



**HAL**  
open science

## **Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents : terminer un état de référence pour les poissons migrateurs amphihalins et anticiper l'expansion spatiale de l'écrevisse de Californie**

Morgan Druet, Pablo Rault, Anthony Acou, Didier Azam, Agnes Bardonnnet, Emilien Lasne, Guillaume Evanno, Eric Feunteun, Sophie Launey, Anne Lizé, et al.

### **► To cite this version:**

Morgan Druet, Pablo Rault, Anthony Acou, Didier Azam, Agnes Bardonnnet, et al.. Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents : terminer un état de référence pour les poissons migrateurs amphihalins et anticiper l'expansion spatiale de l'écrevisse de Californie. [Rapport de recherche] Convention n°1078068, Agence de l'Eau Seine-Normandie. 2021, pp.30. hal-03352893

**HAL Id: hal-03352893**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03352893v1>**

Submitted on 23 Sep 2021

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**Rapport final 2018-2020 du programme scientifique « Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents : terminer un état de référence pour les poissons migrateurs amphihalins et anticiper l'expansion spatiale de l'écrevisse de Californie »**  
**Convention n°1078068**

UMR BOREA (MNHN) et station marine de Dinard : E. Feunteun, A. Lizé, J. Prod'homme, E. Robin, N. Teichert

UMR ECOBIOP (INRAE/Université de Pau et des Pays de l'Adour) : A. Bardonnnet

UMR ESE (INRAE/Agrocampus-Ouest) : G. Evanno, E. Lasne, S. Launey, F. Martignac, M. Nevoux, E. Petit

UMS PATRINAT (MNHN) et station marine de Dinard : A. Acou

U3E (INRAE) : D. Azam, M. Druet, F. Marchand, P. Rault



**STATION MARINE**  
DINARD



Ce document doit être cité comme suit :

Druet M, Rault P, Acou A, Azam D, Bardonnnet A, Evanno G, Feunteun E, Lasne E, Launey S, Lizé, A, Martignac F, Nevoux M, Prod'homme J, Robin E, Teichert N, Marchand F, Petit E, 2021. Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents : terminer un état de référence pour les poissons migrateurs amphihalins et anticiper l'expansion spatiale de l'écrevisse de Californie - Rapport final des travaux liés à la convention 1078068. Agence de l'Eau Seine-Normandie, 30 p.

## Sommaire

1. <i>Introduction</i> .....	- 3 -
1.1. Contexte et enjeux du programme scientifique.....	- 3 -
1.2. Objectifs généraux des suivis piscicoles et astacicoles .....	- 3 -
2. <i>Comptage des frayères de lamproies marines en aval des barrages de la Sélune</i> .....	- 4 -
2.1. Méthodologie des comptages de frayères de lamproies marines .....	- 4 -
2.2. Résultats .....	- 4 -
3. <i>Prélèvements génétiques sur les lamproies de Planer juvéniles de la Sélune</i> .....	- 6 -
3.1. Méthodologie des prélèvements génétiques sur les lamproies de Planer .....	- 6 -
3.2. Résultats .....	- 7 -
4. <i>Indices d'Abondance Truites et prélèvements génétiques sur la Sélune</i> .....	- 7 -
4.1. Méthodologie de l'indice d'abondance Truites et des prélèvements génétiques.....	- 7 -
4.2. Résultats .....	- 9 -
5. <i>Echantillonnages biologiques des saumons juvéniles et adultes, sur les 4 bassins versants de la baie du Mont Saint-Michel : Sélune, Sée, Sienne et Couesnon</i> .....	- 13 -
5.1. Méthodologie des échantillonnages biologiques sur les saumons.....	- 13 -
5.2. Résultats .....	- 14 -
6. <i>Indice d'abondance Anguilles sur la Sélune</i> .....	- 15 -
6.1. Méthodologie de l'Indice d'Abondance Anguilles.....	- 15 -
6.2. Résultats .....	- 17 -
7. <i>Suivi des écrevisses invasives Pacifastacus leniusculus en amont des barrages</i> .....	- 19 -
7.1. Méthodologie du suivi des écrevisses invasives.....	- 19 -
7.2. Résultats .....	- 20 -
8. <i>Evaluation de la population d'anguilles argentées dévalantes pêchées à la tézelle</i> .....	- 22 -
8.1. Méthodologie de la pêche d'anguilles argentées .....	- 23 -
8.2. Résultats préliminaires .....	- 24 -
9. <i>Conclusion générale et perspectives</i> .....	- 27 -
<i>Références bibliographiques</i> .....	- 29 -
<i>Table des illustrations</i> .....	- 30 -
<i>Table des tableaux</i> .....	- 30 -

## 1. Introduction

### 1.1. Contexte et enjeux du programme scientifique

Ce programme scientifique porte sur le suivi de la restauration écologique de la Sélune. Ce petit fleuve côtier se jette dans la baie du Mont Saint-Michel. Il comporte deux importants barrages hydroélectriques obsolètes, la Roche-qui-Boit et Vezins, de 15,4 et 36 mètres de haut respectivement. Le 13 novembre 2009, l'État décide de ne pas reconduire la concession d'EDF. La destruction de ces ouvrages initialement prévue pour 2018 devrait finalement être effective pour 2021. Cet arasement de barrages est la plus importante opération du genre au niveau européen, rétablissant la continuité écologique entre l'aval et l'amont du bassin versant. Un important programme scientifique pluridisciplinaire a été mis sur pied afin de suivre l'ensemble du projet en phases pré et post arasement. Il comprend des thématiques socio-géographiques et environnementales.

Le projet dont il s'agit ici entre dans le cadre du suivi des biocénoses aquatiques et fait suite à un premier projet ayant eu trait aux suivis nécessaires à la compréhension des modifications des aires de distribution des espèces de poissons migratrices et des espèces invasives à l'échelle du bassin versant (Petit et al. 2017. Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents - Rapport final des travaux liés à la convention annuelle 1054505-1. Agence de l'Eau Seine-Normandie, 46 p.). Ce projet est sous la responsabilité d'Eric Petit (UMR ESE) et coordonné par Morgan Druet (U3E), qui assure notamment le suivi des populations piscicoles et d'écrevisses sur l'ensemble du bassin versant de la Sélune. Les UMR BOREA et ECOBIOP travaillent ensemble sur le suivi des populations d'anguilles. Des variables hydrologiques, météorologiques et physicochimiques sont également suivies par d'autres équipes d'INRAE pour alimenter les bases de données nécessaires aux travaux des chercheurs.

### 1.2. Objectifs généraux des suivis piscicoles et astacicoles

La Sélune est peuplée par le saumon atlantique *Salmo salar* et la truite fario *Salmo trutta fario* présente sous ses deux formes, marine (cycle semblable au saumon) et continentale. A ces deux espèces migratrices s'en ajoutent d'autres telles que l'anguille européenne *Anguilla anguilla*, la lamproie marine *Petromyzon marinus* et fluviatile *Lampetra fluviatilis*. Le cours amont de la Sélune n'est pas accessible aux poissons migrateurs amphihalins du fait des deux barrages hydroélectriques dépourvus de passes à poissons. Le premier barrage infranchissable de la Roche-qui-Boit se trouve à une quinzaine de kilomètres de la mer. La diversité piscicole maximale se trouve en aval des barrages. Deux affluents principaux sont actuellement utilisés par les poissons amphihalins pour leur reproduction : le Beuvron et l'Oir. La présence de l'écrevisse invasive de Californie *Pacifastacus leniusculus* depuis quelques années en amont du bassin versant est également à noter.

Le suivi des populations piscicoles amphihalines et des écrevisses de la Sélune vise à estimer les stocks en place, les flux avant, pendant et après l'arasement des barrages. L'ensemble du bassin versant en amont et en aval des barrages est suivi. Ce suivi a débuté en 2012 et a été interrompu deux ans, de juin 2016 à juillet 2018 du fait de la mise en suspens du programme d'arasement des barrages. La déconstruction des deux barrages initialement prévue pour 2019 est reportée à 2021. Une fois la reconnexion amont-aval du fleuve réalisée, la recolonisation et la dispersion des différentes populations piscicoles pourront être décrites avec précision. Les écrevisses invasives en profitent plus tôt, car l'assec de la retenue du barrage de Vezins leur permet de coloniser progressivement l'aval du bassin versant dès 2018. Les chroniques de données collectées permettront d'étudier la dynamique des populations de poissons et d'écrevisses, les fluctuations d'abondance, les sex-ratios et morphotypes, etc.

Lors des suivis 2018, la Sélune était dans son lit mineur au niveau de la retenue de Vezins, vidée durant le deuxième semestre 2018. La remise en eau a été faite progressivement durant l'hiver 2018-2019 à partir de novembre afin de stabiliser les sédiments et éviter des crues brutales qui pourraient déstructurer les travaux de gestion sédimentaires. Le réseau de suivi utilisé entre 2018 et 2020 comporte 99 stations réparties sur le bassin versant de la Sélune. 10 stations ont été utilisées pour les prélèvements génétiques sur les lamproies de planer, 36 pour les indices d'abondances truites, 24 pour le suivi des écrevisses, 7 pour les prélèvements biologiques sur les saumons juvéniles, 22 pour les indices d'abondances anguilles. Trois bassins versants adjacents (Sienne, Sée et Couesnon) ont également été couverts pour étudier la population de saumons à l'échelle de la Baie du Mont Saint Michel.

Année	IA Truite (septembre)	IA Saumon (septembre)	Prélèvements génétiques TRF 0+ (septembre)	Prélèvements génétiques SAT 0+ 4 BVs (septembre)	Comptage frayères SAT + recherche géniteurs morts (fin décembre, début janvier)	IA Lampetra (filet surber, septembre)	Prélèvements génétiques Lampetra (septembre)	Comptage frayères Petromyzon (juillet)	IA Anguille (septembre)	Pêcherie tézelle Anguille (septembre à janvier)	PTE Pêches Toutes Espèces (septembre)	IA Ecrevisses (juin + octobre)
2012	X	X	X								X	
2013		X				X			X			
2014	X	X	X								X	
2015		X		X	X	X	X	X	X			
2016	Interruption du suivi scientifique des biocénoses piscicoles et astacicoles de la Sélune											
2017	Interruption du suivi scientifique des biocénoses piscicoles et astacicoles de la Sélune											
2018	X	X	X	X	X		X					X
2019		X			X			X	X	X		X
2020	X	X	X					X		X		X

Tableau 1 : Protocoles de suivis piscicole et astacicole réalisés sur la Sélune depuis 2012 : IA Indice d'Abondance, SAT Saumon Atlantique, TRF Truite fario. © INRAE

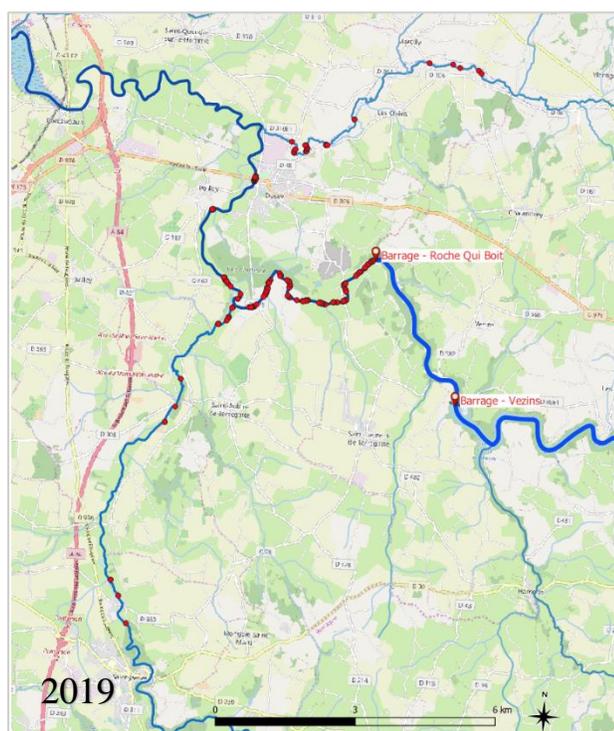
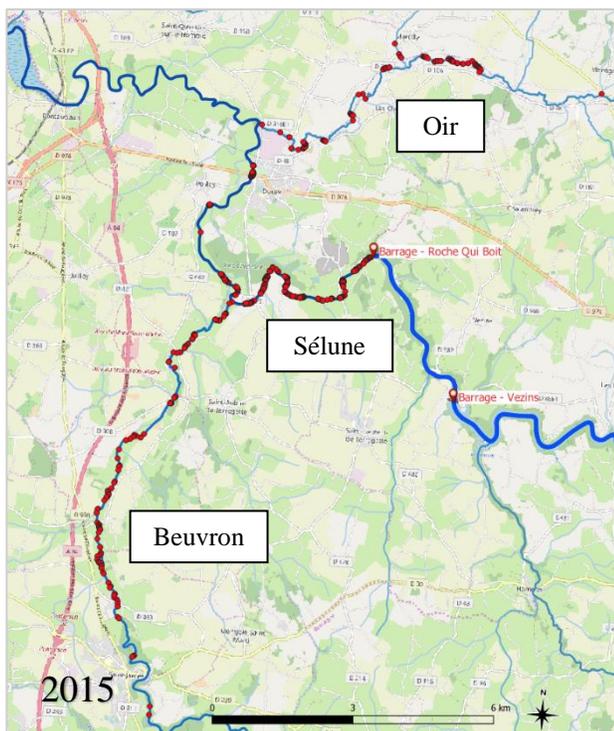
## 2. Comptage des frayères de lamproies marines en aval des barrages de la Sélune

### 2.1. Méthodologie des comptages de frayères de lamproies marines

Ces comptages ont pour but de réaliser un état des lieux de la colonisation de la Sélune et de ses affluents par la lamproie marine *Petromyzon marinus* avant la restauration du continuum fluvial de la Sélune. Les zones de reproduction des lamproies marines sont principalement des radiers et des plats courants à granulométrie grossière type cailloux-galets. Les frayères se caractérisent par une dépression accompagnée d'un dôme d'éjection sédimentaire immédiatement en aval. Le mâle remanie le substrat en déplaçant les cailloux et galets à l'aide de sa puissante ventouse buccale. Les pierres retournées sur le dôme sont plus claires car le biofilm est absent. Les nids sont donc facilement visibles et identifiables jusqu'à plusieurs semaines après le frai. La Sélune est prospectée de l'amont vers l'aval par deux opérateurs en kayak du barrage de la Roche-qui-Boit jusqu'à Ducey. En aval de Ducey, les habitats sont majoritairement impropres à la nidification des lamproies marines. Chaque opérateur a suivi la moitié droite ou gauche du lit de la Sélune lors de la descente. L'Oir et le Beuvron ont été prospectés à pied de l'aval vers l'amont, à partir de la confluence jusqu'à la disparition complète des frayères sur les habitats favorables. Chaque frayère observée a été pointée par GPS, des commentaires ont été renseignés en cas de perturbations sur l'habitat pour suivre l'évolution des cours d'eau.

### 2.2. Résultats

Le suivi des frayères de *Petromyzon marinus* n'a pas été effectué en juillet 2018, l'assistant ingénieur en charge ayant été recruté en août 2018. Les lamproies marines ont été observées en train de frayer sur la Sélune dès mi-juin en 2019, et dès mi-mai en 2020. Aucune lamproie n'a été observée en frai sur la Sélune après le 10 juillet en 2019. Les comptages de frayères ont été effectués du 3 au 10 juillet 2019, et du 6 au 9 juillet 2020. Ces périodes de comptage ont été optimales et se situaient bien en fin de reproduction, permettant de détecter le maximum de frayères. Sur le cours principal de la Sélune, la majorité des frayères était clairement identifiable en 2019, moins en 2020 du fait d'une turbidité plus importante sans doute liée aux travaux en cours dans l'enceinte des barrages. Ces 2 années, des lamproies ont été observées en train de nidifier et de frayer à une dizaine de reprises. Les affluents ont été couverts à pied, sur les berges ou directement dans le cours d'eau suivant la visibilité liée à la ripisylve. Chaque année, le Beuvron a été remonté sur 12,2 kilomètres de sa confluence avec la Sélune jusqu'à la pisciculture de Valjoie, et prospecté en ciblant les zones favorables sur 12,5 km supplémentaires en amont de St James en 2020. L'Oir a été suivi sur 7.2 km en ciblant les zones d'habitats favorables bien connues, de sa confluence avec la Sélune jusqu'au Pont d'Oir. Seules les frayères nettement marquées ont été comptées. Beaucoup n'ont pas été comptabilisées car étant des frayères antérieures de saumon ou lamproies. Les cailloux y étaient couverts de biofilms, des bryophytes étaient parfois implantés sur le dôme ou dans la cuvette, qui n'était pas toujours franche. Certaines frayères non colonisées par le biofilm et les bryophytes et à la cuvette peu marquée pouvant correspondre aux premières frayères de lamproies marines de l'année, n'ont dans le doute pas non plus été comptabilisées.



Le recrutement annuel en lamproies marines de 2019 a été faible sur le bassin de la Sélune au regard des recrutements de 2015 et 2020. Cette mauvaise année s'est confirmée par les remontées de lamproies marines également nulles sur la Vire (remontées à la l'observatoire des Claires de Vire), tandis qu'en 2015 leur fréquentation était bonne. En revanche en 2020, contrairement à la Sélune où le nombre de frayères s'est rapproché du comptage de 2015, les remontées en *Petromyzon marinus* ont été à nouveau nulle sur la Vire. Le comptage de frayères réalisés sur le Scorff par l'U3E depuis 2013 révèle une tendance moins marquée que sur la Sélune : bonne reproduction en 2015 (quasi 1400 frayères), chute des effectifs en 2019 (environ 950), suivi d'une amélioration en 2020 (1077). Sur la Sélune, la population réduite de lamproies marines de 2019 semble avoir privilégié les habitats libres et abondants du cours principal avant de s'engager sur les affluents. Ce faible effectif de lamproies marines a évité une mise en

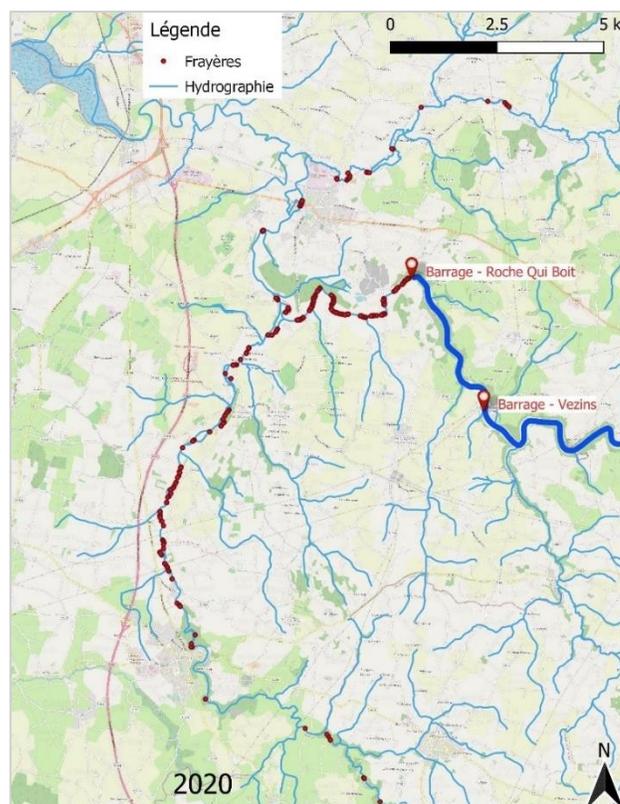


Figure 1 : Localisation des frayères de lamproies marines sur la Sélune et ses affluents Oir et Beuvron de 2015 à 2020. © OpenStreetMap contributors, BD Carthage, INRAE

compétition spatiale et permis à la majorité de frayer directement sur le cours principal sans qu'il soit nécessaire de prospecter les affluents par manque d'habitats disponibles et favorables au frai. En 2019, 216 frayères ont été dénombrées sur la Sélune, 22 sur le Beuvron et 26 sur l'Oir, contre 407 sur la Sélune, 133 sur le Beuvron et 34 sur l'Oir en 2020 (Tableau 2). Les effectifs observés en 2020 se rapprochent donc de ce qui avait été observé en 2015, sauf pour l'Oir qui semble avoir été sous-exploité en 2020. Les linéaires frayés les plus amont observés sur le Beuvron en 2020 (Figure 1, carte 2020) n'avaient pas été prospectés en 2015 et 2019 : les opérateurs avaient été induits en erreur par d'importants linéaires vierges de frayères, malgré des faciès favorables à la ponte, en amont de St James, et pensaient donc avoir atteint le front de colonisation. Il est à noter que pour les 3 années de

prospection sur l'Oir, le front de colonisation se situe à la Butte Pichon. Sur le cours principal de la Sélune, les seuils de Quincampoix et de Ducey montrent un certain effet bloquant sur la migration des lamproies, avec une concentration importante de frayères observées en aval immédiat des ouvrages. L'effet de blocage du barrage de la Roche-qui-Boit a été clairement démontré lors des 3 années de prospection, avec une densité importante de frayères et de nids multiples (« barres » de frayères) à son approche.

Nombre de frayères de LPM observées				
Année	Sélune	Beuvron	Oir	Totaux
2015	435	143	115	693
2019	216	22	26	264
2020	407	133	34	574

Tableau 2 : Résultats des comptages de frayères 2015 à 2020 sur la Sélune et ses affluents Oir et Beuvron. © INRAE

Ce comptage de frayères de lamproie marine sera réalisé tous les ans dans le cadre de l'observatoire environnemental de la Sélune. Après l'arasement des barrages, le suivi sera étendu en conséquence aux parties amont de la Sélune.

### 3. Prélèvements génétiques sur les lamproies de Planer juvéniles de la Sélune

#### 3.1. Méthodologie des prélèvements génétiques sur les lamproies de Planer

L'objectif de ce volet de suivi porté par INRAE ESE est de comparer la structuration génétique des populations de lamproies de Planer *Lampetra planeri* en amont et en aval des barrages de la Sélune, avant et après l'arasement de ceux-ci. La reconnexion de l'amont et de l'aval de la Sélune va permettre à nouveau les flux génétiques entre

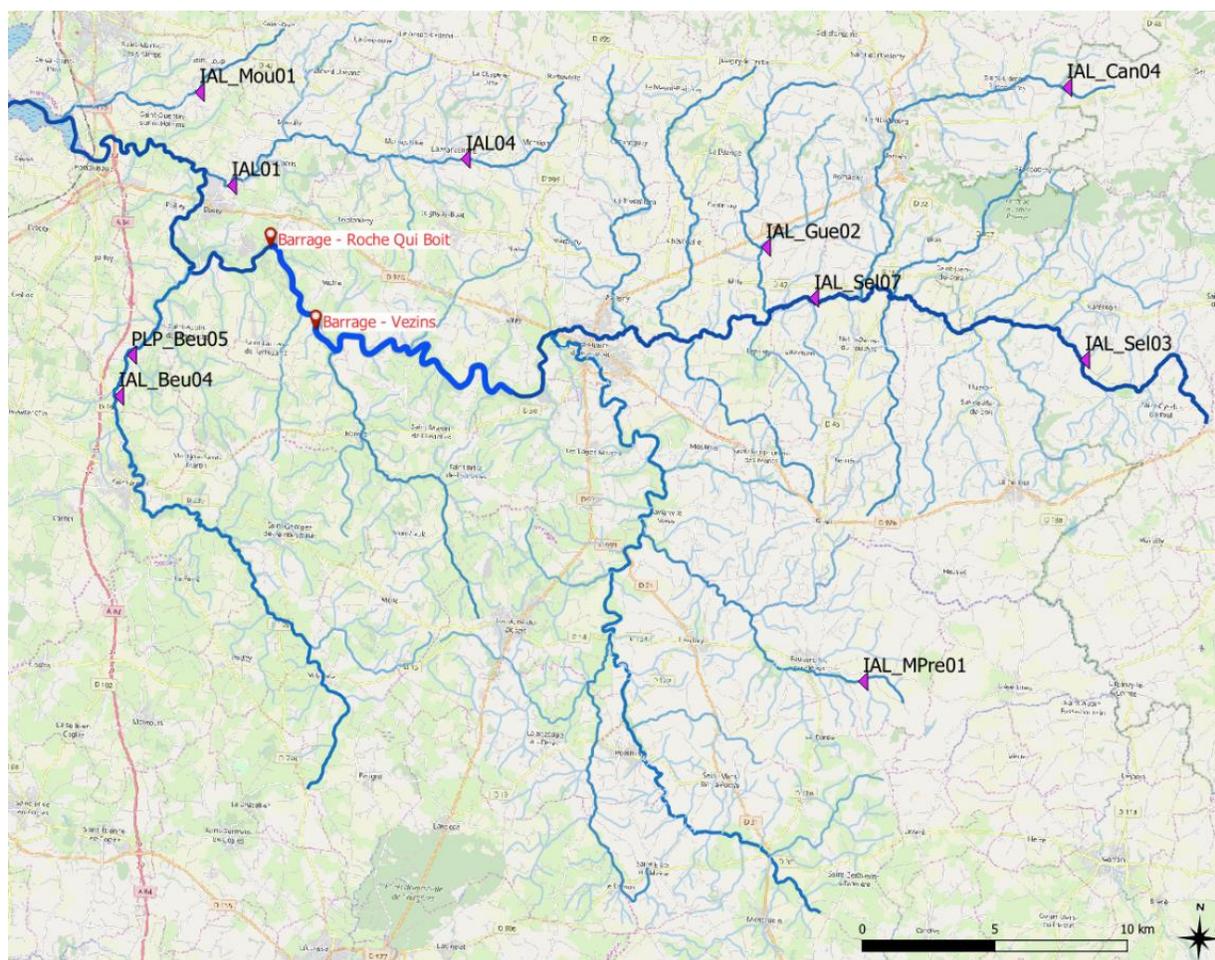


Figure 2 : Localisation des stations de prélèvements génétiques sur les lamproies juvéniles en 2018. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE

les populations de lamproies auparavant isolées. Une banque d'échantillons biologiques est donc constituée par l'unité U3E d'INRAE, ciblant les juvéniles de lamproies, appelés ammocètes, natifs de leur lieu de capture et représentatifs des populations locales. Deux campagnes de prélèvements génétiques en 2015 et 2018 ont été réalisées afin d'avoir, à minima, deux années de suivi pré-arasement des barrages.

La campagne de prélèvements génétiques a été réalisée du 8 au 11 octobre 2018. Cinq stations sont prélevées en amont des barrages de la Sélune, et cinq autres stations en aval (Figure 2), dans la zone accessible aux lamproies fluviales. Deux stations aval font partie du réseau de suivi pérenne de l'U3E sur l'affluent Oir (IAL01, IAL04). Les prélèvements génétiques y ont été fait lors des suivis par indice d'abondance lamproies, réalisés au filet de Surber. Les 8 autres stations ont été échantillonnées par pêche électrique à l'aide de l'appareil ELT60 II de Hans Grassl. L'objectif était de prélever un échantillon génétique sur 30 ammocètes par station. Les ammocètes les plus petits et jeunes ont été utilisés en priorité, car leur taux de survie jusqu'à l'âge adulte est plus faible que les grands individus. Un fragment de leur nageoire caudale supérieure a été prélevé et stocké individuellement dans des microtubes d'échantillons génétique référencés, remplis d'éthanol 99%. Les outils de dissections ont été nettoyés par baignade de javel, alcool et eau entre chaque individu, afin d'éviter les contaminations inter-individuelles.

### 3.2. Résultats

L'objectif de 30 individus échantillonnés par station a été atteint sur les cinq stations en amont des barrages. Certaines stations ont été prospectées sans montrer une densité suffisante pour atteindre l'objectif, et remplacées par d'autres stations proches, plus adaptées. Une station en aval des barrages, le fossé du Moulinet, n'a permis de prélever que 8 individus. Au printemps, un pont s'y est effondré en amont immédiat. Il a été reconstruit, ce qui a dû perturber le milieu aquatique, et explique probablement le faible recrutement. Il est difficile de trouver des stations à l'habitat favorable aux lamproies de planer en aval des barrages, formant un maillage spatial espacé sur le bassin versant. Durant les indices d'abondance Anguilles en 2019, cette station a été pêchée à nouveau et est à nouveau colonisée par les ammocètes, la résilience de cette espèce semble donc assez importante.

Cours d'eau	Département	Codes station	X_L93_E	Y_L93_N	Longitude	Latitude	Prélèvements génétique
Fossé de Gralemois	50	PLP_BEU05	380727,21	6838312,57	-1.32938	48.56624	30
Beuvron	50	IAL_BEU04	380249,4186	6836779,048	-1.3347055	48.5522303	30
Oir	50	IAL01	384513,07	6844737,84	-1.2828655	48.625807	31
Oir	50	IAL04	393356,52	6845717,76	-1.1637384	48.6388612	31
Moulinet	50	IAL_MOU01	383295,513	6848264,178	-1.3019672	48.6568841	8
Sélune	50	IAL_SEL07	406503,2962	6840458,995	-0.9819374	48.5977181	30
La Gueuche	50	IAL_GUE02	404679,0151	6842387,887	-1.0079727	48.6142167	30
Sélune	50	IAL_SEL03	416731,2918	6838144,54	-0.8418682	48.5814806	30
Moulin du Pré	53	IAL_MPRE01	408348,577	6825979,065	-0.947132	48.4684585	30
La Cance	50	IAL_CAN04	416043,479	6848439,95	-0.8579988	48.6736761	30

Tableau 3 : Liste des stations et prélèvements génétiques effectués sur les lamproies juvéniles de la Sélune en 2018 ; stations grisées en amont des barrages. © INRAE

## 4. Indices d'Abondance Truites et prélèvements génétiques sur la Sélune

### 4.1. Méthodologie de l'indice d'abondance Truites et des prélèvements génétiques

L'ouverture des barrages va considérablement impacter le fonctionnement des populations de truites de la Sélune. Le rétablissement de la continuité écologique du fleuve modifiera les flux populationnels en autorisant la remontée plus en amont des truites de mer amphihalines et le déplacement des truites autochtones en aval et en amont des barrages. La population de truites a été suivie via un indice d'abondance effectué en 2012, 2014, 2018 et 2020 sur un réseau de stations couvrant l'ensemble du bassin de la Sélune. 2020 constitue par ailleurs la dernière année du suivi pré-arasement, puisque des brèches pourraient être ouvertes dans le barrage de la Roche-qui-Boit en 2021, ce qui permettrait un brassage des populations truiticoles amont et aval du bassin. Cet indice a été couplé en 2018 et 2020 avec une campagne de prélèvements génétique ciblée sur les truitelles de moins d'un an, natives de la zone de pêche et constituant la cohorte idéale pour étudier la génétique de la population locale. Ces données

et échantillons biologiques permettront d'estimer l'évolution de l'abondance des truites, d'étudier leur structuration génétique intra et inter-populationnelle et l'impact des individus migrateurs sur l'ensemble de la population. Le protocole de pêche Vigitruite® (Roussel J-M. *et al.*, 2004) a été mis au point à INRAE et est destiné à être utilisé partout en France. Cet indice d'abondance, rapporté à la superficie d'habitats favorables sur le cours d'eau permet d'évaluer la quantité de truitelles présentes dans la rivière, issues de la reproduction naturelle des années passées. Le recrutement annuel en truitelles est ainsi suivi sur l'ensemble du bassin versant de la Sélune. Succinctement, le protocole Vigitruite consiste à capturer les juvéniles de truites par pêche électrique. Il s'applique en cours d'eau jusqu'à 8 m de large où la profondeur n'excède pas 60cm. Un appareil de pêche électrique portable en courant continu à anode unique est utilisé, avec une épuisette semi-circulaire fixe au fond et une épuisette mobile. Entre 33 et 43 traits de pêche d'environ huit secondes sont réalisés pour une durée cumulée de 5 minutes. Chaque trait est renouvelé tous les 2 mètres environ en avançant en zig-zag d'une berge à l'autre, le long de diagonales successives, suivant un angle de 45° avec l'axe du lit de la rivière. Le linéaire échantillonné d'une station de pêche doit 60 à 80 mètres de linéaire de cours d'eau. Toutes les truites pêchées sont anesthésiées à la benzocaïne, pesées et mesurées (longueur à la fourche). Les truitelles 0+ font l'objet de prélèvements génétiques. L'objectif optimal est de prélever 30 individus par station. Le prélèvement génétique se fait de manière non létale, en prélevant un petit fragment de nageoire pelvienne. Les outils de prélèvements sont nettoyés entre chaque individu par balnéation dans la javel, l'alcool et l'eau pour éviter la contamination inter-individuelle des échantillons. Quelques individus plus âgés ont été échantillonnés lorsque le nombre de juvéniles était insuffisant. Pour chaque truite, un prélèvement d'écaïlle est effectué afin de déterminer l'âge ultérieurement par sclérochronologie. Tous les poissons pêchés sont relâchés directement sur le site de pêche.

L'effectif de toutes les espèces accessoires capturées lors de ces inventaires a été noté. L'habitat de chaque station a été décrit après chaque pêche, afin de caractériser l'ensemble des stations du réseau vigitruite. Tous les dix mètres de linéaire, la largeur et la profondeur ont été mesurés et la granulométrie (blocs, galet, gravier, limon...), l'ombrage et le faciès d'écoulement (rapide, plat lent, radier...) ont été décrits. Des points GPS ont été pris aux limites amont et aval, des observations ont été notées si nécessaire. Des photos ont été prises afin de pouvoir visualiser le type d'habitat offert par chaque station. Cette description d'habitats ne sera pas renouvelée systématiquement à chaque campagne.

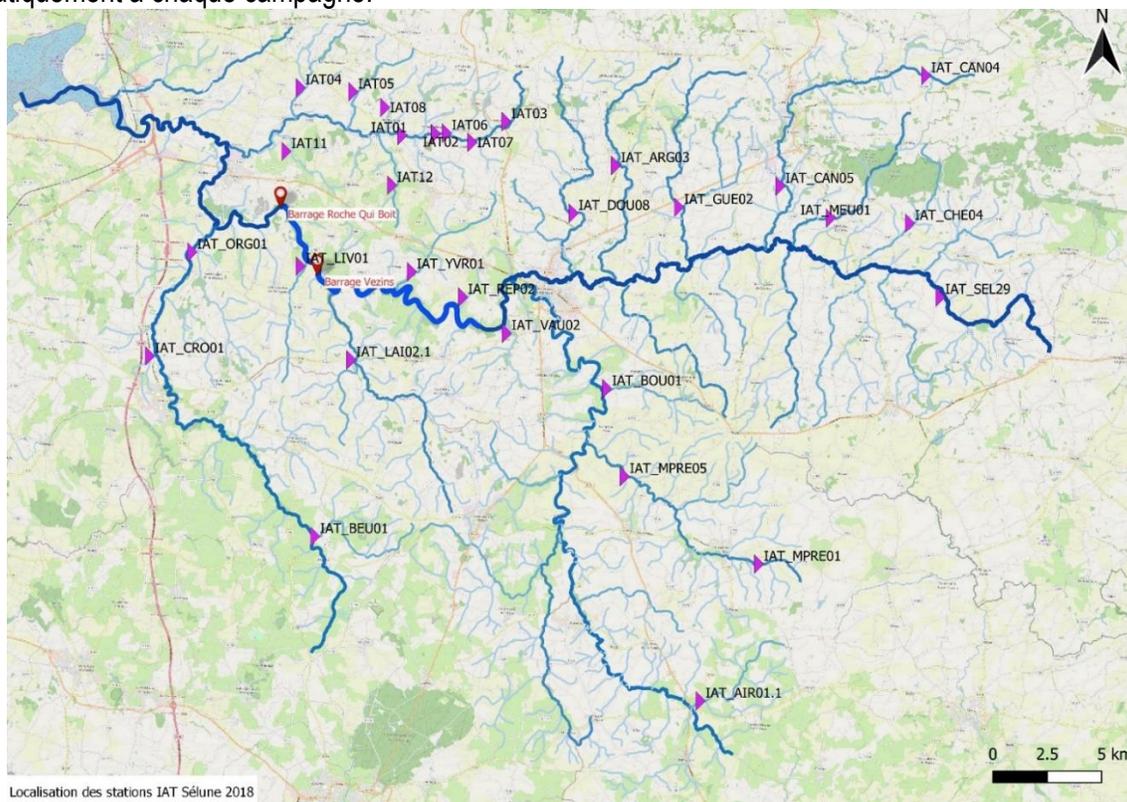


Figure 3 : Localisation des stations d'indice d'abondance truite en 2018. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE

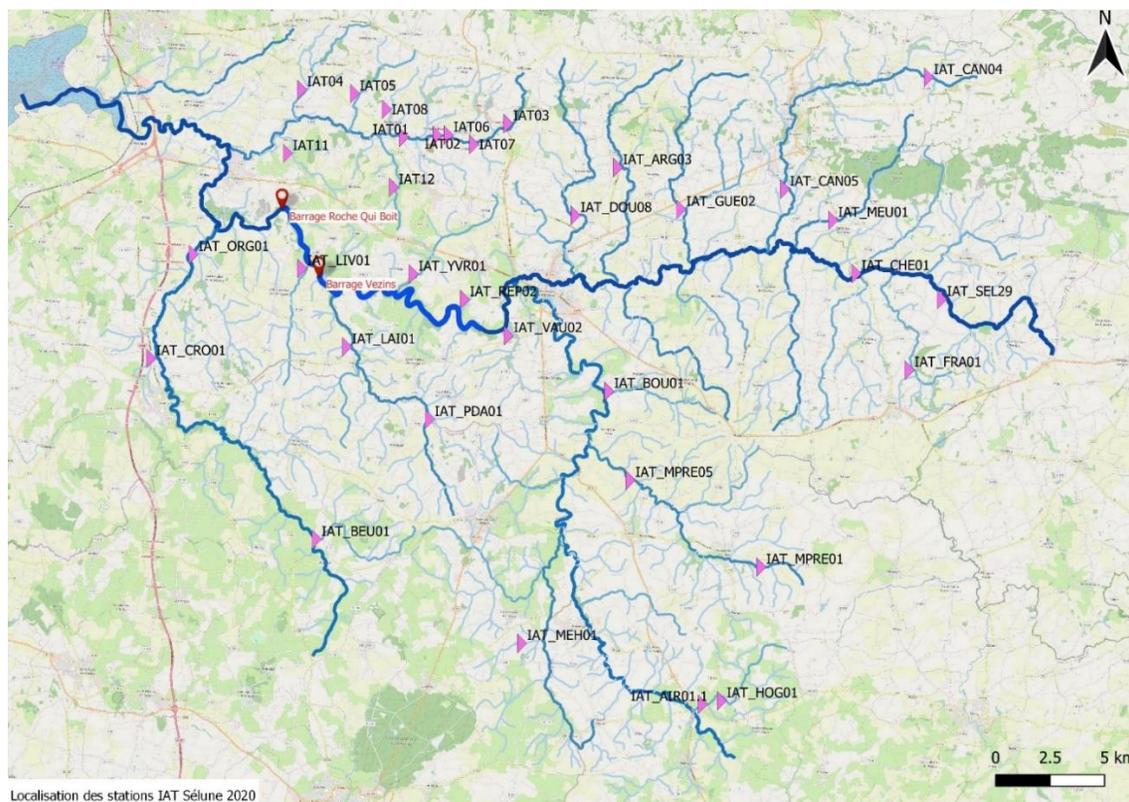


Figure 4 : Localisation des stations d'indice d'abondance truite en 2020. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE

## 4.2. Résultats

Ce protocole a été réalisé du 10 au 18 Septembre 2018, ainsi que du 07 au 15 septembre 2020. Le réseau de stations de suivi a été légèrement remanié aussi bien en 2018 qu'en 2020. Une part élevée des stations couvertes faisait partie du réseau de suivi antérieur. Certaines stations ont été visitées, pêchées puis remplacées par d'autres stations, aux habitats plus adaptés au protocole Vigitruite®. Le réseau de 30 stations constitué en 2018 (Figure 3) a évolué vers un réseau de 34 stations en 2020 (Figure 4), afin de couvrir des territoires orphelins (amont rive gauche des bassins Sélune et Airon par exemple) ou de remplacer des stations non adaptée (bassin du Lair). Ce protocole mobilise 4 personnes sur 6 journées, de 07h30 à 18h30 environ.

Les étiages estivaux de 2018 et 2020 ont été fortement marqués et se sont prolongés jusqu'aux semaines d'expérimentation. Une des nouvelles stations de 2018, le ruisseau de Chenilly (IAT\_CHE04) présentait des débits d'étiage particulièrement sévères et n'a montré aucune truite. En 2020, celle-ci a été déplacée plus en aval de l'hydrosystème (IAT\_CHE01), mais là encore, la lame d'eau était insuffisante pour accueillir une population de truites. Ce cours d'eau ne sera pas maintenu dans le réseau du fait de ses étiages sévères et répétés. La station IAT\_AIR01.1 sera remplacée par sa voisine amont IAT\_HOG01 aux habitats bien plus favorables.

Au total, 315 truites ont été capturées sur les 30 stations en 2018, 269 truites ont été capturées sur les 34 stations en 2020 (Tableau 4). En 2018, 165 prélèvements génétiques ont été réalisés, ainsi que 188 prélèvements d'écailles afin de vérifier l'âge de l'individu prélevé en génétique lorsqu'il est incertain, contre 269 prélèvements génétiques et 211 prélèvements d'écailles en 2020. La taille des individus capturés s'échelonne de 55 à 354 mm en 2018, et de 57 à 311 mm en 2020. La distribution de taille des cohortes de truitelles de moins d'un an (0+) et d'un an (1+) est variable d'un affluent à l'autre. Les effectifs et résultats pour les 0+ et 1+ sont par ailleurs donnés à titre indicatif pour 2020 (Tableau 4, Figure 5), et demandent à être confirmés par lecture scalimétrique. Sur l'ensemble du réseau, la classe d'âge des truitelles 0+, d'une taille moyenne de 83mm en 2018 et 84,4mm en 2020, représente 52,4% de l'effectif total pour une moyenne de 5,5 individus 0+ par station (ind0+/st) en 2018, et 63,9% de l'effectif total pour une moyenne de 5,06 ind0+/st en 2020. Ces chiffres sont à mettre en perspective avec les indices d'abondance 2012 et 2014 qui ont montré respectivement 50,3% de 0+ pour une moyenne de 5,4 ind0+/st, et 57,1% pour une moyenne de 7,4 ind0+/st. Les truites juvéniles 0+ sont fortement représentées en 2020 par rapport aux truites plus âgées, malgré l'effectif d'individus le plus faible rapporté au nombre de stations sur les 4 années pêchées. Les

résultats de 0+ en 2018 semblent toutefois être en trompe l'œil : si l'on soustrait les très bons résultats des stations IAT05 et IAT06, ce pourcentage tombe à 40,4% pour un effectif total de 95 individus et une moyenne de 3,4 ind0+/st en 2018, à mettre en perspective avec 2020 où dans les mêmes conditions, le pourcentage est de 59,6% pour un effectif de 140 et une moyenne de 4,4 ind0+/st.

Code stations	Cours d'eau	Département	Latitude	Longitude	Total 0+ 2018	Total 1+ 2018	Total TRF toutes classes d'âges 2018	Prélèvements génétiques	Total 0+ 2020	Total 1+ 2020	Total TRF toutes classes d'âges 2020	Prélèvements génétiques
IAT_AIR01.1	La Hogue	53	48,4107156	-0,9790972	1	0	3	1	0	0	0	0
IAT_ARG03	L'Argonce	50	48,6301495	-1,0487194	3	7	24	3	3	5	10	10
IAT_BEU01	Gué Husson	35	48,4704439	-1,2241335	1	3	6	4	0	0	2	2
IAT_BOU01	Boulard	50	48,537746	-1,047090	2	2	7	4	11	2	16	16
IAT_CAN04	La Cance	50	48,6736761	-0,8579988	6	6	14	6	10	4	16	16
IAT_CAN05	La Cance	50	48,6253161	-0,9464254	3	2	9	3	1	2	3	3
IAT_CHE01	Chenilly	50	48,5913980	-0,8970460					0	0	0	0
IAT_CHE04	Chenilly	50	48,612411	-0,863680	0	0	0	0				
IAT_CRO01	Croisette	50	48,541241	-1,332479	9	3	12	9	10	1	13	13
IAT_DOU08	La Douenne	50	48,6095	-1,0734962	0	2	3	0	4	1	5	5
IAT_FRA01	La Francière	50	48,5526510	-0,8610190					6	1	7	7
IAT_GUE02	La Gueuche	50	48,6142167	-1,0079727	0	5	6	0	3	3	6	6
IAT_HOG01	La Hogue	53	48,4125570	-0,9676180					7	1	10	10
IAT_LAI01	Le Lair	50	48,5504130	-1,2112840					0	0	0	0
IAT_LAI02.1	Le Lair	50	48,5441353	-1,2069135	0	0	0	0				
IAT_LIV01	Livet ou Ivret	50	48,581703	-1,241761	10	3	13	6	1	0	2	2
IAT_MEH01	Ruisseau de la Méhétrais	35	48,4320840	-1,0926890					16	4	21	21
IAT_MEU01	Meude	50	48,6128786	-0,913181	10	1	11	11	14	2	16	16
IAT_MPPE01	Moulin du Pré	35	48,4684585	-0,947132	15	3	20	17	11	4	19	19
IAT_MPPE05	Moulin du pré	50 / 53	48,501876	-1,0333194	1	11	14	12	1	2	3	3
IAT_ORG01	L'Orgueilleux	50	48,585116	-1,309701	2	8	11	2	5	2	8	8
IAT_PDA01	Le Pont Dauphin	35 / 50	48,5223110	-1,1575020					0	0	1	1
IAT_REP02	Moulin de la République	50	48,572479	-1,139632	0	0	1	0	0	0	2	2
IAT_SEL29	Sélune	50	48,582436	-0,842530	1	0	1	1	0	0	0	0
IAT_VAU02	Vaux Roux	50	48,558514	-1,111257	0	15	17	3	1	14	17	17
IAT_YVR01	Yvrande	50	48,581824	-1,172386	0	0	2	0	0	0	0	0
IAT01	Oir	50	48,63791	-1,182834	1	2	4	0	0	1	1	1
IAT02	Oir	50	48,6387304	-1,1645287	6	3	10	0	0	4	5	0
IAT03	Oir	50	48,6458888	-1,1183727	0	0	0	0	8	2	10	10
IAT04	Pont Lévesque	50	48,6554418	-1,2477472	5	6	11	6	3	2	5	5
IAT05	Moulin du Bois	50	48,654964	-1,214882	32	7	41	29	22	2	24	24
IAT06	Vallée aux Berges	50	48,6398999	-1,1551624	38	1	39	32	10	0	10	10
IAT07	Violettes	50	48,6366259	-1,1389458	0	0	0	0	7	1	8	8
IAT08	Sourvallée	50	48,64915	-1,194456	2	9	12	4	5	1	7	7
IAT11	Les Chéris	50	48,6287791	-1,2544531	5	3	9	0	3	6	10	10
IAT12	Moulinet	50	48,6171580	-1,1874947	12	3	15	12	10	2	12	12
				<b>TOTAUX</b>	<b>165</b>	<b>105</b>	<b>315</b>	<b>165</b>	<b>172</b>	<b>69</b>	<b>269</b>	<b>264</b>
				<b>Moyenne par station</b>	<b>5,50</b>	<b>3,50</b>	<b>10,50</b>		<b>5,06</b>	<b>2,03</b>	<b>7,91</b>	

Tableau 4 : Liste des stations et résultats lors de l'indice d'abondance truites sur la Sélune en 2018 et 2020. © INRAE

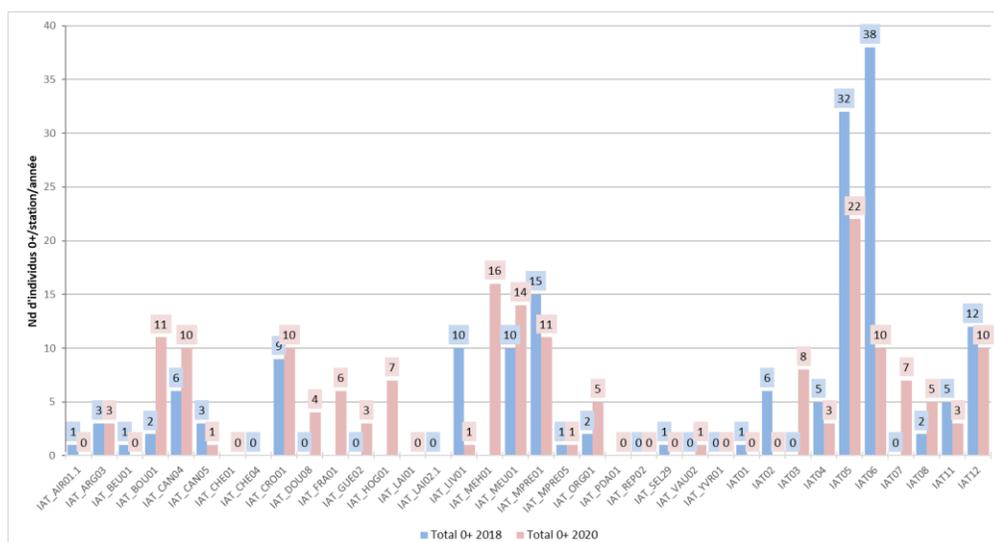


Figure 5 : histogramme des effectifs en truitelles de moins d'un an sur chaque station suivie en 2018 et 2020. © INRAE

Comme l'illustre la figure 6, les conditions hydrologiques observées sur la Sélune ont fluctué largement hors des normales ces dernières années. Les crues hivernales et printanières de fin 2017- début 2018 ont été les plus importantes des années 2011 à 2020 (pic à 81,4m<sup>3</sup>/s le 21/01/2018). Ces forts débits ont pu impacter le recrutement et la survie des alevins et juvéniles de 2018. Pour leur part, les débits importants de l'hiver 2019-2020 du 15 octobre 2019 à fin mars 2020 peuvent avoir été défavorables à la survie des alevins et juvéniles, ce qui pourrait expliquer que la moyenne de 5,06 individus 0+ par station observé en 2020 (la plus faible des 4 années de suivi : 5,37 en 2012, 7,41 en 2014 et 5,5 en 2018). A noter un important pic de crue en mai 2020, qui correspond à un épisode orageux violent très localisé, ayant localement entraîné d'importantes coulées de boues, et donc un important apport de particules fines sur certains cours d'eau, qui pourrait également avoir négativement impacté le recrutement. Le déficit hydrique de l'hiver 2018-2019, et qui s'est prolongé tout au long du printemps et de l'été 2019, pourrait pour sa part expliquer le faible effectif de 1+ en 2020, à savoir 2,03 individus 1+ par station en moyenne (3,85 en 2012, 4,01 en 2014 et 3,5 en 2018). L'année 2020 présente ainsi les plus faibles moyennes d'individus 0+ que d'individus 1+ des 4 années de suivi. Les débits de la Sélune ne peuvent pas être considérés comme représentatifs des affluents considérés, mais peuvent donner une tendance pour le bassin.

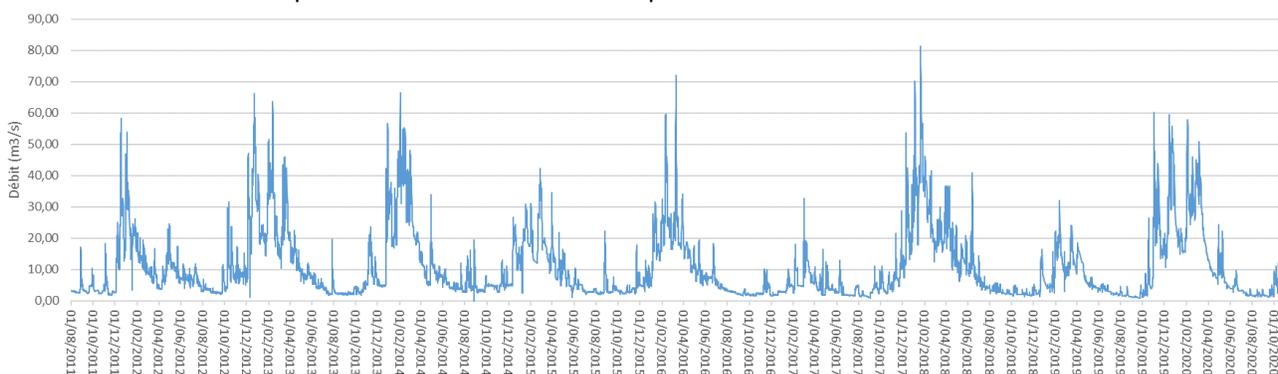


Figure 6 : Débit de la Sélune au pont de Signy, d'août 2011 à octobre 2020. © Banque Hydro

L'objectif d'échantillonnage génétique sur les truites du bassin versant de la Sélune n'est pas totalement atteint, faute d'effectifs suffisants pêchés lors des quatre années d'inventaire (objectif de 30 échantillons par station). Afin de compléter la banque d'échantillon avant l'ouverture d'une brèche dans le barrage de la Roche-qui-Boit, synonyme de remise en continuité de la Sélune, une campagne de pêche dédiée aux prélèvements génétiques sera réalisée en septembre 2021 sur 6 stations : IAT\_HOG01, IAT\_MEH01 et IAT\_VAU02 en priorité 1 (points rouges sur la carte en Figure 7), IAT\_LIV01, IAT\_AIR03.1 et IAT\_FRA01 en priorité 2 (points oranges en Figure 7). Toutes les stations du bassin de la Sélune pour lesquelles des échantillons génétiques sont disponibles apparaissent sur la carte du bilan des échantillons génétiques (Figure 7).

Cette carte fait par ailleurs apparaître le réseau IAT actualisé qui sera pêché en 2022, et conservé par la suite pour le suivi dans le cadre de l'observatoire environnemental de la Sélune (points verts, rouges, oranges et jaunes). 2 stations pêchées en 2020 seront supprimées. IAT\_CHE01 présente des étiages très sévères et donc un débit non compatible avec un peuplement trutticole. Ceci était également le cas sur IAT\_CHE04 en 2018 : le Chenilly ne sera donc plus pêché dans le cadre des IAT de l'Observatoire. IAT\_AIR01.1, aux résultats décevants en 2014 et 2018 (3 truites au total) sera remplacé par IAT\_HOG01, aux faciès plus favorables aux truites juvéniles, et aux résultats encourageants en 2020. La station IAT\_AIR03.1, qui avait été pêchée en 2014 avec de bons résultats (non inventoriée en 2018 et 2020), sera réintégrée au réseau IAT en 2022. Ces modifications rééquilibreront par ailleurs la répartition des stations sur le territoire : le réseau passera de 9 stations sur la Sélune amont contre 5 sur le bassin de l'Airon en 2020, à 8 sur la Sélune amont et 6 sur le bassin de l'Airon en 2022.

Une fois la lecture des écailles de 2018 réalisée, l'abaque de conversion (Servanty S. *et al.*, 2016) donné par le protocole Vigitruite® a pu être utilisée. La lecture des écailles de 2020 n'ayant pas été faite à ce jour, les densités de 2020 sont données à titre indicatif. A l'aide de la largeur moyenne du tronçon pêché et du nombre de truitelles de moins d'un an (0+) pêchées en 5 minutes, la densité en truitelles peut être extrapolée pour 100m<sup>2</sup> de cours d'eau. Les résultats démontrent des densités faibles (Figure 8), inférieures à 10 individus/100m<sup>2</sup>, sur la majorité des stations suivies (23 des 30 stations en 2018, 23 des 34 stations en 2020). Les densités entre 10 et 20 ind/100m<sup>2</sup>

sont considérées moyennes (4 stations en 2018, 9 stations en 2020), bonnes entre 20 et 30 (1 station en 2018, 2 en 2020), très bonnes entre 30 et 40 (aucune station), excellentes pour plus de 40 (2 stations en 2018).

M. DRUET 02/03/2021

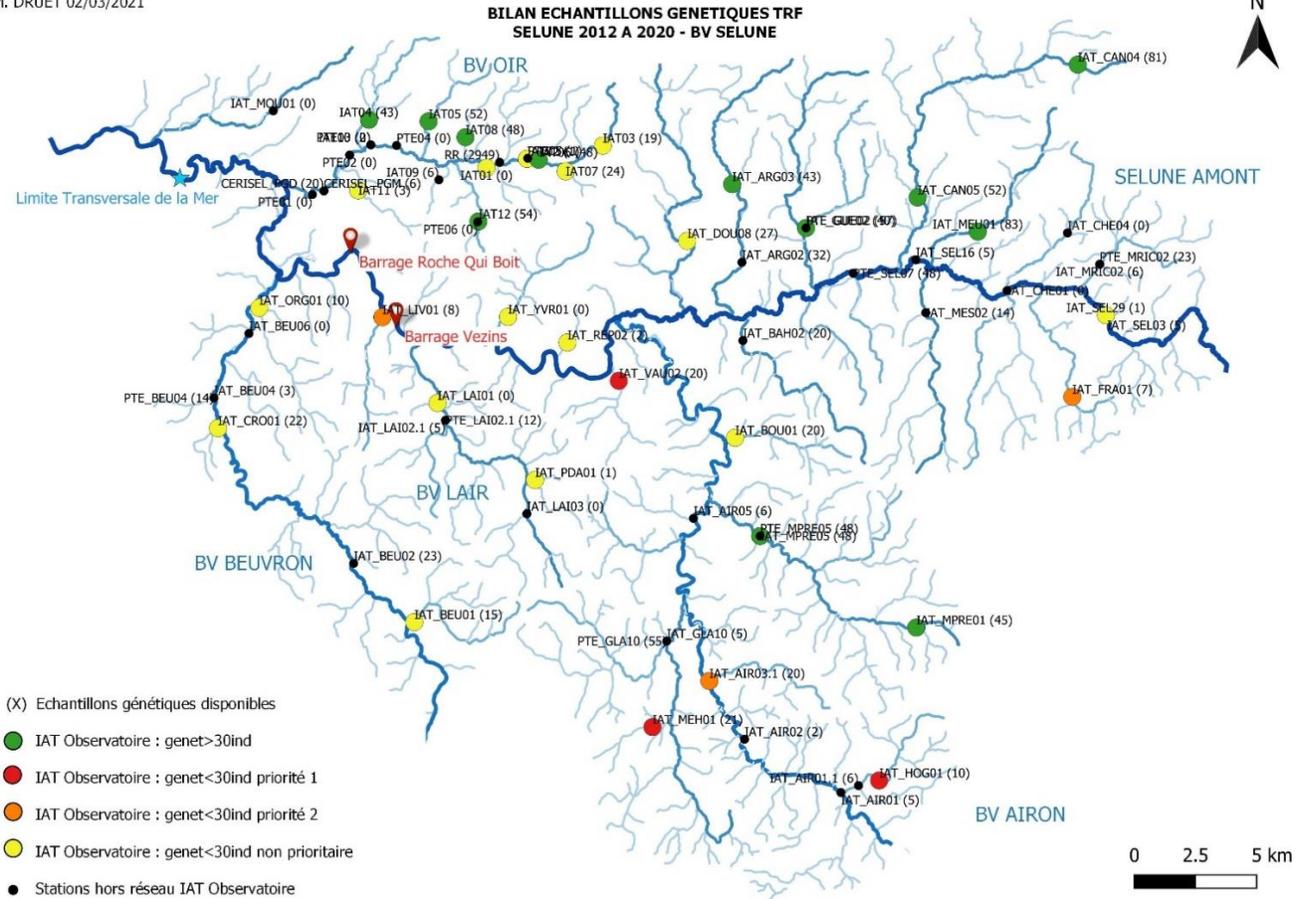


Figure 7 : Bilan des échantillons génétiques de truite disponibles sur le bassin de la Sélune. © INRAE

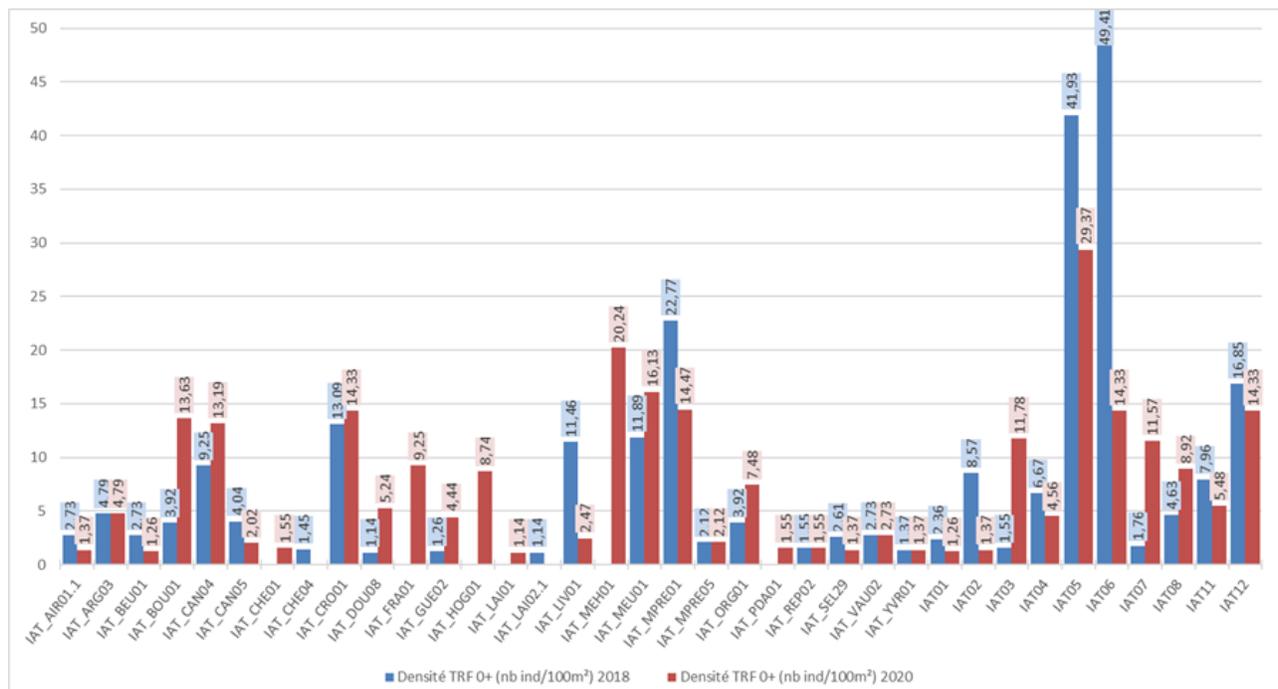


Figure 8 : histogramme des densités en truitelles de moins d'un an pour 100 m² sur chaque station suivie en 2018 et 2020. © INRAE

A l'avenir, ce suivi par indice d'abondance truite sera réalisé une année sur deux, et en alternance avec les indices d'abondance saumon, anguille et lamproie, dans le cadre de l'observatoire environnemental de la Sélune.

## 5. *Echantillonnages biologiques des saumons juvéniles et adultes, sur les 4 bassins versants de la baie du Mont Saint-Michel : Sélune, Sée, Sienne et Couesnon*

### 5.1. Méthodologie des échantillonnages biologiques sur les saumons

Le saumon Atlantique *Salmo salar* se reproduit en général dans sa rivière natale suite à un séjour marin d'une à trois années. Néanmoins, ce comportement de « homing » n'est pas strict et certains individus ne se reproduisent pas dans leur rivière natale mais dans des cours d'eau adjacents. Dans le cas de la Sélune, les futurs recolonisateurs pourraient donc provenir de la partie déjà colonisée en aval du barrage de la Roche-qui-Boit. Ils pourraient également venir d'autres bassins versants, de la Baie du Mont Saint-Michel (Sée, Sienne et Couesnon) et dans une moindre mesure d'autres rivières bretonnes et normandes plus éloignées. La recolonisation de l'amont du bassin de la Sélune va entraîner des modifications sur la population de ce petit fleuve et potentiellement aussi sur les populations adjacentes, étant donné leur fonctionnement en métapopulation au niveau de la Baie du Mont Saint-Michel. Afin de décrire les populations de saumons avant et après la réouverture de l'amont du bassin de la Sélune, deux axes de recherche sont définis :

- Étudier la distribution spatiale, l'abondance, les traits de vie et la structuration génétique des saumons des petits fleuves de la baie du Mont Saint-Michel (Sélune, Sée, Sienne et Couesnon).
- Déterminer l'origine géographique des saumons qui vont recoloniser la partie amont de la Sélune.

Il est donc souhaitable de faire un état des lieux le plus exhaustif possible des abondances en adultes et juvéniles, de leurs traits de vie et diversité génétique à l'échelle des petits fleuves de la baie. Deux stades de vie du saumon sont ciblés. Le juvénile de moins d'un an, natif de l'endroit de pêche, et le saumon géniteur revenant en baie du Mont Saint-Michel pour se reproduire après un voyage en mer. Ces échantillons de saumons géniteurs sont rares et précieux, riches d'une histoire de vie complexe à déchiffrer.

Ainsi nous proposons de combiner des analyses phénotypiques, génétiques et otolithiques pour identifier l'origine des saumons recolonisant la Sélune et décrire le fonctionnement de la métapopulation de la baie du Mont Saint-Michel. La méthode de génotypage par séquençage (GBS) permettra d'analyser la variabilité génétique pour des milliers de sites de mutation ponctuelle (SNP) afin d'explorer finement la structuration génétique spatiale de ces populations. Cette analyse nous permettra de tester le potentiel de ces nombreux marqueurs génétiques pour assigner les individus aux différentes rivières et le cas échéant de combiner les marqueurs les plus discriminants dans un protocole d'analyse simplifié applicable à grande échelle et coût réduit. En outre, l'analyse de la composition microchimique et isotopique des otolithes (petits os présents dans l'oreille interne) permet de distinguer l'origine des saumons à une échelle plus fine, et notamment l'appartenance à l'une des quatre populations de la Baie du Mont Saint-Michel. Quant aux écailles, elles permettent de connaître l'âge du saumon ainsi que son histoire de vie.

Sur les saumons juvéniles, des collections de références d'échantillons biologiques (tissus, écailles, otolithes) et de données phénotypiques ont été constituées en 2015 et 2018 sur le même réseau de stations. Nous avons ainsi deux années d'échantillonnage pré-arasement des barrages, constituant un état des lieux des populations natives de chaque bassin versant suivi (Sélune, Sée, Sienne et Couesnon). Elles ont été réalisées avec la collaboration des Fédérations Départementales de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques FDPPMA de la Manche et de l'Ille et Vilaine. Ces fédérations réalisent des suivis annuels par indices d'abondances (Figure 9), ciblés sur les tacons, saumons juvéniles de moins d'un an, natifs de leur lieu de capture. Chaque bassin versant est échantillonné sur 5 secteurs distincts par l'U3E. Il est parfois nécessaire de regrouper 2 stations de pêche proches pour former un secteur lorsque les captures sont faibles. L'objectif par année de suivi est d'échantillonner 30 individus pour chacun des 5 secteurs de chaque bassin versant pour la génétique (30 échantillons x 5 secteurs x 4 bassins versants = 600 échantillons). Chaque individu échantillonné est anesthésié, mesuré et pesé. Les échantillonnages génétiques sont réalisés de manière non létale en coupant un fragment de nageoire pelvienne. Les outils de prélèvements sont nettoyés entre chaque individu par baignade dans la javel, l'alcool et l'eau pour éviter la contamination inter-individuelle des échantillons. Lorsque l'âge du juvénile est incertain et dépasse peut-être un an, des écailles sont prélevées par frottis pour procéder à une vérification sclérochronologique. 5 tacons par secteur sont conservés pour prélever leurs otolithes, ce qui est léthal pour l'animal. Ces tacons sont sacrifiés dans un bain d'anesthésiant léthal et

congelés pour dissection en laboratoire. L'effectif conservé était de 10 tacons par secteur en 2015, il a été abaissé à 5 par secteur en 2018 pour limiter l'impact sur la ressource piscicole (5 tacons \* 5 secteurs \* 4 bassins versants = 100 individus). Les individus non conservés pour les otolithes sont relâchés sur le site de pêche.

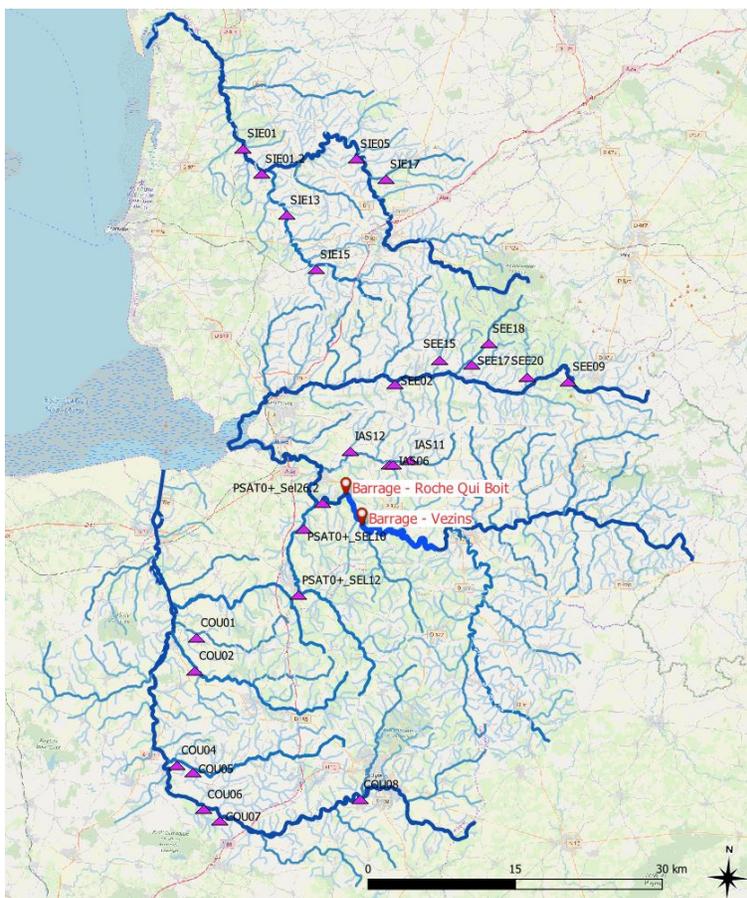


Figure 9 : Localisation des stations de prélèvements sur les saumons juvéniles des 4 bassins versants Sélune, Sée, Sienne et Couesnon en 2018. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE

Les saumons adultes géniteurs trouvés morts ou pêchés à la ligne sont collectés par l'U3E et ses partenaires (FDPPMA 35-50, AAPPMA locales...) sur les 4 bassins versants depuis 2015. Ils font l'objet de prélèvements biologiques (écailles, génétique, otolithes). Lorsque l'U3E dispose du corps entier, les mesures biométriques sont prises et la présence de marques individuelles PIT-Tag est recherchée.

## 5.2. Résultats

Le protocole de collecte d'échantillons sur les saumons juvéniles a été réalisé du 27 août au 26 septembre 2018. Comme en 2015, certains secteurs des quatre bassins versants n'ont pas fourni assez de saumons juvéniles pour permettre d'atteindre le quota d'échantillons génétiques sur 30 individus par secteur. 528 prélèvements génétique ont été effectués, soit 88% de l'objectif des 600 échantillons. 96 individus ont été conservés pour les otolithes sur l'objectif de 100. Un secteur du Couesnon n'a fourni qu'un seul juvénile (stations COU06 et COU07). La taille moyenne de la cohorte des tacons 0+ est fortement variable d'un bassin fluvial à l'autre, voir même d'un affluent à l'autre. La lecture des écailles en cours permettra de confirmer l'âge des poissons prélevés.

Sur la Sélune, la réalisation des indices d'abondances saumons se partage entre la FDPPMA 50 et l'unité U3E INRAE. L'U3E réalise le suivi sur l'affluent Oir, c'est-à-dire sur les stations IAS05, 06, 11, 12. La FDPPMA couvre le cours principal de la Sélune et l'affluent Beuvron. La station IAS12 est suivie à deux reprises à l'automne par l'U3E : lors des indices d'abondances saumons (dénomination station IAS12) et lors des pêches salmonidés-anguilles sur le ruisseau de la Roche (RR11). Les prélèvements génétiques réalisés y dépassent donc largement

30 individus car des échantillonnages lors de la pêche RR11 ont complété les 24 individus pris lors de l'IAS12. Les stations IAS05, 06, 11 ne sont suivies que lors de l'indice d'abondance saumon.

En 2018, le cours principal de la Sélune, entre Ducey et le barrage de la Roche-qui-Boit est presque totalement dépourvu de saumons juvéniles. 4 stations y ont été pêchées par la FDPPMA et trois ont montré une absence totale de saumons, ce qui est exceptionnel. La forte turbidité de l'eau constatée *in situ*, due aux travaux liés à l'arasement du barrage de Vezins pourrait avoir un effet répulsif sur les saumons juvéniles. De plus, comme déjà précisé au chapitre précédent concernant les IAT (Figure 6), la Sélune a connu un hiver 2017-2018 marqué par des crues très importantes et prolongées, qui ont possiblement impacté la reproduction sur le cours principal de la Sélune. Les affluents Oir et Beuvron de la Sélune en aval des barrages montrent pour leur part, un bon recrutement annuel en saumons juvéniles.

Bassin versant	Secteur	Code station	X_L93_E	Y_L93_N	Longitude	Latitude	Echantillons génétique / station	Total secteur	Echantillons otolithes / station	Total secteur
Couesnon	1	COU01	370978,31	6828207,99	-1.453580	48.470607	7	7	5	5
	2	COU02	370805,18	6824832,07	-1.453344	48.440197	31	31	6	6
	3	COU04	368993,21	6815177,91	-1.470418	48.352560	6	26	5	5
		COU05	370575,38	6814403,81	-1.448507	48.346410	20		0	
	4	COU06	371658,31	6810672,08	-1.431089	48.313436	5	7	0	1
COU07		373364,44	6809538,33	-1.407259	48.30411	2	1			
Sée	5	COU08	387590,98	6811676,34	-1.217214	48.330304	29	29	5	5
	1	SEE02	391177,44	6854036,74	-1.199273	48.712545	30	30	5	5
	2	SEE09	408905,19	6854357,46	-0.958851	48.723659	33	33	5	5
	3	SEE15	395731,71	6856517,24	-1.139226	48.736986	32	32	5	5
		SEE17	399017,53	6856090,64	-1.094306	48.7346944	26		5	
4	SEE18	400722,57	6858237,02	-1.072658	48.754766	4	30	0	5	
	SEE20	404685,74	6854780,34	-1.016429	48.725542	30		5		
Sienne	1	SIE01	375734,27	6878173,38	-1.427219	48.921712	8	28	4	4
		SIE01.2	377570,07	6875565,85	-1.400225	48.899222	20		0	
	2	SIE05	387256,27	6877102,78	-1.269431	48.917802	32	32	5	5
	3	SIE13	380119,58	6871357,39	-1.362333	48.862705	29	29	5	5
	4	SIE15	383173,15	6865805,76	-1.316639	48.8143611	30	30	5	5
SIE17		390290,58	6875030,88	-1.226575	48.900664	31	5			
Sélune	1	PSATO+_Sel26.2	383853,5	6841953,01	-1.28975	48.6004722	4	4	4	4
	2	IAS11	392780,256	6846373,072	-1,172018	48,644474	+30	+30	5	5
	3	IAS12	386677,322	6847255,415	-1,255382	48,649471	24	24	5	5
	4	IAS05	390679,34	6845856,43	-1,200122	48,638832	14	30	5	5
		IAS06	390979,16	6845856,19	-1,196059	48,638973	16		0	
5	PSATO+_SEL12	381305,32	6832556,42	-1.317293	48.514822	3	33	0	5	
	PSATO+_SEL10	381856,67	6839287,22	-1,314816	48,57555	30		5		

Tableau 5 : Liste des stations et prélèvements biologiques réalisés sur les juvéniles de saumons sur les petits fleuves côtiers Sélune, Sée, Sienne et Couesnon en 2018. © INRAE

En mars 2021, la banque d'échantillons biologiques de saumons adultes géniteurs (otolithes, génétique, écailles, mesures biométriques) comprend environ 160 individus répartis inégalement sur les 4 bassins versants (déficit d'échantillons sur la Sienne et la Sée). Leur collecte et traitement est toujours en cours. La prochaine campagne d'échantillonnage sur les saumons juvéniles se fera sur la Sélune après l'arasement des deux barrages, une fois la continuité écologique rétablie et l'accès à l'amont du bassin versant rouvert aux poissons migrateurs amphihalins.

## 6. Indice d'abondance Anguilles sur la Sélune

### 6.1. Méthodologie de l'Indice d'Abondance Anguilles

Le rétablissement du continuum fluvial de la Sélune après l'arasement des barrages permettra la colonisation de l'amont du bassin anciennement inaccessible aux anguilles. La population d'anguille de la Sélune en phase pré-arasement a été suivie via un indice d'abondance effectué en 2013, 2015 et 2019 sur un réseau de stations couvrant l'ensemble du bassin de la Sélune. Un réseau annexe fait également l'objet d'un suivi annuel dans le cadre de l'observatoire environnemental Oir, un affluent de la Sélune, depuis plusieurs années. Les données collectées

permettront d'estimer l'évolution de l'abondance des anguilles le long de la Sélune et de ses affluents, leur structuration en taille et leur répartition spatiale avant et après la destruction des barrages.

Sur la Sélune et ses principaux affluents (hors Oir), c'est la méthode par indice d'abondance qui a été privilégiée. Cette méthode dérivée des Echantillonnage Ponctuels d'Abondance (EPA ; Laffaille *et al.*, 2005a) a démontré son efficacité pour la capture des anguilles dans différents types de milieux (Laffaille *et al.*, 2005a ; Laffaille et Rigaud, 2008 ; Lasne *et al.*, 2008), y compris pour des cours d'eau larges comme la Sélune où des méthodes classiques d'épuisement ne peuvent être appliquées. Cette méthode, rapide et relativement peu coûteuse en matériel, temps et moyen humain, est mise en œuvre par une équipe de 7 personnes dont 4 d'INRAE et 3 du MNHN, au mois de septembre, une année sur deux sur la Sélune. Le protocole « EPA » consiste à prospector le cours d'eau selon un plan d'échantillonnage déterminé principalement par la largeur du cours d'eau. Trente points (30 secondes minimum) par station d'environ 100 mètres de linéaire sont échantillonnés par pêche électrique dans des secteurs où les hauteurs d'eau ne dépassent pas 60 à 100 cm. Plusieurs épuisettes - une grande épuisette semi-circulaire fixe en aval immédiat du point de pêche, et deux épuisettes mobiles - permettent la capture des poissons téтанisés. Cette méthode permet d'estimer un indice d'abondance (nombre d'anguilles par EPA) et des structures de tailles ainsi que leur répartition sur le profil longitudinal du cours d'eau. Les espèces accessoires capturées lors de ces inventaires ont été notées. L'habitat de chaque station a été décrit après chaque pêche aux points de pêche 1, 10, 20 et 30, afin de caractériser l'ensemble des stations du réseau. La largeur et la profondeur ont été mesurés, la granulométrie (blocs, galet, gravier, limon...), la morphologie des berges, la végétation aquatique et rivulaire et le type d'écoulement (rapide, plat lent, radier...) ont été décrits.

La méthode d'échantillonnage utilisée sur l'Oir est légèrement différente. La principale différence réside dans le fait que la largeur de l'Oir plus faible permet d'utiliser des méthodes par épuisement de stock et d'estimer, non pas un indice d'abondance, mais une densité estimée d'anguilles (nombre d'anguilles par m<sup>2</sup>). Pour le reste, les structures de taille et répartition sur le profil longitudinal du cours d'eau sont comparables. Les stations d'échantillonnage de l'Oir mesurent entre 30 à 40 mètres. L'intégralité de la surface de la station est échantillonnée selon le même principe de points, qui sont réalisés successivement afin de couvrir toute la surface de la station, selon le principe de pêche par épuisement. Des passages successifs, au moins deux, sont mis en œuvre sans remise à l'eau des captures entre les passages. Si lors d'un passage N+1, plus de la moitié de l'effectif de capture du passage N a été pêché, un passage supplémentaire sera effectué, jusqu'à ce que l'effectif de capture du dernier passage représente moins de 50% des captures du passage précédent. Les poissons capturés lors des différents passages sont dissociés.

Toutes les anguilles pêchées sur l'Oir comme sur la Sélune sont anesthésiées à la Benzocaïne et font l'objet de mesures biométriques (poids, longueur, diamètre oculaire horizontal, vertical, détermination du stade, jaune ou argentée). Les marques de type PIT-Tag (Passive Integrated Transponder) sont recherchées et notées. Les anguilles non marquées de tailles supérieures à 18 cm sont marquées par PIT-Tag. Cela permet l'identification individuelle des poissons et l'acquisition d'informations précises sur les processus comportementaux et migratoires des poissons lors de recaptures ultérieures. La marque est implantée dans la cavité abdominale par une injection avec un angle d'environ 45°, 1-2 cm antérieurement à l'anus. Le code alphanumérique unique de chaque marque peut être lu de façon externe par un lecteur spécifique permettant d'identifier individuellement tout poisson. Le stade des anguilles argentées est identifié à l'aide de 3 critères macroscopiques externe (Acou *et al.*, 2005). Ces critères sont (i) un contraste de la livrée (dos brun, ventre blanc), (ii) une ligne latérale différenciée (présence de neuromastes) et (iii) une hypertrophie oculaire. Si seulement un de ces trois critères vient à manquer, la plupart du temps il s'agit de la ligne latérale, l'anguille est considérée comme anguille jaune/argentée (« j/ag ») c'est-à-dire une anguille dont l'argenture est supposée intermédiaire entre l'anguille jaune (« j ») et l'anguille argentée (« ag »). Si un seul de ces critères, voire aucun, n'est observé, l'anguille est notée jaune (stade « j »). L'ensemble des anguilles est relâché directement sur le site de pêche.

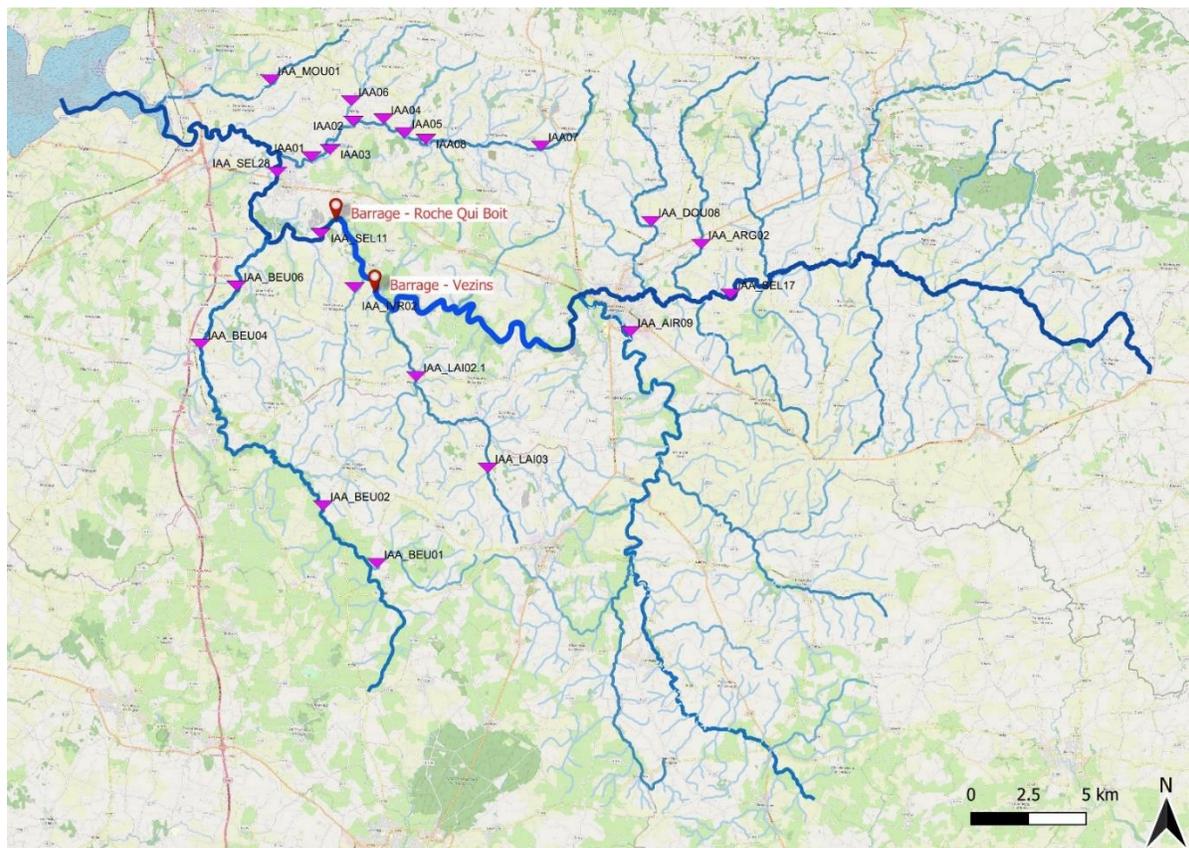


Figure 10 : Localisation des stations d'indice d'abondance anguilles échantillonnées en 2019. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE

## 6.2. Résultats

La campagne d'Indice d'Abondance Anguilles a été réalisée du 9 au 12 septembre (BV Sélune), puis du 18 au 19 septembre 2019 (Oir). Outre l'estimation des indicateurs d'abondance, cette campagne a permis la collecte de 25 anguilles jaunes de plus de 32 cm sur la Sélune (stations IAA\_SEL28 et IAA\_SEL11) pour analyses ultérieures sur le sex-ratio par l'UMR ECOBIOP. Considérant la divergence de méthodologie d'échantillonnage entre les réseaux Oir et Sélune, certains résultats de ces 2 réseaux vont être dissociés.

Les conditions hydrologiques observées sur la Sélune ont fluctué largement hors des normales depuis l'hiver 2016-2017. L'étiage estival a été fortement marqué et s'est prolongé jusqu'à la semaine d'expérimentation. Sur certaines stations comme sur le Lair, il s'agissait de l'étiage le plus sévère jamais observé par les exploitants agricoles. Les résultats présentés concernent les 14 stations du réseau Sélune ainsi que les 8 stations de l'Oir suivi tous les ans par l'unité U3E – INRAE.

Au total des deux réseaux en 2019, 510 anguilles (268 pour le réseau Sélune et 242 pour le réseau Oir) ont été capturées (taille moyenne  $\pm$  et :  $230 \pm 137$  mm ; min/max : 64/724 mm), dont 15 (3% de l'effectif total) anguilles au stade jaune/argenté (3) ou argenté (12) ( $501 \pm 120$  mm ; min/max : 246/634 mm), 324 (63,5%) anguilles jaunes de plus de 150mm ( $288 \pm 110$  mm ; min/max : 151/724 mm), et 171 (33,5%) civelles ou anguillettes de moins de 150mm ( $95 \pm 26$  mm ; min/max : 64/149 mm). 188 anguilles de tailles variant de 195 et 724 mm, ont été marquées par PIT-Tag (« Passive Integrated Transponder »), soit 118 pour le réseau Sélune et 70 pour le réseau Oir. 44 individus capturés étaient déjà marqués : 2 sur le réseau Sélune, soit 0,7% des effectifs, ainsi que 42 sur le réseau Oir, soit 17,4% des effectifs. Cette importante différence s'explique par l'effort de marquage qui n'est pas le même sur les 2 réseaux : seulement 2 campagnes de marquage ont eu lieu sur le réseau Sélune (en 2013 et 2015), alors que l'effort de marquage sur le bassin de l'Oir a commencé il y a plus de 10 ans et est réalisé tous les ans. Les individus recapturés sur le bassin de l'Oir, marqués entre 2009 et 2018, ont très majoritairement été recapturés dans les mêmes stations, ce qui tendrait à confirmer le caractère sédentaire des anguilles en phase de croissance. Ils présentaient un taux de croissance de 24,7mm/an en moyenne.

Les 6 stations en amont du barrage de Vezins ont démontré une absence totale d'anguilles. L'effet bloquant des barrages est donc confirmé comme pour les années précédentes. En revanche, des anguilles ont été capturées sur la station IAA\_LIV02, ce qui suggère que le barrage de la Roche-qui-Boit n'est pas complètement infranchissable comme cela avait été mis en évidence en 2015. Néanmoins, la taille moyenne de  $414 \pm 145$  mm des individus et la présence de seulement deux individus de moins de 250mm suggère un important obstacle au recrutement. En aval des barrages, la station la moins densément peuplée est IAA\_MOU01 (Moulinet), ce qui semble difficile à expliquer compte tenu de sa faible distance à la mer (6,1 km) et d'une apparente absence d'ouvrages. Les stations IAA\_SEL28 et IAA01, respectivement les plus aval du réseau Sélune et du réseau Oir, présentent les effectifs capturés les plus importants pour chaque réseau. Dans ces stations, les anguilles juvéniles au stade civelle ou anguillette sont les plus nombreuses, avec 70,5% et 70,8% des effectifs capturés pour IAA\_SEL28 et IAA01. Ces résultats suggèrent, comme en 2015, un fort niveau de recrutement estuarien pour l'année 2019. Aucune anguille juvénile n'a été capturée à la station IAA\_SEL11. Le recrutement estuarien est donc en place, comme en témoignent les résultats d'IAA\_SEL28, mais le premier seuil de Ducey, couplé à celui du Moulin de Quincampoix, semblent avoir un effet bloquant pour la remontée des juvéniles. Les anguillettes colonisent malgré tout l'affluent du Beuvron, en amont de ces deux ouvrages transversaux.

Réseau	Cours d'eau	Code station	Distance à la mer (km)	X_L93	Y_L93	Longitude	Latitude	Effectifs capturés	
Réseau Sélune	Aval barrage la Roche-qui-Boit (sauf Livet)	Le Moulinet	IAA_MOU01	6,1	383295.51	6848264.17	-1.3019672	48.6568841	8
		La Sélune	IAA_SEL28	9,3	383571.16	6844244.28	-1.295263	48.620914	122
		La Sélune	IAA_SEL11	16,7	385464.31	6841593.59	-1.2676723	48.5980286	23
		Le Beuvron	IAA_BEU06	17,4	381814.69	6839312.08	-1.3154029	48.5757527	29
		Le Beuvron	IAA_BEU04	21,1	380249.41	6836779.05	-1.3347055	48.5522303	34
		Le Livet	IAA_LIV02	21,8	386942.55	6839241.82	-1.24594	48.577621	16
		Le Beuvron	IAA_BEU02	35,3	385568.35	6829770.61	-1.2576223	48.4918793	22
	Le Gué Husson	IAA_BEU01	40	387911.77	6827258.42	-1.2241335	48.4704439	14	
	Amont barrage Vezins	Le Lair	IAA_LAI02.1	26,8	389619.04	6835370.57	-1.2069135	48.5441353	0
		Le Lair	IAA_LAI03	35,4	392726.78	6831403.07	-1.1620377	48.5099756	0
		L'Airon	IAA_AIR09	42,9	398925.80	6837325.02	-1.0823659	48.5660846	0
		La Douenne	IAA_DOU08	46,3	399828.23	6842111.27	-1.0734962	48.6095	0
		La Sélune	IAA_SEL17	47,6	403272.83	6838955.86	-1.0246518	48.5827418	0
	L'Argonce	IAA_ARG02	49,5	402001.30	6841130.21	-1.043377	48.601691	0	
	Réseau Oir	Bassin Oir	L'Oir	IAA01	10,4	385065.28	6844922.74	-1,2755194	48,6277368
L'Oir			IAA03	11,2	385878.26	6845232.36	-1.2647308	48.630913	12
L'Oir			IAA02	13,7	386888.77	6846473.36	-1,2519443	48,6425494	28
Le Pont Levesque			IAA06	14,7	386793.05	6847350.68	-1.2538829	48.650383	11
L'Oir			IAA04	15,3	388203.04	6846567.81	-1,2342	48,6440327	20
L'Oir			IAA05	16,6	389113.26	6845970.19	-1.2214293	48.639103	18
L'Oir			IAA08	17,9	390044.28	6845677.96	-1.2085999	48.636925	69
L'Oir			IAA07	24,1	395042.78	6845392.18	-1.1406521	48.636734	12

Tableau 6 : Liste des stations par réseau et distance à la mer, et effectifs d'anguilles capturées par station en 2019. © INRAE

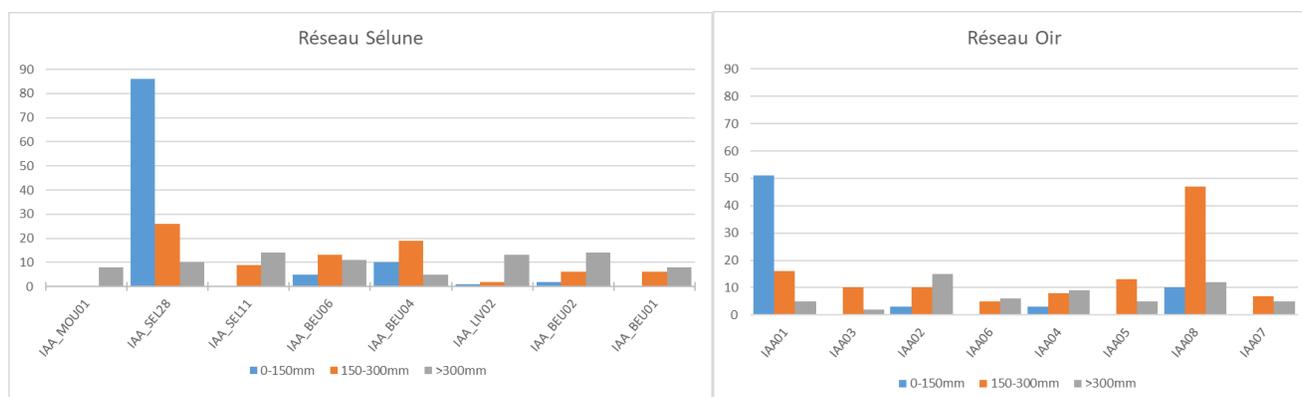


Figure 11 : histogrammes des effectifs d'anguilles capturées par classes de tailles sur les stations d'indices d'abondance non vides en 2019 (classement par distance à la mer). © INRAE

La prochaine campagne d'Indice d'Abondance Anguille sera réalisée en 2021 dans le cadre de l'observatoire environnemental de la Sélune. La destruction du dernier barrage de la Roche-qui-Boit prévue pour 2022, avec

l'ouverture préalable d'une brèche à l'été 2021, restaurera la continuité écologique de la Sélune. Le réseau de stations de suivi sera ensuite complété par des stations qui ont préalablement été échantillonnées en 2013 en amont des barrages et où l'absence d'anguilles a été avérée.

## 7. Suivi des écrevisses invasives *Pacifastacus leniusculus* en amont des barrages

### 7.1. Méthodologie du suivi des écrevisses invasives

L'écrevisse invasive *Pacifastacus leniusculus*, également appelée écrevisse de Californie ou écrevisse Signal, est présente sur le bassin de la Sélune depuis plusieurs années. Jusque-là cantonnée à l'amont par les retenues d'eau des barrages (hormis quelques observations sporadiques sur l'Oir depuis 2005 ou le Lair, dont l'origine et le statut restent à déterminer), son habitat potentiel va être considérablement étendu du fait de la renaturation de la vallée de la Sélune. Il existe donc un fort enjeu de conservation de l'écrevisse locale à pattes blanches, *Austropotamobius pallipes*. Cette écrevisse locale en mauvais état de conservation est mise en compétition avec l'écrevisse invasive, ce qui lui est fortement défavorable. En effet, l'écrevisse *Pacifastacus* est plus prolifique, résiste mieux à la dégradation des biotopes et est porteuse saine d'une maladie fatale à l'écrevisse à pattes blanches, l'aphanomycose.

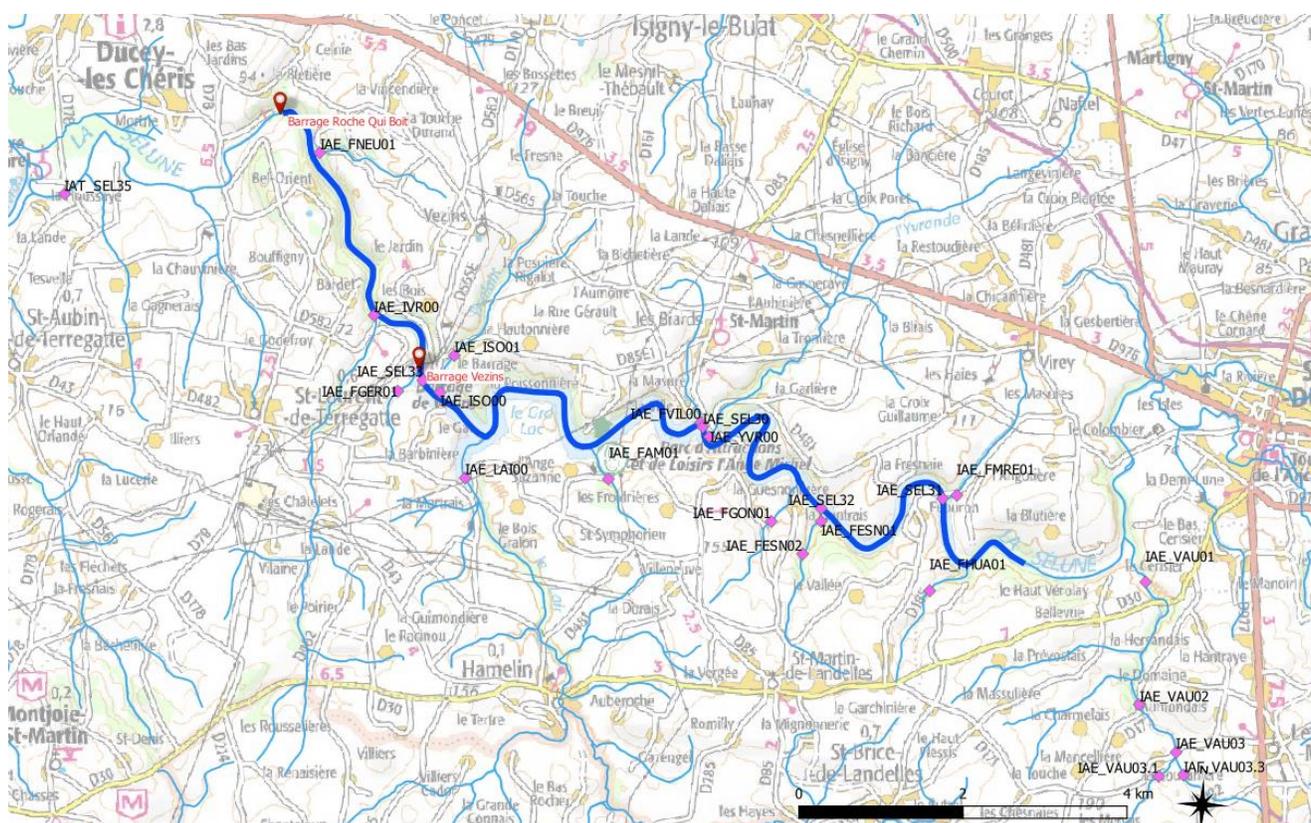


Figure 12 : Localisation des stations 2018-2020 de suivi de l'écrevisse invasive *Pacifastacus leniusculus* sur la Sélune. © IGN, INRAE

L'objectif de ce suivi est de décrire si, et à quelle vitesse, les *Pacifastacus* colonisent l'aval de la Sélune au fur et à mesure de son retour à un état lotique, et si de là elles colonisent les affluents auparavant inaccessibles car débouchant directement dans les retenues d'eau. Les caractéristiques des individus pionniers seront étudiées à travers leur morphotype. Le front de colonisation devrait s'élargir progressivement de l'amont vers l'aval et le réseau de stations suivies évoluera en conséquence. La vitesse de déplacement et de colonisation de la *Pacifastacus* potentiellement importante nécessite de réaliser deux campagnes annuelles de suivi, au printemps et à l'automne. Deux protocoles de détection sont menés conjointement à chaque campagne. La présence de *Pacifastacus* ou d'écrevisses indigènes est recherchée par piégeage via l'Indice d'Abondance Ecrevisse IAE et par l'ADN environnemental présent dans l'eau. La *Pacifastacus* laisse une signature génétique détectable dans l'eau, ce qui

constitue en principe une méthode plus sensible pour la détection des écrevisses que le piégeage. Elle est toutefois tributaire des conditions environnementales (précipitations) qui vont fortement influencer sur sa sensibilité.

Sur chaque station, 4 x 500 ml d'eau sont prélevés dans des bidons préalablement stérilisés aux ultraviolets. L'eau est filtrée en laboratoire le lendemain pour analyse ADNe ultérieure. L'indice d'abondance Ecrevisse IAE réalisé sur les stations les plus sensibles du front de colonisation consiste à poser 15 nasses non appâtées durant 24 heures, installées tous les 10 mètres au minimum. Dans le tableau des résultats (Tableau 7), le nombre de nasses est précisé quand il est inférieur à 15. Lors de certaines campagnes, les nasses excédentaires ont parfois été utilisées pour faire du piégeage prospectif. Les *Pacifastacus* capturées sont comptées, sexées et conservées entières au congélateur pour mesures biométriques ultérieures en laboratoire. Les écrevisses indigènes à pattes blanches *Austropotamobius pallipes* sont comptées, sexées et relâchées vivantes à l'endroit de la capture. Une attention toute particulière est portée sur la désinfection du matériel entre chaque station. En effet, l'écrevisse invasive *Pacifastacus* peut être porteuse saine de la peste des écrevisses, l'aphanomycose, mortelle pour *Austropotamobius*.

## 7.2. Résultats

Les campagnes printanières sont réalisées fin mai/début juin et les automnales début octobre.

A l'automne 2018 : 14 stations suivies par ADNe, et 6 stations piégées pour un total de 90 nasses déployées.

La retenue d'eau de Vezins a été vidée début 2018 pour réaliser l'état des lieux du barrage durant l'été. La retenue était toujours vide lors de la première campagne effectuée du 8 au 11 octobre. Du 10 au 11/10/2018, six stations en amont du bassin versant ont été piégées pour réaliser un Indice d'Abondance Ecrevisse IAE. Les deux stations de suivi prévues sur le lit principal de la Sélune, en amont immédiat du barrage de Vezins, et au milieu de la retenue d'eau ont montré une eau trop turbide pour faire l'objet de piégeages et de prélèvements d'ADNe. Cette turbidité est due au remaniement de la Sélune qui retrouve son lit mineur. L'habitat n'y est pas encore favorable à l'écrevisse qui nécessite une eau plus propre pour s'implanter. Le premier affluent colonisé, Vaux Roux (station IAE\_VAU01) montre une présence effective de la *Pacifastacus* avec 8 individus capturés. Leur taille moyenne est de 80 mm, avec 87% de mâles. Le Fossé de la Gontrais (FGON01) héberge une population d'écrevisses indigènes à pattes blanches, *Austropotamobius pallipes* avec 2 femelles capturées. Il conviendra de porter une attention toute particulière à la désinfection du matériel pour cet affluent à l'avenir.

Au printemps 2019 : 18 stations suivies par ADNe, 7 stations piégées pour un total de 97 nasses déployées.

La retenue du barrage de Vezins a été remise en eau durant l'hiver 2018-2019 de novembre à avril pour éviter la chasse des sédiments. En mai, la retenue était à nouveau totalement vidée. La colonisation de la *Pacifastacus* a probablement été freinée durant l'hiver sur le linéaire noyé de la Sélune et les affluents afférents, car elle ne s'implante pas en milieux profonds. Cela n'a pas empêché la *Pacifastacus* de descendre au niveau du pont de la République (station SEL19) où un individu a été détecté. Une progression a également été constatée sur le Vaux Roux jusqu'à la station VAU02.

A l'automne 2019 : 19 stations suivies par ADNe, 10 stations piégées pour un total de 127 nasses déployées.

La colonisation de la Sélune a atteint la station SEL32, à quasi la moitié de l'ancienne retenue de Vezins. Les *Pacifastacus* y sont abondantes et de bonne taille. Un nouvel affluent à proximité immédiate de la station SEL32 a été colonisé, le fossé de l'Esnaudière, démontrant une population bien en place avec 9 *Pacifastacus* de bonne condition capturées. Sur la station VAU02, la quantité de *Pacifastacus* a fortement augmenté, et elles y sont en contact avec des écrevisses à pattes blanches locales *Austropotamobius*, qui n'avaient pas été capturées lors de la campagne précédente.

Au printemps 2020 : 12 stations suivies par ADNe, 8 stations piégées pour un total de 120 nasses déployées.

Seule une *Pacifastacus* adulte mâle a été capturée lors de cette campagne, sur le ruisseau de la Ville, station FVIL00, à proximité immédiate de sa confluence avec la Sélune. Ceci constitue le point le plus aval des retenues où la présence de cette invasive est avérée, et confirme la rapide progression de l'espèce. La population

d'*Austropotamobius* du fossé de la Gontrais, FGON01, se maintient avec un individu juvénile femelle de 52mm capturé.

A l'automne 2020 : 14 stations suivies par ADNé, 9 stations piégées pour un total de 132 nasses déployées.

Lors de cette campagne de piégeage, qui n'indique pas d'évolution majeure du front de colonisation sur la Sélune et ses affluents, la dernière voute du barrage de Vezins avait été détruite, rétablissant ainsi la continuité entre la Roche-qui-Boit et l'amont du bassin, étendant ainsi le territoire colonisable par *Pacifastacus*. Seule une *Pacifastacus* mâle a été capturée sur la partie aval de l'Yvrande, station YVR00, à environ 200 mètres en amont hydraulique de la confluence du ruisseau de la Ville, où une *Pacifastacus* avait été capturée lors de la campagne de piégeage précédente. En revanche, une écrevisse américaine, *Orconectes limosus*, a été capturée sur IAE\_SEL33 entre la confluence de l'isolant et l'ancien barrage de Vezins. Ceci doit être un vestige de la population existante et connue de cette invasive sur le lac historique de Vezins (captures INRAE-ESE par piégeage en 2014). Cette espèce semble s'être cantonnée aux lacs de la Sélune, et ne pas avoir colonisé les cours d'eau environnants, ses habitats de prédilection semblant être lenticules et profonds, et l'espèce supporte bien les charges en matières organiques et les faibles teneurs en oxygène. Il est donc possible que cette population relictuelle disparaisse dans les années à venir. L'absence d'*Austropotamobius* sur la station IAE\_VAU03 est assez surprenante puisque des individus de cette espèce avaient été capturés en quantité non négligeable en octobre 2019. En revanche, la population d'*Austropotamobius* du fossé de la Gontrais, FGON01, se maintient avec 2 individus capturés : 1 femelle de 69mm et un mâle de 86mm.

Au total de ces 5 campagnes, 69 *Pacifastacus leniusculus*, 13 *Austropotamobius pallipes* et 1 *Orconectes limosus* ont été capturées (Tableau 7). La Capture Par Unité d'Effort sur l'ensemble des 5 campagnes de piégeage est de 0,12 *Pacifastacus*/nasses/24h. Les cellules orangées indiquent les captures de PFL, et les stations figurent dans un ordre de distance relative à la station figurant au niveau de St Hilaire du Harcouët avec l'étiquette 2015 (Figure 13). Cette station, qui fait office de station de référence historique de la présence de l'écrevisse signal, est la plus proche de la queue de la retenue de Vezins où *Pacifastacus* a été piégée, lors d'une campagne de piégeage INRAE-ESE en 2015. Les stations où *Pacifastacus* a été piégée sont représentées par un losange noir avec la date de capture en étiquette sur la carte ci-dessous (Figure 13), les losanges blancs à bord noir sont les stations où cette invasive n'a pas encore été capturée. Cette carte met en évidence la progression rapide de *Pacifastacus leniusculus* vers l'aval du cours principal de la Sélune, puis vers l'amont des affluents. A titre d'exemple, le front de colonisation a évolué de 1,9km vers l'amont sur le Vaux Roux entre octobre 2018 et mai 2019, et de 3km vers l'aval sur le cours principal de la Sélune entre octobre 2019 et mai 2020.

Cours d'eau	Code station	ADNe 10/10/2018	IAE 11/10/2018	CPUE PFL	ADNe 27/05/2019	IAE 28/05/2019	CPUE PFL	ADNe 07/10/2019	IAE 08/10/2019	CPUE PFL	ADNe 10/06/2020	IAE 11/06/2020	CPUE PFL	ADNe 05/10/2020	IAE 06/10/2020	CPUE PFL
Vaux Roux	IAE_VAU01	X	X : 8 PFL	0,53	X											
Vaux Roux	IAE_VAU02				X	X : 7 PFL	0,47	X	X : 20 PFL, 3 APP	1,33						
Vaux Roux	IAE_VAU03				X	7 nasses : Ø	0	X	8 nasses : 3 APP	0			X	X : Ø	0	
Vaux Roux	IAE_VAU03.1							X	7 nasses : 2 APP	0						
Vaux Roux	IAE_VAU03.3							X	7 nasses : Ø	0						
Fossé de la Huardière	IAE_FHUA01	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0
Sélune, amont Pont de la République	IAE_SEL31	X	X : Ø	0	X	X : 1 PFL	0,07	X	X : 12 PFL	0,8						
Moulin de la république	IAE_FVRE01	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0
Fossé de l'Esnaudière	IAE_FESN01	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0	X	X : 9 PFL	0,6						
Fossé de l'Esnaudière	IAE_FESN02										non prélevé	X : Ø	0	X	X : Ø	0
Sélune, aval confluence Esnaudière	IAE_SEL32							X	X : 10 PFL	0,67						
Fossé de la Gontrais	IAE_FGON01	X	X : 2 APP	0	X	X : Ø	0	X	X : Ø	0	X	X : 1 APP	0	X	X : 2 APP	0
L'Yvrande	IAE_YVR00	X			X			X			X	X : Ø	0	X	X : 1 PFL	0,07
Sélune, amont confluence La Ville	IAE_SEL30	Eau trop turbide, non prélevée				X		X								
La Ville	IAE_FVIL00	X			X			X			X	X : 1 PFL	0,07	X		
L'Ange Michel	IAE_FAMD1	X			X			X			X			X		
Le Lair	IAE_LAID00	X			X			X			X			X		
Isolant	IAE_ISOOD0	inaccessible				X		X								
Isolant	IAE_ISOOD1	X			prélevée + analysée						X	X : Ø	0	X	X : Ø	0
Sélune, amont immédiat barrage Vezins	IAE_SEL33										X	X : Ø	0	X	X : OCL	0
Fossé de la Géraudière	IAE_FGER01	X			X			X			X			X		
L'ivret (Livret, Livet)	IAE_IVR00	X			X			X			X			X		
Fossé du Neufbourg	IAE_FNEU01	X			X			X			X			X		
Sélune, Pont de Signy	IAE_SEL35														12 nasses : Ø	0

Tableau 7 : Liste des suivis 2018-2020 réalisés sur la Sélune de l'amont vers l'aval concernant l'écrevisse *Pacifastacus* : Indice d'Abondance Ecrevisse IAE ; ADN environnemental ADNé ; *Pacifastacus leniusculus* PFL ; *Austropotamobius pallipes* APP ; Capture Par Unité d'Effort en nombre de *Pacifastacus*/nasse/24h (CPUE PFL) . © INRAE

La vitesse de colonisation de la *Pacifastacus* est très rapide, aussi bien sur le cours principal que ses affluents, même si elle semble s'être ralentie. Les suivis futurs permettront d'établir cette vitesse avec plus de précision. Les échantillons d'ADN environnemental seront analysés par l'unité INRAE ESE, sous réserve de financement disponible, afin de faire le lien avec les observations collectées lors des piégeages et d'étudier la sensibilité respective de ces deux méthodes. Des mesures morpho-anatomiques des écrevisses pionnières conservées seront également faites afin d'étudier si leur morphotype diffère du reste de la population. Lors de la campagne d'automne 2020, la continuité était totalement rétablie au droit de l'ancien barrage de Vezins, ce qui ouvre le barrage de la Roche-qui-Boit et ses affluents à la colonisation de *Pacifastacus*.

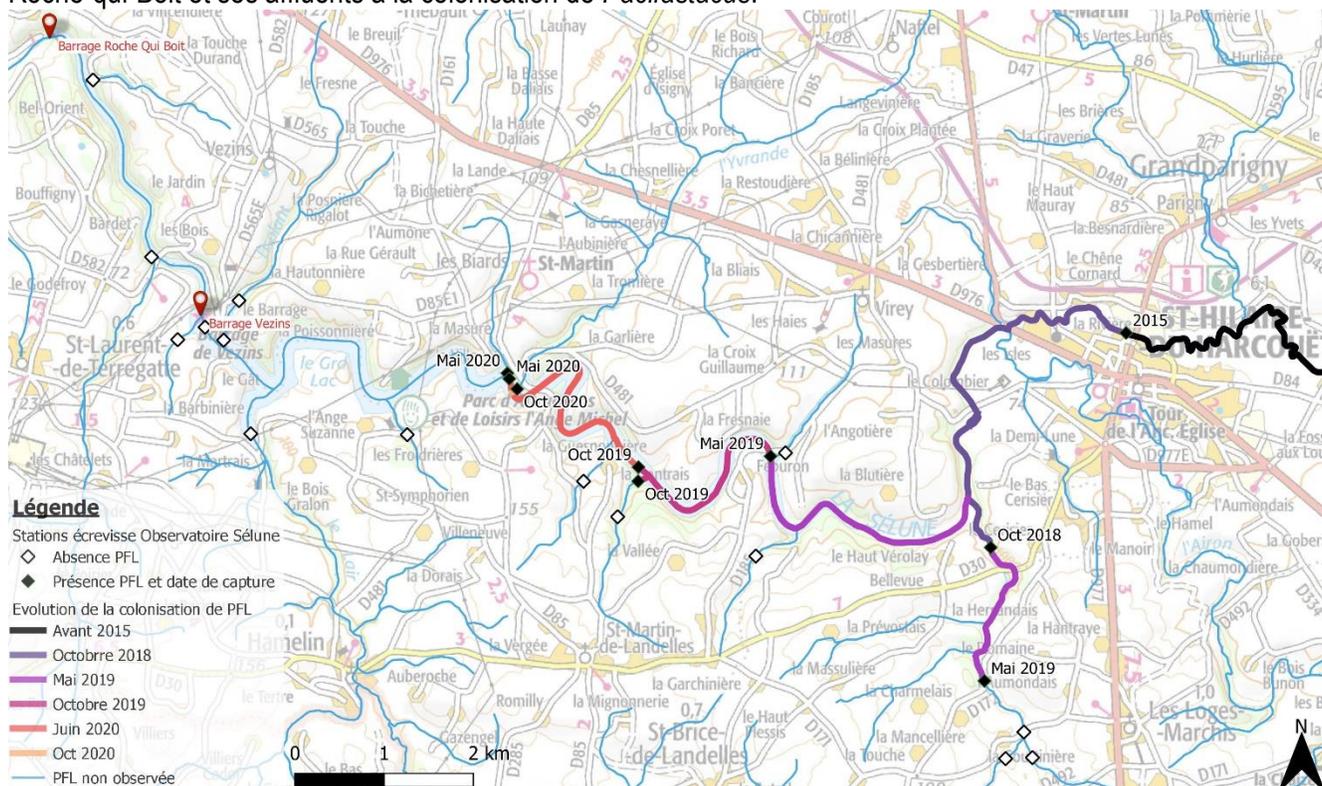


Figure 13 : Evolution de la colonisation de l'écrevisse invasive *Pacifastacus leniusculus* sur la Sélune de 2015 à 2020. © IGN, INRAE

Le suivi de l'évolution de *Pacifastacus leniusculus* l'invasive, et d'*Austropotamobius pallipes* la native, sera maintenu dans les années à venir dans le cadre de l'observatoire environnemental de la Sélune, avec la mise en place d'un réseau de stations fixes, permettant d'évaluer l'évolution des populations de *Pacifastacus* sur les stations où sa présence est avérée, ainsi qu'un réseau évolutif permettant de suivre le front de colonisation. L'augmentation du nombre de stations en découlant va entraîner une intensification de l'effort de pêche, avec maintien de deux campagnes de piégeage par an.

## 8. Evaluation de la population d'anguilles argentées dévalantes pêchées à la tézelle

Dans le cadre du programme scientifique de la Sélune, le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) étudie la dispersion et (re)colonisation de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), espèce migratrice catadrome, sur la Sélune et ses affluents. Les objectifs opérationnels depuis 2019 visent à finaliser l'état de référence pré-arasement, notamment en évaluant la population d'anguilles au stade argenté produites par ce bassin versant, grâce à l'installation d'une pêcherie scientifique en aval du cours d'eau principal. Les objectifs de ce suivi mené sur deux années consécutives (saisons de dévalaison 2019/20 et 2020/21) consistent à :

- 1) mettre au point la méthodologie de suivi de la cinétique de la migration d'avalaison avant l'arasement ;
- 2) caractériser la phénologie de la migration pendant 2 années consécutives ;

3) caractériser les paramètres démographiques (structures d'âge, taille et/ou sexe) et phénotypique (traits d'histoire de vie) de la fraction migrante.

### 8.1. Méthodologie de la pêche d'anguilles argentées

La capture des anguilles argentées est réalisée par une tézelle. C'est un engin composé d'un verveux de 4 m de long relié à un filet-poche conique de 6 m de long environ. Le filet est à maille décroissante, depuis l'entrée où elles mesurent environ 70mm, jusqu'au verveux à mailles de 10 mm. L'ouverture verticale maximale de la tézelle est de 3 m et de 5 m en largeur. Quatre anneaux de fer situés à l'extrémité des ailes sont enfilés sur des « aiguilles » métalliques (6 m de long). L'anneau du bas est attaché à une « quenouille » (perche en châtaigner) de façon à caler le filet au fond de l'eau et permettre la relève de l'engin. Les « quenouilles » sont ensuite attachées aux « aiguilles » par des cordes. Les « aiguilles » sont assurées à l'aide de cordes tendues depuis la rive. La tézelle est déployée depuis un ponton flottant mobile de 21 m<sup>2</sup> et équipé d'un treuil (Figure 14).

La dévalaison des anguilles argentées ayant lieu principalement de nuit durant l'automne et les premiers mois d'hiver, la tézelle est mise en pêche du coucher du Soleil au lever du jour suivant (avec une relève toutes les deux heures environ), entre septembre et fin janvier. Le nombre de sessions étant fixé à 10 - 15 nuits de pêche par saison, le choix des sessions est décidé en optimisant les conditions biotiques et abiotiques connues comme étant déclencheuses de dévalaison des anguilles argentées (augmentation de débit, conditions météorologiques, ouverture de vannes, etc.). Pour cela, un modèle développé par le MNHN (Teichert *et al.* 2020) est utilisé pour cibler les nuits où l'activité migratoire est la plus élevée.

Pour des raisons évidentes de sécurité (pêche nocturne pendant les crues), un document de prévention détaille les procédures et le matériel nécessaires à la sécurisation des agents et du site (MNHN, 2019). Cette méthode de pêche nécessite un minimum de 3 personnes (2 agents qui opèrent le filet, 1 agent « vigie » en berge). Le cout de l'opération en terme de moyen humain est donc important (préparation, rangement matériel, récupération). Une nuit de pêche pour 3 agents coûte 3\*3 jours équivalents temps plein.

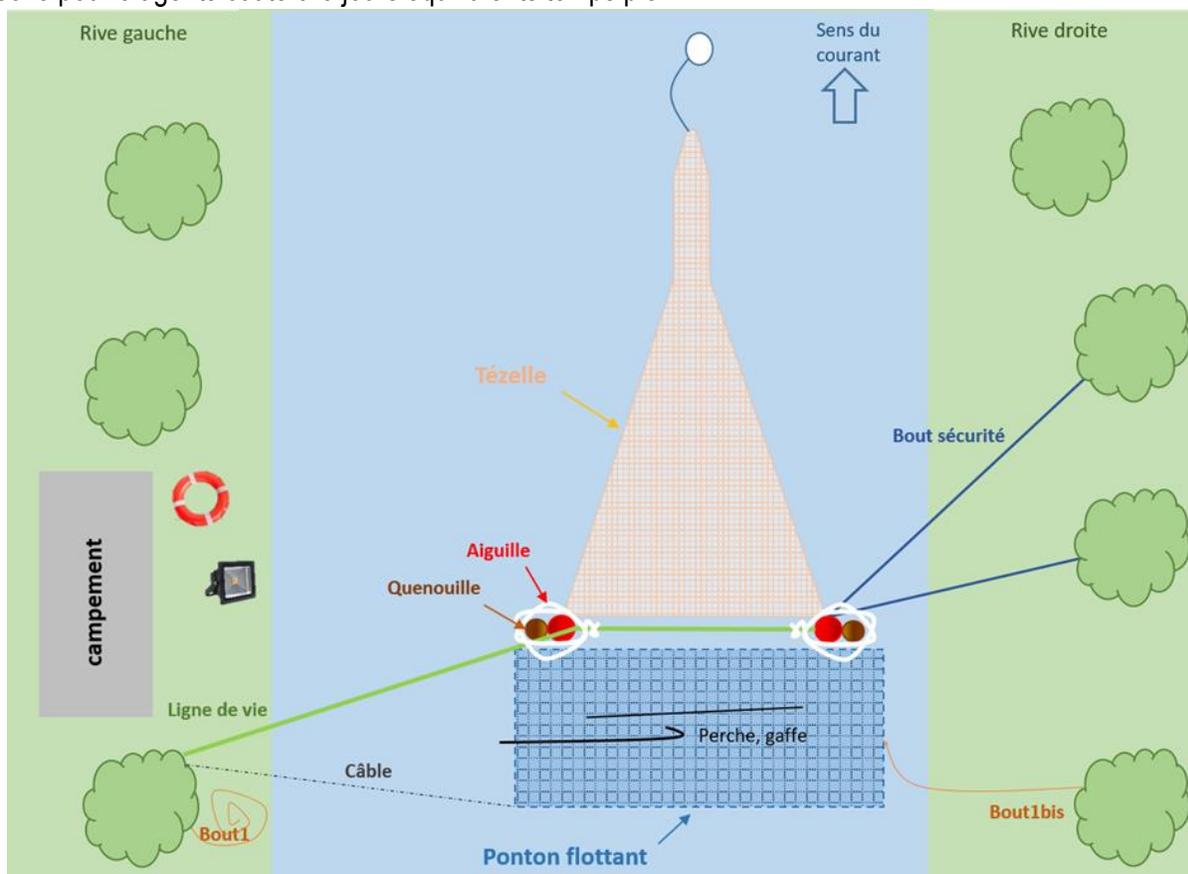


Figure 14 : Schéma illustrant la configuration de la pêche avec la tézelle en pêche. © M. Druet, J. Prod'homme

Toutes les anguilles capturées lors d'une relève sont stockées dans un bac et rapatriées sur la berge à l'abri dans un campement (barnum) de façon à procéder à leur biométrie. Après anesthésie, les stades de maturité et état sanitaire sont évalués. La recherche d'individus potentiellement marqués au PIT (Passive Integrated Transponder) tag lors des différents suivis (Sélune et Oir) est réalisée.

Au cours de la première saison, la pêcherie 1 (Figure 15) a été installée à proximité aval de la confluence Oir/Sélune à St Quentin sur le Homme sur une zone qui présentait un fond meuble (permettant d'y enfoncer les aiguilles) et relativement plat (maximisation des captures). La pêcherie a été opérationnelle pendant 11 semaines (du 16/9 au 6/12/19). L'accès à ce site étant très difficile, le choix a été fait de déplacer l'emplacement de la pêcherie. Pour la seconde saison, la tézelle a été installée à environ 2 km en aval (soit 6 km en amont de la LTM), entre les communes de St Quentin sur le Homme et Poilley (Figure 15). Elle a été installée le 24/9/20 jusqu'à fin décembre 2020. Dans les deux cas, la pêcherie est localisée en aval de la confluence des principaux affluents (Beuvron, Oir, ...) et du barrage de la Roche-qui-Boit.

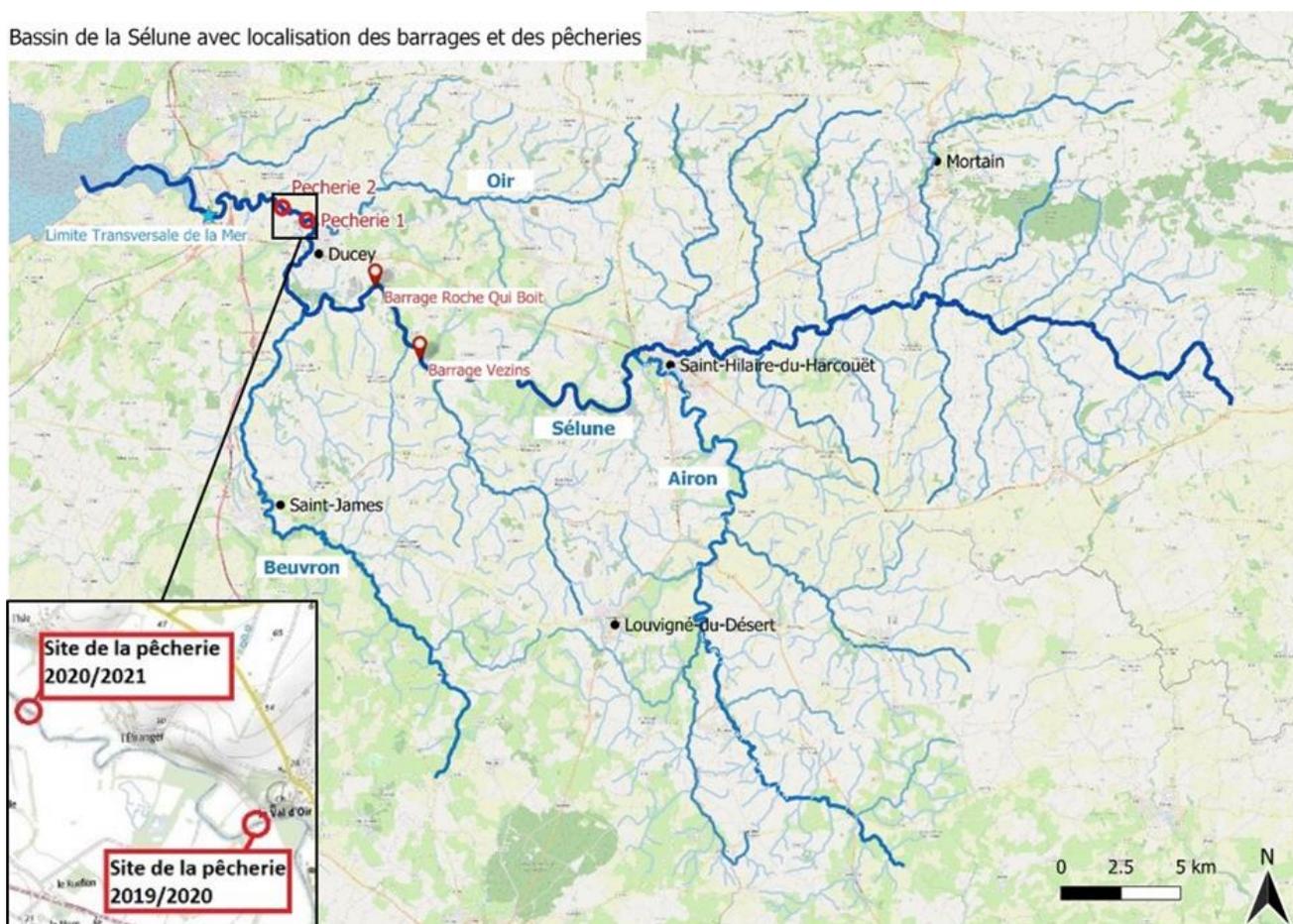


Figure 15 : Bassin versant de la Sélune et localisation des barrages et de l'emplacement de pêcherie d'avalaison en 2019/20 (pêcherie 1) et 2020/21 (pêcherie 2). © OpenStreetMap contributors, IGN, MNHN, INRAE

## 8.2. Résultats préliminaires

Au cours de la saison de dévalaison 2019/2020, 10 nuits de pêche ont été réalisées. Elles ont eu lieu au cours de pics de débits entre  $5 \text{ m}^3 - 25 \text{ m}^3/\text{s}$  (Figure 16) entre le 24 septembre et 27 novembre 2019 avec un temps de pêches effectives (tézelle en pêche) de 81h15mn, soit environ 8h par session. Il est à noter que aucune anguille migrante n'a été capturée lors de quatre sessions (S3, S6, S9 et S10), dont les deux dernières sessions de la saison.

Pour la saison 2020/2021, la première session de pêche a eu lieu le 1<sup>er</sup> octobre et la dernière pêche a été réalisée le 04 décembre 2020 (Figure 17). En raison des niveaux d'eau élevés rencontrés ensuite, aucune pêche n'a pu être réalisée et la pêche a été démontée en Février 2021. Ainsi, ce sont 13 sessions qui ont été réalisées lors de pics de débits variant entre 3,4 et 22 m<sup>3</sup>/s, sur une période de 10 semaines, ce qui cumule un total de 113 h de pêches effectives, soit presque 9 h de pêche effective en moyenne par session. Durant la saison, deux sessions (S6 et S7) ont été réalisées sans captures d'anguille migrante.

### Résultats préliminaires pour *Anguilla anguilla*

L'ensemble de ces pêches sur les deux saisons ont permis de capturer au total 283 anguilles (93 en 2019, 190 en 2020), dont 29 anguilles jaunes (14 en 2019, 15 en 2020), 13 anguilles en cours d'argenture (10 en 2019, 3 en 2020) et 241 anguilles argentées (69 en 2019, 172 en 2020) au cours des 23 sessions. Entre les deux saisons, le nombre d'anguilles jaunes capturées est stable. Concernant les individus migrants (stade argenté et en cours d'argenture), le nombre d'individus capturés (175 migrantes) sur la saison 2020/2021 est plus de deux fois supérieurs à celui de la saison précédente (79 migrantes en 2019/20). Ce résultat peut être lié à des conditions environnementales mais aussi à une capturabilité différentes entre les deux saisons. Les pics de capture ont principalement eu lieu au cours des pics de crue entre fin septembre (S1) et mi-novembre (S8), avec environ 80 % des migrantes capturées en deux sessions mi-octobre 2019 (S4, S5 ; Figure 16), pour des débits compris entre 10 à 22 m<sup>3</sup>/s.

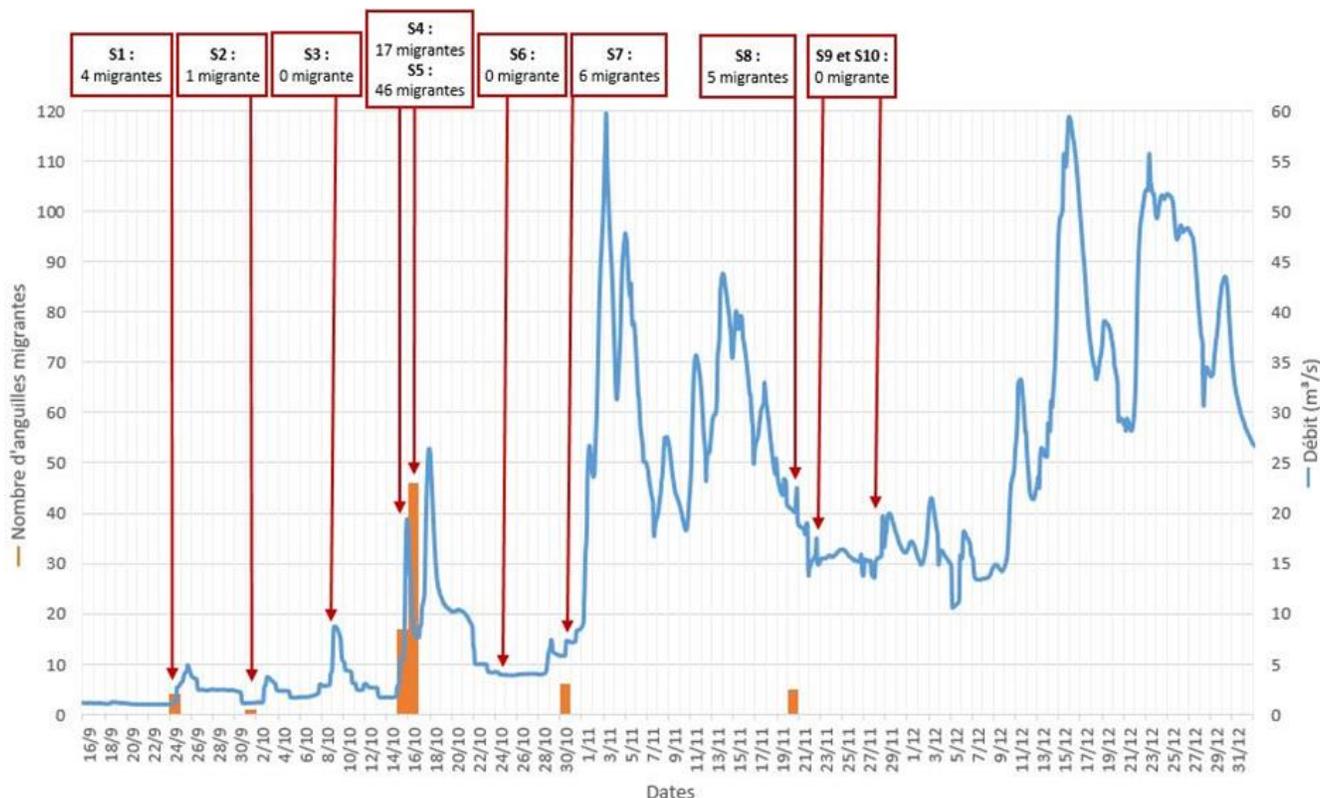


Figure 16 : Évolution du débit de la Sélune à la Station Saint Aubin de Terregatte aux mois de septembre à décembre 2019. Les sessions de pêche (S) réalisées et les effectifs d'anguilles migrantes capturées sont figurés. © Banque Hydro et MNHN

Pour la saison 2020/2021, les pics de capture ont eu lieu en majorité entre fin octobre (S8, S9) et début décembre 2020 (S12, S13 ; Figure 17). Les captures les plus élevées ont été observées le 15/11/2020, avec presque 60 % des migrantes capturées lors de cette session, avec des débits allant de 10 à 25 m<sup>3</sup>/s.

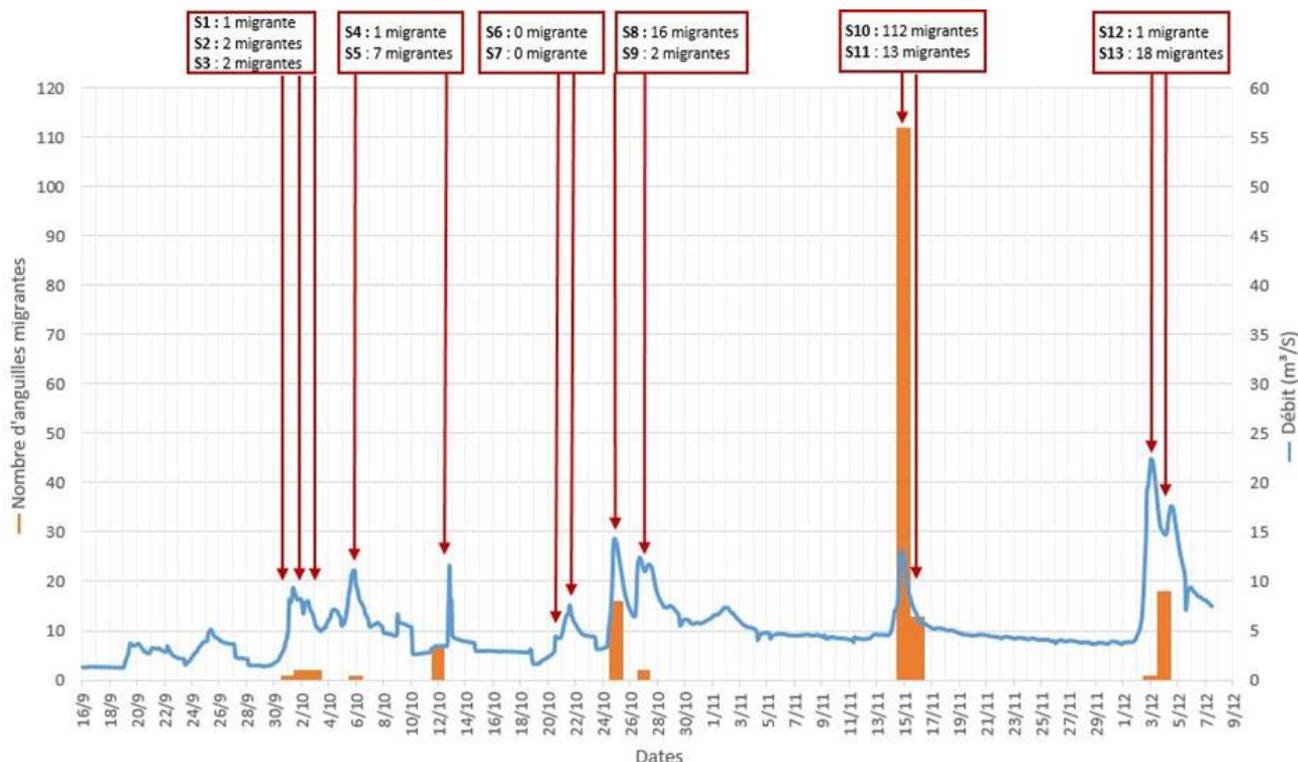


Figure 17 : Évolution du débit de la Sélune à la Station Saint Aubin de Terregatte aux mois de septembre à décembre 2020. Les sessions de pêche (S) réalisées et les effectifs d'anguilles migrantes capturées sont figurés. © Banque Hydro et MNHN

Sur les deux saisons, les individus capturés mesuraient entre 220 et 951 mm, pour un poids allant de 15 à 1519 g, néanmoins ces valeurs minimales et maximales ont été enregistrées lors de la saison 2020/2021. La distribution en tailles des anguilles migrantes est donnée en figures 18 et 19. En appliquant la taille seuil classiquement observée dans la littérature de 450 mm pour discriminer les anguilles argentées males (< 450 mm) et femelles (≥ 450 mm), le sexe ratio observé des anguilles migrantes est dominé par les femelles (60,8 % des captures) la première saison, et dominé par les males (53,7 % des captures) pour la seconde saison. Ces résultats pourront évoluer en fonction de la relation taille/sexe qui sera obtenue après observation macroscopique des gonades des 74 individus migrants conservés au laboratoire pour analyse ultérieure.

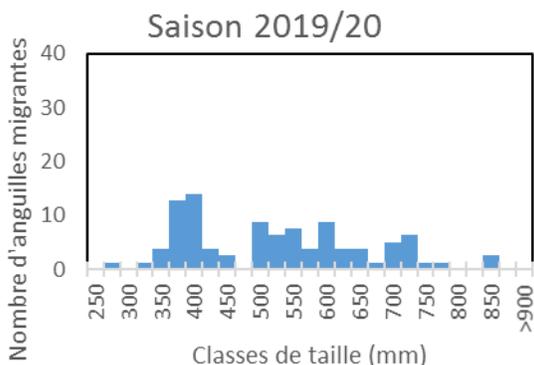


Figure 18 : Structure de tailles des anguilles migrantes (n = 79) capturées au cours de l'étude. © MNHN

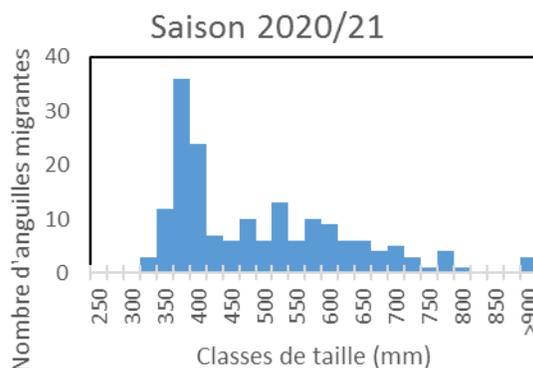


Figure 19 : Structure de tailles des anguilles migrantes (n = 175) capturées au cours de l'étude. © MNHN

### Résultats pour les autres espèces.

Un suivi des captures a également été réalisé pour toutes les espèces capturées. Les relèves de pêches ont permis de capturer un total de 635 individus (235 en 2019, 400 en 2020) appartenant à 23 espèces (19 espèces en 2019-2020, 20 espèces en 2020-2021) sur l'ensemble des sessions (Tableau 8). Le Gardon (37 % des pêches

accessoires), la Brème commune (13 % des pêches accessoires) et le Silure (9 % des pêches accessoires) sont les espèces les plus représentées en 2019. Le Gardon (57 % des pêches accessoires) et la Brème commune (4,5 % des pêches accessoires) restent parmi les espèces les plus représentées en 2020, le Silure est moins capturé (1,5 % des pêches accessoires) et à l'inverse, l'Épinoche est plus présente (23 % des pêches accessoires). Il est à noter également la capture de deux autres espèces amphihalines : le Flet et le Saumon atlantique. Concernant *Salmo trutta*, un seul individu a été clairement identifié comme étant une truite de mer en 2019.

	Nom de l'espèce non migratrice :	2019		2020	
		Nombre individus	Intervalle de taille (en mm)	Nombre individus	Intervalle de taille (en mm)
Non migratrice	Ablette ( <i>Alburnus alburnus</i> )	9	71-150	0	NA
	Athérine ( <i>Atherina boyeri</i> )	1	37	0	NA
	Bar ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	0	NA	1	225
	Bouvière ( <i>Rhodeus amarus</i> )	0	NA	1	75
	Brème bordelière ( <i>Blicca bjoerkna</i> )	1	135	3	51-100
	Brème commune ( <i>Abramis brama</i> )	30	70-150	18	51-250
	Carpe commune ( <i>Cyprinus carpio</i> )	0	NA	8	40-100
	Chevesne ( <i>Squalius cephalus</i> )	4	200-250	0	NA
	Épinoche ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> )	1	52	90	40-100
	Gardon ( <i>Rutilus rutilus</i> )	87	45-300	226	40-250
	Gobie ( <i>Gobius niger</i> )	0	NA	1	25
	Goujon ( <i>Gobio gobio</i> )	1	39	1	170
	Grémille ( <i>Gymnocephalus cernua</i> )	13	50-80	8	51-100
	Loche ( <i>Barbatula barbatula</i> )	1	100	0	NA
	Perche commune ( <i>Perca fluviatilis</i> )	11	84-150	2	101-150
	Rotengle ( <i>Scardinius erythrophthalmus</i> )	1	85	1	75
	Sandre ( <i>Sander lucioperca</i> )	17	80-150	6	101-250
	Silure glane ( <i>Silurus glanis</i> )	22	60-244	6	51-250
	Vandoise ( <i>Leuciscus leuciscus</i> )	14	50-74	2	25-100
Migratrice	Flet ( <i>Platichthys flesus</i> )	11	30-145	15	25-200
	Saumon atlantique ( <i>Salmo salar</i> )	8	60-700	3	51-100
	Truite ( <i>Salmo trutta</i> )	2	76-241	3	51-280
	Crevette (indéterminée)	1	NA	1	25

Tableau 8 : Tableau des espèces capturées et leur effectif total (somme des 23 sessions). © MNHN

## 9. Conclusion générale et perspectives

Les suivis commandés dans le cadre du projet « Dispersion et recolonisation du cours de la Sélune » en phase pré-arasement des barrages ont été effectués. Le maillage des stations a été optimisé sur l'ensemble du bassin versant de la Sélune. Ces stations possèdent un habitat adapté aux espèces suivies, permettant une vision globale de l'état de conservation des biocénoses aquatiques. Les espèces migratrices amphihalines sont totalement absentes en amont des 2 barrages (à noter toutefois la présence d'anguilles dans le Livet, en amont de la Roche-qui-Boit). Aucun individu de saumon, truite de mer, lamproies marine et fluviatile, anguille n'y a été observé lors des pêches scientifiques. L'effet de blocage des barrages sur l'écosystème aquatique est toujours démontré. Ces suivis ont aussi permis de constater que le retour de la Sélune jusqu'à son lit en amont du barrage de Vezins permet à l'écrevisse du Pacifique de commencer à envahir la partie aval du bassin versant, dans un mouvement d'expansion

spatiale qui se poursuivra à la faveur de l'abaissement de la lame d'eau de la retenue du barrage de la Roche-qui-Boit.

Afin de poursuivre ces suivis piscicoles et astacicoles dans le contexte particulier de l'arasement des barrages de la Sélune, un observatoire environnemental a été mis en place par l'U3E – INRAE de Rennes. Son objectif sera de suivre l'évolution des biocénoses aquatiques de la vallée de la Sélune jusqu'à dix ans après l'arasement des barrages et le rétablissement total de la continuité écologique prévu en 2022. Les poissons migrateurs amphihalins et les écrevisses seront suivis au sein de l'observatoire dès 2021. La végétation rivulaire, les macrophytes aquatiques, les micro-algues et les macro-invertébrés sont suivis dans le cadre de l'observatoire depuis 2019, en continuité avec les programmes de recherches préexistants. Les données et échantillons biologiques collectés sont dûment archivés afin d'être mis à disposition des chercheurs et du grand public via un système d'information en ligne (<https://programme-selune.com/fr/observatoire/siselune/>).

## Références bibliographiques

- Acou, A., Boury, P., Laffaille, P., Crivelli, A.J. & Feunteun, E. 2005. Towards a standardized characterization of the potentially migrating silver European eel (*Anguilla anguilla*, L.). *Archiv für Hydrobiologie*, 164, 237–255.
- Druet M., Robin E., Boinet C., Acou A., Teichert N., Feunteun E. 2020. Document de prévention destiné au personnel intervenant, de jour comme de nuit, sur une pêcherie type "tézelle" opérée depuis un ponton flottant pour la capture de l'anguille argentée. Document de procédure de la station marine MNHN de Dinard. 10 p.
- Laffaille, P., Briand, C., Fatin, D., Lafage, D. & Lasne, E. (2005a). Point sampling abundance of European eel (*Anguilla Anguilla* L.) in freshwater areas. *Archiv fur Hydrobiologie*, 162: 91-98. 96.
- Laffaille, P., Acou, A. & Guillouet, J. (2005b) The yellow European eel (*Anguilla Anguilla* L.) may adopt a sedentary lifestyle in inland freshwaters. *Ecology of Freshwater Fish*, 14, 191–196.
- Laffaille, P. & Rigaud, C. (2008). Indicateurs de colonisation et de sédentarisation. In : L'anguille européenne, indicateurs d'abondance et de colonisation. Adam G., Feunteun E., Prouzet P., Rigaud C. (eds). QUAE, Paris : 275-330.
- Lasne, E., Acou, A., Vila-Gispert, A. & Laffaille, P. (2008) European eel distribution and body condition in a river floodplain: effect of longitudinal and lateral connectivity. *Ecology of Freshwater Fish*, 17, 567–576.
- ONEMA, 2007. Prospections "anguille" réalisées dans les Côtes d'Armor en 2006. Mise en œuvre d'un protocole d'échantillonnage de type « indice d'abondance ». Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. *Brigade Départementale et Délégation régionale Bretagne Basse-Normandie*. 19 p.
- Petit E, Acou A, Azam D, Bardonnnet A, Barloy D, Benneveault Y, Besnard AL, Bolliet V, Boulenger C, Coste P, Coudreuse J, Daroux A, Evanno G, Feunten E, Forget G, Guillard J, Huchet E, Huteau D, Lassalle G, Launey S, Le Quilliec P, Macel N, Manicki A, Marchand F, Martignac F, Nevoux M, Oger A, Ombredane D, Paillisson JM, Poupelin M, Réveillac E, Rault P, Rives J, Fraisse S, Baglinière JL. 2017. Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents- Rapport final des travaux liés à la convention annuelle 1054505-1. Agence de l'Eau Seine-Normandie, 46 p.
- Robin E., Druet M., Boinet C., Acou A., Teichert N., Feunteun E. 2020. Protocole d'une pêcherie type "tézelle" opérée depuis un ponton flottant pour la capture de l'anguille argentée. Note de la station marine MNHN de Dinard. 16 p.
- Roussel J--M., Huteau D., Richard A., Gallet O., 2004. Mise au point et validation d'une méthode simple pour estimer l'abondance des juvéniles de truite en cours d'eau. Rapport de fin de contrat, convention INRA/DIREN. 19 p.
- Servanty, S., Beaulaton, L., Roussel, J.M., 2016. VIGITRUIITE® : test de la méthode et construction de l'abaque entre la densité et l'indice d'abondance en juvéniles de truite 0+ et 1+. Rapport AFB--INRA Pole Gest'Aqua. 35 p.
- Teichert N., Tétard S., Trancart T., De Oliveira E., Acou A., Carpentier A., Feunteun E. (2020). Towards transferability in fish migration models: A generic operational tool for predicting silver eel migration in rivers. *Science of the Total Environment*, 739, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140069>

## Table des illustrations

Figure 1 : Localisation des frayères de lamproies marines sur la Sélune et ses affluents Oir et Beuvron de 2015 à 2020. © OpenStreetMap contributors, BD Carthage, INRAE .....	- 5 -
Figure 2 : Localisation des stations de prélèvements génétiques sur les lamproies juvéniles en 2018. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE .....	- 6 -
Figure 3 : Localisation des stations d'indice d'abondance truite en 2018. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE .....	- 8 -
Figure 4 : Localisation des stations d'indice d'abondance truite en 2020. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE .....	- 9 -
Figure 5 : histogramme des effectifs en truitelles de moins d'un an sur chaque station suivie en 2018 et 2020. © INRAE .....	- 10 -
Figure 6 : Débit de la Sélune au pont de Signy, d'août 2011 à octobre 2020. © Banque Hydro .....	- 11 -
Figure 7 : Bilan des échantillons génétiques de truite disponibles sur le bassin de la Sélune. © INRAE .....	- 12 -
Figure 8 : histogramme des densités en truitelles de moins d'un an pour 100 m <sup>2</sup> sur chaque station suivie en 2018 et 2020. © INRAE .....	- 12 -
Figure 9 : Localisation des stations de prélèvements sur les saumons juvéniles des 4 bassins versants Sélune, Sée, Sienne et Couesnon en 2018. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE .....	- 14 -
Figure 10 : Localisation des stations d'indice d'abondance anguilles échantillonnées en 2019. © OpenStreetMap contributors, IGN, INRAE .....	- 17 -
Figure 11 : histogrammes des effectifs d'anguilles capturées par classes de tailles sur les stations d'indices d'abondances non vides en 2019 (classement par distance à la mer). © INRAE .....	- 18 -
Figure 12 : Localisation des stations 2018-2020 de suivi de l'écrevisse invasive <i>Pacifastacus leniusculus</i> sur la Sélune. © IGN, INRAE .....	- 19 -
Figure 13 : Evolution de la colonisation de l'écrevisse invasive <i>Pacifastacus leniusculus</i> sur la Sélune de 2015 à 2020. © IGN, INRAE .....	- 22 -
Figure 14 : Schéma illustrant la configuration de la pêcherie avec la tézelle en pêche. © M. Druet, J. Prod'homme .....	- 23 -
Figure 15 : Bassin versant de la Sélune et localisation des barrages et de l'emplacement de pêcherie d'avalaison en 2019/20 (pêcherie 1) et 2020/21 (pêcherie 2) . © OpenStreetMap contributors, IGN, MNHN, INRAE .....	- 24 -
Figure 16 : Évolution du débit de la Sélune à la Station Saint Aubin de Terregatte aux mois de septembre à décembre 2019. Les sessions de pêche (S) réalisées et les effectifs d'anguilles migrantes capturées sont figurés. © Banque Hydro et MNHN .....	- 25 -
Figure 17 : Évolution du débit de la Sélune à la Station Saint Aubin de Terregatte aux mois de septembre à décembre 2020. Les sessions de pêche (S) réalisées et les effectifs d'anguilles migrantes capturées sont figurés. © Banque Hydro et MNHN .....	- 26 -
Figure 18 : Structure de tailles des anguilles migrantes (n = 79) capturées au cours de l'étude. © MNHN .....	- 26 -
Figure 19 : Structure de tailles des anguilles migrantes (n = 175) capturées au cours de l'étude. © MNHN .....	- 26 -

## Table des tableaux

Tableau 1 : Protocoles de suivis piscicole et astacicole réalisés sur la Sélune depuis 2012 : IA Indice d'Abondance, SAT Saumon Atlantique, TRF Truite fario. © INRAE .....	- 4 -
Tableau 2 : Résultats des comptages de frayères 2015 à 2020 sur la Sélune et ses affluents Oir et Beuvron. © INRAE ...	- 6 -
Tableau 3 : Liste des stations et prélèvements génétiques effectués sur les lamproies juvéniles de la Sélune en 2018 ; stations grisées en amont des barrages. © INRAE .....	- 7 -
Tableau 4 : Liste des stations et résultats lors de l'indice d'abondance truites sur la Sélune en 2018 et 2020. © INRAE ..	- 10 -
Tableau 5 : Liste des stations et prélèvements biologiques réalisés sur les juvéniles de saumons sur les petits fleuves côtiers Sélune, Sée, Sienne et Couesnon en 2018. © INRAE .....	- 15 -
Tableau 6 : Liste des stations par réseau et distance à la mer, et effectifs d'anguilles capturées par station en 2019. © INRAE .....	- 18 -
Tableau 7 : Liste des suivis 2018-2020 réalisés sur la Sélune de l'amont vers l'aval concernant l'écrevisse <i>Pacifastacus</i> : Indice d'Abondance Ecrevisse IAE ; ADN environnemental ADNe ; <i>Pacifastacus leniusculus</i> PFL ; <i>Austropotamobius pallipes</i> APP ; Capture Par Unité d'Effort en nombre de <i>Pacifastacus</i> /nasse/24h (CPUE PFL) . © INRAE .....	- 21 -
Tableau 8 : Tableau des espèces capturées et leur effectif total (somme des 23 sessions). © MNHN .....	- 27 -