert)

3.2.3.2. L'aménagement hydroélectrique de Tuilières

L'aménagement hydroélectrique de Tuilières est situé sur la Dordogne, à environ 147 km de la Gironde.

L'aménagement proprement dit, se compose en rive gauche d'un barrage mobile d'une longueur de 105 m. L'usine hydroélectrique est située en rive droite et fonctionne au fil de l'eau. Le barrage est composé de 8 pertuis avec 8 vannes Stoney de 10 m de large (excepté la première vanne côté rive droite, qui mesure 7 m) et 13.90 m de haut (photo 10), évacuant le débit par le fond. Les 4 vannes côté rive droite sont également équipées en surface de clapets de déversement. Le premier clapet rive droite correspond à l'exutoire principal de dévalaison et peut délivrer un débit de 23 m³/s, les 3 suivants 19 m³/s. La retenue créée par le barrage a une superficie d'environ 75 ha et mesure 7 km de long, pour un volume dépassant les 5 millions de m³.

L'usine (photo 11) est équipée de huit groupes Kaplan d'un débit unitaire de 52 à 53 m³/s (vitesse rotation : 166 tours par minute), soit 420 m³/s de débit turbinable (soit 1.5 fois le module), sous une chute nette maximale de 12.40 m. Toutefois, d'après l'exploitant, les groupes sont bridés à 80% et ne

débitent au maximum que 35 m³/s pour les groupes 1 à 3 et 40 m³/s pour les autres, soit un débit maximal turbinable par l'aménagement d'environ 305 m³/s.

Elle possède une puissance installée de 37 MW. Les prises d'eau des huit groupes sont protégées par un plan de grille de 60 m de long et de 7.7 m de haut. L'espacement des barreaux est de 70 mm.



Photo 10 : Vue amont du barrage de Tuilières depuis la rive gauche



Photo 11 : Vue amont de l'usine hydroélectrique de Tuilières depuis la rive gauche

Concernant la montaison, à l'origine le barrage était équipé d'une passe à ralentisseurs en rive gauche. Jugée inefficace, un ascenseur à poissons a été installé en 1989, en rive droite de l'usine (photo 12a et figure 3). Cet ascenseur est couplé à une passe à bassins souterraine de 60 m de long. La prise d'eau de cette passe se trouve dans la chambre d'eau, à 40 m environ en amont des grilles de l'usine. Ce dispositif est alimenté par un débit variant de 1 à 1,5 m³/s. L'ascenseur possède un débit d'attrait de 4 m³/s. L'ancienne passe rive gauche a été transformée en passe à anguilles en 1999, et a été rénovée à l'occasion de la reconstruction du barrage (photo 12b). C'est lors de cette reconstruction que le nouveau système de dévalaison (masque guideau de surface) a été installé en amont de la prise d'eau.

Concernant la dévalaison, un masque de surface (photo 13) guidant les poissons vers un exutoire principal a été construit pour les saumons en 2008, à l'occasion de la rénovation de l'aménagement. Ce dispositif fait actuellement l'objet d'études pour évaluer son efficacité (Lagarrigue *et al.*, 2009 ; ECOGEA, 2010). Toutefois, ce dispositif de surface n'est pas fonctionnel pour l'anguille et la présente étude consiste à évaluer les conditions du passage des anguilles par les vannes de crue du barrage, par arrêt des turbines durant la nuit (de 6h à 18h), pendant une partie de la période préférentielle de dévalaison de l'anguille (en 2009, période de 4 mois du 1^{er} septembre au 31 décembre).

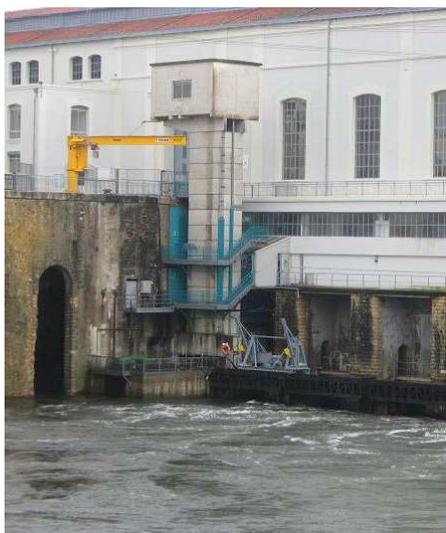


Photo 12a : Ascenseur à poissons de l'usine de Tuilières



Photo 12b : Passe à anguilles de l'usine de Tuilières



Photo 13 : Vue générale du masque guideau depuis la rive gauche

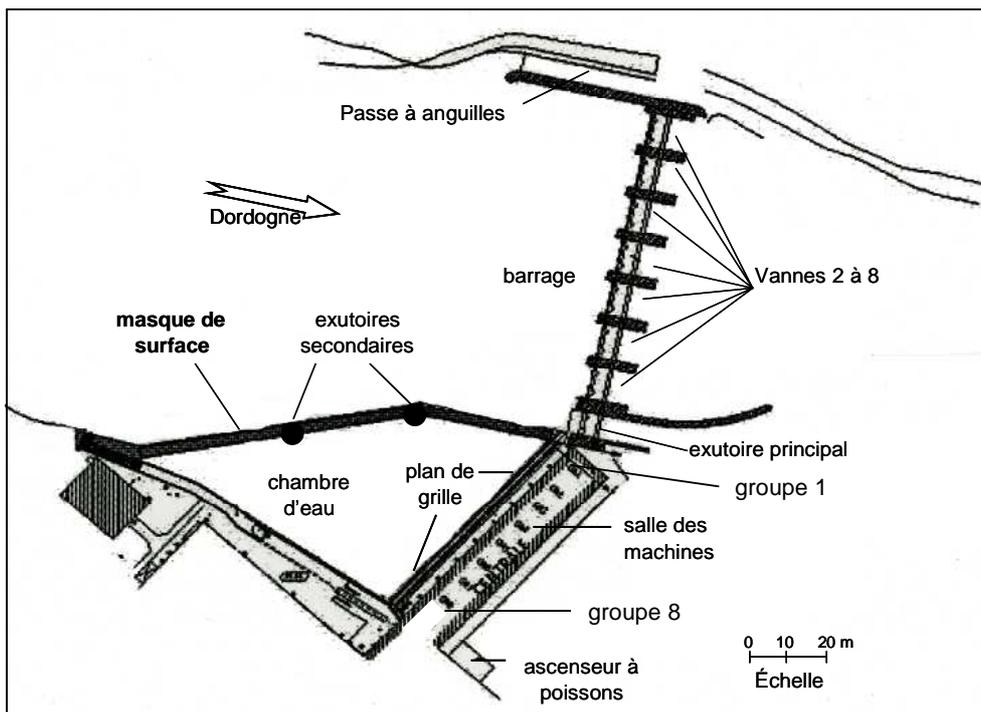


Figure 3 : Schéma représentatif de l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières

3.2.3.3. L'aménagement hydroélectrique de Bergerac

Le barrage de Bergerac, situé à environ 134 km de la Gironde, est de type « digue en enrochements et béton ». Il a été édifié au niveau d'une digue initialement construite entre 1850 et 1853 pour la navigation. La longueur en crête du barrage est de 165 m, pour une hauteur de 5.40 m (figure 4 et photo 14). La retenue ainsi créée a une longueur de 12 km, pour une capacité totale de 2.6 millions de m³.

La centrale de Bergerac a été mise en service en 1968 par EDF. Elle est équipée d'une prise d'eau de 10 m de large alimentant 2 groupes bulbes horizontaux d'une capacité de 28,5 m³/s chacun (vitesse rotation : 136 tours par minute), soit un débit total turbinable de 57 m³/s.

Concernant la montaison, en rive droite du barrage, une passe à bassins successifs à deux fentes verticales a été construite en 1984. Depuis le printemps 2011, une nouvelle passe à anguilles est en service en rive gauche de la digue (photo 14). Alimentée par gravité, c'est une passe de type plots en plastique.

Concernant la dévalaison, aucun dispositif n'existe actuellement.

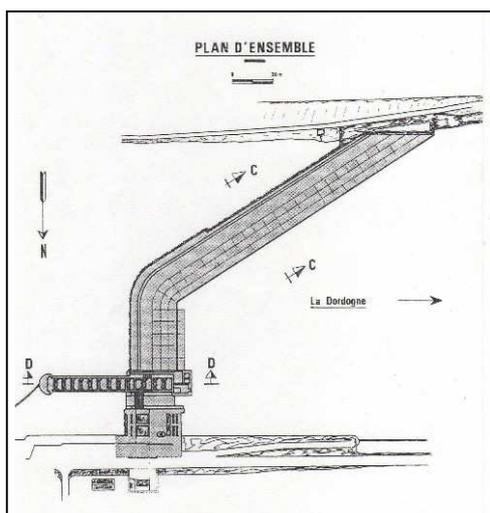


Figure 4 : Plan du barrage de Bergerac

Photo 14 : Vue du seuil de Bergerac depuis la rive gauche ainsi que de la nouvelle passe à anguilles

3.3. Bassin versant potentiellement accessible à l'anguille

Rivière	Dordogne	Maronne	Cère	Vézère	TOTAL
BV amont premier barrage infranchissable	Argentat 4 412 km ²	Hautefage 755 km ²	Brugales 958 km ²	Saillant 963 km ²	7 088 km ²

Tableau 1 : Superficie de bassin versant non accessible à l'amont du premier ouvrage infranchissable de la Dordogne et principaux affluents

En admettant que le franchissement des 3 ouvrages de la basse Dordogne ne pose pas de problème majeur pour la montaison de l'anguille (dispositif de franchissement spécifique sur chacun des 3 ouvrages du bergeracois), la présence des grandes chaînes de barrages amont limite sensiblement l'aire de colonisation potentielle de l'anguille. En effet, sur un bassin total d'environ 24 500 km², près de 30% (7 088 km²) sont inaccessibles puisque situés à l'amont de grands barrages infranchissables.

Sur les 17 412 km² de bassin potentiellement accessibles à l'anguille, 37% (6 359 km²) se situent à l'amont de Mauzac.

4. MATERIEL ET METHODE

4.1. La période d'étude

Suite à la vidange du canal d'aménée de l'usine de Mauzac pour travaux, la pêche professionnelle n'a commencé que le 08 novembre 2010. Elle s'est terminée le 13 mars 2011. L'installation du site, ainsi que du matériel de radiotélémetrie, s'est déroulée du 25 octobre au 05 novembre 2010. Seule l'antenne chambre d'eau à l'usine de Mauzac a été installée plus tard (le 24 novembre 2010) car le filin métallique supportant cette dernière n'était pas encore implanté en début d'étude.

La première capture d'anguille a eu lieu la nuit du 09 au 10 novembre 2010 (1 anguille). Les premiers marquages ont pu commencer le 15 novembre alors que le premier lâcher s'est déroulé le 23 novembre. Ces dates entrent dans la période principale de migration d'avalaison de l'anguille

européenne, comprise entre le mois d'octobre et de décembre dans la plupart des pays d'Europe (BERTIN, 1951). Cette période peut s'étendre jusqu'au printemps, notamment si les conditions climatiques et hydrauliques n'ont pas été favorables en automne (DURIF, 2003).

4.2. La pêche professionnelle d'avalaison

4.2.1. Objectifs de la pêche

Les actions de Recherches et Développement, programmées dans le cadre du Plan de Gestion de l'Anguille (mise en application par la France du règlement européen n°1100/2007 du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguille européenne), prévoient de mettre en place une pêche scientifique de l'anguille d'avalaison en amont du barrage de Tuilières. Après l'étude de différents secteurs potentiels de cours d'eau à l'amont de Tuilières, la pêche a été installée à l'entrée du canal d'amenée de la centrale de Mauzac.

Dans l'immédiat, celle-ci a pour but de répondre à 3 objectifs principaux. Dans un premier temps, la pêche doit permettre de dater et quantifier les flux d'anguilles dévalantes afin de mieux décrire la cinétique d'avalaison sur le bassin de la Dordogne. Ensuite, elle doit contribuer à réaliser une base de données de la structure de la population et de l'état sanitaire des individus du bassin. Enfin, les captures d'anguilles doivent permettre de mener les études de radiotélémétrie pour évaluer l'efficacité des arrêts de turbinés de l'usine de Tuilières.

A terme, la pêche devrait contribuer à l'élaboration d'un modèle prédictif de la dévalaison des anguilles argentées du bassin de la Dordogne dans le but de piloter la gestion des arrêts de turbines nocturnes de l'aménagement de Tuilières.

4.2.2. Localisation

La pêche est installée dans le canal d'amenée de la centrale de Mauzac située :

- environ 15 km à l'aval de la confluence Vézère / Dordogne,
- environ 15 km à l'amont de l'usine de Tuilières,
- environ 220 km à l'amont de l'estuaire.

La localisation de la pêche à l'entrée du canal d'amenée à l'usine de Mauzac a un double intérêt. Tout d'abord, la régulation par le barrage permet au canal d'avoir une cote quasi constante. L'installation en profondeur de l'engin de pêche est donc facilitée et son positionnement toujours identique. Deuxièmement, le débit d'équipement de l'usine de Mauzac est de 280 m³/s. Ainsi, lorsque les débits sont inférieurs à cette valeur, la totalité du débit de la rivière transite par le canal d'amenée et concentre le flux potentiel d'anguilles dévalantes. Ces conditions hydrologiques se rencontrent principalement aux mois de septembre, octobre et novembre, où les débits moyens de référence sont respectivement de 103m³/s, 160m³/s et 265m³/s. Les mois de décembre à mars ont en moyenne une hydrologie plus importante (respectivement 370m³/s, 390m³/s, 405m³/s et 355m³/s d'après les débits de la période de référence), ce qui entraîne des déversements plus importants au niveau du barrage.

L'entrée du canal d'amenée est constituée de trois pertuis. Au début de la campagne 2009-2010, l'engin de pêche était placé au niveau du pertuis numéro 3 (rive droite canal). Ce pertuis avait été choisi en concertation avec les pêcheurs de Loire ayant participé à la conception de la pêche et après observation des courants à l'entrée du canal d'amenée.

Suite aux passages préférentiels des anguilles radio-marquées par le pertuis 1 (rive gauche canal) et aux différentes observations des pêcheurs in situ, il a été décidé de déplacer la barge de pêche, en cours d'étude, de la rive droite vers la rive gauche du canal. Cette modification de la position de la pêche semble avoir eu une incidence positive sur son efficacité, et au final 53% des anguilles radio-marquées ont emprunté le pertuis 1, contre 19% seulement pour le pertuis 3.

Pour cette saison de suivi, la barge de pêche a donc logiquement été placée en rive gauche du canal d'amenée dès le début de l'étude.

La berge du canal en rive gauche n'est pas verticale (photo 15), et comme l'extrémité inférieure du chalut de pêche doit reposer sur le fond du canal, il n'est pas possible de positionner la barge contre la berge (photo 16). Afin d'éviter la zone de turbulences dues aux piles des pertuis, l'outil de pêche a été placé à une trentaine de mètres en aval du pertuis, au niveau de la convergence des courants.



Photo 15 : Vue (vers l'aval) de la berge rive gauche du canal d'aménée de Mauzac lors de sa vidange au mois d'août 2010



Photo 16 : Zone de stabulation des anguilles et positionnement de la barge de pêche dans le canal d'aménée de Mauzac

4.2.3. Principe de fonctionnement

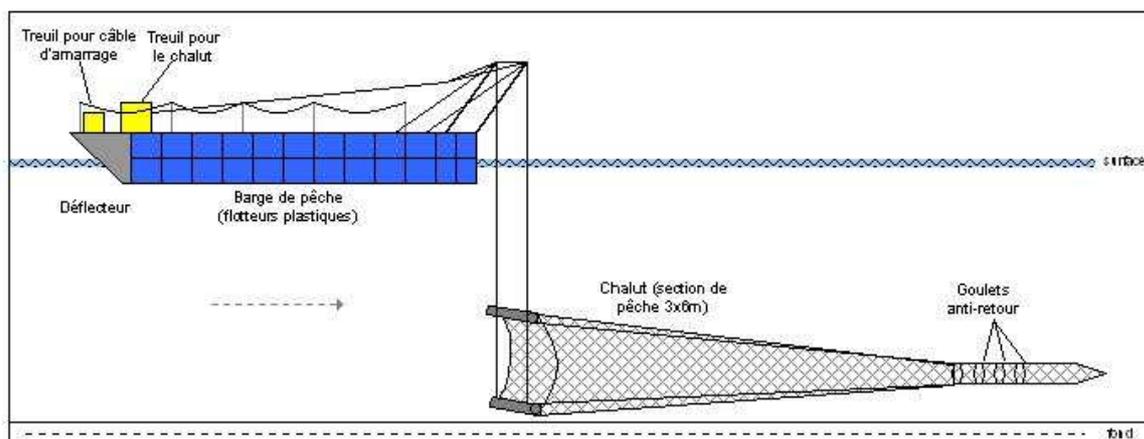


Figure 5 : schéma du guideau installé à Mauzac, en pêche

L'outil de pêche est une plate-forme flottante constituée de cubes en plastique reliés entre-eux (photo 17 et 18). Pour cette campagne 2010-2011, certaines modifications ont été apportées à la barge, notamment l'installation d'un déflecteur à l'avant de la barge. Celui-ci lui assure une meilleure stabilité et une meilleure résistance, principalement à fort débit. La première année, des points de faiblesse ont été observés sur la barge, résultant de la contrainte des courants sur la première rangée de cubes verticaux.

L'importante flottaison de cette embarcation permet d'y installer des engins de levage pour un filet du type Guideau ou Dideau, utilisé notamment pour la pêche d'anguilles d'avalaison sur la Loire.

Le filet, d'une ouverture de 3 m de haut sur 6 m de large, est installé à l'arrière de la barge. Un treuil situé sur l'avant de la barge permet de mettre le filet en position de pêche et d'ouvrir la poche, de telle sorte que le bas de la poche se situe à environ 50 cm au-dessus du fond du canal d'aménée. L'installation est fixe et c'est le courant qui ouvre la poche du filet dans lequel s'engouffrent les anguilles en dévalaison.



Photo 17 et 18 : La barge utilisée pour la pêche de Mauzac

Le schéma suivant montre l'organisation de la pêche installée à l'entrée du canal d'amenée de Mauzac.

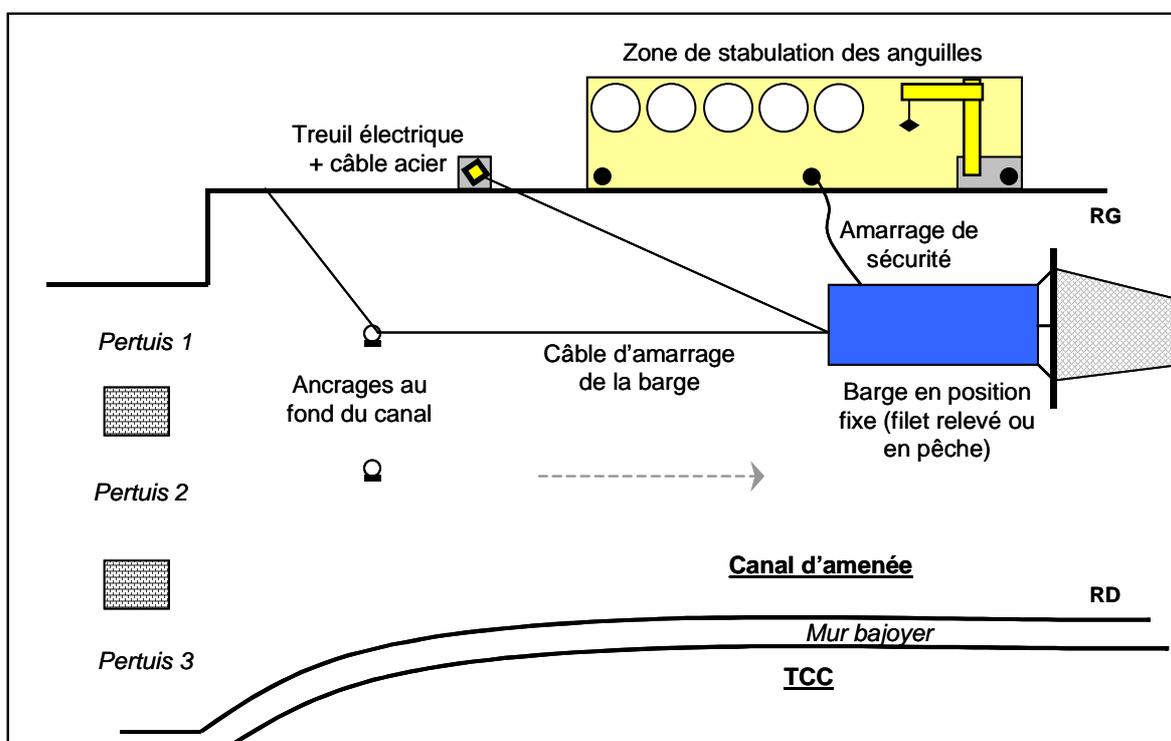


Figure 6 : Schéma du principe de fonctionnement de la pêche

L'ensemble de la structure de pêche est maintenu en place grâce à un câble d'acier fixé à un anneau d'amarrage au fond du canal, dans l'axe du pertuis 1 (figure 6). Un second câble retient la barge depuis la rive gauche. Ce câble, relié à un treuil électrique, permet également de ramener la barge sur la rive. Un amarrage supplémentaire a été installé par les équipes de pêche sur la rive gauche du canal au droit direct de la barge.

Une potence orientable a été installée au niveau de la zone de stabulation des anguilles afin d'extraire le filet de l'eau sans peine. Initialement prévue dans le cahier des charges, cette méthode se révéla vite fastidieuse et coûteuse en temps. L'utilisation d'une petite embarcation a finalement été décidée. Les pêcheurs peuvent ainsi se laisser descendre à l'aval du filet remonté en surface, pour y décrocher la « chaussette » placée à l'extrémité et en vider le contenu dans le bateau (photo 19). Il

est également plus simple de nettoyer le filet sans le sortir de l'eau. Ainsi, le temps de pêche effectif a été nettement amélioré par réduction de moitié du temps de relève du filet (il est passé d'une heure en moyenne à environ une demi-heure).



Photo 19 : Nettoyage du filet de pêche après la première relève (23 février 2011)

Après relève du filet, les pêcheurs effectuent un comptage des captures et caractérisent sommairement (taille, état sanitaire) les anguilles pêchées. Ces données sont tenues à jour dans un carnet de pêche qui est mis à leur disposition. Une fiche journalière est tenue à jour par l'équipe de pêche avec les informations biologiques (espèces capturées et nombre), les informations de pêche (temps de pêche, colmatage du filet, incidents,...), ainsi que des informations environnementales (météo, température, comportement débit,...).



Photo 20 : Bacs de stabulations pour les anguilles capturées



Photo 21 : Vue d'ensemble de l'aire de débarquement de la pêche de Mauzac

Les anguilles sont ensuite mises en stabulation dans des bacs circulaires de pisciculture (volume de 2.5 m³ chacun ; photos 20 et 21) installés à proximité de l'aire de débarquement. Ces bacs sont alimentés en eau de la Dordogne en permanence grâce à une pompe immergée installée en rive gauche à l'aval du pertuis n°1. Placée sur une partie de mur perpendiculaire à l'écoulement, la pompe est ainsi protégée des remous et des corps flottants.

Les anguilles capturées sont soit utilisées pour l'étude de radiopistage, soit marquées pour évaluer l'efficacité de la pêche par capture-marquage-recapture. Les anguilles surnuméraires sont remises à l'eau en aval de Bergerac, ce qui permet d'éviter leur passage par les turbines des différents aménagements du secteur (Mauzac, Tuilières et Bergerac).

4.2.4. Structure et état sanitaire de la population d'anguille dévalante du bassin de la Dordogne

Afin de caractériser la population d'anguille dévalante sur le bassin de la Dordogne à l'amont de Mauzac, chacune des anguilles capturées par la pêcherie a fait l'objet de diverses mesures biométriques. La taille, les diamètres oculaires (verticaux et horizontaux) et la longueur de la nageoire pectorale ont été mesurés afin de calculer les indices permettant d'évaluer le degré d'argenture des poissons :

- l'indice oculaire (IO) (PANKHURST, 1982) :

$$IO = \left(\frac{Dv + Dh}{4} \right)^2 \times \left(\frac{\pi}{Lt} \right) \times 100$$

où Dv est le diamètre vertical de l'œil, Dh le diamètre horizontal et Lt la longueur totale de l'anguille.

- l'indice de la nageoire pectorale (ILN) :

$$ILN = Ln/Lt * 100$$

où Ln est la longueur de la nageoire pectorale et Lt la longueur totale de l'anguille.

Ces deux indices associés permettent de caractériser le stade (jaune : « J » ou argentée : « A ») des anguilles dévalantes capturées. En utilisant l'indice oculaire seul, la distinction reste satisfaisante, mais nous utiliserons la détermination proposée par Durif (2003) avec les formules :

	Anguilles inférieures ou égales à 45cm		Anguilles supérieures à 45cm		
	Stade J	Stade A	Stade J	Stade A	
J = Constante + a ILN + b IO	Constante	-33,211	-68,814	-32,839	-62,402
A = Constante + a ILN + b IO	a	13,875	16,832	11,478	14,511
	b	3,045	6,479	3,217	5,253

Tableau 2 : Constantes et coefficients utiles au calcul du stade d'argenture (DURIF 2003)

Le résultat le plus grand correspond au stade auquel l'individu est attribué. Si J > A, l'anguille est au stade jaune. Si J < A, l'anguille est au stade argentée.

En plus de ces mesures, le poids, les diamètres horizontaux et verticaux de la tête et du corps ont été notés.

Les codes pathologiques (GIRARD et ELIE, 2007) ont également été appliqués afin de déterminer l'état sanitaire externe des anguilles (pas d'autopsies d'individus pour évaluer le degré d'infestation de la vessie natatoire par *Anguillicola crassus* par exemple).

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

4.3.1. Les débits

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

- Les débits de la Dordogne en amont de la confluence avec la Vézère proviennent de la station hydrométrique de Cénac-et-St-Julien (station n°P238 0010 – données depuis 1898),

- Pour la Dordogne aval confluence Vézère, les données proviennent de la station de Lamonzie Saint Martin (station n°P5320010),
- En ce qui concerne la Vézère, les débits sont issus des stations de Montignac (station n°P4161010) pour la période 1898-2009 et de Montignac [Le Pertuis] (station n°P4161020) depuis 2009.

Les valeurs de débits entrants dans la retenue de Tuilières ont été obtenues grâce à un enregistreur mis à notre disposition par EDF, au pas de temps d'une minute, et téléchargées régulièrement depuis son coffret via sa carte mémoire. Cet enregistreur est situé au niveau de la pile de la vanne 1 en rive droite du barrage, juste à côté des postes de radiotélémetrie.

L'ouvrage de Mauzac a également été équipé, pour cette seconde campagne d'étude, d'un enregistreur permettant d'obtenir les ouvertures de vanne des différents organes de l'usine. Malheureusement, les données se sont avérées incorrectes sur trois des six groupes de l'usine. Ce défaut a été identifié par l'exploitant, mais la résolution du problème ne pourra s'opérer qu'à l'été 2011. Les données étant incomplètes, il est impossible d'en déduire les débits turbinés et/ou déversés au niveau du site de Mauzac pour cette campagne 2010-2011.

4.3.2. Données environnementales

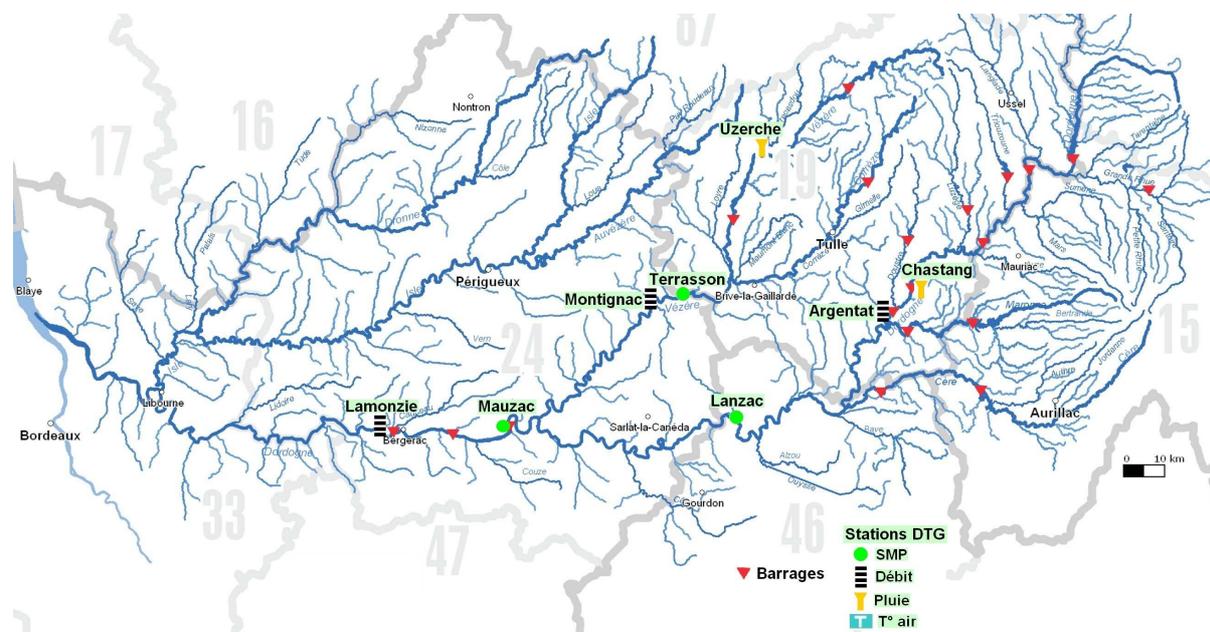


Figure 7 : Localisation des stations multi-paramètres [SMP] mises en place par EDF - DTG

En complément des débits, divers paramètres environnementaux sont enregistrés par le service environnement de la DTG (Division Technique Générale - unité d'expertise et de mesure d'EDF) au niveau de 3 stations (figure 7) :

- Terrasson sur la Vézère,
- Lanzac sur la Dordogne, en amont de la confluence avec la Vézère,
- et Mauzac, lieu de la pêche, sur la Dordogne en aval de la confluence avec la Vézère.



Photo 22 : Sondes de la station multi-paramètres DTG installée à Mauzac



Photo 23 : Coffret d'acquisition de données de la station multi-paramètres DTG installée à Mauzac

Ainsi, grâce à des stations de mesure multi-paramètres [SMP] (photos 22 et 23), nous disposons de 6 paramètres majeurs : la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), la température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$), le pH, l'oxygène dissous (mg/L), la turbidité (FNU) et la luminosité (Lux). Toutes ces données sont disponibles au pas de temps horaire.

D'autres variables, comme la pluviométrie (mm) ou la température de l'air ($^{\circ}\text{C}$), ont été collectées auprès de Météo France.

En raison des séries de données incomplètes obtenues lors de la campagne 2009-2010, certaines sondes (Terrasson et Mauzac) ont été doublées, particulièrement les sondes de turbidité. De plus, la surveillance et le contrôle des données enregistrées ont été accrus.

4.3.3. Fonctionnement des usines de Tuilières et de Mauzac

Outre les débits entrants, la télé-exploitation EDF mise en place sur le site de Tuilières nous a permis de récupérer tout au long de la période d'étude :

- la côte amont du plan d'eau, ainsi que la côte aval de l'ouvrage,
- les débits turbinés par les différents groupes de l'usine hydroélectrique,
- le débit déversé par les différents clapets de surface, ainsi que les débits évacués par les vannes de crue.

Comme vu précédemment, la télé-exploitation de Mauzac n'a pu être opérationnelle à temps. Nous disposons de données incomplètes ou erronées. En revanche, nous avons pu obtenir auprès d'EDF-CIH, les données de puissance de l'usine de Mauzac. Une fois converties, ces données permettent d'obtenir le débit turbiné de l'usine.

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

4.4.1. Principe

Dans son principe général, la radiotélémetrie consiste à équiper un animal d'un émetteur radio et à suivre ses déplacements dans son milieu à l'aide de récepteurs, fixes ou mobiles, reliés à une antenne (figure 8).

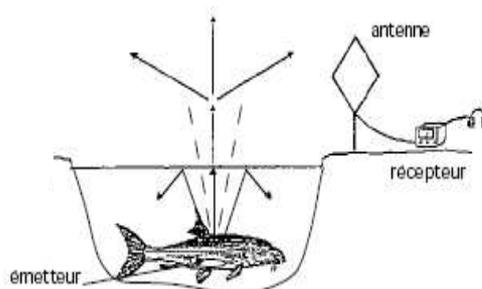


Figure 8 : Principe du radiopistage en milieu aquatique. (BARAS et CHERRY, 1990)

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

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

Le protocole utilisé pour cette étude, consiste à lâcher en amont de l'usine de Mauzac, à la fois sur la Vézère et la Dordogne (confluence située à environ 20 km en amont du barrage), ainsi qu'à l'aval de l'usine de Mauzac, des anguilles équipées d'émetteurs radio. Le suivi par repérage manuel et les enregistrements automatiques de leurs déplacements servent à étudier leur comportement à l'approche des aménagements de Mauzac et de Tuilières, afin de déterminer le temps de transfert entre ces deux ouvrages mais aussi la voie de passage utilisée lors du franchissement de ces ouvrages.

4.4.2. Matériel biologique

Les anguilles utilisées pour l'étude de radiotélémétrie (photo 24 et tableau 3) proviennent toutes du bassin de la Dordogne. Elles ont été capturées entre les nuits du 09-10 novembre 2010 et du 23-24 février 2011 par la pêche. Trois lots d'anguilles radiomarquées ont été relâchés : 23 sur la Vézère au Bugue, 24 au Buisson de Cadouin sur la Dordogne et 26 à l'aval de l'usine de Mauzac. Ce dernier lot sera nommé «lot témoin», puisque ces anguilles sont exemptes du passage par les turbines de l'usine de Mauzac.



Photo 24 : Anguille d'avalaison capturée par la pêche

	Taille (mm)	Poids (g)
Nb ind.	73	
Min	636	510
Max	886	1485
Médiane	778	890
Moyenne	841	1107

Tableau 3 : Taille et poids des anguilles radio-marquées

4.4.3. Matériel utilisé

4.4.3.1. *Emetteurs*

Les radio-émetteurs ATS® (Advanced Telemetry Systems) choisis (photo 25) émettent dans la gamme 48 MHz – 49 MHz. Au sein d'une même fréquence, on trouve 25 codes différents. Cette technologie permet de lâcher un nombre assez important de poissons (73 pour la présente étude) alors que les postes peuvent difficilement scanner plus de 3 fréquences en même temps, compte tenu notamment de la taille réduite de certaines zones de réception.

Les caractéristiques des émetteurs sont données dans le tableau ci-dessous.



Photo 25 : Emetteur utilisé pour le marquage

Modèle	longueur (mm)	longueur antenne (mm)	∅ (mm)	poids dans l'air (g)	capacité batterie garantie
F1820	43	300	12	10	47 j

Tableau 4 : Caractéristiques constructeur des radio émetteurs utilisés

Le poids des émetteurs ne dépasse pas 2.5 % du poids total des poissons, comme préconisé par BARAS (2001).

4.4.3.2. *Récepteurs-Enregistreurs*



Photos 26 et 27 : Exemples d'installations de postes enregistreurs utilisés pour la détection des anguilles

Des stations de réception fixes, composées d'un récepteur-enregistreur (modèle ATS 4500C) couplé à une batterie tampon de 12V et à une alimentation 220V/12V et 2A, ont été installées sur différentes parties des aménagements de Tuilières et de Mauzac (photos 26 et 27). Ces stations reliées à des antennes réceptrices, aériennes (antenne boucle) ou immergées (brin avec partie dénudée de 17 cm de longueur), permettent de surveiller en continu les zones de réception calibrées et de suivre ainsi les déplacements des anguilles radio-marquées.

La durée d'écoute d'une fréquence est ajustable. Cette durée d'écoute comporte deux paramètres : le temps pour détecter la fréquence et le temps pour déterminer le code de l'émetteur une fois la fréquence identifiée. Pour optimiser ce réglage, la taille des zones de réception, la vitesse de déplacement de l'espèce étudiée et le nombre de fréquences relâchées sont à considérer. Compte-tenu du retour d'expérience sur ce type d'études (BAU, 2008 ; Ecogea 2011) et de la petite taille de certaines zones de réception pour la présente étude, les durées de balayage des fréquences ont été fixées respectivement à 3s et 10s lorsqu'une seule fréquence était utilisée, puis 3s et 6s une fois la deuxième fréquence mise à l'eau.

4.4.4. Zones de détection

4.4.4.1. Le site de Mauzac

Les différentes antennes installées ont permis de déterminer plusieurs zones de réception, plus ou moins précises suivant leur taille, afin d'observer le comportement global des anguilles radio-marquées au droit du site d'étude (figure 9).

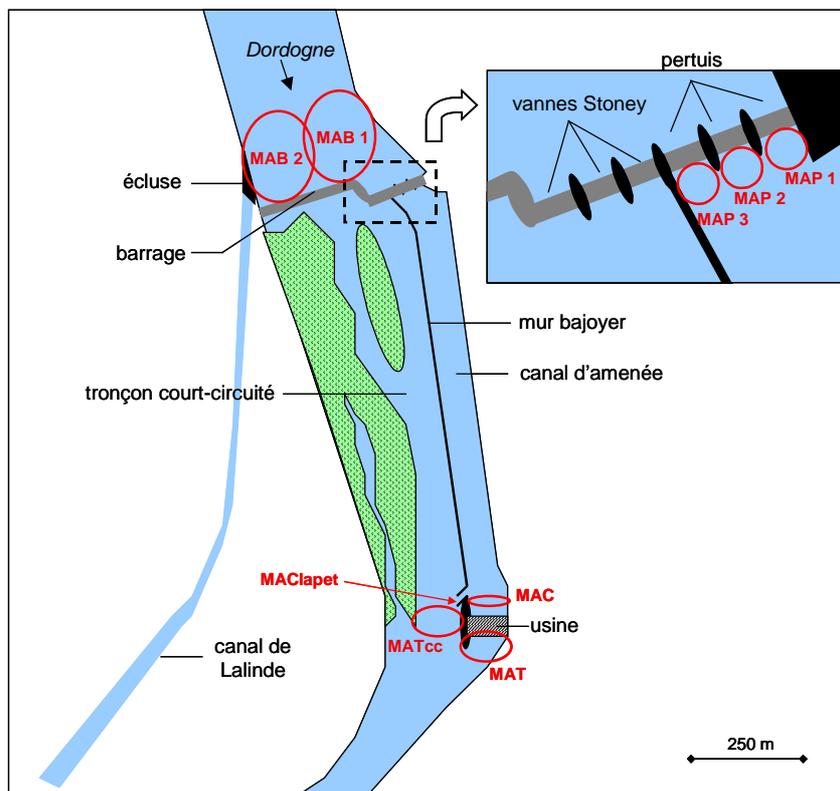


Figure 9 : Schéma des différentes zones d'enregistrement au niveau du barrage et de l'usine de Mauzac

Les zones MAB 1 et MAB 2 permettent de détecter l'arrivée des anguilles à proximité du barrage de Mauzac grâce à 2 antennes boucles situées aux deux extrémités du barrage.

Pour assurer la détection des anguilles dans le canal d'aménée, 3 antennes brins ont été installées au niveau des 3 pertuis. Pour mettre en place ces antennes, il a fallu tout d'abord tendre une corde de part et d'autre du pertuis et y attacher une corde de rappel lestée. L'antenne, constituée de câble radio dénudé de 17 cm à son extrémité, est fixée sur cette corde puis reliée à un poste situé dans un coffret étanche sur la rive gauche. De cette façon, chacune des entrées de pertuis est équipée d'une antenne. Grâce à la force du signal émis par l'émetteur, il est possible de définir de façon fiable le pertuis emprunté par l'anguille (MAP 1, MAP 2 ou MAP 3). Cette installation a joué un rôle important lors de la première campagne d'étude, puisqu'elle a permis de donner des informations complémentaires aux pêcheurs pour qu'ils puissent améliorer l'efficacité de la pêche en adaptant le positionnement de la barge de pêche.

Le canal d'aménée est équipé d'un clapet de défeuillage. Afin de détecter d'hypothétiques franchissements par ce clapet, 2 antennes ont été ajoutées par rapport à l'installation de la précédente étude. Une antenne mono-brin a été ajoutée au pied du clapet pour confirmer d'éventuels passages par le clapet et une antenne multi-brins (MAC) a été installée juste en amont du plan de grille de l'usine. Cette antenne permet d'affirmer ou non un passage clapet et de garantir un passage par les turbines de l'usine.

Enfin, pour confirmer les passages par les turbines de Mauzac, le clapet de défeuillage ou par le barrage, des zones recouvrant la sortie des turbines (MAT) et le tronçon court-circuité (MATcc) ont été

établies grâce à des antennes boucle aériennes. La première est située au-dessus de la deuxième entrée de la passe à poissons, entre le groupe 5 et 6, et la seconde au droit de l'usine au niveau de la passe à bassins. L'ensemble du dispositif permet d'avoir une première détection à l'amont et une confirmation à l'aval.

Le récapitulatif des différentes stations d'enregistrements mises en place sur le site de Mauzac se trouve dans le tableau ci-dessous.

Nom	Localisation	Type	Nombre de brins
MAB1	barrage rive gauche	boucle aérienne	-
MAB2	barrage rive droite	boucle aérienne	-
MAP1	pertuis 1 rive gauche	brin immergé	1
MAP2	pertuis 2	brin immergé	1
MAP3	pertuis 3 rive droite	brin immergé	1
MAC	amont plan de grille usine	brin immergé	3
MAClapet	aval clapet défeuillage	brin immergé	1
MAT	aval turbines	boucle aérienne	-
MATcc	tronçon court-circuité	boucle aérienne	-

Tableau 5 : Descriptif des stations d'enregistrement du site de Mauzac

4.4.4.2. Le site de Tuilières

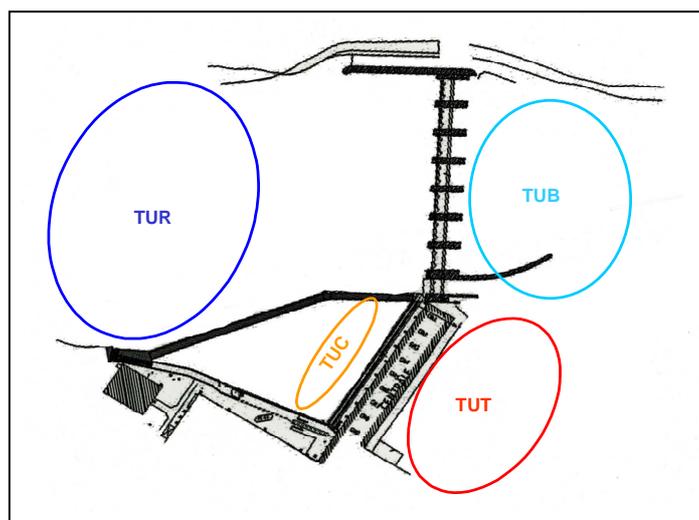


Figure 10 : Schéma des différentes zones d'enregistrement au niveau du barrage de Tuilières

Les différentes antennes installées sur le site de Tuilières ont permis de déterminer plusieurs zones précises afin d'observer le comportement global des anguilles radio-marquées au droit de l'aménagement, de déterminer les voies de passage (turbines, clapets, vannes de crue...), ainsi que les heures de franchissement (figure 10).

Ainsi, une antenne boucle délimitant une zone générale amont (TUR) a été installée pour permettre de détecter l'arrivée des anguilles dans la retenue à proximité du barrage et pour pouvoir calculer le temps de transit entre l'aménagement de Mauzac et celui de Tuilières.

La chambre d'eau est également équipée de deux antennes multi-brins (TUC1 et TUC2) reliées entre elles, par un « T » au niveau de la prise du poste enregistreur, pour ne former plus qu'une seule et même antenne (TUC). Elle permet d'examiner le comportement des anguilles en amont proche du plan de grille de l'usine qui mesure 60 m de long. Ces antennes sont constituées de câble radio coaxial RG 58 et le signal est reçu par l'extrémité immergée dénudée sur 17 cm. Pour les installer, il a

fallu tendre un câble en acier d'une rive à l'autre, à une dizaine de mètres en amont de ce plan de grille et à quelques mètres au-dessus de la surface de l'eau (photo 28 et figure 11). Le long de ce câble, plusieurs mousquetons soutiennent les deux cordes où sont fixées les 2 antennes 3 brins. Ce dispositif permet en outre de ramener facilement les 2 antennes vers la berge pour réaliser l'entretien courant (élimination de déchets et corps flottants) et/ou des opérations de maintenance.

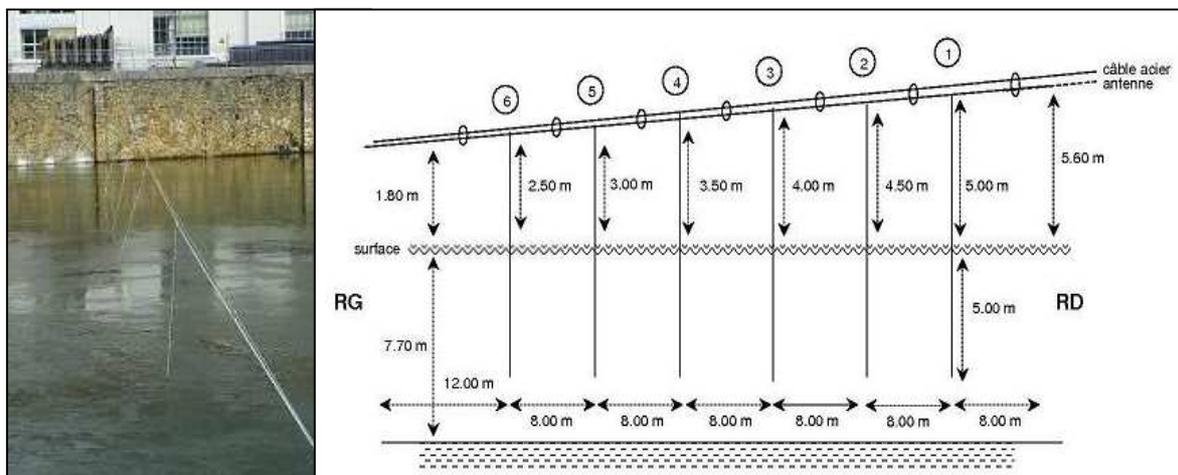


Photo 28 : Vue des antennes multibrins (TUC1 et TUC2) de la chambre d'eau de Tuilières ;
Figure 11 : Schéma de l'antenne multibrin TUC1 (4,5 et 6) et de l'antenne multibrin TUC2 (1,2 et 3)

Les 6 brins, espacés de 8 m, plongent à 5 m de profondeur par rapport à la RN lorsque les groupes ne fonctionnent pas (photo 28). Ils sont lestés (jusqu'à 9 kg pour les deux brins rive droite) pour éviter d'être trop attirés par le courant lors du fonctionnement des groupes. De cette façon, toute la colonne d'eau (7.70 m) est couverte par ces deux zones de réception qui s'étendent sur une quinzaine de mètres depuis le plan de grille et qui se recoupent entre les brins 3 et 4.

Enfin, pour confirmer les passages par les turbines ou les vannes de crue, des zones recouvrant la sortie des turbines (TUT) et l'aval du barrage (TUB) ont été établies grâce à des antennes boucle aériennes.

Le récapitulatif des différentes stations d'enregistrement mises en place sur le site de Tuilières se trouve dans le tableau ci-dessous.

Nom	Localisation	Type	Nombre de brins
TUR	amont masque rive droite	boucle aérienne	-
TUC	chambre d'eau	brin immergé	2 x 3
TUT	aval turbines	boucle aérienne	-
TUB	aval barrage	boucle aérienne	-

Tableau 6 : descriptif des stations d'enregistrement du site de Tuilières

4.4.4.3. Le site de Bergerac

Pour la campagne 2010-2011, le site de Bergerac a été équipé d'un enregistreur et d'une antenne boucle permettant de capter sur une vaste zone. Cette installation n'a pas pour but de déterminer la voie de passage empruntée (turbines ou digue) par les anguilles, mais d'obtenir des informations sur

le devenir des anguilles après franchissement de Tuilières et particulièrement le temps de transfert entre les deux ouvrages.

Pour cela, une antenne boucle (BEB) a été disposée à l'aval de la passe à poissons et dirigée vers l'aval du cours d'eau. De ce fait, une importante zone, captant sur la largeur de la rivière a pu être établie.

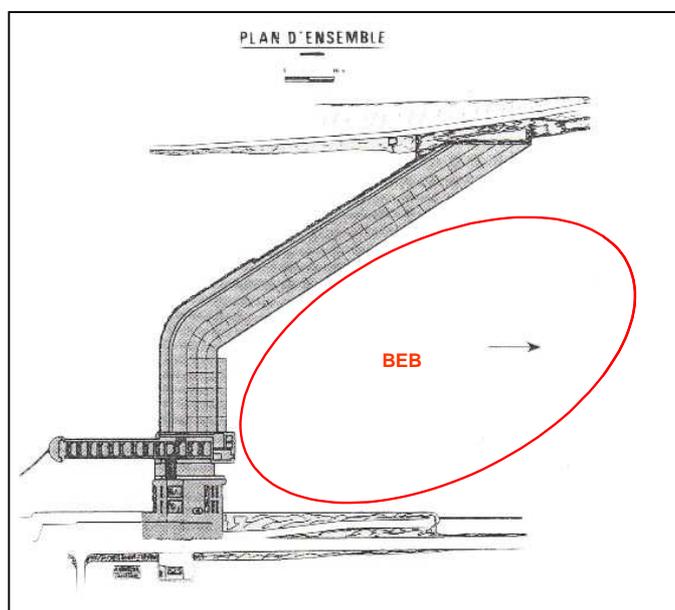


Figure 12 : Schéma de la zone d'enregistrement au niveau du barrage de Bergerac

4.4.5 Suivi mobile

Un suivi manuel quotidien a été effectué en voiture ou/et à pied entre les points de lâcher (au Bugue sur la Vézère et au Buisson de Cadouin sur la Dordogne) et le barrage de Tuilières pendant toute la période de fonctionnement de la pêcherie. Durant le mois d'avril et le début du mois de mai, ce suivi a été assuré uniquement une à deux fois par semaine suivant les conditions hydrologiques. Ces suivis avaient pour but de « pointer » le plus fréquemment possible la position de chacun des poissons afin d'appréhender leurs mouvements entre les stations fixes des ouvrages et mieux comprendre les phénomènes migratoires.

4.4.6 Modalités de marquage, de transport et de lâcher

4.4.6.1 Le marquage

Avant toute manipulation, les anguilles sont anesthésiées à l'aide d'huile essentielle de clou de girofle. Les poissons sont plongés dans une solution anesthésiante comportant 20 L d'eau et 20 mL d'eugénool préalablement dilué à 15%.

Les anguilles à marquer sont choisies selon des critères de bon état général et de taille suffisante pour effectuer cette opération chirurgicale. Elles sont ensuite pesées et mesurées (longueur totale). Avant d'être marquées, différentes mesures de l'œil pour calculer l'indice oculaire, de la tête, du corps et de la nageoire pectorale sont effectuées avant de faire un diagnostic de l'état sanitaire du poisson.

Le marquage se fait par insertion chirurgicale de l'émetteur dans la cavité générale. Après désinfection soignée à la Bétadine, une incision d'environ 3 cm est pratiquée sous le ventre près de l'anus (photo 29). A l'aide d'un trocart, on réalise un petit trou, environ 2 cm en arrière de l'incision, permettant de faire ressortir l'antenne de l'émetteur avant de l'insérer dans la cavité générale de l'individu et de recoudre la plaie avec du fil chirurgical semi-résorbable. En fin de marquage, une

piqûre de 0,5 ml de Shotapen (antibiotique à large spectre) est réalisée, ainsi qu'une application de pommade cicatrisante (Fucidine) sur la plaie suturée.



Photo 29 : Différentes étapes du marquage des anguilles : incision, insertion de l'émetteur et de l'antenne, suture

Après marquage, les poissons sont transférés dans un bac de réveil dont l'eau est renouvelée régulièrement. Une fois que les poissons ont totalement récupéré, les anguilles marquées sont placées en observation dans les bacs de stabulation où elles attendront au minimum entre 24 et 96 heures avant d'être relâchées dans le milieu, en fonction du nombre d'anguilles par bac et des conditions hydrologiques.

4.4.6.2 Stabulation, transport et lâchers

Stabulation

La biométrie et les marquages n'étaient pas effectués la nuit pendant la pêche, mais le lendemain en journée. Une fois capturées par la pêcherie professionnelle, les anguilles sont placées en stabulation dans un des 5 bacs de pisciculture (volume de 2.5 m³ chacun) numérotés pour ne pas mélanger les lots (cf. § 4.2.3 et photo 20 et 21) jusqu'au lendemain matin. Le nombre de bacs permet de différencier chaque nuit de pêche au cas où la biométrie ne pourrait être effectuée dès le lendemain, de séparer les anguilles radiomarquées en fonction de leur lieu de lâcher (Vézère ou Dordogne) et d'isoler les anguilles dont l'état sanitaire n'était pas satisfaisant.

Transport et lâchers

Afin d'amener les anguilles sur les divers lieux de lâcher, différents moyens ont été utilisés suivant le nombre d'anguilles à déverser. Lorsque le nombre d'anguilles était inférieur à 25, le transport se faisait à l'aide de bacs en plastique remplis d'eau. Lorsque le nombre d'anguilles était supérieur à 25, le transport se faisait dans une cuve de 600 litres remplie à moitié, installée sur une remorque.

Les anguilles équipées d'émetteurs radio ont été réparties sur la Vézère au Bugue, sur la Dordogne au Buisson-de-Cadouin (photo 30) et à l'aval de l'usine de Mauzac. Les anguilles supplémentaires, non utilisées pour l'étude, ont quant à elles été relâchées en aval du barrage de Bergerac (32 anguilles le 02/03 et 5 anguilles le 08/03).



Photo 30 : Anguille radiomarkuée (l'antenne du radio-émetteur apparaît sur le flanc droit) juste après son lâcher au Buisson (Dordogne)

4.5. Evaluation de l'efficacité de la pêche par la méthode de capture-marquage-recapture (CMR)

4.5.1 Principe général

La méthode de capture-marquage-recapture est basée sur le suivi individuel d'une partie de la population. La reconnaissance individuelle se fait à l'aide d'un marquage qui attribue un numéro unique à chaque individu. Les individus marqués sont relâchés dans le milieu et c'est la proportion d'individus marqués et recapturés par la pêche, par rapport au nombre total d'individus marqués, qui donne le taux de recapture (%). Appliqué au nombre total d'individus capturés dans la période considérée, ce taux de recapture permet de faire une estimation du stock dévalant total sur cette période, selon la formule de Petersen :

$$N = (nm \times n^{mc}) / nmc$$

Avec : N, la taille de la population estimée,
nm, le nombre d'individus marqués,
n^{mc}, le nombre d'individus capturés,
nmc, le nombre d'individus recapturés.

4.5.2 Les transpondeurs utilisés

Un transpondeur RFID (Radio Frequency IDentification) est composé d'une puce reliée à une antenne. Le tout est encapsulé dans une « gélule » de verre de 11.5 mm de long pour 2.12 mm de diamètre (photo 31). Cette puce renferme un code unique qui est transmis par onde radio (y compris à travers les tissus) à un lecteur. Contrairement aux émetteurs radio, ils utilisent l'énergie propagée à courte distance par le signal radio de la puce et n'ont donc pas de batterie interne. Ils ont une durée de vie quasi illimitée mais en contrepartie, ils ont besoin d'une importante quantité d'énergie, fournie par le détecteur, pour pouvoir fonctionner et ils ne peuvent être utilisés à distance.



Photo 31 : Seringue de marquage, transpondeur RFID utilisé et son lecteur

4.5.3 Le matériel biologique

Lors de l'étude 2009-2010, des anguilles avaient été achetées sur le bassin de la Loire afin de compléter les captures de la pêcherie professionnelle de Mauzac et de pouvoir réaliser l'évaluation du taux de capture par CMR, initialement prévu avec 300 anguilles.

Compte tenu des captures dénombrées l'année passée et des complications qu'engendre un transfert de bassin (lourde logistique de transport, tests sanitaires et quarantaine obligatoire, qualité sanitaire, stabulation, ...), il a été décidé de ne pas acheter d'anguilles sur la Loire cette année.

Cependant, les captures ont été tardives et éparses en 2010-2011, de sorte que seulement 67 anguilles avaient été capturées à la fin du mois de janvier. L'ensemble de ces anguilles a été utilisé pour le radiopistage. Le reste des anguilles fut capturé, entre le 22 et le 26 février, en trop petit nombre et trop proche de la fin de l'étude (arrêt de la pêcherie programmé au 13/03/2011) pour être utilisé en CMR, ces anguilles ont donc été relâchées à l'aval de Bergerac (cf. § 4.4.6.2).

*Au final cette année, **seulement 6 anguilles** ont été marquées par transpondeur et relâchées les 12 et 20 janvier. Aucune n'a été recapturée. Ces marquages sont évidemment anecdotiques et ne peuvent aucunement servir à calculer un taux de recapture ou estimer le flux dévalant d'anguilles au niveau de la pêcherie de Mauzac.*

5. CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE L'ETUDE

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

- Les débits de la Dordogne en amont de la confluence avec la Vézère proviennent de la station hydrométrique de Cénac-et-St-Julien (station n°P238 0010 – données depuis 1898),
- Pour la Dordogne aval confluence Vézère, les données proviennent de la station de Lamonzie Saint Martin (station n°P5320010),
- En ce qui concerne la Vézère, les débits sont issus des stations de Montignac (station n°P4161010) pour la période 1898-2009 et de Montignac [Le Pertuis] (station n°P4161020) depuis 2009.

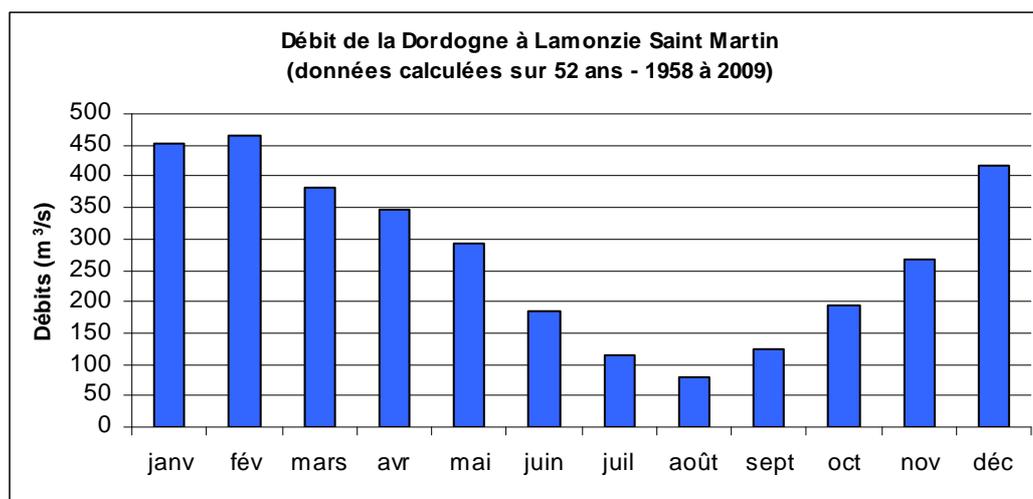


Figure 13 : Débits moyens mensuels de la Dordogne à Lamonzie Saint Martin (chronique de 1958 à 2009)

Le régime hydrologique de la Dordogne à l'aval de Bergerac est caractérisé par de fortes eaux en hiver, liées aux précipitations (essentiellement sous forme de pluie) et des étiages estivaux prononcés (figure 13).

	Dordogne à Lamonzie St Martin						
	Station n°P5320010 - Module = 275 m ³ /s Données calculées sur 52 ans (1958-2009)						
	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Q moy. Mensuel de référence (m ³ /s)	123	193	268	417	451	465	383
Q moy. Mensuel de l'étude 2009/2010 (m ³ /s)	78.4	88.7	161.5	258.7	379.6	388	299
Q moy. Mensuel de l'étude 2010/2011 (m ³ /s)	75.1	137	358.9	385.6	237.2	181.4	175.5
Coefficient d'hydraulicité 2010/2011	0.61	0.71	1.34	0.92	0.53	0.39	0.46

Tableau 7 : Coefficients d'hydraulicité de la Dordogne à Lamonzie pendant la période d'étude

Vézère à Montignac - Le Pertuis -							
Station n°P4161010 - Module = 57,70 m ³ /s							
Données calculées sur 114 ans (1898-2011)							
	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Q moy. Mensuel de référence (m ³ /s)	21.1	32.3	60.3	87.3	95.2	99	83.4
Q moy. Mensuel de l'étude 2009/2010 (m ³ /s)	11.4	10.2	39	68.7	86.4	88	66.7
Q moy. Mensuel de l'étude 2010/2011 (m ³ /s)	20.3	18.6	49.0	67.5	51.9	34.9	29.2
Coefficient d'hydraulicité 2010/2011	0.96	0.58	0.81	0.77	0.54	0.35	0.35

Tableau 8 : Coefficients d'hydraulicité de la Vézère à Montignac pendant la période d'étude

Dordogne à Cénac et St Julien							
Station n°P2380010 - Module = 189 m ³ /s							
Données calculées sur 114 ans (1898-2011)							
	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Q moy. Mensuel de référence (m ³ /s)	81	127	205	281	295	306	271
Q moy. Mensuel de l'étude 2009/2010 (m ³ /s)	54.4	63.3	110.7	171.2	254.6	268	217
Q moy. Mensuel de l'étude 2010/2011 (m ³ /s)	52.4	101	265.3	276.7	160.4	127.9	146.9
Coefficient d'hydraulicité 2010/2011	0.65	0.80	1.29	0.98	0.54	0.42	0.54

Tableau 9 : Coefficients d'hydraulicité de la Dordogne à Cénac pendant la période d'étude

L'aménagement de Tuilières, situé environ 13 km à l'amont de celui de Bergerac, se trouve à une vingtaine de kilomètres à l'amont de la station hydrométrique de Lamonzie St Martin.

Le site de Mauzac se situe à une quinzaine de kilomètres en aval de la confluence de la Vézère et de la Dordogne. Les stations hydrométriques les plus proches se situent à Montignac pour la Vézère et à Cénac pour la Dordogne.

La Dordogne a présenté sur les mois de novembre et décembre une hydrologie assez soutenue avec des débits supérieurs à deux fois le module (coefficient d'hydraulicité supérieur ou proche de 1) (tableaux 7 à 9). A partir du mois de janvier, les débits n'ont fait que diminuer (inférieurs à 50% du débit de référence pour les mois de janvier, février et mars).

L'hydrologie de la Vézère a été encore plus faible que sur la Dordogne, puisque le coefficient d'hydraulicité ne dépasse pas 0.8 pour le mois de novembre, qui est le plus humide (tableau 8). En fin d'étude, on observe des débits proches de 30% du débit de référence, pour les mois de février et mars.

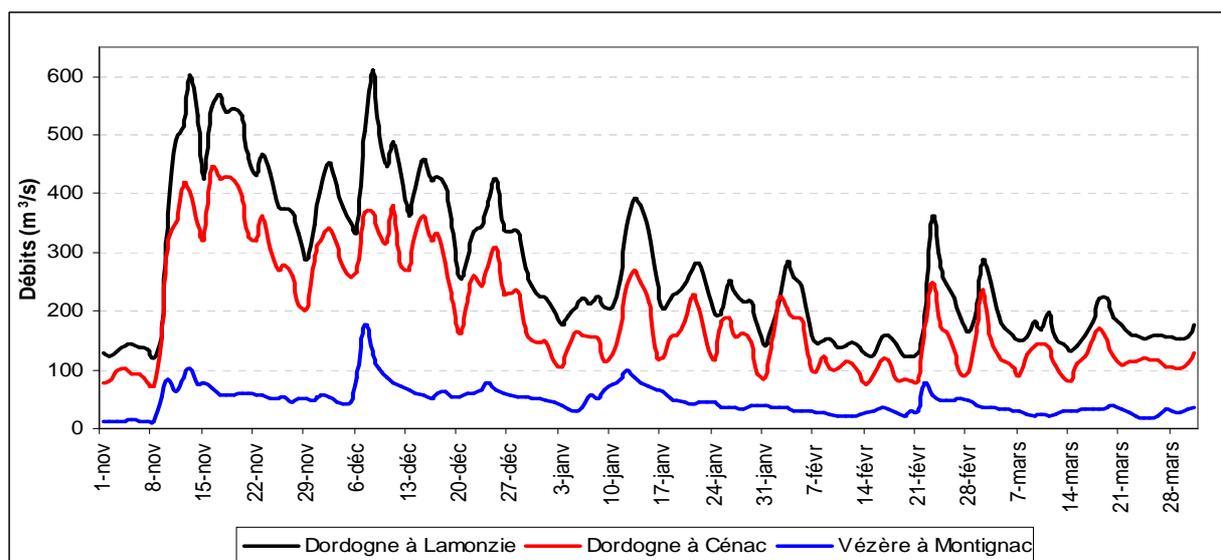


Figure 14 : Débits moyens journaliers de la Vézère et de la Dordogne pendant la période d'étude

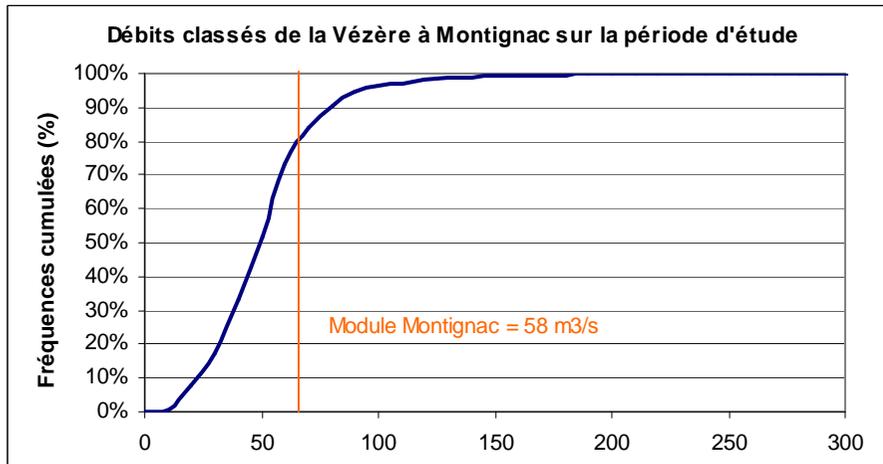


Figure 15a : Débits classés de la Vézère à Montignac pendant la période d'été

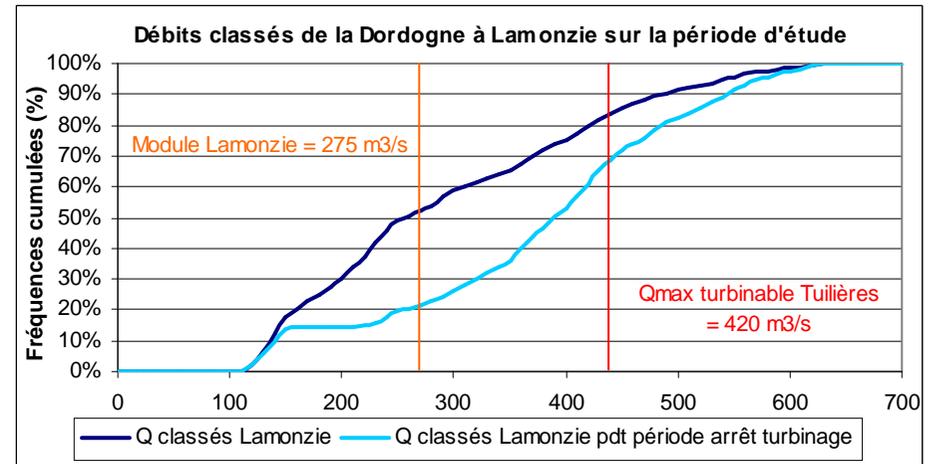


Figure 15c : Débits classés de la Dordogne à Lamonzie pendant la période d'été

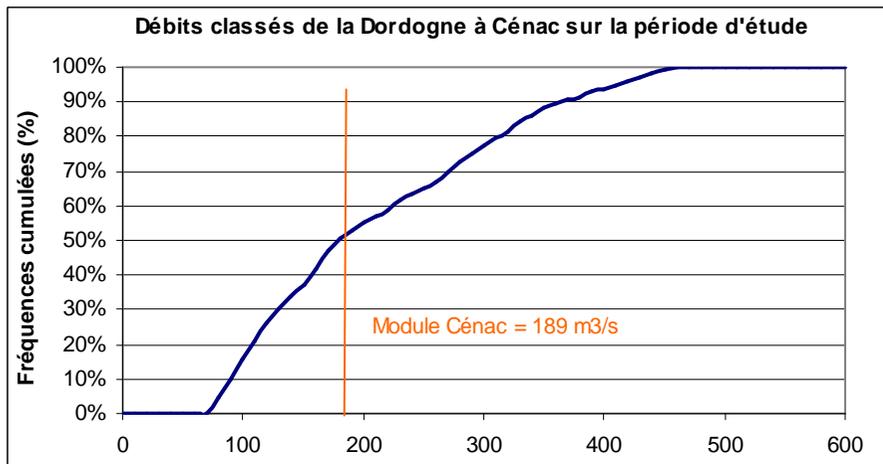


Figure 15b : Débits classés de la Dordogne à Cénac pendant la période d'été

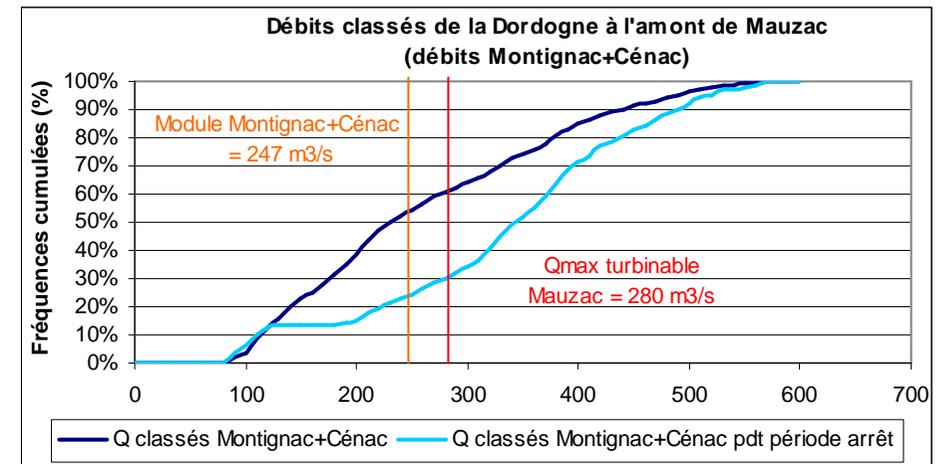


Figure 15d : Débits classés de la Dordogne en amont de Mauzac

Les débits de la Dordogne oscillent beaucoup plus que ceux de la Vézère, même à l'échelle des débits moyens journaliers (figure 14). Ces variations de débits sont caractéristiques du fonctionnement par éclusées des ouvrages hydroélectriques situés en amont. Sur la Vézère, certains ouvrages amont fonctionnent également par éclusées, mais ce régime d'éclusées est moins « drastique » que sur la Dordogne (pour plus de détails, voir ECOGEA pour MIGADO, 2008). En outre, l'apport de la Corrèze (21 m³/s de module à Brive) « lisse » une partie des éclusées générées par l'usine du Saillant (ECOGEA pour MIGADO, 2008). Ainsi, au niveau des stations hydrométriques du secteur d'étude, il est difficile sur la Dordogne de distinguer les « coups d'eau » liés aux conditions climatiques de ceux liés au fonctionnement par éclusées des aménagements.

Sur la période d'étude, on note sur la Vézère 4 épisodes pluvieux qui ont influencé significativement les débits. Le premier s'est produit au début du mois de novembre et le dernier à la fin du mois de février. La Vézère n'a pas dépassé son module de 58 m³/s pendant 80 % du temps de l'étude. Excepté le pic du 22 février, la Vézère n'a pas dépassé son module de la mi-Janvier jusqu'à la fin de l'étude.

Le module de la Dordogne à Lamonzie est de 275m³/s (189 m³/s à Cénac). Cette gamme de débit est rapidement dépassée, puisque dès le premier pic du 07 novembre, on atteint 600 m³/s et la Dordogne ne repassera en dessous de son module qu'à partir de la fin du mois de décembre. Puis, jusqu'à la fin de l'étude, le module ne sera dépassé que deux fois : mi-Janvier avec un pic 400 m³/s et lors du coup d'eau du 22 et 23 février. Sur l'ensemble de l'étude, les débits ont été 50% du temps supérieurs au module sur la Dordogne à Lamonzie (figure 15c).

Sur la Dordogne au niveau de Cénac (à l'amont de la confluence Vézère), les débits ont également été supérieurs au module pendant 50% du temps (figure 15b). En revanche, sur la Vézère, les débits ont été inférieurs au module à Montignac pendant 80% de la période d'étude (figure 15a). La somme de ces deux stations, représentée sur la figure 15d, correspond au débit entrant au barrage de Mauzac.

6. RESULTATS CONCERNANT LA PECHERIE

6.1. Nombre de captures

6.1.1. Anguilles

Au total, la pêche a permis la capture de 118 anguilles non marquées. Aucune anguille radio-marquée n'a été recapturée.



Photo 32 : Anguille d'avalaison capturée par la pêche, avec une nette hypertrophie oculaire

6.1.2. Autres espèces

En plus des anguilles, la pêche a permis la capture de 16 autres espèces : majoritairement des cyprinidés (ABL, BAF, BRE, CAR, CAS, CHE, GAR, GOU, TAN, VAN), des carnassiers (GRE, PER, SAN) dont 11 silures, 7 smolts et 3 juvéniles de lamproie marine en dévalaison (captures de lamproies du 05/01 au 13/01 - pour information, une quarantaine de lamproies avaient été capturées l'an passé).



Photos 33 et 34 : Juvénile de lamproie marine et jeune silure capturés par la pêche à Mauzac

6.2. Principales caractéristiques biométriques des anguilles

Toutes les anguilles capturées sur la Dordogne ont fait l'objet de mesures biométriques. Ainsi, en plus de la longueur totale (figure 16) et du poids, ont été mesurés les diamètres verticaux et

horizontaux de l'œil, de la tête et du corps de chaque anguille, ainsi que la longueur de la nageoire pectorale.

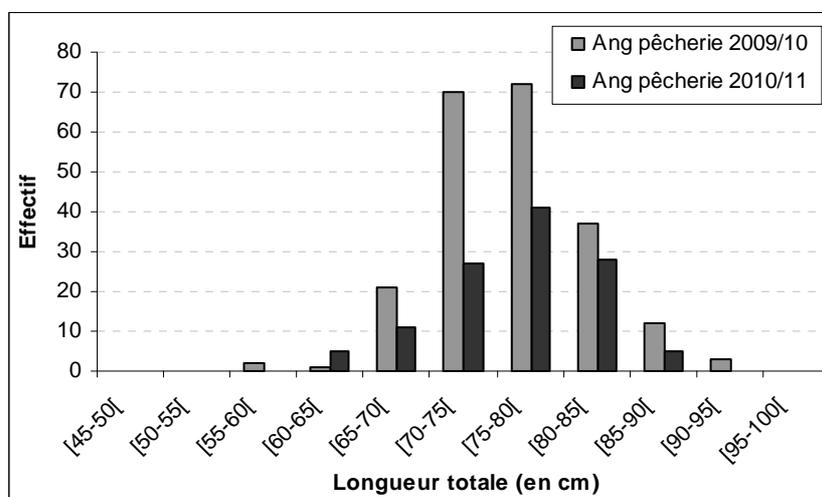


Figure 16 : Répartition par classe de taille (cm) des anguilles capturées en 2009/10 et 2010/11 à la pêche de Mauzac

	Taille (mm)	Poids (g)
Nb ind.	117*	
Min	630	449
Max	889	1485
Médiane	764	860
Moyenne	760	888

*118 ang. Capturées dont 1 échappée

Tableau 10 : Caractéristiques de taille et de poids des anguilles pêchées sur la Dordogne en 2010/2011

Les 117 anguilles (118 dont une échappée) issues de la Dordogne ont une taille comprise entre 630 et 889 mm (médiane : 764 mm), pour un poids variant de 449 à 1485 g (médiane : 860 g). Leur taille minimale de 63 cm indique que nous avons affaire exclusivement à des femelles (sur la Loire, taille des mâles à l'argenture < 47 cm).

Il est généralement admis que d'une part, l'orientation du sexe est sous l'influence de la densité (APRAHAMIAN, 1988 ; OLIVEIRA, 2001 ; ADAM 2008), et d'autre part que la densité des anguilles diminue avec la distance à la mer.

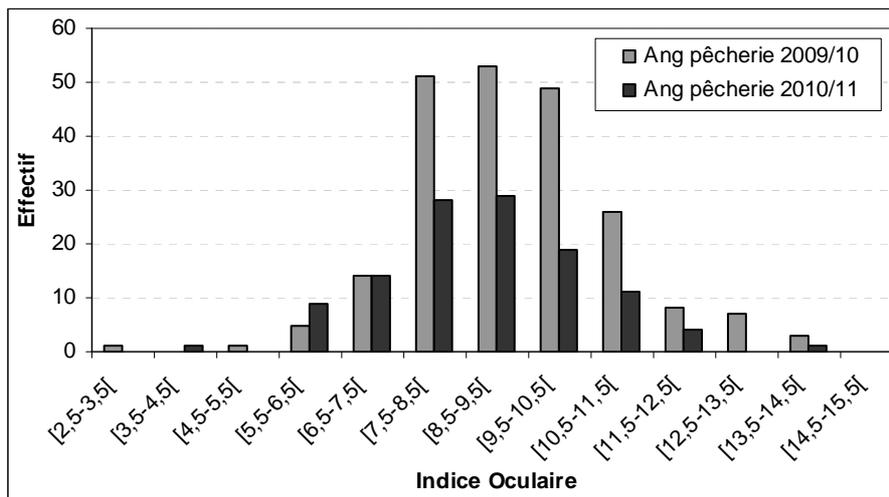


Figure 17 : Répartition des classes d'indice oculaire des anguilles capturées en 2009/10 et 2010/11 à la pêcherie de Mauzac

91.4 % des anguilles capturées (106/116) présentent une hypertrophie oculaire (IO > 6.5 ; PANKHURST, 1982 ; FONTAINE, 1994). Une anguille présentant une double énucléation ne prend pas part à ce pourcentage.

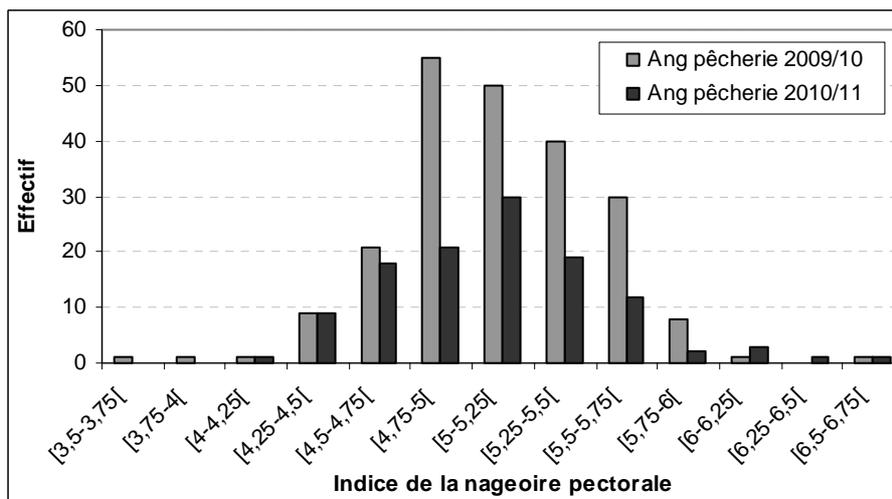


Figure 18 : Répartition des classes d'indice de la nageoire pectorale des anguilles capturées en 2009/10 et 2010/11 à la pêcherie de Mauzac

100% des anguilles capturées (117/117) ont un indice de nageoire pectorale supérieur à la valeur seuil de 4.0 qui caractérise les individus à nageoires pectorales développées (DURIF, 2003).

Le couplage entre indice oculaire et indice de la nageoire pectorale selon la formule de Durif (2003) a tendance à sous-estimer le nombre d'anguilles au stade argenté par rapport aux indices pris séparément. Ainsi, ce couplage classe 87% des anguilles de Dordogne (102/117) au stade « argenté », c'est-à-dire comme ayant achevé leur métamorphose.

6.3. Etat sanitaire général des anguilles

Concernant la Dordogne, très peu d'anguilles présentaient des lésions ou des infections. Sur 117, seules 4 (3.5%) comportaient, en faible abondance, des « points blancs », signe d'ichtyophthiriose (GIRARD et ELIE, 2007). Quelques anguilles atteintes d'érosions ont été observées. Mais exceptés les rares cas de blessures ou de malformations présentées ci-dessous, les critères externes relevés semblent montrer que les anguilles capturées présentaient un bon état sanitaire général.



Photo 35 : Hémorragie (HE)



Photo 36 : Œil vitreux - opacité (CO)



Photo 37 : Ulcère hémorragique (UH)



Photo 38 : Absence de l'extrémité de la nageoire caudale (AO)



Photo 39 : Absence nageoire pectorale droite (AO)



Photo 40: Ulcère au niveau postérieur de l'anguille (UH)

Planche photos : Lésions anatomo-morphologiques externes des anguilles

6.4. Temps de pêche effectif, nombre de relèves de filet et effectif capturé par relève de filet

Temps de pêche effectif par nuit de pêche :

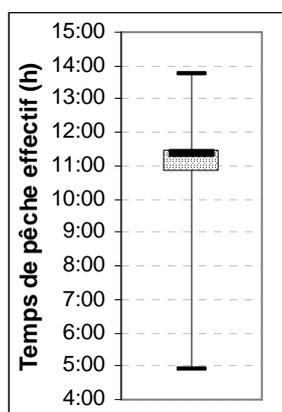


Figure 19 : Répartition des temps effectifs de pêche pendant la durée de l'étude

Théoriquement prévue sur 12 heures (de 18h00 à 6h00), la durée de pêche effective par nuit a varié de 5h00 à 13h45 (médiane : 11h20), selon le nombre de relèves de filet (de 2 à 6 par nuit) et l'élargissement de cette fenêtre de pêche les jours où les conditions étaient favorables.

L'effort de pêche maximal théorique, pour 126 nuits de pêche de 12 heures, est de 1 512 heures de pêche alors que l'effort de pêche effectif a été de 1 347 heures (122 nuits de pêche de 5 à 13h45).

Nombre de relèves du filet par nuit de pêche :

Nbr de relèves	0	1	2	3	4	5	6
Nov	0	0	5	10	6	0	0
Déc	0	0	11	13	3	1	1
Janv	0	0	28	2	1	0	0
Fév	0	0	25	2	1	0	0
Mars	0	0	13	0	0	0	0
Total	0	0	82	27	11	1	1
%	0.0%	0.0%	67.2%	22.1%	9.0%	0.8%	0.8%

Tableau 11 : Distribution du nombre de relèves de filet au cours des mois de pêche

Le nombre de relèves du filet par nuit de pêche a varié de 2 à 6. Cette année, il n'y a pas de nuit sans relève, puisque pour faciliter les calculs d'efforts de pêche, il a été demandé aux pêcheurs de respecter 2 relèves minimum par nuit (la première vers 22h et la seconde vers 02h). Les nuits à 2 et 3 relèves de filet représentent 89% des nuits de pêche (109/122). Sur ces 109 nuits, 12 ont été avec prises d'anguilles, totalisant 52.5% des captures totales. Les nuits à 4 relèves de filet sont assez peu nombreuses (11 nuits, soit 9%) dont 3 avec captures (31% des captures totales). Enfin, il y a eu une seule nuit à 5 relèves et une seule nuit avec 6 relèves de filet, représentant respectivement 11% et 5% des captures totales d'anguilles.

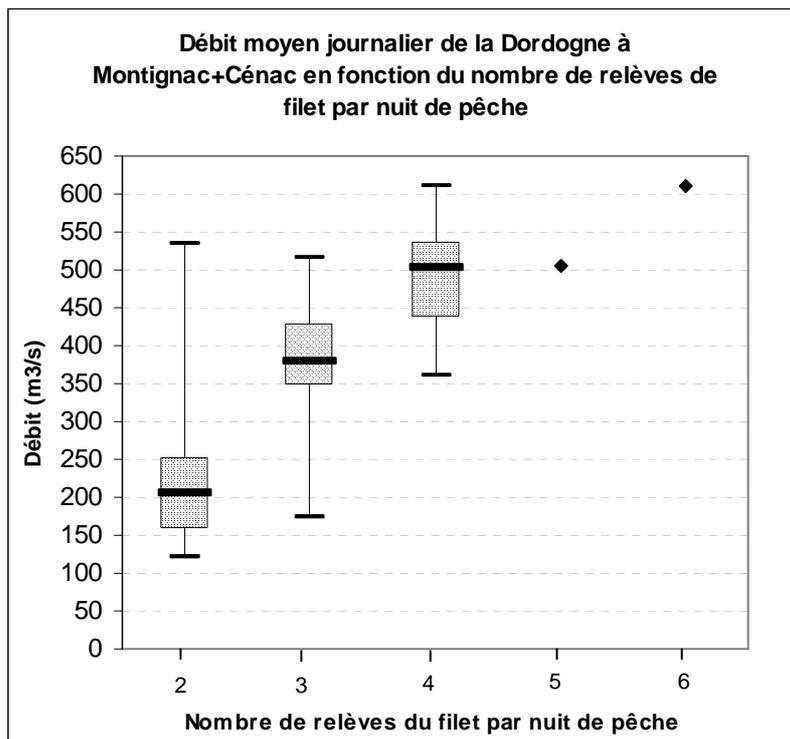


Figure 20 : Répartition du débit moyen journalier de la Dordogne (Montignac+Cénac) en fonction du nombre de relèves de filet par nuit de pêche

Le nombre de relèves du filet, essentiellement lié à son taux de colmatage par les déchets flottants, augmente sensiblement avec le débit moyen de la Dordogne à l'amont de Mauzac les jours de pêche.

Nombre de captures d'anguilles par relève de filet :

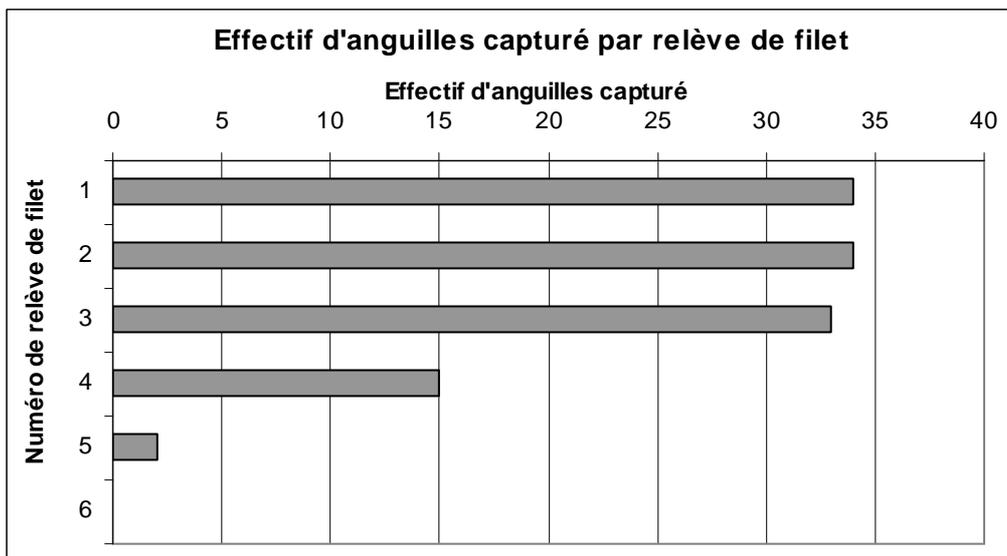


Figure 21 : Nombre d'anguilles capturées par relève du filet de pêche au cours de l'étude

Près de 28% des anguilles capturées par la pêcherie (34/118) l'ont été lors de la première relève de filet, soit généralement entre 18h et 21h00.

83% des captures (101/118) sont réalisées lors des 3 premières relèves, ce nombre de relèves augurant pendant 86% des nuits de pêche. Le nombre de relèves peut varier en fonction des conditions de pêche, mais il est intéressant de noter que 71% des captures (84/118) sont réalisées avant minuit.

6.5. Effort de pêche et CPUE

Les principaux résultats concernant l'effort de pêche et la CPUE sont présentés dans le tableau ci-après. A titre de comparaison, nous rappellerons les résultats de la campagne précédente (Ecogea, 2011) et les résultats obtenus sur la Loire pour les saisons de pêche 2001-02 à 2004-05 et 2008-09, synthétisés par Acou *et al.* (2010).

	DORDOGNE	DORDOGNE	LOIRE
Saison	2009-2010	2010-2011	2001-02 à 2004-05 - 2008-09
Nombre de pêcheries	1	1	7 à 12
Effort de pêche total			
nb. nuits de pêche	140	122	231 à 647
nb. heures de pêche	1567	1347	-
Nb. total ANG capturées	230	118	17 371 à 48 642
CPUE (nb. ANG par nuit de pêche)			
moy +/- écart-type	1.6 +/- 6.9	0.97 +/- 4.5	42.8 à 87.1
médiane	0	0	13.1 à 23.0
min	0	0	0
max	71	35	342.4 à 1 360.3

Tableau 12 : Comparaison des efforts de pêche et des CPUE entre l'étude Dordogne 2009-2010, 2010-2011 et les études Loire 2001-2009

Cette année, l'effort de pêche déployé sur la Dordogne à Mauzac a été de 122 nuits de pêche, entre le 08/11/10 et le 13/03/11, sur 126 nuits possibles (2 nuits non pêchées en raison d'un incident sur la barge, les 17 et 18 novembre, pas de pêche les nuits de Noël et de la St Sylvestre).

Une fois soustraits le temps de relève et de nettoyage du filet, le nombre d'heures de pêche effective a été de 1347 heures, soit 220h de moins que la campagne précédente.

La CPUE, exprimée en nombre d'anguilles capturées par nuit de pêche, est extrêmement variable puisqu'elle est en moyenne de 0.97 +/- 4.5 et a varié de 0 à 35 anguilles capturées par nuit de pêche. Cette CPUE est en outre à relativiser avec les conditions hydrologiques et d'exploitation de l'aménagement de Mauzac, avec notamment des surverses au barrage quasi continues du 1^{er} novembre jusqu'aux environs du 25 décembre (cf § 7.1.2.).

7. RESULTATS CONCERNANT LA RADIODIAGNOSTIC

7.1. Fonctionnement des ouvrages hydroélectriques

Préambule :

Dans le présent rapport, l'intégralité des données de fonctionnement de l'ouvrage de Tuilières (configurations, débits turbinés et débits des différents organes évacuateurs) a été obtenue grâce à un enregistreur mis en place par EDF. Cet enregistreur nous permet d'avoir accès aux données du système de télé-exploitation d'EDF sans passer par la salle de commandes de l'usine, même si ces données sont à prendre et à interpréter avec précaution (il existe manifestement des différences notables entre les débits fournis par cet enregistreur et les débits annoncés par la station hydrométrique DIREN de Lamonzie - données de la Banque Hydro). Informé de ce dysfonctionnement, EDF-DTG travaille sur cette question.

Concernant Mauzac, un enregistreur semblable à celui de Tuilières a été installé à l'usine. Des problèmes de calibrage des organes de l'usine sont apparus très tôt dans l'étude. Les défaillances du réseau d'enregistrement ont été identifiées par l'exploitant, mais aucune intervention n'était possible avant l'été 2011. Nous ne possédons aucune donnée de fonctionnement concernant cette ouvrage pour cette année, mais EDF-CIH nous a transmis des données de puissances turbinées permettant de retrouver approximativement les débits turbinés et les moments de surverse au barrage de Mauzac.

7.1.1. Tuilières

La cote NGF amont de la retenue de Tuilières a varié de 29,58 m (le 06/01 à 04h00) à 31,35 m (le 10/11 à 11h00).

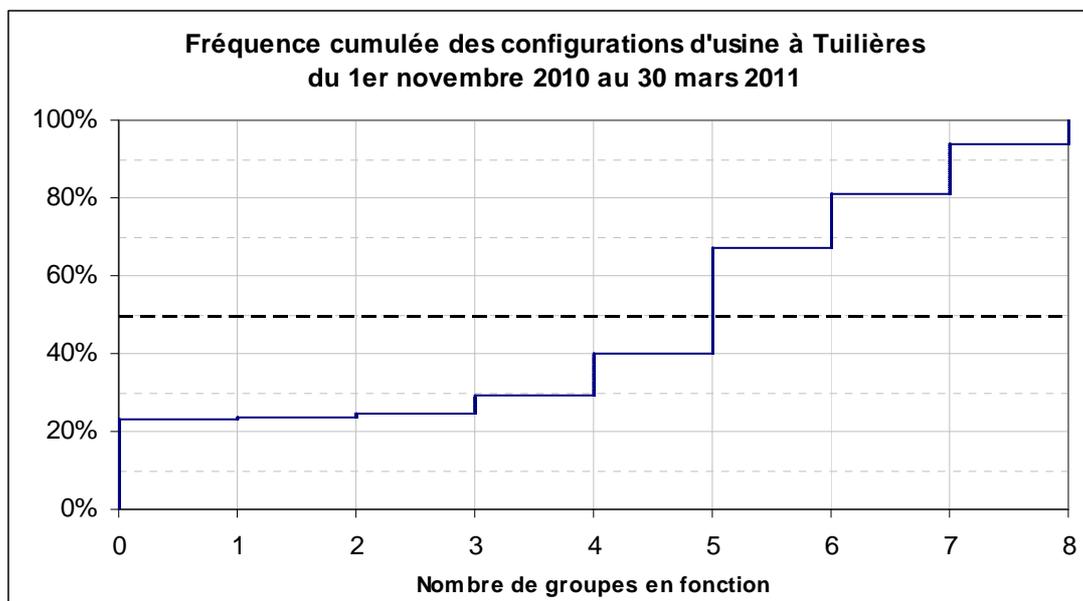


Figure 22 : Fréquence cumulée du nombre de turbines en fonctionnement à Tuilières durant la période d'étude

Pendant la période d'étude, un à huit groupes ont fonctionné simultanément (figure 22). L'usine a été à l'arrêt environ 25% du temps. Ces arrêts correspondent aux arrêts de turbinage prévus toutes

les nuits (de 18h à 6h) du 1^{er} septembre au 31 décembre. Ils ont été respectés par l'exploitant, puisque le turbinage de nuit n'a repris qu'à partir du 1^{er} janvier 2011.

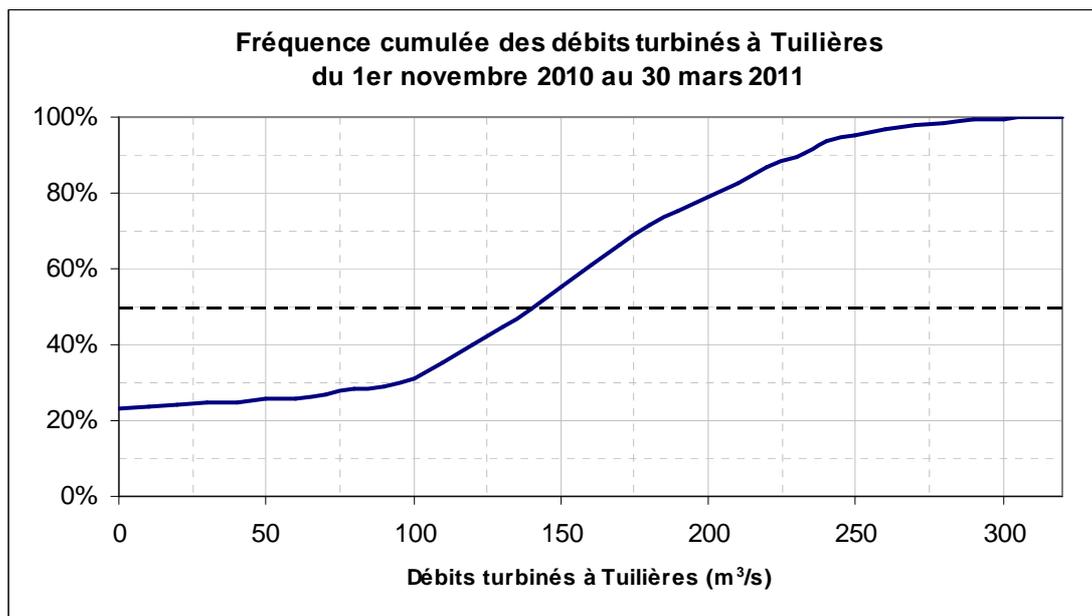


Figure 23 : Fréquence cumulée des débits moyens horaires turbinés à Tuilières durant la période d'étude

Le débit moyen horaire turbiné pendant l'étude a varié de 20 m³/s à 316 m³/s (le 23/02 à 15h00) (figure 23). Il faut préciser que tout débit entrant dans les turbines inférieur à 20 m³/s n'est pas turbiné. Le débit d'équipement théorique de Tuilières est de 420 m³/s, ces gammes de débits ont été rencontrées environ 20 % du temps sur toute la période d'étude (figure 13c). Malgré cela, les débits maximums turbinés n'ont jamais dépassé les 316 m³/s.

Tout le débit excédentaire, que ce soit pendant le fonctionnement de turbines ou non, a été évacué par les vannes de fond. Ceci offre une grande probabilité de passage aux anguilles qui dévalent en principe près du fond. Cependant, ces vannes ne sont pas équipées d'antennes de réception. Notre antenne aval rive gauche permet uniquement de déterminer et de valider le passage, mais en aucun cas par quelle vanne l'anguille est passée.

7.1.2. Mauzac

Comme expliqué dans les paragraphes 4.3.1. et 7.1., nous ne disposons pas des données de fonctionnement de l'usine de Mauzac. Cependant, EDF-CIH a pu reconstituer les débits turbinés à partir des puissances délivrées par l'usine au cours de l'étude. Les valeurs obtenues se trouvent sur les figures 24 et 25. Grâce à ces données, nous pourrions déduire les phases de surverse au barrage de Mauzac en soustrayant le débit turbiné estimé au débit total à Mauzac (débit Cénac + débit Montignac).

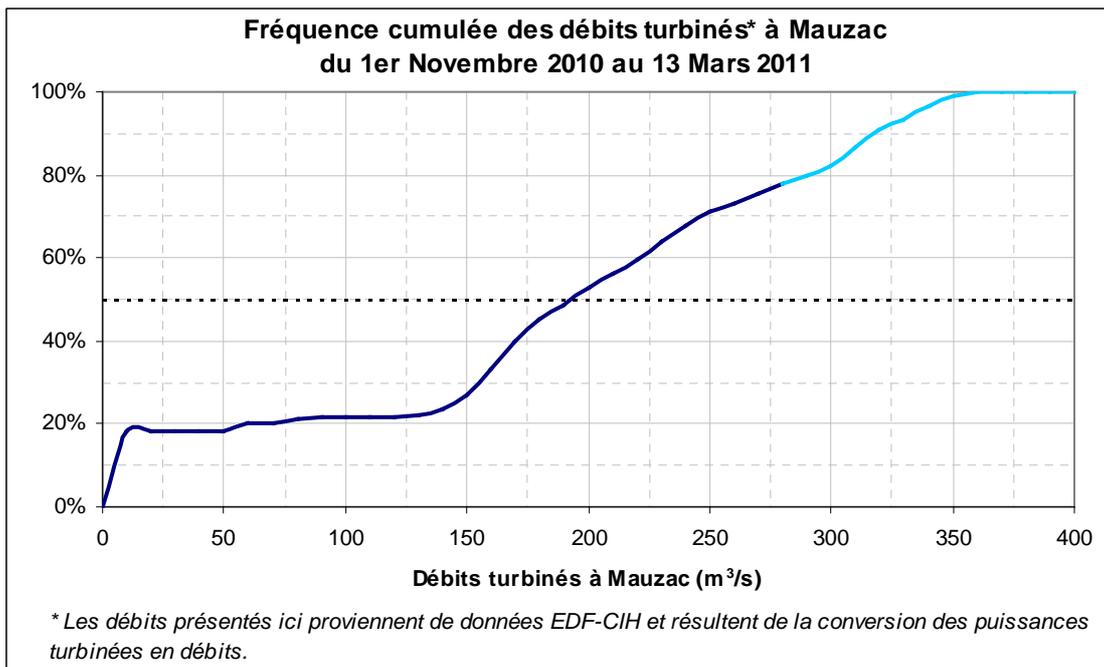


Figure 24 : Fréquence cumulée des débits moyens horaires turbinés à Mauzac durant la période d'étude

Selon les estimations d'EDF, le débit moyen horaire turbiné pendant l'étude a varié de 20 m³/s à 350 m³/s. Le débit d'équipement de l'usine de Mauzac varie donc de 280 à 350 m³/s¹, en fonction des estimations. Les gammes de débits supérieures à 280 m³/s représentent 40% du temps sur la période d'étude (figure 15d) contre 22% du temps en fonctionnement d'usine (figure 24). Cette différence est liée au redémarrage progressif de l'usine au mois de novembre pendant une période de fortes eaux.

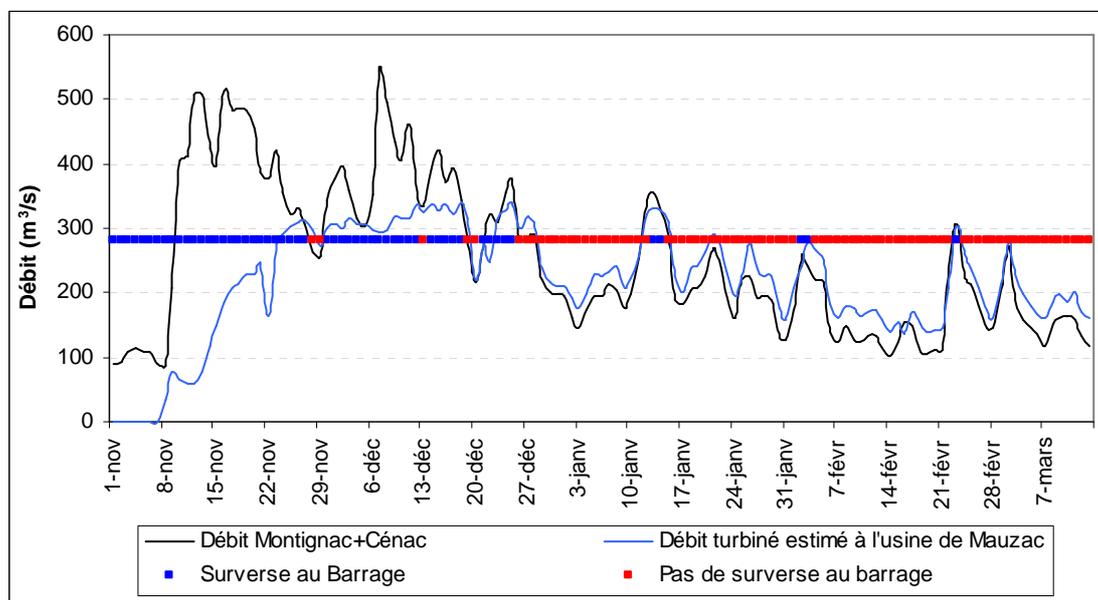


Figure 25 : Représentation des jours de surverse au barrage de Mauzac

¹ 350 m³/s est la capacité maximum de l'usine donnée par le calcul fait par EDF à partir des puissances. En fonctionnement de routine, l'usine est souvent bridée à 280 m³/s selon l'exploitant. Ne possédant aucune donnée de débit pour les organes de l'usine, 280 m³/s est donc un débit maximum théorique, alors que 350 m³/s est ici un débit estimé.

Tout le débit excédentaire qui n'est pas turbiné est évacué par le tronçon court-circuité via les vannes toits du barrage. Les nuits de surverse au barrage ont été déterminées grâce aux observations des pêcheurs, chaque nuit, et au débit turbiné estimé à l'usine par EDF. Il apparaît une surverse quasi continue du 1^{er} novembre jusqu'aux environs du 25 décembre. A partir du mois de janvier, les surverses deviennent très rares.

7.2. Devenir des 73 anguilles radiomarquées

L'étude a commencé au 1^{er} novembre, mais la pêcherie fut complètement opérationnelle après le 20 novembre. Ceci a limité les captures, alors que les conditions étaient extrêmement favorables pendant cette période. Par la suite, les captures ont été éparses et ponctuelles. Les anguilles ont été marquées au rythme des captures de la pêcherie professionnelle, les lâchers ont été réalisés en 7 lots. La répartition de ces 7 lots est présentée dans le tableau 13 ci-après. Entre les différents lâchers et les franchissements d'ouvrages, sur 73 anguilles radio-marquées, 59 ont été au maximum suivies simultanément.

Date	Buisson de Cadouin (Dordogne)	Le Bugue (Vézère)	Aval Mauzac (Dordogne)	Nombre d'anguilles lâchées
23 novembre 2010	2	2	2	6
9 décembre 2010	2	2	2	6
14 décembre 2010	5	5	-	10
16 décembre 2010	2	2	-	4
20 décembre 2010	-	-	6	6
24 janvier 2011	13	12	4	29
28 février 2011	-	-	12	12

Tableau 13 : Effectif et répartition des 7 lots d'anguilles radiomarquées

La localisation des points de lâcher se trouve sur la figure 26.

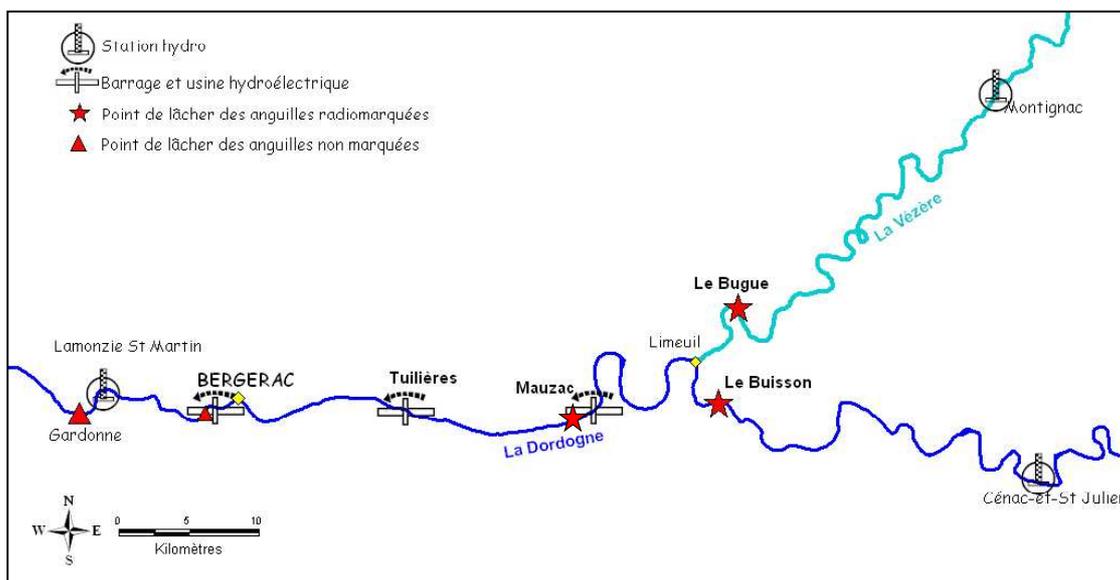


Figure 26 : Répartition des différents points de lâcher Dordogne et Vézère

Le point de lâcher au Buisson de Cadouin sur la Dordogne se situe à 21 km en amont de l'usine de Mauzac. Le point de lâcher du Bugue sur la Vézère se situe lui à 22,5 km en amont de Mauzac. Ces sites sont suffisamment éloignés du premier obstacle pour pouvoir observer un comportement « naturel » de dévalaison lors de l'arrivée au niveau de l'aménagement de Mauzac.

Pour cette campagne, un point de lâcher a été ajouté à l'aval de l'usine de Mauzac. Les anguilles y étant relâchées sont donc indemnes de tout passage par les turbines.

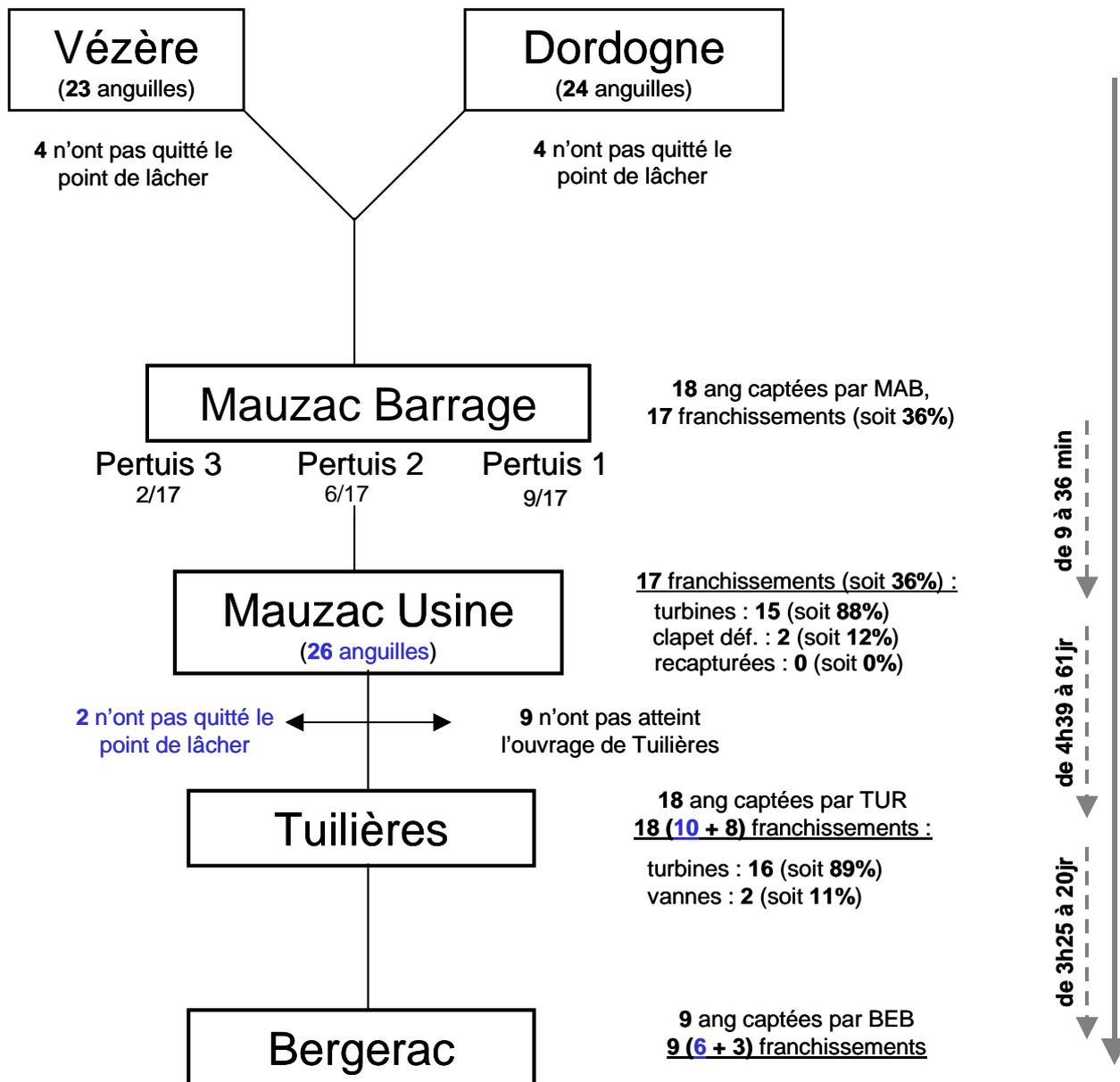


Figure 27 : Schéma bilan du devenir des 73 anguilles radiomarquées

Au 25 mai 2011, date de la fin de la période de suivi, 17 anguilles sur 47 (36%) ont franchi Mauzac alors qu'une supplémentaire, captée par les antennes, se trouvait au pont de Mauzac lors de l'arrêt de son émetteur. Sur ces 17 anguilles, 8 ont atteint et franchi Tuilières. Enfin, sur ces 8 anguilles, 3 ont atteint et franchi l'ouvrage de Bergerac.

En ce qui concerne le lot de 26 anguilles déversées à l'aval de l'usine de Mauzac, 10 ont franchi le barrage de Tuilières et 6 ont dépassé Bergerac.

Le taux de transfert entre Mauzac et Tuilières est de 18 sur 43 (8+10 sur 17+26), soit 42%. Le taux de transfert entre Tuilières et Bergerac est de 9 sur 18 (6+3 sur 10+8), soit 50%.

Sans recapturer les individus, il est difficile d'expliquer les raisons pour lesquelles 9 anguilles, après franchissement de Mauzac, ont stoppé leur migration entre les deux ouvrages (mort directe suite au franchissement de Mauzac, arrêt dû aux blessures après franchissement de Mauzac,

prédation ou le simple arrêt de migration ?). La mort suite au franchissement est avérée pour au moins 2 anguilles, dont une passée par le clapet de défeuillage situé à l'amont direct de l'usine. Il n'existe aucune fosse de réception au pied de ce clapet, et lorsque le niveau d'eau du tronçon court-circuité est bas, la réception se fait directement sur la dalle du lit de la rivière.

Enfin, il ne faut pas oublier la durée de vie limitée des émetteurs utilisés qui, une fois la batterie vidée, ne permettent plus de suivre l'individu marqué. Sur les 9 anguilles, aucune n'est arrivée jusque dans la retenue de Tuilières pour se faire capturer par nos antennes, mais les plus proches se sont arrêtées à 3 kilomètres en amont du barrage (PK -11).

Pour les 16 anguilles du lot témoin n'ayant pas atteint Tuilières, 2 n'ont pas quitté le point de lâcher. Ces anguilles n'ont pourtant pas subi de passage dans les turbines de l'usine. Pour ce lot, 2 anguilles se sont également arrêtées au PK -11, au même endroit que les anguilles ayant passé Mauzac.

Concernant les 30 anguilles restées à l'amont de l'aménagement de Mauzac, 8 n'ont pas quitté leur point de lâcher : 4 au Bugue et 4 au Buisson de Cadouin.

Pour les 22 autres qui ont entamé un mouvement de dévalaison, les raisons de leur arrêt sont également difficiles à expliquer (prédation, mauvaise récupération après le marquage chirurgical, manque de facteur déclenchant - hydrologie faible, turbidité faible, etc.). Une fois encore, la durée de vie des émetteurs n'a pas permis de suivre certaines anguilles jusqu'à la fin de l'étude. Sur ces 22 anguilles, 1 est arrivée dans la retenue du barrage de Mauzac (captée par les antennes barrage MAB1 et 2) mais ne l'a pas franchi.

7.3. Comportement et franchissement des anguilles au niveau des ouvrages étudiés

7.3.1. Mauzac

Parmi les 47 individus marqués, 18 (soit 38%) ont atteint le barrage de Mauzac. Sur ces 18 anguilles, 17 (soit 94%) ont franchi l'ouvrage. Elles ont toutes emprunté le canal d'amenée de l'usine. La majorité (15 sur 17 soit 88%) sont passées par les turbines, alors que 2 (12%) ont dévalé par le clapet de défeuillage de l'usine.

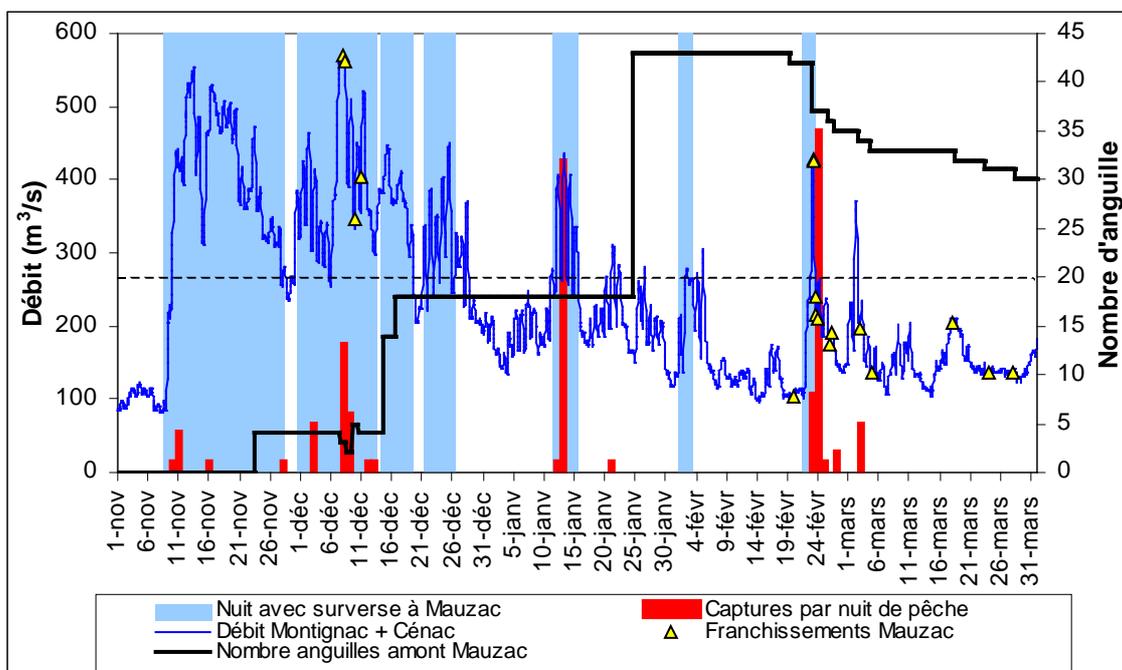


Figure 28 : Captures à la pêcherie à Mauzac et surverse au barrage de Mauzac

Le débit maximum turbiné à Mauzac est d'environ 280 m³/s. Or, pendant la totalité de la période d'étude et pendant la période d'arrêt de turbinage (du 1^{er} novembre au 31 décembre), les débits ont été respectivement 60% et 30% du temps inférieurs à cette valeur (figure 15d). Les surverses ont donc été très nombreuses avant le 31 décembre (figure 28). Mais avant cette date, très peu d'anguilles radio-marquées se trouvaient en amont de Mauzac (18 anguilles au 31 décembre).

Suite à la remise en eau du canal d'amenée après travaux, le redémarrage de l'usine s'est fait progressivement au mois de novembre (de 2 groupes en séchage au 5 novembre à 6 groupes opérationnels au 26 novembre), ce qui signifie que les débits dans le canal d'amenée de Mauzac au mois de novembre étaient bien inférieurs à 280 m³/s. Avec des conditions hydrologiques importantes et des faibles débits turbinés, il est quasi certain que les anguilles argentées ayant dévalé à cette période ont franchi le barrage par surverse, malheureusement, à défaut de marquage par radio-émetteur, il est impossible de le confirmer.

Code anguille	Date & Heure passage usine Mauzac	Voie de passage Mauzac	Débit total [m ³ /s] (Montignac+Cénac)	Débit estimé usine Mauzac [m ³ /s]	Débit surversé estimé barrage Mauzac [m ³ /s]	Ratio Débit déversé / Débit turbiné à Mauzac
48421_06	07/12/2010 21h35	turbines	570	300	270	0.9
48421_04	08/12/2010 04h40	clapet défeuillage	563	293	270	0.9
48421_11	09/12/2010 23h34	turbines	345	320	25	0.1
48421_09	10/12/2010 23h10	turbines	404	325	79	0.2
48351_12	23/02/2011 04h07	turbines	427	318	109	0.3
48351_20	23/02/2011 04h12	turbines	426	313	113	0.4

Tableau 14 : Conditions de franchissement des anguilles passées en période de surverse à Mauzac

On observe sur la figure 28 et le tableau 14 les franchissements du barrage de Mauzac par les anguilles radio-marquées pendant les périodes de surverse : 4 en décembre et 2 en février. Sur ces 6 anguilles radio-marquées, aucune n'est passée par surverse au barrage, même avec un ratio débit déversé / débit turbiné quasiment de 1 pour 2 individus. Les 6 ont emprunté le canal où se situe la pêcherie. Dans ces cas présents, l'appel d'eau du canal d'amenée semble rester prédominant par rapport à la surverse au barrage, qui s'effectue en surface par les vannes toit (les vannes Stoney ne s'ouvrent que pour des débits > 800 m³/s). Il est pour le moment impossible d'affirmer si le déversement en surface des vannes toit pourrait être attractif pour les anguilles argentées dévalantes notamment quand le ratio déversé/turbiné est supérieur à 1.

Les autres anguilles radio-marquées ayant franchi Mauzac ont dévalé pendant la deuxième partie de l'étude où les conditions hydrologiques étaient faibles. Il n'y a quasiment plus eu de déversement au barrage, les anguilles suivies ont donc toutes logiquement emprunté le canal d'amenée.

Parmi les 17 anguilles ayant dévalé dans le canal d'amenée, 15 sont passées pendant les heures effectives de pêche active (captures potentielles) et pourtant aucune n'a été recapturée par la pêcherie. Lors de la précédente étude, 2 anguilles radiomarquées sur 36 passées à Mauzac avaient été recapturées. Ces résultats montrent bien que **l'efficacité de la pêcherie reste très partielle et difficile à évaluer**, hormis peut-être avec des sessions de capture / marquage / recapture de grande ampleur. Ceci nécessiterait un stock d'anguilles à marquer considérable.

7.3.1.1. Comportements au barrage

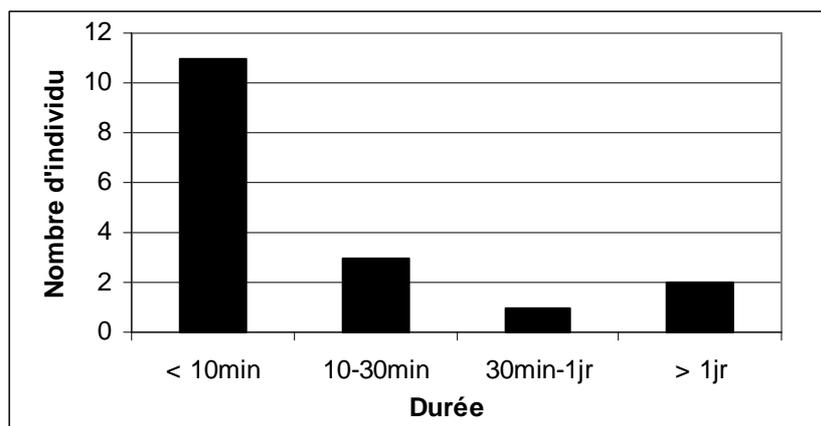


Figure 29 : Durée de présence sur site en amont du barrage de Mauzac avant franchissement

La majorité des anguilles (14/17, soit 82%) a franchi le barrage lors de la première incursion sur site. Les incursions sur site sont basées sur la zone de réception des antennes placées en amont du barrage dont la portée est d'environ 200 m. Pour 14 des 17 anguilles, la durée d'exploration de la retenue en amont du barrage est inférieure à trente minutes (figure 29) et en moyenne de 21 minutes (médiane : 07min ; 1^{er} quartile : 04min ; 3^{ème} quartile : 10min). L'anguille 48421_08 a exploré la retenue pendant 3h25 avant de s'engager dans le canal d'aménée.

Les anguilles 48351_75 et 48351_19 ont présenté un temps de blocage en amont du barrage supérieur aux autres anguilles ayant franchi Mauzac. La première est arrivée le 23 février et a franchi le barrage le 04 mars, soit 9 jr 16h après son arrivée. La seconde est arrivée le 06 février et a franchi le barrage le 23 février. Au total, 9 incursions ont été enregistrées pour cet individu pour un temps cumulé sur site de 10 jr 05h.

L'anguille 48351_16 a effectué 2 incursions entre le 28 février et le 02 mars pour une présence cumulée de 30 minutes.

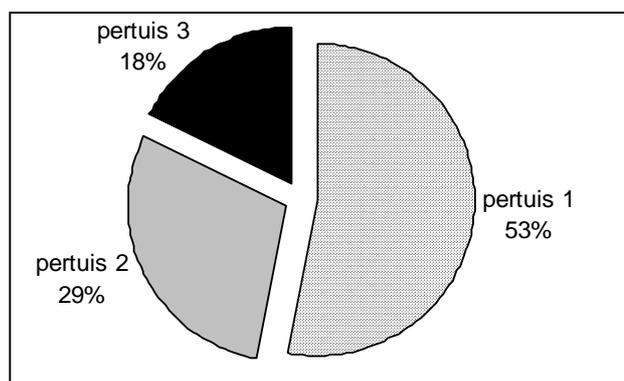


Figure 30 : Répartition des franchissements des 3 pertuis à l'entrée du canal d'aménée de Mauzac

Les 3 pertuis à l'entrée du canal d'aménée sont équipés chacun d'une antenne filaire. Comme l'an passé, les anguilles radiomarquées ont emprunté en majorité le pertuis 1 (9 sur 17 soit 53%) situé en rive gauche (figure 30). Le pertuis 3 quant à lui a été le moins emprunté avec seulement 18% des passages. Ces proportions confirment l'intérêt du remplacement de la barge en rive gauche au cours de l'étude 2009-2010.

Les vitesses dans le canal d'aménée étant relativement importantes, les passages aux pertuis se font rapidement. Malgré cela, les 17 anguilles passées dans le canal ont été détectées par les antennes filaires des pertuis.

Sur les 17 anguilles passées à Mauzac, il y a eu 9 franchissements par l'usine alors que des déversements ont été observés la nuit de franchissement. Ces 9 franchissements se décomposent en deux épisodes de dévalaison, quatre anguilles radiomarquées ont emprunté le canal d'aménée entre le 07 et le 10 décembre et 5 anguilles le 23 février.

7.3.1.2. Comportement à l'usine

Le temps de transit dans le canal d'aménée, long d'1 km environ, entre le barrage et l'usine est très homogène. La durée moyenne est de 13min (médiane : 12min ; 1^{er} quartile : 10min ; 3^{ème} quartile : 14 min - figure 31a).

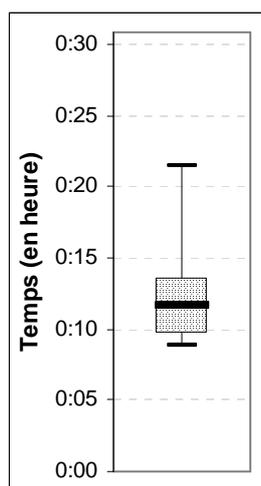


Figure 31a : Répartition des temps de transfert entre le Barrage de Mauzac et l'usine

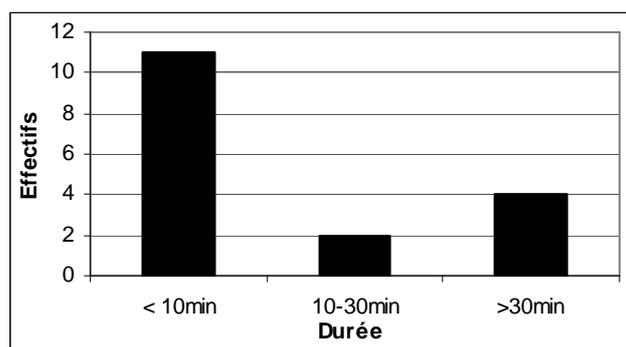


Figure 31b : Répartition des temps de présence à l'aval de l'usine de Mauzac

Le temps de séjour au pied des turbines est inférieur à 10 minutes pour la majorité des anguilles (11/17 soit 65%). Sur ces 11 anguilles, 8 (73%) ont franchi le barrage de Tuilières.

Pour les 2 anguilles restées entre 10 et 30 minutes, aucune n'est arrivée à Tuilières. Après le franchissement de l'usine, elles ont parcouru chacune 6 km et stoppé leur migration au niveau du pont de Lalinde.

Parmi les 4 anguilles restées plus de 30 minutes à l'aval de l'usine, nous trouvons :

- l'anguille 48351_01, qui est restée 1h10min dans le champ d'action des antennes à l'aval de l'usine. Elle a, par la suite, franchi Tuilières puis Bergerac.
- les anguilles 48421_75 & 08, qui sont restées respectivement 19h25min et 2h39min au pied des turbines de l'usine de Mauzac. Ces anguilles n'ont jamais été retrouvées une fois leur sortie de la zone de réception des antennes. On peut penser que ces anguilles sont probablement mortes suite au franchissement ou que des blessures ont facilité leur prédation. L'anguille 421_08 est notamment passée par le clapet de défeuillage. La réception dans une faible hauteur d'eau a pu lui être fatale.
- L'anguille 48351_75 a séjourné 1jr 13h à l'aval de l'usine avant de rejoindre le PK 3. L'anguille a été captée pendant 2 mois à cet endroit jusqu'à l'extinction de son émetteur.

7.3.1.3. Conclusions sur le franchissement de Mauzac

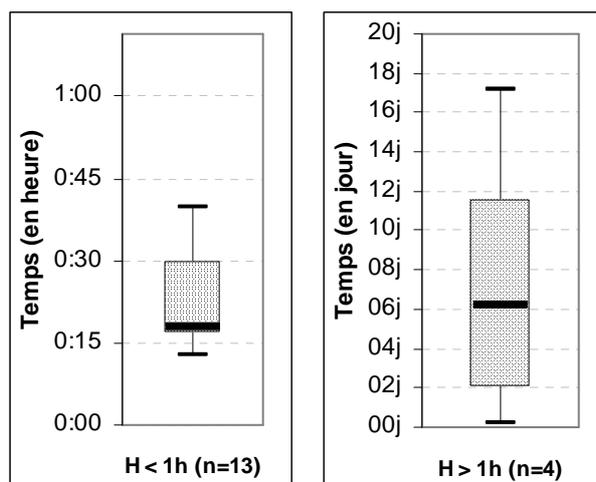


Figure 32 : Répartition des temps de franchissement de l'ouvrage de Mauzac (barrage+usine) par les anguilles radiomarquées

Aucune anguille radio-marquée n'a franchi le barrage par surverse. Le comportement vis à vis du franchissement global de Mauzac, peut être classer en deux catégories : les anguilles ayant franchi rapidement l'ouvrage (temps inférieur à 1h) et les anguilles ayant subi un blocage (temps supérieur à 1h).

Il y a 13 anguilles (76%) dont le franchissement n'a pas posé de problème. En effet, le temps moyen de franchissement de l'ouvrage (barrage + usine) est de 21min (médiane : 18min ; 1^{er} quartile : 17min ; 3^{ème} quartile : 31 min - figure 32). Une fois entrées dans la zone de réception des antennes, le franchissement de l'ouvrage en lui-même semble relativement rapide. Toutefois, les nombreux arrêts d'anguilles repérés lors des suivis manuels dans les derniers kilomètres de la retenue de Mauzac laissent supposer un effet non négligeable de cette retenue sur le retard à la migration.

La seconde catégorie regroupe 4 anguilles dont 3 correspondent aux anguilles, citées dans le paragraphe 7.3.1.1, ayant un blocage important ou ayant effectué plusieurs incursions dans la retenue (48351_75, 16 & 19). La dernière anguille (48421_08) a mis 4h pour franchir totalement l'ouvrage.

7.3.2. Tuilières

Parmi les 17 anguilles qui ont franchi Mauzac, seules 8 (47%) sont parvenues au niveau de Tuilières. En ce qui concerne le lot témoin, c'est 10 anguilles (soit 38%) sur les 26 lâchées à l'aval de Mauzac qui ont franchi Tuilières. Au total, ce sont donc 18 franchissements qui ont été enregistrés au barrage de Tuilières. Toutes les anguilles captées dans la retenue sont passées à l'aval, aucune n'a stoppé sa migration en amont direct de l'usine.

Sur les 18 franchissements, 2 (soit 11%) ont eu lieu par les vannes de crue et 16 (soit 89%) par les turbines. Le faible nombre de franchissements avant le 31 décembre s'explique par le faible nombre d'anguilles équipées de radio-émetteur dans la rivière avant cette date. En effet, 32 poissons étaient dans l'eau mais, excepté 2 franchissements enregistrés avant le 31 décembre, seulement 14 anguilles se trouvaient à l'aval de Mauzac.

Les exutoires secondaires du masque de dévalaison étant fermés, il n'était pas possible qu'une anguille emprunte cette voie de franchissement. On rappellera que les vannes de crue de Tuilières évacuent le débit par le fond, les clapets de surface qui équipent les 4 vannes rive droite ne servent que pour l'évacuation des déchets flottants ou la régulation de la cote du plan d'eau.

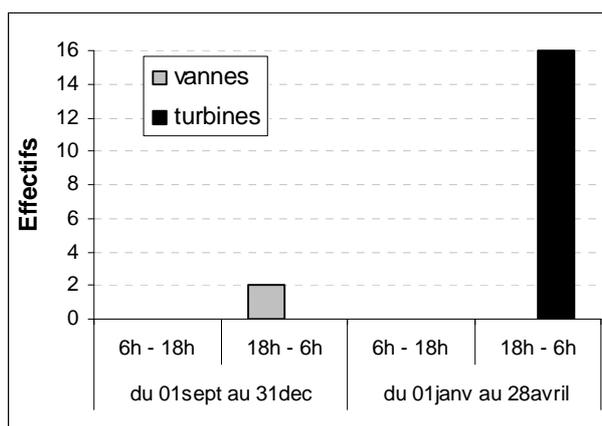


Figure 33 : Voie et horaire de franchissement de Tuilières avant et après le 31 décembre

Dans le détail, les 2 passages vannes qui se sont produits avant le 31 décembre, ont eu lieu durant les arrêts de turbinage (entre 18h et 06h). Le débit total de la Dordogne lors de ces franchissements était de 435 m³/s pour la première anguille et de 208 m³/s pour la seconde. Dans le premier cas, le débit est légèrement supérieur au débit d'équipement (420 m³/s). S'il n'y avait pas eu les arrêts de turbiné mais les 8 groupes à pleine puissance, le déversement aurait été très faible. Dans un fonctionnement de routine, l'usine n'aurait pas été à pleine puissance, mais le ratio débit turbiné/débit déversé aurait été nettement défavorable à un passage par les vannes de crue. Dans le deuxième cas, il est certain qu'il n'y aurait eu aucun déversement et que l'intégralité du débit aurait été turbinée. Le passage par les turbines était quasiment obligatoire. En conclusion, les arrêts d'usine ont très probablement été bénéfiques pour le franchissement de ces 2 anguilles.

Les 16 autres franchissements (16/18 soit 89%) se sont produits après le 31 décembre, date à partir de laquelle les turbines n'étaient plus arrêtées la nuit. Ces anguilles ont toutes franchi l'ouvrage par les turbines et dans le créneau horaire 18h-6h. Les franchissements se sont tous produits pour des débits inférieurs à 300 m³/s. L'usine fonctionnait donc sans qu'il n'y ait de vannes ouvertes, seul le clapet 1 déversait 20 m³/s à partir du 15 mars (ouverture réglementaire pour la dévalaison des smolts, Ecogea 2011). Les anguilles étaient donc contraintes de dévaler par les turbines.

En condition d'arrêts de turbinés nocturnes, la plupart de ces passages turbines auraient probablement pu être évités.

Code anguille	Date & Heure première détection Tuilières	configuration usine lors de l'arrivée *			Date & Heure franchissement Tuilières	Voie de passage Tuilières	configuration usine lors du franchissement *		
		n°vannes (m ³ /s)	n°clapets (m ³ /s)	n°groupes (m ³ /s)			n°vannes (m ³ /s)	n°clapets (m ³ /s)	n°groupes (m ³ /s)
421_02	09/12/2010 00:05	3,5,6 (381)	1,2,3 (55)	-	09/12/2010 00:05	vannes	5,6 (381)	1,2,3 (55)	-
201_01	12/12/2010 18:28	5,6 (278)	1,2,3 (55)	-	12/12/2010 18:29	vannes	5,6 (278)	1,2,3 (55)	-
421_06	11/01/2011 20:09	0	0	1,2,3,5,6,7 (232)	11/01/2011 00:00	turbines	0	0	1,2,3,5,6,7 (232)
201_04	12/01/2011 21:00	5 (18)	1,2,3 (38)	1,2,3,4,5,6,7 (276)	12/01/2011 21:10	turbines	5 (18)	1,2,3 (38)	1,2,3,4,5,6,7 (276)
421_04	06/02/2011 02:19	0	0	1,2,3,4,5,7,8 (195)	07/02/2011 00:00	turbines	0	0	1,2,3,4,5,7,8 (161)
351_01	22/02/2011 20:59	0	0	1,2,3,4,6,7,8 (236)	22/02/2011 21:38	turbines	0	0	1,2,3,4,6,7,8 (236)
351_19	23/02/2011 18:58	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (280)	23/02/2011 19:10	turbines	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (287)
351_20	23/02/2011 19:27	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (286)	23/02/2011 19:33	turbines	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (287)
201_13	25/02/2011 23:03	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (233)	25/02/2011 23:21	turbines	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (233)
351_24	26/02/2011 21:34	0	0	1,2,3,4,6,7,8 (198)	26/02/2011 22:46	turbines	0	0	1,2,3,4,6,7,8 (198)
201_15	02/03/2011 03:52	0	0	1,2,3,4,6,7,8 (195)	02/03/2011 04:16	turbines	0	0	1,2,3,4,6,7,8 (196)
201_16	02/03/2011 21:15	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (266)	02/03/2011 21:29	turbines	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (266)
351_02	02/03/2011 21:17	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (266)	02/03/2011 21:29	turbines	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (226)
201_17	03/03/2011 20:02	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (230)	03/03/2011 20:21	turbines	0	0	1,2,3,4,5,6,7,8 (221)
421_14	20/03/2011 02:18	0	1 (22)	2,3,4,6,7,8 (173)	20/03/2011 00:00	turbines	0	1 (22)	2,3,4,6,7,8 (183)
201_19	25/03/2011 00:21	0	1 (21)	1,2,3,4,5 (115)	25/03/2011 02:01	turbines	0	1 (22)	1,2,3,4,5 (125)
201_20	15/03/2011 07:47	0	0	3,4,7,8 (134)	28/03/2011 03:13	turbines	0	1 (22)	3,4,7,8 (103)
201_26	27/04/2011 04:05	0	1 (21)	6,8 (66)	28/04/2011 03:51	turbines	0	1 (21)	6,8 (73)

Tableau 15 : Détails des différentes configurations d'usine lors du franchissement de Tuilières

par les anguilles radiomarquées

Lorsque l'on s'intéresse aux configurations d'usine lors des franchissements d'anguilles, on retrouve bien les 2 anguilles passées vannes avant le 31 décembre 2010 avec l'usine arrêtée (anguilles 48421_02 et 48201_01). Pour ces 2 anguilles, ce sont toujours les vannes 5 et 6 qui sont ouvertes, avec des débits évacués compris entre 278 et 381 m³/s. L'ordre de priorité d'ouverture est toujours la vanne 5 puis la vanne 6. Le barrage peut évacuer jusqu'à 400 m³/s avant qu'une troisième vanne ne s'ouvre. Les clapets de surface 1 à 3 étaient également ouverts en même temps.

On peut classer les 16 anguilles restantes en 2 catégories :

- 11 anguilles ont franchi Tuilières sans déversement, c'est à dire que 100% du débit entrant était turbiné,
- 5 anguilles ont franchi l'usine par les turbines malgré des déversements par les clapets de surverse 1 à 3 compris entre 21 et 38 m³/s, alors que l'usine fonctionnait avec 2 à 6 groupes en marche (de 73 à 276 m³/s turbinés).

Sur l'ensemble de l'étude, 9 configurations d'usine différentes ont été observées lors des franchissements, allant de 2 à 8 groupes en fonctionnement pour des débits turbinés de 73 m³/s à 287 m³/s).

Lors de cette campagne, aucun cas de franchissement avec des déversements par les vannes de crue et du turbinage simultané n'a été rencontré.

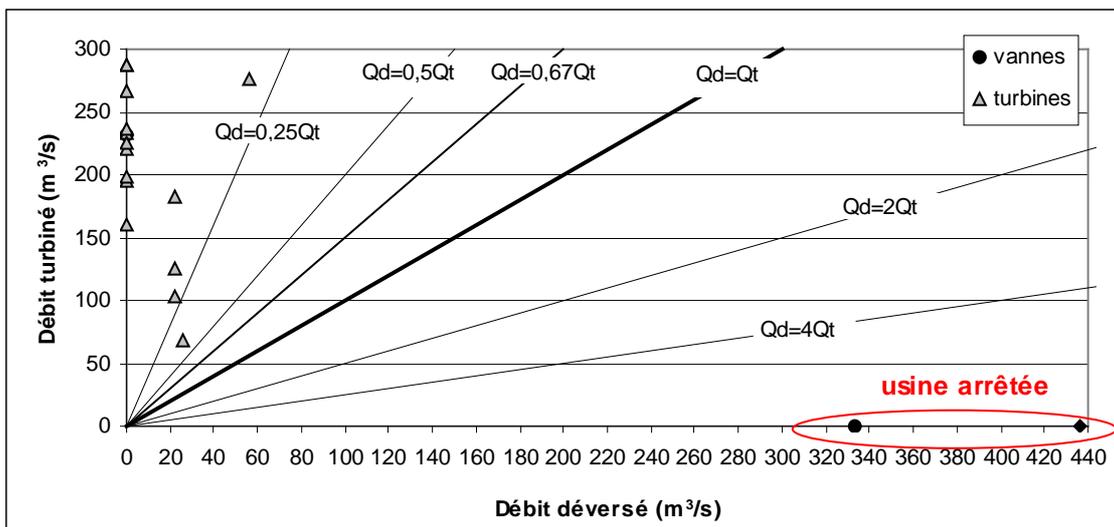


Figure 34 : Voies de franchissement suivant le fonctionnement de l'ouvrage de Tuilières

Si l'on s'en tient aux données fournies par l'enregistreur de Tuilières (pour rappel, valeurs à prendre avec précautions), les voies de passage semblent liées aux conditions hydrologiques et au fonctionnement de l'ouvrage.

En l'absence de tout déversement, (Qd=0), 11 anguilles sont passées à l'aval par les turbines (150m³/s < Qt < 300m³/s). Il y a également 4 anguilles passées turbines avec un débit déversé d'environ 20 m³/s. Ce déversement correspond à l'ouverture réglementaire du clapet 1 réservé à la dévalaison des smolts (juvéniles de saumon) entre le 15 mars et le 15 juin [article 18 du renouvellement de concession par arrêté préfectoral du 15 avril 2002]. Ces 20 m³/s n'interviennent pas dans la régulation de l'usine. L'influence du clapet sur l'attrait des poissons est essentiellement en surface et n'attire pas les anguilles qui dévalent plutôt dans la partie inférieure de la colonne d'eau. Une anguille a franchi l'ouvrage par les turbines avec un débit déversé de 56 m³/s. Ici, la vanne 5 était en cours de fermeture, et l'ouverture des clapets 1 à 3 est intervenue temporairement pour réguler la cote du plan d'eau le temps de la fermeture de vanne.

Les 2 dernières anguilles sont passées par les vannes pendant les arrêts d'usine (Qt=0). Cette année, aucun franchissement n'est survenu avec un fonctionnement mixte de l'usine, c'est à dire avec

l'usine en fonctionnement et des déversements au barrage. Seules des données avec $Q_{tot}=Q_t$ ou $Q_{tot}=Q_d$ sont disponibles.

Barrage

Les 2 anguilles passées barrage ont effectué une seule incursion sur site avant leur franchissement. Leur franchissement est extrêmement rapide puisque l'anguille 48421_02 a été captée 4 minutes par nos antennes dans la retenue du barrage. L'anguille 48201_01 a été captée seulement 1 minute.

Une fois le franchissement effectué, leur temps de présence à l'aval de l'ouvrage est respectivement de 7min et de 5min. Les anguilles quittent donc le site rapidement pour poursuivre leur migration. Aucune prospection n'est effectuée en aval du barrage, mais cette année une antenne et une station d'enregistrement ont été installées au niveau de l'ouvrage de Bergerac. Ces anguilles ont toutes les 2 été captées par cette installation 3h47 et 3h45 après avoir franchi Tuilières. Le seuil de Bergerac étant le dernier obstacle avant l'estuaire, on peut penser que ces anguilles ont rejoint l'océan.

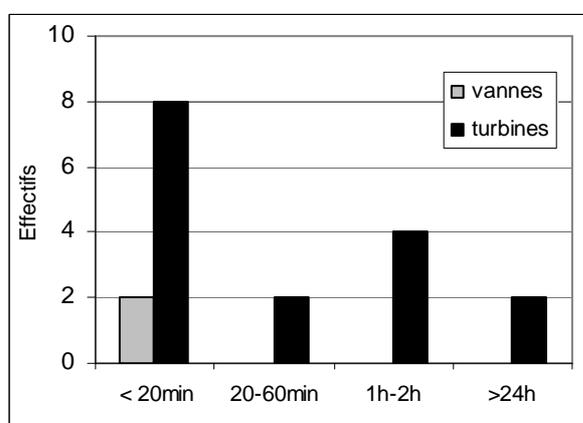


Figure 35 : Durée de la dernière incursion avant franchissement de Tuilières en fonction des voies de passage

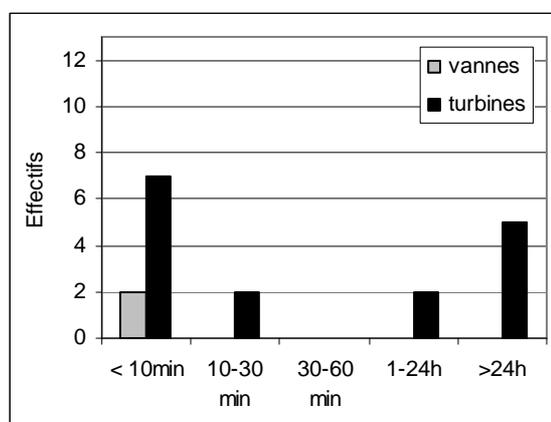


Figure 36 : Répartition des temps de présence à l'aval de l'usine de Tuilières

Turbines

Pour cette partie, nous traiterons à part l'anguille 48201_20 car elle a eu un comportement particulier et non représentatif des autres individus enregistrés.

La quasi totalité des anguilles passées par les turbines a effectué une seule incursion sur site avant de franchir l'ouvrage. Seules les anguilles 48201_26 et 48201_20 ont effectué respectivement 3 et 5 incursions. 10 anguilles sur 16, soit 62%, ont mis moins d'une heure à franchir l'ouvrage de Tuilières (figure 35). Pour ces 10 anguilles, la médiane est de 13min, le 1^{er} quartile de 10min et le 3^{ème} quartile de 18min. L'anguille 48421_20 a été enregistrée pendant 24h59min avant de finalement passer à l'aval.

Le comportement de l'anguille 48121_21 est différent car elle est restée 12jr20h dans la retenue. Pour rappel, lors de la précédente étude, une anguille était restée 69jr17h dans la retenue. Arrivée le 15 mars à 07h47, elle a franchi Tuilières le 28 mars à 03h13. Elle a été enregistrée en permanence pendant toute cette période par les différentes antennes situées à l'amont du barrage. Elle a exploré à plusieurs reprises les différentes zones de réception, passant de la retenue générale à la chambre d'eau ou allant au droit immédiat des vannes sans jamais franchir l'ouvrage.

Concernant le devenir immédiat des 16 anguilles « passées turbine », 9 (soit 56%) ont été détectées moins de 30min à l'aval de l'usine. Le temps moyen est de 9 min (médiane : 7 min ; 1^{er} quartile : 6min ; 3^{ème} quartile : 8min), valeur semblable aux anguilles passées barrage. Sur ces 9 anguilles, 5 ont été enregistrées sur le site de Bergerac. Les anguilles 48351_01 et 48201_16 sont

restées respectivement 5h18min et 3h37min dans la zone de réception de l'antenne « turbines ». Seule la première a été captée au niveau de l'ouvrage de Bergerac. Pour les 5 anguilles ayant séjourné plus de 24h à l'aval de l'usine de Tuilières, une n'est jamais sortie de la zone de réception des antennes. L'anguille 48201_26 a franchi le barrage le 28 avril et se trouvait encore au pied des turbines le 23 mai, au moment de l'arrêt de son émetteur. Les 4 autres anguilles sont restées entre 1 et 8 jours à l'aval de l'usine, parmi elles, une seule (48201_15) a rejoint Bergerac. Elle est restée 42h dans la zone de réception des antennes, mais a mis plus de 13 jours pour arriver à Bergerac

Données complémentaires

Au droit de l'ouvrage de Tuilières, les anguilles ont la possibilité de dévaler par les turbines ou le barrage en fonction de la configuration de l'usine. Mais chaque année, un très faible nombre d'anguille réussit à dévaler par la passe à poisson (com. pers. MIGADO) située en rive droite dans la chambre d'eau. Ces passages sont observés et enregistrés grâce à la station de contrôle des poissons migrateurs installée au niveau de cette passe à poisson.

Poisson	Date	Heure
Anguille 1	8 janvier 2011	04h17
Anguille 2	28 février 2011	23h21
Anguille 3	10 avril 2011	05h15
Anguille 4	24 avril 2011	01h17
Anguille 5	24 juillet 2011	23h20

Aucune anguille radio-marquée n'est passée par la passe à poisson. Malgré cela, 2 anguilles ont emprunté cette voie de franchissement pendant la période d'étude (8/01 et 28/02). Ces deux dates ne correspondent pas à des franchissements à Tuilières et à Mauzac ou encore à des captures à la pêcherie. Cependant, 5 franchissements ont été enregistrés à Tuilières entre le 22 et le 26 février après un léger coup d'eau. Ceci est une preuve que les anguilles du stock dévalant se déplacent et dévalent en même temps que les anguilles radio-marquées suivies.

7.3.2.1. Conclusions sur les franchissements de Tuilières

Sur les 18 passages en aval de Tuilières, 2 (soit 11%) se sont produits par les vannes de crue et 16 (soit 89%) par les turbines. 16 anguilles sur 18 (89%) ont dévalé après une unique incursion, 1 (5,5%) après 3 incursions et 1 (5,5%) après 5 incursions avec des replis de 4h25min et 32h40min.

Il est difficile de comparer les vitesses de franchissement entre les anguilles passées turbines et barrage en raison du faible nombre de poissons passés par les vannes de crue. On voit que les franchissements des anguilles passées par les vannes sont très rapides : quelques minutes seulement. Mais ces franchissements sont intervenus pour des débits conséquents (> 300 m³/s). Les temps de franchissement pour les anguilles passées turbines sont beaucoup plus disparates. 62 % ont mis moins de 30 minutes pour passer à l'aval, mais les anguilles restantes ont mis jusqu'à 25h avant de franchir l'ouvrage. Les franchissements les moins rapides correspondent aux périodes de débits faibles.

En raison des faibles conditions hydrologiques rencontrées au cours de cette étude, il est impossible de voir l'influence du fonctionnement de l'usine sur le choix des voies de franchissement. Tous les passages de Tuilières ont eu lieu avec 100% du débit turbiné ou 100% du débit déversé.

7.4. Synthèse sur le franchissement des 2 ouvrages hydroélectriques

7.4.1. Taux de franchissement et voies de passage

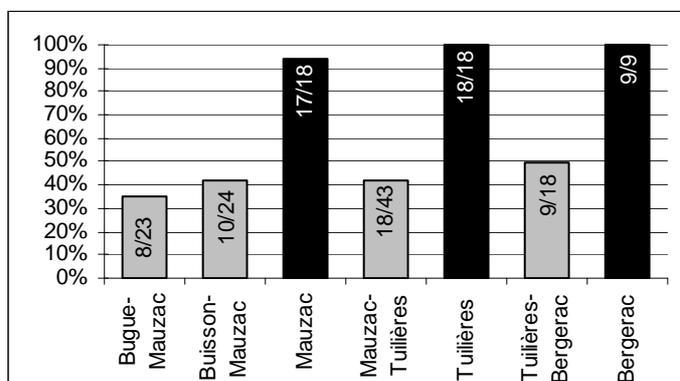


Figure 37 : Pourcentage de transfert entre les points de lâcher et les différents ouvrages

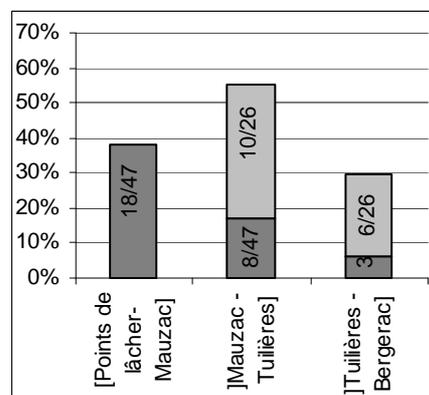


Figure 38 : Taux de franchissement des 3 ouvrages cumulés

Le taux de transfert de l'ouvrage de Mauzac est de 94% (figure 37), ce qui signifie que sur les 18 poissons s'étant présentés à l'amont immédiat de l'ouvrage, 17 sont passés à l'aval. En ce qui concerne Tuilières et Bergerac, le taux de transfert est de 100% puisque tous les poissons s'étant présentés à chaque ouvrage, l'ont franchi.

Attention, ce taux de transfert n'est pas un taux de survie, il ne prend pas en compte la mortalité engendrée par les turbines, mais simplement le fait d'être passé à l'aval d'un ouvrage donné.

Pour cette campagne, les taux de transfert des anguilles issues de l'axe Vézère et de l'axe Dordogne ne sont vraiment pas élevés. Pour les deux axes, il n'atteint pas 50%, 35% pour l'axe Vézère et 42% pour l'axe Dordogne. A titre de comparaison, lors de la campagne 2009-2010, le taux de transfert sur la Dordogne atteignait 64% et 84% sur la Vézère pour un nombre d'anguilles lâchées semblable.

Entre les 2 ouvrages étudiés, le taux de transfert est de 42%, avec 18 anguilles présentées à Tuilières sur les 43 anguilles présentes à l'aval de Mauzac (17 franchissements + 26 anguilles du lot témoin). Il n'y a aucune certitude sur les 58% n'ayant pas atteint Tuilières (mortalité, prédation ou simple arrêt de migration, arrêt émetteur ?).

Pour les lots lâchés à l'amont de Mauzac, les pertes enregistrées entre les points de lâcher et Tuilières atteignent 83% (figure 38). Si l'on ajoute les pertes entre Tuilières et Bergerac, on atteint 93%. Autrement dit, le taux d'échappement global des 3 ouvrages est de 7%. Pour le lot témoin, le taux d'échappement est de 38% au niveau de Tuilières et de 23% sur les 2 ouvrages aval du secteur d'étude.

Voies	Mauzac	Tuilières
Turbines	17* (100%)	16 (89%)
Barrage	0 (0%)	2 (11%)
Total	17	18

* 17 anguilles ont empruntées le canal d'aménée, 15 (88%) sont passées par les turbines et 2 (12%) par le clapet de défeuillage

Tableau 16 : Résumé des voies de franchissement des deux ouvrages étudiés

Les voies de franchissements empruntées par les anguilles diffèrent selon la configuration des sites :

- A Mauzac, en l'absence de déversement très significatif au barrage ($Q_{tot} > 800 \text{ m}^3/\text{s}$ pour que les vannes Stoney commencent à s'ouvrir), les anguilles empruntent le canal d'aménée et sont condamnées à dévaler par les turbines ou éventuellement par le clapet de défeuillage. Dans un cas ou dans l'autre, la survie de l'anguille n'est pas certaine. Lorsque le débit total est supérieur à la capacité de l'usine, le débit excédentaire non turbiné est en priorité évacué par les vannes toit très larges dont le principe de fonctionnement n'offre qu'une faible lame d'eau en surverse, ce qui les rend potentiellement peu attractives pour des poissons se déplaçant plutôt près du fond comme les anguilles. Les vannes Stoney ne sont, elles, utilisées qu'à partir de $800 \text{ m}^3/\text{s}$ afin de désaturer les vannes toit. Par conséquent, lors du suivi de cette année à faible hydrologie, 100% des anguilles ont emprunté le canal d'aménée à l'usine (15 anguilles sont passées turbines et 2 par le clapet de défeuillage),
- La configuration de Tuilières est différente. Le barrage et l'usine sont au fil de l'eau, sans canal d'aménée. Ainsi, une anguille se présentant à l'ouvrage peut explorer le site et « choisir » parmi les différentes voies disponibles (turbines ou vannes de crue en l'occurrence). Les 2 passages barrage à Tuilières se sont produits pendant les arrêts des turbines. A partir du 1^{er} janvier, en raison de la faible hydrologie de la Dordogne, il n'y a plus eu de situation de déversement au barrage en plus du fonctionnement de l'usine et toutes les anguilles sont passées par les turbines.
- A Bergerac, le site est constitué d'une digue en enrochement de 165m de long avec crête déversante. En condition hydrologique normale, la tendance serait au passage systématique par le barrage, mais en cas de faibles eaux, il est possible que les anguilles empruntent les turbines. L'installation radio-téléométrique de Bergerac ne permet pas de distinguer la voie de franchissement choisie, mais seulement de valider le passage au niveau de l'ouvrage.

7.4.2. Temps de transfert entre les ouvrages

Le temps de transfert entre les deux ouvrages a été calculé entre l'heure de passage à l'usine de Mauzac et l'heure de la première détection de l'antenne amont retenue de Tuilières. Les temps de transfert des 18 anguilles arrivées à Tuilières ont été étudiés.

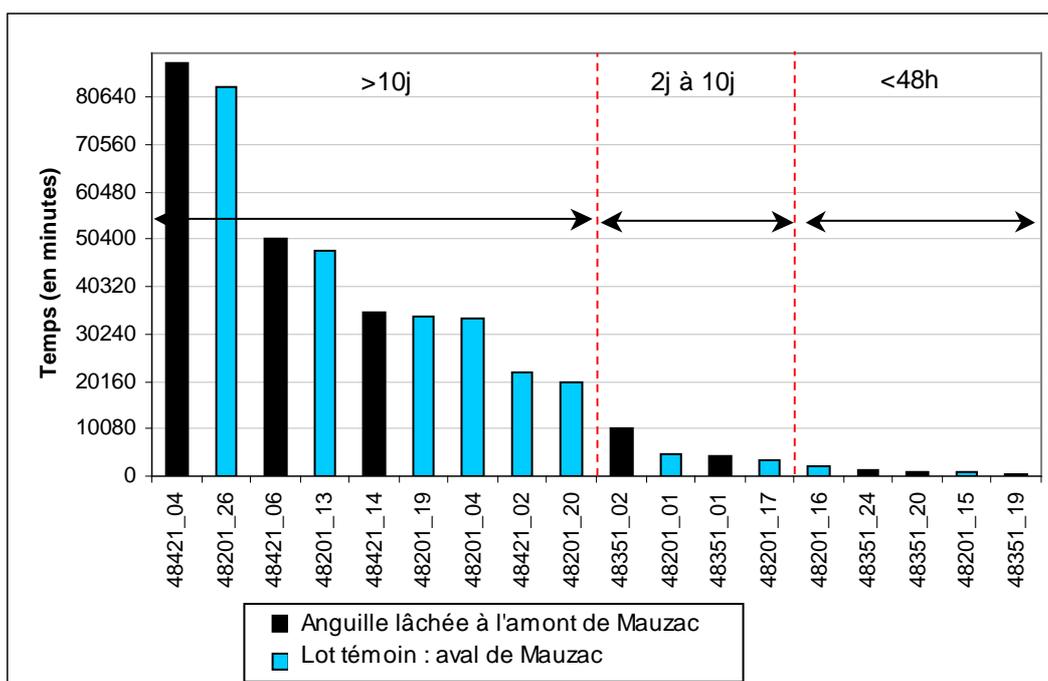


Figure 39 : Répartition des temps de transfert entre l'usine de Mauzac et Tuilières

Ces temps de transfert ont été divisés en trois classes afin de faciliter les interprétations.

Transfert inférieur à 48h :

Il y a 5 anguilles marquées sur 18 (soit 28%) qui ont effectué la distance entre les deux ouvrages en moins de 48h, dont 3 (soit 17%) en moins de 24h.

Code anguille	Date & Heure usine Mauzac	Date & Heure première détection Tuilières	Voie de passage Tuilières	Temps de transfert
48201_16	01/03/2011 13:11	02/03/2011 21:15	turbines	01j 08h14
48351_24	25/02/2011 20:53	26/02/2011 21:34	turbines	01j 00h41
48351_20	23/02/2011 04:12	23/02/2011 19:27	turbines	15h15
48201_15	01/03/2011 13:00	02/03/2011 03:52	turbines	14h51
48351_19	23/02/2011 14:19	23/02/2011 18:58	turbines	04h39

= Lot témoin

Tableau 17 : Détails du transfert entre Mauzac et Tuilières pour les anguilles radiomarquées ayant mis moins de 48h entre les 2 ouvrages

Au sein de cette classe, l'anguille 48351_19 a effectué un transfert extrêmement rapide, inférieur à 5h, correspondant à une vitesse de dévalaison de 3,2 km/h. Puis 2 individus ont transité en un temps relativement court, 15h environ. Les 2 dernières anguilles ont rejoint Tuilières en plus de 24 heures (Tableau 17). Ces 5 anguilles sont arrivées et sont passées toutes après 18h, mais après le 31 décembre, date à laquelle les arrêts nocturnes des turbines n'étaient plus effectués. Les débits n'ayant pas dépassé le débit d'équipement de l'usine, les anguilles sont par conséquent passées par les turbines.

Parmi ces 5 anguilles, 2 individus appartiennent au lot témoin (lâchés à l'aval de l'usine de Mauzac) et les 3 autres individus sont passés par les turbines à Mauzac.

Il est intéressant de constater que **ces transferts rapides ont tous eu lieu lors d'un pic de débit**. En effet, entre le 22 et le 23 février, les débits enregistrés à Tuilières sont passés de 130 m³/s à 350 m³/s. Et entre le 01 et le 02 mars, les débits ont augmenté de 170 m³/s à 315 m³/s. Les anguilles ont clairement profité de ces augmentations de débits pour dévaler rapidement.

Transfert compris entre 2jr et 10jr :

4 anguilles sur 18 (soit 22%) ont réalisé un transfert compris entre 48h et 10jr.

Code anguille	Date & Heure passage usine Mauzac	Date & Heure première détection Tuilières	Voie de passage Tuilières	Temps de transfert
48351_02	23/02/2011 17:37	02/03/2011 21:17	turbines	07j 03h40
48201_01	09/12/2010 15:15	12/12/2010 18:28	vannes	03j 03h12
48351_01	19/02/2011 20:39	22/02/2011 20:59	turbines	03j 00h20
48201_17	01/03/2011 13:00	03/03/2011 20:02	turbines	02j 07h01

= Lot témoin

Tableau 18 : Détails du transfert entre Mauzac et Tuilières pour les anguilles radiomarquées ayant mis 48h à 10 jours entre les 2 ouvrages

Pour cette deuxième classe, les durées sont comprises entre 02j 07h01min et 07j 03h40min. L'anguille 48201_01 n'a pas été cherchée en suivi manuel entre le 09 et le 12 décembre, mais les 3 autres anguilles ont effectué un arrêt de migration au même endroit, dans une zone située entre les points kilométriques -10 et -12, au niveau de la confluence avec le ruisseau du *Couzeau*. Ces 4 anguilles sont également toutes passées à Tuilières après 18h. L'anguille 48201_01 a franchi Tuilières par les vannes de crue avant le 31 décembre.

Parmi ces 4 anguilles, on retrouve 2 individus du lot témoin (lâchés à l'aval de l'usine de Mauzac) et 2 individus passés turbine à Mauzac.

On notera ici aussi que **les franchissements à Tuilières se sont déroulés sur des périodes de montée des eaux**. Comme dans la classe précédente, les périodes du 22 février et du 02 mars correspondent à une augmentation de l'hydrologie de la Dordogne, tout comme le 12 décembre où les débits sont passés de 330 m³/s à plus de 510 m³/s.

Transfert supérieur à 10jr :

Les 9 anguilles restantes (soit 50%) appartiennent à la troisième classe, c'est à dire les individus ayant mis plus de 10jours pour atteindre Tuilières.

Code anguille	Date & Heure passage usine Mauzac	Date & Heure première détection Tuilières	Voie de passage Tuilières	Temps de transfert
48421_04	08/12/2010 04:40	06/02/2011 02:19	turbines	60j 22h38
48201_26	01/03/2011 12:00	27/04/2011 04:05	turbines	57j 15h04
48421_06	07/12/2010 21:35	11/01/2011 20:09	turbines	34j 22h30
48201_13	24/01/2011 17:00	25/02/2011 23:03	turbines	33j 06h02
48421_14	23/02/2011 21:46	20/03/2011 02:18	turbines	24j 04h32
48201_19	01/03/2011 12:00	25/03/2011 00:21	turbines	23j 11h20
48201_04	20/12/2010 11:50	12/01/2011 21:00	turbines	23j 09h09
48421_02	23/11/2010 14:00	09/12/2010 00:05	vannes	15j 10h30
48201_20	01/03/2011 12:00	15/03/2011 07:47	turbines	13j 18h46

= Lot témoin

Tableau 19 : Détails du transfert entre Mauzac et Tuilières pour les anguilles radiomarquées ayant mis plus de 10 jours entre les 2 ouvrages

Dans cette dernière classe, les données sont très étalées, comprises entre 13j 18h46min et 60j 22h38min. L'anguille 48421_02 est la seule parmi ces 9 anguilles à avoir franchi Tuilières avant le 31 décembre, c'est donc la seule à avoir pu passer par les vannes de crue au niveau du barrage. Ces 9 anguilles ont été suivies et pointées quotidiennement pendant toute leur période de transfert. Comme pour les deux autres catégories, ces anguilles se sont toutes arrêtées dans la même zone, comprise entre le pk -9 et le pk -12. Le comportement le plus remarquable concerne l'anguille 48421_04 qui est l'une des 2 anguilles passées clapet de défeuillage à l'usine de Mauzac. Après son évitement des turbines, on aurait pu s'attendre à un transfert rapide, mais cette anguille a le temps de transfert le

plus long de toute l'étude (environ 61 jours). L'anguille avait été retrouvée quelques heures après son passage à Mauzac au pk -12, ce qui était de bonne augure pour atteindre Tuilières rapidement. Cet individu est resté 56 jours à cet endroit avant de reprendre sa migration vers Tuilières. Son arrêt entre les 2 ouvrages représente donc 92% de son temps de transfert.

Il est également intéressant de constater qu'au sein de cette classe, **la très grande majorité (6/9 soit 67%) appartient au lot témoin** (lâchés à l'aval de l'usine de Mauzac), donc n'ayant subi aucun dommage mécanique avant d'atteindre Tuilières.

7.4.3. Horaires de franchissement

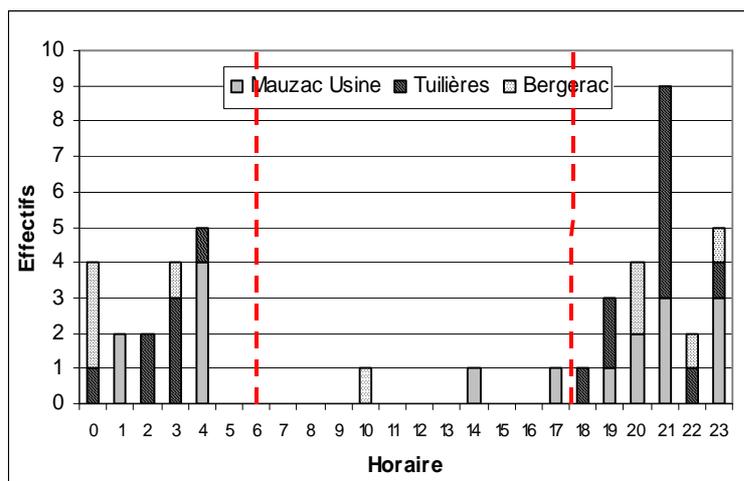


Figure 40 : Horaires de franchissement des ouvrages de Mauzac, Tuilières et Bergerac

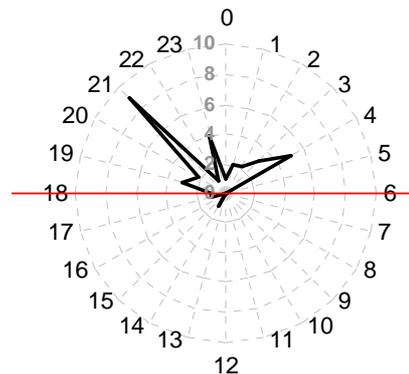


Figure 41 : Horaires de franchissement individuel

Il apparaît nettement sur les figures 40 et 41 que les franchissements d'ouvrages se déroulent la nuit (période 18h-6h correspondant aux arrêts de turbiné à Tuilières). L'anguille 48201_15 a franchi le barrage de Bergerac le 15 mars à 10h47. Cependant, nous n'avons pas d'information sur ses derniers mouvements, puisque son passage à Tuilières date du 02 mars et qu'elle n'a pas été retrouvée avant son enregistrement sur la station de Bergerac. L'anguille 48351_02, ayant franchi Mauzac le 23 février à 17h23, se trouvait quelques heures auparavant 4 kilomètres en amont du barrage. Enfin, l'anguille 48351_19, qui a franchi Mauzac à 14h20, a stagné quinze jours à quelques centaines de mètres en amont du barrage. Elle était régulièrement captée par les antennes MAB1 et MAB2, mais il est impossible de définir si elle était en mouvement (prospection de la retenue) ou immobile avant le déclenchement de la dévalaison.

En résumé, sur le nombre de franchissements total (17+18+9), **93% (soit 41 passages) sont nocturnes et 7% (3 passages) diurnes.**

7.5. **Influence des paramètres environnementaux sur la dévalaison (captures par la pêcherie et anguilles radio-marquées)**

Outre les débits, la campagne 2009-2010 a permis de montrer que la turbidité était la variable qui présentait les meilleures relations avec les mouvements d'anguilles du bassin parmi les différents paramètres environnementaux suivis (pour rappel : O₂, pH, T°C, Cdv, luminosité, turbidité). Les captures de la pêcherie, les franchissements d'ouvrages et les déplacements des anguilles radio-marquées ont donc été appréhendés en fonction de la turbidité et des débits enregistrés.

7.5.1. Turbidité

7.5.1.1. Relations entre la turbidité et les mouvements d'anguilles

La turbidité correspond à une teneur en matières fines ou colorantes en suspension. Elle rend compte de l'opacité de l'eau et lorsqu'elle est importante, elle limite la pénétration des rayons lumineux dans l'eau.

Les données fournies par EDF-DTG concernant la turbidité sont disponibles du 1^{er} novembre 2010 au 30 avril 2011. Les stations suivies sont Terrasson sur la Vézère, Lanzac sur la Dordogne en amont de la confluence avec la Vézère et enfin Mauzac sur la Dordogne. Malheureusement, cette année l'acquisition de données à Lanzac a, à nouveau, été difficile en raison de la localisation de la station. De ce fait, les données de Lanzac ne seront pas utilisées ici et nous nous baserons essentiellement sur les données collectées aux stations de Mauzac et de Terrasson.

Turbidité et captures par la pêche

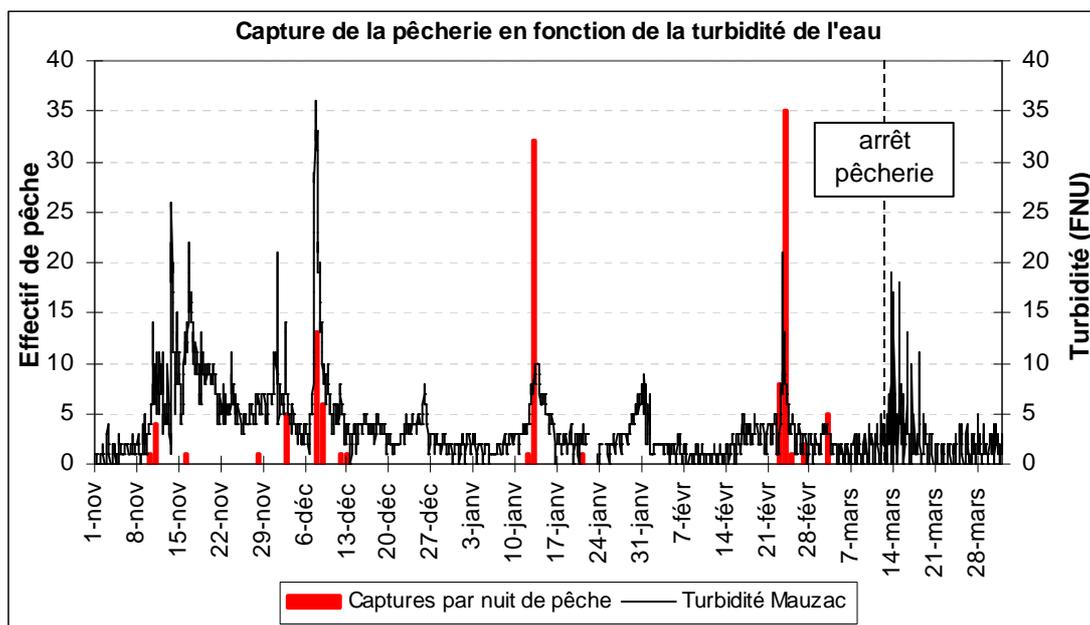


Figure 42 : Relation entre la turbidité mesurée à Mauzac et les captures d'anguilles par la pêche

Les captures d'anguilles ont lieu sur des épisodes de hausses de turbidité (figure 42); mais l'inverse n'est pas forcément vérifié : on observe des hausses de turbidité sans captures d'anguilles. Rappelons que des nuits sans capture ne correspondent pas forcément à des nuits sans dévalaison car on ne connaît pas précisément l'efficacité de la pêche mais on est sûrs qu'elle n'est pas totale (au moins pour les anguilles radiomarquées).

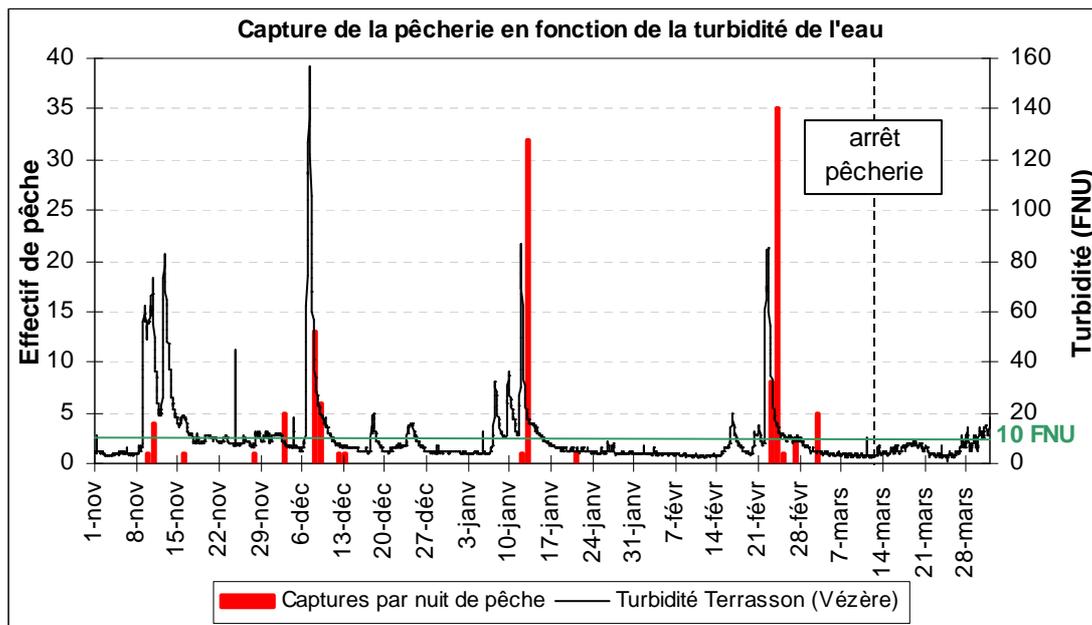


Figure 42b : Relation entre la turbidité mesurée à Terrasson et les captures d'anguilles par la pêcherie

Les captures à la pêcherie se produisent très majoritairement lors des pics de turbidité observés sur la Vézère à Terrasson (figure 42b). L'intensité des pics enregistrés sur la Vézère est beaucoup plus forte que les données enregistrées à Mauzac, on atteint même 160 FNU lors du pic de 07 décembre alors que sur la Dordogne, les valeurs ne dépassaient pas 35 FNU. Seuls quelques rares pics ne correspondent pas à des nuits de capture, mais en général toutes les nuits avec plus de deux captures d'anguilles se rapportent à un seuil supérieur à 10 FNU à Terrasson.

Malgré une hausse importante de la turbidité au mois de novembre, très peu d'anguilles ont été capturées. Comme expliqué au paragraphe 7.3.1., ceci est la conséquence du redémarrage progressif de l'usine de Mauzac, ne permettant pas une pêche optimale jusqu'à la fin du mois de novembre. Si la pêcherie avait continué quelques jours de plus au mois de mars, il aurait été intéressant d'observer si la hausse de turbidité survenue à partir du 14 mars (bien marquée à Mauzac, moins à Terrasson) avait stimulé un nouveau pic de dévalaison sur le bassin.

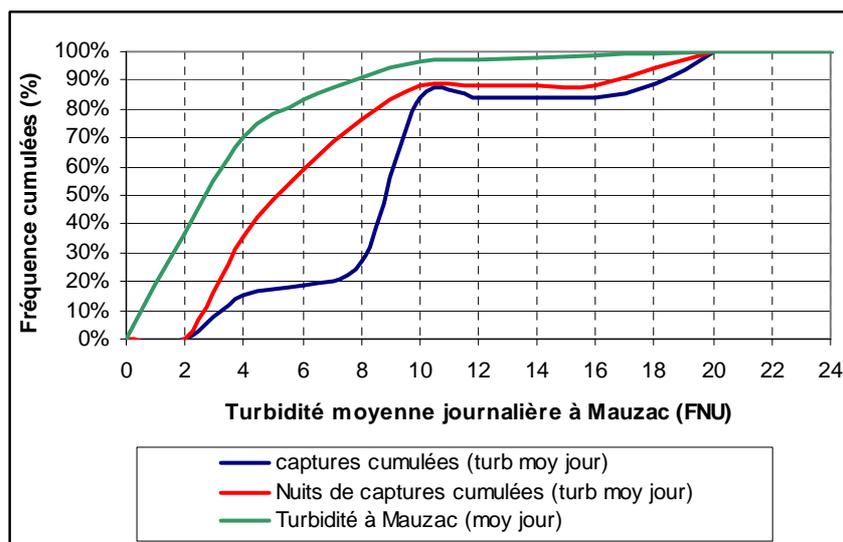


Figure 43a : Turbidité moyenne journalière à Mauzac pendant période de pêche, turbidité des captures cumulées et des nuits de captures cumulées

Si l'on observe la turbidité moyenne journalière à Mauzac en fonction des captures, on remarque que 80% de celles-ci se produisent pour des valeurs de turbidité supérieures à 7 FNU (figure 43a).

Cette valeur n'est pas dépassée pendant 80% du temps sur la période d'étude. On remarque également que 70% des nuits avec captures (permet de s'affranchir de l'effet important du nombre d'individus capturés certaines nuits de pêche) se produisent pour une turbidité supérieure à 3,5 FNU (figure 43a). Cette valeur n'est pas dépassée pendant 65% du temps sur la période d'étude.

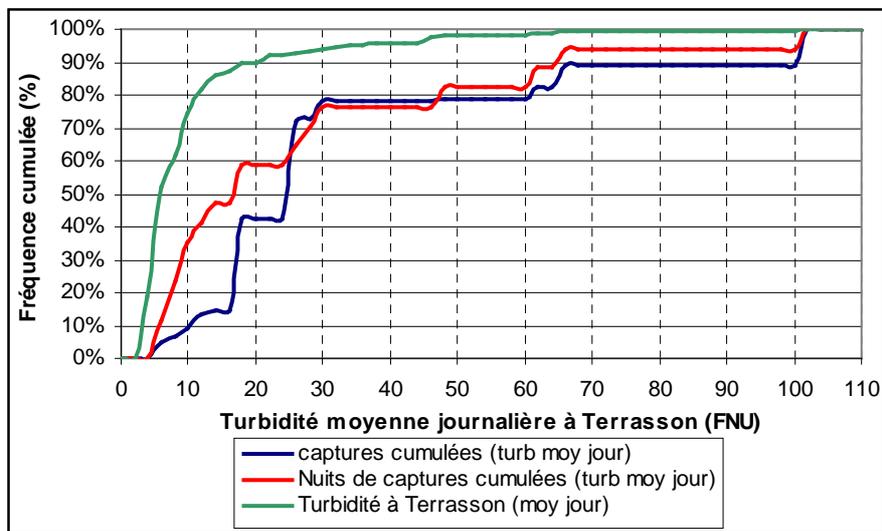


Figure 43b : Turbidité moyenne journalière à Terrasson pendant période de pêche, turbidité des captures cumulées et des nuits de captures cumulées

Il apparaît aussi que 90% des captures sont effectuées lorsque la turbidité mesurée à Terrasson est supérieure à 10 FNU (figure 43b). 65% des nuits avec captures se produisent au dessus de ce même seuil. Cette valeur n'est pas dépassée pendant 75% du temps d'étude.

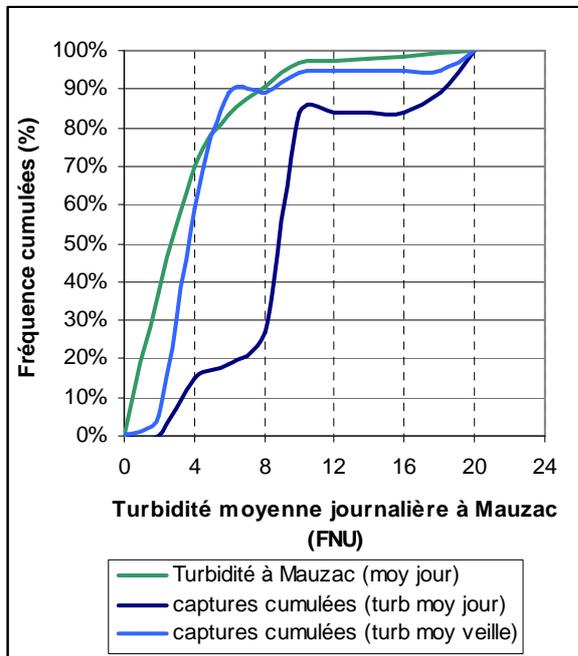


Figure 43c : Turbidité moyenne journalière enregistrée à Mauzac lors des captures à J et J -1

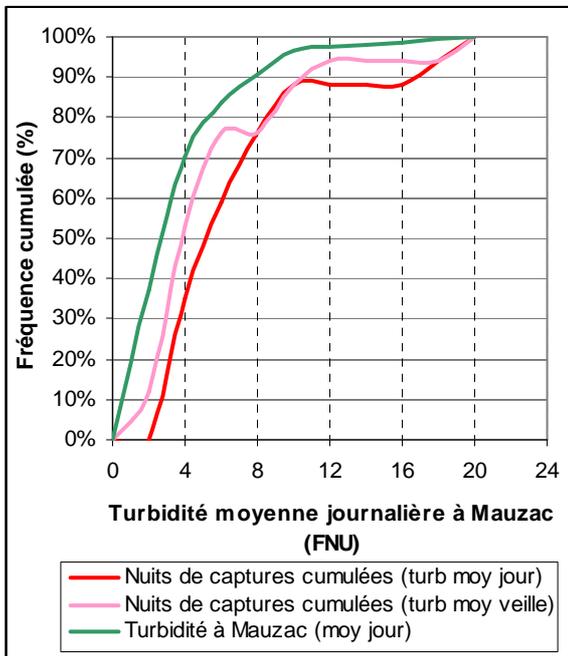


Figure 43d : Turbidité moyenne journalière enregistrée à Mauzac lors de nuits de captures à J et J -1

Si l'on observe les captures de la pêcherie en fonction de la turbidité de la veille du jour de capture, 90% des prises se produisent pour des valeurs de turbidité supérieures à 3 FNU à Mauzac (figure

43c) et 50% pour des valeurs supérieures à 4 FNU. Ces valeurs ne sont pas dépassées pendant 40% et 70% du temps sur la période d'étude.

Pour les nuits de captures en fonction de la turbidité de la veille, 90% se déroulent pour des valeurs de turbidité supérieures à 3 FNU à Mauzac (figure 43d), valeur non dépassée pendant 40% du temps sur la période d'étude.

Il semble difficile de déceler les pics de dévalaison en se basant sur la turbidité de Mauzac. En effet, le seuil de 4 FNU est trop faible et imprécis pour être la base d'un seuil de détection. En revanche, il semblerait que le seuil de 10 FNU à Terrasson explique à lui seul 90% des captures à Mauzac et 65% des nuits avec captures (permet de s'affranchir de l'effet important du nombre d'individus capturés certaines nuits de pêche). Ce seuil est facilement détectable et l'éloignement de la station par rapport aux usines de Mauzac et Tuilières permet un temps d'analyse des données supplémentaire.

Turbidité et franchissements des ouvrages par les anguilles radio-marquées

Pour chaque anguille radiomarquée, les conditions de débit et de turbidité lors de leurs déplacements entre le point de lâcher et Mauzac d'une part, et entre Mauzac et Tuilières d'autre part sont présentées en annexe B et C.

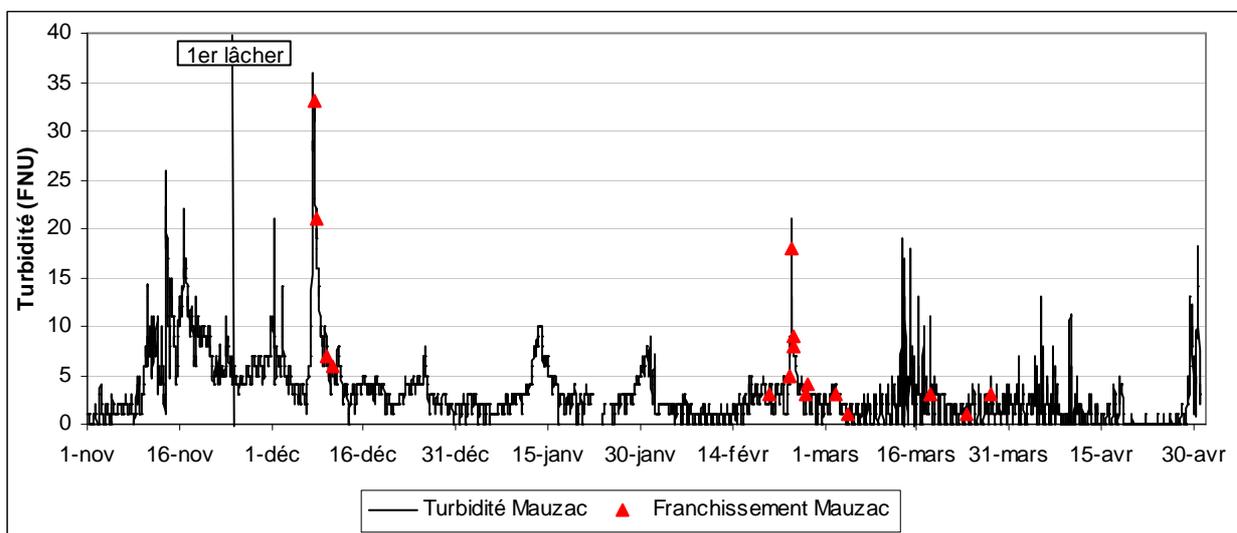


Figure 44a : Relation entre la turbidité mesurée à Mauzac et les franchissements de Mauzac

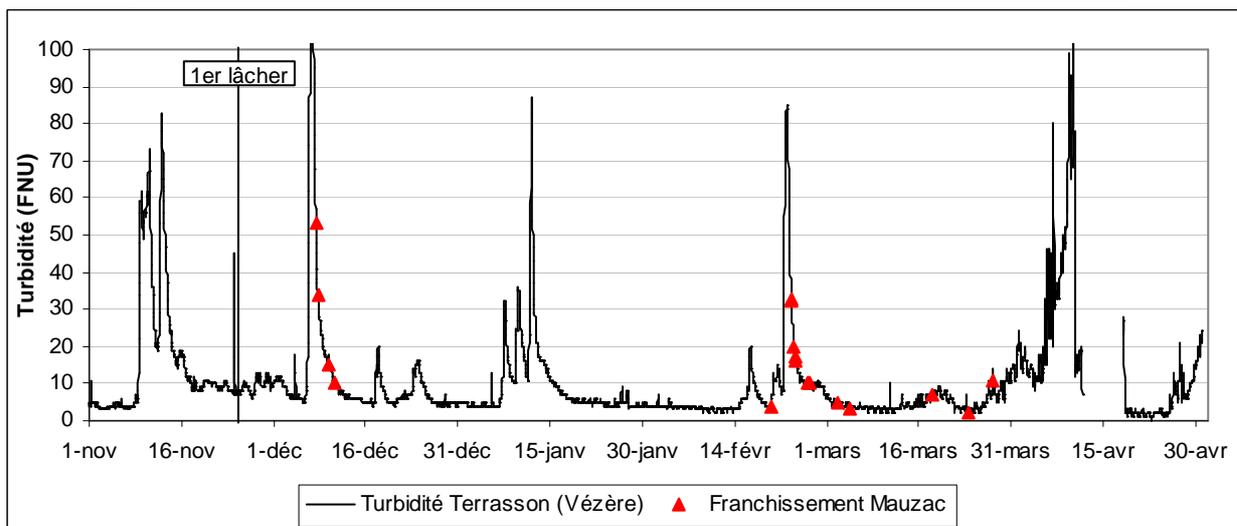


Figure 44b : Relation entre la turbidité mesurée à Terrasson et les franchissements de Mauzac

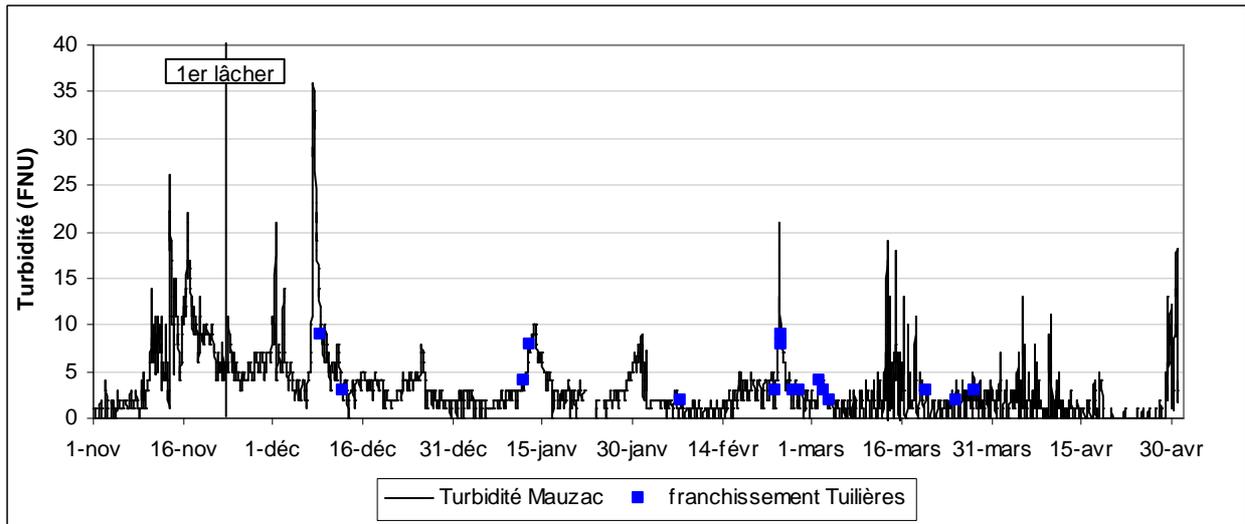


Figure 45 : Relation entre la turbidité mesurée à Mauzac et les franchissements de Tuilières

Comme en 2009-2010, le franchissement des ouvrages de Mauzac (figure 44a) et Tuilières (figure 45) par les anguilles radio-marquées se fait majoritairement sur des pics de turbidité à Mauzac, correspondant à une augmentation rapide et de grande amplitude de la valeur de FNU. Si l'on compare ces franchissements avec la turbidité de Terrasson sur la Vézère, 70 % se produisent pour une turbidité supérieure ou égale à 10 FNU (figure 44b).

Nous avons défini ces pics de turbidité, en les caractérisant par une augmentation de FNU d'un facteur supérieur à 2 en 24 à 48h.

Ce facteur est obtenu par : $\frac{TURB_{j_{max}}}{TURB_{j-1moy}}$

Où $TURB_{j_{max}}$ est la moyenne horaire maximale du jour J et $TURB_{j-1moy}$ la moyenne journalière du jour J-1.

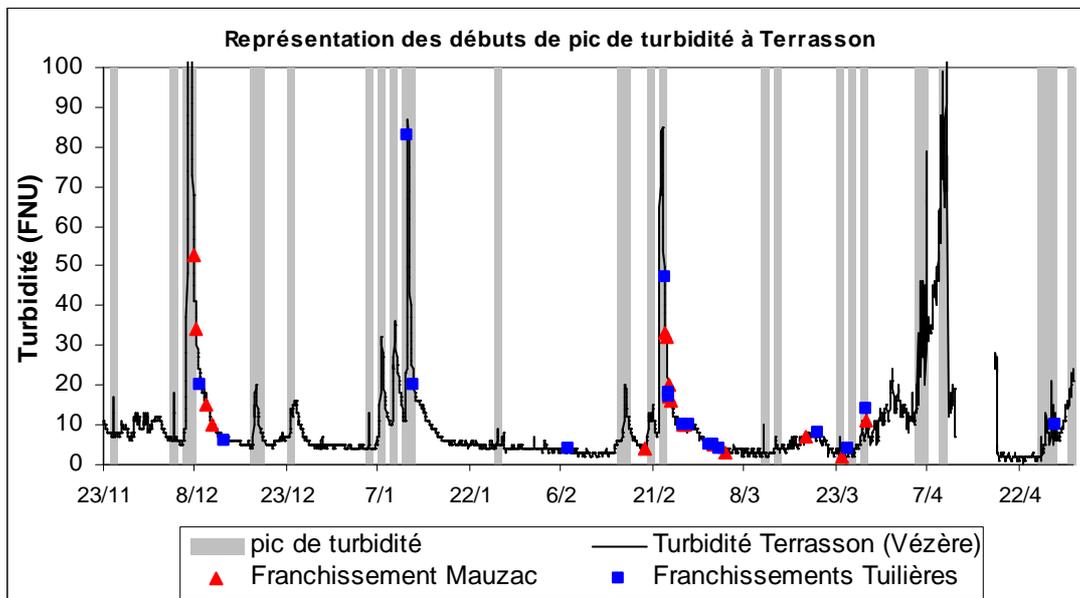
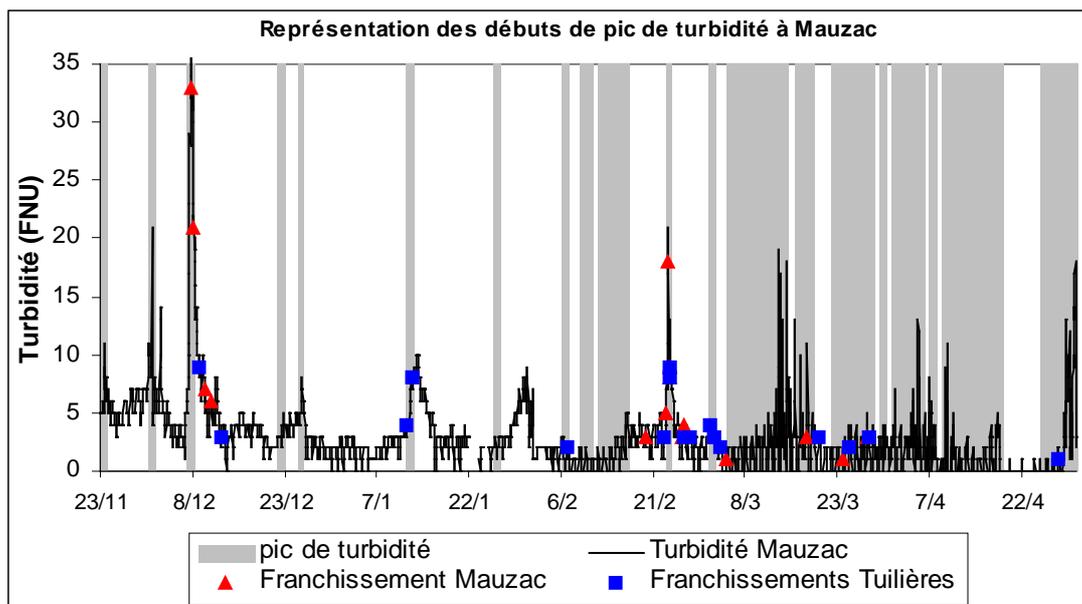


Figure 46 : Relation entre les pics de turbidité mesurée à Terrasson et les franchissements de Mauzac et Tuilières



Figures 47 : Relations entre la turbidité mesurée à Mauzac et les franchissements de Mauzac et Tuilières

Ainsi, avec cette méthode, 22 pics de turbidité ont été identifiés du 23 novembre 2010 (1^{er} lâcher d'anguille radio-marquée) au 30 avril 2011, sur la Vézère à Terrasson [sur chaque figure, la surface grisée correspond au gradient positif de chaque pic de turbidité].

Sur la Dordogne, 20 pics de turbidité ont été observés à Mauzac. Parmi ces 20 pics, 14 correspondent à des pics à Terrasson, soit 70%. On constate bien une influence de la Vézère (et de la Corrèze) sur la turbidité de la Dordogne au niveau de la station de Mauzac.

	Ouvrage	Sations de références		le jour du pic	24h après le pic	48h après le pic
Franchissement sur pic de turbidité	Mauzac	<i>Vézère</i>	<i>Terrasson</i>	29% (n=7)	57% (n=7)	71% (n=7)
		<i>Dordogne amont</i>	<i>Lanzac</i>	-	-	-
		<i>Dordogne aval</i>	<i>Mauzac</i>	59% (n=17)	65% (n=17)	82% (n=17)
	Tuilières	<i>Dordogne aval</i>	<i>Mauzac</i>	50% (n=18)	61% (n=18)	78% (n=18)
Captures sur pic de turbidité	Mauzac	<i>Dordogne aval</i>	<i>Mauzac</i>	76% (n=118)	86% (n=118)	87% (n=118)
Bilan Captures + Franchissements	Mauzac	<i>Dordogne aval</i>	<i>Mauzac</i>	74% (n=135)	85% (n=135)	87% (n=135)

Tableau 20 : Répartition des franchissements à Mauzac et Tuilières après un pic de turbidité

Après avoir déterminé les pics de turbidité, nous avons examiné les dates de franchissement de chacune des anguilles radiomarquées. Afin de voir l'influence de ces conditions environnementales sur les individus suivis, nous avons regardé si les anguilles franchissaient les ouvrages les jours de pic, dans les 24 heures ou dans les 48 heures après un pic.

Les franchissements se sont majoritairement produits au moment des pics de turbidité. Cependant, on peut observer sur les figures 46 et 47, que de nombreux franchissements se déroulent en fin de voire juste après, sur la phase de gradient négatif. Le tableau 20 confirme cette tendance pour les franchissements, mais aussi pour les captures à la pêcherie, puisque 10% à 20% des franchissements et captures se font encore dans les 48h après les pics de turbidité. Les observations de l'étude précédente se confirment, les anguilles ne se déplacent pas en début de pic de turbidité mais une fois que celui-ci est atteint puis sur sa phase descendante.

Turbidité et déplacements des anguilles radio-marquées

Grâce au suivi manuel quotidien réalisé sur l'ensemble du linéaire d'étude, l'ampleur des déplacements des anguilles radio-marquées a pu être quantifié sous la forme d'un « Indice d'Activité Migratoire » : l' *lam*, défini par Travade *et al.* (2010) comme :

$$lam = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Avec d_i la distance quotidienne parcourue par l'individu i et n le nombre d'individus radio-pistés présents dans la Dordogne et la Vézère à un instant donné.

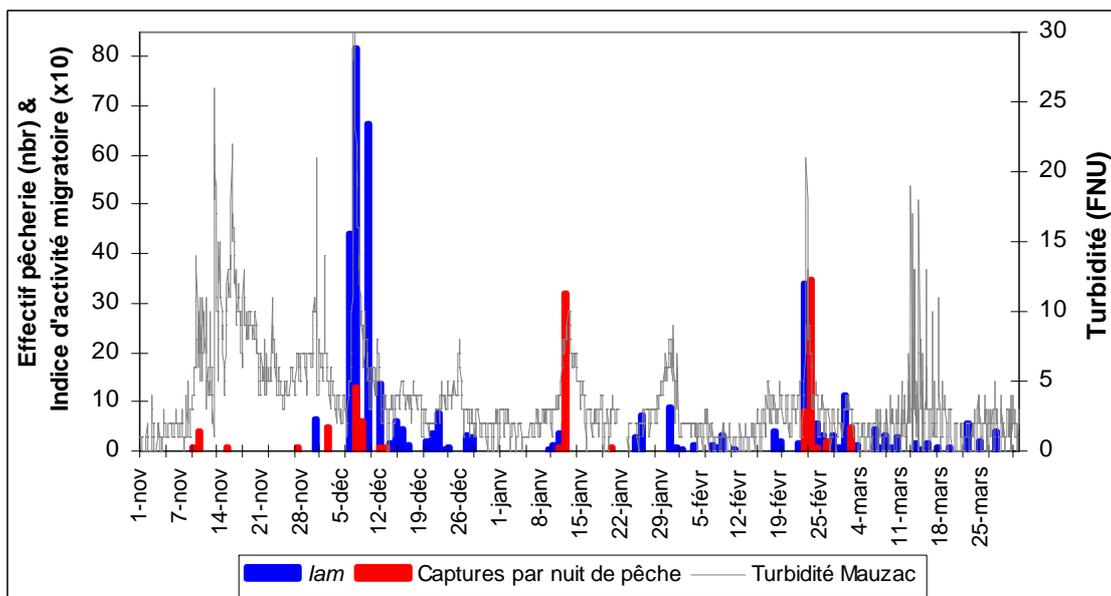


Figure 48 : Relation entre la turbidité mesurée à Mauzac et l'Indice d'activité migratoire ainsi que les captures d'anguilles par la pêche

Lorsque l'on superpose l'indice d'activité migratoire à la turbidité, il en ressort également une nette correspondance (figure 48). Aucun *lam* n'est visible avant la fin du mois de novembre puisque les premières anguilles suivies datent du 23 novembre. De nombreux mouvements d'anguilles radio-marquées sont observables lors des 3 épisodes majeurs de captures (début décembre, début janvier et fin février). Alors qu'aucune capture n'a été réalisée lors des augmentations de turbidité aux environs du 25 décembre et du 29 janvier, des déplacements ont été observés à ces dates, confirmant une certaine activité des anguilles à cette période. Concernant la période du 25 décembre, nous avons vu au paragraphe 7.3.1. que cela correspondait à une période de surverse importante au barrage de Mauzac, ce qui pose à nouveau la question **de l'efficacité de la pêche en période de fort débit et de surverse à Mauzac ?**

On observe aussi une assez bonne relation entre indice d'activité migratoire et turbidité mesurée au niveau de la station de Terrasson sur la Vézère (figure 48b). Elle est toutefois moins flagrante que pour les captures. Le 07 décembre, lors du plus important pic de turbidité, de nombreux et longs déplacements ont été enregistrés. Mais on observe aussi tout au long de l'année de nombreux petits mouvements pour des valeurs inférieures à 10 FNU et même proche de la valeur plancher de 3 FNU.

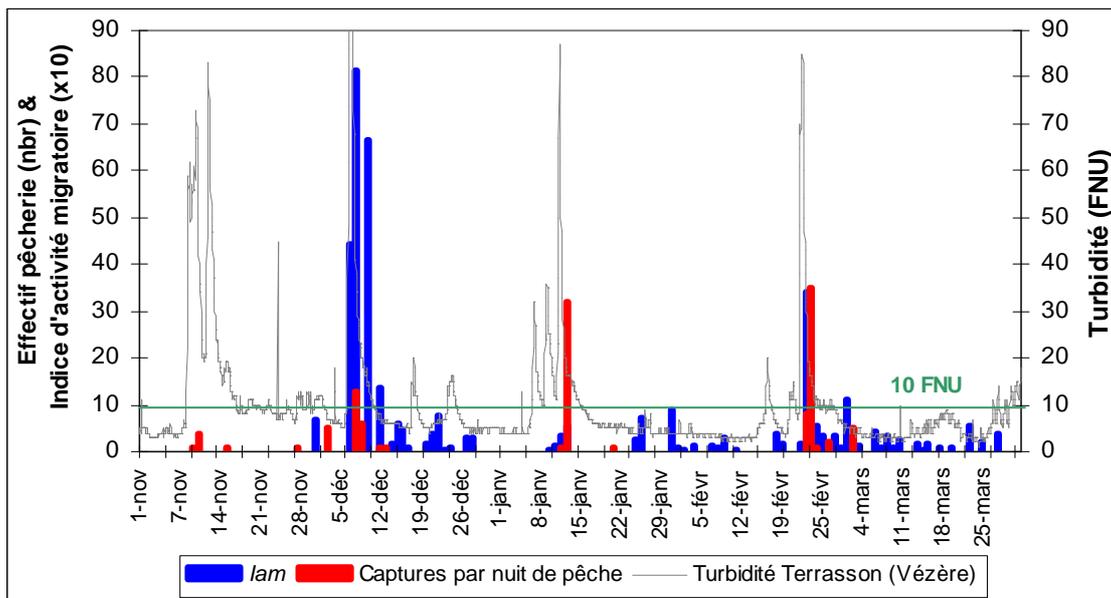


Figure 48b : Relation entre la turbidité mesurée à Terrasson et l'Indice d'activité migratoire ainsi que les captures d'anguilles par la pêche

7.5.1.2. Relations entre les différentes stations de mesure de la turbidité

En 2009-2010, l'acquisition des données de turbidité n'avait pas été satisfaisante. Des améliorations ont été apportées cette année sur Mauzac et Terrasson (maintenance accrue et doublage des sondes), par contre les données de Lanzac sont toujours incomplètes (station avec sonde de turbidité non doublée). Sur les 6 mois de suivi, seulement 4 mois sont disponibles. Les données des mois de novembre et décembre, à l'hydrologie la plus importante, ne sont pas fiables ou indisponibles. La comparaison entre les 3 stations suivies ne sera donc que partielle.

Les analyses de turbidités seront basées principalement sur les données de la station Vézère à Terrasson et de la station Dordogne à Mauzac.

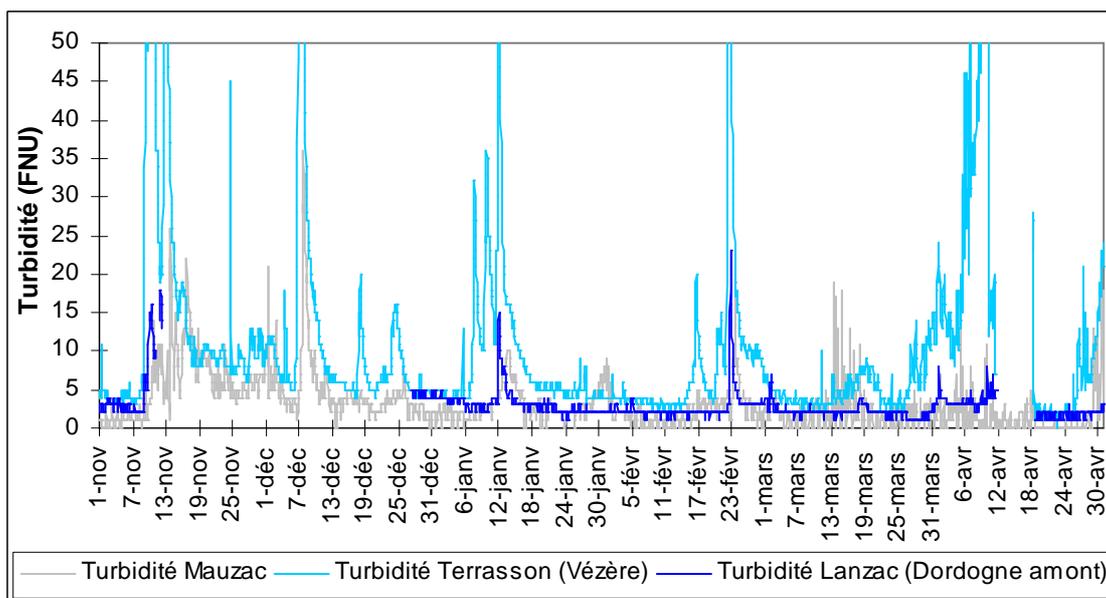


Figure 49 : Relation entre la turbidité à Mauzac (Dordogne), à Lanzac (Dordogne) et la turbidité à Terrasson (Vézère)

D'après la figure 49, la turbidité enregistrée à Mauzac est fortement liée à la turbidité enregistrée sur la Vézère à la station de Terrasson (cours d'eau lui même très influencé par le bassin versant de la rivière Corrèze). Ces résultats étaient déjà apparus lors de la précédente campagne. Il semble exister également un lien entre la turbidité à Lanzac et la turbidité à Mauzac. Afin de confirmer cette tendance, il aurait été intéressant d'effectuer une comparaison sur les mois de novembre et décembre, où la turbidité a fortement fluctué.

On notera le léger décalage entre les courbes amont et la courbe aval, qui correspond au temps de transfert entre la station de Terrasson ou de Lanzac situées en amont et la station de Mauzac à l'aval. **Ce délai est de 12h lors de fortes conditions hydrologiques et peu atteindre 36h si les débits sont plus faibles.**

Une différence est toutefois à souligner, elle concerne l'amplitude des données à chaque station. La station de Terrasson a enregistré des valeurs de turbidité atteignant 157 FNU (le 07 décembre). Des pics à 80 FNU sont régulièrement atteints. Les stations de Lanzac et de Mauzac n'ont pas dépassé respectivement 23 FNU (enregistré le 22 février) et 36 FNU (enregistré le 07 décembre). La Vézère est donc bien plus chargée en matières en suspension et subit une dilution lors de sa confluence avec la Dordogne. Les pics de turbidité sont donc plus facilement identifiables sur le bassin de la Vézère et leur détection est ainsi facilitée.

Afin de savoir si la turbidité enregistrée à Mauzac a une influence uniquement sur le stock d'anguilles de la Vézère ou à la fois sur le «stock Vézère» et le «stock Dordogne», les données de turbidité ont été confrontées aux Indices d'Activité Migratoire, en séparant les lam Vézère (anguilles radio-marquées se déplaçant uniquement sur la Vézère) et les lam Dordogne (anguilles radio-marquées se déplaçant uniquement sur la Dordogne).

Il existe une bonne relation entre les déplacements Vézère et les pics de turbidité enregistrés à Terrasson et à Mauzac (figures 50a et 50b), ce qui est cohérent puisque les analyses ont montré que la turbidité à Mauzac était étroitement liée à la turbidité de Terrasson. Mais cette relation n'est pas systématique, on observe de forts pics de turbidité avec des faibles déplacements et à l'inverse quelques déplacements alors qu'il n'y a pas d'augmentation de la turbidité.

En ce qui concerne les déplacements des anguilles radio-marquées sur la Dordogne amont, il existe une bonne concordance avec la turbidité mesurée à la station de Mauzac (figure 50c).

Malgré un nombre conséquent d'anguilles radio-marquées, les anguilles ont très peu dévalé (moins de 40% ont rejoint Mauzac), les lam sont donc faibles et rendent difficiles les conclusions sur les liens avec la turbidité.

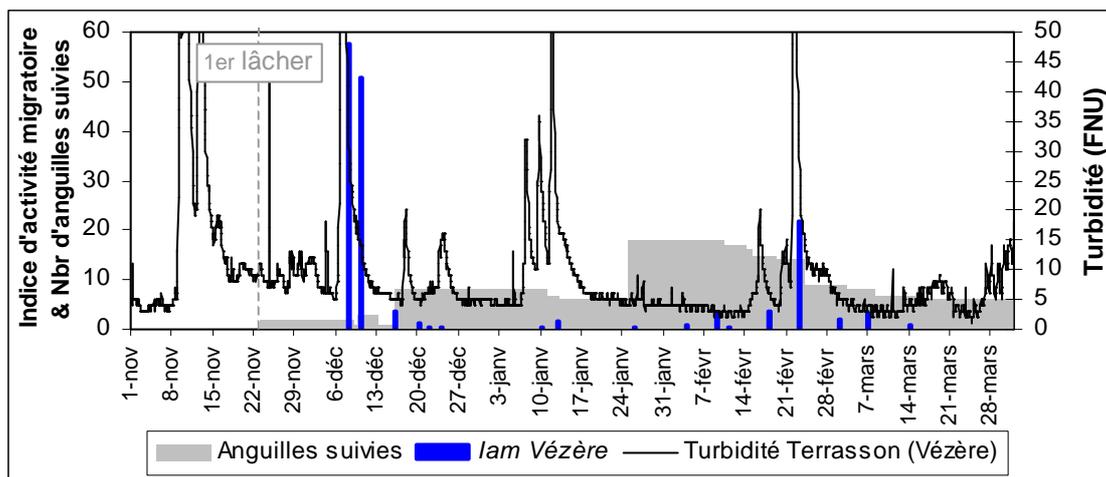


Figure 50a : Indice d'activité migratoire en fonction de la turbidité de la Vézère

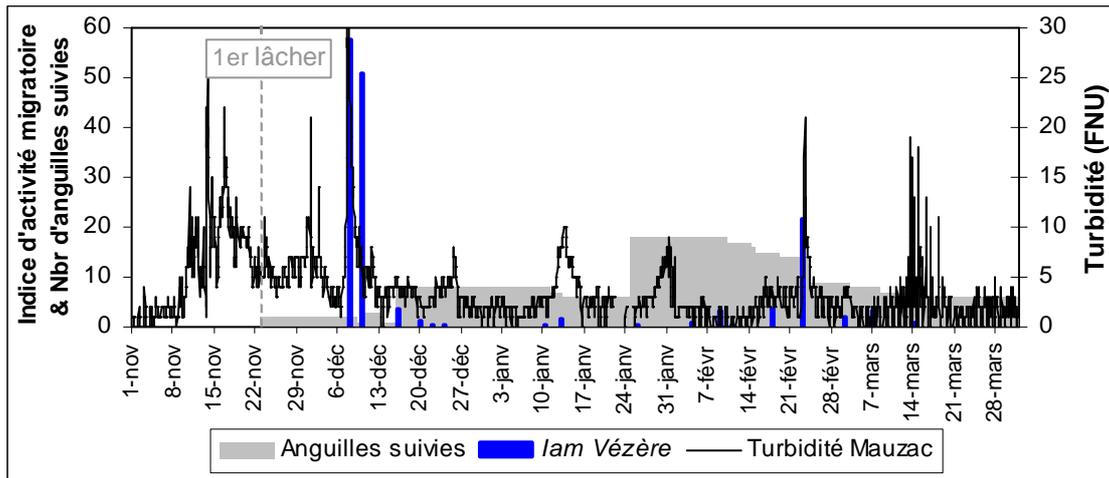


Figure 50b : Indice d'activité migratoire en fonction de la turbidité de la Dordogne

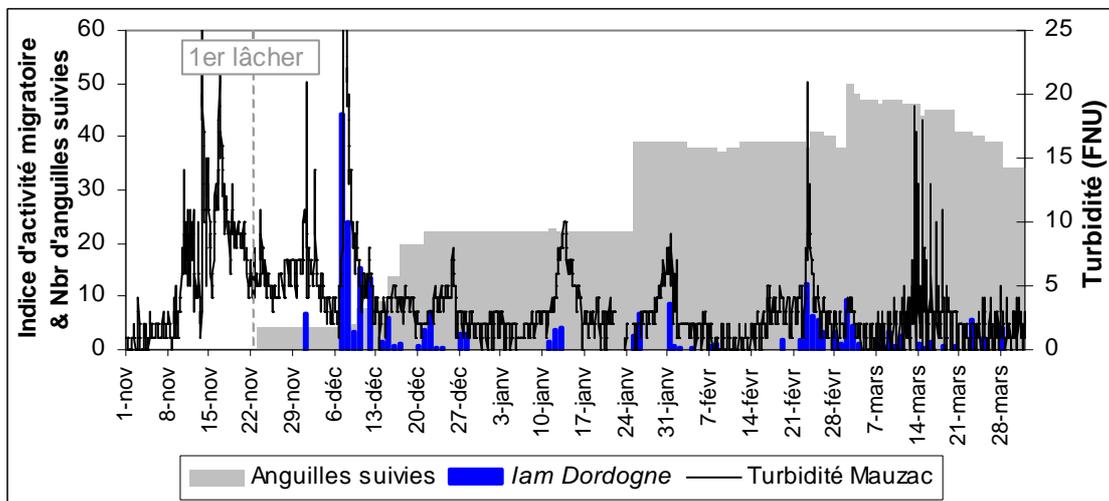


Figure 50c : Indice d'activité migratoire en fonction de la turbidité de la Dordogne

7.5.1.3. Relations entre la turbidité et le débit

La variable débit est généralement bien corelée à la turbidité. En outre, elle présente l'avantage d'être **plus simple à mesurer** et surtout elle permet de **faire de la prévision sur plusieurs jours**.

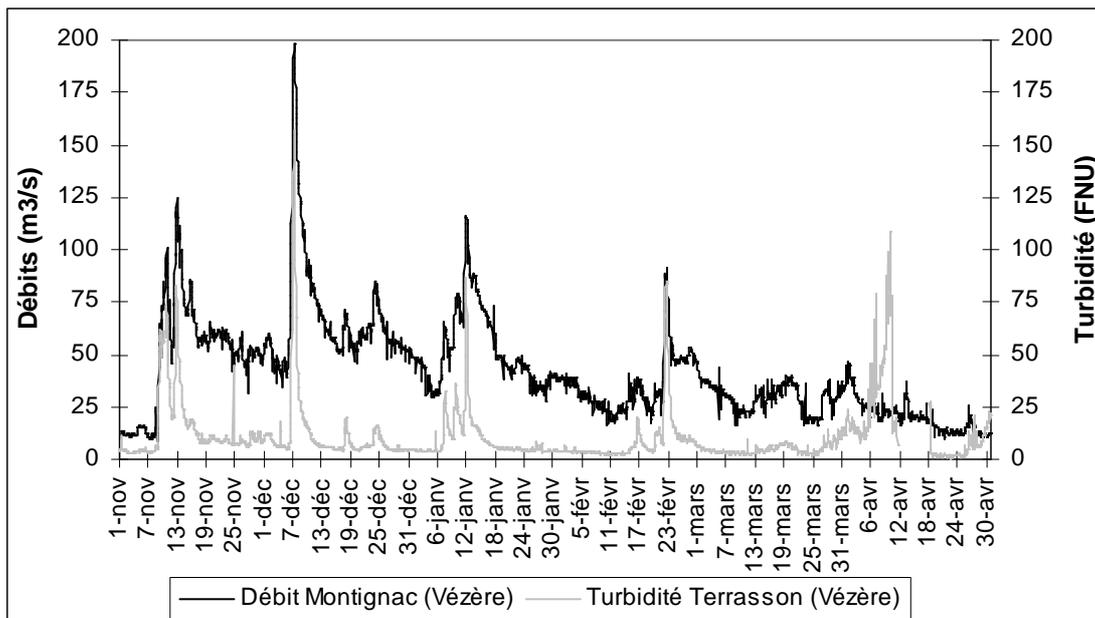


Figure 51a : Relation entre le débit de la Vézère et la turbidité de la Vézère à Terrasson

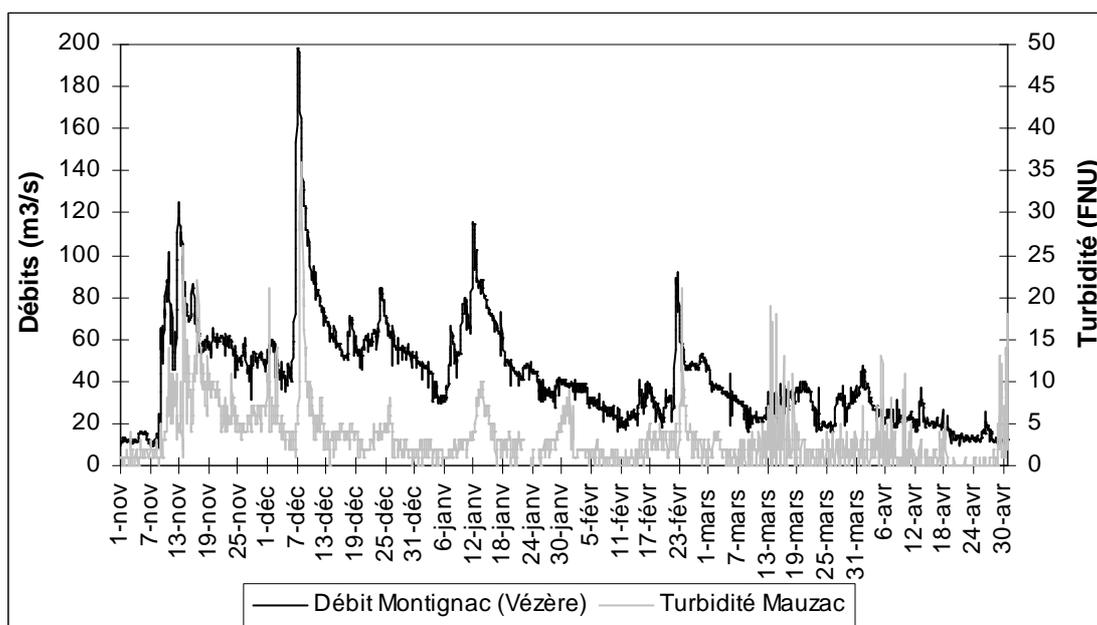


Figure 51b : Relation entre le débit de la Vézère et la turbidité de la Dordogne à Mauzac

Comme lors de la campagne précédente, on observe une bonne relation entre le débit de la Vézère à Montignac et la turbidité, que ce soit à Terrasson ou à Mauzac (figure 51a et 51b). Toutefois, si les hausses de débit se traduisent généralement par une hausse de turbidité, ceci n'a pas été le cas début avril 2011 où on a observé un pic important de turbidité à Terrasson sans hausse de débit significative sur la Vézère (probable dérive de la sonde car ce pic de turbidité n'est pas très marqué à Mauzac et il n'y a pas eu de hausse significative de débit sur la Corrèze, affluent principal de la Vézère qui contribue fortement à sa turbidité).

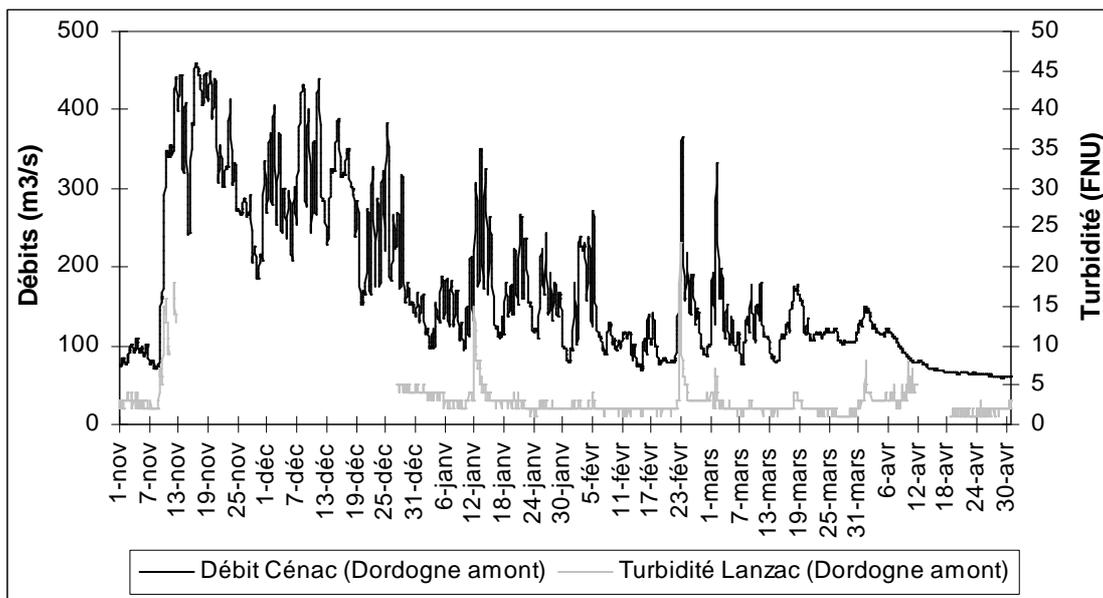


Figure 52a : Relation entre le débit de la Dordogne amont et la turbidité de la Dordogne à Lanzac

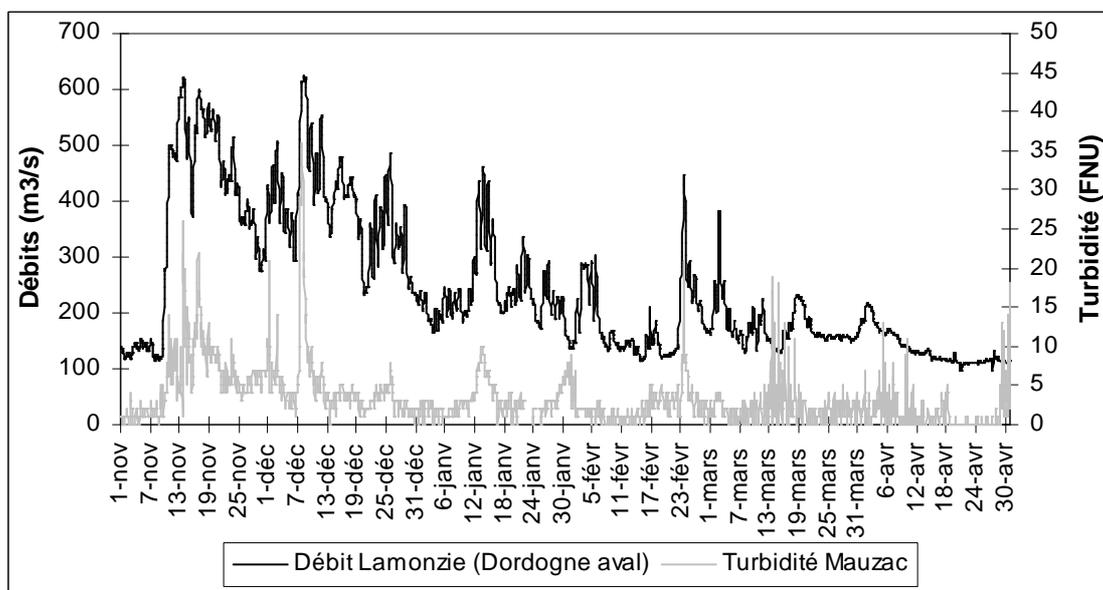


Figure 52b : Relation entre le débit de la Dordogne et la turbidité de la Dordogne à Mauzac

Sur la Dordogne amont confluence Vézère (Cénac), la relation entre les débits et la turbidité est moins nette (figure 52a). Malgré le manque de données en début d'étude, il apparaît nettement que la turbidité à Lanzac ne suit pas systématiquement les variations de débits à Cénac. Ces derniers sont soumis aux éclusées issues des grands barrages amont et manifestement, ces éclusées ne génèrent pas forcément de pics de turbidité sur la Dordogne, contrairement aux hausses de débits naturelles sur les affluents.

Sur la Dordogne aval (Lamonzie), la relation débit / turbidité à Mauzac est un peu meilleure que sur la Dordogne amont mais il subsiste de nombreux pics de débits enregistrés à Lamonzie non accompagnés de pics de turbidité à Mauzac. Alors que les débits Dordogne amont prédominent sur les débits Vézère après leur confluence, c'est la turbidité Vézère qui prédomine sur la turbidité Dordogne amont. D'ailleurs, nous avons vu que les pics de turbidité enregistrés sur la Vézère (max. de 157 FNU) sont beaucoup plus importants que ceux enregistrés sur la Dordogne amont confluence Vézère (max. de 23 FNU) ou sur la Dordogne aval confluence Vézère (max. de 36 FNU ; effet de dilution par les débits Dordogne).

7.5.2. Débits

7.5.2.1. Relations entre les débits et les captures par la pêche

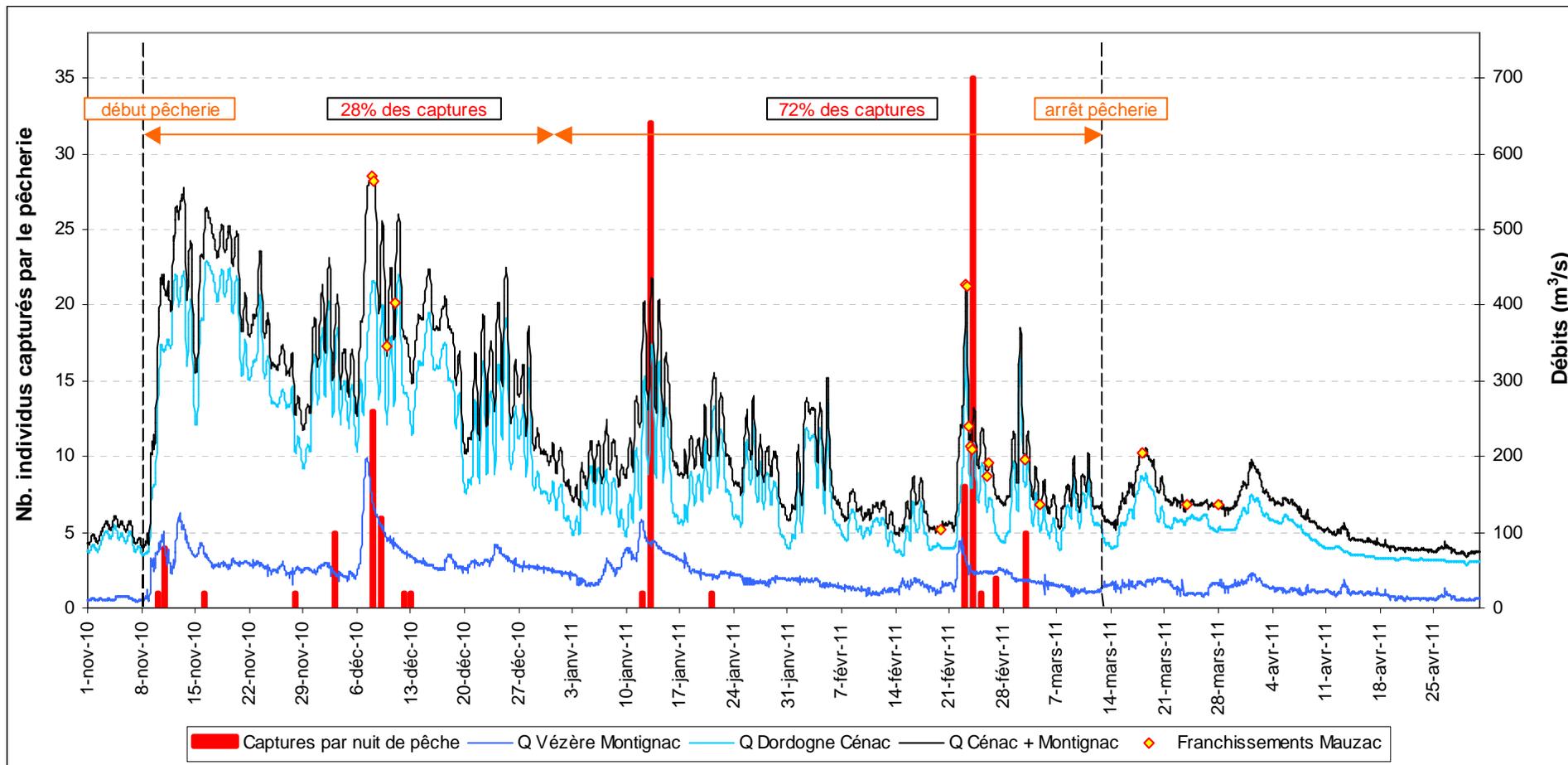


Figure 53 : Effectifs d'anguilles capturées et franchissements à Mauzac en fonction des débits de la Dordogne à Cénac et de la Vézère à Montignac (Banque Hydro)

Les captures par la pêcherie se produisent au cours des coups d'eau (Vézère ou Dordogne), mais sans que ce soit systématique (figure 53). On ne retrouve pas forcément de capture pour chaque coup d'eau. Seule la capture du 28 novembre a eu lieu alors que le débit n'était pas en augmentation (stable sur la Vézère et baisse sur la Dordogne ; petit pic de turbidité sur la Vézère à Terrasson).

Il en est de même pour les franchissements de l'ouvrage de Mauzac. La grande majorité se produit pendant ou suite à une augmentation des débits : mais il arrive de rencontrer des franchissements sur des conditions hydrologiques stables.

A partir du mois de janvier, les débits sont dans des gammes relativement basses et peu de variations sont observables, hors éclusées, excepté le coup d'eau de fin février qui a donné lieu à des captures. La pêcherie a débuté le 08 novembre, juste avant le premier gros coup d'eau (augmentation de 120 à 500 m³/s). Toutefois, la pêcherie n'était pas opérationnelle à 100% avant le 25 novembre en raison du redémarrage de l'usine de Mauzac. Un tel coup d'eau à cette époque de l'année aurait dû provoquer un nombre de captures bien plus conséquent, mais la quasi totalité des débits étaient déversés au barrage attirant les anguilles, les détournant ainsi du canal d'amenée et les empêchant de se faire capturer à la pêcherie.

7.5.2.2. Relations entre les débits, les captures par la pêcherie et les franchissements d'ouvrages

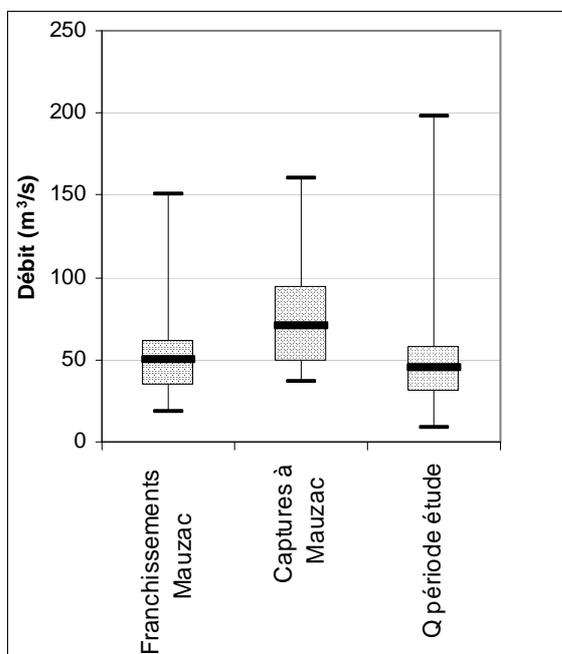


Figure 54a : Débit de la Vézère à Montignac lors des franchissements et des captures à Mauzac et sur la période d'étude

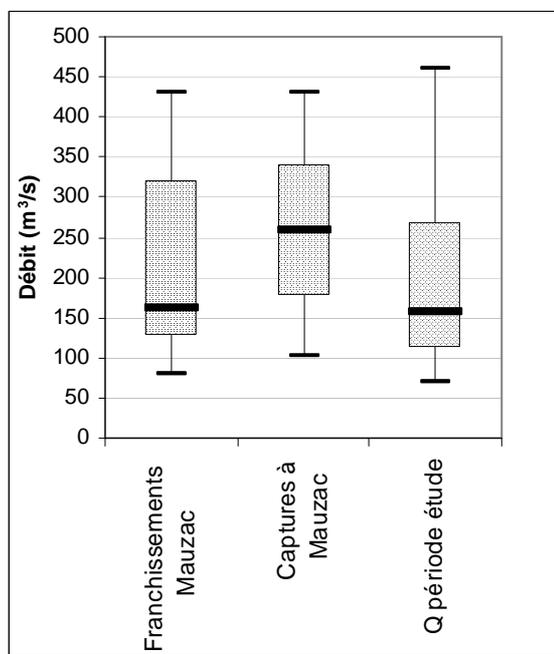


Figure 54b : Débit de la Dordogne à Cénac lors des franchissements et des captures à Mauzac et sur la période d'étude

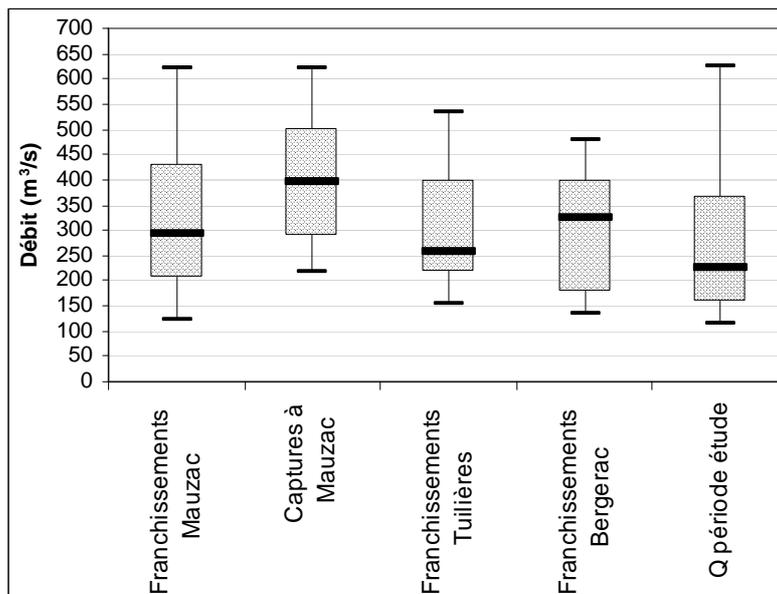


Figure 54c : Débit de la Dordogne à Lamonzie lors des franchissements et des captures à Mauzac, des franchissements à Tuilières et sur la période d'étude

Les captures à Mauzac se produisent pour des débits de la Vézère et de la Dordogne amont supérieurs à la médiane des débits sur la période d'étude (figure 54a et 54b) tout comme en 2009/2010. Les franchissements se déroulent dans des gammes de débits similaires à la période d'étude malgré une médiane légèrement supérieure. Les franchissements à Mauzac et Tuilières se déroulent pour des débits nettement inférieurs aux captures, alors que lors de la précédente campagne les débits des franchissements étaient supérieurs aux débits des captures.

Les mêmes tendances se retrouvent avec les débits à Lamonzie (figure 54c). Les débits de captures à Mauzac sont supérieurs aux débits de franchissements, eux-mêmes légèrement supérieurs à la médiane de la période d'étude.

7.5.2.3. Relations entre les débits, les franchissements et les mouvements d'anguilles

Pour chaque anguille radiomarquée, les conditions de débit et de turbidité lors de leurs déplacements entre le point de lâcher et Mauzac d'une part, et entre Mauzac et Tuilières d'autre part sont présentées en annexes B et C.

Sur l'ensemble de l'étude, la majorité des franchissements de Mauzac et de Tuilières ont eu lieu sur des coups d'eau (figure 55). En 2009-2010, seuls 2 franchissements s'étaient produits pour des débits inférieurs au module. En revanche, cette année 17 franchissements sur 35 (48.5%) se sont produits pour des débits inférieurs au module de Lamonzie. Ceci s'explique par le fait qu'à partir du 1^{er} janvier, les débits ont été inférieurs au module 92% du temps.

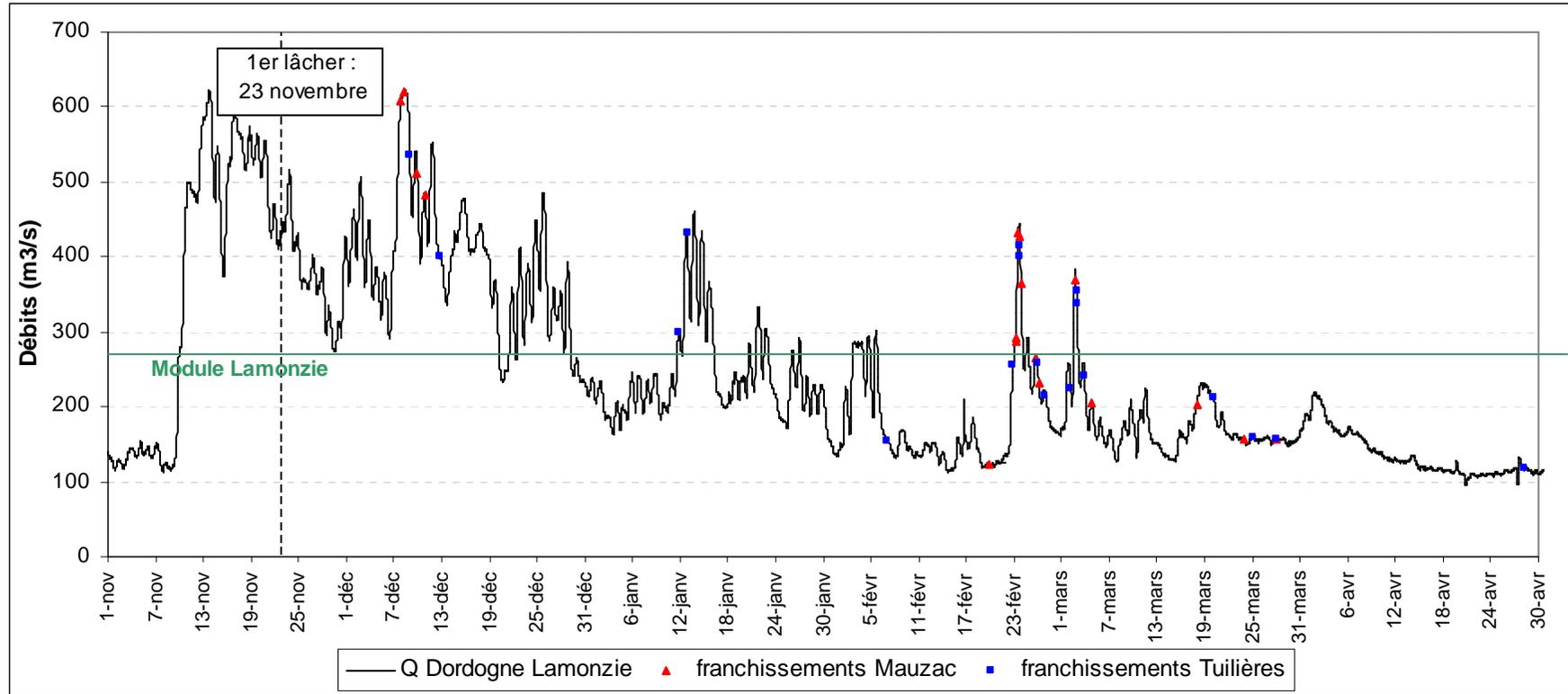


Figure 55 : Franchissements des aménagements de Mauzac et de Tuilières en fonction du débit de la Dordogne à Lamonzie.

Pour définir ces « coups d'eau » (variations significatives de débit) il est possible de les caractériser par une augmentation du débit d'un facteur supérieur à 1,5 en 24 à 48h. Ce facteur est obtenu par : $\frac{Q_{hj_max}}{Q_{j-1_moy}}$
 Où Q_{hj_max} est la moyenne horaire maximale du jour J et Q_{j-1_moy} la moyenne journalière du jour J-1.

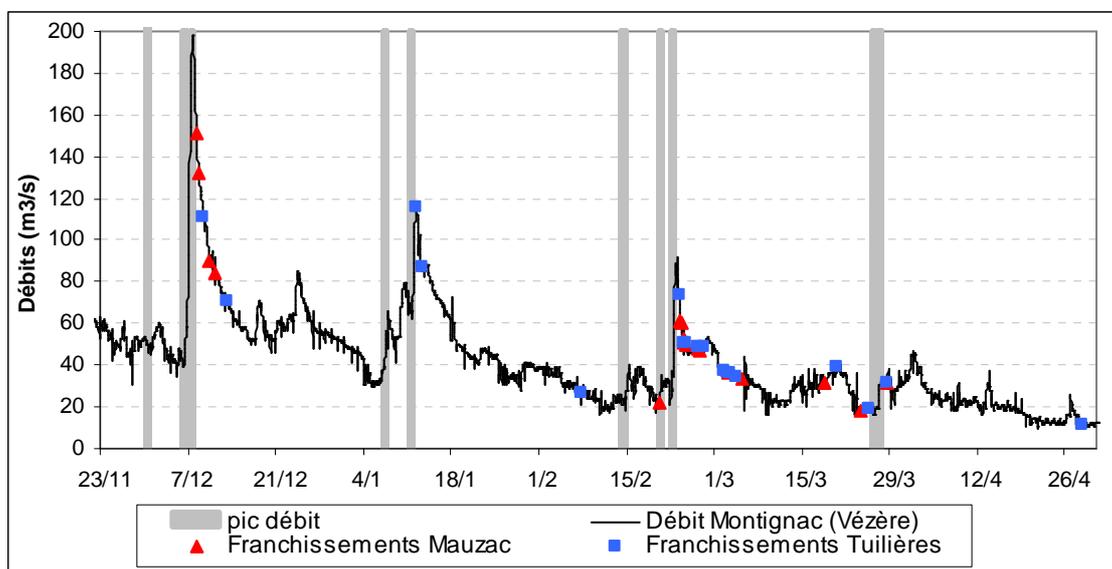


Figure 56a : Relation entre le débit de la Vézère (coups d'eau) et les franchissements de Mauzac et Tuilières

Le débit de la Vézère est influencé par le fonctionnement par éclusées de ses barrages amont. Mais leur régime est moins sévère que sur la Dordogne, ce qui confère à la Vézère un régime hydrologique plus « lissé » que celui de la Dordogne. De plus, son affluent principal la Corrèze tend à amoindrir l'amplitude des éclusées réalisées sur la Vézère par l'usine du Saillant.

Le débit de la Vézère au cours de l'étude se caractérise par un débit de base compris entre 20 et 60 m³/s (module à Montignac : 58 m³/s) et de multiples coups d'eau d'amplitude variable. Selon la définition d'un coup d'eau établie ci-dessus, 8 pics ont été recensés entre le 23 novembre et le 30 avril (figure 56a), pouvant atteindre 100 à 200 m³/s. La plupart des franchissements font suite à ces coups d'eau lors de la baisse des débits. Quelques franchissements se sont malgré tout produits hors hausse de débit, notamment le dernier franchissement à Tuilières, le 28 avril, où le débit de la Vézère était seulement de 10 m³/s.

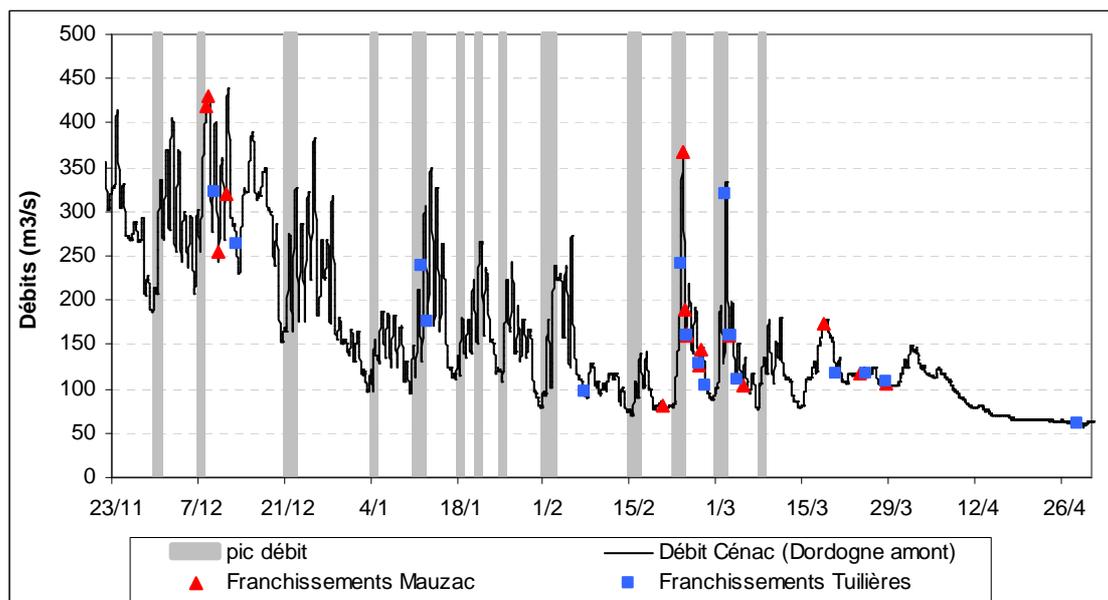


Figure 56b : Relation entre le débit de la Dordogne à Cénac et les franchissements de Mauzac et Tuilières

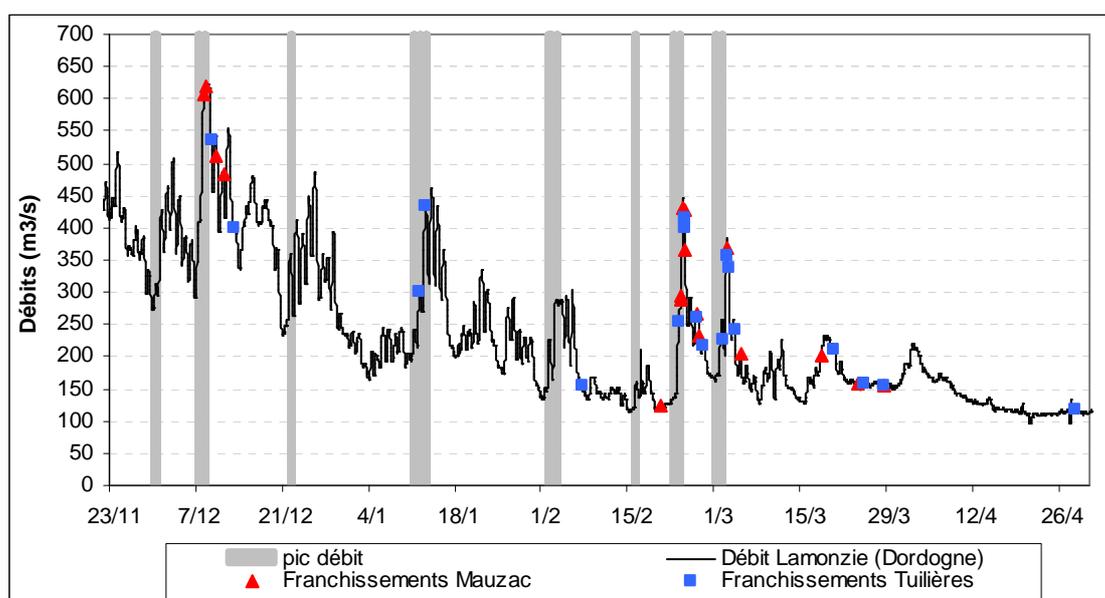


Figure 56c : Relation entre le débit de la Dordogne à Lamonzie et les franchissements de Mauzac et Tuilières

Le fonctionnement par écluses de la Dordogne ne permet pas de discerner les coups d'eau d'origine naturelle et ceux liés aux écluses. La distinction entre les deux ne sera donc pas faite ici (les coups d'eau identifiés peuvent donc avoir une origine naturelle ou non). Excepté les franchissements du mois de mars et avril, dans des gammes de débits faibles, les franchissements ont lieu après les coups d'eau (figure 56b).

Alors que 12 coups d'eau ont été décrits à Cénac (figure 56b), 8 ont été recensés à Lamonzie (figure 56c). Ces 8 coups d'eau correspondent tous à des pics de débits observés à l'amont. Les franchissements d'ouvrages se rencontrent majoritairement à la suite des coups d'eau. Cette tendance est toutefois moins nette que sur l'axe Vézère.

	Ouvrage	Sations de références	le jour du pic	24h après le pic	48h après le pic	
Franchissement sur coup d'eau	Mauzac	Vézère	Montiganc	0% (n=7)	43% (n=7)	57% (n=7)
		Dordogne amont	Cénac	50% (n=10)	60% (n=10)	70% (n=10)
		Dordogne aval	Lamonzie	53% (n=17)	59% (n=17)	76% (n=17)
	Tuilières	Dordogne aval	Lamonzie	44% (n=18)	56% (n=18)	61% (n=18)
Captures sur coup d'eau	Mauzac	Dordogne aval	Mauzac	89% (n=118)	90% (n=118)	94% (n=118)
Bilan Captures + Franchissements	Mauzac	Dordogne aval	Mauzac	84% (n=135)	86% (n=135)	92% (n=135)

Tableau 21 : Répartition des franchissements à Mauzac et Tuilières après les « coups d'eau »

Comme pour les pics de turbidité, après avoir déterminé les « coups d'eau », nous avons examiné les dates de capture à la pêche et de franchissement de chacune des anguilles radiomarquées. Afin de voir l'impact de ces conditions environnementales sur les individus suivis, nous avons regardé si les anguilles franchissaient les ouvrages les jours de coup d'eau, dans les 24 heures ou dans les 48 heures suivantes.

Comme en 2009-2010, la majorité des franchissements se font sur des coups d'eau mais de façon moins marquée que pour la turbidité. En revanche, comme pour la turbidité, les franchissements n'ont majoritairement pas lieu le jour même du coup d'eau, mais plutôt 24h à 48h après (tableau 21). Le nombre de franchissements n'est pas très important (17 à Mauzac et 18 à Tuilières), mais si l'on s'intéresse aux captures, on constate que 89% sont réalisées les jours de pic de débit et jusqu'à 94% dans les 48h qui suivent. Les déplacements d'anguilles ne s'effectuent pas uniquement sur la montée des eaux mais également une fois le pic atteint et lors de la descente.

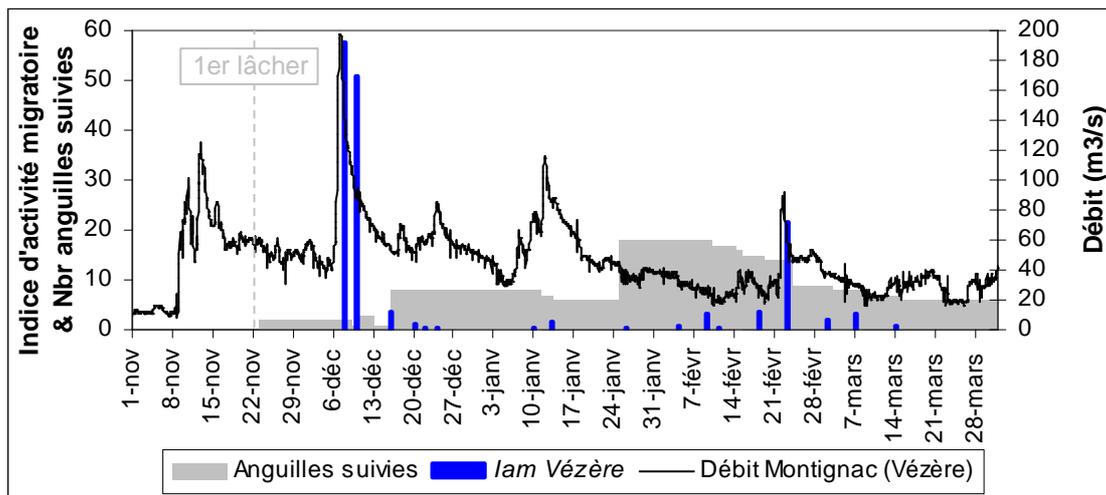


Figure 57a : Indice d'activité migratoire en fonction du débit de la Vézère

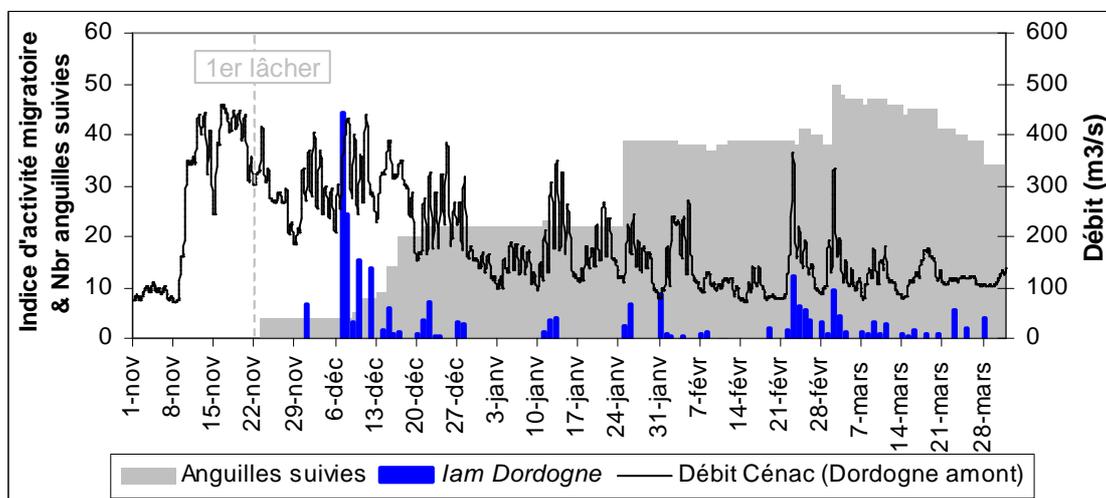


Figure 57b : Indice d'activité migratoire en fonction du débit de la Dordogne amont

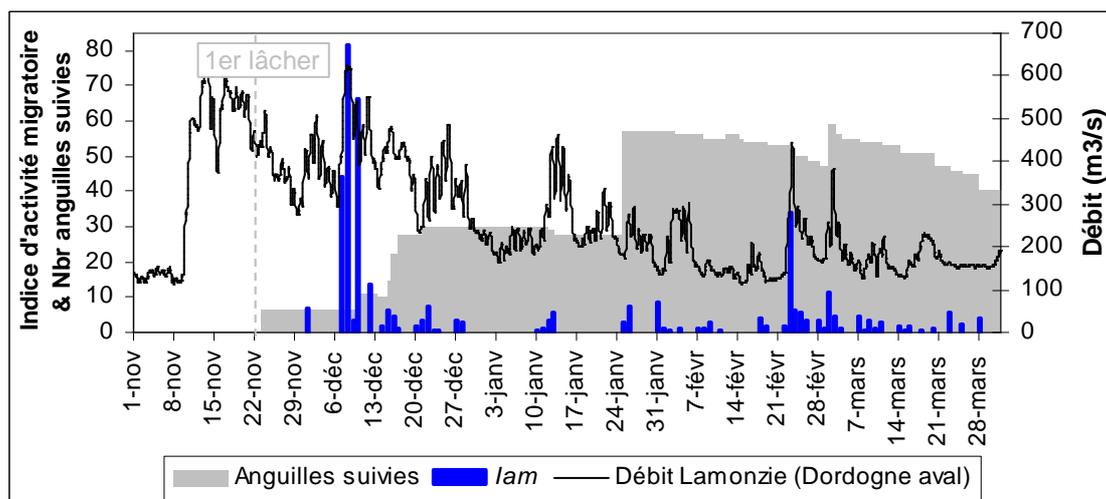


Figure 57c : Indice d'activité migratoire en fonction du débit de la Dordogne à Lamonzie

Sur la Vézère, les pics de débit du 07 décembre et du 22-23 février ont une relation avec les mouvements d'anguille radio-marquée observés sur la Vézère. La relation est moins marquée pour les autres pics enregistrés à Montignac (figure 57a).

La relation est également moins nette entre l'am Dordogne (anguilles radiomarquées se déplaçant uniquement sur la Dordogne) et le débit de la Dordogne à Cénac. Les déplacements semblent correspondre aux périodes de pics de débit sans que cela soit systématique (figure 57b). Il en est de même pour l'am global et le débit de la Dordogne à Lamonzie (figure 57c).

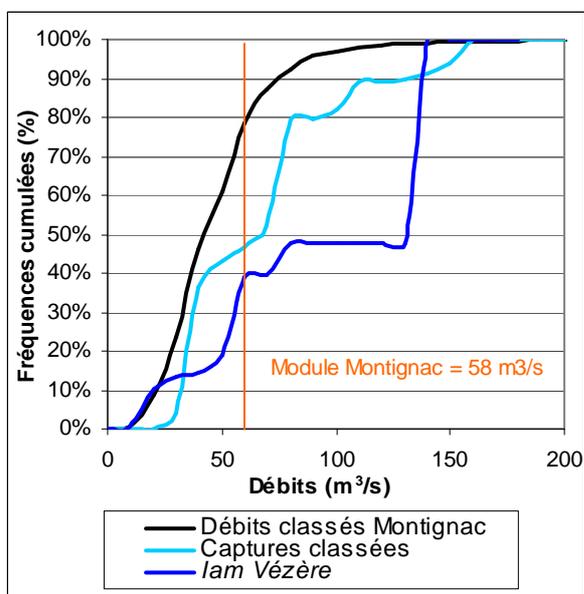


Figure 58a : Fréquences classées des débits de la Vézère et des débits de la Vézère les jours de captures

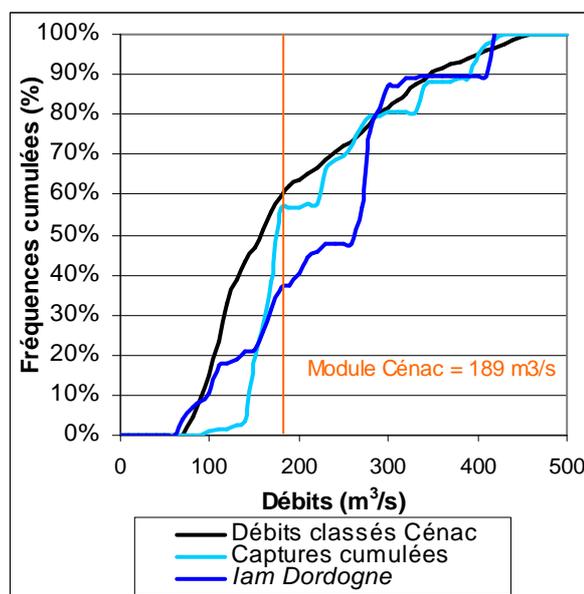


Figure 58b : Fréquences classées des débits de la Dordogne amont et des débits de la Dordogne amont les jours de captures

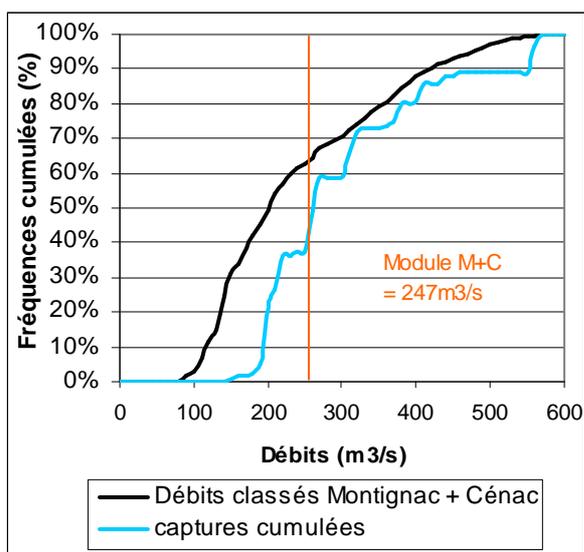


Figure 58c : Fréquences classées des débits de la Dordogne (Montignac+Cénac) et des débits de la Dordogne (Montignac+Cénac) les jours de captures

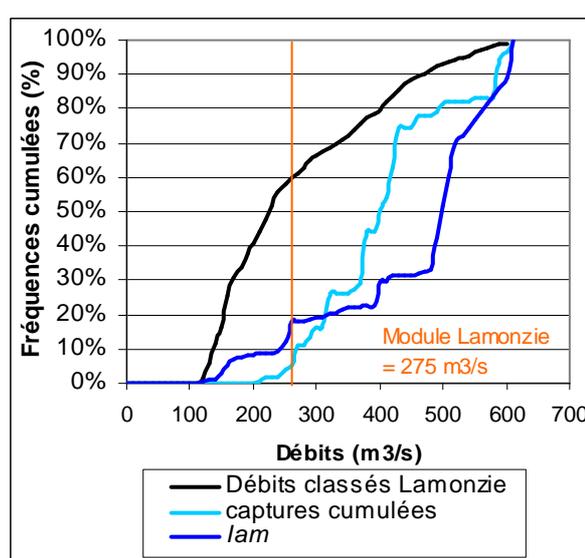


Figure 58d : Fréquences classées des débits de la Dordogne aval et des débits de la Dordogne aval les jours de captures

En regardant les débits sur la Vézère à Montignac, 55% des captures sont réalisées par la pêcheur pour des débits très proches ou supérieurs au module alors que ces débits n'ont pas été

dépassés pendant 80% du temps sur l'ensemble de la période d'étude (figure 58a). Pour la Dordogne amont, à Cénac, ce sont 45% des captures réalisées pour des débits supérieurs au module, alors que cette gamme de débit n'est pas dépassée pendant 60% du temps de suivi (figure 58b). A titre de comparaison, les déplacements d'anguilles radio-marquées pour des débits supérieurs au module à Montignac représentent 60% des déplacements observés sur la Vézère. La même tendance apparaît à Cénac pour les déplacements observés sur la Dordogne.

Lorsqu'on additionne les débits de la Vézère à Montignac et de la Dordogne à Cénac on retrouve la même tendance, 50% des captures réalisées pour des débits supérieurs au module alors que ce débit n'a pas été dépassé pendant 65% du temps sur la période d'étude (figure 58c).

En prenant les débits **sur la Dordogne à Lamonzie, ce sont cette fois-ci 95% des captures réalisées par la pêcherie et 85% des déplacements d'anguilles radiomarquées (lam) qui ont lieu pour des débits supérieurs au module** alors que ce débit n'a pas été dépassé pendant 60% du temps sur la période d'étude (figure 58d).

8. DISCUSSION

8.1. *Rappels des principaux résultats*

La présente étude, menée de novembre 2010 à avril 2011, constitue le second volet de l'évaluation de l'efficacité du dispositif de dévalaison au niveau de l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières pour les anguilles d'avalaison. Au total, 73 anguilles ont été radiopistées et leur comportement observé au droit des ouvrages de Mauzac, de Tuilières et de Bergerac. Le suivi s'est effectué sur le tronçon Bugue-Limeuil pour l'axe Vézère et Buisson-Bergerac pour l'axe Dordogne, linéaire représentant une soixantaine de kilomètres au total.

Taux d'échappement

Concernant le comportement migratoire de l'anguille à l'échelle du secteur suivi, il s'avère que seulement 8 anguilles sur les 47 radio-pistées à l'amont de Mauzac ont parcouru entièrement le tronçon et franchi les 2 ouvrages étudiés. Si l'on inclut l'ouvrage de Bergerac, seulement 3 anguilles ont franchi les 3 ouvrages du Bergeracois. Concernant le lot témoin (lâché à l'aval de Mauzac), 6 anguilles radio-marquées sur 26 ont franchi les deux barrages aval. Ainsi, un pourcentage important d'anguilles suivies ont stoppé leur migration et à peine 12% ont atteint l'extrémité aval du secteur d'étude. La faible hydrologie de la période d'étude est sans doute la principale cause du nombre peu important de dévalaisons observées, mais ces arrêts peuvent avoir diverses origines : dommages et/ou mortalités suite au franchissement de l'usine de Mauzac et de Tuilières, arrêt de migration définitif ou temporaire (jusqu'à l'arrêt de l'émetteur tout du moins). Pour rappel, en 2009-2010, le taux d'échappement sur le secteur Mauzac-Tuilières était de 48%. Cette année, malgré un plus grand nombre d'anguilles marquées, il ne dépasse pas 25%. En ajoutant l'ouvrage de Bergerac, il n'est plus que de 12%.

Sur le Gave de Pau, des taux d'échappement de 31% à 36,5% ont été observés sur une succession de 5 ouvrages (BAU, 2008 ; TRAVADE, 2009). Ces ouvrages ont la particularité d'avoir un faible débit d'équipement et offre des probabilités élevées de passage par surverse en cas d'augmentation des débits. Toujours sur le gave de Pau, le taux d'échappement au niveau de l'usine de Baigts était compris entre 40% et 50%. Après installation d'un plan de grille fine (espace inter-barreaux de 3 cm pour le plan de grille protégeant la prise d'eau et 2 cm pour le plan de grille protégeant les turbines) en 2006, ce taux d'échappement est passé à 92%. Il a atteint 100% en 2007. (BAU, 2008 ; TRAVADE 2009)

Taux de mortalité

La radio-télémetrie n'est pas la meilleure technique pour évaluer les taux de mortalité engendrés par les passages dans des turbines. L'année passée, nous avons estimé un taux de mortalité de l'ordre de 21% entre Mauzac et Tuilières, ce qui était proche des 21 à 24% donnés par GOMES et LARINIER (2008) à Mauzac, pour des tailles d'anguilles comparables (tailles comprises entre 70 et 90 cm). Pour obtenir ce chiffre, nous avons simplement considéré les anguilles ayant franchi Mauzac et n'ayant pas rejoint Tuilières comme mortes. Si nous appliquons cette même méthode cette année, le taux de mortalité s'élève à 47%, ce qui est bien supérieur à l'an passé (7 anguilles sur 15

franchissements turbines à Mauzac n'ont pas atteint l'usine de Tuilières), ce qui conforte l'hypothèse du biais induit par cette technique pour calculer des taux de mortalité suite au passage d'anguilles par des turbines.

La même méthode d'estimation a été appliquée sur le Gave de Pau en 2007, les résultats obtenus se situaient entre 17% et 31% de mortalité par ouvrage (BAU, 2008). Ces chiffres se rapprochent des gammes de valeurs obtenues par GOMES et LARINIER. Au début des années 2000, une autre étude de radiotélémetrie sur la partie hollandaise de la Meuse a montré que les usines hydroélectriques présentes engendraient 16 à 34% de mortalité lors de la migration d'avalaison de l'anguille argentée (WINTER, 2007).

Franchissement des obstacles – Taux de transfert

Le taux de transfert de chaque ouvrage pris indépendamment est important : 94% à Mauzac, 100% à Tuilières et 100% à Bergerac. Ces chiffres expliquent uniquement le fait d'être passé à l'aval de l'ouvrage concerné et ne prend absolument pas en compte les mortalités éventuelles.

Comme l'an passé, le retard occasionné par la présence d'un ouvrage est souvent de durée assez courte, si l'on s'en tient à la retenue au droit direct de l'ouvrage et couverte par nos antennes radio : 82% des anguilles à Mauzac et 70% à Tuilières franchissent l'ouvrage en moins d'une heure. Le seuil de Bergerac a quant à lui été franchi en moins de 10 minutes par 100% des anguilles s'y étant présenté. En revanche, les anguilles ont marqué des arrêts de dévalaison caractérisés en tête de retenue, correspondant plus ou moins au PK 8 à l'amont de Mauzac (7 km en amont du barrage) et au PK -11 à l'amont de Tuilières (3,5 km en amont du barrage). Avant franchissement, ces arrêts durent de 1 à 60 jours. Cette année, 12 anguilles sur les 47 suivies à l'amont de Mauzac ont stoppé définitivement leur migration entre le PK 8 et le PK 3 à l'amont de Mauzac. Ce sont donc les retenues créées par les barrages et les modifications des conditions hydrauliques associées (augmentation de la profondeur et ralentissement du courant notamment) qui semblent perturber la dévalaison et non le franchissement de l'obstacle.

La configuration de chaque site influence directement les voies préférentielles de franchissement. L'équipement important de Mauzac, avec un débit maximum turbiné théorique de 280 m³/s, soit le module de la rivière à Lamonzie, rend les périodes de surverse au barrage rares et en dehors de ces périodes, les anguilles n'ont pas d'autre choix que de s'engager dans le canal d'amenée à l'usine. Une fois dans le canal, la majorité des anguilles passent par les turbines (88%) mais la nouvelle installation de radio-télémetrie à l'usine mise en place cette année nous a permis de montrer que des anguilles pouvaient également emprunter le clapet de défeuillage situé en amont du plan de grille.

A Tuilières, même si le débit maximum turbiné théorique est lui aussi conséquent (420 m³/s soit 1.5 fois le module à Lamonzie), il n'y a pas de canal d'amenée et l'usine fonctionne au fil de l'eau. Les anguilles peuvent ainsi explorer la retenue et privilégier une voie de passage plutôt qu'une autre. Dans ce cas, ce sont généralement les conditions de débit, et notamment de débit turbiné, qui dictent la voie de franchissement empruntée par l'anguille.

Cinétique de dévalaison

De manière similaire à la précédente campagne, la pêcherie de Mauzac a permis d'observer une migration des anguilles d'avalaison en pics successifs : 80% des captures ont été réalisées au cours de 3 pics, représentant 6 jours de pêche sur les 122 pêchés. Les captures entre ces pics sont, pour la plupart, marginales. La plus grosse nuit de capture (le 23 février) représente à elle seule 30% de l'effectif total pêché. Ces périodes ciblées et prolifiques en captures sont observables sur d'autres bassins et d'autres cours d'eau. Par exemple, sur la Nive (64), lors d'une campagne de capture entre le 1^{er} octobre 2000 et le 28 janvier 2001, 496 anguilles argentées ont été capturées dont 436 (88%) la seule nuit du 20 novembre 2000 (GOSSET, 2002). La même tendance est observée sur la Loire, où, malgré la multiplication des pêcheries, la saison de pêche (octobre-février) est découpée en 3 à 6 épisodes de captures, ce qui montre que la migration d'avalaison de l'anguille argentée n'est pas un phénomène continu dans le temps (ACOU, 2010).

Les pics sont concentrés sur les premières heures de la nuit, puisque 71% des captures (84/118) sont faites avant minuit. D'autres auteurs ont également mis en évidence que l'activité migratoire se déroule surtout pendant les deux premières heures après la tombée de la nuit (HARALDSTAD, 1985, HAIN, 1975 ; WINN *et al.*, 1975 ; EUSTON *et al.*, 1997). Le suivi par radiopistage a montré que les anguilles marquées effectuent la descente du cours d'eau depuis les points de lâchers en

plusieurs dévalaisons successives, comme cela a déjà été mis en évidence dans d'autres études de radiotélémetrie (BAU *et al*, 2008). L'analyse de l'indice d'activité migratoire a montré qu'elles migrent toutes pendant les mêmes fenêtres environnementales. Classiquement, ces périodes correspondent en général à des augmentations de débit qui s'accompagnent d'augmentation de la turbidité (cf Conditions de dévalaison).

Conditions de dévalaison

Nous avons vu que les paramètres environnementaux débit et turbidité ont une influence sur la dévalaison des anguilles. Lorsque ces paramètres sont faibles ou modérés, il en résulte peu de captures au niveau de la pêcherie et peu de déplacements (IAM), ou de faibles amplitudes. Pour les franchissements d'ouvrage, on a observé 17 franchissements sur 35 (48%) pour des débits inférieurs au module. Ceci s'explique par la faible hydrologie des mois de janvier à avril.

A l'inverse, lorsque nous assistons à une hausse, souvent soudaine et importante, de ces deux paramètres, le nombre de captures devient significatif et les déplacements et franchissements sont clairement plus nombreux. Ce constat, déjà établi lors de la précédente campagne, a aussi été fait au cours de nombreuses études sur la dévalaison de l'anguille (BAU *et al.*, 2008 ; GOSSET *et al*, 2002 ; CULLEN & McCARTHY, 2003 ; VØLLESTAD, 1994).

Les franchissements de Mauzac et de Tuilières se sont déroulés pour la grande majorité lors des mêmes fenêtres environnementales, de ce fait, les débits de la Dordogne enregistrés lors des franchissements respectifs de chaque ouvrage ne sont pas très différents les uns des autres.

Le débit d'équipement important des 2 ouvrages entraîne des plages de déversement aux barrages notablement réduites, puisque tant que le débit à Mauzac ne dépasse pas le module de la rivière et une fois et demi le module à Tuilières, l'intégralité du débit de la Dordogne est potentiellement turbinée. Ce débit d'équipement important des aménagements de Mauzac et Tuilières a donc une influence déterminante sur la voie de franchissement empruntée par les anguilles dévalantes.

Une fois engagée dans le canal d'amenée de Mauzac, l'anguille est quasi condamnée à un passage par les turbines. Nous avons vu cette année qu'il est possible pour elle de dévaler par le clapet de défeuillage de l'usine (2 sur 15), mais cette probabilité reste faible. En outre, un passage par le clapet ne lui assure pas la survie (zone de réception au pied du clapet non aménagée – dalle béton et blocs, faible profondeur d'eau). Une fois les pertuis franchis, aucune de nos anguilles radiomarquées n'est ressortie du canal d'amenée.

Concernant Tuilières, une fois la consigne des arrêts de turbinage nocturne expirée, 100% des anguilles sont passées turbines. A partir du 1^{er} janvier, le débit d'équipement n'a été dépassé que 2 fois, lors des pics du 13 janvier et du 23 février. L'intégralité des débits a donc été turbinée, ne permettant pas aux anguilles de dévaler par les vannes de crue. Les franchissements sont rapides car en l'absence de déversements au barrage, les groupes en fonctionnement aspirent l'eau et augmentent les vitesses d'écoulement dans la chambre d'eau, réduisant les possibilités d'exploration de la retenue par les individus radio-marqués.

Transfert Mauzac-Tuilières

Si les hausses de débit et de turbidité influencent les franchissements stricts des ouvrages et les Indice d'Activité Migratoire, cela est moins net lors du transfert entre l'usine de Mauzac et celle de Tuilières. Les temps de transit peuvent durer de 4h à 61jr. Afin de se prémunir des éventuelles conséquences d'un passage par les turbines à Mauzac, un lot témoin a été lâché à l'aval de Mauzac. Pour ce lot témoin, le temps maximum de transfert est de 57jr. Les anguilles du lot témoin n'ont pas un temps de transfert inférieur aux anguilles passées par les turbines. Il semble qu'une fois à l'aval de Mauzac, les anguilles ne répondent plus de la même façon aux facteurs déclenchant la dévalaison. Ceci provient du profil et de la dynamique de la rivière totalement modifiés par la présence de la retenue créée par le barrage de Tuilières (secteur profond et lentique), dans les conditions hydrologiques testées.

La faible hydrologie de cette année d'étude a entraîné peu de franchissements, quels que soient les lots. Les arrêts de migration sont peut-être simplement dus au manque d'eau. Lors de la prochaine campagne, il sera intéressant de lâcher à nouveau un lot témoin à l'aval de Mauzac, en souhaitant des conditions hydrologiques plus soutenues.

Pour comparaison, lors d'une étude de radiopistage sur le Gave de Pau, il a été montré que des anguilles parcouraient les 20 kilomètres séparant l'usine d'Artix et de Biron dans des temps allant de 3h à 56 jours pour les anguilles passées turbines et de 3h à 4 jours pour les anguilles passées barrage. (BAU, 2008)

Fenêtre de migration

Avec l'étude commencée au 1^{er} novembre, seulement 26,5% des captures ont été réalisées avant le 31 décembre (4,5% en novembre et 22% en décembre). Les plus grands nombres de captures se retrouvent en janvier (30%) et en février (39%). Le mois de mars compte 4,5% des anguilles pêchées. En ce qui concerne les franchissements, 17% ont été enregistrés au mois de décembre, seulement 6% au mois de janvier contre 40% et 34% au mois de février et mars. Un franchissement a été observé à la fin du mois d'avril représentant 3%. On ne connaît pas le flux de dévalaison qu'il y a eu entre le mois de septembre et le mois de novembre en 2010 (en 2009, aucune capture ne fut recensée au mois de septembre et octobre), donc impossible de savoir quelle proportion représentent les captures à partir du mois de janvier. Toutefois, cela reste une donnée très importante car la bibliographie annonce souvent pour l'anguille argentée, une fenêtre de migration du mois d'octobre au mois de décembre (BERTIN, 1951 ; DURIF, 2003). Durif nuance cependant en affirmant que la dévalaison peut se poursuivre au printemps si les conditions environnementales n'ont pas été favorables au cours de l'hiver. En 2011-2012, il serait intéressant de commencer la pêche le plus tôt possible (septembre) et de la poursuivre le plus longtemps possible (février ? mars ?) afin d'évaluer au mieux l'étendue de la fenêtre de la dévalaison des anguilles argentées. Car s'il s'avère que les anguilles dévalent aussi tard dans l'hiver et au printemps, cela pourrait être une nouvelle donnée pour l'aide à la gestion des ouvrages en vue de favoriser la dévalaison de l'espèce. Sur la Dordogne, si l'on admet que le marquage des anguilles n'induit pas de biais sur leur comportement et que le « patern » i) des captures réalisées à Mauzac par la pêche et ii) des dévalaisons d'anguilles radiomarquées, reflètent correctement les rythmes naturels d'avalaison du stock d'anguilles argentées du bassin de la Dordogne, il apparaît manifestement que **la fenêtre choisie du 01/09 au 31/12 pour les arrêts de turbinés nocturnes lors de la dévalaison 2009-2010 et 2010-2011 ne correspondait pas à la fenêtre principale de dévalaison naturelle qui semble « mobile » selon les conditions de l'année.**

8.2. Difficultés rencontrées lors de l'étude

Faible hydrologie

Les mois de Novembre-Décembre ont connu une hydrologie assez importante mais sans véritable épisode de crue. Les débits ont oscillé entre 300 et 600 m³/s sans jamais passer sous le module (280 m³/s à Lamonzie). En revanche, à partir du mois de janvier, les débits n'ont fait que baisser pour ne plus dépasser le module jusqu'au mois d'avril. Ces conditions ont entraîné des captures tardives, qui ont retardé le marquage et le suivi des anguilles. De ce fait, avant le 31 décembre, seules 24 anguilles équipées d'émetteurs se trouvaient dans l'eau et ont pu profiter des arrêts des turbines à Tuilières. 75% de ces 24 anguilles n'ont eu que 22 jours de migration potentielle avant la fin de la restriction de turbinage nocturne.

Efficacité de la pêche dans le canal d'amenée de Mauzac

Le nombre de capture a été moindre que l'an passé. Le fait que la pêche soit située dans le canal d'amenée de l'usine de Mauzac la rend étroitement dépendante du fonctionnement de cet aménagement. La date de début de pêche a été tardive cette année. Même si la pêche était en place avant l'importante montée des eaux de novembre, l'usine ne fonctionnait pas au maximum de sa capacité, le canal d'amenée n'entonnait donc qu'une faible partie du débit de la rivière, insuffisante pour mettre correctement en tension le chalut de pêche. Pendant cette période, jusqu'au 25 novembre environ, de nombreuses anguilles ont pu dévaler par surverse au barrage sans que nous puissions quantifier le phénomène. En effet, la surverse au niveau des vannes toits de Mauzac a été quasiment continue du début de la pêche (08 novembre) jusqu'au 25 décembre environ.

La casse du câble d'amarrage, le 17 novembre, a également perturbé l'efficacité de la pêche pendant les 5 jours suivants (déplacement temporaire de la barge en rive gauche).

Fiabilisation des enregistrements de débits aux usines

Malgré les données de puissances turbinées à l'usine de Mauzac obtenues auprès d'EDF CIH Toulouse, les données de fonctionnement de l'usine ne sont toujours pas disponibles. Elles sont pourtant nécessaires pour une meilleure compréhension du comportement des anguilles. Les problèmes diagnostiqués sur l'enregistreur de Mauzac devraient être résolus durant l'été 2011 et nous devrions donc disposer des données souhaitées à partir de la prochaine campagne.

La différence entre l'automate de Tuilières et les données DIREN, mise en évidence depuis le début des suivis sur site (printemps 2009), perturbe les analyses de résultats de télémétrie, car les données ne sont pas toujours comparables. Des mesures ADCP ont été effectuées par EDF R&D à différents débits au niveau de Tuilières et de Lamonzie pour estimer les écarts entre les données enregistrées et la réalité. EDF DTG doit également reconfigurer l'automate et y rentrer la nouvelle cote du plan d'eau de Tuilières (31.22 NGF) modifiée lors des travaux en 2009. Les abaques de calcul de la débitance des groupes et des vannes devraient être également modifiés.

Acquisition des données environnementales

L'élaboration du modèle prédictif repose notamment sur les données environnementales acquises aux différentes stations sur le bassin étudié. Toute la difficulté réside dans la prédiction, c'est à dire dans l'anticipation du comportement de la variable un à deux jours à l'avance. Pour cela, il faut se baser sur un réseau de mesure fiable. Le doublement des sondes de turbidité au niveau des stations de Terrasson et de Mauzac a permis d'améliorer l'acquisition de données sur ces stations et d'obtenir des meilleures chroniques qu'en 2009-2010. Le seul souci rencontré concerne la station de Lanzac, dont il manque deux mois de données de turbidité. Cette station n'avait pas été doublée pour cette campagne. Il semble donc souhaitable d'équiper cette station d'une deuxième sonde de turbidité.

8.3. Perspectives pour le suivi 2011-2012

Nous avons utilisé le même modèle d'émetteur que lors de la première campagne (ATS F1820), leur utilisation s'est révélée satisfaisante. Cependant, en raison des faibles conditions hydrologiques, les anguilles suivies ont marqué de nombreux arrêts avant de reprendre leur dévalaison, mais n'ont pas pu être enregistrées lors de leur franchissement car la durée de vie de la batterie des émetteur n'était pas assez longue. Afin d'économiser quelques jours d'émission, il faudrait ne plus prendre l'option « double bip » des émetteurs, indiquant l'arrêt d'une anguille, qui est consommatrice d'énergie et n'apporte pas d'indication capitale pour notre suivi.

Concernant l'installation de télémétrie, il serait opportun d'améliorer l'antenne de la chambre d'eau de Mauzac. Celle-ci n'est composée que de 3 brins immergés, espacés d'environ 20 mètres. Afin d'optimiser la réception, il faudrait passer à 6 brins. L'installation d'une station de réception sur le site de Bergerac a permis d'obtenir des informations précieuses sur le devenir des anguilles suivies après le passage de Tuilières. La même installation sera donc reconduite lors de la prochaine campagne.

Cette année, 3 lots d'anguilles ont été marqués et lâchés, dont 1 à l'aval de Mauzac. Le même protocole sera suivi pour l'étude à venir. Le nombre d'anguilles radiomarquées relâchées à l'aval de Mauzac (« lot témoin ») pourra être augmenté. En revanche, aucune anguille n'a pu être marquée pour l'opération de capture-marquage-recapture. Si le nombre d'anguille pêché en 2011-2012 le permet, cette opération sera reconduite comme lors de l'étude 2009-2010.

9. CONCLUSION

Cette étude 2010-2011 de l'efficacité du dispositif de dévalaison de Tuilières pour les anguilles d'avalaison constitue la seconde année de suivi. Seuls 18 anguilles radiomarquées ont franchi l'ouvrage de Tuilières, dont 2 (soit 11%) par les vannes de crue, lors de la période d'arrêt de turbinage nocturne (18h-6h) et 16 (soit 89%) par les turbines, une fois la période d'arrêt de turbinage nocturne terminée. Les résultats obtenus, liés en partie aux conditions hydrologiques, restent donc très parcellaires et ne permettent pas de conclure sur les objectifs principaux de l'étude, à savoir d'évaluer l'efficacité des arrêts de turbinage nocturne à Tuilières pour les anguilles d'avalaison. Toutefois, ils laissent entrevoir certaines tendances.

L'efficacité de la pêche n'a pas pu être estimée par CMR cette année en raison du faible nombre de captures. Pour rappel, en 2009-2010, le taux de recapture des individus marqués était de 7,5%. L'efficacité de la pêche n'est pas connue non plus pour des conditions de débits soutenus. Les données sont donc bien évidemment insuffisantes pour obtenir une estimation précise du stock dévalant d'anguilles argentées sur le bassin de la Dordogne en amont de Mauzac. En revanche, ces deux premières années de suivi ont permis de révéler un stock d'anguille d'une excellente qualité sanitaire et dont l'argenture a été confirmée pour plus de 89% des individus (individus ayant entamé leur migration d'avalaison, d'après les critères utilisés par Durif, 2003). Il est à noter également, que 100% des individus dévalant sont des femelles, toujours d'après les critères de Durif (sur la Loire, taille des mâles l'argenture < 47cm).

Malgré le lot témoin d'anguilles relâché à l'aval de l'usine de Mauzac, aucune tendance ne ressort dans les temps de transit entre les ouvrages de Mauzac et de Tuilières (la durée de transfert entre les ouvrages peut varier de 14 heures à plus de 57 jours pour les anguilles lâchées à l'aval de Mauzac, et de 4 heures à plus de 60 jours pour les anguilles lâchées à l'amont de Mauzac). En effet, quel que soit le lieu de lâcher des anguilles, une fois à l'aval de l'usine de Mauzac, celles-ci ne répondent plus de manière aussi nette aux stimuli environnementaux (turbidité, débit) que les anguilles situées à l'amont de l'ouvrage, dans les conditions hydrologiques rencontrées cette année. Si le passage par les turbines de Mauzac n'explique pas ces retards, la présence de la retenue de Tuilières, impliquant un milieu lentique et profond sur environ 15 kilomètres, influence la perception des facteurs déclenchant la dévalaison par les anguilles argentées. Ces observations ne restent valables que pour les conditions hydrologiques testées qui ont été globalement faibles (Q Lamonzie < 400 m³/s) durant la période où un nombre significatif d'anguilles radio-marquées se trouvaient entre les 2 ouvrages. Il reste donc nécessaire d'observer le comportement de nouvelles anguilles radio-marquées pour des débits supérieurs à ceux rencontrés pendant la présente étude.

Tout comme l'an passé, la période d'arrêts des turbinés (toutes les nuits du 1^{er} septembre au 31 décembre) n'était visiblement pas bien ajustée avec les périodes de mouvements des anguilles (72% des captures et 80% des franchissements après le 31 décembre). Les fenêtres de dévalaison de l'anguille étant fortement liées aux paramètres mésologiques (débit, turbidité,...), il reste essentiel de continuer à recueillir un maximum de données fiables concernant ces critères environnementaux afin d'alimenter les connaissances sur ce bassin. Ces dernières doivent à terme permettre d'élaborer des modèles fiables de prédiction de pics de dévalaison d'anguilles, en fonction des paramètres mésologiques, afin de pouvoir « piloter » les arrêts nocturnes de turbinage à Tuilières et ne plus s'en tenir à des arrêts calendaires visiblement perfectibles.

BIBLIOGRAPHIE

- ACOU A., BOURY P., BOISNEAU C., BODIN M et FEUNTEUN M., 2010.** Estimation du potentiel reproducteur en anguilles argentées de la Loire amont : saisons de migration 2001-05 à 2008-09. Rapport du Muséum National d'Histoire Naturelle, CRESCO, Dinard.
- ADAM G., 2008.** L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation. Editions QUAE, 393p.
- APRAHAMIAN M.W., 1988.** Age structure of eel (*Anguilla anguilla*, L.) population in the rivers Severn (England) and Dee (Wales). *Aquac. Fish. Manag.*, **19**, 365-376.
- BARAS E., 2001.** Manuel de Biotéléométrie Aquatique.
- BARAS E. et CHERRY B., 1990.** Seasonal activities of female *Barbus barbus* (L.) in the river Ourthe (Southern Belgium), as revealed by radio tracking. *Aquatic Living Resources*, **3**, 283-294.
- BARAS E. et LAGARDERE J.P., 1995.** Fish telemetry in aquaculture : review and perspectives. *Aquaculture International*, **3**, 77-102.
- BAU F., GOMES P., BORDES N., LARINIER M., TRAVADE F. et DE OLIVEIRA E., 2008.** Suivi par radiopistage de la dévalaison de l'anguille argentée sur le Gave de Pau au niveau des ouvrages hydroélectriques d'Artix, Biron, Castetarbe, Baigts et Puyoo (2007-2008). Rapport GHAAPPE RA 08.06, 77p.
- BERTIN L., 1951.** Les anguilles. Variation, croissance, euryhalinité, toxicité, hermaphrodisme juvénile et sexualité, migrations, métamorphose. Payot, Paris. 188 p.
- CAZENEUVE L., LAGARRIGUE T. et LASCAUX J.M., 2008.** Caractérisation des éclusées et aperçu de leurs impacts sur les alvins de salmonidés sur les rivières Cère et Vézère. 24 p + annexes. Rapport E.CO.G.E.A pour MI.GA.DO 18D-08-RT.
- CAZENEUVE L. et LASCAUX J.M., 2008.** Les éclusées sur la Cère à l'aval de Brugales - Analyses hydrologiques, premiers suivis biologiques, esquisse hydro-morphologique de la rivière. 21 p. + annexes. Rapport E.CO.G.E.A pour MI.GA.DO 4D-08-RT.
- COURRET D., LARINIER P., LASCAUX J.M., CHANSEAU M. et LARINIER M., 2006.** Etude pour une limitation des effets des éclusées sur la Dordogne en aval de l'aménagement du Sablier pour le saumon atlantique. Modélisation secteur Argentan – Saulières. MIGADO, GHAAPPE, SIEE.
- COURRET D., LARINIER P., LASCAUX J.M., CHANSEAU M. et LARINIER M., 2006.** Etude pour une limitation des effets des éclusées sur la Dordogne en aval de l'aménagement du Sablier pour le saumon atlantique. Modélisation secteur Saulières – Rodanges. MIGADO, GHAAPPE, SIEE.
- CULLEN P. et McCARTHY T.K., 2003.** Hydrometric and meteorological affecting the seaward migration of silver eels (*Anguilla anguilla*, L.) in the lower River Shannon. *Environmental Biology of Fishes*, **67**, 349-357.
- DURIF C., 2003.** La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* : caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. Université de Toulouse III, thèse de doctorat, 350p.
- ECOGEA, 2011.** Evaluation de l'efficacité du dispositif de dévalaison au niveau de l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières (Dordogne) pour les anguilles d'avalaison. Résultats des tests de l'automne-hiver 2009-2010. 98p.
- EUSTON E.T., ROYER D.D. et SIMONS C.L., 1997.** Relationship of emigration of silver American eels (*Anguilla rostrata*) to environmental variables at a Low Head Hydro Station. Proceedings of the International Conférence on Hydropower, held Aug., 5-8, 1997, Atlanta, GA.
- FONTAINE Y.A., 1994.** L'argenture de l'anguille : métamorphose, anticipation, adaptation. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, **335** : 171-186.
- GOMES P. et LARINIER M., 2008.** Dommages subis par les anguilles lors de leur passage au travers des turbines Kaplan. Etablissement de formules prédictives. Rapport GHAAPPE RA 08.05, 75p.

- GOSSET C., TRAVADE F., DURIF C., RIVES J., GARAI COECHEA C. et ELIE P., 2002.** ETUDE DES DISPOSITIFS DE DEVALAISON POUR L'ANGUILLE ARGENTEE. Test de deux exutoires de dévalaison à la centrale hydroélectrique de Halsou (Nive – 64). INRA/EDF, 46p.
- GIRARD P. et ELIE P., 2007.** Manuel d'identification des principales lésions anatomo-morphologiques et des principaux parasites externes des anguilles. CEMAGREF / Association « Santé Poissons Sauvages ». Etude Cemagref n°110 – Groupement de Bordeaux. 81p.
- GIRARD P., 2009.** Evaluation de l'état sanitaire des anguilles de la Loire avant leur transfert vers d'autres bassins versants. Mission du 19 novembre 2009.3p.
- HAIN J. H. W., 1975.** The behaviour of migration eels, *Anguilla rostrata*, in response to current, salinity and lunar period. Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, **27**, 211-233.
- HARALDSTAD O., VØLLESTAD L.A. et JONSSON B., 1985.** Descent of European silver eel, *Anguilla anguilla* L., in a Norwegian watercourse. Journal of Fish Biology, **26**, 37-41.
- LAGARRIGUE T., FREY A. et MENNESSIER J.M., 2009.** Evaluation de l'efficacité du dispositif de dévalaison au niveau de l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières (Dordogne) pour les smolts de saumon atlantique. Résultats des tests du printemps 2009. ECOGEA 39p.
- LAGARRIGUE T., MENNESSIER J.M. et FREY A., 2010.** Evaluation de l'efficacité du dispositif de dévalaison au niveau de l'aménagement hydroélectrique EDF de Tuilières (Dordogne) pour les smolts de saumon atlantique. Résultats des tests du printemps 2010. ECOGEA 56p.
- LAMBERT P., 2005.** Exploration multiscalaire des paradigmes de la dynamique de la population d'anguilles européennes à l'aide d'outils de simulation. Thèse Université Bordeaux 1, Cemagref. 239p.
- OLIVEIRA K., McCLEAVE J.D. et WIPPELHAUSER G. S., 2001.** Regional variation and the effect of lake: river area on sex distribution of American eels. *J. Fish Biol.*, **58**, 943-952.
- PANKHURST N.W., 1982.** Relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the European eel *Anguilla anguilla* (L.). *J. Fish Biol.*, **21** : 127-140.
- TRAVADE F., LARINIER M., SUBRA S., GOMES P. et DE OLIVEIRA E., 2009.** Franchissement des aménagements hydroélectriques par l'anguille argentée en dévalaison . Etude des voies de franchissement de l'usine hydroélectrique de Baigts-de-Béarn (64). Test d'exutoire de dévalaison et de grilles fines. Rapport GHAAPPE RA09.05, 66p.
- VØLLESTAD L.A., JONSSON B., HVIDSTEN N.A. et NAESJE T.F., 1994.** Experimental test of environmental factors influencing the seaward migration of European silver eels. *Journal of Fish Biology* **45**: 641-651.
- WINN H.E., RICHKUS W.A. et WINN L.K., 1975.** Sexual dimorphism and natural movements of the American eel (*Anguilla rostrata*) in Rhode Island streams and estuaries. Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, **27**, 156-166.
- WINTER H.V., JANSEN H.M. et BREUKELAAR A.W., 2007.** Silver eel mortality during downstream migration in the River Meuse, from a population perspective. *ICES Journal of Marine Science*, **64**: 1444-1449.
- WINTER J.D., 1983.** Underwater biotelemetry. *Fisheries techniques*, American Fisheries Society, Bethesda, 371-395.

ANNEXES

Annexe A : Synthèse des caractéristiques des anguilles radio-marquées

Fréquence	Code	Date de capture	Date marquage	Lt (mm)	Pds (g)	Diamètre de l'œil (mm)			Diamètre tête (mm)		diamètre corps (mm)		pectorale (mm)	Lâcher	
						Dh	Dv	IO	Horiz	Vert	Horiz	Vert		date	lieu
48421	01	9-10 nov	15-nov	862	1207	9.6	8.5	7.5	36.8	38.9	37.7	55.3	45.2	23-nov	M
48421	02	10-11 nov	15-nov	776	760	10.1	9.5	9.7	23.3	26.3	32.5	39.8	39.0	23-nov	M
48421	03	10-11 nov	15-nov	843	1044	9.9	9.0	8.3	28.2	33.8	34.5	42.8	45.9	23-nov	D
48421	04	10-11 nov	15-nov	760	851	9.5	8.7	8.5	26.5	25.5	30.9	37.4	36.6	23-nov	V
48421	05	10-11 nov	15-nov	745	704	11.1	9.9	11.5	26.7	24.3	29.9	34.9	34.0	23-nov	V
48421	06	15-16 nov	16-nov	829	960	9.8	8.4	7.8	28.8	30.4	38.2	48.5	43.4	23-nov	D
48421	7.5	02-03 déc	06-déc	760	828	9.6	9.0	8.9	25.3	26.9	30.8	40.4	37.5	09-déc	D
48421	08	02-03 déc	06-déc	728	750	9.6	8.7	9.1	22.3	25.9	33.4	40.2	39.9	09-déc	D
48421	09	02-03 déc	06-déc	768	816	10.5	10.5	11.3	27.2	27.6	33.0	36.5	36.1	09-déc	V
48421	11	02-03 déc	06-déc	746	865	11.1	10.4	12.2	24.9	27.1	32.7	39.3	40.6	09-déc	V
48421	12	sem 49	13-déc	825	1006	10.2	10.0	9.7	23.8	23.0	36.6	38.7	40.2	14-déc	D
48421	13	sem 49	13-déc	779	744	8.1	7.6	6.2	22.7	22.7	28.2	36.0	34.6	14-déc	D
48421	14	sem 49	13-déc	819	1058	9.7	9.8	9.1	27.2	24.9	33.6	39.4	36.6	14-déc	D
48421	15	sem 49	13-déc	814	1150	9.3	8.4	7.6	25.7	28.1	36.3	45.2	41.0	14-déc	D
48421	16	sem 49	13-déc	739	833	8.9	8.9	8.4	21.0	26.4	31.9	39.9	36.9	14-déc	D
48421	17	sem 49	14-déc	734	824	7.5	7.6	6.1	22.7	25.4	29.6	37.3	36.4	15-déc	V
48421	18	sem 49	14-déc	817	1041	10.2	10.2	10.0	33.4	36.1	40.8	52.1	35.3	15-déc	V
48421	19	sem 49	14-déc	636	510	6.6	7.6	6.3	20.5	24.9	25.0	32.4	34.1	15-déc	V
48421	20	sem 49	14-déc	729	810	9.3	9.2	9.2	30.1	31.2	36.5	46.5	38.5	15-déc	V
48421	21	sem 49	14-déc	716	731	7.6	7.8	6.5	26.0	26.1	27.8	34.5	36.3	15-déc	V
48421	22	sem 49	15-déc	843	1105	9.0	9.3	7.8	26.4	28.7	32.4	42.7	45.4	16-déc	D
48421	23	sem 49	15-déc	833	1104	9.1	9.4	8.1	26.6	32.1	37.6	43.0	36.2	16-déc	V
48421	24	sem 49	15-déc	798	827	9.2	8.4	7.6	26.5	27.8	30.0	39.6	37.6	16-déc	D
48421	26	sem 49	15-déc	788	849	9.1	10.6	9.6	23.1	24.5	29.5	37.5	36.0	16-déc	V

Tableau 22 : Synthèse des caractéristiques des anguilles de la Fréquence 48421

Fréquence	Code	Date de capture	Date marquage	Lt (mm)	Pds (g)	Diamètre de l'œil (mm)			Diamètre tête (mm)		diamètre corps (mm)		pectorale (mm)	Lâcher	
						Dh	Dv	IO	Horiz	Vert	Horiz	Vert		date	lieu
48201	01	27-28 nov	06-déc	696	635	10.3	9.7	11.3	23.8	25.8	27.9	31.9	32.4	09-déc	M
48201	11	02-03 déc	06-déc	786	951	9.6	10.0	9.6	26.8	31.5	35.2	44.6	38.4	09-déc	M
48201	5	sem 49	14-déc	818	1125	9.4	9.2	8.3	26.3	28.9	35.2	42.6	42.5	20-déc	M
48201	00	sem 49	14-déc	849	1175	10.3	9.7	9.3	26.2	33.2	38.7	46.0	41.8	20-déc	M
48201	06	sem 49	15-déc	819	1020	10.1	9.7	9.4	28.1	32.2	35.9	40.2	39.8	20-déc	M
48201	7.5	sem 49	15-déc	758	814	10.2	9.6	10.1	25.7	28.3	31.3	37.2	34.9	20-déc	M
48201	9	sem49	16-déc	724	755	8.5	7.6	7.0	25.0	27.4	33.7	41.2	38.7	20-déc	M
48201	4	sem49	16-déc	728	784	8.9	9.7	9.3	26.0	28.7	31.5	38.8	40.4	20-déc	M
48201	02	12-13 janv	19-janv	689	619	7.1	7.6	6.2	20.6	23.7	26.8	31.7	30.8	24-janv	M
48201	03	12-13 janv	19-janv	763	775	8.6	9.0	7.9	22.9	29.0	30.2	34.7	35.9	24-janv	M
48201	12	12-13 janv	19-janv	804	1075	9.9	10.1	9.7	29.1	30.4	35.4	43.0	45.2	24-janv	M
48201	13	12-13 janv	19-janv	690	593	8.1	7.9	7.3	21.0	24.5	27.3	32.9	34.8	24-janv	M
48201	14	22-23 févr	23-févr	702	623	9.1	8.9	9.1	22.4	22.2	28.5	34.7	38.6	28-févr	M
48201	15	22-23 févr	23-févr	869	1230	10.5	9.7	9.3	26.6	32.3	40.1	50.8	41.6	28-févr	M
48201	16	22-23 févr	23-févr	837	1485	11.4	11.5	12.3	29.9	33.5	37.5	54.8	44.0	28-févr	M
48201	17	22-23 févr	23-févr	847	1133	9.7	9.9	8.9	25.9	34.7	35.5	46.3	41.6	28-févr	M
48201	18	22-23 févr	23-févr	824	995	11.3	9.6	10.4	26.2	27.4	36.2	42.2	45.2	28-févr	M
48201	19	22-23 févr	23-févr	783	900	9.2	9.3	8.6	22.5	28.9	31.8	39.2	37.1	28-févr	M
48201	20	22-23 févr	23-févr	778	946	9.1	9.5	8.7	23.2	27.7	33.5	40.9	43.1	28-févr	M
48201	21	23-24 févr	24-févr	769	847	8.9	9.1	8.3	26.8	30.8	31.2	39.8	37.0	28-févr	M
48201	22	23-24 févr	24-févr	760	927	8.8	9.0	8.2	25.1	27.8	31.7	41.3	39.6	28-févr	M
48201	23	23-24 févr	24-févr	751	865	10.8	9.7	11.0	24.2	30.6	33.0	38.2	38.2	28-févr	M
48201	24	23-24 févr	24-févr	782	974	10.4	10.0	10.4	24.2	29.2	32.9	41.5	44.2	28-févr	M
48201	26	23-24 févr	24-févr	819	1006	10.6	9.7	9.8	22.9	27.1	33.2	42.1	42.4	28-févr	M

Tableau 23 : Synthèse des caractéristiques des anguilles de la Fréquence 48201

Fréquence	Code	Date de capture	Date marquage	Lt (mm)	Pds (g)	Diamètre de l'œil (mm)			Diamètre tête (mm)		diamètre corps (mm)		pectorale (mm)	Lâcher	
						Dh	Dv	IO	Horiz	Vert	Horiz	Vert		date	lieu
48351	00	12-13 janv	13-janv	737	718	7.9	8.8	7.4	23.5	25.6	28.7	38.4	37.4	24-janv	V
48351	01	12-13 janv	13-janv	806	1075	9.7	8.9	8.4	28.4	31.4	37.4	47.6	48.6	24-janv	V
48351	02	12-13 janv	13-janv	819	1138	8.5	8.3	6.8	28.1	29.3	34.1	46.7	38.0	24-janv	V
48351	03	12-13 janv	13-janv	734	798	8.6	9.1	8.3	24.4	28.0	31.7	39.2	39.9	24-janv	V
48351	04	12-13 janv	13-janv	802	1062	10.5	9.7	10.0	27.8	30.4	35.5	41.4	40.2	24-janv	V
48351	05	12-13 janv	13-janv	762	920	11.0	10.3	11.6	27.4	31.0	35.2	42.7	42.4	24-janv	V
48351	06	12-13 janv	13-janv	791	908	9.9	9.7	9.5	28.8	31.0	36.9	42.7	36.8	24-janv	V
48351	75	12-13 janv	13-janv	774	815	9.3	8.5	8.0	25.4	30.4	32.2	42.1	41.0	24-janv	V
48351	08	12-13 janv	13-janv	886	1398	11.0	10.8	10.5	35.6	42.3	43.1	58.5	46.3	24-janv	V
48351	09	12-13 janv	17-janv	736	715	9.5	9.2	9.3	21.6	24.3	29.2	39.1	37.6	24-janv	V
48351	11	12-13 janv	17-janv	785	865	9.2	9.7	8.9	24.8	29.3	31.2	39.1	41.1	24-janv	V
48351	12	12-13 janv	17-janv	816	1251	10.5	10.2	10.3	32.7	33.5	39.8	53.0	45.7	24-janv	V
48351	13	12-13 janv	17-janv	640	545	8.9	7.8	8.5	21.2	25.6	25.2	32.7	32.2	24-janv	D
48351	14	12-13 janv	17-janv	758	842	8.2	8.2	6.9	25.5	29.0	30.2	39.5	40.1	24-janv	D
48351	15	12-13 janv	17-janv	753	686	10.3	9.6	10.3	25.3	27.0	28.6	31.4	41.2	24-janv	D
48351	16	12-13 janv	17-janv	771	1031	9.6	9.6	9.4	29.2	32.3	36.4	42.4	44.7	24-janv	D
48351	17	12-13 janv	18-janv	767	863	7.9	8.1	6.6	24.2	27.7	31.3	38.8	37.3	24-janv	D
48351	18	12-13 janv	18-janv	804	942	10.0	9.4	9.2	24.5	27.3	32.1	38.4	44.5	24-janv	D
48351	19	12-13 janv	18-janv	784	890	8.4	8.2	6.8	25.9	31.5	31.1	41.4	41.0	24-janv	D
48351	20	12-13 janv	18-janv	811	1008	8.6	9.5	7.9	29.5	30.7	32.3	44.3	44.4	24-janv	D
48351	21	12-13 janv	18-janv	814	979	9.7	9.0	8.4	22.6	29.2	31.5	40.2	41.2	24-janv	D
48351	22	12-13 janv	18-janv	735	823	10.0	9.5	10.1	25.6	28.5	33.7	36.9	38.4	24-janv	D
48351	23	12-13 janv	18-janv	797	974	12.2	11.5	13.9	30.3	32.0	32.8	41.0	42.3	24-janv	D
48351	24	12-13 janv	18-janv	771	1011	7.5	8.2	6.2	25.2	32.6	33.4	41.6	40.4	24-janv	D
48351	26	12-13 janv	18-janv	750	727	9.8	9.1	9.4	23.2	26.7	28.7	36.9	39.0	24-janv	D

Tableau 24 : Synthèse des caractéristiques des anguilles de la Fréquence 48351

Annexe B : Conditions de débit et de turbidité lors des déplacements des anguilles radio-marquées entre les points de lâchers et Mauzac

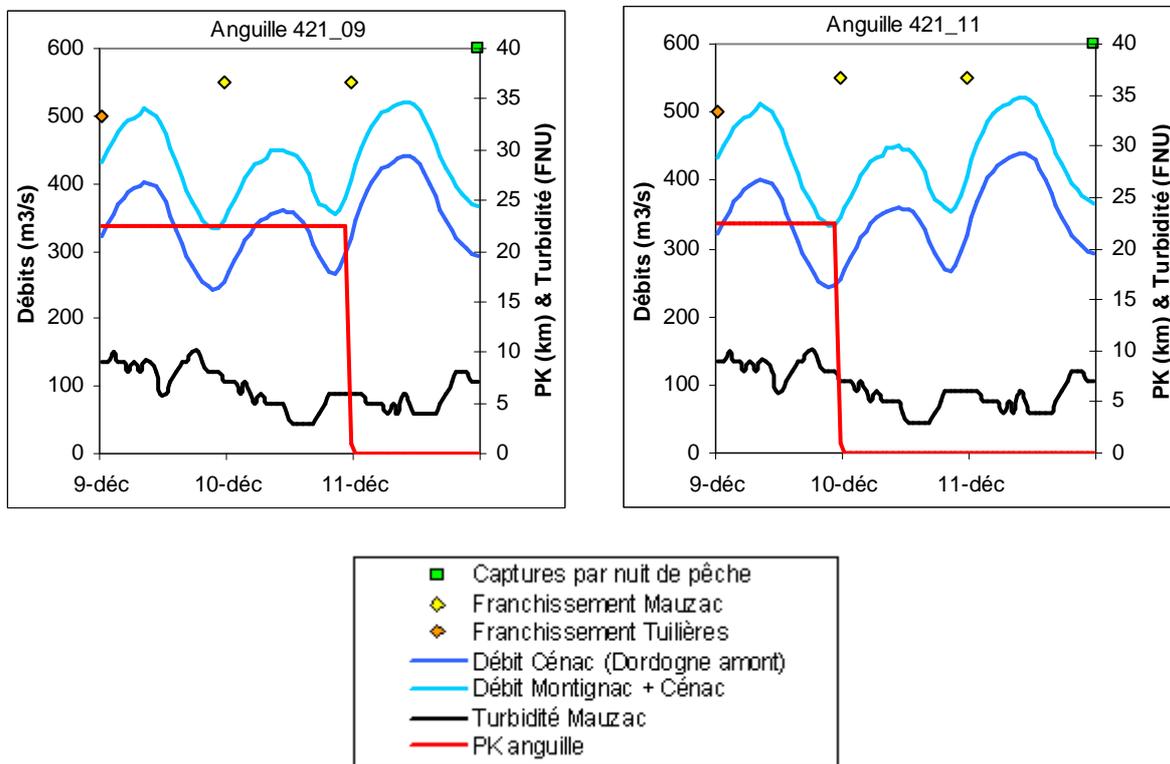


Figure 59 : Anguilles lâchées sur la Vézère dévalant sur un pic de turbidité et/ou de débit

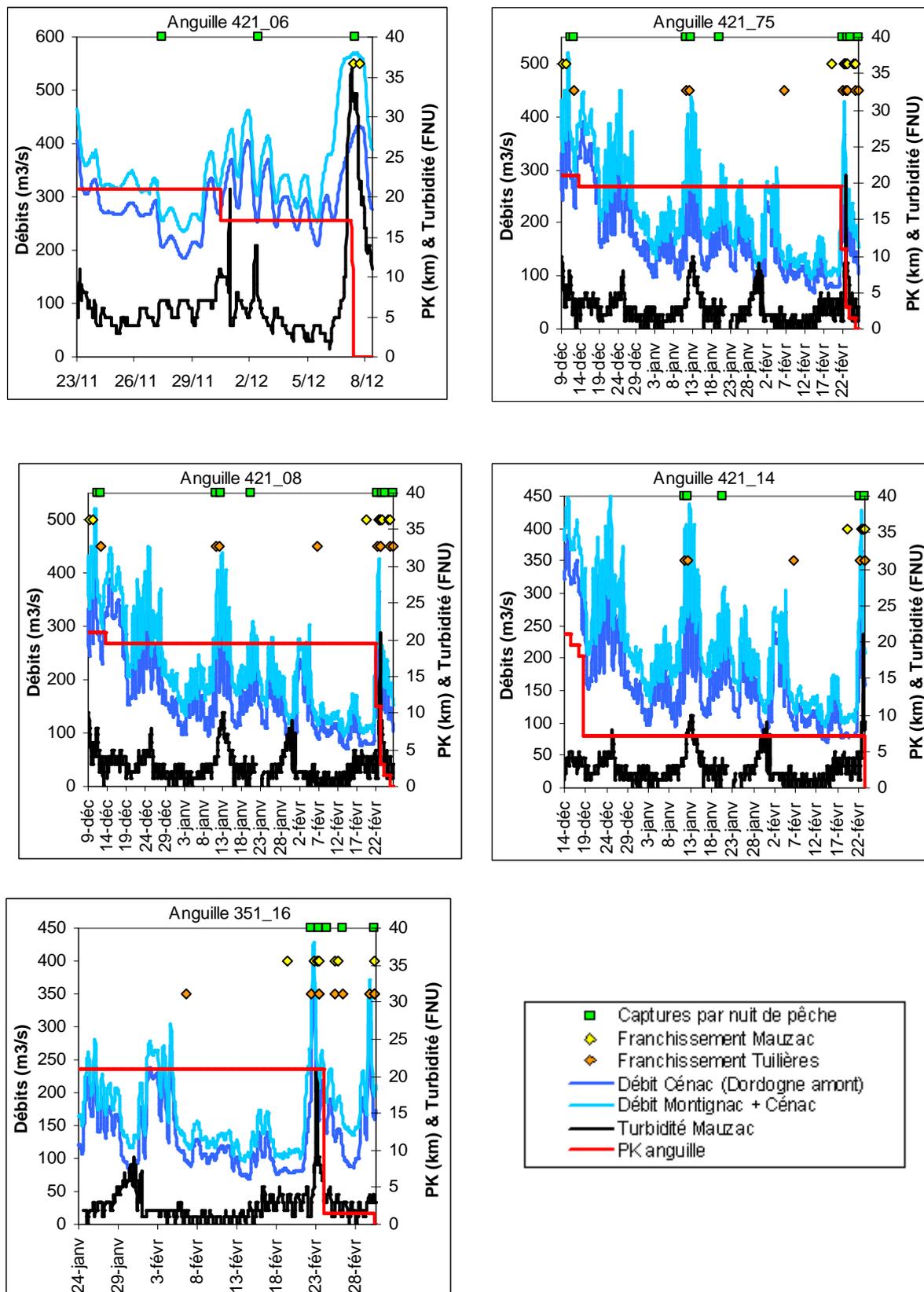


Figure 60a : Anguilles lâchées sur la Dordogne ne dévalant pas au premier pic de turbidité et/ou de débit

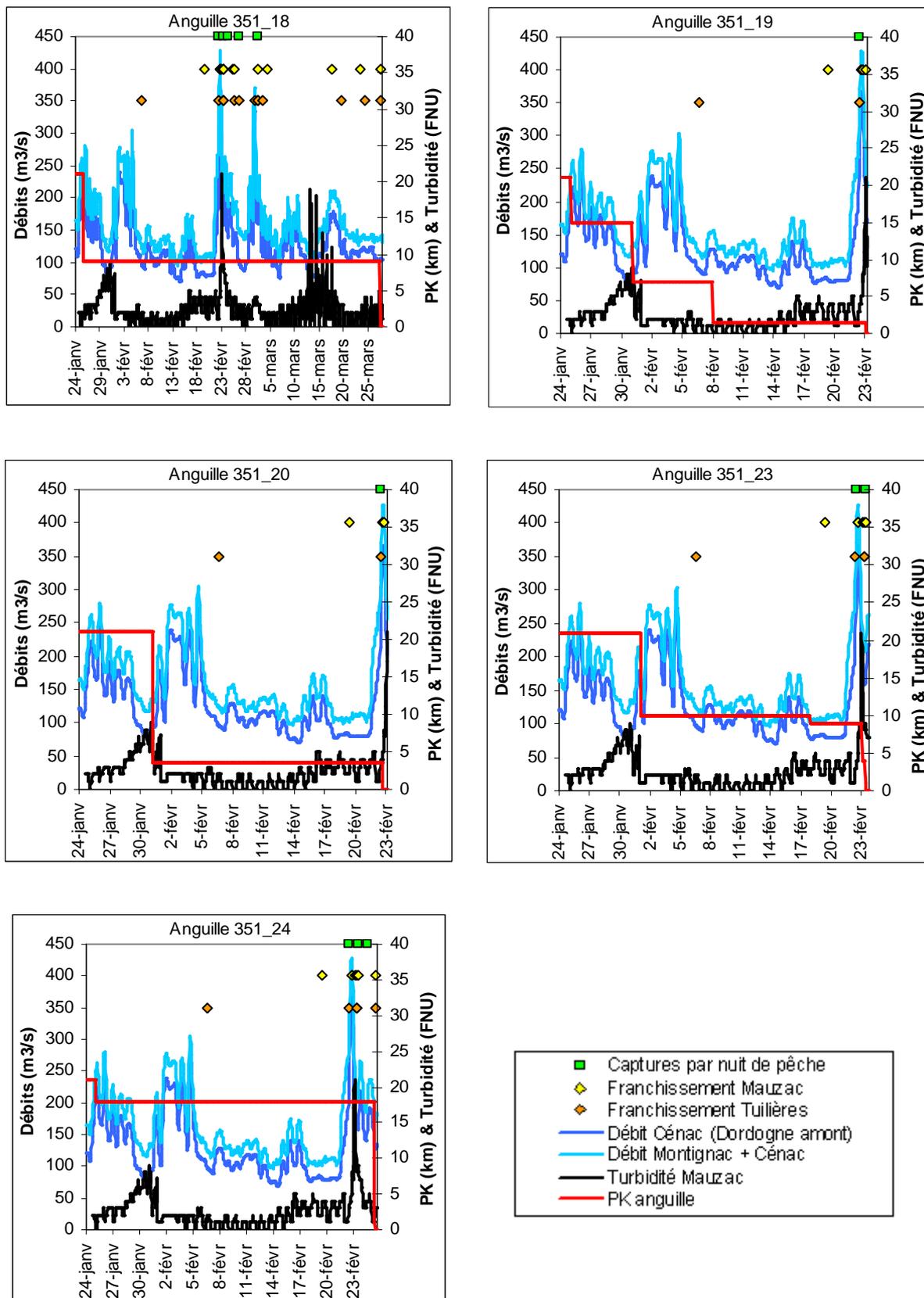


Figure 60b : Anguilles lâchées sur la Dordogne ne dévalant pas au premier pic de turbidité et/ou de débit

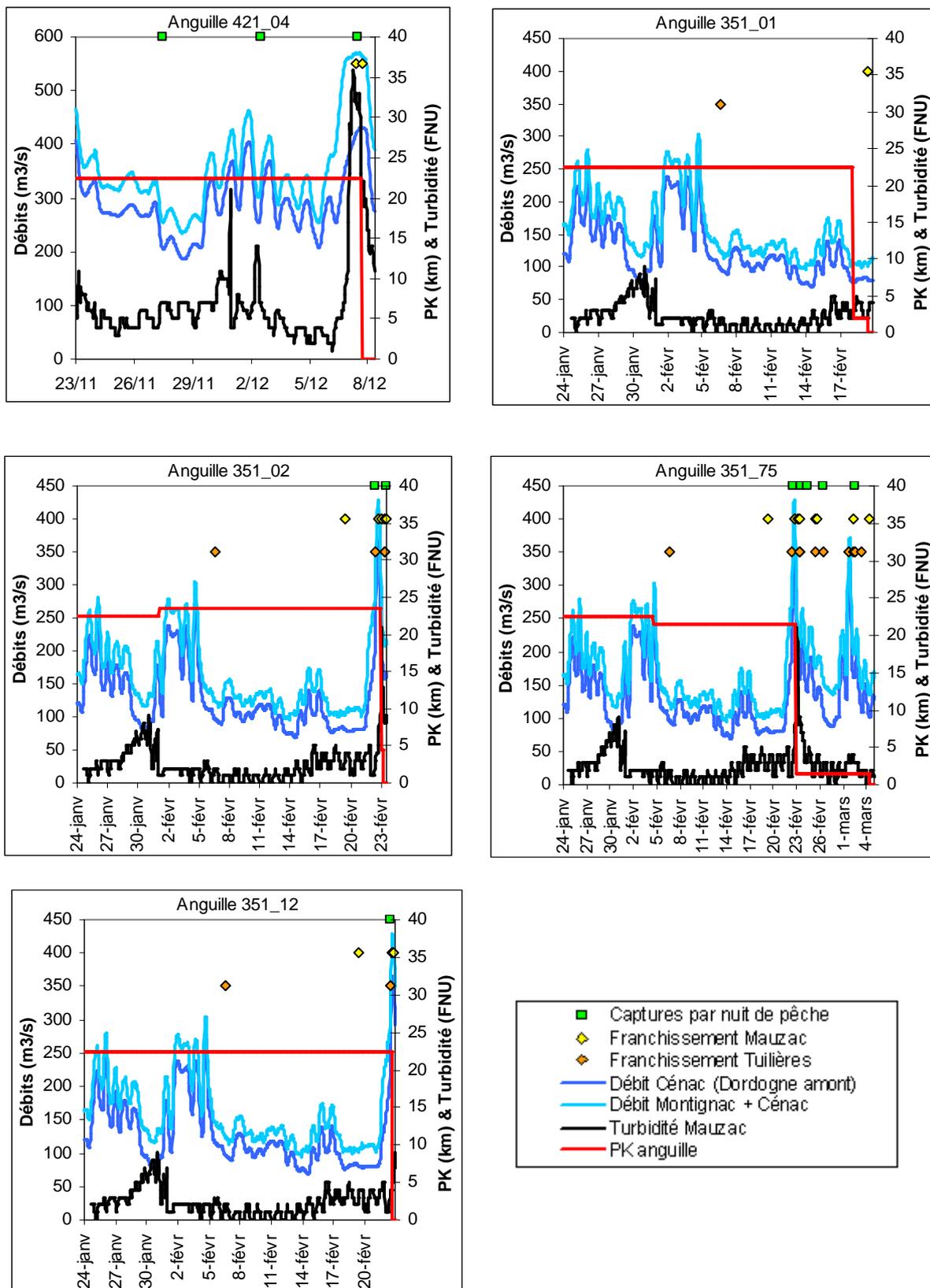


Figure 63 : Anguilles lâchées sur la Vézère ne dévalant pas au premier pic de turbidité et/ou de débit

Annexe C : Conditions de débit et de turbidité lors des déplacements des anguilles radio-marquées entre Mauzac et Tuilières

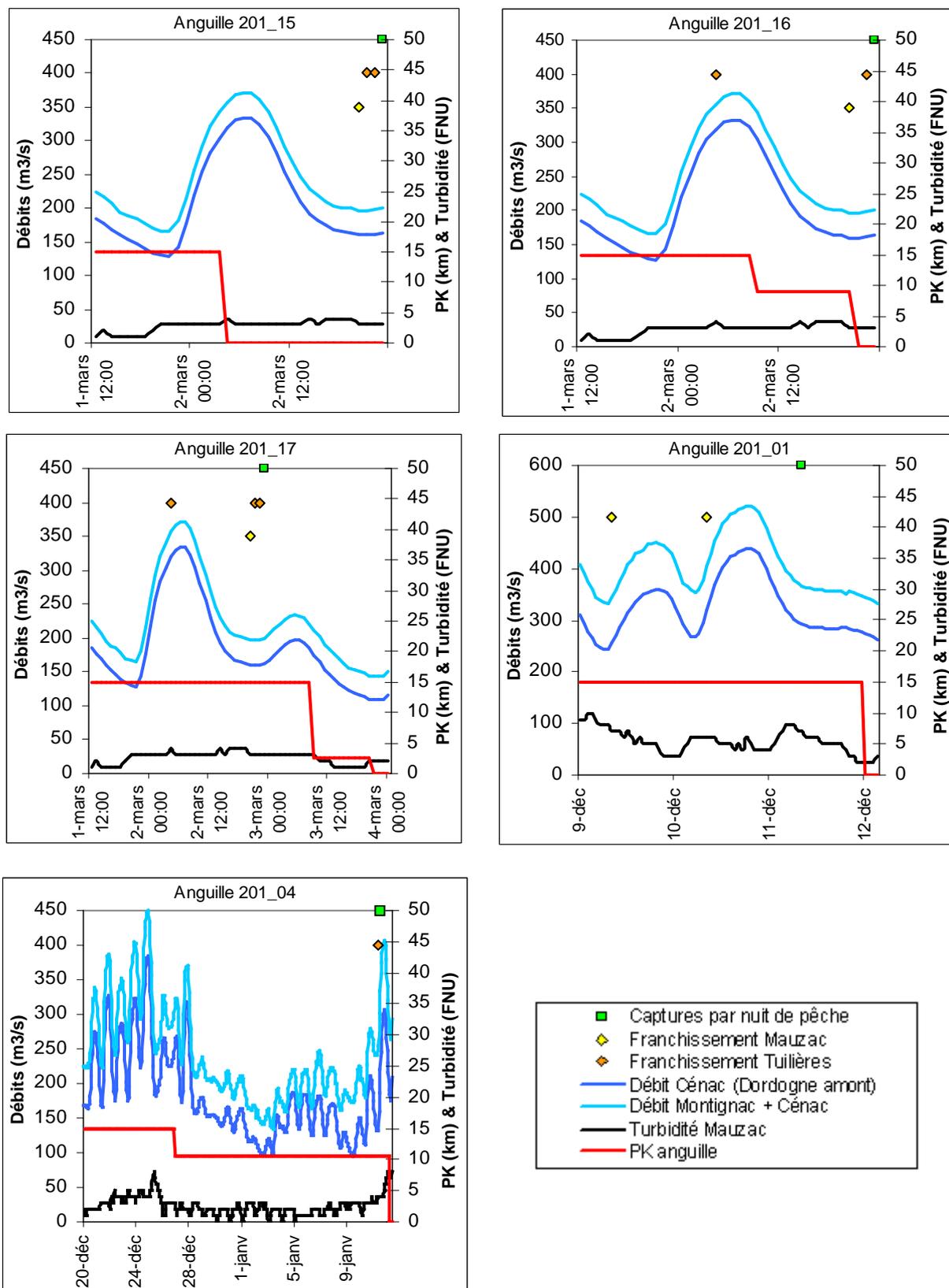


Figure 64a : Transfert Mauzac-Tuilières des anguilles du lot témoin lors de pics de débit et/ou de turbidité

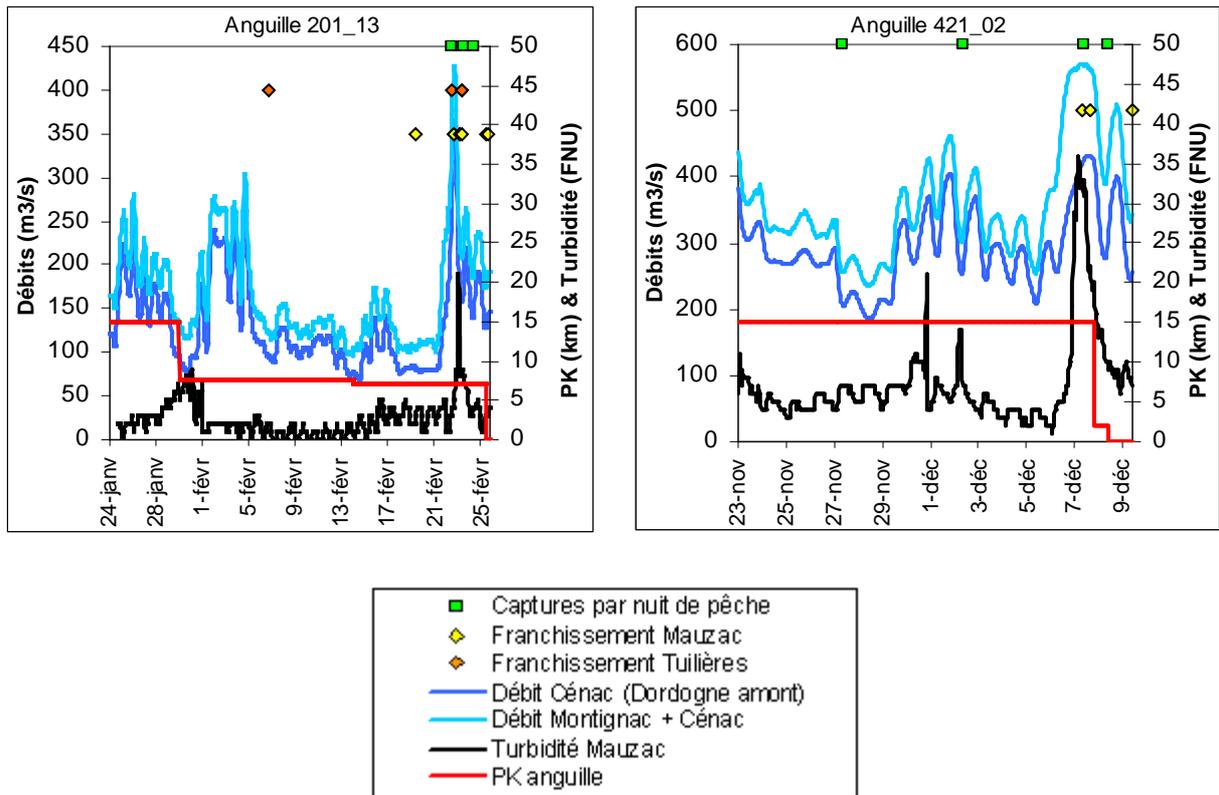


Figure 64b : Transfert Mauzac-Tuilières des anguilles du lot témoin lors de pics de débit et/ou de turbidité

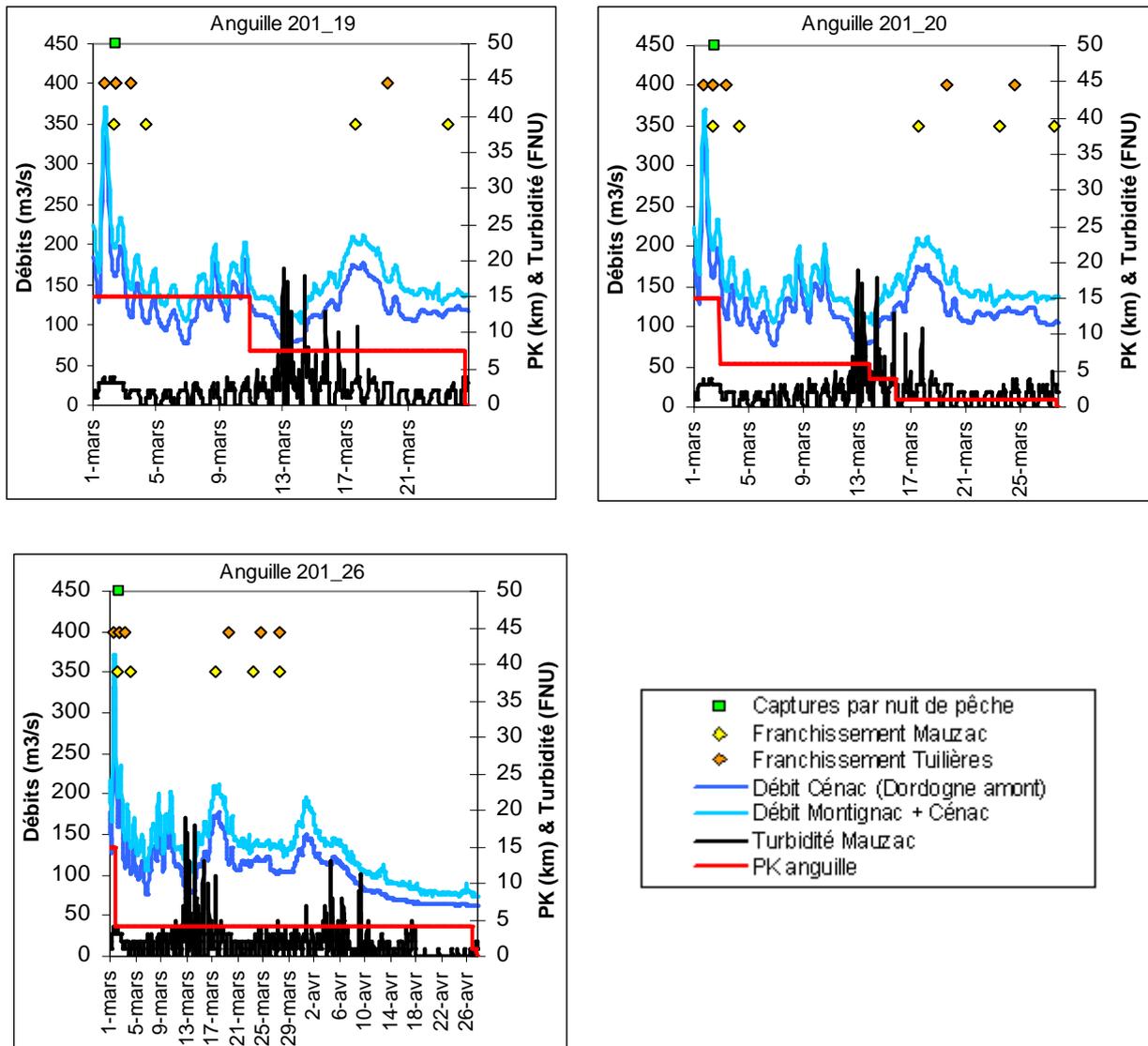


Figure 65 : Transfert Mauzac-Tulières des anguilles du lot témoin lors de conditions de débits et de turbidité assez « stables » ou lors de baisses de ces paramètres

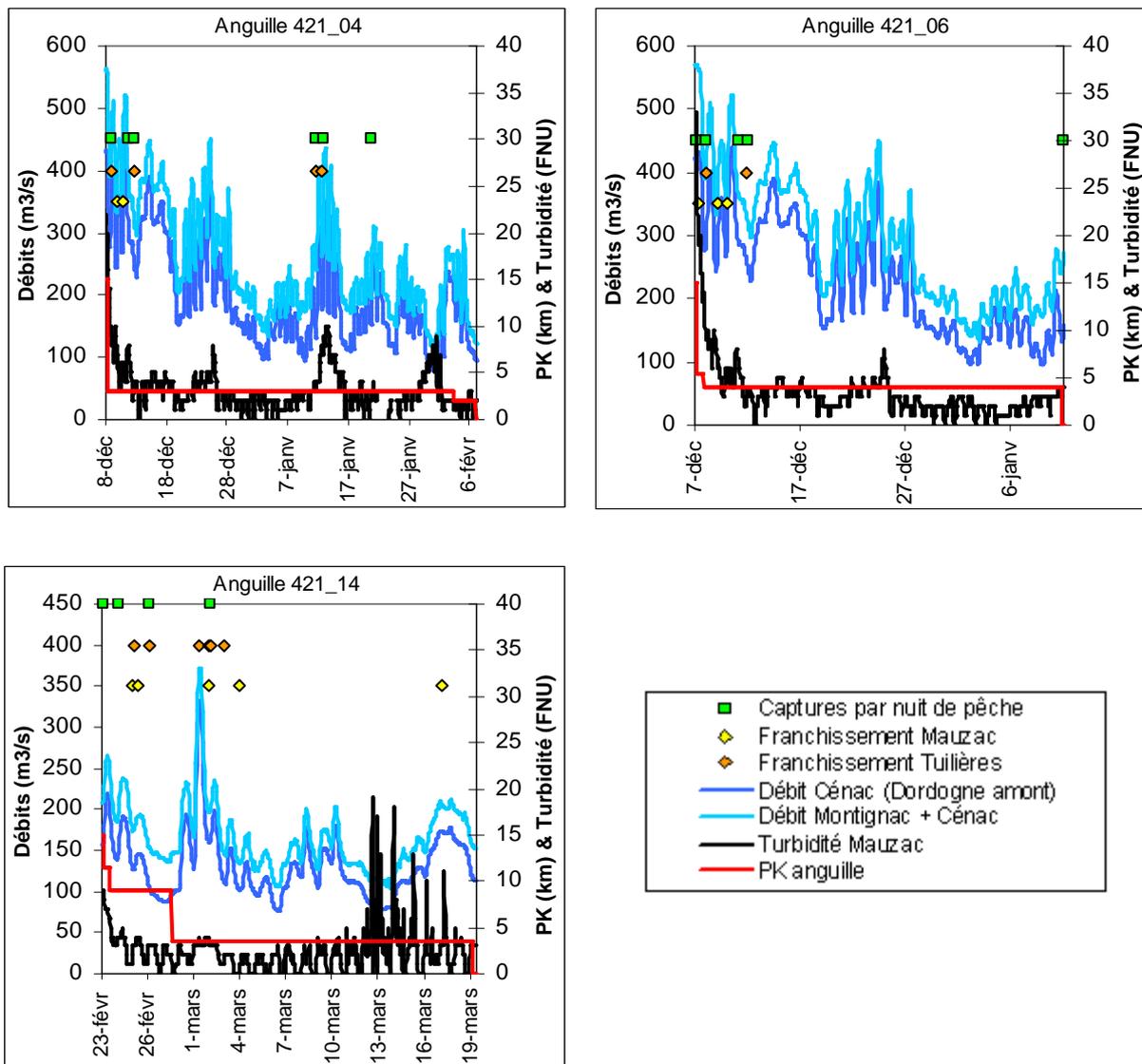


Figure 66a : Transferts Mauzac-Tuilières ne s'effectuant pas sur le premier pic de débit ou de turbidité

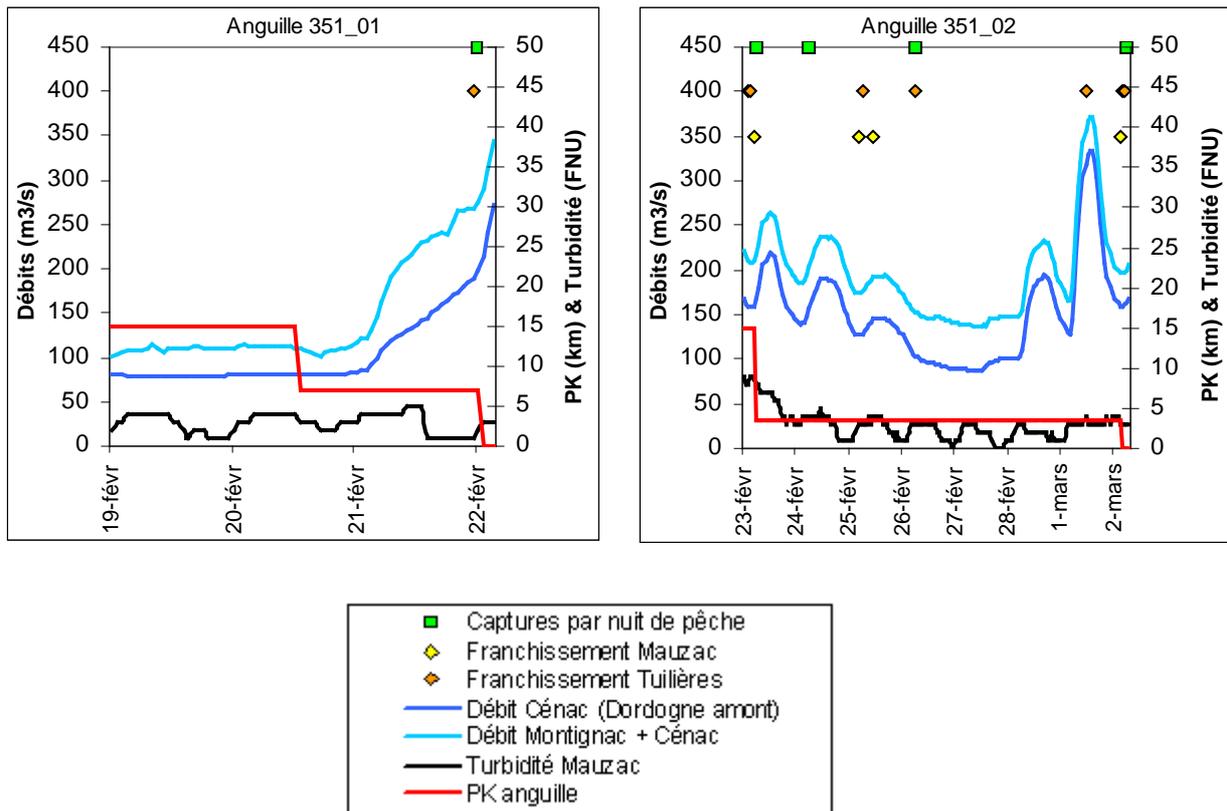


Figure 66b : Transferts Mauzac-Tuilières lors de pics de débit et/ou de turbidité

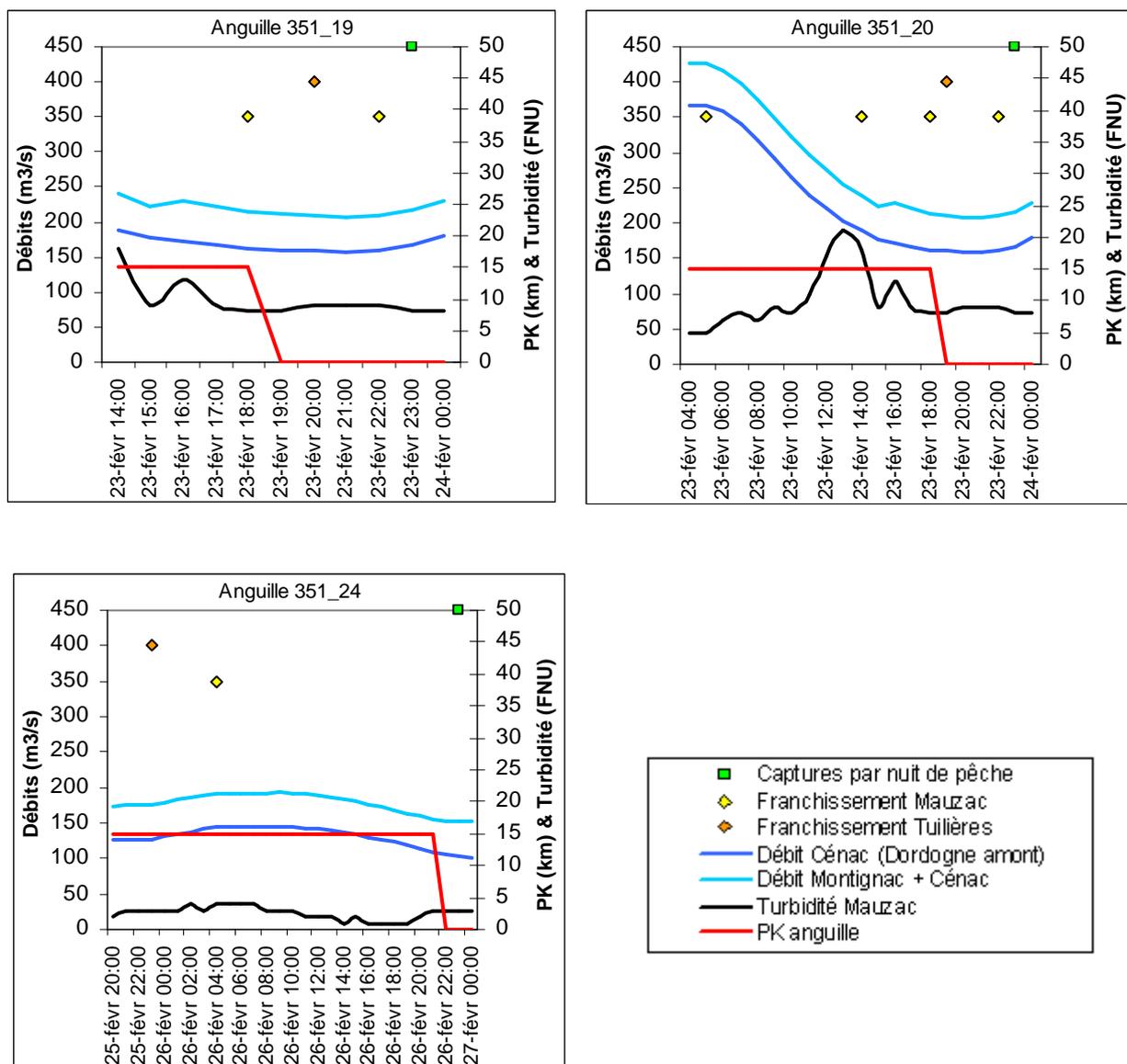


Figure 66c : Transferts Mauzac-Tuilières lors de conditions de débits et de turbidité assez « stables » malgré différents pics antérieurs