HAL
open science

Évaluation de l'influence du barrage de Saint-Barthélemy (22) sur la migration de l'anguille européenne

Bastien Cavilla

To cite this version:

Bastien Cavilla. Évaluation de l'influence du barrage de Saint-Barthélemy (22) sur la migration de l'anguille européenne. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2017. dumas-01667135

HAL Id: dumas-01667135

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01667135v1

Submitted on 10 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évaluation de l'influence du barrage de Saint-Barthélemy (22) sur la migration de l'anguille européenne

Bastien CAVILLA
Promotion Paris
2014-2017

Mémoire de fin d'études

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES

ENGEES
ÉCOLE NATIONALE DU GÉNIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT DE STRASBOURG

Côtes d'Armor
le Département

Remerciements

Mes trois années d'apprentissage au sein du Département des Côtes d'Armor s'achèvent sur ce TFE. Cette expérience en Bretagne fut très enrichissante, au niveau professionnel et humain, notamment grâce aux personnes que j'aie pu côtoyer. Je profite donc de cette page pour exprimer mes remerciements.

En premier lieu, je souhaite remercier l'ensemble des personnes du service Gestion des Ports et Barrages, service dans lequel j'ai réalisé mon TFE.
Je remercie Anne-Gaëlle DARTIAILH, ma maître d'apprentissage, pour sa disponibilité et mon suivi tout au long de cette année passée.
Je tiens également à remercier Sandra MER, Christophe TURBIAULT-BERTRAND et Clément LACOSTE pour leur implication lors de ce projet, notamment sur la campagne de pêche via la passe-piège.
Mes remerciements vont également à Guy CHARPENTIER pour ses conseils avisés et sa connaissance historique du barrage de Saint-Barthélemy.
Je voudrai remercier Nelly GELLIN, qui a su déchiffrer l'ensemble du barrage de Saint-Barthélemy et qui a pu répondre à mes nombreuses demandes de plans.

J'ai également une pensée pour toute l'équipe de l'ancien service Ressource en Eau. A ce titre, je remercie Anne-Laure QUINQUIS, mon ancienne maître d'apprentissage, qui m'a formé avec brio au monde professionnel les deux premières années de mon cursus. Merci aussi à Éric THEBAULT, mon ancien collègue de bureau, pour son dynamisme et sa bonne humeur.

Merci aux membres du comité technique mis en place cette année. J'espère que ce projet puisse servir de base pour rendre au Gouët sa biodiversité escomptée.

Merci à Lénaïk DERLOT (EDF) pour le prêt du matériel de vidéo-surveillance.

Je souhaite par ailleurs remercier François DESTANDAU, mon tuteur, qui m'a parfaitement suivi tout au long de ces trois années passées à l'ENGEES.

Enfin je finis ces remerciements par mes parents et ma sœur, pour leur soutien de toujours.

A toutes ces personnes, j'espère ne pas vous avoir trop « bassiné » avec mes histoires complexes et farfelues d'anguilles et vous avoir permis de découvrir une espèce atypique et merveilleuse, bien déterminée à surmonter les nombreux obstacles rencontrés au cours de son cycle biologique.

Merci/Trugarez

Résumé

Le Département des Côtes d'Armor est propriétaire du barrage de Saint-Barthélemy situé sur le cours d'eau du Gouët. L'ouvrage est considéré comme un obstacle à la libre circulation piscicole, en raison de la faible efficacité supposée du dispositif de franchissement présent sur site.
Ce projet a pour objectif de définir l'impact du barrage sur la migration des anguilles européennes, « espèce cible », par la mise en œuvre d'études d'estimation des populations à l'amont et à l'aval de l'ouvrage, ainsi que par l'évaluation de la fonctionnalité de la passe à poissons.

Les résultats des campagnes de pêches électriques réalisées mettent en lumière une faible colonisation du Gouët, limitée par l'absence de dispositif de franchissement sur le port du Légué.
Les données de captures au moyen de la passe-piège indiquent d'une part une forte volonté des jeunes anguilles à poursuivre leur migration au-delà du barrage, et d'autre part des conditions d'attrait satisfaisantes pour la détection par les anguilles de l'entrée de l'écluse à poissons.
Mais la comparaison avec le faible peuplement observé à l'amont du barrage fait ressortir une possible mauvaise gestion du dispositif de franchissement piscicole. Les recommandations établies dans ce rapport (modifications de la programmation de l'automatisme de l'écluse Borland) pourraient permettre d'améliorer les conditions de montaison et de rajeunir ainsi la population d'anguilles à l'amont.

La seconde partie du rapport aborde la question du franchissement du barrage à la dévalaison. L'inventaire exhaustif des voies possibles d'avalaison a été réalisé dans ce projet. Des pistes exploratoires d'amélioration des conditions de franchissement ont été proposées dans ce document, dans l'attente de la mise en œuvre d'investigations plus complètes sur le comportement migratoire des anguilles argentées aux abords du barrage.

Abstract

The *Département des Côtes d'Armor* owns and manages the Saint-Barthélemy dam on the Gouët river. This structure is considered as a barrier to the fish-free circulation, because of the presumed weak efficiency of the fish pass system.
This project aims to define the influence of the dam on eel migration, thanks to estimation studies of the eel population upstream and downstream sections of the dam, and the efficiency assessment of the fish locks.

Results from electric fishing on the upstream and downstream sections of the dam show a low colonisation by eels of the Gouët waterway. This colonisation might be limited by the lack of fish pass system in the Légué harbour.
Catches data due to the eel trap reveal firstly a strong will of the eels to continue their migration beyond the dam, and secondly suitable hydraulic conditions for the detection of the Borland lock entry by the elver and young eels.
Nevertheless, comparison with the poor population observed on the upstream section points out a potential improper use of the fish lock. Recommendations written in this report may improve the upstream migration conditions and consequently refresh the eels population in the lake as well as on the upper section of the Gouët river and its tributaries.

The second part of this document deals with the issue of the downstream crossing of the dam. The whole channels allowing the passage on the lower section has been described in this chapter. Means of improving the downstream migration has been suggested, pending further more complete studies about the silver eel comportments on the outskirts of the dam.

Sommaire

Remerciements 2
Résumé 4
Abstract 5
Sommaire 7
Liste des sigles et abréviations 11
Glossaire 12
Introduction 15
I. La continuité écologique sur les cours d'eau et le contexte réglementaire en France 17
1) Définition de la continuité écologique 17
2) Cadre législatif en vigueur pour le rétablissement de la continuité écologique 19
A) Directive Cadre européenne sur l'Eau (2000) 19
B) Loi L 214-17 du code de l'Environnement 19
C) Plan d'action anguilles 21
D) Lois Grenelle 23
E) PLAGEPOMI 23
F) SDAGE 23
G) SAGE 24
3) État des lieux de la population des poissons migrateurs 24
A) Etat de la population piscicole en Bretagne 24
B) État de la population piscicole sur le Gouët 26
C) Le cycle biologique d'Anguilla anguilla L. 30
II. Le barrage de Saint-Barthélemy sur le Gouët 33
1) Présentation de l'ouvrage 33
2) L'écluse à poissons du barrage de Saint-Barthélemy 35
A) Fonctionnement 35
B) Les écluses Borland dans la littérature scientifique 36
3) Mise en contexte de la problématique de continuité écologique du barrage de Saint-Barthélemy au regard 38
III. Evaluation des conditions de franchissement à la montaison du barrage de Saint-Barthélemy par les anguilles 40

1) Définition des axes d'étude mis en œuvre 40
2) Etat de la colonisation des anguilles sur le haut et bas Gouët 43
A) Présentation du mode opératoire 44
B) Résultats 45
C) Discussion 47
3) Évaluation des conditions d'attrait de l'écluse Borland 48
A) Description de la fosse aval du barrage de Saint-Barthélemy 50
B) Études des conditions d'attrait de l'écluse Borland de Saint-Barthélemy 52
a) Présentation de l'étude 52
b) Résultats 55
c) Discussion 58
4) Évaluation de l'efficacité de l'écluse Borland 60
A) Présentation du dispositif de suivi-vidéo 62
B) Discussion 62
5) Etude de la colonisation du plan d'eau du barrage de Saint-Barthélemy 63
A) Présentation de la campagne de pêche en plan d'eau 64
B) Résultats 66
C) Discussion 69
6) Conclusion sur les conditions de montaison des anguilles du barrage de Saint Barthélémy 70
IV. Étude des possibilités de dévalaison du barrage de Saint-Barthélemy par les anguilles 72
1) Le processus de dévalaison de l'anguille 72
2) Tour de prise d'eau 74
3) Evacuateurs de crue 75
4) Ecluse Borland 77
5) Vidange de fond 77
6) Conduite de débit réservé 78
7) Génératrices de la microcentrale électrique 81
8) Conclusion sur les possibilités de dévalaison et propositions d'axes d'amélioration 83
Conclusion 87
Bibliographie 90
Annexes 96

Tables des figures

Figure 1: Obstacles à l'écoulement en région Bretagne 18
Figure 2: Cycle biologique de l'alose 25
Figure 3: Présence des poissons migrateurs sur le bassin versant du Gouët et alentours 27
Figure 4: Vue sur l'écluse du port du Légué, dont les éclusages permettent le transit des poissons sur le Gouët 29
Figure 5: Civelles 30
Figure 6: Anguille jaune 31
Figure 7: Anguille argentée (capture d'écran d'une vidéo - source inconnue) 32
Figure 8: Plan de situation du barrage de Saint-Barthélemy 33
Figure 9: Vue sur le parement aval et le couronnement du barrage de Saint-Barthélemy 34
Figure 10: Dispositif de piégeage de type Flottang 42
Figure 11: Pêche électrique réalisée sur le Gouët le 19/06/2017 44
Figure 12: Répartition des points de capture en fonction de la largeur du cours d'eau 45
Figure 13: Répartition des classes de taille d'anguilles sur la station des Bouessières 46
Figure 14 : Répartition des classes de taille d'anguilles sur les stations à proximité du barrage de Saint-Barthélemy 47
Figure 15: Emplacements optimaux de l'entrée des passes à poissons (Larinier, 2002c) 49
Figure 16: Vue sur la fosse aval depuis le pied de voute du barrage de Saint-Barthélemy 51
Figure 17: Dispositif de passe-piège utilisé dans le cadre de l'étude (l'entrée de l'écluse Borland se situe à gauche de la passe, sous l'échelle) 53
Figure 18: Vue sur le matériel nécessaire au déroulement du suivi biométrique 54
Figure 19: Résultat de la campagne de capture d'anguilles du 28/06 au 25/08/2017 56
Figure 20: Répartition en pourcentage des classes de tailles des anguilles mesurées lors de la campagne de capture du 28/06 au 25/08/2017 57
Figure 21: Evolution de la moyenne des tailles d'anguilles mesurées lors de la campagne de capture du 28/06 au 25/08/2017 58
Figure 22: Passage d'un saumon devant la vitre de détection de la station de comptage de Châteaulin (29) 61
Figure 23: Présentation des stations de pêche pour la campagne de pêche électrique sur la retenue 65
Figure 24 : Répartition des classes de taille des anguilles capturées d'après les résultats des pêches électriques réalisées entre le 17/07 et le 21/07/2017 66
Figure 25: Résultats de la pêche électrique sur la station n°1 67
Figure 26: Résultats de la pêche électrique sur la station n°2 68
Figure 27: Résultats de la pêche électrique sur la station n°3 68
Figure 28: Résultats de la pêche électrique sur la station n°4 69
Figure 29: Débit sortant par un évacuateur de crue 76
Figure 30: Vanne de type jet-creux 79
Figure 31: Blocage d'anguilles sur une vanne de type jet-creux 80
Figure 32: Coupe en 3 dimensions d'une turbine Francis 81

Table des tableaux

Tableau 1: Résultat des indices abondance du saumon sur le cours d'eau du Gouët 28
Tableau 2: Résultats des pêches électriques réalisées le 22/06/2017 46
Tableau 3: Caractéristiques des organes hydrauliques de la vidange de fond 77
Tableau 4: Synthèse des recommandations pour l'amélioration des conditions de dévalaison de l'anguille argentée 86

Table des annexes

Annexe 1: Tableau récapitulatif de la législation relative à la restauration de la continuité écologique 97
Annexe 2: Schéma simplifié de l'écluse à poissons 98
Annexe 3 : Coupure de presse présentant le futur fonctionnement de l'écluse Borland du barrage de Saint-Barthélemy 99
Annexe 4: Avis de l'AAPPMA de Saint-Brieuc Quintin sur l'efficacité de l'écluse Borland et la construction de la microcentrale électrique (Ouest France - édition du 23/12/83) 100
Annexe 5: Ouest France - édition du 13/01/2017 102
Annexe 6: Témoignages suite aux inondations de février 2014 (Ouest France - édition du 19/05/2014) 103
Annexe 7: Article présentant l'expérimentation de suivi-vidéo mise en place sur le barrage de Saint-Philbert (Lettre territoriale de Confluence - édition de novembre 2012) 104
Annexe 8: Extrait de la lettre de l'observatoire des poissons migrateurs en Bretagne (Observatoire des poissons migrateurs Bretagne - édition N°6 avril 2017) 105
Annexe 9: Comptes rendus des réunions avec les partenaires techniques 106
Annexe 10: Plan de situation des stations de capture pour la pêche électrique du 26/06/2017 (le bassin versant blanc sur la gauche de la carte correspond à une erreur dans la table attributaire de la couche topographique) 109
Annexe 11: Cartes bathymétriques de la fosse aval du barrage du Gouët 110
Annexe 12: Fiche de suivi biométrique 111
Annexe 13: Extrait du protocole de manipulation des anguilles pour le suivi biométrique (C. Lacoste, 2017) 112
Annexe 14: Plan de la tour de prise d'eau et des exutoires possibles pour l'avalaison 113

Liste des sigles et abréviations

AAPPMA : Association Agrée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques
AEP : Alimentation en Eau Potable
COGEPOMI : Comité de Gestion pour les Poissons Migrateurs
DCE : Directive Cadre sur l'Eau
DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer
EDA : Eel Density Analysis
EPA : Echantillonage Ponctuel Abondance
IPR : Indice Poisson Rivière
LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
NGF : Nivellement Général de la France
ONEMA : Office Nationale des Eaux et des Milieux Aquatiques
PHE : Plus Hautes Eaux
PAGD : Plan d'Aménagement et de Gestion Durable
PLAGEPOMI : Plan de Gestion pour les Poissons Migrateurs
RHT : Réseau Hydrographique Théorique
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
ZAP : Zone Action Prioritaire

Glossaire

Abondance : paramètre d'ordre quantitatif servant à décrire une population. Elle désigne un nombre d'individu dans une certaine catégorie : population, recrutement, stock, rapporté à une unité de temps ou de surface

Amphihalin : qualifie une espèce dont une partie du cycle biologique s'effectue en mer et une autre partie en rivière

Alevin : jeune poisson vivant sur ses réserves vitellines ou n'ayant pas encore acquis sa forme adulte

Continuité écologique : se définit par la libre circulation des espèces biologiques et le bon écoulement du transport naturel des sédiments d'un cours d'eau

Dévalaison (= avalaison) : action pour un poisson migrateur de descendre un cours d'eau pour retourner dans son lieu de reproduction ou de développement

Déplacements nycthéméraux : déplacements variables en fonction de la luminosité du jour et de la nuit

Erosion progressive : mécanisme d'enfoncement du fond du lit se propageant vers l'aval

Etiage : période des plus basses eaux des cours d'eau et des nappes souterraines (généralement l'été pour les régimes pluviaux)

Eutrophisation : Enrichissement excessif des cours d'eau et des plans d'eau en éléments nutritifs, essentiellement le phosphore et l'azote qui constituent un véritable engrais pour les plantes aquatiques. Elle se manifeste par la prolifération excessive des végétaux dont la décomposition provoque une diminution notable de la teneur en oxygène

Frayère : lieu de reproduction des poissons, des amphibiens, des mollusques et des crustacées

Jusant : terme maritime qualifiant la période pendant laquelle la marée est descendante

Larve leptocéphale : larve foliacée et transparente de certains poissons, comme les anguilles, qu'une métamorphose très apparente transforme ensuite en adulte

Lentique : qualifie l'ensemble des eaux douces à circulation lente ou nulle

Lotique : qualifie l'ensemble des eaux douces à circulation rapide

Montaison : action pour un poisson migrateur de remonter un cours d'eau pour retourner dans son lieu de reproduction ou de développement

Panmictique : qualifie une population dans laquelle chacun des individus qui la composent a des chances égales de se reproduire avec n'importe quel autre individu de sexe opposé

Potamotoque : qualifie une espèce se reproduisant dans les cours d'eau douce et grandissant dans les océans

Recrutement : processus d'ajout de nouveaux individus à la population d'une espèce

Reptation : mode de locomotion animale dans lequel le corps progresse, sans l'aide des membres, sur une surface solide ou dans le sol

Ressaut hydraulique : variation importante et croissante de la hauteur d'eau de l'amont vers l'aval du phénomène sur une courte distance

Sémelpare : qualifie une espèce ayant une unique phase de reproduction au cours de sa vie

Taux d'étagement : indicateur décrivant la perte de pente naturelle liée à la présence des ouvrages transversaux. Cet indicateur se calcule à partir du rapport de la somme des hauteurs des chutes artificielles sur la dénivellation naturelle du linéaire concerné

Thalassotoque : qualifie une espèce se reproduisant dans les océans et grandissant dans les cours d'eau douce

Trame bleue : Réseau formé de continuités écologiques aquatiques, identifiées notamment par les schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE)

Introduction

Le barrage de Saint-Barthélemy, propriété du Département des Côtes d'Armor, est un ouvrage destiné à créer une réserve d'eau pour répondre au besoin en eau potable de l'agglomération de Saint-Brieuc. La construction du barrage a été décidée suite aux graves épisodes de sécheresses survenus au début des années 70. Débutée en 1975, l'édification de l'ouvrage s'achève par sa mise en eau en 1978 et est depuis exploité en régie par les services de gestion du Département des Côtes d'Armor.

Le barrage de Saint-Barthélemy est situé sur le cours d'eau côtier du Gouët, rivière qui prend sa source sur les premiers reliefs armoricains et qui débouche dans la baie de Saint-Brieuc. Son implantation permet la création d'une retenue d'une superficie de 81 ha et d'un volume de 7,9 M m^3 à la côte des plus hautes eaux (87 mNGF[1]).
Mais l'édification d'un ouvrage d'une telle ampleur sur une rivière n'est pas sans conséquence sur la biodiversité aquatique et l'écosystème au sens large : la continuité écologique, qui se définit entre autres par la libre circulation piscicole, est impactée à un certain degré. Cette situation participe à la dégradation des conditions de migration des espèces piscicoles (autochtones ou migrateurs), car le barrage pose des difficultés pour accéder à leurs habitats respectifs. La multiplication des ouvrages sur les cours d'eau impacte durablement les peuplements piscicoles, entraînant une diminution drastique des effectifs de nombreuses espèces (anguille européenne et esturgeon européen pour les plus connues).

Pour répondre à cette problématique, l'Union Européenne et l'Etat français ont mis en œuvre un cadre législatif pour protéger la faune aquatique, et le rétablissement de la continuité écologique sur l'ensemble des cours d'eau constitue un des volets d'action. Ainsi, la législation française impose aux ouvrages présents sur les cours d'eau de faciliter la migration piscicole, au moyen de dispositifs de franchissement (passes à poissons), ou d'ajustement de la structure (abaissement des seuils, ouvertures de vannes…).
A ce titre, le barrage de Saint-Barthélemy est équipé d'un dispositif de franchissement de type écluse Borland. Cette passe à poissons multi-espèces est présente depuis la construction du barrage et permet théoriquement le passage des poissons à la montaison et à la dévalaison.
Mais aucune étude sur l'efficacité de l'écluse à poissons n'a été entreprise depuis la mise en eau du barrage, et les données tirées d'inventaires piscicoles ne plaident pas en faveur d'un fonctionnement optimal du dispositif.
Le SAGE[2] Baie de Saint-Brieuc recommande ainsi dans son dernier plan d'aménagement d'évaluer et d'optimiser le fonctionnement de l'écluse Borland afin de rendre effective la circulation piscicole. De même, les services de l'Etat français (DDTM[3]) questionnent le Département sur la réelle efficacité du dispositif de franchissement, au regard de la loi sur le rétablissement de la continuité écologique (L 214-17 du code de l'Environnement).

---

[1] Le Nivellement Général de France constitue un réseau de repères altimétriques disséminés en France. L'altitude 0 de référence est déterminée par le marégraphe de Marseille. Actuellement, le système d'altitude utilisé est le NGF/IGN69 en France métropolitaine
[2] SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
[3] DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

En conséquence, le Département des Côtes d'Armor s'est saisi de cette question en 2017 par la mise en place d'une réflexion sur l'évaluation du blocage de la migration piscicole par le barrage de Saint-Barthélemy.

Ce présent document rapporte les différentes études conduites sur l'année 2017 par les services du département des Côtes d'Armor pour répondre à la problématique de la continuité écologique sur le barrage de Saint-Barthélemy.
La première partie du rapport aborde le contexte global de la continuité écologique et la mise en application d'un cadre législatif en France pour améliorer les conditions de migration de la faune aquatique. En illustration de cette problématique, l'état des lieux des peuplements piscicoles migrateurs sur les cours d'eau bretons est présenté, avec un sous-chapitre spécifique à la rivière du Gouët.
Après une présentation succincte du barrage de Saint-Barthélemy, objet de l'étude, la seconde partie du dossier s'attèle à décrire le fonctionnement du dispositif de franchissement présent sur l'ouvrage, à caractériser ses avantages et ses défauts, au moyen d'une revue de la littérature scientifique disponible sur le sujet, permettant ainsi de remettre en contexte la problématique de franchissement du barrage de Saint-Barthélemy.
Le troisième chapitre relate les différentes études mises en œuvre lors du projet dans le but de définir le degré de blocage du franchissement du barrage par les anguilles à la montaison, et par ailleurs d'estimer la fonctionnalité de la passe à poissons.
Enfin, ce document se conclut sur une première évaluation des conditions de franchissement de l'ouvrage à la dévalaison, grâce à l'inventaire des voies de passage potentielles sur site. Cette évaluation s'appuie également sur des données relatives aux conséquences du passage dans chaque type d'organe hydraulique (stress, blessure, mortalité) présentes dans la littérature scientifique et technique.

Ce document s'applique uniquement à étudier la franchissabilité de l'ouvrage par les anguilles, seul espèce cible sur le haut Gouët au regard de la législation en vigueur. En conséquence, il ne sera pas fait mention des possibilités de montaison ou de dévalaison des autres espèces migrateurs (saumons, truites de mer…).

I. La continuité écologique sur les cours d'eau et le contexte réglementaire en France

1) Définition de la continuité écologique

La notion de continuité écologique traduit la libre circulation des organismes vivants dans les cours d'eau, ainsi que le bon transport des sédiments d'amont en aval (*Directive Cadre européenne sur l'Eau*). Ce concept connaît un fort engouement de la part de la communauté scientifique et des acteurs de la protection des milieux aquatiques depuis le début des années 2000, car la restauration de la continuité écologique constitue un des leviers possibles pour atteindre le bon état écologique des masses d'eau prôné par la Directive Cadre sur l'Eau (2000).

Cependant, la continuité écologique peut être impactée par la présence d'obstacles transversaux (seuils, barrages...) ou longitudinaux (digues, protections de berge...), implantés sur les cours d'eau (*Souchon et al.*, 2011).
La première conséquence de l'atteinte du continuum fluvial est le retard, voire le blocage de la migration piscicole, impactant le cycle biologique des poissons. La reproduction des espèces est menacée, car l'accès aux zones de frayère n'est plus garanti. De plus, les jeunes alevins connaissent des retards dans leur processus de croissance, du fait d'un déficit d'alimentation causé par la limitation des ressources sur des secteurs surpeuplés. Le blocage de la migration est observable à la montaison, mais également à la dévalaison de la faune aquatique.
L'accumulation des obstacles sur les cours d'eau français est une des causes de la diminution inquiétante des populations piscicoles, au même titre que la pollution des eaux, la surpêche en mer, le braconnage ou l'introduction d'espèces invasives.

La seconde conséquence de l'entrave à la continuité écologique est l'accumulation des sédiments en amont de l'ouvrage, entraînant un déficit du flux sédimentaire et aggravant les phénomènes d'érosion progressive à l'aval. Les modifications du flux provoquent un changement de l'hydrologie globale du cours d'eau, avec des étiages plus prononcés, l'augmentation de la lame d'eau à l'amont et une uniformisation de l'écoulement à l'aval, du fait d'une homogénéisation des tailles de sédiments.
La modification du transit sédimentaire impacte également la faune piscicole : l'absence d'hétérogénéité des sédiments réduit considérablement les habitats piscicoles, comme ceux des salmonidés (saumon, truite), qui se reproduisent préférentiellement sur des substrats mixtes en graviers ou en galets (zone de frayère).

Enfin, on observe à l'amont des obstacles une diminution des capacités auto-épuratrices des rivières, une tendance à l'eutrophisation plus marquée, une diminution de l'oxygène dissout et une augmentation de la température (*Souchon et al.*, 2011)

En février 2017, la consultation de la base de données ROE[1] , établie par l'ONEMA[2] (aujourd'hui intégrée à l'Agence française pour la Biodiversité), permet d'identifier plus de 90 000 obstacles, à raison de 15 obstacles pour 100 km de cours d'eau en moyenne. D'après

[1] ROE : Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement
[2] ONEMA : Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques

l'organisme publique, 90 % des ouvrages recensés n'ont pas d'usage économique avéré (*ONEMA*, 2010). La plupart des ouvrages sont des anciens seuils de moulins, des vannes ou encore des prises d'eau à l'abandon. En 2010, seuls 4 % des ouvrages étaient équipés de dispositifs de franchissement piscicole (*ONEMA*, 2010).

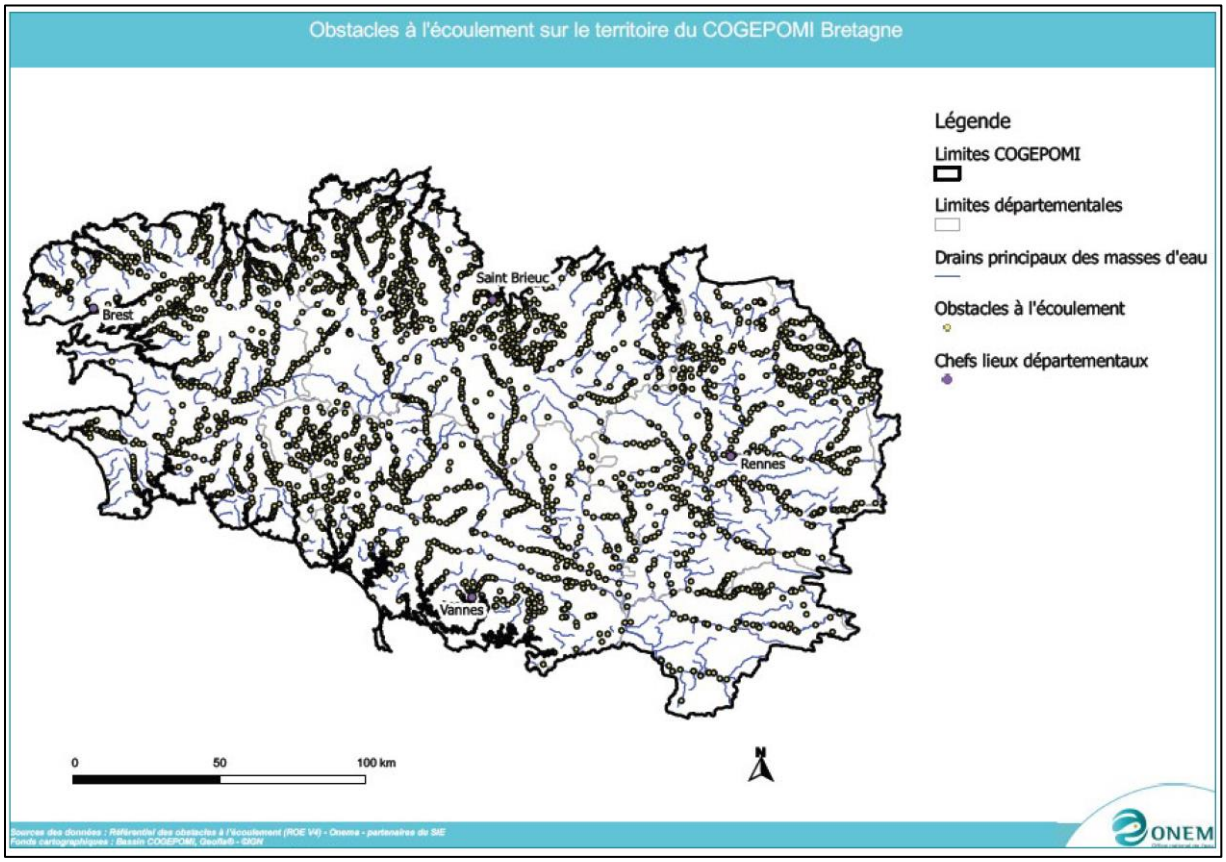


Figure 1: Obstacles à l'écoulement en région Bretagne
(Agence française pour la biodiversité - ROE version 4)

Le nombre d'obstacles à l'écoulement en Bretagne est estimé à plus de 3000 ouvrages (données ROE – Agence Française pour la Biodiversité). Ces points sont visibles sur la Figure 1.

Les nombreux impacts des ouvrages sur la biodiversité, sur les flux solides et liquides, et sur les paramètres environnementaux nécessitent la mise en œuvre d'une politique de reconquête du bon état écologique des cours d'eau. A ce titre, les législations européennes et françaises ont établi une législation relative à la restauration de la continuité écologique.

2) Cadre législatif en vigueur pour le rétablissement de la continuité écologique

Un récapitulatif sous forme de tableau de la législation présentée dans ce chapitre est disponible en annexe (Annexe 1).

A) Directive Cadre européenne sur l'Eau (2000)

La Directive Cadre sur l'Eau (2000) fixe aux états européens une obligation d'atteinte du bon état chimique et écologique des cours d'eau, initialement pour l'année 2015, mais autorise des reports pour 2021 et 2027 suivant le contexte local.
La Directive intègre l'hydromorphologie en tant que soutien aux éléments biologiques. En 2004, un recensement effectué par les districts des Agence de l'Eau montre que plus de la moitié des cours d'eau n'atteint pas l'objectif de bon état écologique, en raison de dysfonctionnement du régime sédimentaire. Outre la chenalisation des rivières et l'artificialisation des berges (enrochement en dur, bétonnage), le blocage du flux par les ouvrages transversaux participe également à la détérioration des masses d'eau.
En transcrivant la DCE dans la législation française, la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA de 2007) précise la notion d'obstacle à la continuité écologique. Comme stipulé dans l'arrêté R 214-109 du code de l'Environnement, un ouvrage constitue un obstacle à la continuité écologique s'il présente un des cas suivants :

- « Il ne permet pas la libre circulation des espèces biologiques, notamment parce qu'il perturbe significativement leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance, leur alimentation ou leur abri
- Il empêche le bon déroulement du transport naturel des sédiments
- Il interrompt les connexions latérales avec les réservoirs biologiques
- Il affecte substantiellement l'hydrologie des réservoirs biologiques »

B) Loi L 214-17 du code de l'Environnement

En parallèle, la loi L 214-17 du code de l'Environnement institue un cadre réglementaire pour la restauration de la continuité écologique sur les cours d'eau. Elle définit tout d'abord une distinction des cours d'eau au moyen d'un classement établi par le préfet de Bassin, en concertation avec les différents représentants des institutions publiques de l'eau (syndicat, département, régions, Agence de l'Eau...).

Les cours d'eau (CE) sont ainsi départagés en deux classes, I et II. Ces deux groupes répondent à des situations et des enjeux différents :

- CE de classe I :
  - En très bon état écologique
  - En réservoir biologique du SDAGE[1]
  - En axe Grands Migrateurs
- CE de classe II :
  - Nécessité d'assurer le transport suffisant des sédiments
  - Nécessité d'assurer la libre circulation des poissons migrateurs

Pour chaque cours d'eau classé est associé une liste d'espèces amphialines[2] dont il est obligatoire d'assurer la montaison et la dévalaison sur le linéaire concerné. Ces espèces, qualifiées « d'espèces cibles », ont été définies à partir des zones prioritaires d'action des PLAGEPOMI[3], ainsi que sur la base d'études plus approfondies des masses d'eau abritant des « grands migrateurs ».
Ce classement entraîne un certain nombre de prescriptions pour l'aménagement et l'usage des cours d'eau. Ainsi, le renouvellement des concessions ou des autorisations accordées aux propriétaires d'ouvrage sur les CE de classe I se fait sur la seule preuve du respect de la continuité écologique. Par ailleurs, la loi L 214-17 du code de l'Environnement interdit toute nouvelle construction d'ouvrage faisant obstacle à la continuité écologique sur les CE de classe I.
Concernant les CE de classe II, les propriétaires doivent réaliser les travaux nécessaires pour assurer la transparence de leur ouvrage dans un délais de cinq ans suivant la date de publication des listes de cours d'eau, soit juillet 2017 pour la bassin Loire-Bretagne. A noter que depuis le 24 février 2017 et la mise en application de l'article L 214-18-1 du code de l'Environnement, les propriétaires de moulin équipé d'installations produisant de l'électricité sont exemptés de travaux de continuité écologique sur leur seuil. De même, la promulgation de la loi pour la reconquête de la biodiversité a introduit un report de 5 ans de l'échéance de mise en conformité des ouvrages, dans le cas où des études (aménagement de l'ouvrage, évaluation du potentiel de franchissement…) seraient entreprises et que le dossier a été déposé auprès des services chargés de la police de l'eau (article 120 de la loi L 2016-1087 du code de l'Environnement).

[1] SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
[2] Espèce amphihaline : espèce dont une partie du cycle biologique s'effectue en mer et une autre partie en rivière
[3] PLAGEPOMI : Plan de Gestion des Poissons Migrateurs

C) Plan d'action anguilles

En 2007, l'Union Européenne vote un règlement pour la restauration du stock d'anguilles dans les États européens (Règlement CE N°1100/2007 du conseil du 18 septembre 2007). Il impose à tous les états membres ayant des bassins hydrographiques susceptibles d'accueillir des populations d'anguilles d'instaurer des plans d'action pour la sauvegarde de cette espèce.

Ce plan de gestion peut comprendre les mesures suivantes :

- Réduction de l'activité de pêche commerciale
- Limitation de la pêche récréative
- Mesures de repeuplement
- Mesures structurelles pour établir le franchissement des rivières par les anguilles
- Lutte contre les prédateurs
- Arrêt temporaire des turbines des centrales hydroélectriques
- Mesures en faveur de l'aquaculture

A terme, l'institution européenne souhaite un taux d'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse d'anguilles argentées. Ce chiffre correspond au taux de dévalaison probable en l'absence de pressions anthropiques.

L'État français dépose en 2008 auprès de la commission européenne son rapport de plan d'action en faveur de la restauration de la population d'anguilles européennes.
Il établit tout d'abord un inventaire des stocks par bassin hydrographique identifié comme habitat possible pour les civelles et les anguilles. Concernant la région Bretagne, il en ressort une baisse drastique de la population d'anguilles, pour chaque stade de développement (civelle, anguille jaune, anguille argentée), sur l'ensemble des cours d'eau côtiers bretons (*Préfecture de la Région Bretagne*, 2010).
En exemple d'illustration, le taux de capture des civelles dans l'estuaire de la Vilaine est passé de 100 T/an dans les années 70 à 6 T/an en 2008.
Depuis les années 80, les populations de civelles et d'anguilles jaunes diminuent respectivement de 8 et 3,4 % par an. Concernant l'anguille argentée, la tendance est moins visible, en raison du faible suivi sur l'ensemble de la France. Néanmoins, la densité de la population est estimée entre 0 et 1 anguille pour 100 m².

Le rapport liste l'ensemble des pressions que subissent les anguilles, à savoir :

- Pêche en milieu maritime et fluviale, professionnelle ou amateur

- Obstacles implantés sur les cours d'eau :
  - Centrale hydroélectrique
  - Plan d'eau associé à la production d'eau potable
  - Seuil

NB : Concernant le bassin de la Bretagne, on recense 1800 obstacles potentiels et prioritaires pour des actions d'aménagement. 75 % de ces ouvrages ont déjà été évalués au regard de leur franchissabilité par les anguilles (données de 2007).

- Pompage au fil de l'eau : pas d'étude actuelle des probables impacts sur les anguilles

- Dégradation des habitats : les cours d'eau de l'Est de la région sont beaucoup plus dégradés que ceux de l'Ouest, avec des pressions anthropiques plus importantes. La diversité des habitats y est plus restreinte, du fait des opérations de curage, de rectification et de recalibrage plus nombreuses dans ces secteurs. Cependant, la mortalité liée à ce facteur est difficilement quantifiable.

- Pollution due aux rejets domestiques, agricoles, industrielles ou aux piscicultures : l'impact est relativement ponctuel pour ce facteur. Les cours d'eau de l'Est de la région sont beaucoup plus marqués. L'élevage et les pratiques culturales entraînent un colmatage du substrat et une forte dégradation de la qualité des cours d'eau.

- Parasitisme : Depuis les années 90, le parasite *Anguillicola Crassus* est observé sur une majorité des grands cours d'eau bretons. Sur le Frémur, des études montrent que 70 à 80% des anguilles sont infectées par ce parasite. Ce dernier est considéré comme un des facteurs responsables de la diminution de la population d'anguilles. Il dégrade les capacités natatoires des poissons, ce qui impacte le processus de migration vers la mer des Sargasses. A noter que les anguilles vivant dans des conditions estuariennes sont moins parasitées, du fait d'une salinité plus importante.

Les objectifs affichés du plan d'action sont les suivants :

- Réduction de 40 % de la mortalité par pêche de l'anguille de moins de 12 cm d'ici 2012 (60 % en 2015)
- Réduction de 30 % de la mortalité par pêche de l'anguille jaune et l'anguille argentée d'ici 2012 (60 % en 2015)
- Réduction de 30 % de la mortalité liée aux autres causes anthropiques en 2012 (50 % en 2015)

Ces objectifs chiffrés s'appuient sur un certain nombre de mesures de gestions arrêtées dans le cadre de ce plan :

- Pêche :
  - Réduction des périodes de pêche (professionnelle et amateur) pour les anguilles de plus de 20 cm
  - Instauration de quotas pour les captures de civelles

- Mesures de repeuplement de civelles sur des zones favorables au développement des populations d'anguilles

- Restauration de la libre circulation à la montaison et à la dévalaison
  - Définition de zone d'action prioritair, avec identification des ouvrages obstacles à la continuité écologique (350 en Bretagne)
    - Aménagement de 30 % de ces ouvrages à l'horizon 2015
    - Aménagement de ces ouvrages prioritairement de l'aval vers l'amont

        - Quantification de la mortalité liée aux ouvrages à la dévalaison

- Mise en place de programmes de suivi et d'évaluation
    - Amélioration des connaissances
    - Évaluation de l'efficacité des mesures

En 2015, la France réactualise son plan d'action en faveur de la restauration des populations d'anguilles et se fixe de nouveaux objectifs en fonction des résultats observés sur les trois années passées depuis la mise en application du premier plan (*République Française*, 2015).

D) Lois Grenelle

Le projet de rétablissement de la continuité écologique sur les cours d'eau est également complété par la loi Grenelle I, qui transcrit la volonté de l'État français d'établir des trames bleues pour la libre circulation de la biodiversité aquatique. La loi Grenelle II fait l'inventaire d'une liste d'ouvrages dits « prioritaires » pour la restauration des corridors écologiques.

E) PLAGEPOMI

En parallèle des dispositions réglementaires citées ci-dessus, le COGEPOMI[1], présidé par le préfet de région, élabore le PLAGEPOMI[2]. D'une durée de cinq ans, ce plan émet des orientations et des recommandations pour une gestion des milieux aquatiques et des activités humaines compatibles avec la sauvegarde des espèces piscicoles migratrices. Le comité contribue également à la mise en place du Plan Anguilles.
L'actuel PLAGEPOMI est effectif pour la période 2013-2017.

F) SDAGE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin Loire-Bretagne (SDAGE), document qui dessine les orientations de l'ensemble des politiques de l'eau sur le bassin Loire-Bretagne, consacre un volet sur la restauration et la préservation de la biodiversité aquatique. Dans l'actuel schéma (2016-2021), il est rappelé la nécessité d'achever les programmes de restauration de la continuité écologique initiés sur certains cours d'eau, tout comme d'engager des travaux sur les bassins où la présence de poissons migrateurs est avérée. Par ailleurs, le SDAGE encourage les études sur le potentiel d'accueil des espèces halieutiques sur les cours d'eau actuellement inaccessibles par la présence d'obstacles infranchissables. Les cours d'eau du secteur côtier breton sont prioritaires pour la restauration des populations d'anguilles.

[1] COGEPOMI : Comité de gestion des poissons migrateurs
[2] PLAGEPOMI : Plan de gestion des poissons migrateurs

G) SAGE

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) est un outil de planification et de gouvernance pour une gestion durable de l'eau sur un bassin hydrographique précis, conciliant la satisfaction des usages en eau et la protection de la ressource et des milieux aquatiques. Il s'appuie sur les prescriptions du SDAGE qui lui est associé, et définit des objectifs et des stratégies en prenant en compte les spécificités locales. Le SAGE balaye l'ensemble des problématiques liées à la gestion et la protection des eaux et des milieux aquatiques (qualité physico-chimique et biologique, inondation...).

3) État des lieux de la population des poissons migrateurs

A) État de la population piscicole en Bretagne

De par leur proximité directe avec l'Océan Atlantique et la Manche et leur richesse d'habitat, les cours d'eau bretons constituent des lieux privilégiés pour les espèces piscicoles migratrices. Les espèces les plus communes sont la truite de mer (*Salmo trutta*), le saumon d'Atlantique (*Salmo salar*), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et l'alose (*Alosa fallax fallax* et *Alosa alosa).*

Les poissons migrateurs sont qualifiés d'espèces amphihalines, signifiant que leur cycle biologique alterne entre les milieux d'eau douce et l'océan. Ils sont catégorisés en deux sous-groupes :

- Espèce potamotoque : se reproduit dans les cours d'eau douce et grandit dans les océans (ex : truite de mer, saumon, alose, lamproie de mer...)
- Espèce thalassotoque : se reproduit en mer et grandit en rivière (anguille européenne)

Les espèce amphialines migrent en fonction des saisons et de leur stade de développement. En titre d'exemple, la figure ci-dessous présente le cycle biologique de l'alose (Figure 2)

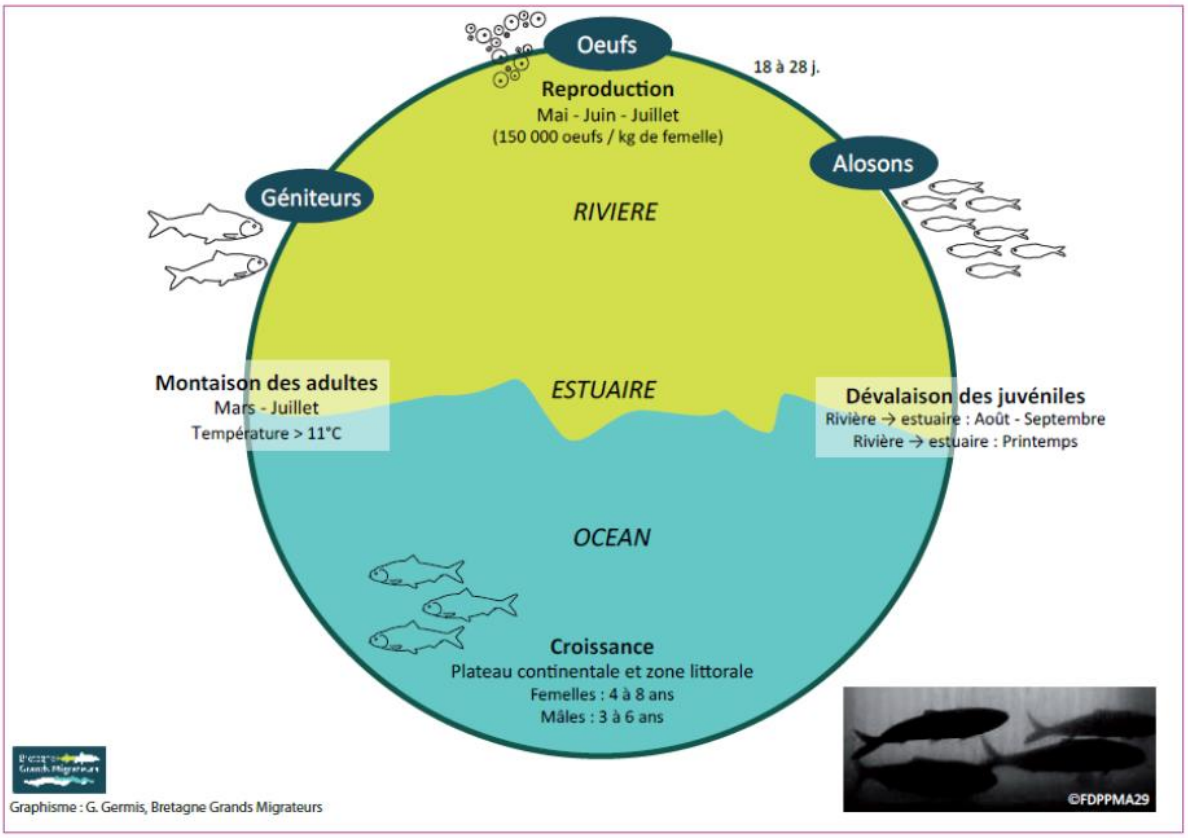


Figure 2: Cycle biologique de l'alose
(Bretagne Grands Migrateurs – G. Germis)

L'abondance des espèces migratrices sur les rivières bretonnes diffère fortement suivant l'espèce. Le saumon présente des stocks convenables et la population semble en expansion modérée avec les années (*Comite de Gestion des Poissons Migrateurs pour les Cours D'eau Bretons,* 2012). L'aménagement des obstacles sur les cours d'eau ainsi que les programmes de connaissance et de préservation des espèces migratrices (PLAGEPOMI) semblent avoir amélioré la situation par rapport aux années 80-90. En Bretagne, les bassins versants de l'Ellé, de l'Isole et de la Laïta contribuent à plus de 20 % de la production de smolts[1] pour l'ensemble de la Bretagne. Dans les Côtes d'Armor, les cours d'eau du Léguer et du Trieux sont réputés pour l'importance du peuplement salmonicole observé.
On estime à 400 000 le nombre de naissances de saumons sur les rivières armoricaines.

L'alose, la lamproie marine ainsi que la truite de mer connaissent des effectifs beaucoup plus réduits, même si on observe une augmentation des stocks durant la dernière décennie (*Comite de Gestion des Poissons Migrateurs pour les Cours D'eau Bretons,* 2012). Ces espèces sont classées en tant qu'espèce vulnérable par le Comité français de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN).

[1] Smolt : jeune saumon transformé pour la vie en mer

Concernant l'anguille européenne, la situation apparaît extrêmement critique au vu de la taille de sa population et de sa dynamique de croissance (*Comite de Gestion des Poissons Migrateurs pour les Cours D'eau Bretons,* 2012). Classée comme espèce en danger critique d'extinction (*UICN France*, 2010) et définie à l'annexe II de la Convention du Commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction en 2008, l'anguille voit sa population diminuer de moitié tous les cinq ans, et cette tendance ne semble pas s'estomper (*Comite de Gestion des Poissons Migrateurs pour les Cours D'eau Bretons,* 2012).
Considérée comme un nuisible jusqu'au milieu des années 80, l'anguille a vu son statut depuis évoluer et des actions de préservation spécifiques à l'espèce ont été instaurées (ZAP anguilles). Mais de nombreuses pressions persistent sur l'anguille, expliquant le déclin de l'espèce : présence d'obstacle sur les cours d'eau, mortalité conséquente lors du passage dans les turbines des centrales hydroélectriques, pollution importante des eaux douces, présence de plus en plus grande de prédateurs (silure), augmentation des virus et des parasites... Enfin, le phénomène du changement climatique semble avoir dévié le courant du Gulf Stream, utilisé pour se déplacer jusqu'en Europe, et a par conséquent accéléré la mortalité des larves (*White et Knights,* 1994 *; Knights et White,* 1996).

B) État de la population piscicole sur le Gouët

Le cours d'eau du Gouët prend sa source sur la commune du Haut Corlay, à une altitude de 255 m. Le bassin versant s'étale sur 250 km² et la longueur du cours d'eau est estimé à 46,6 km. Petit ruisseau sur une vingtaine de kilomètres, le Gouët se renforce au fur et à mesure que les nombreux affluents de la région rejoignent le cours d'eau. Il atteint le plan d'eau du barrage de Saint-Barthélemy au niveau de la commune de Saint Julien. Passé le barrage, le Gouët aval serpente au milieu d'une vallée encaissée jusqu'à pénétrer dans la baie de Saint Brieuc.

Le cours d'eau du Gouët est ainsi délimitable en deux zones distinctes :

- Le Gouët en amont du barrage de Saint-Barthélemy : rivière sauvage, rives faiblement anthropisées, présence importante de seuils de moulin.
- Le Gouët en aval du barrage : rivière fortement anthropisée (présence de moulins et de piscicultures, nombreuses habitations dans le lit majeur, carrière d'extraction de roches...), avec un débit influencé par les lâchers d'eau du barrage.

La situation des stocks piscicoles est assez contrastée entre le Gouët amont et aval, et varie suivant les espèces (Figure 3). Seule l'anguille européenne est recensée en amont du barrage de Saint Barthélémy, les autres espèces colonisant uniquement le bas Gouët.

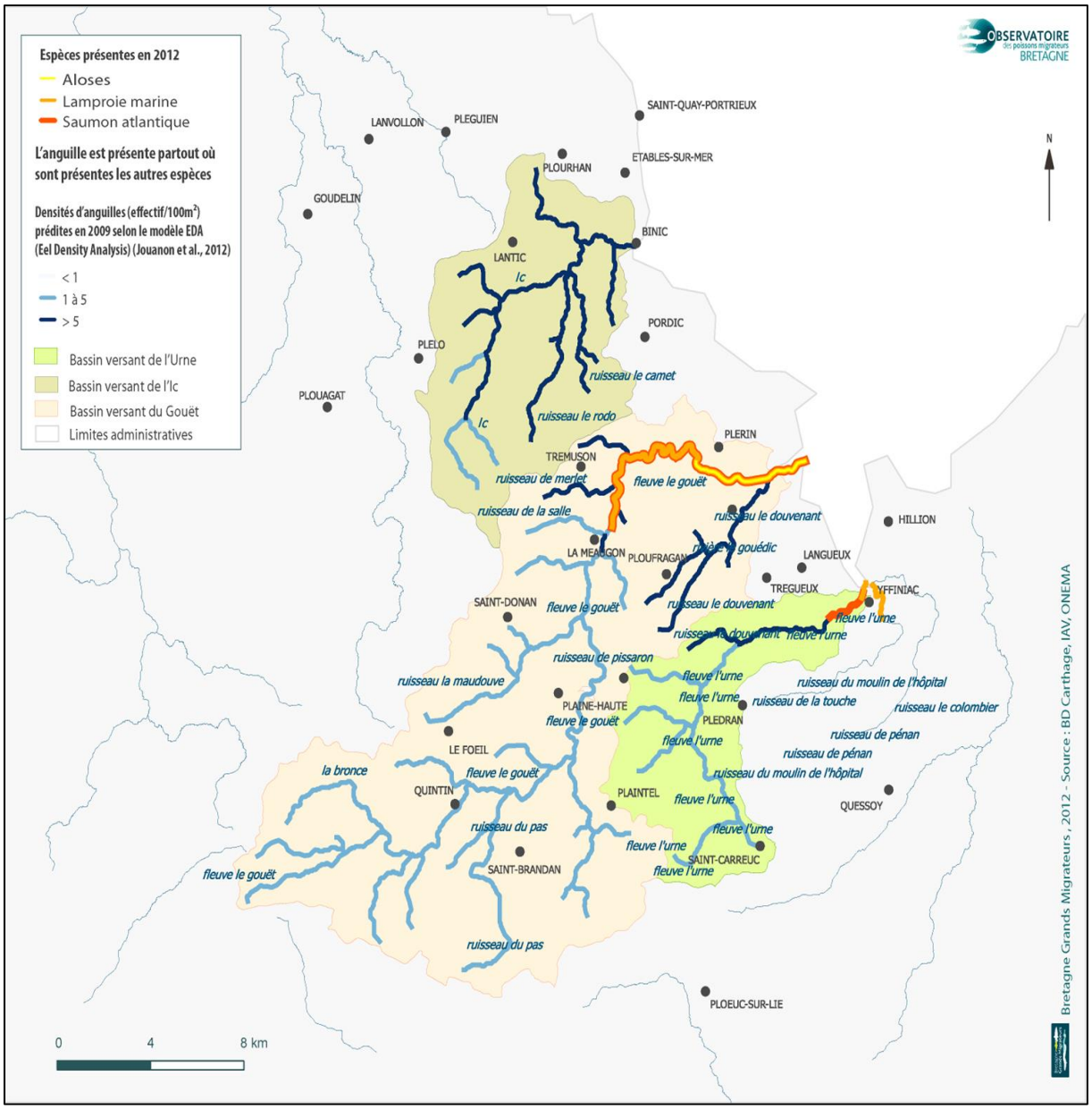


Figure 3: Présence des poissons migrateurs sur le bassin versant du Gouët et alentours (Bretagne Grands Migrateurs)

En 2015, un recensement de la population de saumon a été réalisé sur le bassin versant du Gouët, avec deux points de captures en aval du barrage de Saint Barthélémy (*Fédération des Côtes d'Armor pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique,* 2016). Les résultats montrent un important recrutement de saumons juvéniles, très au-dessus de la moyenne régionale sur la période 2010-2015 (indice d'abondance de 88,5 contre 35,84) (Tableau 1). L'année 2015 est considérée comme exceptionnelle au vu du nombre de captures réalisées. On notera que l'abondance est plus conséquente sur le point amont par rapport au point aval (127 contre 50 captures).

Tableau 1: Résultat des indices abondance du saumon sur le cours d'eau du Gouët (FPPMA 22, 2015)

			SAT 0+		SAT>0+
Station	**Secteur**	**Date**	**2015**	*Moy 2010-2015*	**2015**
Gt1	Gué Gohel	25/08/2015	50	*17,67*	1
Gt2	Pont des Isles	24/08/2015	127	*43,33*	1
		Total GOUËT	177	-	2
		Moyenne	88,5	-	1
		Moyenne pondérée	88,52	*30,09*	-
		Mini - Maxi	50-127	-	1-1

En 2009, le suivi du peuplement d'anguilles en aval du barrage de Saint Barthélémy a été effectué au moyen de pêches électriques sur quatre stations différentes (*Fédération des Côtes d'Armor pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique,* 2010). Il en ressort une colonisation importante du Gouët par des jeunes anguillettes et civelles et ce jusqu'aux abords du barrage de Saint Barthélémy.
Concernant l'amont du barrage de Saint Barthélémy, les résultats des pêches électriques réalisées dans les années 90 et 2000 indiquent que le stock d'anguilles apparaît peu dense et relictuelle (présence de sujets âgés, pas de recrutement).
Les résultats de ces pêches sont visibles dans le chapitre III.2)B).

Enfin, une dernière étude sur la population d'alose a été entreprise en 2011 par la Fédération de pêche des Côtes d'Armor (*Fédération des Côtes d'Armor pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique*, 2012), sur une zone allant de l'écluse du port du Légué à l'usine du Jouguet (6 km de linéaire).
Il a été observé une très petite population de Grande Alose (une trentaine sur toute la période de migration). Par ailleurs, aucune Alose Feinte n'a pu être recensée. Ces données sont semblables aux résultats entrevus sur le cours d'eau du Trieux l'année précédente, et confirment la faible dynamique de colonisation actuelle de l'alose sur les bassins côtiers bretons.

En conclusion, le cours d'eau du Gouët abrite des populations variables de poissons migrateurs, qui témoignent à la fois de sa forte attractivité (bon état physico-chimique, densité d'habitat importante…), et d'une dynamique de migration limitée par la présence de nombreux obstacles en travers du cours d'eau (moulins, écluse, seuils, barrage...). Les peuplements piscicoles pourraient significativement augmenter par la mise en place de dispositifs de franchissement adaptés sur le déversoir du port du Légué (Figure 4), en cours d'étude actuellement, et sur les différents seuils de moulin barrant la rivière sur le Gouët aval (travaux conduits dans le cadre du Contrat territorial du Gouët par Saint Brieuc Agglomération,

avec pour objectif de diminuer le taux d'étagement de 10% sur le bas Gouët).

Figure 4: Vue sur l'écluse du port du Légué, dont les éclusages permettent le transit des poissons sur le Gouët

Cependant, le barrage de Saint Barthélémy constituerait à l'heure actuelle un obstacle critique à la progression des poissons migrateurs, malgré la présence d'une passe à poissons, dont l'efficacité est remise en question d'après les données exposées ci-dessus. En restreignant l'accès à la partie supérieure du bassin versant du Gouët, le barrage appauvrit la zone en amont et oblige les populations piscicoles à stagner sur la partie à l'aval, où les frayères et les habitats sont en sous-nombres et les ressources nécessaires à la croissances limitées.
A noter que les études sur les stocks des populations piscicoles sont peu nombreuses sur le fleuve côtier du Gouët, en comparaison des autres cours d'eau du département comme le Trieux, le Léguer ou l'Arguenon. Il n'existe pas à l'heure actuelle de mesures Indice Poisson Rivière (IPR) sur le Gouët, et les seules données proviennent de pêches d'abondance (indice d'abondance), réalisées plus ou moins régulièrement selon les espèces. Ce manque de données est notable pour l'évaluation du stock d'anguilles : les études les plus récentes disponibles datent de 2009 pour le Gouët aval et 1998 pour le Gouët amont.

C) Le cycle biologique d'*Anguilla anguilla* L.

L'anguille européenne est une espèce migratrice atypique, dont la biologie est encore trop mal connue. Sa population est définie comme panmictique, les individus se reproduisant au hasard dans la mer des Sargasses (*Schmidt*, 1922).
L'anguille européenne est un migrateur thalassotoque : les individus se reproduisent en mer et effectuent leur croissance dans les eaux douces continentales.
Dans le détail, l'anguille naît dans la mer des Sargasses, dans une zone encore mal définie par les chercheurs. Au stade de larve leptocéphale[1], elle se laisse transporter par le courant du Gulf Stream et la dérive Nord-Atlantique. La migration s'opère sur une période allant de 6 mois à 2 ans, sur une distance moyenne de 6 000 km. La durée de ce voyage transatlantique fait néanmoins débat, tout comme la méthode de transport (nage passive ou active) (*Van Ginneken et Maes*, 2005). Pendant cette période, la larve se nourrit de planctons.
A l'approche des côtes européennes et nord-africaines, sur les plateaux continentaux, la larve se transforme en civelle (5-6 cm), remarquable par son corps transparent (*Bertin*, 1942) (Figure 5). A ce stade, l'anguille cesse de s'alimenter et profite du courant des marées pour atteindre l'entrée des estuaires, tout en s'enfonçant dans les bancs de sable pendant le jusant.

Figure 5: Civelles
(UMR BOREA)

[1] Larve leptocéphale : Larve foliacée et transparente de certains poissons, comme les anguilles, qu'une métamorphose très apparente transforme ensuite en adulte (définition dictionnaire Larousse)

A partir du printemps, lorsque les eaux viennent à se réchauffer, l'anguille, forte de ses nouvelles capacités de nage, commence à coloniser par vagues migratoires les rivières et les fleuves des bassins versants bretons. Sa peau se pigmente et prenne une couleur jaune (Figure 6). Débute alors une longue période de croissance en eau douce, allant de 3 à 8 ans pour le mâle et 4 à 10 ans pour le femelle. L'anguille jaune se nourrit alors de nouveau : carnassière opportuniste, son régime alimentaire se compose de larves d'insecte, de petits crustacés et de poissons. Elle est essentiellement active la nuit au printemps, mais sa mobilité change en été pour se concentrer majoritairement en journée. A noter qu'il est possible de retrouver l'anguille dans des milieux salés (estuaires, lagunes, marais côtiers...) (*Daverat et al.*, 2005-2006).

Figure 6: Anguille jaune
(ONEMA)

Après le stade d'anguille jaune, l'anguille se mue en anguille argentée (Figure 7). Au moment des premières crues automnales, l'anguille profite du courant important pour redescendre les cours d'eau et atteindre le milieu marin. Elle migre de nouveau en mer des Sargasses pour se reproduire. Grâce à ses surplus de graisse stockés dans son corps pendant sa croissance dans les eaux continentales, l'anguille traverse l'Atlantique sans se nourrir. Cette migration est très peu documentée, car difficilement observable, mais on suppose que l'anguille effectue des déplacements nycthéméraux[1], progressant entre 200 et 800 m de profondeur pour éviter ses prédateurs (requins notamment). Au cours de ce déplacement de 4 à 6 mois, l'individu acquiert sa maturité sexuelle. La ponte s'effectue alors en eau profonde de mars à juillet, à une profondeur estimée entre 400 et 700 m. Une femelle produit entre 0,7 et 2,6 M d'œufs (*Boetius et al.*, 1980). A ce jour, aucun œuf ou processus de reproduction de l'anguilles n'a été observé en condition réelle.

[1] Déplacements nycthéméraux : déplacements variables en fonction de la luminosité du jour et de la nuit

Figure 7: Anguille argentée (capture d'écran d'une vidéo - source inconnue)

A la suite de cette unique phase de reproduction (individu sémelpare[1]), l'anguille meurt épuisée.

L'anguille européenne est reconnaissable par son corps longiforme et cylindrique, lui donnant un aspect de serpent (son nom étant tiré du latin *anguis* signifiant « serpent »). L'ensemble de son corps est recouvert d'écailles et d'un mucus lui conférant des capacités de reptation.
Ses capacités de nage sont plutôt limitées (*Porcher*, 1992) : la vitesse de pointe varie entre 0,6 et 0,9 m/s. Pour un écoulement laminaire de 0,3 m/s, la civelle parcourt uniquement 3 m à la seconde, contre 30 cm pour un courant de 0,5 m/s. Au-delà, la civelle est incapable de se déplacer dans de telles conditions.
L'anguilles ne possède pas d'aptitude au saut mais présente d'intéressantes capacités de reptation sur substrats humides et rugueux, notamment la civelle sur les pans verticaux : néanmoins cette aptitude ne doit être considérée que comme exceptionnelle car cette activité requiert énormément d'énergie à l'anguille. Par conséquent, les obstacles présentant une chute trop importante sont infranchissables pour elle, d'autant plus si les conditions hydrauliques sont chaotiques (vitesse trop importante, turbulences...).
L'anguille au stade adulte est capable d'évoluer hors de l'eau pendant un certain temps grâce à son important mucus et ses étroits orifices branchiaux protégeant de la déshydratation sa cavité branchial. Il n'est pas rare alors d'observer des anguilles franchir un obstacle via les berges de cours d'eau.

[1] Individu sémelpare : individu ayant une unique phase de reproduction au cours de sa vie

II. Le barrage de Saint-Barthélemy sur le Gouët

Après avoir exposé dans le précédent chapitre le principe de continuité écologique et la tentative de rétablissement de ce concept sur les cours d'eau français par l'application d'un cadre réglementaire, nous nous intéressons maintenant à l'objet de l'étude en question, à savoir le barrage de Saint-Barthélemy.
Il sera fait dans un premier temps une description succincte du barrage de Saint-Barthélemy, ainsi que de son dispositif de franchissement, l'écluse Borland. Par la suite, il sera rappelé le contexte autour de la problématique de l'impact de l'ouvrage sur la migration piscicole, qui a amené le Département des Côtes d'Armor à engager une réflexion sur ce sujet.

1) Présentation de l'ouvrage

Le barrage de Saint Barthélémy, situé sur les communes de Ploufragan et de La Méaugon (Figure 8), est un barrage voûte à double courbure en béton (Figure 9). L'ouvrage, dont la construction a débuté en fin d'année 1975 et la mise en eau achevée en 1978, a pour vocation principale la constitution d'une réserve pour assurer la production en eau potable d'une partie du département. Ses fonctions auxiliaires sont l'écrêtement de crue (petite et moyenne crue) et la production d'hydroélectricité par le turbinage des excédents d'eau en hiver.

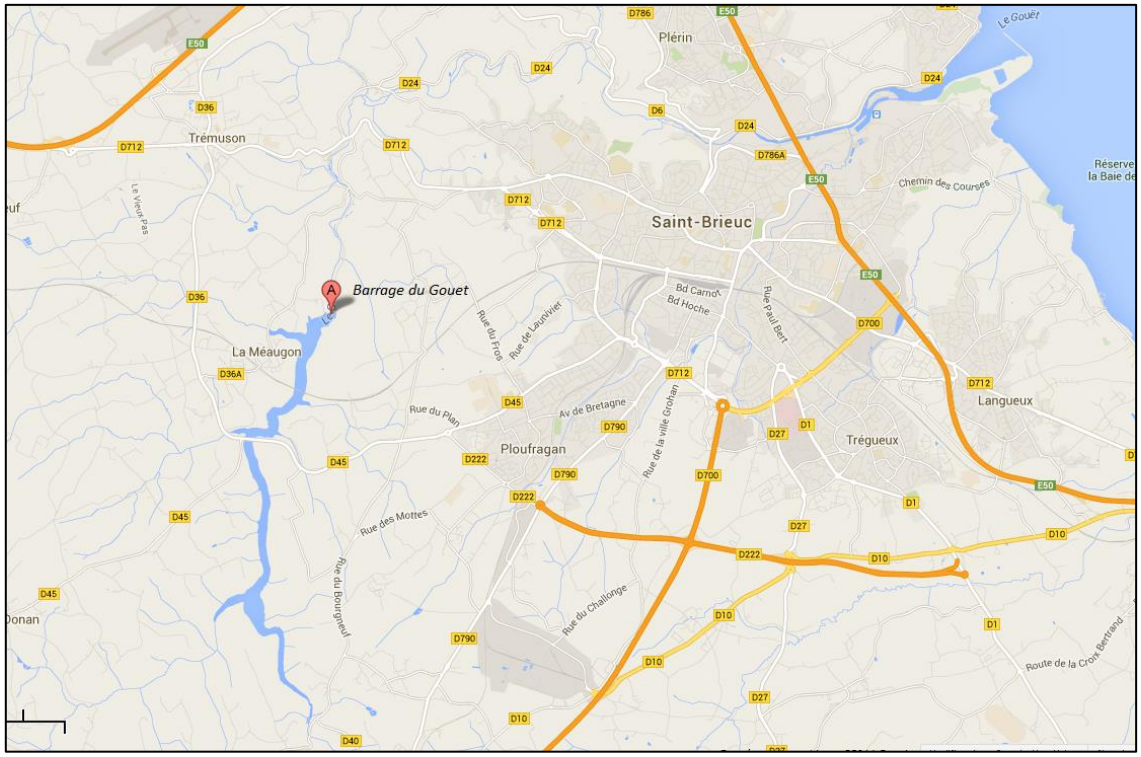


Figure 8: Plan de situation du barrage de Saint-Barthélemy (Google Maps)

D'une hauteur de 39 m hors sol, et 45 m avec les fondations, le barrage de Saint Barthélémy est un ouvrage de classe A, d'après la classification des barrages établie par les arrêtés R 214-112 et R 214-114 du code de l'Environnement.

La gestion de la côte de la retenue est la suivante :

- Légère baisse du plan d'eau en hiver pour permettre l'écrêtement des faibles et moyennes crues
- Reconstitution du stock à partir du printemps, dans le but d'avoir une retenue pleine en été et subvenir aux forts besoins estivaux

Figure 9: Vue sur le parement aval et le couronnement du barrage de Saint-Barthélemy

Le barrage de Saint Barthélémy restitue les écoulements via différents organes hydrauliques :

- 3 évacuateurs de crue (Q_{total} = 215 m^3/s)
- 1 conduite de fond
- 1 conduite de débit réservé
- 1 ouvrage de restitution lié à la microcentrale

Une tour de prise d'eau est adossée à la voûte du barrage. Les prélèvements d'eau à destination de l'usine de traitement de Saint Brieuc Agglomération s'effectuent via trois ouvertures dans la tour situées à différentes hauteurs, qui sont manœuvrables en fonction de la qualité de l'eau dans les strates de la retenue.
La moyenne interannuelle (2011-2014) du volume total d'eau brute prélevé pour l'usine de traitement de Saint Brieuc Agglomération est de 8 711 806 m^3. En 2014, la retenue de Saint-

Barthélemy contribue à hauteur de 24 % des prélèvements d'eau du département. L'eau traitée rejoint ensuite l'ensemble des foyers de l'agglomération briochine et des communes aux alentours.

Le barrage est équipé d'une passe à poissons de type écluse Borland, qui permet aux espèces piscicoles de franchir l'ouvrage et d'accéder au plan d'eau supérieur. La description de ce dispositif et de son fonctionnement sont évoqués dans le chapitre suivant.

Deux microcentrales hydroélectriques offrent la possibilité de turbiner les débits hivernaux et de produire de l'électricité, avec une production moyenne annuelle de 2 800 000 kWh. La première turbine fonctionne à un débit nominal de 1,5 m^3/s, et la seconde à 3,8 m^3/s. L'électricité produite est ensuite revendue à un fournisseur d'énergie (*ENERCOOP* en 2017).
La microcentrale a été installée quelques années après la mise en eau du barrage, en 1983, suite à la réalisation d'une étude technico-économique concluant sur la bonne faisabilité du projet.

Le plan d'eau associé à la retenue possède une superficie de 81 ha, avec un volume d'eau de 7,9 M m^3 à la côte des plus hautes eaux (côte PHE = 87 mNGF). On retrouve sur ce plan d'eau des activités nautiques et de pêche.

2) L'écluse à poissons du barrage de Saint-Barthélemy

A) Fonctionnement

L'écluse à poissons du barrage de Saint-Barthélemy, autrement nommée écluse Borland, du nom de l'ingénieur à l'origine de cette passe, est intégrée dans le corps de l'ouvrage. Ce type de passe fonctionne sur le même principe que les écluses à bateaux.
L'écluse est composée de la manière suivante :

- Un chenal d'entrée (longueur = 13 m)
- Une chambre d'attente (dimension : 4,75 X 2,5 X 2,5 = 35 m^3)
- Un puits (hauteur = 36,45 m au plus haut, diamètre = 1,50 m)

L'écluse Borland fonctionne sur un cycle bien précis, programmable par le maître d'ouvrage (plan synthétique de l'ouvrage en Annexe 2) :

- Phase n°1 : l'attrait

Un débit d'attrait est produit au niveau de la chambre d'attente via la conduite de la vanne n°6 et ressort par le chenal d'entrée, et ce afin d'attirer le poisson dans l'écluse. L'eau du débit d'attrait provient de la chambre de dissipation d'énergie, alimentée par un piquage sur la tour de prise d'eau. Pendant cette phase, un projecteur situé à l'extrémité de la chambre d'attente est allumé pour ne pas laisser le chenal dans l'obscurité, ce qui rebuterait le poisson. Actuellement, la durée de la phase d'attrait est de 2 heures et le projecteur est hors service.

- Phase n°2 : le remplissage

La vanne n°3 est fermée, tout comme la vanne n°2, et la vanne n°7 s'ouvre, le puits se remplit progressivement. Lorsque la différence de hauteur entre le niveau dans le puits et celui du plan d'eau est inférieure à moins de 3 m, la vanne 4 ou 5 (suivant la hauteur du plan d'eau) s'efface : le puits s'équilibre alors avec le plan d'eau.

- Phase n°3 : la sortie

Au moment où l'équilibre se fait entre la côte de l'eau dans le puits et le plan d'eau, la vanne n°9 s'ouvre afin de créer un courant et guider les poissons vers la sortie de la passe. Actuellement, la durée de la phase de sortie est de 2 heures.

- Phase n°4 : la vidange

Au bout d'un certain laps de temps, la vanne 4 ou 5 se relève. Le puits, n'ayant plus d'apport, se vide via la conduite de la vanne n°9. Lorsque la côte de l'eau dans le puits atteint 53 mNGF, la vanne n°3 reçoit un ordre d'ouverture : le puits se vide complétement.
Une fois le puis vide, la vanne n°9 se referme et la vanne n°2 s'ouvre. Un nouveau cycle est réenclenché.

L'écluse Borland fonctionne sur le même cycle 24h/24 toute l'année : en fonctionnement optimal, 5 cycles de remplissage-vidange par jour sont effectués.
A l'heure actuelle, il n'y a pas d'adaptation des durées de phase ou de la période de fonctionnement de l'écluse en fonction de l'espèce piscicole et de la saisonnalité de sa migration.

B) Les écluses Borland dans la littérature scientifique

La première écluse Borland a été construite sur le barrage de Leixlip sur la rivière Liffey (Irlande), en 1949. Par la suite, de nombreux barrages écossais et irlandais furent équipés de ce genre de passe « moderne ». On estimait le flux de passage des saumons entre 2375 et 3000 individus annuellement dans les 8 écluses Borland de ces pays (*Arrignon*, 1971).
Ce type d'écluse à poissons est majoritairement présent sur des barrages de hauteurs supérieures à 8 m, car ils se révèlent techniquement plus faciles à mettre en place et moins onéreux en comparaison des autres passes (*Brownell et al.*, 2012). Cependant, pour des hauteurs comparables, les ascenseurs à poissons seront privilégiés par la suite, car économiquement plus avantageux et ayant une efficacité plus importante, le poisson étant piégé dans la cage (*Brownell et al.*, 2012).
Les passes de type Borland, qualifiées de « non-volitional » en anglais (le poisson est transporté via un processus mécanique, sans qu'il ait besoin de nager), sont compatibles avec la majorité des espèces piscicoles, au contraire des passes à bassins ou à ralentisseurs, qui sont plutôt favorables aux poissons ayant d'excellentes capacités de nage (salmonidés par exemple).

Les performances des écluses à poissons sont assez peu étudiées dans la littérature scientifique, contrairement aux ascenseurs à poissons.
Ce qui ressort des articles traitant du sujet est la faible fonctionnalité des écluses Borland : Travade et Larinier (1992) estiment que « de nombreuses passes se sont révélées peu ou pas

efficaces », du fait d'une discontinuité dans le processus de montaison et d'un volume restreint dans la chambre d'attente, ce qui engendre une capacité de stockage plutôt faible. Par ailleurs, les conditions d'attrait des écluses à poissons sont en général médiocres et l'emplacement de l'entrée de la passe mal situé. Le débit d'attrait y est souvent trop faible, en comparaison des autres débits sortants (débit réservé, débit turbiné...).
De plus, le poisson, arrivé dans la chambre d'attente, doit stationner dans ce sas jusqu'à la prochaine phase de remplissage. Le poisson n'est pas bloqué ou piégé dans la chambre et il peut ressortir à tout moment pendant la phase d'attrait.
L'efficacité de la passe à poissons est également dépendante des conditions hydrauliques au sein de la structure : il est primordial de présenter des conditions non turbulentes et des vitesses de courant faibles dans le chenal d'entrée et dans la chambre d'attente, afin de ne pas entraver la circulation du poisson.
Enfin, la programmation du cycle de l'écluse Borland (phase d'attrait-phase de remplissage-phase de sortie-phase de vidange) doit être adaptée à l'espèce cible, tout comme la période de fonctionnement (fonctionnement diurne/nocturne, saisonnalité de la migration...).

En résumé, l'efficacité d'une écluse Borland est fonction de nombreux paramètres spécifiques à chaque site, qui sont les suivants :

- Débit d'attrait
- Localisation de l'entrée de la passe
- Conditions hydrauliques au sein de la passe
- Cycle de fonctionnement de la passe (durée des phases)
- Période de fonctionnement de la passe (saisons, cycle diurne/nocturne)
- Espèce piscicole (capacités et comportement de nage, période de migration...)
- Hauteur de l'ouvrage
- Conception de la passe (volume de la chambre d'attente)

Ces paramètres ne sont pas toujours pris en compte sur site, du fait des contraintes d'exploitation, de partis pris à la conception de l'ouvrage, ou d'une méconnaissance par les gestionnaires de la biologie des poissons et de leurs cycles migratoires.
C'est pourquoi le taux de réussite de montaison d'un ouvrage équipé d'une écluse Borland est supposé faible.

3) Mise en contexte de la problématique de continuité écologique du barrage de Saint-Barthélemy

Le barrage de Saint-Barthélemy est situé sur le cours d'eau côtier du Gouët, catégorisé en classe II au titre de la loi L 214-17 du code de l'Environnement. Cette classification entraîne les obligations suivantes pour l'ouvrage :

- Nécessité d'assurer le transport suffisant des sédiments
- Nécessité d'assurer la libre circulation des poissons migrateurs

L'espèce cible à prendre en compte dans les modalités de franchissement du barrage est l'anguille européenne.

Le barrage de Saint-Barthélemy est situé dans une zone d'action prioritaire anguille (ZAP) définie dans le cadre du plan de sauvegarde national de cette espèce. De plus, le barrage est considéré comme ouvrage Grenelle d'après la loi Grenelle II qui identifie les ouvrages dits prioritaires pour la restauration de la continuité écologique.

La rivière du Gouët, sur laquelle on retrouve le barrage de Saint-Barthélemy, est comprise dans le SAGE de la Baie de Saint Brieuc. Dans le dernier Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) du SAGE de la Baie de Saint Brieuc (2014), est inscrit la nécessité de rendre effective la circulation piscicole au niveau du barrage de Saint-Barthélemy. L'évaluation et l'optimisation du fonctionnement hydraulique de l'écluse à poissons constituent une des stratégies fortes du PAGD. Par ailleurs, la problématique de la gestion des débits sortants est relevée par le SAGE, qui souhaite une optimisation de cette gestion afin de satisfaire les contraintes liées aux frayères et à la vie aquatique présentes en aval (débit suffisant, pas de lâchers d'eau trop brusques...).

Enfin, les services de l'Etat (DDTM) ont récemment questionné le Département au sujet de l'efficacité de la passe à poissons, au regard de l'application de la loi L 214-17 du code de l'Environnement, qui impose aux propriétaires d'ouvrage d'engager des travaux pour faciliter la circulation piscicole avant juillet 2017.

A la lecture de ces informations, il devenait primordial pour le Département des Côtes d'Armor d'engager une réflexion sur ce sujet pour répondre aux interrogations des acteurs de la gestion des milieux aquatiques.
Les chapitres suivants décrivent la réflexion entreprise cette année par le Département.

Le barrage de Saint Barthélémy sous le feu des critiques – Revue de presse

Tout au long de son histoire, le barrage de Saint-Barthélemy a essuyé de nombreuses critiques au sujet de la libre circulation piscicole et les conséquences de sa gestion sur la vie aquatique. A l'origine de sa création, l'efficacité du dispositif de montaison était déjà jugée peu satisfaisante par la fédération départementale de pêche, qui s'appuyait sur des données de l'écluse Borland de l'autre barrage géré par le Département sur le cours d'eau de l'Arguenon, ainsi que sur un rapport du bureau d'étude Coyne et Bélier (Annexe 3). L'AAPPMA[1] de Saint Brieuc Quintin dénonçait en 1983 le manque d'étude sur l'efficience de l'écluse Borland et le déficit de frayères disponibles pour les truites en raison du blocage induit par le barrage (Annexe 4). Par la suite, la construction de la microcentrale électrique a accentué les attaques contre l'ouvrage : en cause les variations trop brusques du débit sortant, l'apport de boue qui entraine le colmatage des frayères, la gêne pour les poissons à situer l'entrée de la passe lorsque les turbines fonctionnent (Annexe 4) …

Dernièrement, l'épisode de sécheresse, qui a obligé les services de l'état (DDTM) à prendre des mesures pour réduire temporairement le débit réservé afin de préserver la ressource en eau de la retenue, a mis à mal les frayères à saumons créées par les associations de pêche et de riverains du secteur du bas Gouët (Annexe 5). Mais, plus que l'importance du volume relâché, ce sont les variations brusques des débits sortants à l'aval qui sont régulièrement discutées ces dernières années, car elles peuvent être à l'origine de nuisances non négligeables pour la faune aquatique (départ des sédiments constituant les frayères, augmentation rapide des vitesses de courant impactant les espèces piscicoles, assèchement rapide des habitats potentiels…).

Par ailleurs, les riverains et acteurs du bas Gouët regrettent un manque de communication avec le service gestionnaire du barrage, notamment lorsqu'il est décidé de modifier rapidement le régime hydrologique du cours d'eau.

Pour répondre à cette problématique, le Département des Côtes d'Armor a souhaité la mise en place d'un comité de concertation avec les différents usagers du cours d'eau (pêcheurs, pisciculture, propriétaires de moulins, pratiquants de canoë-kayak…) : la prise en compte des besoins de chaque participant peut amener à des ajustements de la gestion hydraulique du barrage, sous réserve de garantir l'objectif initial de l'ouvrage, à savoir constituer une réserve AEP[2], et de préserver l'intégrité physique de la structure (non dépassement de la PHE). Les premières réunions ont eu lieu en 2017 et des pistes de réflexion pour faciliter le dialogue sont à l'étude.

A noter que ces critiques se retrouvent également dans la gestion du barrage lors des grandes crues : l'augmentation soudaine des débits, qui répond à des impératifs de mise en sécurité de l'ouvrage (non dépassement de la PHE), est critiquée par certain riverains subissant des inondations à l'aval (Annexe 6). Ces derniers estiment que le barrage doit pouvoir les protéger de toutes les crues, et que les inondations engendrées par l'augmentation du débit révèlent une mauvaise gestion de l'ouvrage.

Une meilleure communication est nécessaire pour faire prendre conscience des difficultés de prévision des crues et de l'impossibilité d'écrêter les crues avec des périodes de retour élevées, notamment lorsque la retenue est pleine au printemps (stockage maximal de l'eau pour les besoins estivaux).

[1] AAPPMA : Association Agrée pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques

[2] AEP : alimentation en eau potable

III. Evaluation des conditions de franchissement à la montaison du barrage de Saint-Barthélemy par les anguilles

Après avoir exposé le contexte général en matière de continuité écologique, de même que la législation française qui en découle, et présenté le barrage de Saint-Barthélemy dans sa globalité, avec un focus sur le fonctionnement de l'écluse Borland, ce chapitre relate l'ensemble des études réalisées afin de déterminer l'efficacité du dispositif de passe à poissons de l'ouvrage, et ainsi définir le niveau de blocage de la migration de montaison de l'anguille.
La réflexion et les expérimentations associées ont été validées lors de réunions avec différents partenaires techniques (Agence française pour la Biodiversité, Fédération départementale de pêche des Cotes d'Armor, Bretagne Grands Migrateurs…).

1) Définition des axes d'étude mis en œuvre

A l'origine de ce projet, est apparue la nécessité d'associer les partenaires techniques du domaine piscicole afin de recueillir leurs avis et expertises sur le sujet et valider « scientifiquement » le déroulement du projet.

Deux réunions se sont ainsi tenues au mois de février et mars, avec les personnes suivantes :

- Pascal HUS, Agence française pour la Biodiversité
- Marie-Andrée ARAGO, Agence française pour la Biodiversité
- Jean-Luc LESAULNIER, Agence française pour la Biodiversité
- Alain DUMONT, Fédération Départementale de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques des Côtes d'Armor
- Didier BONNERY, Association agrée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de Saint Brieuc-Quintin
- Gaëlle GERMIS, Bretagne Grands Migrateurs
- Laëtitia LE GURUN, Bretagne Grands Migrateurs
- Marie LE BARON, Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Côtes d'Armor
- David Etienne, Saint-Brieuc Armor Agglomération
- Clément LACOSTE, Conseil Départemental des Côtes d'Armor

La première réunion fut l'occasion d'évoquer globalement l'objectif du projet, et de définir les axes de réflexion autour de cette problématique de libre circulation des espèces piscicoles : montaison, dévalaison et débits relâchés à l'aval du barrage.

Au lancement de ce projet, la problématique de montaison de l'anguille constitue la préoccupation principale des acteurs de la protection des milieux aquatiques. Aucune étude précise, depuis la mise en eau du barrage, n'est venue attester de l'efficacité de l'écluse Borland et les résultats des pêches électriques d'abondance anguille à l'amont de l'ouvrage ne plaident pas en faveur d'un fonctionnement optimal de la passe à poissons (présence relictuelle de vieilles anguilles à l'amont).

La mise en œuvre d'une étude sur la faisabilité de la montaison permettrait de définir clairement l'influence de l'écluse Borland sur la colonisation des anguilles du plan d'eau et du Gouët amont, et peut être de mettre en lumière un dysfonctionnement du dispositif d'écluse.

Les moyens de dévalaison sur le barrage de Saint-Barthélemy sont très peu connus, tout comme les conséquences de passage sur les anguilles dans telle ou telle voie. La présente étude aura également pour objectif de déterminer l'ensemble des voies de passage possibles sur site, et de déboucher sur un certain nombre de recommandations ou d'ajustements pour faciliter la dévalaison.

Enfin, la question des débits relâchés à l'aval est une problématique régulièrement soulevée par les associations de pêches et les propriétaires de moulin sur le Gouët aval : débit réservé trop faible, variations des débits trop importantes en hiver…. En 2017, le Département des Côtes d'Armor a souhaité la mise en place de réunions de concertation autour de ces sujets pour répondre à la demande des associations. Les premières réunions techniques ont eu lieu en juin 2017, et vont se poursuivre tout au long de l'année. Des solutions ont été évoquées lors de ces rencontres. Cette problématique ne sera pas abordée dans ce rapport, le sujet étant encore discuté à la clôture du dossier.

Lors de la seconde réunion, les études et leurs protocoles opératoires ont été discutés et validés pour le projet.
Ainsi, quatre études ont été imaginées pour l'année 2017 :

- Etude de la colonisation du bas Gouët par pêche électrique en aval du barrage de Saint-Barthélemy
- Etude des conditions d'attrait de l'écluse Borland par piégeage d'anguilles au moyen d'une passe-piège
- Suivi-vidéo de la montaison des anguilles au sein de l'écluse Borland
- Etude de la colonisation du Gouët amont et de la retenue par pêche électrique

Les pêches électriques auront pour objectif de réactualiser les données d'abondance anguille aussi bien à l'amont qu'à l'aval du barrage. La pêche sur le plan d'eau, jamais réalisée auparavant, complètera l'inventaire de la population sur le haut Gouët et fournira une indication des aires d'habitat privilégiées par l'anguille.
La passe-piège en pied de barrage sera utilisée pour caractériser les conditions d'attrait de l'écluse à poissons.
Enfin, le dispositif de suivi-vidéo, déjà expérimenté par EDF sur un de ses barrages dans l'Orne (Annexe 7), sera appliqué dans le but de définir l'efficacité de l'écluse Borland pour la montaison, par la vérification du passage des anguilles à la sortie de la passe.

L'utilisation de flottangs, dispositif de piégeage passif d'anguillettes, a été évoquée pendant cette réunion (Figure 10) : l'idée initiale était de disposer quatre flottangs dans le bassin en aval du barrage, avec pour objectif d'étudier la colonisation de cette zone par l'anguille. Les flottangs présentent la particularité de simuler un habitat préférentiel pour l'anguille, et sont peu onéreux à l'achat et à l'exploitation. Cependant, ce type de piégeage présente un nombre important d'inconvénients : nécessité d'utiliser une barque pour relever les pièges, piégeage non irréversible (l'anguille peut sortir du flottang à tout moment), protocole expérimental pas

assez robuste du fait de la relative jeunesse du dispositif… De plus, cette expérimentation est plus appropriée pour suivre le front de colonisation des anguilles, grâce à la mise en place de ces dispositifs sur plusieurs stations réparties le long d'un cours d'eau. En conséquence, l'idée d'utiliser des dispositifs de type flottang n'a pas été retenue.

Figure 10: Dispositif de piégeage de type Flottang (Bretagne Grands Migrateurs)

Cette seconde réunion s'est terminée sur le visionnage d'extraits du suivi vidéo mené par EDF pour évaluer l'efficacité de l'écluse sur le barrage de Saint-Philbert. Les soucis de visibilité des extraits vidéos de nuit ont été soulevés, malgré la présence d'une LED infrarouge sur la caméra : l'ajout d'un spot infrarouge supplémentaire devrait permettre de régler ce problème.

Le lancement de ce projet a fait l'objet d'un article dans le support de communication de l'association Bretagne Grands Migrateurs (Annexe 8).

Les comptes rendus des deux réunions techniques sont consultables en annexe (Annexe 9).

2) Etat de la colonisation des anguilles sur le haut et bas Gouët

Le Gouët, en aval du barrage de Saint-Barthélemy, peut être considéré comme un cours d'eau favorable à la colonisation de l'anguille, de par son bon état écologique (données Agence de l'Eau Loire Bretagne, 2013) et l'existence d'habitats préférentiels. Mais la présence d'obstacles, dont l'écluse du port du Légué, restreint la continuité longitudinale et réduit les possibilités d'implantation de la population d'anguilles.

Les derniers recensements effectués à l'aval du barrage en 2009 (*Fédération des Côtes d'Armor pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique,* 2010) montrent un recrutement important d'anguilles jusqu'au point de pêche de l'ancien barrage de Saint Barthélémy, soit quelques centaines de mètre à l'aval de l'actuel barrage.
Les effectifs observés constituent un peuplement d'anguilles plutôt jeunes (taille comprise entre 150 et 300 mm), avec la présence notable d'anguillettes (taille inférieure à 150 mm).

La réalisation d'une nouvelle pêche électrique à l'aval proche du barrage permettrait de réactualiser les données d'abondance de l'anguille sur ce secteur, dans le but d'estimer le recrutement susceptible de passer l'ouvrage et de mesurer l'influence du barrage sur la migration piscicole, en comparant avec la population en amont du barrage. En outre, le classement des tailles d'anguilles établi à partir des données biométriques donnerait une indication sur le retard de migration.

La pêche électrique est une des nombreuses méthodes de capture d'espèces piscicoles, en vue de réaliser un échantillonnage d'individus. Elle consiste à attirer et paralyser le poisson par la génération d'un champ électrique dans l'eau, au moyen d'une anode reliée à une batterie (Figure 11). Les poissons, choqués, sont ensuite récupérés dans un filet, puis placés dans un bac contenant de l'eau de la rivière, dans l'attente du suivi biométrique ou d'autres manipulations. Après s'être assuré que les poissons ne sont plus en état de choc, ils sont remis dans le cours d'eau.
La méthode de pêche électrique retenue est la méthode Indice Abondance Anguille développée par les fédérations de pêche bretonnes et l'association Bretagne Grands Migrateurs, en collaboration avec anciennement l'ONEMA, l'institut de Rennes 1 et l'Institut d'Aménagement de la Vilaine (*Bretagne Grands Migrateurs*, 2009). Ce protocole est spécifiquement adapté aux cours d'eau des bassins versants bretons et rend possible le suivi de la population d'anguilles quelque soit leurs stades de développement.
La méthode de pêche repose en grande partie sur les protocoles de pêche électrique dits EPA[1].

[1] EPA : Échantillonnage Ponctuel Abondance

Figure 11: Pêche électrique réalisée sur le Gouët le 19/06/2017

Les avantages de cette méthode sont la rapidité et la simplicité d'application, ainsi que son faible coût financier et en moyens humains (5 à 6 personnes en tout). Par ailleurs, les données recueillies sont fiables et aisément reproductibles, et autorisent une comparaison spatiale et temporelle des résultats d'abondance entre les différents points de pêche.

A) Présentation du mode opératoire

Le matériel nécessaire pour la réalisation de la pêche électrique Indice Abondance Anguille est le suivant :

- 1 appareil de pêche électrique de type martin pêcheur
- 2 épuisettes à cadre métallique avec le bord inférieur droit de 60 cm de large et une taille de maille de 2 mm
- 1 épuisette à main ronde ou carrée avec une taille de maille de 2 mm, équipée d'une réglette permettant la mesure de profondeur)
- Plusieurs seaux
- 1 chronomètre
- 1 décamètre
- 1 topofil

La méthode consiste en une succession de pêches électriques sur 30 points répartis le long d'une station de pêche (minimum 100 m), à raison d'un point tous les 3 mètres et d'une prospection répartie équitablement sur toute la largeur du cours d'eau (Figure 12). La durée de pêche sur chaque point est de 30 secondes.
On s'assurera par ailleurs d'effectuer la pêche dans un tirant d'eau inférieur à 60 cm, afin de ne pas réduire les probabilités de capture.

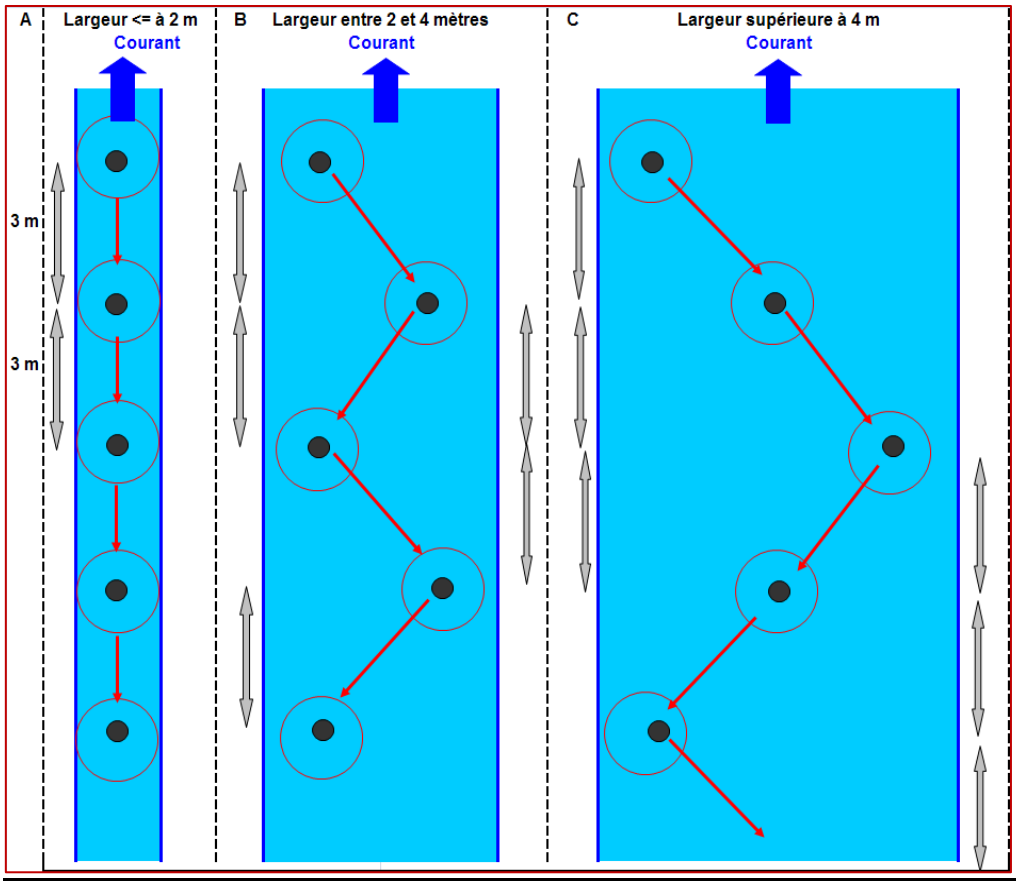


Figure 12: Répartition des points de capture en fonction de la largeur du cours d'eau (P.M. CHAPON, ONEMA – 2007)

-

B) Résultats

Les pêches électriques se sont déroulées dans la journée du 22 juin 2017, sur trois stations réparties sur le cours d'eau du Gouët. La station du pont de Bouessières, en aval du barrage, et la station du Gué de l'Hôpital, à l'amont, sont des stations suivies à une certaine fréquence pour le calcul de l'Indice Abondance Anguille sur le bassin du Gouët par la Fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique des Cotes d'Armor (Annexe 10).
Pour les besoins spécifiques de cette étude, afin de connaître l'état de la colonisation du pied de l'ouvrage, une troisième station a été ajoutée au protocole de pêche, à l'aval proche du barrage (Annexe 10).

Six personnes étaient présentes pour assurer le bon déroulement de cette pêche électrique, dirigée par le personnel de la Fédération de pêche des Cotes d'Armor.
Les conditions hydrauliques étaient caractérisées par un fort étiage à l'amont de la retenue (station du Gué de l'Hôpital). Les stations à l'aval, influencées par le barrage, présentaient un régime hydraulique proche du débit réservé (Q = 230 l/s). La météo était nuageuse, sans précipitation observée.
Les résultats complets des pêches électriques sont disponibles dans le tableau suivant (Tableau 2).

	< 150 mm	150-300mm	300-450 mm	450-600 mm	> 600 mm	Effectif total capturé
Station des Bouessières	3	4	5	1	0	13
Station barrage de St-Barthélémy	10	31	6	2	0	49
Station du Gué de l'Hôpital	0	0	1	0	1	2

Tableau 2: Résultats des pêches électriques réalisées le 22/06/2017

La station au lieu-dit des Bouessières, la plus en aval, présente un effectif de 13 anguilles, soit 0,43 anguilles par point. La population est jeune mais peu développée (Figure 13).
Lors de la précédente pêche électrique effectuée sur cette station en 2009, l'effectif total capturé atteignait 27 anguilles, avec une majorité d'individus dont la taille était inférieure à 150 mm (20).

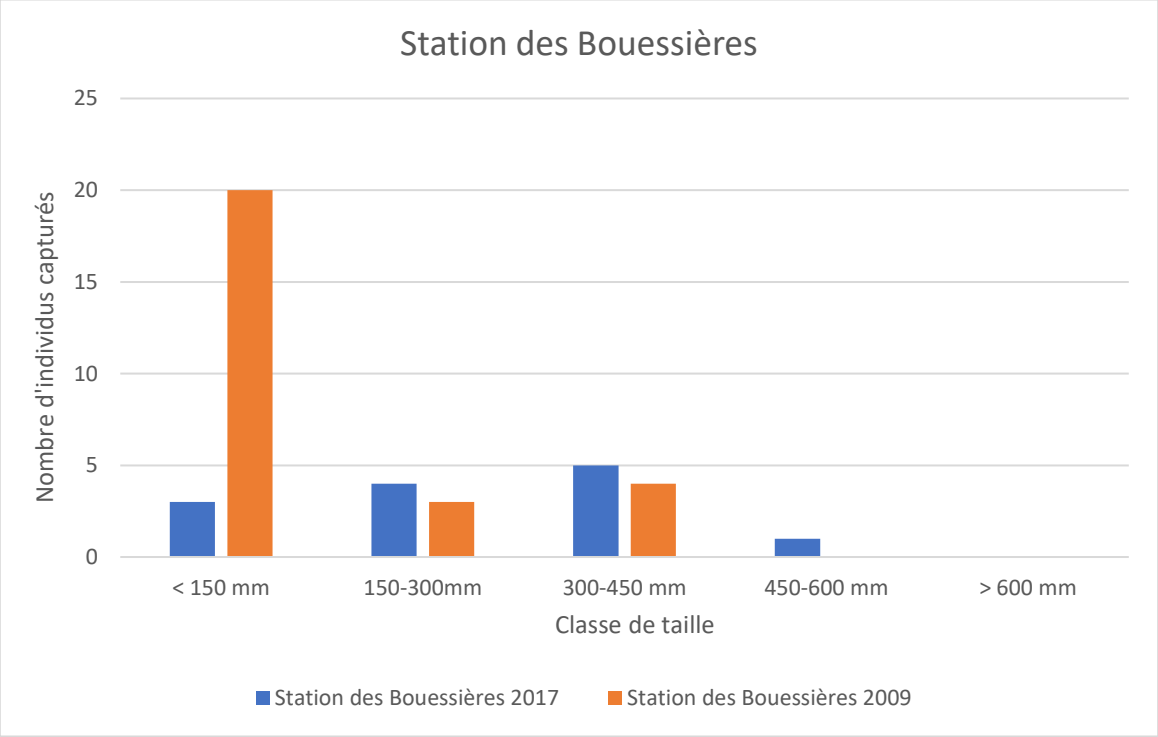


Figure 13: Répartition des classes de taille d'anguilles sur la station des Bouessières

Les pêches électriques réalisées à la station intermédiaire, en pied du barrage de Saint-Barthélemy, ont permis de capturer 49 anguilles sur l'ensemble des points (Figure 14). La classe de taille 150 – 300 mm représente la classe majoritaire sur cette station.
Le peuplement est essentiellement jeune, avec quelques anguilles supérieures à 300 mm (8 individus). Le nombre moyen d'anguilles par effort de pêche atteint 1,6 anguilles/point.
En 2009, les résultats de la pêche électrique sur la station de l'ancien barrage de Saint Barthélemy (quelques centaines de mètre en aval de la station prospectée cette année, avec

un seul obstacle dont la hauteur de chute ne dépasse pas 50 cm à l'étiage) montraient un effectif capturé de 24 anguilles, la classe d'anguille 150-300 mm étant la plus représentée (14 individus).

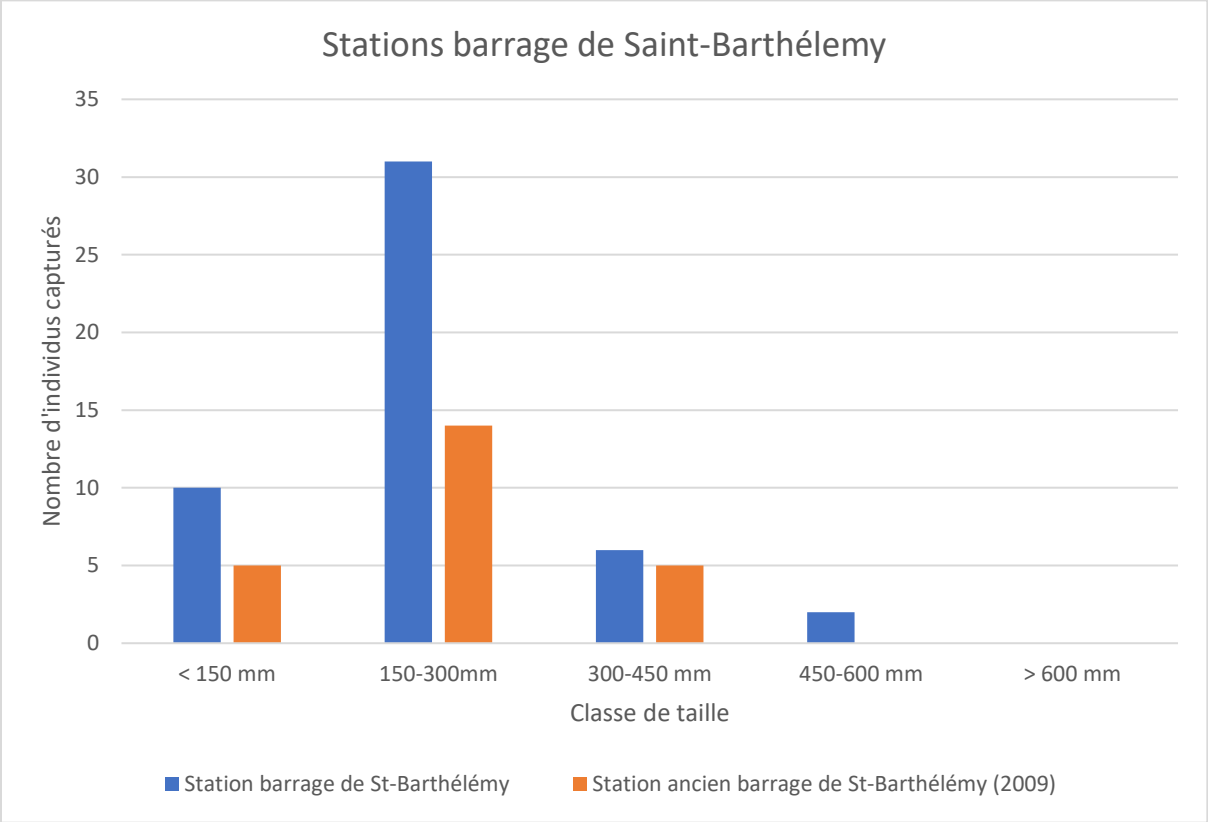


Figure 14 : Répartition des classes de taille d'anguilles sur les stations à proximité du barrage de Saint-Barthélemy

Enfin, sur la station du Gué de l'Hôpital, située à 5 km en amont de la queue de retenue, 2 anguilles ont été capturées : la première, de 323 mm, et la seconde, de 685 mm. Ces données décrivent un peuplement vieillissant et extrêmement réduit.
Les pêches électriques réalisées à l'amont du barrage en 2009 n'avaient permis de capturer aucune anguille.

C) Discussion

Au vu des résultats acquis, l'abondance des anguilles sur le Gouët est globalement faible. On note une densité plus importante d'anguilles en pied de barrage, du fait d'une accumulation des individus sur ce secteur, signe d'un possible blocage de la migration par l'ouvrage.
Les populations d'anguilles à l'amont du barrage sont relativement âgées et relictuelles. Il ne semble pas y avoir de recrutement présent sur le haut Gouët, la colonisation par les jeunes anguilles n'étant pas attestée par les résultats de pêches électriques.
Les abondances d'anguilles sur le Gouët n'ont pas évolué depuis la dernière campagne de pêche en 2009 : tout au plus peut-on observer une légère augmentation des effectifs en pied de barrage et une faible diminution à l'aval, au lieu-dit des Bouessières, qui peut s'expliquer

par les aménagements réalisés sur les obstacles (seuils) situés sur les cours d'eau depuis la dernière campagne de pêche. Mais ces variations ne sont pas significatives et ne révèlent pas une tendance forte à la colonisation du Gouët.

La présence d'anguillettes sur le Gouët aval jusqu'au barrage témoigne également de l'absence de retard de migration induite par les obstacles présents sur le cours d'eau.
Mais l'ensemble de ces résultats confirment les difficultés d'implantation du peuplement d'anguilles sur le haut et bas Gouët, en raison des ouvrages à surmonter (barrage, écluse du port du Légué).

3) Évaluation des conditions d'attrait de l'écluse Borland

Comme entrevue dans le chapitre II.2)B), le bon fonctionnement des passes à poissons est dépendants de nombreux paramètres, et plus particulièrement des conditions hydrauliques au sein et aux abords du dispositif, qui doivent par conséquent faire l'objet d'une attention particulière.
A ce titre, les conditions d'attrait de la passe à poissons participent grandement à l'efficience du dispositif de franchissement. En effet, l'enjeu est de parvenir à attirer rapidement le poisson, bloqué en pied d'ouvrage, jusqu'à l'entrée de la passe, le tout dans un milieu où les stimuli sont nombreux (courant, turbulence, modification des paramètres physico-chimiques...).
En outre, le poisson doit pouvoir situer l'entrée de la passe très rapidement, en évitant d'emprunter une mauvaise route, sans quoi il est susceptible de consommer inutilement de l'énergie, ce qui peut réduire ses capacités de migration et le rendre vulnérable aux prédateurs présents en pied d'ouvrage (*Hinch et al.*, 2002).

Les paramètres principaux régissant les conditions d'attrait sont les suivants :

- La localisation du dispositif de passe à poissons
- Le débit d'attrait
- La direction du courant d'attrait
- La périodicité du fonctionnement d'attrait dans le cas de l'écluse Borland (durée du cycle d'attrait)

La localisation du dispositif de passe à poissons constitue l'un des premiers points essentiels au bon fonctionnement de la passe à poissons sur un barrage (*Williams et al.*, 2012). La Figure 15 décrit les dispositions possibles d'une passe à poissons pour un fonctionnement optimal. On remarque que les dispositifs de franchissement sont essentiellement localisés sur les côtés des barrages, les poissons préférant nager le long des berges, avec une passe à chaque extrémité du barrage, afin de maximiser les chances de situer le dispositif pour les poissons.
On note également que pour une efficacité maximale, l'entrée de la passe à poissons doit se situer le plus proche possible de l'ouvrage (hors rivière de contournement (d)).

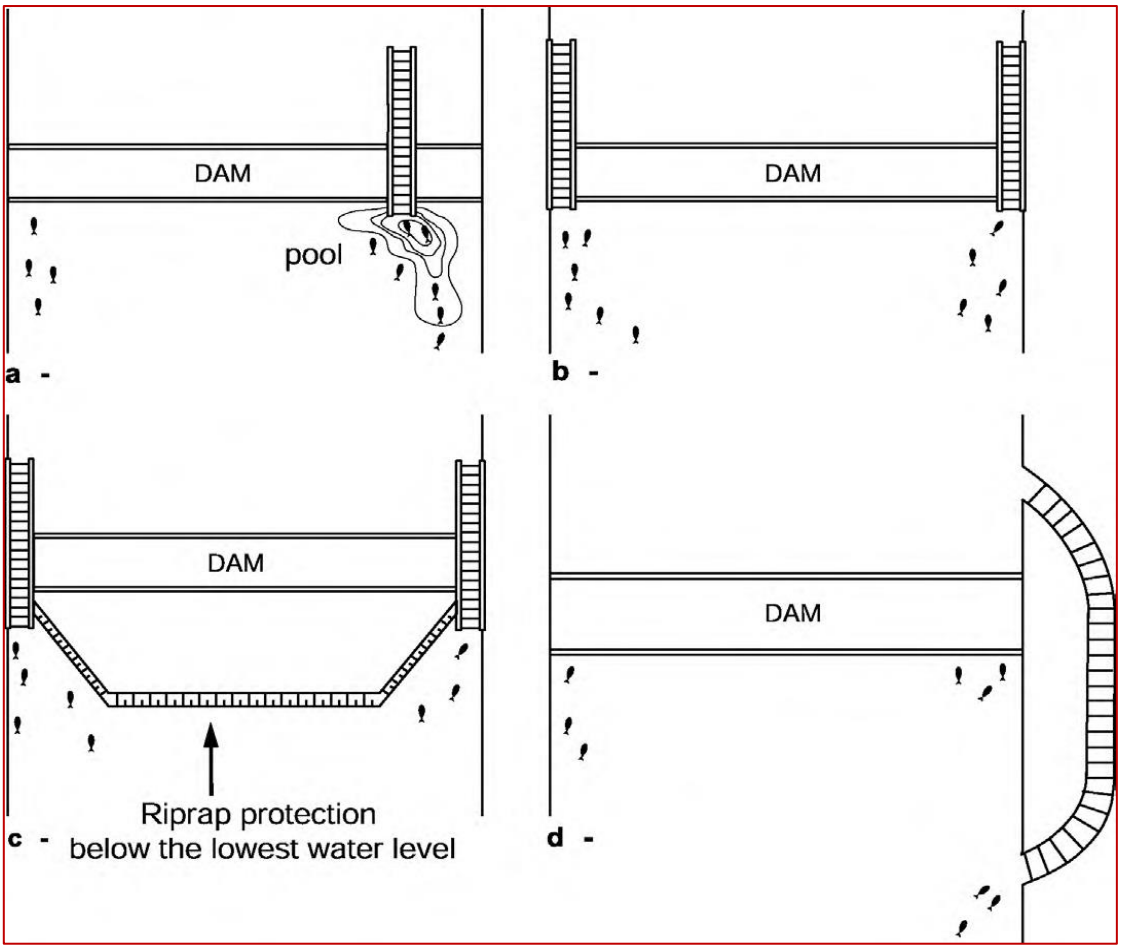


*Figure 15: Emplacements optimaux de l'entrée des passes à poissons (*Larinier*, 2002c)*

Le débit d'attrait caractérise le débit engendré pour attirer le poisson vers la passe. Concrètement, le débit d'attrait doit être suffisamment important pour qu'il soit perceptible par le poisson et qu'il se démarque des autres débits restitués par l'ouvrage (débit réservé, débit turbiné, débit sortant par les évacuateurs de crue...). De nombreuses études se sont penchées sur la question du débit d'attrait optimal : les résultats montrent que ce débit doit être au minimum de 5 à 10 % du débit total évacué à l'aval (*Larinier*, 2002c ; *Williams et al.*, 2012). Si un tel débit d'attrait ne peut être assuré au sein de la passe, en raison de sa conception ou de contraintes d'exploitation, il est possible d'avoir recours à un débit auxiliaire, provenant d'une autre conduite, qui permettra de palier à ce manque.
De plus, la vitesse d'écoulement à l'entrée de la passe doit être supérieure à 1 m/s, tout en restant compatible avec les capacités et les préférences de nage des espèces piscicoles ciblées (*Larinier*, 2002c). Il est primordial par ailleurs de s'assurer de l'absence de ressaut hydraulique à l'entrée du dispositif de montaison.
Enfin, afin de distinguer le débit d'attrait au milieu des autres débits restitués, la direction de l'écoulement devra être soigneusement étudiée, pour produire un jet parallèle au courant principal.

Le sous-chapitre suivant a pour objectif de décrire les conditions environnantes de la fosse aval du barrage, et d'estimer, par l'analyse visuelle de cette zone, les probabilités de réussite de détection de l'entrée de l'écluse Borland par les anguilles.

A) Description de la fosse aval du barrage de Saint-Barthélemy

En arrivant en pied de barrage, l'anguille rencontre une fosse, d'une superficie de 1720 m², avec la configuration suivante *(Levé bathymétrique de la fosse aval du barrage du Gouët*, 2016) :

- Une fosse principale, avec une profondeur maximale de 3,5 m, située en pied d'ouvrage. Cette fosse est la conséquence du creusement généré par les lâchers d'eau depuis les évacuateurs de crue.
- Une fosse secondaire, d'une profondeur maximale de 1,9 m, située plus en aval du barrage.
- Une ligne de crête sépare ces deux fosses, avec un sommet à 0,8 m de profondeur

La bathymétrie de la fosse aval du barrage est consultable en Annexe 11.

En régime hydraulique normal (fonctionnement du jet creux à 230 l/s, configuration rencontrée à 90 % du temps en période de montaison des anguilles), la fosse présente les caractéristiques suivantes :

- Une zone de turbulence au niveau de la retombée du jet du débit réservé, avec la présence d'eau blanche, et une dispersion du courant de façon concentrique autour du point d'impact du jet
- Un faciès lotique[1] en sortie de fosse, avec une nette accélération de la vitesse du courant entre la fosse et le chenal d'écoulement à proximité de l'îlot
- Des zones de recirculation sur les côtés de la fosse
- Des faciès plats et lentiques[2] en pied d'ouvrage, au niveau des zones rocheuses

La Figure 16 décrit la fosse en aval du barrage vue depuis le pied de voute. Le jet observable provient de la canalisation de débit réservé.

On note également la présence de végétations aquatiques sur la rive droite du cours d'eau, qui possèdent les caractéristiques des habitats ou des zones de refuge de l'anguille, tout comme l'îlot en rive gauche, issu du charriage de sédiments au moment de l'ouverture des évacuateurs de crue.

[1] Lotique : qualifie l'ensemble des eaux douces à circulation rapide
[2] Lentique : qualifie l'ensemble des eaux douces à circulation lente ou nulle

Figure 16: Vue sur la fosse aval depuis le pied de voute du barrage de Saint-Barthélemy

Par ailleurs, l'entrée de l'écluse à poissons, disposée en pied d'ouvrage, est située dans l'axe de la sortie de la conduite de débit réservé (jet creux), qui fait office d'un premier débit d'attrait, grâce à son débit important et sa zone de projection du courant (parallèle au courant de la rivière).

Cette configuration hydraulique à l'origine des conditions d'attrait est en adéquation avec le comportement natatoire de l'anguille, qui recherche des zones avec de forts gradients de vitesse (*Williams et al.*, 2012). Néanmoins, l'anguille semble également privilégier un déplacement le long des berges, notamment aux abords des ouvrages. Le positionnement de l'entrée de la passe, au centre de l'ouvrage, ne paraît donc pas optimal, mais devrait être compensé par l'attractivité du débit de la canalisation de débit réservé, ainsi que par la petite taille et la faible profondeur de la fosse.
Le débit d'attrait propre à l'écluse Borland n'est pas connu actuellement. Aucun débitmètre n'est implanté sur la canalisation d'arrivée d'eau. On peut néanmoins estimer ce flux à 20 l/s environ (soit 8% du débit réservé), d'après les données de la station hydrométrique à l'aval, ce qui correspond aux recommandations citées dans l'introduction de ce chapitre.

A noter cependant que les rejets des pompes exhaures de la galerie centrale se déversent à l'entrée du chenal de la passe à poissons : cette eau, extrêmement ferrugineuse, est susceptible de détourner le poisson à l'approche de l'écluse. Ces rejets sont relativement fréquents mais faibles, à raison de 5 à 7 h de fonctionnement par jour pour un débit inférieur à 5 l/s, toute les 30 minutes environ.

En conclusion, les premières observations faites sur la fosse en aval du barrage de Saint-Barthélemy montrent des conditions hydrauliques supposées attractives, avec un unique courant créé par la conduite de débit réservé, dans le prolongement de l'entrée de l'écluse Borland. La taille restreinte de la fosse, de même que sa faible profondeur, n'entrainent pas

de dispersion du poisson en pied du barrage, et favorise la détection du débit d'attrait.
Des réserves sont néanmoins émises quant à l'influence des rejets des pompes exhaures à l'intérieur du chenal sur les conditions d'attrait.

B) Études des conditions d'attrait de l'écluse Borland de Saint-Barthélemy

a) Présentation de l'étude

Afin de déterminer l'attractivité de la passe pour l'anguille, un suivi au moyen d'une passe-piège disposée à l'entrée du chenal de l'écluse est proposé. Il est fait comme hypothèse que l'anguille capturée dans le vivier récepteur est une anguille attirée par l'écluse Borland.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Comptabiliser le nombre d'anguilles ayant trouvé l'entrée de l'écluse à poissons
- Suivre l'évolution du flux d'anguilles arrivant en pied d'ouvrage sur l'ensemble de la campagne de capture
- Déterminer le retard de migration des anguilles engendré par les obstacles à l'aval du barrage, à l'aide d'un suivi biométrique
- Définir si les conditions d'attrait (débit, courant) sont adaptées pour que l'anguille puisse trouver l'entrée du chenal
- Ajuster si besoin les caractéristiques d'attrait (modification du débit sortant) et les cycles de fonctionnement de l'écluse (durée de chaque phase) pour améliorer le taux de succès de détection de l'entrée du chenal par l'anguille
- Établir globalement un taux de succès de détection de la passe, par le croisement des données de cette étude avec les résultats des pêches électriques réalisées à l'aval

Figure 17: Dispositif de passe-piège utilisé dans le cadre de l'étude (l'entrée de l'écluse Borland se situe à gauche de la passe, sous l'échelle)

La passe-piège est constituée de deux volets, comprenant chacun un tapis brosse permettant la reptation de l'anguillette jusqu'au bac collecteur (Figure 17).

Les caractéristiques géométriques de la passe sont les suivantes :

- Longueur des volets = 2,5 m (1er volet) / 2,8 m (2nd volet)
- Largeur des volets = 48 cm / 42 cm
- Taille des brosses = 7 cm
- Espacement des brosses = 1,5 cm au centre de la passe ; 3 cm aux extérieurs
- Dimension du vivier de stockage = 60X40X30 cm
- Dimension du bassin de repos = 60X60X35 cm

Le substrat de la passe-piège doit être en permanence humide, afin de faciliter la reptation de l'anguille. Pour cela, un tuyau alimente systématiquement le tapis brosse. Par ailleurs, il est nécessaire d'utiliser de l'eau provenant de la retenue, pour éviter les trop forts gradients de qualité et de température pouvant déstabiliser l'anguille.

Enfin, l'alimentation en eau de la passe doit pouvoir produire un courant susceptible d'attirer l'anguillette. A ce titre, on s'assurera que le débit d'attrait atteigne 5 à 10 l/s en moyenne. Pour soutenir l'alimentation principale en eau, une alimentation auxiliaire est ajoutée à l'entrée du premier volet : les remous engendrés agiront comme un stimulus pour l'anguille.

Il est prévu 2 à 3 relèves par semaine du vivier de stockage, en fonction de la dynamique de migration des anguilles. Si la migration des anguillettes est importante, et entraine un rapide remplissage du vivier, une relève quotidienne est envisagée.
A chaque relève, un décompte des anguilles piégées dans le vivier est réalisé. Un suivi biométrique est également prévu, dans le but de connaître les caractéristiques des anguilles candidates à la montaison, mais aussi d'évaluer le retard de migration induit par les différents obstacles à l'aval du barrage (fiche de saisie en Annexe 12).
En préalable à leur manipulation, les anguilles sont anesthésiées dans un bain composé d'une solution d'eau et d'eugénol (0,1 ml d'eugénol/5 L d'eau). Avant remise à l'eau, l'opérateur doit s'assurer que les anguilles ne sont plus sous l'effet de l'anesthésiant. Le mode opératoire complet de manipulation lors du suivi biométrique est consultable en annexe (Annexe 13). Le matériel nécessaire au bon déroulement du suivi est visible sur la Figure 18 et est rappelé dans l'Annexe 13.
Si des anguilles sont en mauvais état sanitaire ou mortes, elles sont mises à l'écart afin d'être détruites.
Enfin, les anguilles capturées dans le vivier de stockage seront remises à l'entrée de l'écluse Borland, juste avant l'enclenchement du cycle de fermeture des vannes et de remplissage du puits (30 minutes avant la fermeture de l'écluse). L'hypothèse faite est que ces anguilles auront suffisamment de temps pour rejoindre la chambre d'attente avant que l'entrée de la passe ne soit condamnée. Elles seront alors susceptibles d'emprunter la passe à poissons pour effectuer la montaison de l'ouvrage. Le suivi vidéo en haut de l'écluse sera enclenché et permettra de vérifier le passage ou non des anguilles en amont (cf III.4)A)).

Figure 18: Vue sur le matériel nécessaire au déroulement du suivi biométrique

En cas d'arrêt prolongé du fonctionnement de l'écluse Borland, les anguilles sont transférées dans la retenue, au niveau de la cale de mise à l'eau à proximité des locaux du barrage.
A la fin du suivi par capture ou lorsque la relève ne peut être assurée pendant un laps de temps important, l'entrée de la passe sera condamnée.

Cette expérimentation a nécessité l'autorisation des services concernés de la DDTM des Côtes d'Armor, la capture d'espèces migratrices étant réglementée et soumise à arrêté préfectoral. Ainsi une demande d'autorisation exceptionnelle de capture d'anguilles dans le cadre d'une étude scientifique a été sollicitée.

b) Résultats

L'expérimentation par passe-piège s'est déroulée du 28/06/2017 au 25/08/2017, période sur laquelle 24 relèves du vivier de stockage ont été effectuées.
Sur ces 24 relèves, 511 anguilles ont été capturées : on a recensé 408 anguilles inférieures à 150 mm (89 % de l'effectif total mesuré) et 52 anguilles de la classe de taille 150-300 mm (11 %). Les 54 anguilles de la première relève n'ont pu être mesurées, faute d'appareil de mesure à disposition.
En moyenne, 21 anguilles étaient récupérées à chaque relève.

On observe sur l'ensemble de la campagne trois pics de capture supérieurs à 50 anguilles (Figure 19) :

- 28/06/2017 : 54 anguilles - mise en route de la passe piège
- 19/07/2017 : 79 anguilles
- 18/08/2017 : 50 anguilles - réouverture de la passe piège après sa fermeture le weekend prolongé du 15 aout

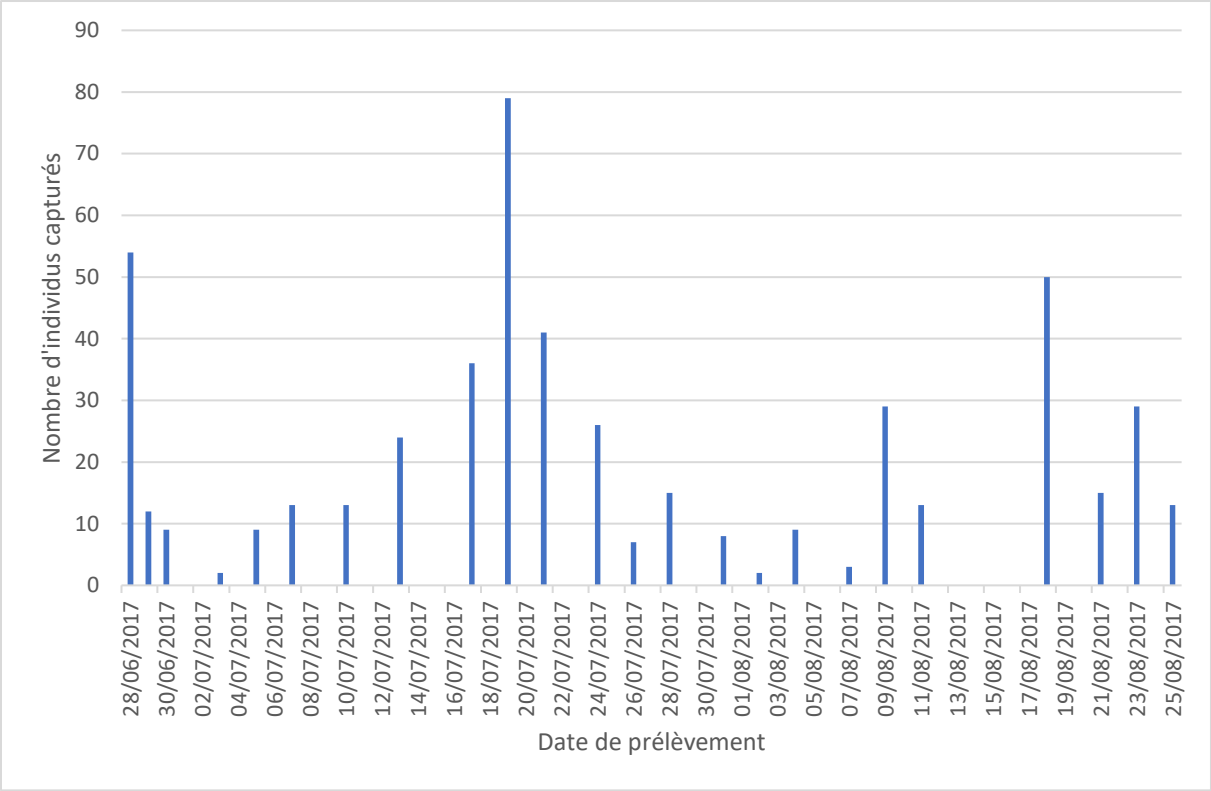


Figure 19: Résultat de la campagne de capture d'anguilles du 28/06 au 25/08/2017

L'ouverture de la passe piège a provoqué un afflux important d'anguilles dans le vivier de stockage. La seconde relève le jour d'après n'a apporté que 12 anguilles.

La relève du 19/07 constitue le plus gros flux d'anguilles enregistré lors de la campagne. On observe avant cette date une augmentation progressive du nombre de captures (13-24-36 individus), puis une diminution graduelle les relèves suivantes (41-26-7 individus).
Aucune pluviométrie significative n'a été enregistrée sur cette période, tandis que le débit relâché à l'aval du barrage est resté constant sur le mois (Q = 230 l/s). Les conditions hydrologiques n'expliquent donc pas cet afflux massif d'anguilles.
Par ailleurs, la température de l'eau n'a pas subi d'augmentation ou de diminution significative pouvant être à l'origine de la dynamique de migration de mi-juillet.
Les remarques faites par les opérateurs assurant la relève à cette période-ci font état d'un temps « lourd et orageux » durant la semaine précédant cette relève. Ces conditions météorologiques ont peut-être eu une influence sur cet épisode.

Enfin le dernier pic correspond à la réouverture de la passe piège après le weekend prolongé du 15 aout, où aucune relève ne pouvait être réalisée.

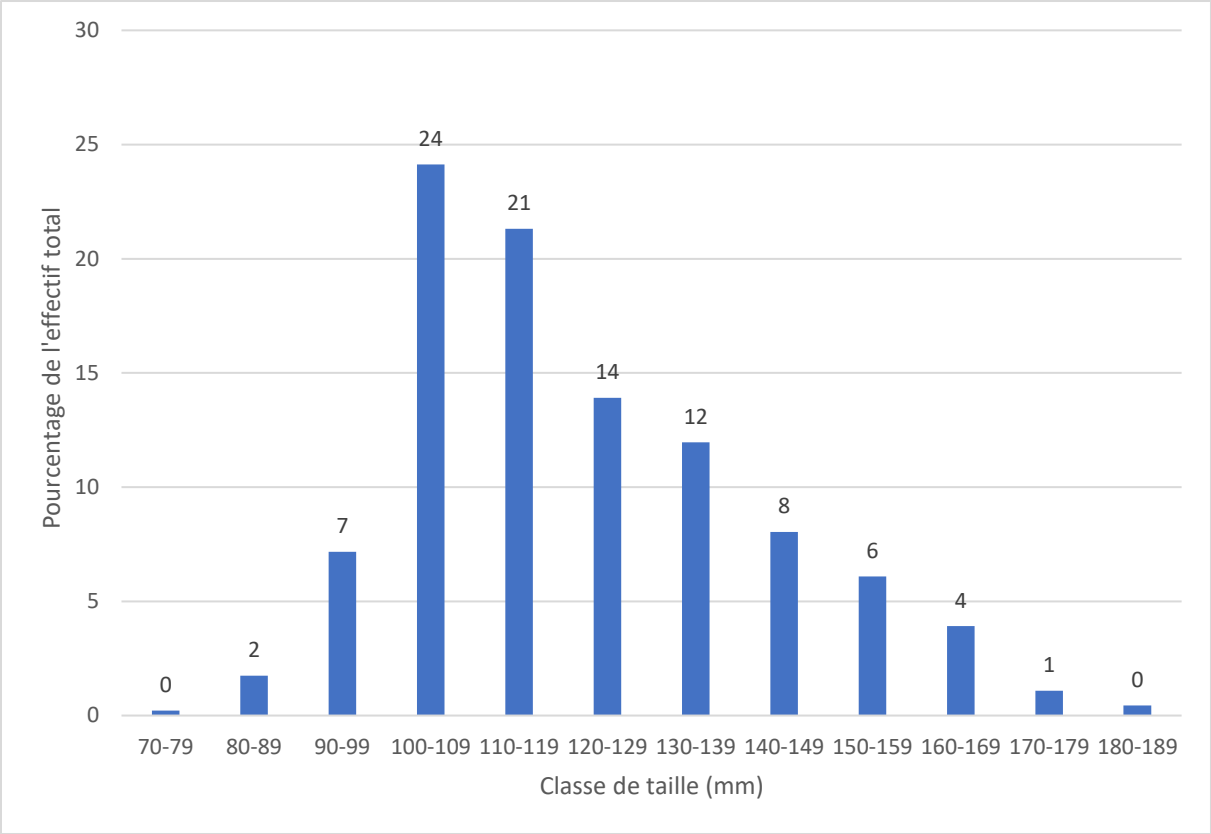


Figure 20: Répartition en pourcentage des classes de tailles des anguilles mesurées lors de la campagne de capture du 28/06 au 25/08/2017

La classe de taille 100-109 mm constitue la classe de taille majoritaire des anguilles capturées (Figure 20).
On note également une concentration de taille autour des classe 100 à 120 mm. La taille moyenne des anguilles est de 119 mm.

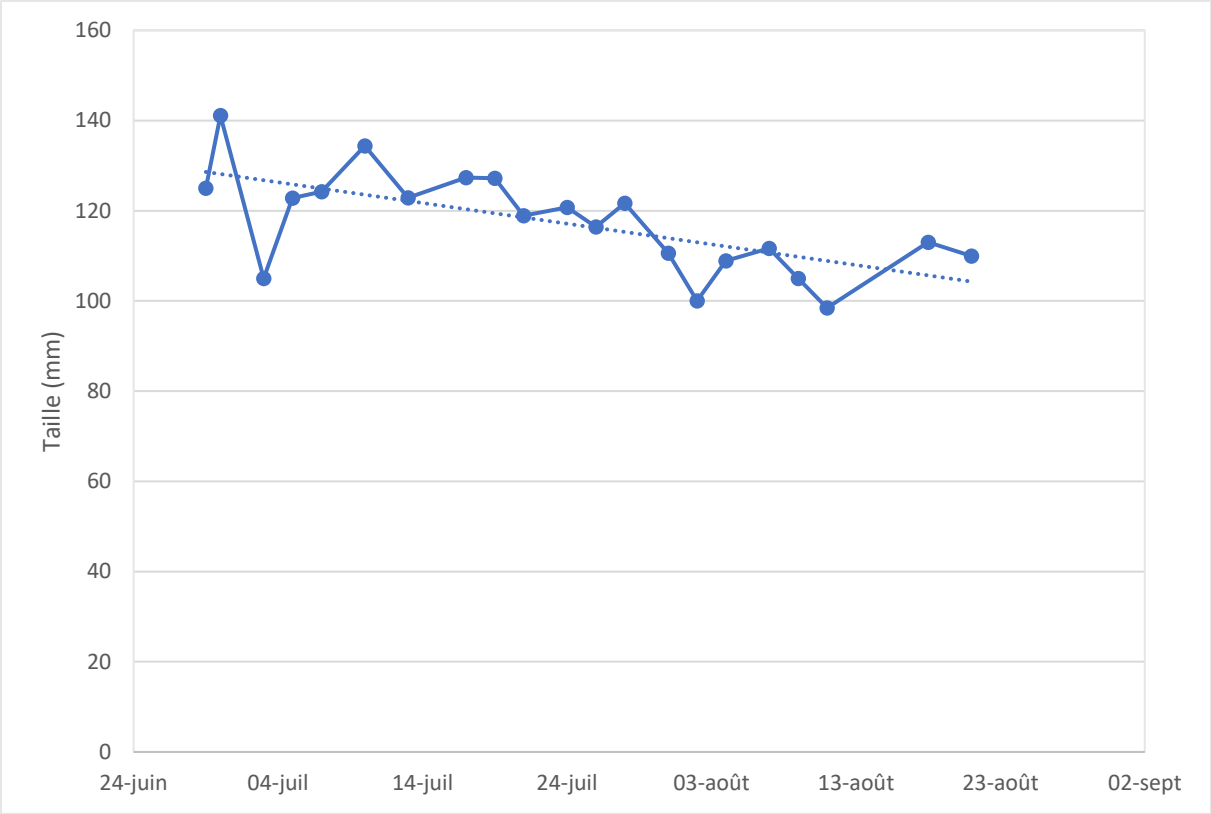


Figure 21: Evolution de la moyenne des tailles d'anguilles mesurées lors de la campagne de capture du 28/06 au 25/08/2017

La Figure 21 témoigne d'une diminution progressive des dimensions des anguilles tout au long de l'étude.

Sur l'ensemble de la campagne, l'écluse Borland du barrage ne fonctionnait pas, en raison des travaux de réfection des vannes amont et aval (changement des joints – traitement de surface), et des retards résultant des travaux supplémentaires non prévus (remise en état des galets de la vanne n°5).
En conséquence, aucun débit d'attrait provenant de l'écluse n'a pu être utilisé pour attirer les anguilles à l'entrée de la passe. Seul le débit alimentant le tapis brosse, ainsi que le débit auxiliaire, ont servi de débit d'attrait (environ 5 l/s), en complément du débit réservé.

c) Discussion

Le stock d'anguilles capturées pendant l'expérimentation est relativement important, au regard de la faible colonisation du Gouët aval, et de l'absence de débit d'attrait provenant de l'écluse à poissons.

Les résultats de la campagne de capture mettent en lumière une migration de montaison caractérisée par un important flux de juvéniles (89 % de l'effectif total mesuré).
On peut s'interroger quant à la surreprésentation des anguilles inférieures à 150 mm, au vu des résultats des pêches électriques réalisées à l'aval, qui attestent de la forte présence d'anguilles de 150 à 300 mm (cf. § III.2)B)). Une des hypothèses expliquant ces données est la

sédentarisation des individus plus âgés sur le Gouët aval : ces anguilles ont établi leur habitat sur ce secteur, en raison du blocage de leur migration par le barrage et de l'impossibilité d'accès aux habitats plus en amont. Elles n'évoluent alors que sur une faible surface (10-100m²) lors de leur phase de croissance (*Feunten et al.*, 2003 ; *Lafaille et al.*, 2005).
Une autre hypothèse du déficit d'anguilles supérieures à 150 mm est la sélectivité de la passe piège, à cause d'un espacement trop restreint des brosses du tapis de reptation, ou encore l'échappement des plus grosses anguilles du vivier de stockage.

La recherche de facteurs environnementaux à l'origine des variations des flux d'anguilles, et notamment le pic de mi-juillet, n'a pas donné de résultats concluants : les conditions hydrauliques (débit, température de l'eau) et météorologiques ne peuvent expliquer la dynamique de migration.
Concernant le pic de mi-juillet, celui-ci peut être expliqué par le fait que les anguilles migrent par vagues (*Briand et al.*, 2003), d'où l'augmentation progressive avant le pic et la diminution graduelle après le pic.
A titre de comparaison, le pic d'anguilles a été observé sur le cours d'eau du Gouessant (qui se jette aussi dans la baie de Saint-Brieuc) fin juin. Aucune hausse du flux d'anguilles n'a été enregistrée en juillet.

En conclusion, l'attractivité de l'écluse Borland est vérifiée par les résultats de la campagne de capture.
Malgré une entrée de passe située au centre du barrage, les anguilles sont attirées naturellement vers le dispositif de montaison grâce au débit puissant (entre 230 et 600 l/s) relâché via la canalisation de débit réservé.
Au moment de la remise en route de l'écluse Borland, le débit d'attrait (dont la valeur n'est pas connue avec précision à l'heure actuelle, faute d'appareil de mesure sur la canalisation d'amenée) guidera plus précisément les poissons à l'entrée de la passe. Il faudra néanmoins s'assurer que les conditions hydrauliques présentes sur site (débit, vitesse, turbulence…) n'entravent pas la progression des anguilles.
Une réflexion devra néanmoins être menée sur une dérivation de la sortie des pompes exhaures, qui rejettent actuellement l'eau ferrugineuse des galeries à l'entrée de l'écluse à intervalle régulier, ce qui peut gêner la progression des anguilles.

4) Évaluation de l'efficacité de l'écluse Borland

Après avoir étudié l'abondance de la population des anguilles en pied de barrage et les conditions d'attrait des poissons dans la fosse à l'aval, il est maintenant nécessaire d'évaluer spécifiquement l'efficacité de montaison des anguilles par l'écluse Borland du barrage de Saint-Barthélemy.

Cette expérience tente de répondre à la question suivante : dans les conditions actuelles, l'écluse Borland du barrage permet-elle la montaison des anguilles au-delà de l'ouvrage ?
Pour évaluer l'efficacité des passes à poissons, il existe aujourd'hui pléthore de dispositifs de suivi, catégorisables en deux groupes : ceux qui entraînent une manipulation du poisson (marquage, tatouage, pose d'un Pit-Tag ou transpondeurs, passe-piège) et les suivis dits passifs (compteurs à résistivité, comptage visuel par suivi-vidéo ou sonar...). Toutes ces technologies présentent des avantages et inconvénients, et il convient de bien définir prioritairement le suivi approprié, en fonction des objectifs de l'étude, des contraintes techniques in situ, de ou des espèces cibles, et des capacités financières et structurelles de l'entité porteuse du projet.

La technologie Pit-Tag (ou transpondeur) constitue une solution technique satisfaisante, au regard de nos objectifs et de nos contraintes sur site (peu d'accessibilité sur l'écluse Borland). Néanmoins, cette solution est coûteuse en temps et en main d'œuvre qualifiée dans la préparation de l'expérimentation (capture d'un stock important d'anguillettes, pose de transpondeurs, relâchés des anguilles...). De plus, la manipulation excessive peut être à l'origine de conséquences néfastes pour les anguilles (stress, blessures ou mortalités dus à la pose du transpondeur), sans parler de la probabilité de rejet du Pit-Tag (14 % des transpondeurs sont rejetés par l'anguille dans l'heure qui suit son implantation (*Feunten et al*, 2000 ; *Baisez*, 2001)). Après réflexion, la solution du suivi par transpondeur n'a pas été retenue.

En conséquence, pour les besoins de l'étude, nous avons fait le choix de mettre en place un suivi par caméra-vidéo en haut de l'écluse. Cette technologie présente comme avantage sa facilité de mise en place sur site et son faible coût financier et en main d'œuvre.
Par ailleurs, ce protocole se base sur une étude menée en 2012 avec un dispositif similaire sur l'écluse Borland du barrage de Saint Philbert (61) exploité par EDF (Annexe 7). Le retour d'expérience révèle une bonne satisfaction de l'expérimentation conduite sur site, avec une détection précise du passage des anguillettes, et l'étude a permis de confirmer la possibilité de montaison via l'écluse Borland de l'ouvrage. Cependant, les inconvénients de ce dispositif sont l'investissement conséquent en temps pour visualiser l'ensemble des vidéos après enregistrement, ainsi que les probabilités d'erreur de la part de l'opérateur en charge du visionnage (non détection d'anguille). De plus, le lourd investissement en post-production (visualisation des extraits de film) oblige à sélectionner précisément les périodes de films à traiter (essentiellement les extraits nocturnes, où la probabilité de passage des anguilles est la plus importante), ce qui peut entraîner une perte de données (passages d'anguilles en journée).

De nombreuses passes à poissons sont aujourd'hui équipées d'un système de suivi-vidéo couplé à un logiciel de post-traitement de reconnaissance de forme (Figure 22). Au moyen d'un algorithme codé dans le logiciel, le dispositif est capable de détecter le passage d'un poisson

dans la passe et d'en déduire l'espèce associée. Le logiciel de post-traitement libère de fait l'exploitant de la charge de travail liée au traitement des vidéos (visionnage des extraits, reconnaissance des poissons, tri par espèce piscicole.), ce qui engendre un gain de temps considérable.

Figure 22: Passage d'un saumon devant la vitre de détection de la station de comptage de Châteaulin (29)
(SMATAH - 2017)

Les contraintes techniques sur site ne permettent pas à l'heure actuelle l'utilisation de tels logiciels. En effet, ces technologies nécessitent un plan de visionnage latéral, avec une profondeur de champs en conséquence : tous ces prérequis ne sont pas présents sur l'écluse Borland du barrage.

En raison des capacités techniques limitées de la caméra, et de l'impossibilité d'utiliser un logiciel de post-traitement de reconnaissance et de comptage des anguilles, le suivi quantitatif du flux d'anguilles utilisant l'écluse Borland n'est pas envisageable. Au mieux, ce suivi nous permet de confirmer (ou d'infirmer) les possibilités de montaison via l'écluse, d'évaluer si la montée dans le puits pose problème, et de disposer d'images prouvant ces faits.

Le retard engendré par les travaux sur les vannes de l'écluse à poissons n'ont pas permis de mettre en place le suivi-vidéo cette année, l'écluse Borland ayant été remise en

fonctionnement en septembre. Cependant, nous vous proposons dans le sous-chapitre suivant la description du dispositif de suivi-vidéo et du protocole imaginé pour cette étude.

A) Présentation du dispositif de suivi-vidéo

La caméra, placé à l'aplomb de la vanne amont de la passe à poissons, filme la sortie des anguilles dans le plan d'eau. Elle est munie de diodes infrarouges, augmentant la visibilité en condition nocturne, période privilégiée par les anguilles pour leur migration.
La caméra est associée à un enregistreur, muni d'un espace mémoire suffisant pour enregistrer de longues séquences avec une qualité d'image suffisamment détaillée pour percevoir le mouvement des anguillettes. L'enregistreur est équipé d'un logiciel de personnalisation de l'enregistrement : modification des paramètres d'affichage (qualité, luminosité, contraste...), paramétrisation du lancement de l'enregistrement (détection de mouvement, cycles de fonctionnement horaire modifiables...).

Les anguilles capturées grâce à la passe-piège sont déposées dans la fosse à l'aval de la vanne n°3, un peu avant la fermeture de la vanne d'accès de l'écluse à poissons, pour éviter tout risque d'échappement. Le contrôle de leur sortie sur le plan d'eau à l'amont permet l'évaluation des possibilités de montaison via l'écluse.
Le suivi-vidéo est ajusté aux cycles de fonctionnement de l'écluse à poissons, avec un asservissement du déclenchement de l'enregistreur avec le cycle de sortie de l'écluse Borland. Le démarrage de la caméra est programmé 5 minutes avant l'ouverture de la vanne n°5. L'enregistrement couvre la totalité du cycle de sortie, soit 2 heures de film.

Afin de mettre en évidence les mouvements et les formes des anguilles, un panneau blanc quadrillé est disposé à la sortie de l'écluse Borland. Ce panneau est implanté sur le plan supérieur de la vanne amont grâce à un système d'accroche, de sorte qu'une lame d'eau d'une cinquantaine de centimètre puisse couler lors de la sortie supposée des anguilles (phase de sortie de l'écluse). Par ailleurs, deux bordures disposées sur les côtés de la plaque obligent les anguilles à nager sous le champ de vision de la caméra.

Lors du visionnage des extraits par un opérateur, les anguilles passant devant la caméra sont comptées. On note également l'heure de passage de chaque individu. Si possible, on reporte la taille approximative des anguilles (petite, moyenne, grande), en se repérant avec la taille du quadrillage de la plaque blanche.

B) Discussion

En raison du retard conséquent des travaux de réfection des vannes de la passe à poissons, le suivi-vidéo n'a pu être mis en œuvre. Des travaux supplémentaires ont dû être réalisés, à cause de la forte détérioration des galets de la vanne amont et du vérin de la vanne aval. La remise en fonctionnement de l'écluse Borland n'a pu se faire qu'au début du mois de septembre ; la migration de montaison des anguilles est à cette période terminée.

Les objectifs du suivi-vidéo étaient de confirmer ou d'infirmer les possibilités de montaison des anguilles via l'écluse Borland. La caméra aurait filmé la sortie des anguilles dans le plan

d'eau après leur capture et leur dépose dans la fosse à l'entrée de la passe. Si plusieurs anguilles étaient filmées sortant de l'écluse, il aurait été possible de certifier que la montaison via ce dispositif est techniquement possible. De plus, ce genre de suivi aurait fourni un certain nombre d'images prouvant la fonctionnalité de la passe, utiles pour communiquer sur cette problématique de montaison.
Néanmoins, les reports de la mise en route de l'écluse dus aux déroulements des travaux ont engendré un retard trop important pour envisager la mise en place du suivi-vidéo cette année.

Cette étude n'était pas destinée à fournir des données chiffrées sur l'efficacité précise de la passe : il n'est pas possible, au vu de la simplicité du dispositif vidéo (absence de vidéo-comptage, nécessité de visionner l'ensemble des vidéos par un opérateur…), de déterminer avec précision les flux passant dans le plan d'eau supérieur, de même qu'il est impossible de deviner le comportement des anguilles au sein de la passe (difficulté à remonter dans le puits, anguilles ayant fait demi-tour dans la chambre d'attente pendant la phase d'attrait…).
Il est donc délicat à l'heure actuelle de statuer sur l'efficacité chiffrée de la passe à poissons (taux de réussite de la montaison, pourcentage de poissons ayant fait demi-tour dans la chambre d'attente...). Pour évaluer spécifiquement la fonctionnalité de la passe, il est nécessaire d'employer d'autres méthodes plus à même de fournir des conclusions précises et adaptées (suivi par vidéo comptage, monitoring du comportement de l'anguille via transpondeur couplé à un suivi radiométrique…).

5) Etude de la colonisation du plan d'eau du barrage de Saint-Barthélemy

Après avoir étudié le recrutement de la population d'anguilles à l'aval du barrage de Saint-Barthélemy, et constaté les capacités d'attrait de l'écluse Borland de l'ouvrage, nous nous intéressons dans cette partie à la colonisation des anguilles de la retenue.

L'objectif de cette étude est la quantification de la population d'anguilles en amont de l'ouvrage, permettant de déduire le degré de blocage de la migration des anguilles par le barrage, par la comparaison des stocks amont/aval.
De plus, grâce à l'analyse de la taille des effectifs d'anguilles retrouvées à l'amont, il est possible d'évaluer l'impact du barrage sur la migration de montaison : la surreprésentation d'individus de grandes tailles indiquerait un retard induit par les ouvrages à l'aval, voire un blocage complet de la migration depuis un certain nombre d'années, si la présence d'anguillettes n'est pas attestée.

La colonisation d'un plan d'eau par les anguilles est un phénomène encore mal connu de nos jours, et les données à ce sujet manquent cruellement. Quels comportements adoptent les anguilles lorsqu'elles arrivent dans un plan d'eau d'une taille importante ? Cherchent-elles à atteindre les premiers affluents disponibles ? Privilégient-elles une montaison sur le cours d'eau principal ? Ou au contraire, décident-elles de stopper leur migration dans le plan d'eau, et d'entreprendre leur croissance dans ce dernier ? Les résultats recueillis lors de ce projet pourraient fournir quelques éléments de réponse.

Pour les moyens de cette étude, il a été décidé de lancer une campagne de pêche électrique en plan d'eau. Pour ce faire, nous avons fait appel à un bureau d'étude spécialisée dans l'étude des peuplements piscicoles. L'entreprise *Fish-Pass* a été retenue pour la réalisation de la campagne.

L'étude a fait l'objet d'une demande de subvention auprès de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, au titre de la connaissance du peuplement de grands migrateurs sur une masse d'eau (subvention de 80 %). L'Agence de l'Eau a statué sur l'éligibilité de la campagne de pêche, qui a accordé l'aide en juillet 2017.

A) Présentation de la campagne de pêche en plan d'eau

Dans le document relatant sa proposition technique et financière, *Fish Pass* décrit précisément le déroulement de la campagne de pêche.
Afin de satisfaire nos attentes, le bureau d'étude privilégie une pêche électrique partielle par point, inspirée du protocole EPA[1]. L'unité d'échantillonnage associée à ce protocole comprend une zone ponctuelle décrivant un cercle d'environ 1 m, correspondant au déplacement de l'anode dans l'eau sans déplacement de l'opérateur.
Fish Pass a défini 4 stations de pêche sur l'ensemble de la retenue, représentant environ 4 km de berges, soit 20% de la totalité du linéaire (Figure 23). L'entreprise privilégie les berges, habitat supposé des anguilles car présentant une faible profondeur et des milieux diversifiés. Les sites prospectés correspondent à des embouchures d'affluent dans le plan d'eau. On note néanmoins que la queue de la retenue, à savoir l'embouchure du Gouët, n'est pas prospectée.

[1] EPA : Echantillonnage ponctuel d'abondance

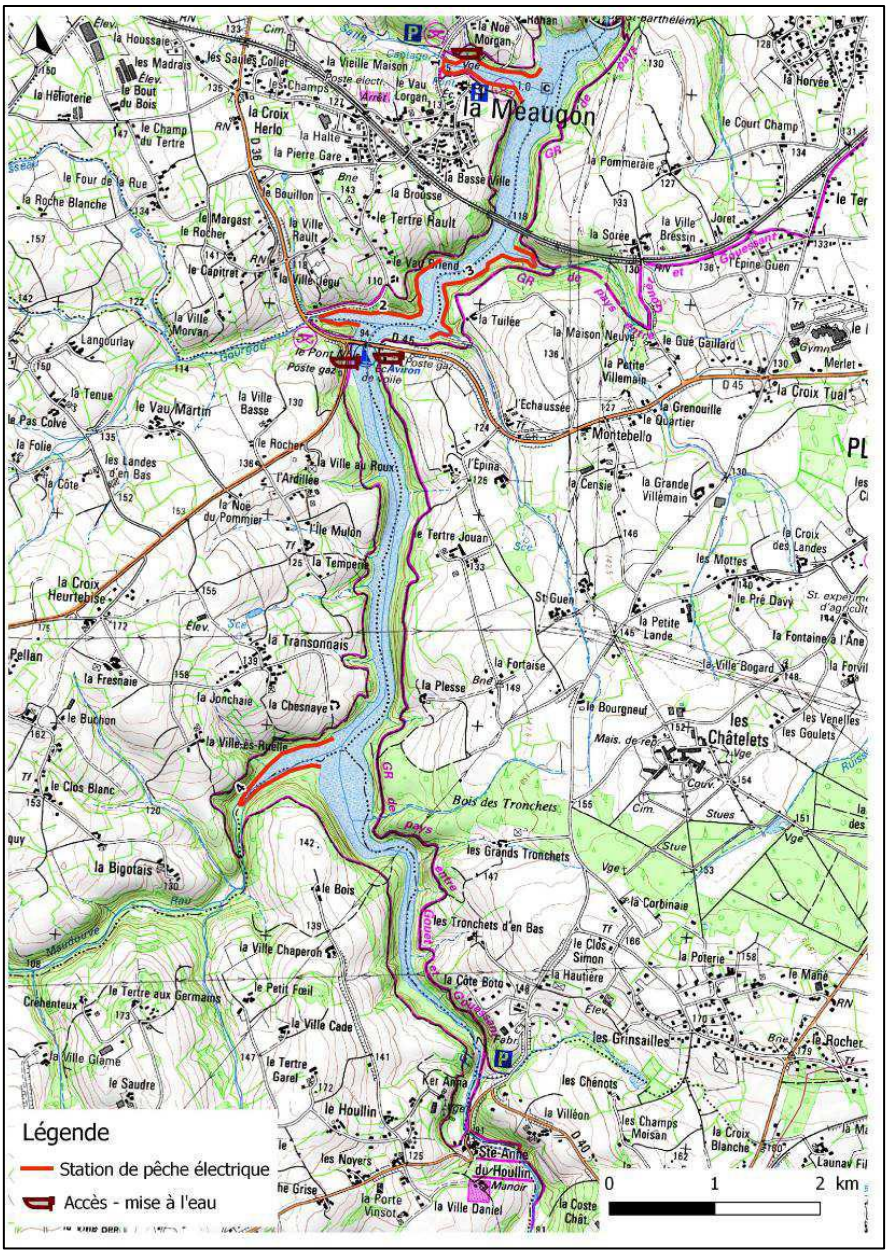


Figure 23: Présentation des stations de pêche pour la campagne de pêche électrique sur la retenue (Fish Pass)

La campagne est effectuée essentiellement en bateau, mais certains points peuvent se faire à pied, lorsque les caractéristiques du site le permettent. Sur chaque station seront réalisés 100 EPA de 30 secondes. La distance entre les points d'échantillonnage est de 10 m en prospection par bateau, et de 4 m à pied. Les anguilles capturées seront soumises à une analyse biométrique. Les anguilles aperçues mais non capturées seront comptabilisées, avec une indication approximative de la classe de taille.

Dans son dossier de présentation de l'offre, Fish-Pass proposait de réaliser deux études supplémentaires :

- Méthode d'échantillonnage « Flottang »
- Pêche aux verveux

La méthode d'échantillonnage au moyen de piégeages de type « flottang » avait pour objectif d'établir la présence de jeunes anguillettes (< 150 mm) dans le plan d'eau, grâce à la sélectivité du dispositif. Cette option n'a pas été retenue, car la plus-value de cette étude ne nous est pas apparue suffisante en comparaison de la pêche électrique classique déjà proposée.

La pêche aux verveux est utilisée pour échantillonner les milieux profonds représentatifs du plan d'eau. Cette solution n'a pas été retenue, en raison du peu de résultats attendus sur le plan d'eau, du fait de la faible colonisation supposée en milieu profond.

B) Résultats

Les pêches électriques sur le plan d'eau ont été effectuées entre le 19 et 21 juillet 2017 par le bureau d'étude *Fish Pass*, sur les stations localisées sur la Figure 23. Les résultats présentés ci-dessous proviennent des données brutes transmises par le bureau d'étude.
Au total, 37 anguilles ont été capturées et 8 anguilles ont été observées sans pouvoir être attrapées (Figure 24).

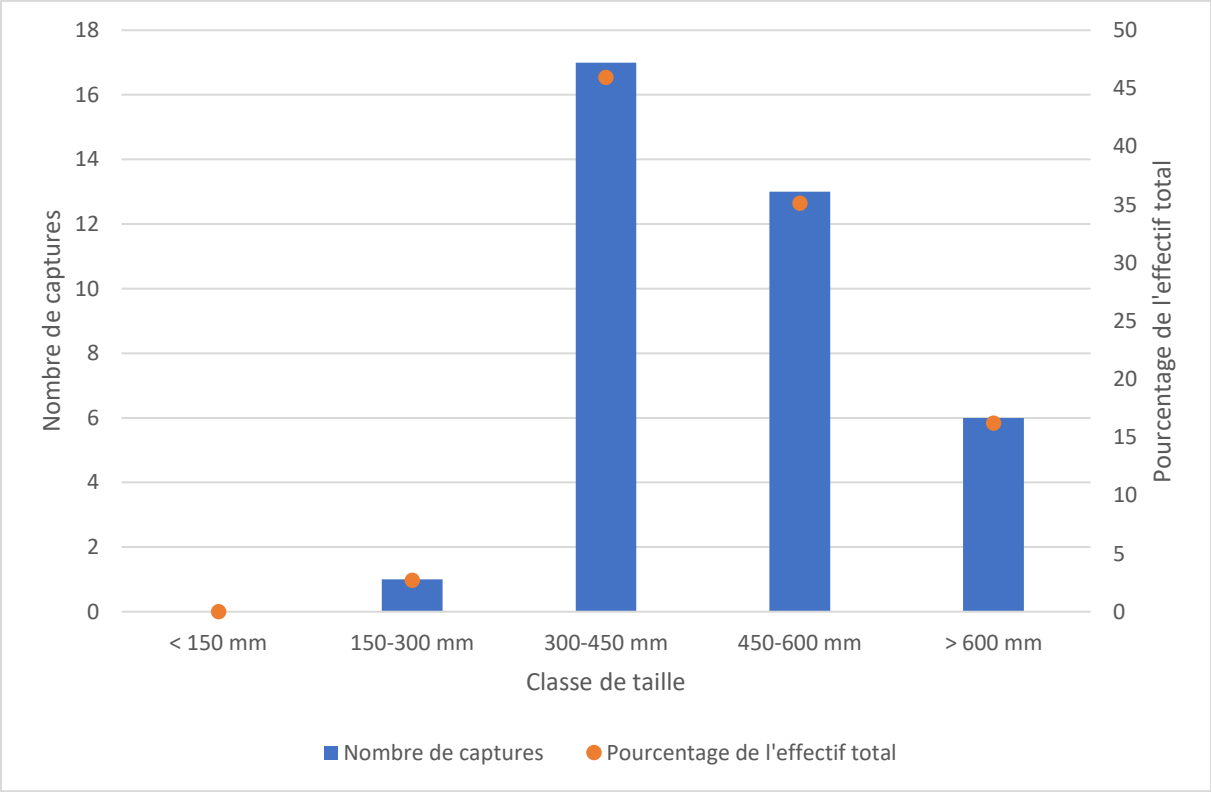


Figure 24 : Répartition des classes de taille des anguilles capturées d'après les résultats des pêches électriques réalisées entre le 17/07 et le 21/07/2017

La station n°1, la plus en aval, présente un effectif capturé de 4 anguilles et 1 anguille observée (Figure 25). La classe 300-450 mm est la classe majoritaire (2 individus). La taille moyenne des individus est de 502 mm.

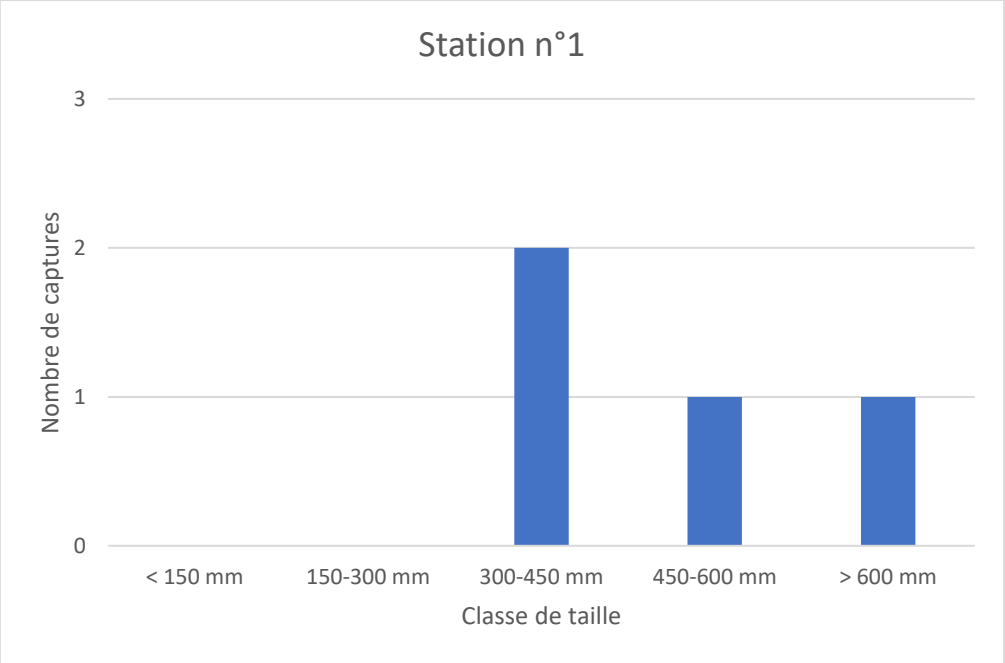


Figure 25: Résultats de la pêche électrique sur la station n°1

La station n°2 comporte un effectif de 23 anguilles capturées et 4 anguilles observées (Figure 26). La classe majoritaire est la classe 300-450 mm (9 individus). Les anguilles ont une taille moyenne de 481 mm.

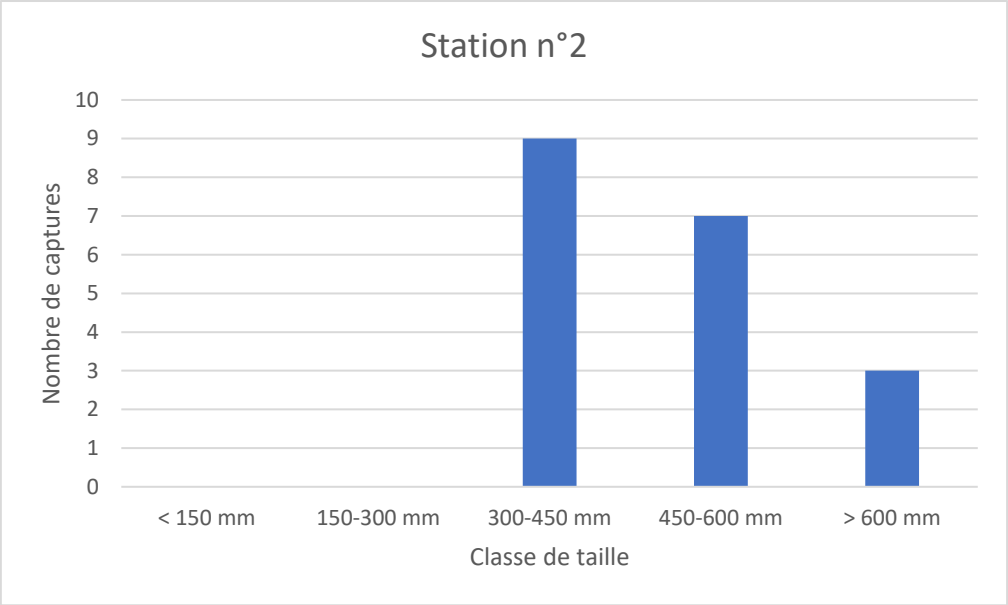


Figure 26: Résultats de la pêche électrique sur la station n°2

La station n°3, positionnée sur le même secteur que la station n°2 mais sur l'autre rive de la retenue, présente un effectif de 11 anguilles capturées et 3 anguilles observées (Figure 27). La classe 300-450 mm est la classe la plus représentée sur ce secteur. La taille moyenne est de 453 mm.

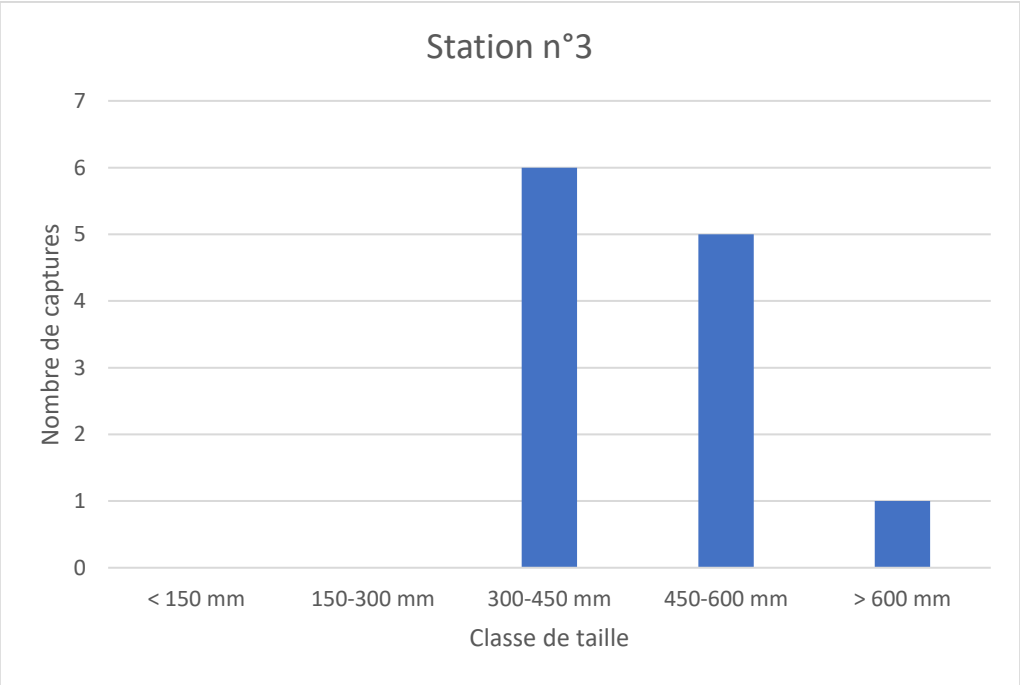


Figure 27: Résultats de la pêche électrique sur la station n°3

Enfin la station n°4, située la plus en amont de la retenue, ne fournit que 2 individus capturées (Figure 28).

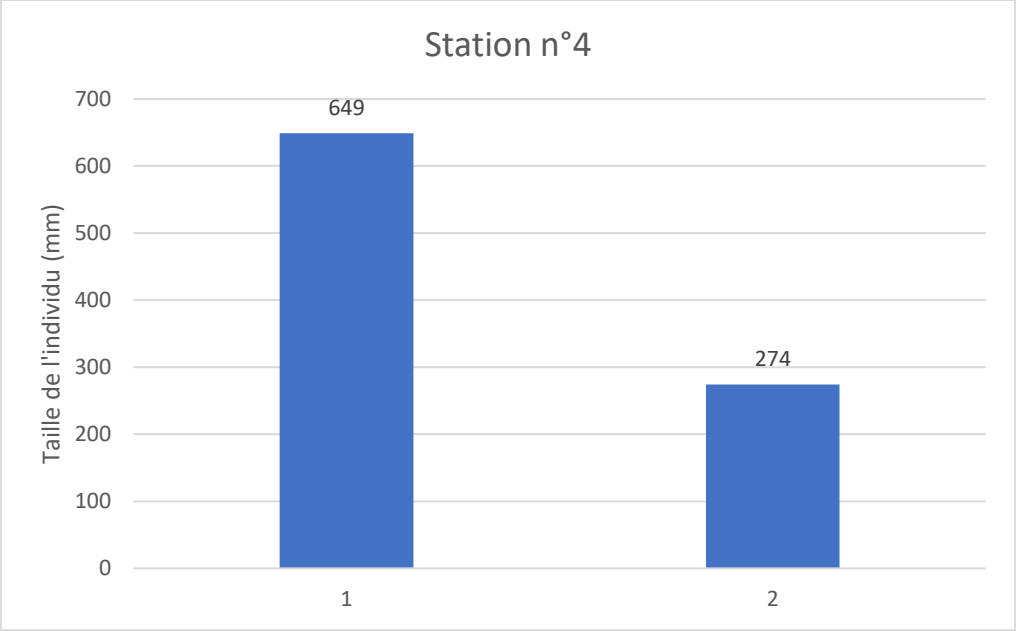


Figure 28: Résultats de la pêche électrique sur la station n°4

C) Discussion

La population d'anguilles sur la retenue de Saint-Barthélemy présente des effectifs très réduits : seulement 37 anguilles ont été pêchées sur les 400 points de pêches répartis sur les 4 stations.
La majorité des anguilles a été capturée sur les stations 2 et 3, toutes deux situées dans le premier tiers de la retenue. Ce secteur est caractérisé par la présence d'embouchures de petits cours d'eau se jetant dans le plan d'eau, qui représentent des habitats préférentiels pour les anguilles, en raison de leur faible profondeur.
Le ruisseau de la Maudouve, qui se jette dans la retenue au niveau de la station n°4, ne semble pas attirer plus spécifiquement les anguilles, malgré son débit plus important que les autres affluents du lac. En couplant ces résultats avec les données des pêches électriques réalisées sur la station du Gué de l'Hôpital (cf III.2)B)), on remarque une tendance des anguilles à délaisser les zones les plus en amont, ici le Gouët amont et la queue de retenue. Il semblerait qu'elles privilégient les premiers habitats spécifiques qu'elles trouvent une fois arrivées dans le plan d'eau, à savoir les rives peu profondes des anses au niveau du Pont Noir et de La Méaugon.

La répartition des classes de taille indique un vieillissement de la population, sans recrutement d'anguilles juvéniles observé (absence d'anguilles de taille inférieure à 150 mm).
On note également la présence majoritaire d'anguilles dont la taille varie entre 300 et 450 mm : ces anguilles jaunes ont colonisé la retenue depuis quelques années déjà.

La présence d'anguilles en amont du barrage prouve que l'écluse Borland a permis le passage des anguilles de l'aval à l'amont du Gouët. Mais les stocks rencontrés, relativement faibles,

font apparaître un possible dysfonctionnement de la passe, qui entrainerait une sélection des anguilles les plus robustes, ou que le mode de fonctionnement doit être revu (durée des cycles d'attrait, débit d'attrait…).
Par ailleurs, l'absence d'anguilles juvéniles à l'amont du barrage est cohérente avec le fait que l'écluse Borland n'ait pas fonctionné en 2016 et 2017, en raison des problèmes techniques rencontrés sur le dispositif (soucis d'étanchéité des vannes). Les travaux opérés en 2017 sur la passe devraient permettre de rétablir la situation.

Les résultats présentés dans ce rapport proviennent de l'analyse des données brutes issues des campagnes de pêche (nombre d'anguilles par stations, taille des individus…). Le bureau d'étude Fish Pass rendra le rapport de son étude au courant de l'automne : le dossier donnera des précisions supplémentaires quant à la colonisation du Gouët amont, notamment sur les données de biomasse et les milieux habités.

6) Conclusion sur les conditions de montaison des anguilles du barrage de Saint Barthélémy

Les études entreprises dans le cadre de ce projet avaient pour but de définir le degré de blocage de la migration des anguilles du barrage de Saint-Barthélemy, et d'évaluer l'efficacité intrinsèque de l'écluse Borland pour la montaison.

Les données de pêches électriques d'abondance réactualisées cette année sur le Gouët aval décrivent une faible colonisation du cours d'eau, avec une majorité d'individus plutôt jeunes et une accumulation observée sur la station en pied de barrage, en raison du blocage de la migration par l'ouvrage (passe à poissons hors service depuis deux ans). En outre, le blocage partiel du port du Légué semble jouer un rôle non négligeable dans la faible abondance des anguilles retrouvée sur le bas Gouët.

Pour autant, les résultats de la campagne de capture via la passe piège disposée en pied de barrage indiquent une volonté bien perceptible de migration au-delà du barrage, notamment pour les anguillettes arrivées dans le cours d'eau cette année (individus de moins de 150 mm). Le stock capturé (511 individus) est non négligeable pour la rivière du Gouët et le recrutement conséquent de juvéniles aboutirait à un rajeunissement salutaire de la population à l'amont du barrage.
Les conditions d'attrait paraissent également satisfaisantes, de par la capacité du débit de la canalisation de débit réservé à attirer les anguilles à l'entrée de la passe.
Le dispositif lumineux présent au fond de la chambre d'attente, initialement prévu pour attirer les poissons, n'est pas utile pour attirer les anguilles dans la passe, puisque celles-ci sont lucifuges.

La colonisation du plan d'eau par les anguilles est vérifiée par les données brutes des pêches électriques réalisées par le bureau d'étude Fish Pass : la population, relictuelle, est âgée et le recrutement de jeunes anguilles est absent. Cette tendance est cohérente avec le fait que l'écluse à poisson n'est plus fonctionnelle depuis 2015.
Par ailleurs, on note une préférence des anguilles à coloniser les premiers habitats disponibles sur le plan d'eau, et à délaisser la queue de la retenue ainsi que le haut Gouët et ses affluents.

L'efficacité de l'écluse Borland n'a pu être évaluée par le suivi vidéo. Mais la présence d'anguilles en amont de l'ouvrage atteste de la possibilité de montaison via la passe à poissons, unique moyen d'accéder au plan d'eau.
Cependant, les peuplements réduits retrouvés à l'amont amènent un certain nombre de réflexions sur l'efficacité réelle de l'écluse : avec une si forte dynamique de montaison à l'aval, caractérisée par le nombre de capture conséquent obtenu par la passe piège, comment expliquer que l'abondance d'anguilles ne soit pas plus importante à l'amont ?
Il est probable que le fonctionnement de l'écluse Borland soit une des principales causes du déficit de stock d'anguilles à l'amont. Les écluses sont connues pour être des dispositifs de franchissement avec une efficacité de montaison médiocre (cf § II.2)B)), les principales raisons étant la discontinuité d'accès à la passe, le volume de la chambre d'attente restreint et la possibilité pour le poissons de faire demi-tour dans la chambre d'attente. Les deux derniers points sont difficilement ajustables, mais il est possible de travailler sur le premier point, via la modification de la programmation de l'écluse.
Actuellement, l'automatisme du fonctionnement de l'écluse s'opère de la façon suivante :

- Cycle d'attrait = 2 h
- Cycle de sortie = 1 h 40

Ces durées de cycle sont beaucoup trop longues pour assurer une efficacité optimale de la passe. Les probabilités que l'anguille s'échappe de l'écluse sont importantes au vu de la temporisation du cycle d'attrait et la durée du cycle de sortie favorise la discontinuité d'accès pour les poissons à l'aval.
En conséquence, il serait judicieux de diviser par deux la durée des cycles de l'automatisme de l'écluse, soit les cycles suivants :

- Cycle d'attrait = 60 min
- Cycle de sortie = 45 min

Il est primordial de laisser un temps suffisant à l'anguille pour ressortir de l'écluse, car nous ne connaissons pas à l'heure actuelle les conditions de montaison au sein du puits (difficulté à remonter en raison de la hauteur trop importante ou de conditions hydrauliques non adaptées à la nage de l'anguille).

De plus, le fonctionnement de l'écluse Borland peut être optimisé en ne la programmant que la nuit, période où l'activité des anguilles est la plus importante. L'intervalle 20 h – 6 h constitue une plage de fonctionnement avec une amplitude suffisante pour permettre le passage d'une majorité d'anguilles.

IV. Étude des possibilités de dévalaison du barrage de Saint-Barthélemy par les anguilles

Dans ce chapitre, nous allons dans un premier temps décrire les mécaniques de dévalaison de l'anguille argentée à partir de la littérature scientifique sur ce sujet.
Par la suite, il sera fait un inventaire exhaustif des différents chemins de dévalaison possibles sur l'ouvrage. Le plan présentant les exutoires existants est consultable en Annexe 14.
Les données de probabilité de passage et la mortalité supposée des anguilles pour chaque chemin seront si possible évaluées au moyen des informations disponibles dans la littérature scientifique et les rapports techniques d'exploitants de barrages. Enfin, des pistes d'amélioration des dispositifs présents sur l'ouvrage seront évoquées dans le but de réduire les conséquences (stress, blessure, mortalité...) du passage des anguilles à l'aval du barrage.

Les études sur la migration de dévalaison de l'anguille sont conséquentes, mais elles concernent essentiellement les barrages à vocation hydroélectrique. Les différences de conception et d'agencement des organes de restitution de l'eau sont nombreuses entre ces barrages et ceux destinés pour le stockage d'eau brute. Néanmoins, il est possible de tirer un certain nombre de conclusions de ces études et de les appliquer avec une certaine prise de recul sur le barrage de Saint-Barthélemy.
Lorsque des données seront extraites d'études concernant les barrages hydroélectriques, il en sera mentionné dans le texte par un astérisque (*).

Comme énoncé dans l'introduction de ce rapport, cette étude se base uniquement sur une revue de la littérature scientifique et technique. Il n'a pas été possible de mettre en œuvre des études de terrain spécifiques à la dévalaison sur le barrage de Saint-Barthélemy, faute de temps.

1) Le processus de dévalaison de l'anguille

Une fois sa croissance dans les eaux douces terminée (3 à 8 ans pour l'anguille mâle, 3 à 10 ans pour l'anguille femelle), l'anguille jaune se mue en anguille argentée, stade à partir duquel elle débute le processus de dévalaison.
Cette migration est susceptible d'intervenir tout au long de l'année, mais on observe des pics d'intensité en saison automnale et hivernale, au moment des premières crues (*Vøllestad et al*, 1986) : l'augmentation du débit constituerait donc le signal majeur déclencheur de la migration vers l'océan. Vøllestad et al (1986) indiquent que l'augmentation du débit explique à 85% les variations de dynamique de migration de l'anguille argentée.
D'autres paramètres contrôlent par ailleurs le rythme de dévalaison : l'anguille, espèce lucifuge, effectue la majeure partie de sa migration la nuit (*Deelder*, 1954). Des études ont également démontré l'influence du cycle lunaire et de l'intensité de la lumière de la lune sur la migration de dévalaison (*Vøllestad et al*, 1986), l'activité migratoire étant plus faible les nuits de pleine lune. 80% des déplacements de l'anguille jaune ou argentée seraient visibles la nuit (*Baisez et al*, 2000).
Enfin, la température de l'eau est perçue par l'anguille comme un stimulus : Vøllestad et al. (1986) ont démontré que le pic de dévalaison est observable pour des températures comprises

entre 9 et 12 °C, et que ce mécanisme est inhibé pour des températures d'eau inférieures à 4°C ou supérieures à 18 °C.

L'influence d'une retenue sur la dynamique de migration de l'anguille soulève de nombreuses interrogations. Par sa capacité à lisser les crues du fait de son volume important et de sa grande surface, le plan d'eau constitue une zone où les stimuli sont nettement moins nombreux.
En abordant ce secteur, quelle va être la réaction de l'anguille, qui était auparavant guidée par le courant du cours d'eau ? Et concernant l'anguille ayant établi son habitat dans la retenue, quel est le signal déclencheur de la migration de dévalaison ?
Feunteun et al. (2000) ont estimé dans leur étude le taux d'échappement de l'anguille argentée dans le bassin versant breton du Frémur, secteur comportant deux grandes retenues d'eau (Pont es Omnès et Bois Joli). Les résultats obtenus indiquent que seulement 20% du stock potentiel d'anguilles argentées dévale à l'aval du bassin versant pour rejoindre la mer. Parmi les sujets marqués puis recapturés par la suite, 12 % se sédentarise dans les milieux continentaux. Le reste du stock n'a pu être capturé, en raison d'un effort de pêche trop faible, mais les auteurs supposent que ces individus sont morts ou sont restés dans le bassin versant. Lors de l'expérimentation, les auteurs ont observé que certaines anguilles sont susceptibles de rester dans le plan d'eau une année supplémentaire à la suite de leur processus de mue en anguille argentée avant de dévaler. En outre, certains sujets, capturés au stade d'anguille argentée en première année, ont été observés au stade d'anguille jaune la seconde année. Ainsi, la sédentarisation dans le bassin versant a entrainé une régression de la mue (anguille argentée à anguille jaune).
Ces résultats démontrent la possible influence des plans d'eau, comme celui de Saint-Barthélemy, sur le comportement migratoire de l'anguille argentée.

A l'approche d'un ouvrage en rivière, l'anguille présente des comportements distincts (*Behrmann-Godel et al.*, 2003) * :

- Un premier groupe d'anguilles nage directement en direction de l'organe de vidange, attirées par le courant principal.
- Un second groupe d'anguilles décrit des trajectoires circulaires dans le plan d'eau : à proximité de l'ouvrage principal de vidange, elles se mettent à explorer les différents exutoires possibles, puis sprintent pour nager à contre-courant et rejoindre la zone amont. Elles vont alors répéter ce schéma un certain nombre de fois pour enfin passer l'obstacle à la prochaine grosse crue.

Pour expliquer ce dernier comportement, les auteurs de l'étude estiment que les anguilles sont repoussées par les grilles disposées à l'entrée des organes de vidange. Ce pouvoir répulsif des grilles a été observé dans de nombreuses autres études concernant la dévalaison de l'anguille (*Gosset et al.*, 2005 ; *Travade*, 2005 ; *Russon et al.*, 2010). Une autre hypothèse émise est la reconnaissance par les anguilles de l'obstacle, notamment par le son ou un contact direct avec la tour de prise d'eau.
Dans leur étude, les chercheurs notent que certaines anguilles maintiennent ce comportement de nage « circulaire » pendant 8 jours, en attente de la prochaine crue. Enfin, lors de la hausse suivante de débit, les anguilles passent l'obstacle.
Cette attitude qui consiste à décrire une trajectoire circulaire en amont d'un ouvrage serait connue des pêcheurs professionnels sur la Moselle, secteur de l'étude en question, ces derniers plaçant leurs filets proches du barrage, avec l'entrée face à l'aval.

A noter que ce comportement n'est possible que pour des débits faibles à l'approche de l'ouvrage. Lorsque les débits sont trop importants, ou lorsque la vitesse du courant est trop grande à proximité des grilles, les anguilles sont incapables de nager à contre-courant et se retrouvent plaquées contre les grilles des prises d'eau, jusqu'à se faire aspirer.
Lors du suivi par PIT-TAG, les auteurs de l'article remarquent bien un déclenchement du processus de dévalaison au moment des premières crues, mais notent que cette migration est visible aussi bien en journée qu'en pleine nuit. Il est supposé que la couverture nuageuse importante du ciel, de même que la turbidité conséquente de l'eau, ont réduit la luminosité perçue par les anguilles.
Enfin, au contact de l'ouvrage, les anguilles semblent privilégier les exutoires de fond (*Behrmann-Godel et al.*, 2003 ; *Travade et al.*, 2010) *.

Dans leur rapport *Mortalité cumulée des saumons et des anguilles dans les turbines du bassin Loire-Bretagne* (2015), Briand et al. ont estimé la production d'anguilles argentées dans l'ensemble des bassins versants bretons, en se basant sur les résultats du modèle EDA[1], reprenant les données de la base RHT [2] et des pêches électriques réalisées sur les cours d'eau. Il est fait comme hypothèse dans cette étude que les anguilles jaunes du bassin produisent annuellement 5% d'anguilles argentées. Ainsi, la production annuelle d'anguilles argentées sur le cours d'eau du Gouët est évaluée à 541 individus.
Ce résultat est discutable, puisque le modèle EDA ne prend pas en compte les caractéristiques techniques des obstacles (hauteur, moyens de franchissement piscicole), mais uniquement le nombre d'ouvrages présents sur le cours d'eau. De plus, ce modèle est calé au niveau national, et est donc difficilement extrapolable à l'échelle du bassin versant, comme le précisent les auteurs de l'étude.
Cependant, il a le mérite de fournir une donnée d'abondance théorique en fonction des habitats potentiels du cours d'eau, qui peut servir notamment à calculer les taux de mortalité à la dévalaison, comme cela est décrit dans le chapitre IV.7).

2) Tour de prise d'eau

Adossée au barrage, la tour de prise d'eau permet l'alimentation en eau brute des stations de traitement des eaux de Saint Brieuc Agglomération, au moyen de trois ouvertures situées à différentes hauteurs (79,5 - 64 – 54,50 mNGF). Le producteur d'eau bascule d'une ouverture à l'autre en fonction de la qualité des eaux dans les strates du réservoir.
L'eau s'engouffrant dans la tour passe par une canalisation forcée de diamètre 600 mm jusqu'à la station de traitement des eaux, par voie gravitaire.
Des grilles sont disposées au niveau des ouvertures de la tour, pour éviter que des gros débris de bois ou des corps flottants ne passent par la canalisation et provoquent des désagréments sur le réseau. Mais la taille des mailles des grilles (10X10 cm) ne prévient pas le passage des anguilles argentées dans le réseau. Selon le témoignage de l'exploitant de l'usine, des anguilles argentées sont retrouvées chaque année dans le bassin de décantation, et ce encore en 2017 (« grosses anguilles » arrivées à l'usine au printemps) : l'ouverture de la vanne supérieure de

[1] EDA : Eel Density Analysis
[2] RHT : Réseau Hydrographique Théorique

la tour de prise d'eau (côte 79,5 mNGF) a entrainé le passage d'anguilles argentées dans la conduite d'eau brute, en direction de l'usine. A noter que la prise d'eau supérieure est en permanence ouverte en hiver et une partie du printemps et de l'automne, coïncidant avec les périodes de dévalaison des anguilles.
On peut donc supposer que les anguilles, à l'approche du barrage Saint-Barthélemy, nagent à une profondeur comprise entre 5 et 10 m en dessous de la surface de l'eau, et que l'ouverture de la vanne supérieure de la tour de prise d'eau engendre un courant assez fort pour les attirer.
D'après les propos de l'exploitant de l'usine, la moitié des anguilles repêchées dans le bassin de décantation est encore vivante, et ne semble pas présenter de blessures superficielles, malgré les fortes vitesses et pressions dans la canalisation, et la présence de nombreux coudes sur le trajet. Mais le reste des anguilles est retrouvé mort à leur arrivée.
Ainsi, le passage des anguilles argentées dans la tour de prise d'eau et la canalisation d'amenée à l'usine de traitement entraîne une mortalité variable, d'après les constatations faites sur site.
Les anguilles vivantes sont par la suite remises dans le cours d'eau du Gouët, non loin de l'usine de traitement.

En conclusion, la tour de prise d'eau semble constituer une voie de passage privilégiée par les anguilles lors de la dévalaison. La mise en place de grilles avec une maille plus fine permettrait par leur pouvoir répulsif de dévier les anguilles vers d'autres exutoires plus propices à l'avalaison (*Gosset et al.*, 2005 ; *Travade*, 2005 ; *Russon et al.*, 2010), comme l'écluse Borland. Cependant, ces dispositifs nécessiteront un entretien régulier pour éviter le colmatage des grilles. De plus, l'implantation d'une grille avec de petites mailles nécessitera peut-être d'étudier les conséquences sur les conditions hydrauliques dans la canalisation de transit (perte de charge).
La pose de barrières comportementales (dispositifs lumineux et sonores, écrans hydrodynamiques, barrières électriques…) provoquerait également la répulsion des anguilles à l'approche des ouvertures (*Travade*, 2005). Ces dispositifs sont cependant moins efficaces que les barrières physiques.

3) Evacuateurs de crue

Lorsque les débits à l'amont de l'ouvrage sont trop importants pour seulement être évacués par la canalisation de débit réservé et la microcentrale, les évacuateurs de crues sont sollicités par l'exploitant (Figure 29).
Le barrage de Saint Barthélémy est équipé de trois évacuateurs de crue, d'une capacité de décharge de 75 m^3/s chacun à la côte 87 mNGF. Les trois pertuis, dont les dimensions atteignent 4 m X 4,25 m, sont équipés de vannes segment actionnées par des vérins hydrauliques.

Figure 29: Débit sortant par un évacuateur de crue

Les vannes des évacuateurs de crue sont essentiellement manipulées en hiver et au début du printemps, lorsque surviennent les fortes crues et que la côte du plan d'eau approche de la côte PHE[1]. L'eau s'écoule sur un déversoir de type « saut à ski » puis chute d'une hauteur de 30 mètres environ dans le bassin à l'aval.

La période de manœuvre des évacuateurs de crue coïncide avec la saison principale de dévalaison de l'anguille argentée. De plus, le courant de subsurface induit par les évacuateurs de crue serait suffisamment important pour attirer l'anguille vers les déversoirs.

Le cisaillement hydraulique et l'abrasion sur le déversoir, les turbulences en pied de chute, les variations brusques de vitesse et de pressions lors de l'impact dans la fosse à l'aval, sont des paramètres affectant la mortalité des poissons migrateurs (*Larinier et Travade*, 1999). Au-delà de la mortalité directe, le passage par un évacuateur de crue induit un tel choc physiologique et psychologique au poisson qu'il se retrouve dans un état vulnérable face à ses prédateurs. Cet état de choc peut également impacter la suite de la migration (risque de retard, voire d'arrêt du processus).

Des pourcentages de mortalité suite à un passage par un évacuateur de crue existent, mais concernent uniquement le saumon : le taux de décès atteint 4 à 8 % pour des barrages avec des chutes comprises entre 30 et 60 m (*Larinier et Travade*, 1999), et la mortalité atteint 100 % à partir d'une certaine taille d'individu (supérieure à 20 cm).

[1] Côte PHE : côte des plus hautes eaux – côte maximale d'exploitation, au-delà de laquelle l'intégrité physique du barrage est menacée

4) Ecluse Borland

Théoriquement, l'écluse Borland est censée fonctionner aussi bien dans le sens de la montaison que de la dévalaison (*Arrignon*, 1974). Mais aucune étude connue n'a évalué la fonctionnalité de ces passes pour le passage des poissons à l'aval. De même, aucune anguille argentée empruntant l'écluse Borland du barrage n'a été observée.

Dans la note de présentation du matériel hydromécanique du barrage (*Direction Départementale de l'équipement du département des Côtes du Nord*, 1979), il est décrit précisément le mode de fonctionnement de l'écluse Borland pour les poissons descendants.
Lorsque le puits est plein, le courant crée par l'ouverture du by-pass est censé attirer le poisson à l'entrée de l'écluse puis au fond de la chambre d'attente, avant la fermeture de la vanne n°5 (ou 4) et la vidange partielle du puits. Par la suite, l'ouverture de la vanne n°3 entraîne alors la vidange complète du puits.

D'après les constatations faites pour le passage par la tour de prise d'eau, les anguilles argentées nageraient à une profondeur entre 5 et 10 m sous la surface de l'eau. Elles se situeraient donc à proximité de l'entrée amont de l'écluse Borland et seraient en mesure de dévaler par ce chemin.
Mais, tout comme à la montaison, l'écluse à poissons doit satisfaire les conditions d'attrait pour la dévalaison. On peut alors douter de la puissance du courant de subsurface créé par le by-pass de l'écluse (ϕ 200 mm), en comparaison de celui engendré par la tour de prise d'eau (ϕ 600 mm). De plus, les poissons, attirés au fond de la chambre d'attente, devront de nouveau attendre l'ouverture de la vanne n°3 pour nager à l'aval : il y a alors un risque que le poisson ne s'échappe du puits pour ressortir de l'écluse.
Enfin, pareillement à la montaison, les possibilités d'accès à la passe ne sont pas permanentes, l'entrée de la passe étant condamnée lorsque le puits se vidange, sur un certain laps de temps.

Cette gestion de la dévalaison n'a jamais été appliquée sur le barrage de Saint-Barthélemy, malgré la possibilité d'inscrire un mode « poissons descendants » dans la programmation de fonctionnement de l'écluse.

5) Vidange de fond

La vidange de fond est une canalisation située au fond de la retenue côté amont, à la côte 54,75 mNGF. Initialement, cette conduite permet la vidange complète de la retenue.
L'entrée de la conduite se situe à une trentaine de mètre de profondeur.

Les deux vannes sectionnant la conduite de vidange présentent les caractéristiques suivantes :

Tableau 3: Caractéristiques des organes hydrauliques de la vidange de fond

	Type	Caractéristiques
Vanne de garde	Vanne à glissière	1,50X2,00 m
Vidange de fond	Conduite circulaire	Q = 20 m^3/s à RN
Vanne de fond	Vanne segment	1,20X1,20m

La vanne de garde est toujours ouverte, puisqu'elle entraîne l'alimentation du jet creux tout au long de l'année (débit réservé) et des génératrices en hiver.

La vanne de fond n'est manipulée que très rarement : elle sert d'alimentation tampon du cours d'eau lorsque les génératrices se mettent en fonctionnement ou lorsqu'elles sont en défaut. Elle est également susceptible d'être ouverte lorsque le jet creux (canalisation de débit réservé) est en travaux, le débit réservé devant être obligatoirement assuré via cette vanne.
Ainsi, la durée cumulée d'ouverture de la vanne de fond est estimée à 1 jour par an, essentiellement en hiver, période propice à la dévalaison de l'anguille argentée.
Cependant, l'exploitation actuelle du barrage et la configuration de la vanne segment sont difficilement conciliables avec la dévalaison de l'anguille via la vanne de fond. En effet, lorsque les débits hivernaux sont importants (au-delà de 1 m^3/s en entrant), les génératrices sont mises en fonctionnement pour turbiner les excédents de crue. Ainsi, le débit est dévié vers les turbines sans que la vanne de fond ne soit ouverte. Par ailleurs, pour des débits à relâcher inférieurs à 1 m^3/s, la vanne de fond n'est pas exploitable pour des raisons de dimensionnent et de configuration : le degré d'ouverture serait trop faible pour de tels débits (<10 cm d'ouverture).
En l'état actuel des choses, la dévalaison de l'anguille via la vanne de fond n'est pas envisageable.

6) Conduite de débit réservé

Le barrage de Saint-Barthélemy est équipé d'une canalisation munie d'une vanne de type jet-creux (Figure 30), d'un diamètre de 300 mm se réduisant en 200 mm, qui est utilisée pour assurer le débit réservé (débit minimum) sur le Gouët aval. Le débit réservé, défini par arrêté préfectoral, est de 230 l/s.
Ce type de canalisation est susceptible, de par la configuration spécifique de la vanne jet creux, de fournir des débits très faible. A ce titre, la plage de débit théorique varie de 120 l/s à 700 l/s.

Le jet creux de la canalisation de débit réservé, piqué sur la canalisation de la vidange de fond, est ouvert en permanence. Son degré d'ouverture est fonction du débit à assurer à l'aval (37-100%).

Il est techniquement envisageable que l'anguille passe par la canalisation de débit réservé : en effet, la conduite est piquée sur la vidange de fond, dont la vanne de garde est constamment ouverte.

Figure 30: Vanne de type jet-creux
(VAG KSS)

On note un certain nombre de zones critiques pour l'anguille lors de son passage dans la conduite réservée : 2 coudes successifs après le piquage sur la vidange de fond, et la diminution du diamètre de la conduite, de 300 à 200 mm. Enfin, la configuration de la vanne jet-creux est difficilement conciliable avec le transit de l'anguille : suivant le degré d'ouverture de la vanne, ainsi que la taille de l'anguille, le passage peut entraîner des blessures conséquentes, voire une mortalité accrue pour les individus (Figure 31). De plus, les fortes pressions subies par l'anguille en sortie de canalisation engendrent un stress considérable, pouvant être néfaste pour la poursuite de la migration (arrêt ou retard de migration, vulnérabilité face aux prédateurs…)
Legault et al. (2001) notent dans leur étude sur le passage des anguilles dans une conduite de débit réservé sur le barrage de Bois Joli (Frémur), une abrasion importante des anguilles retrouvées mortes, avec une perte conséquente de mucus, après transit dans la conduite.

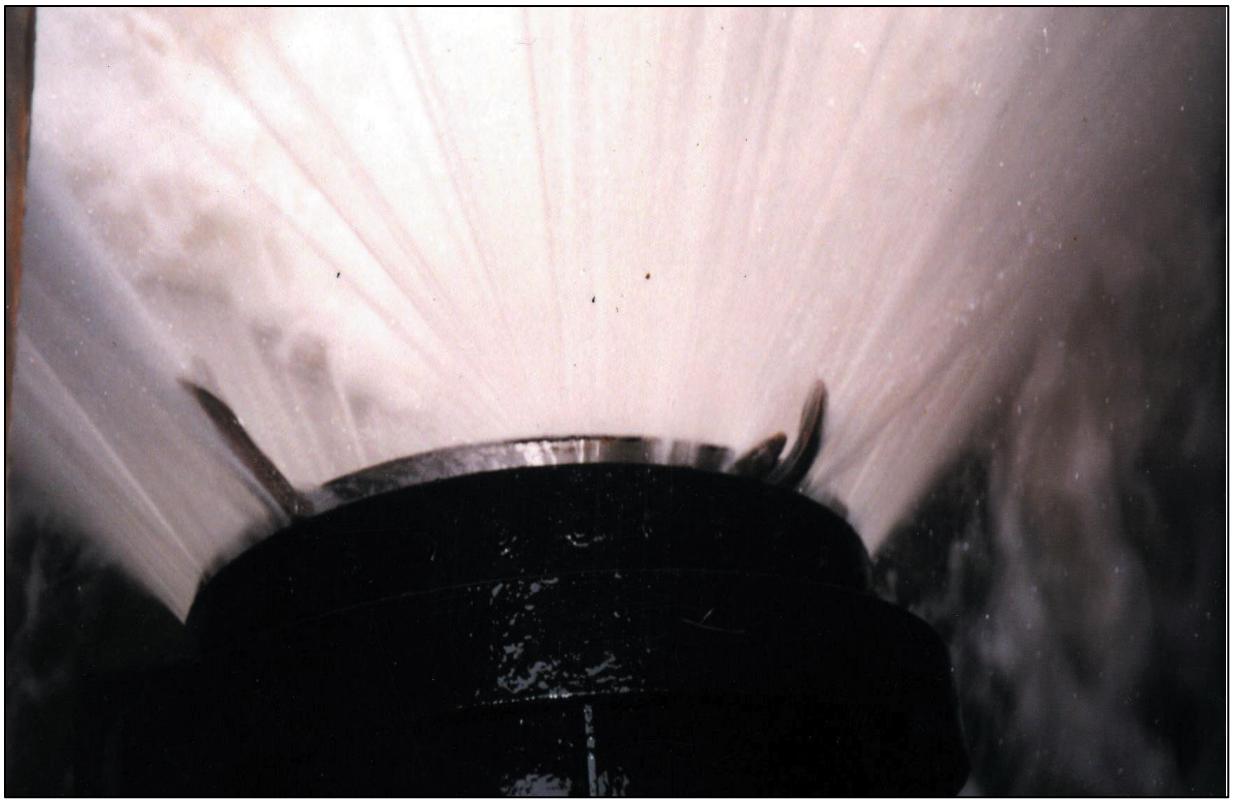


Figure 31: Blocage d'anguilles sur une vanne de type jet-creux (Legault)

Afin de faciliter le transit de l'anguille par la canalisation de débit réservé, il peut être envisagé la mise en place d'une gestion des débits relâchés avec un jet-creux ouvert à une proportion suffisante pour permettre le passage sans trop d'impact sur les individus. Mais de nombreuses interrogations subsistent :

- Quel degré d'ouverture minimum pour le passage de l'anguille sans stress ni blessure trop conséquente ?
- Sur quelle période appliquer cette gestion ? (Saison automnale/hivernale, pics de crue…) ?
- Cette gestion est-elle compatible avec les contraintes techniques d'exploitation de l'ouvrage (gestion de la côte du plan d'eau, soucis de minimiser les pertes d'eau…) ?

En situation de crue, la gestion par l'exploitant de la restitution des débits implique une ouverture du jet creux à 100%, minimisant ainsi le risque de blocage des anguilles sur la vanne, d'où une réduction de l'impact du passage de l'anguille par la canalisation de débit réservé. Mais lorsque la microcentrale est mise en route, la canalisation de débit réservé est fermée, pour éviter de perdre de l'eau inutilement. Les anguilles sont donc redirigées vers les turbines de microcentrale, où les chances de survie sont minimes (cf § IV.7).

Néanmoins, on peut douter du pouvoir d'attraction de la vidange de fond qui, située à une trentaine de mètre sous l'eau, ne devrait pas engendrer un courant suffisamment perceptible pour l'anguille nageant dans les strates supérieures (cf § IV.2). En conséquence, le ratio d'anguilles passant par la canalisation de débit réservé est supposé négligeable.

7) Génératrices de la microcentrale électrique

Construite en 1983, la microcentrale électrique qui équipe le barrage de Saint-Barthélemy permet la production d'électricité en période de fort débit (crue, débits hivernaux…). Cette installation est composée de deux unités de turbinage, avec des capacités nominales de 1,5 m^3/s (vitesse de rotation de la roue = 600 tr/min) pour la première turbine et de 3,8 m^3/s (1000 tr/min) pour la seconde.
Les deux unités sont équipées de turbines de type Francis (Figure 32), qui présentent l'avantage de pouvoir turbiner pour une large plage de débit avec une charge plus ou moins importante, tout en gardant une courbe de rendement assez large.

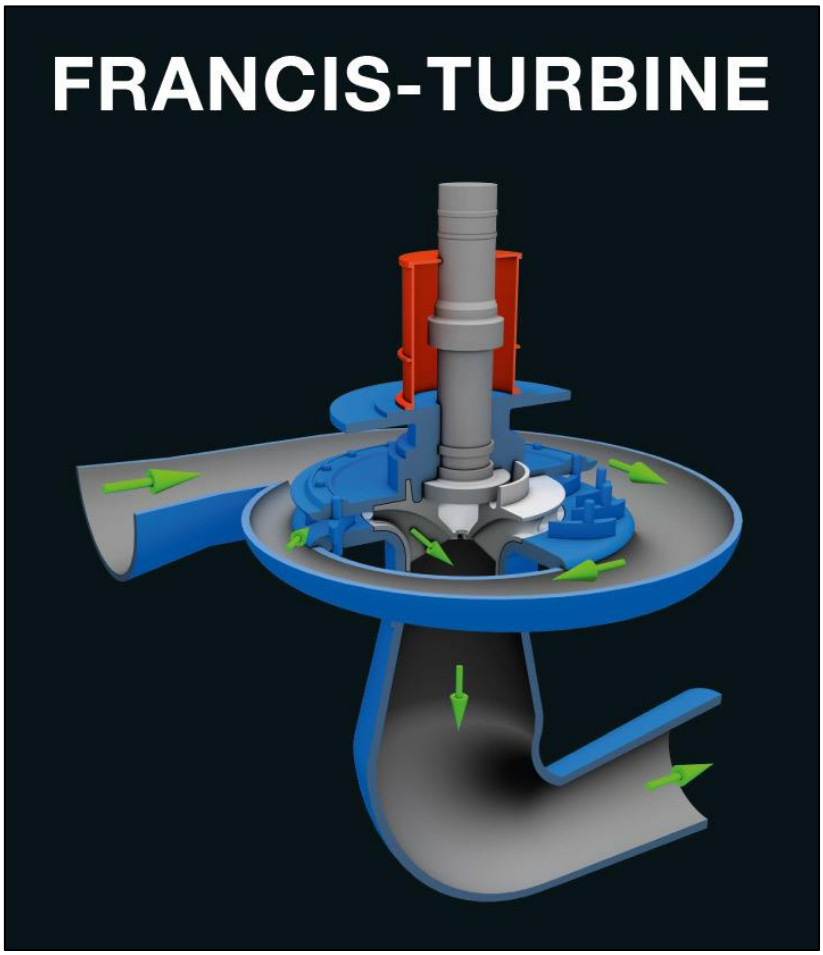


Figure 32: Coupe en 3 dimensions d'une turbine Francis (KWM)

La prise d'eau alimentant la microcentrale est dérivée de la vidange de fond. La conduite se divise par la suite en deux sections distinctes, pour alimenter les deux groupes. L'eau est dirigée dans la bâche grâce à des aubes réparties sur le pourtour de la roue, dont l'espacement varie entre 12,5 cm pour la petite turbine et 23 cm pour la plus grande. L'eau turbinée s'écoule dans un tube d'aspiration qui, par son grand volume, réduit la vitesse et la pressions du fluide, pour enfin ressortir à l'extérieur du barrage dans un bassin de tranquillisation.

La production moyenne annuelle pour la période 1983 – 2014 est de 2 804 119 kWh. L'énergie est produite essentiellement en période hivernale (76 % de la production totale réalisée de décembre à mars), moment où le potentiel de turbinage est le plus important (saison des crues).
L'étude du fonctionnement de la microcentrale montre qu'en année hydrologique classique, la petite turbine tourne constamment en hiver, tandis que la plus grande fonctionne par intermittence, lorsque les débits entrant dans la retenue atteignent minimum 4 m^3/s.

La mortalité dans les turbines hydroélectriques est 4 à 5 fois plus importante pour les anguilles que pour les salmonidés, en raison de leur plus grande taille, avec plus de 50 % de mortalité dans les microcentrale (*Larinier et Travade*, 1999).

Les causes de mortalité dans les turbines sont nombreuses :

- Changement de pression
- Cisaillement
- Turbulences
- Chocs
- Broyages entre le manteau et le pourtour des pales

Les turbines Francis, de par leur conception, engendrent des mortalités plus conséquentes que les turbines de type Kaplan. Les fortes vitesses en entrée de roue, couplées à l'espace inter-aube restreint, augmentent considérablement les risques de décès des anguilles, d'autant plus que ces dernières sont désavantagées par leurs tailles (*Larinier et Dartiguelongue*, 1989). La vitesse de rotation de la roue intervient également, mais dans une moindre mesure.

Briand et al. (2015) ont estimé dans leur étude les mortalités cumulées des anguilles à la dévalaison suite au passage dans les microcentrales disposées sur les cours d'eau des bassins côtiers bretons et de la Loire, à partir du calcul du potentiel de mortalité de chaque microcentrale présente sur ces secteurs, et de la production d'anguilles argentées.
Les résultats démontrent que la mortalité moyenne associée à la dévalaison dans les turbines de l'ensemble des bassins côtiers bretons et de la Loire atteint 88,5 % pour les microcentrales munies de turbine Francis. La mortalité de anguilles européennes est évaluée à 2 687 individus, soit 3,3 % des effectifs calculés à partir du modèle d'estimation des stocks.
Concernant le Gouët, l'unique microcentrale installée sur le cours d'eau est celle du barrage de Saint-Barthélemy. En conséquence, la mortalité à la dévalaison associée au cours d'eau est uniquement due à la microcentrale du barrage. Les mortalités moyennes engendrées par l'ouvrage ont bien été calculées dans le rapport, mais elles sont erronées, puisqu'il a été pris comme paramètre une turbine de type Kaplan pour le barrage, alors que la microcentrale est équipée en Francis. Par conséquent, la mortalité est sous-estimée (16,3 % de mortalité, soit 88 anguilles argentées par an).

Il ressort de cette étude que les principales variables expliquant la mortalité dans le modèle utilisé sont la vitesse de rotation de la turbine, le nombre de pâle et la taille du poisson. La mortalité des anguilles augmenterait linéairement avec leur taille. De plus, à partir d'une certaine taille, la mortalité constatée est de 100 %.

Les auteurs de l'étude précisent que le modèle sous-estime plus ou moins les mortalités observables sur le terrain, puisqu'il ne prend pas en compte les mortalités suite à une blessure après passages dans les turbines. Par ailleurs, l'hypothèse d'une probabilité de survie après passage dans les évacuateurs de crue de 100% ne peut être appliquée à l'ensemble des barrages, et notamment pour le barrage de Saint-Barthélemy, du fait de sa hauteur considérable.

En conclusion, le passage par la microcentrale du barrage de Saint-Barthélemy provoquerait une mortalité conséquente, au vu des données chiffrées résultant des différentes études citées. Le type de turbine et la vitesse potentielle entrainant la roue constituent les deux principaux facteurs probables de mortalité lors du passage dans la microcentrale. De plus, la période propice au turbinage coïncide avec la saison de migration d'avalaison des anguilles, ce qui ne fait que renforcer le risque de blessure ou de décès, sans compter le stress induit par le passage au sein des turbines, nuisible à la poursuite du processus de dévalaison.

Des solutions existent pour diminuer les risques de mortalité des anguilles suite au passage dans les turbines des microcentrales électriques : arrêt de turbinage la nuit ou sur la période de migration, mise en place de turbines ichtyocompatibles (turbine basse-chute) …. Mais elles sont difficilement compatibles avec la configuration du site (hauteur de chute importante) et la philosophie de gestion de la microcentrale (turbinage des excédents d'eau pendant les crues en saison hivernale) et ce dans un contexte de renforcement de l'indépendance énergétique de la région Bretagne (seulement 9,2% des besoins en énergie de la région ont été couvert par la production bretonne en 2014 – *Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre en Bretagne*, 2015).
De plus, ce type de solution s'avère extrêmement couteux à mettre en œuvre et le gain escompté pourrait se révéler insuffisant, en raison du faible stock d'anguilles argentées à l'amont de l'ouvrage à l'heure actuelle et de la probabilité de passage des anguilles dans les exutoires de fond, en comparaison des exutoires de subsurface (cf § IV.2).

8) Conclusion sur les possibilités de dévalaison et propositions d'axes d'amélioration

Le Gouët à l'amont du barrage de Saint-Barthélemy présente une population d'anguilles plutôt âgée et relictuelle. Parmi ces anguilles, le potentiel de production d'anguilles argentées susceptibles de retourner en mer est relativement faible mais existant. Il convient donc d'assurer leur dévalaison en minimisant les risques de blessure ou de mortalité excessive.
A ce titre, la connaissance des possibles cheminements des anguilles au sein du barrage pour passer à l'aval est essentielle.

Les exutoires de fond, à savoir la canalisation de débit réservé et les génératrices de la microcentrale électrique, constituent des voies potentielles mais relativement mortelles, en raison des fortes pressions et des chocs massifs observés sur ces axes de passage. Par ailleurs, la grande taille des anguilles à l'avalaison (500 à 700 mm de longueur), diminue grandement les chances de survie.
Mais la situation de ces exutoires (30 mètres sous la surface), et la possible nage à proximité de la surface des anguilles, réduisent fortement la probabilité d'attrait de ces poissons vers le

fond. De plus, la gestion de la restitution des débits à l'aval en situation de faibles crues (inférieures à 1,5 m^3/s) permet un passage des anguilles par la canalisation de débit réservé sans impact trop néfaste, grâce à une ouverture totale du jet creux.
Améliorer le passage des anguilles par ces exutoires ne devrait pas être considéré comme une priorité pour le moment : en effet, les investissements lourds et conséquents à mettre en œuvre (turbine ichtyocompatible, arrêt de turbinage en période de crue, changement de vanne pour la canalisation de débit réservé) n'engendreraient que des bénéfices plutôt faibles, au regard du stock d'anguilles argentées restreint sur le Gouët amont actuellement, et de la relative probabilité de passage sur ces exutoires. Les efforts doivent être concentrés à diriger les anguilles vers les axes de dévalaison les moins impactants.

Le passage par la tour de prise d'eau semble, à l'heure actuelle, constituer la voie privilégiée par les anguilles pour dévaler. Le nombre d'anguilles argentées retrouvées à l'usine de traitement des eaux de Saint-Brieuc Agglomération témoigne de l'attractivité de cet axe de passage. Néanmoins, cette dévalaison s'opérerait uniquement lorsque la vanne supérieure de la tour est actionnée, phénomène qui n'est pas observable à l'ouverture des vannes médianes et inférieures.
Mais la variabilité de la mortalité des anguilles retrouvées à l'usine ne permet pas d'envisager une voie de dévalaison pérenne par ce cheminement. C'est pourquoi il est nécessaire de prendre des mesures pour dévier les anguilles des ouvertures de la tour de prise d'eau.
Les grilles de protection contre les embâcles ne préviennent pas le passage des anguilles dans la tour de prise d'eau, leurs mailles étant trop grosses. On peut envisager de remplacer ces grilles par des grilles de plus petites mailles (50 mm voire moins), mais l'entretien de ces dispositifs devra être plus régulier, pour éviter le colmatage. Par ailleurs, une étude d'incidence sur les conditions hydrauliques est conseillée pour vérifier la compatibilité de la grille. Pour débuter, le remplacement uniquement de la grille de la vanne supérieure est possible.
Les dispositifs de barrières comportementales (son, lumière…) peuvent être également envisagés, mais leur efficacité est moindre.

Par ailleurs, dans l'attente du remplacement des grilles, il pourrait être intéressant de mettre en œuvre une étude ciblant les anguilles arrivant à l'usine, afin de mieux connaître le flux d'anguilles argentées dévalant le Gouët en privilégiant ce passage. Dans un premier temps, un décompte des individus sur la saison est facilement envisageable. Cette étude permettrait de confirmer la relation entre ouverture de la vanne supérieure de la tour de prise d'eau et déclenchement de la dévalaison des anguilles. Par la suite, la mise en place d'un suivi biométrique pour recueillir les données de tailles et de poids complèterait les connaissances sur la population d'anguilles du Gouët.

La mortalité due au passage par les évacuateurs de crue est supposée forte, en raison de la hauteur de chute importante, mais aucune donnée concernant les anguilles n'a pu être trouvée pour attester ces faits. L'aménagement des évacuateurs pour éviter l'entraînement des anguilles nécessite un investissement plus couteux : la pose de grilles inclinées avec maille fine sur des exutoires d'une telle largeur nécessite une étude pour connaître l'implantation précise du dispositif, tout comme l'angle d'inclinaison des grilles et la taille des mailles. De même, une étude des conséquences sur les conditions hydrauliques est indispensable, car les évacuateurs de crue constituent des organes de sécurité.

Enfin, l'automatisation de l'écluse Borland pour la dévalaison, avec un mode « poisson descendant » à écrire dans la programmation, doit être mise en place pour la prochaine saison de dévalaison des anguilles argentées, à savoir dès la fin de l'automne 2017, au moment des premières crues.
Concernant l'attrait dans la passe (attrait par le by-pass), la durée de cette phase pourrait être d'une heure, tandis que la phase de sortie (ouverture de la vanne n°3) ne devra pas excéder 10 minutes, et ce afin de maximiser le nombre de cycle de dévalaison dans la journée et de minimiser les risques de fuite de l'anguille de la passe.
Ce mode de gestion pourra être appliqué dans un premier temps la nuit, période où la probabilité de migration est la plus forte.
Un retour d'expérience de cette automatisation devra être fait à la fin de l'hiver, afin de déterminer ses conséquences sur la gestion de l'exploitant (incidence sur la côte du plan d'eau et les débits relâchés par les différents organes de restitution, panne du système d'automatisme ou des organes hydrauliques). Les durées des cycles d'attrait et de sortie pourront être modifiées en fonction des observations faites dans ce compte-rendu.

La compréhension du comportement migratoire des anguilles argentées à l'approche de l'ouvrage est essentielle avant d'entreprendre de plus amples investissements. Sur un ouvrage d'un telle envergure, les axes de dévalaison sont nombreux mais les probabilités de passage associées sont hétérogènes. A cet effet, le lancement d'une étude sur le déplacement de l'anguille argentée aux abords du barrage, au moyen d'un suivi radiométrique, fournirait un certain nombre de conclusions intéressantes, permettant le ciblage des actions à mener sur les différents exutoires (modifications structurelles, ajustement de l'automatisme de l'écluse Borland…). Pour les moyens de cette étude, la technologie PIT-TAG, avec une liaison active ou passive, constitue une solution efficace. La consultation au préalable d'un bureau d'étude spécialisé dans le suivi piscicole des grands migrateurs aiderait à évaluer les possibilités d'action sur ce sujet.

Le Tableau 4 reprend l'ensemble des recommandations formulées dans cette conclusion.

Recommandations	Echéance proposé
Remplacement des grilles des exutoires de la tour de prise d'eau (au minimum pour la prise d'eau supérieure)	2018-2019
Automatisation de l'écluse Borland pour la dévalaison	Automne 2017
Suivi du déplacement des anguilles par transpondeur actif/passif	2018-2019
Suivi du flux d'anguilles arrivant à l'usine de traitement des eaux de Saint-Brieuc Agglomération	Automne - Hiver 2017
Suivi biométrique des anguilles arrivant à l'usine de traitement des eaux de Saint-Brieuc Agglomération	Automne - Hiver 2017 si possible 2018 sinon
Etude pour la mise en place d'un dispositif de répulsion des anguilles aux abords des évacuateurs de crue	Suivant les conclusions de l'étude sur le monitoring par transpondeur du déplacement des anguilles argentées

Tableau 4: Synthèse des recommandations pour l'amélioration des conditions de dévalaison de l'anguille argentée

Conclusion

Les études entreprises dans le cadre de ce projet ont permis de rendre un certain nombre de conclusions concernant l'évaluation de la fonctionnalité de l'écluse Borland et de l'impact du barrage sur la migration piscicole.

Les résultats des pêches électriques réalisées cette année décrivent un peuplement d'anguilles plutôt restreint sur le cours d'eau du Gouët, comme en témoignent les faibles indices d'abondance obtenus. L'écluse du port du Légué restreint la dynamique de colonisation du Gouët, en l'absence de dispositif de franchissement sur l'ouvrage maritime.

On note cependant deux tendances bien distinctes de peuplement entre l'amont et l'aval du barrage de Saint-Barthélemy.
On observe sur le Gouët à l'aval du barrage une population d'anguilles plutôt jeune, avec un recrutement d'anguillettes assez important, signe de l'absence de blocage de migration induit par les obstacles implantés entre le port du Légué et le barrage. Par ailleurs, l'impossibilité de faire fonctionner l'écluse à poissons se traduit par une accumulation d'anguilles en pied d'ouvrage, d'après les résultats des pêches électrique sur ce secteur.
A contrario, le peuplement d'anguilles en amont du barrage est constitué d'individus âgés, disséminés pour l'essentiel le long des rives de la retenue. Le cours d'eau du Gouët en amont du plan d'eau présente un stock relictuel, également âgé.
La présence d'anguilles en amont de l'ouvrage témoigne des possibilités de montaison via l'écluse Borland du barrage, unique moyen de passage. L'absence de juvéniles concorde par ailleurs avec le fait que la passe à poissons n'est plus opérationnelle depuis deux ans, en raison de dysfonctionnements sur le dispositif.
Mais la faible abondance observée à l'amont indique peut-être une mauvaise gestion de l'écluse à poissons : la durée des cycles (attrait/sortie) inscrit dans la programmation n'est pas adaptée pour maximiser le nombre de montées dans une journée, ce qui conduit à une forte discontinuité d'accès à la passe. De plus, un fonctionnement uniquement nocturne de la passe optimiserait le franchissement des anguilles.
Concernant l'attrait de la passe à poissons, celui-ci paraît satisfaisant au vu du nombre d'anguilles capturées (plus de 500) par la passe piège, et ce sans l'apport du débit d'attrait de l'écluse (hors service lors de l'étude). Le débit provenant de la canalisation de débit réservé attire les anguilles au centre du barrage, à proximité de l'entrée de la passe.

La dévalaison constitue un autre sujet qui doit être solutionné pour éviter une mortalité excessive des anguilles, ou une sédentarisation durable dans la retenue. Les possibilités de dévalaison des anguilles ont été brièvement évoquées dans ce rapport : l'ensemble des voies d'accès au Gouët aval a été inventorié dans ce document, soutenu par des données chiffrées sur la mortalité de dévalaison provenant d'articles scientifiques. A défaut d'études plus poussées (monitoring du déplacement des anguilles à l'approche du barrage), il est difficile d'évaluer le classement précis des voies privilégiées pour la dévalaison, et ainsi d'estimer l'impact du franchissement du barrage sur les anguilles (stress, blessures, mortalité).
Cependant, les quelques recommandations citées dans ce document peuvent aider à améliorer les conditions de dévalaison des anguilles, et assurer un bon taux d'échappement à la mer.

Le barrage de Saint-Barthélemy, de par son envergure, impacte fortement la migration piscicole sur le cours d'eau du Gouët. La présence d'un dispositif de franchissement de type écluse Borland, adapté pour des ouvrages d'une telle hauteur, ne peut rendre transparent le barrage, au regard de la faible efficacité de ces passes. De même, l'absence de voie de dévalaison opérationnelle et non léthale sur site à l'heure actuelle ne permet pas de considérer le barrage comme franchissable à l'avalaison.
Les travaux prévus dans les prochaines années sur le port du Légué pour rétablir la continuité écologique sur le déversoir augmenteront sensiblement les flux d'anguilles colonisant le bas Gouët. Par conséquent, il est important de prendre rapidement des mesures pour rendre effective la circulation piscicole, et ainsi éviter une densité trop forte sur le Gouët à l'aval du barrage et un possible blocage des anguilles dans la retenue, faute de dispositif de dévalaison efficient.

Les études réalisées lors de ce projet constituent une première réflexion sur la problématique de la continuité écologique appliquée au barrage de Saint-Barthélemy. Pour évaluer plus finement le degré de blocage de la migration par l'ouvrage et percevoir les effets sur le long terme des aménagements réalisés, il est recommandé de poursuivre et d'approfondir ces études dans les années à venir.

La restauration de la continuité écologique constitue un des leviers d'action permettant le rétablissement de peuplements pérennes de poissons migrateurs sur les cours d'eau. Mais faciliter la circulation piscicole ne doit pas être considéré comme la solution ultime au retour de la faune aquatique, d'autant plus que les systèmes de passe à poissons ne rendent pas un obstacle complétement transparent. En effet, la lutte contre la pollution des eaux et la destruction des habitats est nécessaire pour améliorer les conditions de vie des espèces piscicoles, en complémentarité de la restauration d'un continuum fluvial.
La législation sur la continuité écologique rencontre parfois sur le terrain des formes d'incompréhension et de contestation : qualifiée d'arbitraire et ne prenant pas en compte le contexte local, se révélant onéreuse lorsqu'un ouvrage doit être aménagé (arasement, mise en place d'une passe à poissons…), compliquant la gestion d'une infrastructure (nécessité de dévier de l'eau en quantité suffisante vers la passe, entretien régulier…), la législation est régulièrement remise en cause, d'autant plus que les effets d'un aménagement sur les peuplement piscicoles sont difficilement perceptibles sur le court terme.
Pendant longtemps, les interrogations soumises au Département des Côtes d'Armor sur la fonctionnalité de l'écluse Borland sont restées sans réponse, faute de connaissance sur le sujet (biologie des espèces piscicoles, ingénierie des dispositifs de franchissement). Ainsi, l'approche souhaitée pour ce projet a été d'associer l'ensemble des parties prenantes de ce dossier (gestionnaire de l'ouvrage, acteurs de la protection des milieux aquatiques, représentants de l'Etat), afin de prendre en compte leurs considérations sur cette problématique, d'échanger sur les attentes de chacun, de communiquer sur la complexité de gestion du barrage, et *in fine* d'éviter de travailler de manière isolée, car le rétablissement de la continuité écologique est un sujet complexe et pluridisciplinaire, requérant l'expertise de chaque acteur.

Bibliographie

ARRIGNON J. **Dispositifs de franchissement des barrages par les poissons migrateurs. L'écluse « Borland »**. *Bulletin Français de Pisciculture*, 1974, n° 252, p. 125-130

BAISEZ A. **Optimisation des suivis des indices d'abondance et des structures de taille de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) dans un marais endigué de la côte atlantique : relation espèce-habitat**. Thèse de doctorat, Ecologie aquatique, Université de Toulouse III, 2001, 396 p.

BAISEZ A., RIGAUD C., FEUNTEUN E. **Hétérogénéité de répartition de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) observée par pêche électrique dans un marais endigué de la côte atlantique française (marais breton)**. *Cybium*, 2000, vol. 24, n°3 suppl., p. 23-32

BEHRMANN – GODEL J., ECKMANN R. **A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany**. *Ecology of Freshwater Fish*, 2003, n°12, p 1-7

BERTIN L. **Les anguilles**. Payot, 1951. 188 p.

BOETIUS I., BOETIUS J. **Experimental maturation of female silver eels, *Anguilla anguilla*. Estimates of fecundity and energy reserves for migration and spawning**. *Dana*, 1980, vol. 1, p. 1-28

BRETAGNE GRANDS MIGRATEURS. **Méthode de pêche électrique par échantillonnage par point au martin pêcheur « indice d'abondance anguille »**, 2009

BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G., FEUNTEUN E., **Estuarine and fluvial recruitment of European glass eels in an exploited Atlantic estuary**. *Fisheries Management and Ecology*, n°10, p. 377-384

BROWNELL P., HARO A., MCDERMOTT S., BLOTT A., ROHDE, F. **Diadromous fish passage: a primer on technology, planning and design for the Atlantic and Gulf Coasts**. *U.S Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries*, 2012, p. 68-70

COMITE DE BASSIN LOIRE BRETAGNE **Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2016-2021 – Bassin Loire Bretagne**. 2015, 360 p.

COMITE DE GESTION DES POISSONS MIGRATEURS POUR LES COURS D'EAU BRETONS Plan de gestion des poissons migrateurs 2013-2017, 2012. Chapitre 3 **Etat des lieux des cours d'eau bretons**. p. 30- 48

COMITE DE GESTION DES POISSONS MIGRATEURS POUR LES COURS D'EAU BRETONS Plan de gestion des poissons migrateurs 2013-2017, 2012. Chapitre 4 **Etat des lieux des poissons migrateurs et propositions de gestion**. p. 50-112

DAVERAT F., TOMAS J. **Tactics and demographic attributes in the European eel *Anguilla anguilla* in the Gironde watershed, SW France**. *Marine Ecology Progress Series*, 2006, vol. 307, p. 247-257

DEELDER C.L. **Factors affecting the migration of the silver eel in Dutch inland waters**. *ICES Journal of Marine Science*, 1954, vol. 20, n°2, p 177-185

DEPARTEMENT DES COTES D'ARMOR, **Levée bathymétrique de la fosse aval du barrage de Saint-Barthélemy**, 2016

DEPARTEMENT DES COTES DU NORD – DIRECTION DEPARTEMENTAL DE L'EQUIPEMENT Barrage sur le Gouët – Dossier du propriétaire, 1979. Volume 5, **Matériel hydromécanique – Note de présentation**. 22 p.

FEDERATION DES COTES D'ARMOR POUR LA PECHE ET LA PROTECTION DU MILIEU AQUATIQUE **Etat des populations d'anguilles des bassins de la baie de Saint Brieuc (Côtes d'Armor)**. 2010, 42 p.

FEDERATION DES COTES D'ARMOR POUR LA PECHE ET LA PROTECTION DU MILIEU AQUATIQUE, **Suivi de la population d'Alose présente sur le cours du Gouët**. 2012. 44 p.

FEDERATION DES COTES D'ARMOR POUR LA PECHE ET LA PROTECTION DU MILIEU AQUATIQUE, **Suivi de la migration anadrome de l'anguille et état de ses populations sur le bassin du Gouessant (Côtes d'Armor), Synthèses des résultats, Campagne 2014**. 2015, 22p.

FEDERATION DES COTES D'ARMOR POUR LA PECHE ET LA PROTECTION DU MILIEU AQUATIQUE, **Suivi d'abondance de juvéniles de saumon du Gouët, du Leff, du Trieux, du Jaudy, du Léguer et du Yar en 2015**. 2016, 51 p.

FEUNTEUN E., ACOU A., LAFFAILLE P., LEGAULT A. **European eel (Anguilla anguilla): prediction of spawner escapement from continental population parameters**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2000, vol. 57, n°8, p 1627-1635

FEUNTEUN E., LAFAILLE P., ROBINET T., BRIAND C., BAISEZ A., OLIVIER J.M, ACOU A. Eel biology. Springer Japan, 2003 **A review of upstream migration and movements in inland waters by anguilid eels: toward a general theory**. P 191-213

GOSSET C., TRAVADE F., DURIF C., RIVES J., ELIE P. **Test of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant**. *River Research and applications*, 2005 n°21, p. 1095-1105

HINCH S. G., STANDEN E.M., HEALEY M. C., FARREL A.P. **Swimming patterns and behaviour of upriver-migrating adult pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and sockeye (*O. nerka*) salmon as assessed by EMG telemetry in the Fraser River, British Columbia, Canada**. *Hydrobiologia*, 2002, n°483, p. 147-160

KNIGHTS B., WHITE E. M., NAISMITH I. A. Stock assessment in inland fisheries, 1996. **Stock assessment of European eel, Anguilla anguilla L.**. p. 431-447

LAFAILLE P., ACOU A., GUILLOUET J. **The yellow European eel (*Anguilla anguilla* L.) may adopt a sedentary lifestyle in inland freshwaters**. *Ecology of Freshwater Fish*, 2005, vol. 14, n°2, p. 191-196

LARINIER M. **Location of fishways**. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 2002, n°364 suppl., p 39-53

LARINIER M., DARTIGUELONGUE J. **La circulation des poissons migrateurs : le transit à travers les turbines des installations hydroélectriques**. *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, 1989, n°312-313, p. 1-87

LARINIER M., TRAVADE F. **La dévalaison des migrateurs : problèmes et dispositifs**. *Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture*, 1999, n°353-354, p. 181-210

LEGAULT A., ACOU A., GUILLOUET J., FEUNTEUN E. **Suivi de la migration d'avalaison des anguilles par une conduite de débit réservé**. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 2003, n°368, p. 43-54

OBSERVATOIRE DE L'ENERGIE ET DES GAZ A EFFET DE SERRE EN BRETAGNE **Chiffres clés de l'énergie en Bretagne. Edition 2015**. 2015, 32 p.

ONEMA **Pourquoi rétablir la continuité écologique des cours d'eau ?**. 2010, 23 p.

PORCHER J. P. **Les passes à anguilles**. *Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture*, 1992, n°326-327, p. 134-142

PREFECTURE DE LA REGION BRETAGNE **Plan de gestion anguille de la France – Volet local de l'unité de gestion Bretagne**. 2010, 43 p.

REPUBLIQUE FRANCAISE **Plan de gestion anguilles de la France – Rapport de mise en œuvre**. 2015, 124 p.

RUSSON I. J., KEMP P. S., CALLES O. **Response of downstream migrating adult European eels (*Anguilla anguilla*) to bar racks under experimental conditions**. *Ecology of Freshwater Fish*, 2010, vol. 19, n°2, p. 197-205

SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX DE LA BAIE DE SAINT BRIEUC **Plan d'aménagement et de gestion durable (PAGD)**. 2014, 115 p.

SCHMIDT J. **The breeding places of the eel**. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1922, n°211, p. 179-208

SERVICE D'ADMINISTRATION NATIONALE DES DONEES ET REFERENTIELS SUR L'EAU **Référentiel des obstacles à l'écoulement** [en ligne]. *Agence française pour la Biodiversité*,

[consulté en février 2017] <www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search#/metadata/070df464-73d3-4c00-be2f-93f2a97ef8f5>

SOUCHON Y., NICOLAS V. **Barrages et seuils : principaux impacts environnementaux**. *Partenariat 2011. Dynamique physique – Action 23-24 Restauration*, 2011, 28 p.

TRAVADE F. **Le franchissement des aménagements hydroélectriques par les poissons migrateurs : l'expérience EDF**. *La Houille Blanche*, 2005, n°3

TRAVADE F., LARINIER M. **Ecluses et ascenseurs à poissons**. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 1992, n° 326-327, p 95-110

TRAVADE F., LARINIER M., SUBRA S., GOMES P., DE-OLIVEIRA E. **Behaviour and passage of European silver eels (*Anguilla anguilla*) at a small hydropower plant during their downstream migration**. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 2010, n°398 19 p.

UICN FRANCE, MNHN, SFI, ONEMA **La liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine**. 2010, 12 p.

VAN GINNEKEN V., MAES G. E. **The European eel (Anguilla anguilla, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: a literature review**. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2005, vol. 15, n°4, p. 367-398

VOLLESTAD L. A., JONSSON B., HVIDSTEN N.A., NAESJE T.F., HARALDSTAD O., RUUD-HANSEN J. **Environmental factors regulating the seaward migration of European silver eels (*Anguilla anguilla*)**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1986, n°43, p 1909-1916

WHITE E. M., KNIGHTS B. **Elver and eel stock assessment in the Servern and Avon**, *National River Authority*, 1994,

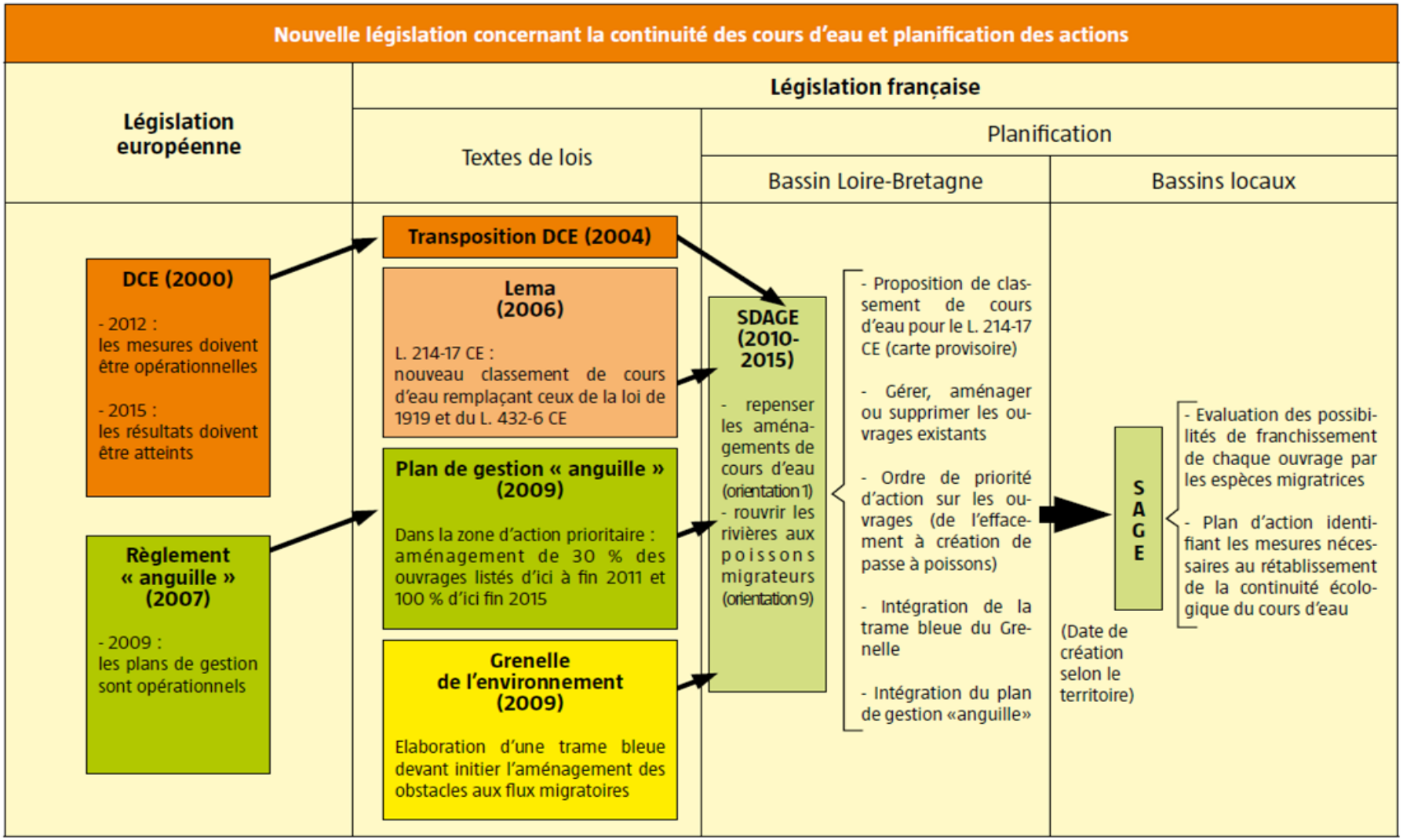
WILLIAMS J. G., AMSTRONG G., KATOPODIS C., LARINIER M., TRAVADE F. **Thinking like a fish: a key ingredient for development of effective fish passage facilities at river obstructions**. *River Research and Applications*, 2012, vol. 28, n°4, p. 407-417

Articles de loi cités dans le rapport :

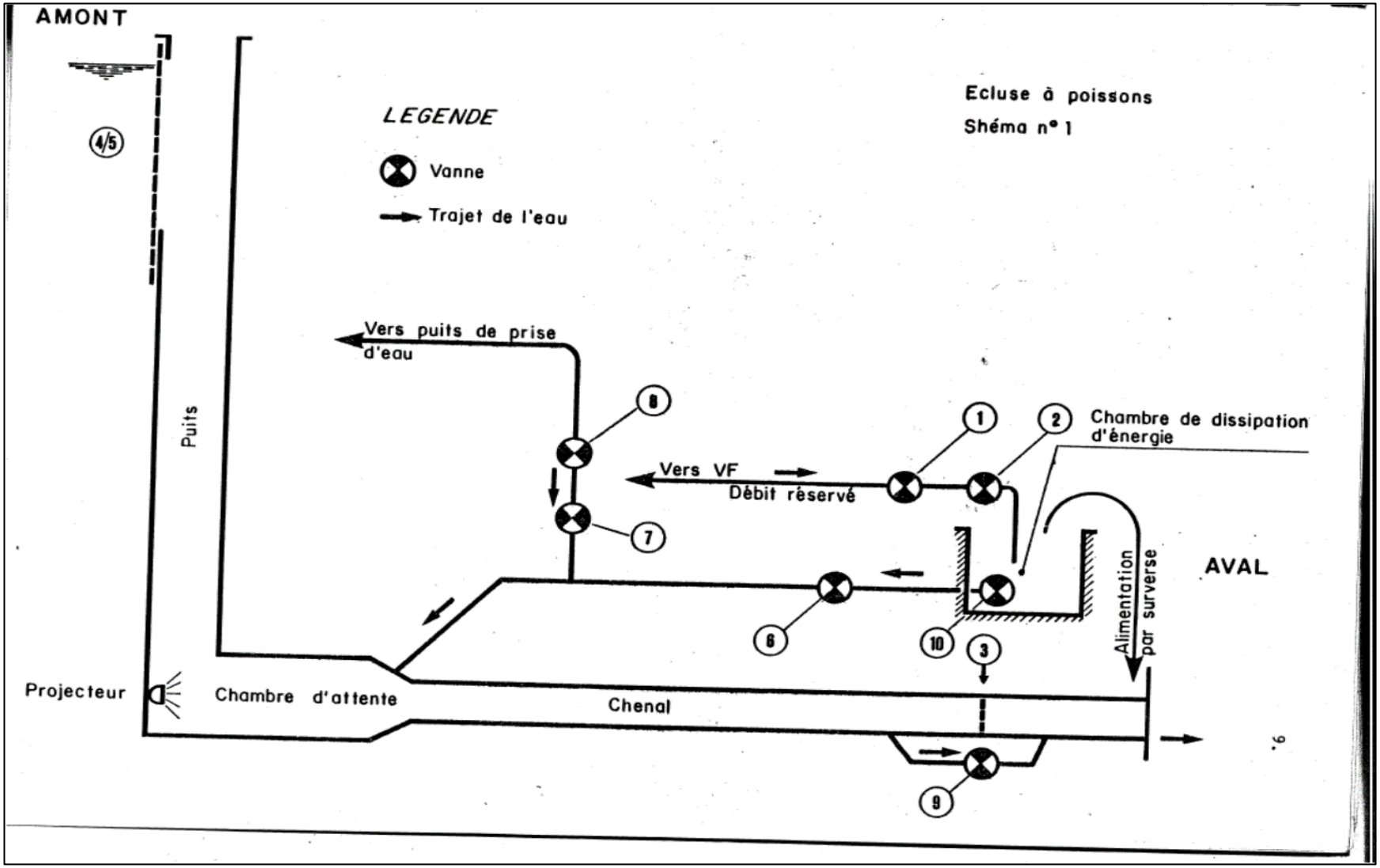
- **Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau**
- **Règlement CE n°1100/2007**
- **Article L 214-17 du Code de l'Environnement**
- **Article L 214 - 18 - 1 du Code de l'Environnement**
- **Arrêté R 214-109 du Code de l'Environnement**
- **Arrêté R 214-112 du Code de l'Environnement**
- **Arrêté R 214-114 du Code de l'Environnement**
- **Article 120 de la loi L 2016-1087 du Code de l'Environnement**
- **Loi n°2009-967 du 3 aout 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement**
- **Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement**

Crédit photo page de couverture : Observatoire des poissons migrateurs en Bretagne (photo représentant l'anguille)

Annexes



Annexe 1: Tableau récapitulatif de la législation relative à la restauration de la continuité écologique



Annexe 2: Schéma simplifié de l'écluse à poissons

7 Septembre 1977

M. Mahé

Le journal de Saint-Brieuc et des Côtes-du-Nord

Au barrage sur le GOUET : un "ascenseur" pour les poissons

Le barrage sur le Gouet se termine ; reste à finir : la cabine de commande amont (côté lac), la cabine aval, l'évacuateur de crue et le couronnement. Selon les techniciens du bureau Coyne et Bellier, maître d'œuvre de l'ouvrage, la mise en eau, qui a dû être interrompue à la cote 61, soit à la hauteur de 11 mètres, pourra se poursuivre cet hiver. L'eau montera alors à la cote 88 pour une hauteur de 38 mètres au pied et au milieu du barrage. Le plan d'eau ainsi créé atteindra Ste-Anne-du-Houlin, soit 7 km., et la réserve sera de l'ordre de sept millions de mètres cubes. Certes, la magnifique vallée du Gouet où il faisait bon se promener va disparaître mais il sera possible, grâce à un chemin piétonnier, de contourner le lac, lequel deviendra aussi une vaste zone de pêche. Mais la réalisation d'un barrage sur une rivière est en général assez mal vue des pêcheurs qui craignent pour la remontée des poissons. Qu'en sera-t-il sur le Gouet ?

En réalisant cet ouvrage, les techniciens ont aussi pensé au problème des poissons et ont, à leur intention, construit un « ascenseur », qui leur permettra de passer de la rivière au lac ou, si besoin est, les deux noms peuvent être utilisés, est du type Borland, nom de l'inventeur, ingénieur écossais. Cet appareil est déjà utilisé dans plusieurs pays et, en Ecosse, quatre fonctionnent en parallèle sur le même barrage. Si au cours des ans, la technique s'est améliorée, le principe est sensiblement resté le même. Comment fonctionne cette écluse ?

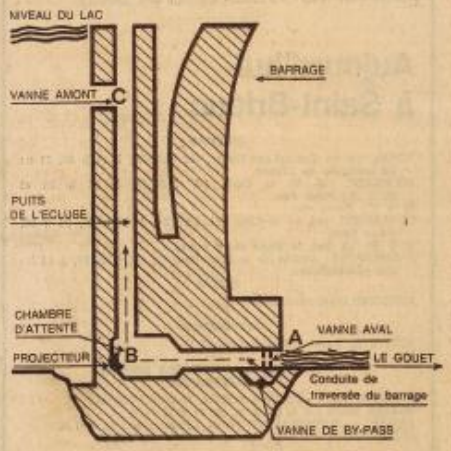
Prenons le cas du poisson remontant, c'est-à-dire celui venant de l'aval (côté Légué). Arrivé au pied du barrage, il est attiré par la lumière d'un puissant projecteur et pénètre dans un chenal d'attrait. Il suit ensuite une conduite traversant le barrage et entre dans une chambre d'attente. A ce moment, la vanne aval se ferme, le projecteur s'éteint et le puits, qui part de la chambre d'attente pour atteindre le sommet du barrage, c'est-à-dire le niveau du lac, se remplit. Cela fait, une vanne dite « by pass » s'ouvre et crée un courant. Le poisson attiré par ce courant, remonte alors le puits, arrive au sommet, franchit la vanne amont et passe dans le lac. Tout cela se fait sans heurt, sans dommage pour le poisson. Certes, ces opérations sont un peu plus compliquées que celles exposées ci-dessus mais toutes sont automatiques. La période d'attrait, n'est-à-dire le temps où la vanne aval reste ouverte et le projecteur allumé, peut durer une ou deux heures.

Les résultats discutés

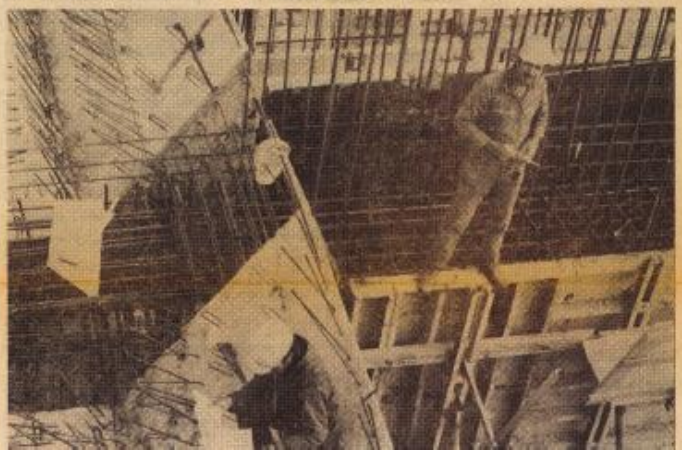
Reste maintenant à savoir si cette écluse, (ou cet ascenseur) sera efficace. Il ne sera pas question de la mettre en service avant que l'eau atteigne la côte 75 (25 mètres) mais déjà les avis sont partagés. Selon un rapport du bureau Coyne et Bellier, il y a quinze écluses Borland en France mais aucune ne donne entièrement satisfaction. La critique essentielle porte sur l'inflexibilité de l'opération : il faut essayer de créer un outil permettant de faire varier le temps des cycles ainsi que les débits de façon à pouvoir expérimenter. Il existe une écluse de ce type sur l'Arguenon mais la fédération de pêche et de pisciculture ne semble pas satisfaite ; par contre, les écossais le sont... Par ailleurs, toujours selon un rapport de techniciens en ce qui concerne le barrage du Gouet, il est difficile de juger si les courants qui vont s'établir dans le bassi aval (côté Gouet) vont diriger les poissons vers l'entrée du chenal d'attrait.

Pour l'instant, on ne peut qu'attendre la mise en eau mais déjà la fédération de pêche pense à l'alevinage du lac en gardons, brochets, etc... Ces opérations pourront normalement se faire cet hiver et la pêche sera alors autorisée vers Pâques 79.

J.G.



Première phase : le poisson va de A à B, attiré par un courant. Deuxième phase : le poisson reste dans la chambre d'attente B ; la vanne aval se ferme et on procède au remplissage du puits. Troisième phase : le poisson quitte la chambre B, monte dans le puits, attiré par un courant, et sort dans le lac par la vanne amont.



Annexe 3 : Coupure de presse présentant le futur fonctionnement de l'écluse Borland du barrage de Saint-Barthélemy
(Ouest France - Edition du 07/09/1977)

23/12/83

Barrage du Gouët

La Saint-Barthélémy des truites

Les lâchers d'eau du barrage du Gouët provoquent des remous dans le monde de la pêche. Depuis la mise en service de « **L'ascenseur à poissons** », (écluse Borland), l'association de pêche de Saint-Brieuc-Quintin-Binic dénonce son inefficacité. Mais depuis la mise en service d'une micro-centrale électrique, c'est carrément la grosse colère.

« **La construction du barrage** », explique Jean-Yves Kerbœuf, l'un des animateurs de l'A.P.P., « **a coupé la route migratoire des truites reproductrices qui ne peuvent plus remonter frayer dans les petits affluents de l'amont. Le seul cours d'eau accessible, le Merlay est pollué par des effluents industriels. Les truites adultes n'ont plus que quelques centaines de mètres de rivière en aval du barrage pour établir leurs frayères** ».

C'est pour cette raison que le président de l'A.P.P. M.Josse avait obtenu la mise en réserve de ce « parcours » qui sert de réservoir de reproduction pour les poissons du Bas-Gouët. Les lâchers d'eau des dernières semaines ont provoqué la destruction des frayères. Une vraie Saint-Barthélémy ! Tout le monde se félicitait pourtant des résultats de la reproduction de ces poissons sauvages et même des premiers essais de réintroduction du saumon.

« **Tout celà est compromis par le non fonctionnement de l'écluse Borland. Depuis son installation, il n'y a eu ni suivi ni « service après-vente** » », accuse M. Josse : « **Pourtant, dès 1979 nous avons suggéré à la D.D.A. qui gère le barrage d'envoyer des fonctionnaires en stage dans des pays où ce type d'installation fonctionne à la satisfaction générale** ».

La mise en service de la micro-centrale, considérée par l'A.P.P. comme un : « **Jouet inutile et non rentable** », a été la goutte d'eau qui a fait déborder le vase de la colère : « **La construction à grand frais de la micro-centrale a commencé dans la discrétion avant l'ouverture de l'enquête règlementaire. Aujourd'hui nous voyons apparaitre les nuisances prévues lors de l'étude d'impact : variation trop brusques de débit, apport de boue, colmatage des frayères, gêne pour l'entrée de l'écluse Borland désormais coincée entre le jet d'évacuation de la vanne de fond et la sortie de la turbine** ».

Le président de l'A.P.P. après un sondage personnel remarque que non seulement les contribuables qui l'ont financée, mais encore un certain nombre d'élus locaux ignorent jusqu'à l'existence de cette micro-centrale qui constitue, selon lui : « **un gaspillage des deniers publics !** ».

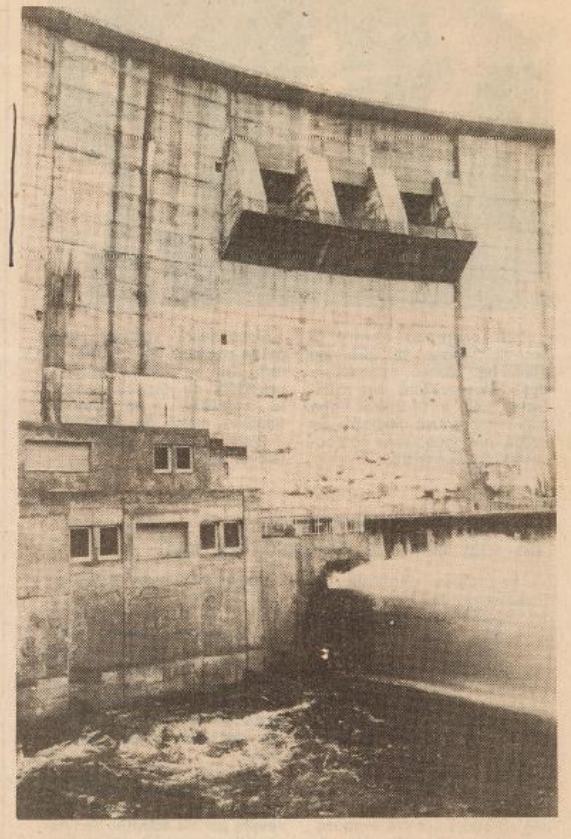
Pourtant, les pêcheurs estiment qu'un minimum de précaution et de bonne volonté suffiraient pour gérer l'équipement sans effet destructeur sur le milieu.

« **La D.D.A. qui s'occupe de son fonctionnement au nom du département, ne respecte même pas les principes de police des eaux qu'elle est, elle-même, chargée de faire respecter aux autres utilisateurs de la rivière** », s'indigne Jean-Yves Kerbœuf. « **En un quart d'heure la semaine dernière, le débit de la rivière est passé de 500 litres à quatre mètre cubes à l'heure !** ».

L'A.P.P. qui s'est ménagé, une fois n'est pas coutume, un allié objectif en la personne du pisciculteur de Trémuson, situé lui aussi en première ligne, demande tout simplement que les lâchers d'eau respectent une courbe correspondant grosso-modo au régime habituel des crues du Gouët.

« **Si les nuisances continuent** », prévient M. Josse : « **Nous demanderons au tribunal administratif l'arrêt de la micro-centrale** ».

A.F.



Les poissons ont bien du mal à accéder à l'écluse Borland, située entre le jet, (à droite), et la sortie des turbines.

Annexe 4: Avis de l'AAPPMA de Saint-Brieuc Quintin sur l'efficacité de l'écluse Borland et la construction de la microcentrale électrique (Ouest France - édition du 23/12/83)

Les nappes sont à sec, les frayères trinquent

Alain BIHEL

Depuis la berge, Jean-Philippe Caloni s'avance dans le cours d'eau et pointe d'un doigt connaisseur l'un de ces endroits invisibles au néophyte : « Cet endroit est sec. La vie est supprimée ! » |

Des mesures exceptionnelles ont été prises, la semaine dernière, pour anticiper une sécheresse possible cet été. Du coup, certaines frayères à saumons sont asséchées.

Reportage

Depuis son poste d'observation privilégié au bord du Gouët, Jean-Philippe Caloni, propriétaire du moulin Jacques-Rouxel ne manque rien de la vie de la faune aquatique qui s'ébat au fil du petit fleuve. Il a, pour les truites, saumons, canards, hérons, comme pour les cèdres, douglas, épicéas, châtaigniers, chênes, saules qui peuplent son domaine, le même regard passionné et attentif. Alors, quand les frayères à saumon s'assèchent d'un coup, son sang ne fait qu'un tour.

C'est ce qui est arrivé, ce week-end, après que le débit d'eau en aval du barrage a diminué de moitié, passant de 300 litres/seconde à 150. **« Personne ne nous a prévenus. Ni moi ni les pêcheurs, ni les associations locales d'environnement... Tout un travail patient de nettoyage des cours d'eau, de préparation du lit pour permettre aux truites et saumons de frayer tranquillement au début de l'hiver... En trois ans, dans ma propriété, nous sommes passés d'une frayère à quatorze. »**

Alan Caro, voisin de Jean-Philippe Caloni et secrétaire du comité confirme : **« Un recensement effectué pendant les vacances de Noël a validé 22 frayères à saumons sur 150 m de cours d'eau. »**

Un problème de communication

Le travail patient des riverains et des associations de pêche commence à porter ses fruits. Cet été,

ils ont gratté la vase, fait remonter les graviers dans lesquels les truites et saumons aiment creuser un trou et élever des petits monticules qui accueilleront leurs œufs. L'endroit doit être calme, intact de toute pollution, mais suffisamment oxygéné par un courant régulier...

Un équilibre fragile, périlleux. Depuis la berge, Jean-Philippe Caloni s'avance dans le cours d'eau et pointe d'un doigt connaisseur l'un de ces endroits invisibles au néophyte. **« Cet endroit est sec. La vie est supprimée ! »**

Alors, d'où vient le problème ? Pourquoi a-t-on réduit le débit d'eau depuis le barrage Saint-Barthelémy ? Et pourquoi n'a-t-on pas prévenu les associations concernées, se demandent les riverains. **« En décembre, une réunion avec le préfet prévoit de supprimer trois barrages, d'aménager une échelle à poissons, au Légué, qui coûtera 400 000 €, on est capable de mettre de l'argent dans ces projets, mais on fait tout capoter en 48 heures. »**

Pour Joël Rivalan, directeur du syndicat départemental d'alimentation en eau potable, les circonstances sont malheureuses mais la situation est elle-même critique.

Anticiper sécheresse et pénurie

« Les nappes phréatiques ont atteint un niveau quasiment jamais observé en cette période de l'année, depuis que le barrage existe. Le niveau d'eau constaté au barrage ne pose pas de problème en lui-même. Mais les forages privés utilisés par l'agriculture et certaines entreprises sont déjà à sec. Il leur faut donc recourir au réseau public. D'où les mesures préventives que la Direction départementale des territoires et de la mer nous a demandé d'adopter. »

Pour anticiper toute sécheresse à venir et tout risque de pénurie dans les mois à venir, le Département, exploitant du barrage, a donc ouvert les vannes au minimum. La réunion de vigilance s'est tenue vendredi 6 janvier, à 14 h. Les services ont dû réagir avant le week-end. Et, dans la manœuvre, personne n'a pensé à prévenir les riverains et associations de pêche.

Mea culpa des services : **« On n'a jamais vécu une telle situation dans le passé. L'obligation d'agir et un délai de réaction très court ont fait que nous avons eu un problème de communication avec les riverains, les associations et les piscicultures en aval du barrage »**.

Une situation inédite, donc, qui sera sans doute évoquée la semaine prochaine lors du comité sécheresse, qui se réunira à la demande du préfet des Côtes-d'Armor.

Annexe 5: Ouest France - édition du 13/01/2017

Ouest-France
Lundi 19 mai 2014

Plérin

« Maintenant, on sait qu'on peut revivre ça »

Le dossier du lundi. Début février, une douzaine de maisons ont été inondées rue de Beauregard, au Légué, à Plérin. Les riverains n'oublieront jamais ces journées de cauchemars.

Soizic Brossard indique la hauteur à laquelle l'eau est montée dans sa maison.

Le 8 février dernier, l'eau monte à 50 cm de la cote maximum de sécurité du barrage du Gouet, contraignant les responsables du site à augmenter son débit sortant de 22 à 33m³ par seconde.

Les riverains de la rue de Beauregard, avant le port du Légué, à Plérin, se souviennent de la voiture de la police municipale passée trois fois le matin pour les prévenir par haut-parleur que le barrage lâchait... **« Deux heures après, le Gouet était devenu une vague déferlante »**, se rappelle Soizic Brossard. Trois mois après, sa maison au bord du Gouet est un vrai coin de paradis. Bucolique. Il y a ce héron qui passe le soir devant leur fenêtre, les loutres qui reviennent...

« Ça sent toujours le moisi »

Cette quiétude printanière ferait presque oublier la douzaine de maisons touchées par les inondations ce 8 février. Dont la sienne située en contrebas de la rue de Beauregard et à deux ou trois mètres au-dessus du lit du Gouet. **« Il y avait 25 à 30 cm d'eau dans notre maison »**, se souvient Soizic. Relogée par la ville de Plérin, avec sa famille et leurs deux chiens, à l'hôtel du Chêne-Vert, elle retrouvera sa maison deux jours après, toujours envahie par les eaux sales.

« L'eau a mis trois jours à se retirer de notre maison. » À leur retour, il n'y a plus de chauffage ni électricité. En plein hiver et dans cette humidité, la famille fait tourner la cheminée avec insert. Trop. **« On a tellement chauffé que ça a provoqué un dommage collatéral. Sous l'effet de chaleur, le plafond a travaillé. Il tombe par endroits ».**

Elle se souvient des énormes lombrics, des vers et autres cloportes qui ont investi la maison. Et de ces semaines à éponger toute cette eau. Et ce n'est pas fini. **« Ça sent toujours le moisi. La peinture cloque en bas des murs et sur les plinthes. Le carrelage a aussi beaucoup souffert. »**

La catastrophe laisse des cicatrices. **« Ma fille de 14 ans est traumatisée. Les jours suivants, les inondations, mon mari voulait vendre la maison. »** Depuis la famille vit dans la hantise de nouvelles inondations. **« Maintenant, on sait qu'on peut revivre ça ».** Pas fatalistes, ils s'organisent : **« On va investir dans des pompes électriques qu'on va installer dans la cour et le cabanon près de la maison. »**

Avec une quarantaine de riverains, la famille a signé une pétition. **« Ce n'est pas normal que les gestionnaires du barrage n'aient pas anticipé. Il y a eu une mauvaise gestion. Désormais, il faut qu'ils le gèrent bien. »**

Jean-Yves HINAULT.

« Évidemment que ça peut se reproduire ! »

Gilles Oger, responsable de l'exploitation des barrages au conseil général.

Deux questions à...

Des riverains estiment toujours qu'il y a eu une mauvaise gestion du barrage ?

Il n'y a eu aucune erreur de gestion. Tous les hivers, nous arrivons à contenir les débits de la rivière. Mais cet hiver, il y a eu débits énormes. Il entrait 48 m³ par seconde. On n'avait pas d'autre possibilité de lâcher ce qui entrait. On lâchait 30 m³ par seconde. Si le barrage n'avait pas existé, le débit aurait été de 48 m³ par seconde.

Ça peut se reproduire ?

Évidemment que ça peut se reproduire ! Tout dépend des conditions climatiques. Dans ce cas de figure, la seule chose qu'on ignore, c'est la date. Ça peut même arriver trois fois le même hiver prochain, comme une fois dans les 25 ans à venir. Face aux éléments climatiques, l'homme ne peut pas grand chose.

Recueilli par J-Y H.

« On a reçu trois fois rien des assurances »

Les sinistrés n'ont pas bénéficié de l'état de catastrophe naturelle. Et pour cause, ces inondations ne rentrent pas dans ce dispositif. **« On a reçu en tout 2 000 € ! Dont 500 € pour une semaine de nettoyage »**, explique Soizic Brossard. Pourtant le préjudice est important. Il leur a fallu changer le lave-vaisselle, le congélateur, le sèche-linge, la machine à coudre, des valises...

L'assurance dégâts des eaux a tenu compte de **« l'état de vétusté des objets pour nous dédommager. L'assureur a pratiqué une décote de 40 % par rapport au prix du neuf. Seule notre assurance dégâts des eaux est intervenue ».**

Et l'assurance ne rembourse pas les enceintes d'ordinateurs, **« ni les pieds des meubles rustiques qui ont souffert ».** Pas plus que la collection de vinyles de son mari ni le carrelage abîmé. Et rien pour continuer à nettoyer et à vivre dans une odeur permanente de moisi. En revanche, pour la réparation du plafond, qui a souffert avec la cheminée, cela marche. **« On attend un expert de l'assurance. »** Globalement ? **« On a reçu trois fois rien. »**

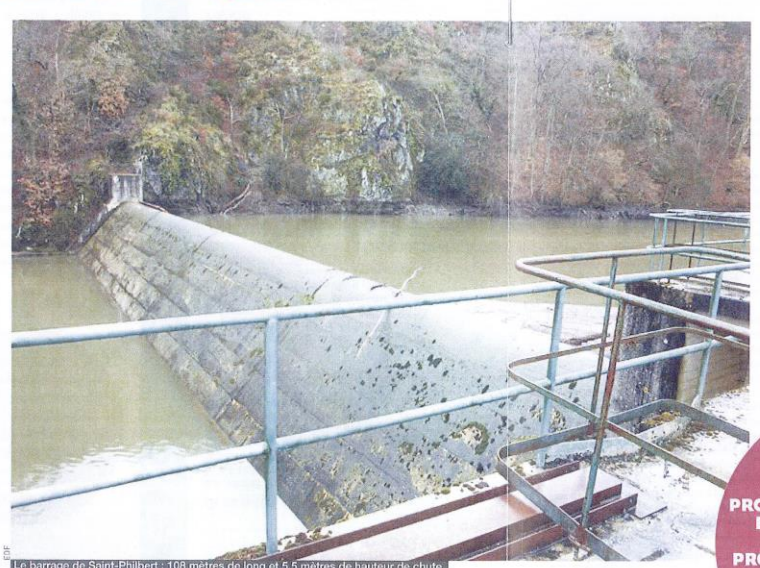
La rue de Beauregard, à Plérin, lors des inondations.

Annexe 6: Témoignages suite aux inondations de février 2014 (Ouest France - édition du 19/05/2014)

Une première mondiale à Saint-Philbert : les civelles franchissent l'écluse Borland du barrage hydroélectrique

On pensait ces obstacles infranchissables. Or, l'été dernier, pour la première fois au monde, des anguilles ont été observées en train de remonter des écluses de type Borland. Une prouesse qui permet à cette espèce menacée de reconquérir son territoire.

Le choix fait dans les années cinquante d'aménager une écluse Borland pour les migrateurs s'avère aujourd'hui efficace pour les jeunes anguilles.
C'est M. Borland, l'inventeur du système d'écluse qui porte son nom, qui peut être félicité même à titre posthume ! En effet, dès 1924, le code rural a classé l'Orne dans « le régime des échelles à poissons » et a imposé l'insertion d'un dispositif pour la montaison et la dévalaison des poissons migrateurs sur chaque barrage. C'est l'écluse Borland qui est choisie pour le barrage de Saint-Philbert, sur la commune de Saint-Philbert-sur-Orne dans le nord du département. Un barrage construit dans les années cinquante en même temps que celui de Rabodanges. Leur mise en service date de 1963 avec une concession EDF.
Comment font-ils ces poissons pour franchir cet ouvrage situé à 78 km de l'estuaire de l'Orne ? Les poissons qui se trouvent bloqués à l'aval de l'ouvrage sont attirés par un débit d'appel dans la chambre aval de l'écluse. Après un laps de temps défini, la porte se ferme. La chambre se remplit d'eau ainsi que le conduit incliné qui mène au niveau du plan d'eau amont. Les poissons, gros comme des saumons ou plus fins comme des civelles (jeunes anguilles), n'ont plus qu'à suivre ce conduit et retrouver la liberté de poursuivre leur chemin (et suivre leur instinct) vers la colonisation du cours d'eau.
C'est grâce à un protocole lancé par EDF en collaboration ave l'Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques) et l'Agence de l'eau Seine-Normandie que le barrage de Saint-Philbert a répondu au règlement européen pour la sauvegarde de l'anguille. Des tests ont été réalisés cet été sur l'écluse avec des résultats très encourageants. Aucune étude n'avait été menée dans le monde pour démontrer la possibilité de migration par le système Borland de cette espèce menacée. Les anguilles peuvent ainsi arriver au pied du barrage de Rabodanges. Le plan de sauvegarde de l'anguille, qui court jusqu'en 2015, prévoyait une recolonisation jusqu'au pied de Rabodanges ! Contrat rempli.


EDF
Le barrage de Saint-Philbert : 108 mètres de long et 5,5 mètres de hauteur de chute.

Allez + Loin

Sauvegarde de l'anguille et continuité écologique. Le plan de gestion français est consultable sur :
> www.onema.fr

ENVIRON 1200 OUVRAGES PROBLÉMATIQUES RECENSÉS EN BASSE-NORMANDIE. ILS DEVRAIENT ÊTRE PROGRESSIVEMENT EFFACÉS OU AMÉNAGÉS POUR PERMETTRE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE DES COURS D'EAU

Le passage d'une anguillette dans l'écluse Borland.

EFFACEMENT DES BARRAGES : UNE PRIORITÉ

Pour assurer la libre circulation des espèces vivantes et le transport des sédiments, l'effacement des barrages est la meilleure des solutions. Elle permet, en outre, de supprimer les lacs de retenue qui créent de très gros problèmes de pollution (eutrophisation, accroissement de la température, créant une chute d'oxygène pouvant aller jusqu'à une concentration tellement faible qu'elle en devient mortelle pour la faune aquatique). Le rétablissement de la continuité écologique des cours d'eau, inscrit dans les lois « Grenelle » et indispensable pour l'atteinte du bon état des rivières, figure dans les grandes orientations du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin Seine-Normandie.
La suppression pure et simple des obstacles permet aux rivières de retrouver leur profil d'équilibre naturel et de maximiser la qualité de la ressource, donc la satisfaction de tous les usages. Cette mesure est prioritaire sur des axes ayant fait l'objet d'un classement spécifique pour la protection d'espèces migratrices. Ainsi, par exemple, 255 barrages bas-normands sont répertoriés « prioritaires » dans le cadre du plan anguille.

DERLOT

RENCONTRE
Lenaïk DERLOT,
ingénieure eau et environnement à EDF.

Le barrage de Saint-Philbert n'est plus un obstacle pour l'anguillette ! Avant on l'ignorait. Désormais on le sait !

« Au premier essai de nuit, il y a eu une quinzaine d'anguillettes, des gardons et une grosse anguille. On a filmé avec une caméra infrarouge. Au deuxième essai, il y en a eu une vingtaine de petites entre 23 heures et 5 heures du matin et deux le jour. » Lenaïk Derlot évoque les journées-tests, les 26 et 27 juin et les 19 et 20 juillet, pour savoir si les anguilles pouvaient passer l'écluse Borland au barrage de Saint-Philbert. « Cette écluse Borland a été installée pour les migrations des salmonidés avec une ouverture d'octobre à décembre.

Mais nous n'avons pas trouvé d'études ni de rapports attestant que l'écluse Borland permettait le passage des anguilles », précise l'ingénieure. « Cet ouvrage fonctionne comme une écluse à bateaux. Il y a la phase d'attrait où on dérive le courant avec un débit d'eau qui attire les migrateurs. Ensuite vient la phase de remplissage grâce à une vanne actionnée par un automate. Le bassin une fois plein permet aux poissons de nager et de se diriger vers le plan incliné lui aussi rempli d'eau. C'est de là que les poissons vont retrouver le niveau d'eau de la retenue et passer. C'est ici qu'on a pu les apercevoir. C'était très rapide. »
Pas facile de bien voir, de nuit, une anguillette noire de 15 à 20 cm rampante comme un ver et craignant la lumière. Mais le principal était acquis : le barrage de Saint-Philbert n'est plus un obstacle. « Le deuxième intérêt était de repérer les cycles de passage. Ce qui a permis de régler l'automate sur la période de nuit pour l'anguille. »

Annexe 7: Article présentant l'expérimentation de suivi-vidéo mise en place sur le barrage de Saint-Philbert (Lettre territoriale de Confluence - édition de novembre 2012)

OBSERVATOIRE des poissons migrateurs BRETAGNE

En direct des départements…

Côtes d'Armor

Lancement de l'étude sur l'évaluation de l'efficacité de l'écluse Borland de Saint Barthélémy sur le Goüet

© CD22

Le barrage de Saint Barthélémy sur le Gouët (réserve pour l'alimentation en eau potable et production d'hydroélectricité), ouvrage appartenant au Conseil Départemental des Côtes d'Armor, dispose d'une passe à poissons de type écluse Borland, dont l'efficacité est remise en doute. Ainsi, un dispositif de vidéo-surveillance, mis à disposition par EDF, sera installé en haut de l'écluse, afin d'évaluer la fonctionnalité de la passe pour la montaison des anguilles. Une passe piège disposée à l'entrée du chenal permettra d'étudier les conditions d'attrait de la passe et des pêches en bateau sur les berges de la retenue donneront une indication sur la population d'anguilles jaunes en place. Une réflexion sur la dévalaison de l'ouvrage sera également engagée dans le cadre de cette étude. Les premiers résultats sont attendus pour la fin de l'année. L'ensemble des partenaires techniques est impliqué dans le processus d'étude (AFB, FDAAPPMA des Côtes d'Armor, BGM…).

Auteur : Bastien Cavilla, Conseil Départemental des Côtes d'Armor

Finistère

Renaturation et mise en valeur de milieux naturels : l'exemple du site du Corroac'h à Plomelin

© CD29

Propriété du Département du Finistère située sur les communes de Plomelin et de Combrit, l'espace naturel du Corroac'h a fait l'objet à l'automne 2016, d'importants travaux de renaturation dans le but de rétablir les fonctionnalités naturelles du site.

Ces travaux ont été engagés en raison d'une zone humide détruite et ensevelie sous 2 m de remblai ayant permis de combler les fondations d'une ancienne pisciculture et un cours d'eau dégradé, peu favorable à la libre circulation des poissons migrateurs.

Après 3 ans d'études techniques, de suivis scientifiques, de procédures réglementaires, de définition de travaux et de mobilisation des entreprises, le site a retrouvé ses fonctions naturelles. Les conditions favorables à la biodiversité du site sont désormais réunies.

Pour en savoir plus et visionner le film dédié aux travaux :
www.finistere.fr/Actualites/Renaturation-et-mise-en-valeur-de-milieux-naturels

Auteur : Loïc Créac'h, Conseil Départemental du Finistère

Ille-et-Vilaine et Morbihan

Silure or not silure ?

© FNPF

De par son régime alimentaire carnassier et sa taille imposante, le silure suscite de nombreuses interrogations quant à son impact sur la faune aquatique et plus particulièrement sur les poissons migrateurs amphihalins. D'un autre côté, il rencontre un intérêt croissant de la part des pêcheurs de loisirs à la recherche de poissons trophées, ainsi que de la pêche professionnelle en eau douce. Afin de commencer à répondre à ces nombreuses questions, les fédérations de pêche 35, 56 et 44 vont mener en 2017 une étude pour établir un état de la colonisation du silure en Bretagne et définir des modalités de suivis biologiques de l'espèce, en particulier sur les bassins de la Vilaine et du Blavet. Parallèlement, un groupe d'étudiant de l'Agrocampus Ouest travaillera à une première approche de ce que peut représenter le poids économique de la pêche du silure en Bretagne.

Auteur : Gwenaël Artur, FDAAPPMA35

Morbihan

Suivi de la passe à anguilles du barrage de Tréauray sur le Loc'h

© Eau du Morbihan

Géré par Eau du Morbihan pour la production d'eau potable, le barrage de Tréauray, d'une hauteur de 8 m, a été équipé d'une passe à anguilles en 2013, avec un bac de piégeage.

Un suivi de la montaison est réalisé depuis 2014 par le bureau d'études Fish Pass, comprenant un comptage et un suivi biométrique. Environ 2400 anguilles ont été comptées en 2014, 1000 en 2015 et 2000 en 2016, montrant l'efficacité du système mis en place.

Malgré la proximité de l'estuaire, la distribution des tailles montre la faible participation de jeunes recrues aux effectifs, qui pourrait traduire les difficultés d'arrivée des anguilles au pied du barrage. La situation devrait s'améliorer grâce aux aménagements réalisés et projetés sur les seuils à l'aval.

Eau du Morbihan poursuivra ce suivi en 2017 et dans les années à venir.

Auteur : Arnaud Le Gal, Eau du Morbihan

Annexe 8: Extrait de la lettre de l'observatoire des poissons migrateurs en Bretagne (Observatoire des poissons migrateurs Bretagne - édition N°6 avril 2017)

Compte-rendu de la 1ère réunion technique sur l'évaluation de l'efficacité de l'écluse à poisson du barrage de Saint Barthélémy (08/02/2017)

Présents : Laëtitia Le Gurun (BGM) ; Marie Le Baron (DDTM22); Alain Dumont (FDPPMA22) ; Didier Bonnery (APPMA Saint Brieuc-Quintin) ; Marie-Andrée Arago (AFB) ; Pascal Hus (AFB) ; Clément Lacoste (CD22) ; Bastien Cavilla (CD22)

Introduction

- Présentation du lancement de l'étude par Bastien CAVILLA, apprenti ingénieur au service Gestion des Ports et Barrages du Conseil Départemental des Côtes d'Armor
- Rappel du contexte autour du barrage de Saint Barthélémy
  - Obligation réglementaire d'assurer la libre circulation des anguilles (espèce cible) sur le Gouët amont au regard de la loi L214-17 du code de l'Environnement
  - Barrage de Saint Barthélémy = « ouvrage grenelle » et situé en zone d'action prioritaire Anguilles (ZAP anguilles)
  - Recommandation du SAGE Baie de Saint Brieuc : « Évaluation et optimisation du fonctionnement hydraulique de la passe à poissons sur St Barthélémy pour l'anguille »
- Définition des axes de réflexion sur cette étude :
  - Montaison
  - Dévalaison
  - Débits relâchés à l'aval du barrage

Montaison des anguilles

- Efficacité de l'écluse à poisson remise en doute
- Absence de méthode de prospection du plan d'eau pour l'estimation de la population d'anguilles à l'heure actuelle
- Projet de mise en place d'un appareil de vidéo-surveillance à la sortie de l'écluse Borland, au niveau du plan d'eau
  - Contact prévu avec Mme DERLOT, ingénieure à EDF, pour le prêt d'une caméra infrarouge et d'un enregistreur
    - Dispositif utilisé dans le cadre de l'étude du fonctionnement de l'écluse à poissons du barrage EDF de St Philbert (2011)
  - Enregistrement de la vidéo en continue à priori – pas de coordination entre le passage d'un poisson et le déclenchement de la vidéo
    - Rapprochement avec l'IUT de Lannion pour mettre en place un projet d'asservissement du dispositif de vidéo-surveillance avec le passage d'une anguille ? (utilisation d'une carte micro-contrôleur)

Annexe 9: Comptes rendus des réunions avec les partenaires techniques

- Étude des conditions d'attrait de la passe à poisson
  - Mise en place d'une passe piège dans le chenal d'entrée de l'écluse à poisson
  - Passe piège appartenant au CD22 actuellement sur le barrage de Rophemel, géré par Eau du Bassin Rennais
    - Prise de contact à prévoir avec les gestionnaires du barrage pour récupérer le dispositif
  - Emplacement de la passe piège à affiner (extérieur ? local barrage?)
  - Modalité du protocole de relevés des anguilles à définir (Qui relève ? Tous les combien de temps ? Où rejeter les anguilles ? Pendant combien de temps ?)
- Présence des anguilles en pied de barrage
  - Pêche électrique (Indice abondance anguille) prévue cette année par la FDPPMA22 un peu plus en aval du barrage
  - Proposition d'une pêche électrique en pied de barrage fin juin par la FDPPMA22
  - Mise en place de flottang en pied de barrage
    - Procédé utilisé par la cellule migrateurs de Charente Seudre et la FDPPMA56
    - Indicateur qualitatif et dispositif sélectif : uniquement anguillettes
    - Un premier repérage du bassin aval permet de déterminer le nombre de flottang nécessaires : 4
    - Contact à prendre avec la FDPPMA56 pour prendre connaissance des protocoles utilisés

Dévalaison

- Voies de dévalaison probables citées lors de la réunion :
  - évacuateurs de crues
  - turbines des micro-centrales
  - canalisation de débit réservé (jet creux)
  - vidange de fond
- Pas de voie de dévalaison non létale à l'heure actuelle pour les populations d'anguilles, exceptée la vidange de fond
- Solutions envisagées pour la dévalaison:
  - Projet Eau du bassin Rennais sur le barrage de Ropehemel
    - Suppression d'une turbine et dévalaison des poissons par la conduite forcée
    - Difficilement applicable sur les génératrices du Gouët
  - By-pass d'une turbine
  - Périodes d'arrêt programmées du turbinage pour permettre la dévalaison des anguilles via la vanne de fond lors des premières crues d'automne/d'hiver
  - Dévalaison par l'écluse Borland non prévue dans le fonctionnement du dispositif à l'origine
- Axe de réflexion à approfondir absolument

Gestion des débits relâchés

- Problème de gestion des débits relâchés sur le Gouët aval
  - lâcher d'eau trop brusque, causant une destruction des habitats piscicoles
  - nécessité d'un lissage des débits sortants
    - difficilement applicable en période de crue, du fait du dimensionnement et du fonctionnement des évacuateurs de crue
    - possible hors périodes critiques
  - Analyse infra-journalière de gestion des débits à réaliser pour déterminer les axes d'amélioration de gestion

Conclusion

La réunion s'est terminée par une visite du barrage.
Une prochaine réunion technique est à prévoir avec l'ensemble des acteurs afin de définir les modalités des protocoles de suivi (pêche électrique, flottang, vidéo-surveillance...).

Compte-rendu de la 2nde réunion technique sur l'évaluation de l'efficacité de l'écluse à poisson du barrage de Saint-Barthélémy (20/03/2017)

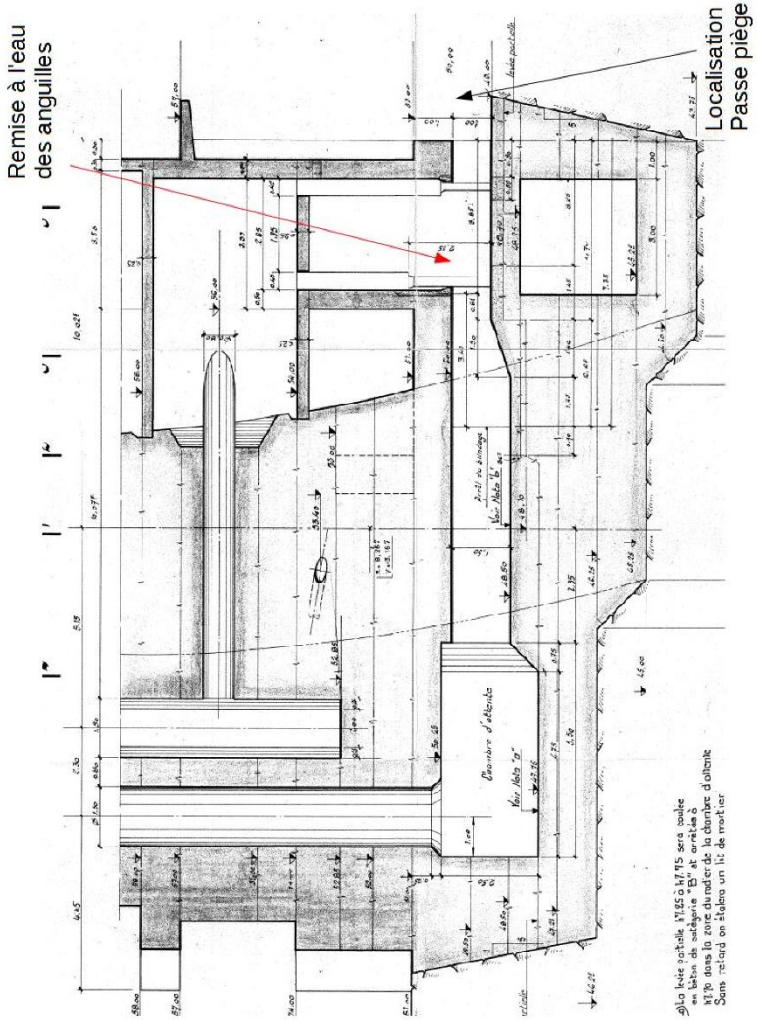
Présents : Gaëlle Germis (BGM) ; Alain Dumont (FDPPMA22) ; Didier Bonnery (APPMA Saint Brieuc-Quintin) ; Jean-Luc Lesaulnier (AFB) ; David Etienne (SBAA) ; Clément Lacoste (CD22) ; Bastien Cavilla (CD22)

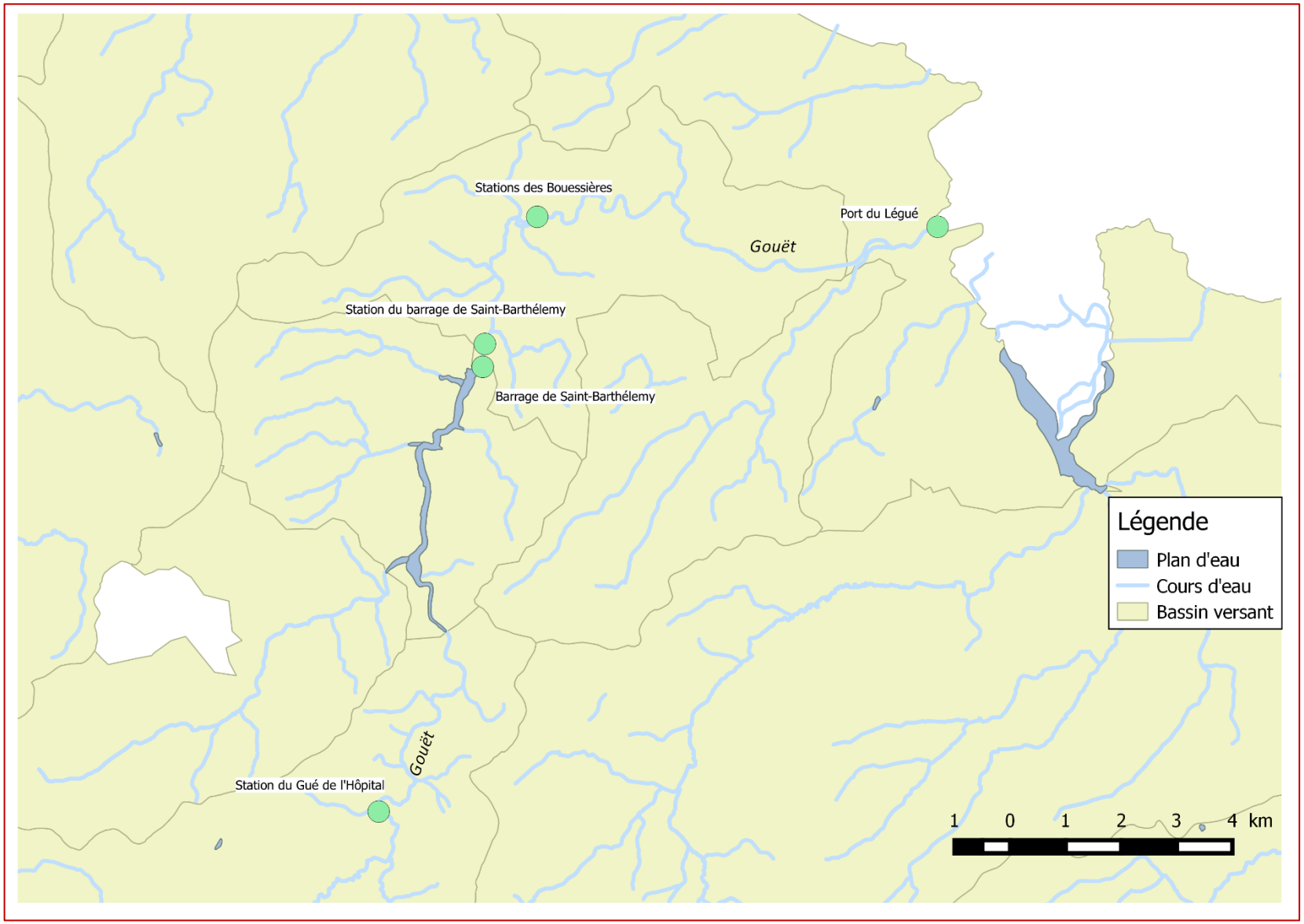
- Étude des populations d'anguille à l'aval du barrage (pêche électrique)
  - L'utilisation des pièges flottang est abandonnée car la pêche électrique de type « indice abondance anguille » est jugée suffisante pour l'estimation de la colonisation à proximité de l'ouvrage
  - La pêche électrique est prévue sur le radier à l'aval immédiat du barrage
  - La campagne de pêche est prévue début juin
  - Si la présence d'anguilles est attestée lors de la pêche électrique, le suivi par vidéo-surveillance est enclenché en haut de l'écluse Borland
  - Si les résultats de la pêche électrique ne montrent pas de migration de l'anguille, une autre campagne de pêche est prévue
    - fréquence des pêches à prévoir

- Étude des conditions d'attrait de l'écluse à poisson (passe piège)
  - La récupération de la passe piège du barrage de Rophémel est prévue au courant du mois d'avril, pour une installation sur le barrage début mai
  - La mise en place du dispositif se fera à l'entrée du chenal, à proximité de la passerelle d'intervention de la canalisation de débit réservé
  - Un comptage du nombre d'anguille capturée sera réalisé à chaque relève, afin d'estimer l'évolution des flux d'anguilles arrivant en pied d'ouvrage
  - Il n'est pas prévu de suivis biométriques des anguilles capturées :
    - pas de personnel qualifié
    - coûteux en temps
  - La fréquence des relèves sera journalière, et seront assurées par le personnel du CD22
  - L'alimentation en eau de la passe devra être suffisante (10-20 l/s avec de l'eau du barrage)
  - Lors de la réunion, il a été décidé de relâcher les anguilles capturées au niveau du port du Légué, afin d'écarter le risque de comptabiliser plusieurs fois les mêmes anguilles. Cependant, après visite du site suite à la réunion, la possibilité de déposer les anguilles dans la fosse du chenal d'entrée de l'écluse a été évoquée (cf plan en annexe). Cette solution permettrait de définir le taux de succès de montaison via l'écluse grâce au décompte de la vidéo-surveillance
  - Une seconde caméra pourra être disposée à l'entrée du chenal pour filmer le comportement des anguilles (remontée dans le chenal, sortie de la chambre d'attente avant la fin du cycle d'attrait...)

- Suivi par vidéo-surveillance en haut de l'écluse Borland
  - Suivi de mi-mai à fin juillet
  - Démarrage du protocole en fonction des résultats des pêches électriques réalisées sur le radier aval

- Étude de la colonisation amont du Gouët par les anguilles
  - Flottangs pas adaptés au plan d'eau
  - Réalisation d'un protocole de pêche en plan d'eau
    - pêche menée par un bureau d'étude spécialisé
    - protocole normé défini par AFB
    - actions à réaliser en période estivale, en fonction des premiers résultats du suivi par vidéo-surveillance (présence/absence d'anguille, taille de la population...)
    - étude à mener dans les anses du Gouët et de ses affluents
      - milieux supposés attractifs pour les anguilles
    - demande de financement à entreprendre auprès de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne





Annexe 10: Plan de situation des stations de capture pour la pêche électrique du 26/06/2017 (le bassin versant blanc sur la gauche de la carte correspond à une erreur dans la table attributaire de la couche topographique)

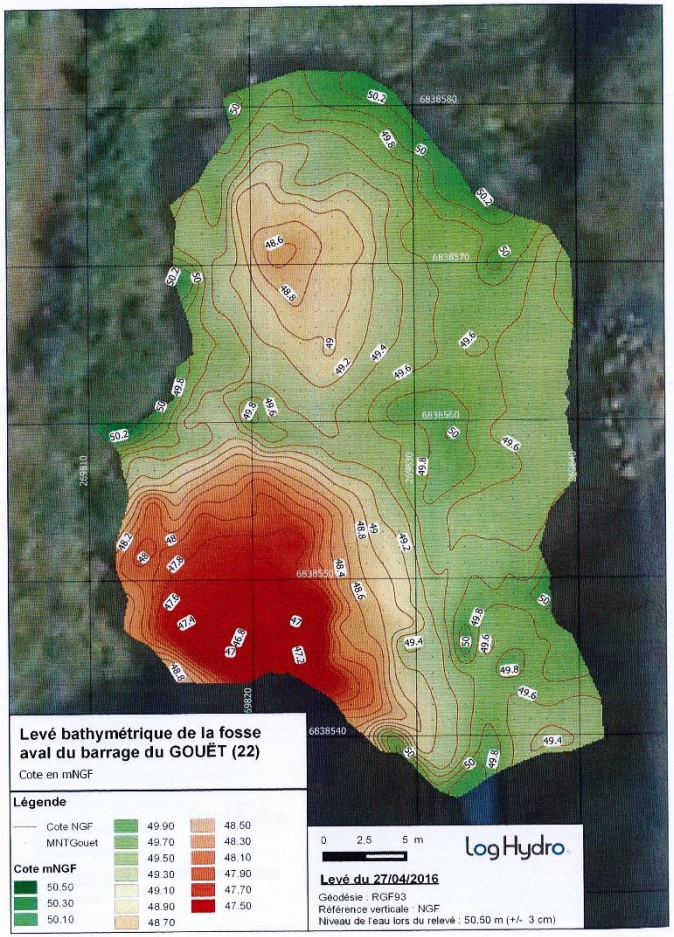


Figure 3 - Bathymétrie de la fosse aval en mNGF

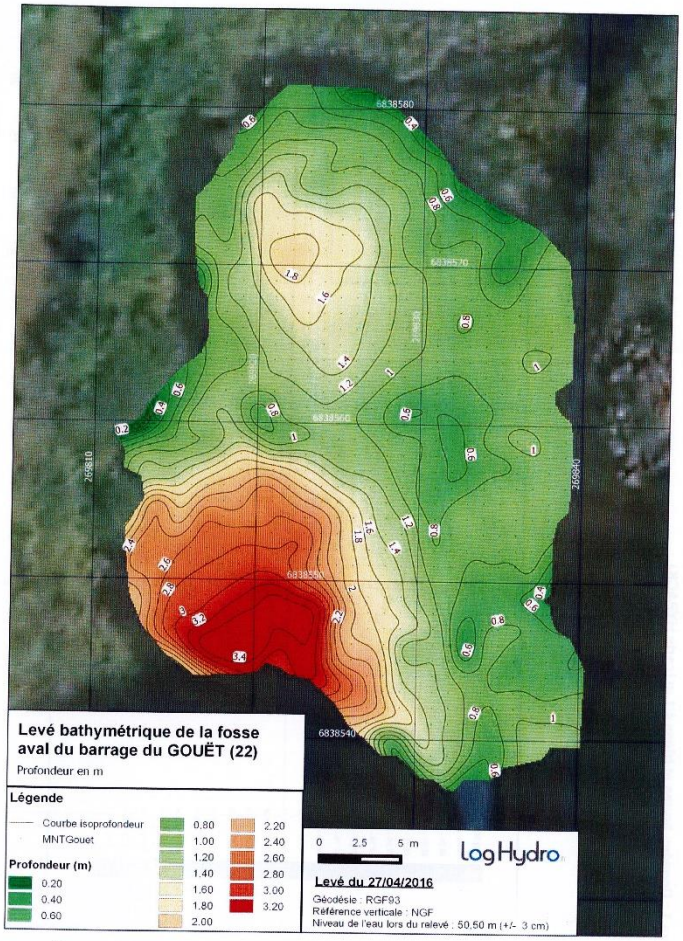


Figure 4 - Bathymétrie de la fosse aval en profondeur (m)

Annexe 11: Cartes bathymétriques de la fosse aval du barrage du Gouët

Feuille1

Suivi anguilles passe piège

Date : **Heure :** **Opérateurs :**

Nbre d'anguilles relevées : **Nbre d'anguilles malades/mortes :** **Total anguilles relâchées :**

Suivi Biométrique (1/semaine)

Classe de taille	Effectif
<150 mm	
150-300 mm	
300-450 mm	
450-600 mm	
>600 mm	

Observations (météo, taux de remplissage du vivier, problème technique sur la passe-piège...) :

Page 1

Feuille1

N°	Taille (mm)	N°	Taille	N°	Taille	N°	Taille
1		33		65		97	
2		34		66		98	
3		35		67		99	
4		36		68		100	
5		37		69		101	
6		38		70		102	
7		39		71		103	
8		40		72		104	
9		41		73		105	
10		42		74		106	
11		43		75		107	
12		44		76		108	
13		45		77		109	
14		46		78		110	
15		47		79		111	
16		48		80		112	
17		49		81		113	
18		50		82		114	
19		51		83		115	
20		52		84		116	
21		53		85		117	
22		54		86		118	
23		55		87		119	
24		56		88		120	
25		57		89		121	
26		58		90		122	
27		59		91		123	
28		60		92		124	
29		61		93		125	
30		62		94		126	
31		63		95		127	
32		64		96		128	

Page 2

Annexe 12: Fiche de suivi biométrique

Protocole Biométrie Capture d'anguilles
Barrage de St Barthélémy

Matériel :
- 2 seaux
- corde
- goulotte fraduée de mesure
- mélange Eugnéol / Alcool 90°
- Pipettes
- « Touilleur »
- Gants type « MAPA »

1 - Descendre les deux seaux :
- 1 pour transfert des anguilles du vivier + solution lors de la biométrie
- 1 pour le réveil et relâchage dans le milieu

2 - Remplir les deux seaux entre 5 et 10cm d'eau du barrage selon nombre de captures

3 - Récupérer les anguillettes d'abord à l'aide des épuisettes puis verser le contenu du vivier et des derniers effectifs (sans trop remplir le seau d'accueil)

4 - Dans le seau où se trouvent les anguilles, verser de 3 à 5 gouttes de solution d'Eugenol (petite pipette) selon volume d'eau (3 gouttes : 5cm, 5 gouttes 10cm)

5 - Remuer délicatement à l'aide du « touilleur » et laisser agir la solution pendant 3-4 min.

6 - Mettre les gants pour manipuler les anguilles

7 - Attraper les individus 1 à 1 et les mesurer à l'aide de la goulotte graduée

8 - Reporter les biométries dans les feuilles de saisie

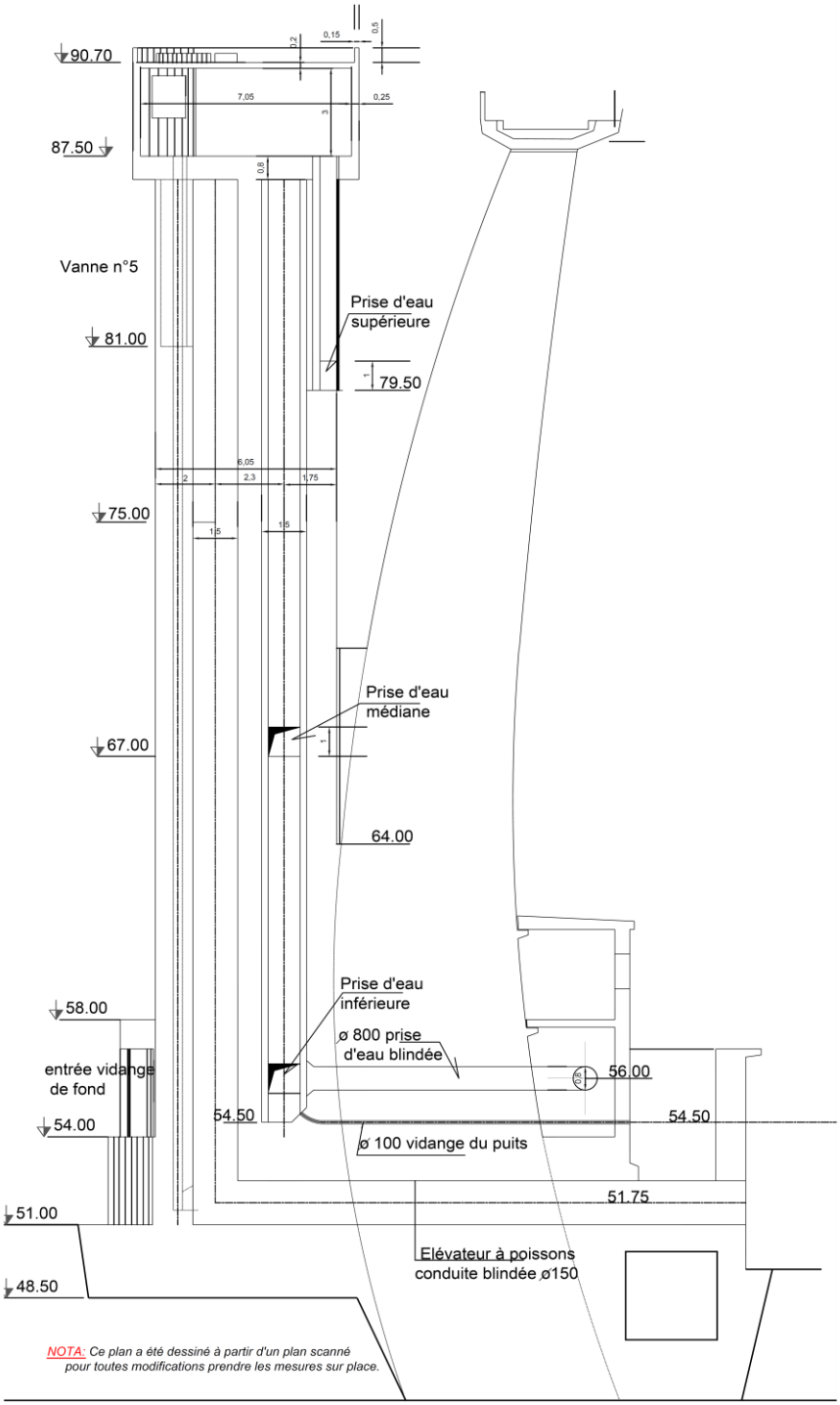
- Noter si présence d'anguilles présentant des pathologies, prendre une photo pour analyse de la FDPPMA22
- si individus malades et morts, les « éliminer »

9 - Une fois biométrie réalisée, mettre les individus dans le seau de réveil.

10 – Vérifier qu'un débit minimum est assuré sur les volées de reptation

11 - Transport des captures vers le point de remise à l'eau
> Remplir le seau avec les anguilles avec un peu d'eau de la rivière avant de vider le seau

*Annexe 13: Extrait du protocole de manipulation des anguilles pour le suivi biométrique (*C. Lacoste*, 2017)*



Annexe 14: Plan de la tour de prise d'eau et des exutoires possibles pour l'avalaison

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s) : Ingénieur de l'ENGEES

Spécialité : Hydrosystèmes Eaux Superficielles

Auteur : Bastien CAVILLA

Année : 2017

Titre : Evaluation de l'influence du barrage de Saint-Barthélemy sur la migration de l'anguille européenne

Nombre de pages : texte : 94 annexes : 18

Nombre de références bibliographiques : 48

Structure d'accueil : Département des Côtes d'Armor – Saint-Brieuc (22)

Maître de stage : Anne-Gaëlle DARTIAILH

Résumé :

Le barrage de Saint-Barthélemy, propriété du Département des Côtes d'Armor, possède une passe à poissons, dont l'efficacité est remise en cause.

Le projet a pour but de déterminer l'impact du barrage sur la migration de montaison de l'anguille européenne, au moyen de pêches électriques réalisées à l'amont et à l'aval du barrage et de l'étude du fonctionnement de la passe à poissons.

Ce projet aborde également la problématique du franchissement du barrage par l'anguille à la dévalaison.

Mots-clés

Anguille européenne – Barrage – Migration – Hydroécologie – Continuité écologique – Passe à poissons – Pêche électrique abondance – Passe piège – Montaison – Dévalaison – Ecluse Borland