

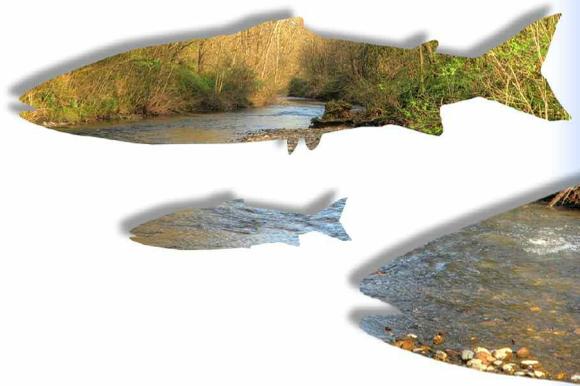


Bresle - Oir - Scorff - Nivelles

ORE
DiAPFC

Trois décennies d'observations et de recherche sur les poissons migrateurs

Didier Azam, Laurent Basilico, Laurent Beaulaton,
Frédéric Marchand et Étienne Prévost



Cet ouvrage poursuit la collection **Comprendre pour agir** qui accueille des ouvrages issus de travaux de recherche et d'expertise mis à la disposition des enseignants, formateurs, étudiants, scientifiques, ingénieurs et des gestionnaires concernés par la biodiversité.

Il est consultable sur le portail technique de l'office français de la biodiversité (<https://professionnels.afbiodiversite.fr/fr/node/819>) ainsi que sur le portail partenarial les *documents sur l'eau et la biodiversité* (www.documentation.eauetbiodiversite.fr).

Depuis le 1^{er} janvier 2020, l'Agence française pour la biodiversité (AFB) et l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) forment l'Office français de la biodiversité (OFB).

Depuis le 1^{er} janvier 2020, l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) et l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea) forment l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).

L'observatoire de recherche en environnement sur les poissons diadromes dans les fleuves côtiers (ORE DiaPFC) fédère une cinquantaine de chercheurs et techniciens au service de la connaissance, de la conservation et de la gestion des poissons migrateurs : le Saumon atlantique, la Truite de mer, l'Anguille européenne, les aloses et les lamproies.



Bresle - Oir - Scorff - Nivelles



Trois décennies d'observations
et de **recherche** sur les poissons **migrateurs**

Didier Azam, Laurent Basilico, Laurent Beaulaton,
Frédéric Marchand et Étienne Prévost



Préfaces

« Trente années de suivis, de données, de recherche et d'innovation. Des équipes engagées au quotidien, des équipements à maintenir, l'investissement de moyens considérables... tout cela pour quelques saumons, anguilles, truites et lamproies ? Oui, et pourvu que cela dure encore longtemps. Et pas seulement parce que nos rivières sont plus vivantes et plus belles lorsqu'elles abritent dans leurs courants ces êtres fabuleux. De par leurs modes de vie uniques et exigeants, les poissons migrateurs sont les meilleures sentinelles du bon état de nos cours d'eau – et au-delà, de la bonne gestion de nos bassins versants.

Grands voyageurs, ils nous renseignent aussi sur l'évolution des milieux marins et estuariens, soumis aux changements globaux. Lorsque les scientifiques ont investi les bords de la Bresle, de l'Oir, du Scorff et de la Nivelle, on ne parlait pas encore de changement climatique. Les séries de données collectées, année après année, par ce qui allait devenir l'ORE DiaPFC*, nous fournissent maintenant un matériau inestimable pour décrypter et mieux anticiper ces effets de long terme. Demain, peut-être nous permettront-elles de comprendre des choses que nous ne soupçonnons même pas aujourd'hui.

Je crois que c'est le rôle de la puissance publique, plus que jamais, de pérenniser avec les acteurs des territoires ces dispositifs d'observation de long terme, qui sont aussi des supports de pédagogie et de mobilisation citoyenne. Dans un contexte de forte contrainte budgétaire, l'OFB s'y emploiera, fidèle à sa mission de mise en œuvre des politiques publiques – dont la préservation des espèces menacées – et avec l'obsession constante de produire des connaissances et des données utiles à la gestion, et à la société tout entière. »

Philippe Dupont

Directeur de la recherche et de l'appui scientifique

Office français de la biodiversité

* Observatoire de recherche en environnement sur les poissons diadromes dans les fleuves côtiers, dénommé plus simplement ORE DiaPFC dans cet ouvrage

« Dès les débuts de l'action scientifique sur les berges de la Bresle, de l'Oir, de la Nivelle et du Scorff, à l'origine centrée sur le saumon, il y avait intuitivement l'idée de comprendre, à travers la dynamique de cette espèce, l'impact des pratiques humaines sur les milieux naturels, la continuité des cours d'eau et le fonctionnement des bassins versants. Bien avant la DCE (directive cadre sur l'eau européenne), les fondateurs de l'ORE DiaPFC voyaient déjà les poissons migrateurs comme des organismes sentinelles, dont le suivi et l'étude étaient à même de révéler l'état écologique des systèmes. Les observations se sont élargies aux autres espèces amphihalines, anguille, truite de mer, aloses et lamproies ; le champ de recherches s'est enrichi de sujets nouveaux.

En trois décennies, l'Observatoire a ainsi permis d'acquérir des données, des échantillons et des connaissances avec une profondeur temporelle unique en France, sinon en Europe, apportant le recul indispensable pour distinguer les tendances des variations interannuelles.

Précieux outil de recherche finalisée, il est aujourd'hui l'un des trésors de la stratégie scientifique de INRAE dont il couvre, sur sa thématique, l'ensemble des missions : production et diffusion de connaissances ; contribution à l'innovation opérationnelle ; formation à la recherche ; ouverture à l'international ; appui aux politiques publiques ; inscription dans un dialogue ouvert entre science et société.

Rendue possible par l'engagement de femmes et d'hommes passionnés, soutenue par une coopération exemplaire qui se poursuivra entre INRAE et l'OFB, cette aventure au long cours a encore beaucoup à nous apporter ! »

Thierry Caquet
Directeur scientifique environnement
Institut national de la recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement





Mots-clés

Bresle
Oir
Scorff
Nivelle
Observatoire
Migrateurs
Amphihalins
Saumon
Truite de mer
Anguille
Aloses
Lamproies
ORE DiaPFC



Résumé et mots clés

Depuis les années 1970 sur les berges de la Bresle, de l'Oir, du Scorff et de la Nivelle, chercheurs et techniciens poursuivent une action scientifique sans équivalent en Europe au service de la connaissance, de la conservation et de la gestion des poissons migrateurs : le Saumon atlantique, la Truite de mer, l'Anguille européenne, les aloses et les lamproies.

Fédérée sous l'enseigne de l'ORE DiaPFC (Observatoire de recherche en environnement sur les poissons diadromes dans les fleuves côtiers), cette aventure au long cours s'appuie sur une collecte de données systématique : année après année, les stations de contrôle implantées sur l'aval des cours d'eau permettent d'évaluer les effectifs de migrateurs qu'ils accueillent et d'étudier leurs rythmes de migration, en lien avec différentes variables environnementales ; des opérations de pêche électrique régulières renseignent sur la distribution des poissons dans ces rivières ; la constitution de banques d'échantillons biologiques, prélevés sur certains individus, ouvre des possibilités d'analyse complémentaire sur leur régimes alimentaires, leur histoire de vie, leur origine, etc.

Cette collecte ininterrompue de données constitue la matière première de dizaines de projets de recherche partenariaux, apportant des éléments de compréhension inédits sur ces espèces, des subtilités de leur reproduction à leurs réponses aux pressions anthropiques. Elle a occasionné de nombreux développements méthodologiques et livre des éléments utiles à la bonne gestion des populations de migrateurs et des cours d'eau en général, bien au-delà des limites des quatre bassins qui constituent l'Observatoire.

Cet ouvrage collectif, nourri d'échanges et d'entretiens avec plus de 50 chercheurs, techniciens et gestionnaires impliqués dans l'ORE DiaPFC, donne à voir les fruits de ces travaux. Destiné à un large public, il comporte cinq grandes parties qui proposent successivement :

- une présentation générale de l'ORE DiaPFC, de son histoire, de ses installations et des espèces qui y sont étudiées ;
- un inventaire de la « boîte à outils » de l'ORE DiaPFC, méthodes d'observation dont certaines ont été développées ou perfectionnées sur place ;
- un ensemble de connaissances nouvelles en écologie aquatique issues des travaux menés à l'ORE DiaPFC (du rôle des « mâles précoces » dans la reproduction du saumon à la spéciation des lamproies, du sexe des anguilles aux « bulls » d'aloses) ;
- des exemples d'utilisation des travaux de l'ORE DiaPFC par les gestionnaires des milieux aquatiques ;
- des éléments de conclusion et de perspectives.





Sommaire

- 8 Quatre cours d'eau pour un réseau scientifique d'exception
- 24 Utilisation et développement de méthodes d'observation
- 34 Connaissances nouvelles en écologie aquatique
- 46 Applications et connaissances pour la gestion
- 55 Conclusion et perspectives



- 
- 10 Une brève histoire de l'ORE DiaPFC
 - 11 Fiche d'identité
Quatre cours d'eau pour un observatoire
 - 12 Les quatre stations
 - 16 Trente ans de chroniques de données
 - 21 Indispensables données environnementales
 - 22 Infographies : la biologie des espèces migratrices

Quatre cours d'eau pour un réseau scientifique d'exception





Une brève histoire de l'ORE DiaPFC

Sur les berges de la Bresle, de l'Oir, du Scorff et de la Nivelles, le suivi et l'étude des poissons migrateurs initiés dans les années 1970 ont d'abord suivi leurs cours en parallèle, avant de se réunir, au tournant de 2007, pour former un véritable réseau scientifique. Quand les petits fleuves font les grandes histoires !

Tout a commencé sur le Scorff dans le cadre de l'enseignement d'hydrobiologie de l'Ensa de Rennes, lors de l'année scolaire 1971-1972. Ces recherches sur l'écologie du saumon, dont un programme de repeuplement (un premier piège est installé sur un affluent en 1974), ont bénéficié de la participation enthousiaste des étudiants, ainsi que du soutien immédiat de l'Association pour la protection et la production du saumon en Bretagne et Basse-Normandie. Le laboratoire d'hydrobiologie Inra* est créé en 1977. À moins que tout n'ait commencé, quelques années plus tôt, sur les rives de la Bresle ? Théâtre dès 1964 d'une étude par pêche électrique sur les populations piscicoles, la rivière normande est équipée en 1972, sur le site d'Oust Marais, de pièges de montaison et de dévalaison. Toujours pour remonter aux sources de l'ORE DiaPFC, il faut aussi parler de l'installation, en 1977, des équipes de l'Inra sur le site de Saint-Pée-sur-Nivelle, le même qu'elles occupent encore aujourd'hui, ainsi que de celle de leurs confrères de Ducey qui investissent en 1983 le moulin de Cerisel, au bord de l'Oir, pour y développer des actions de recherche sur les salmonidés avec le Conseil supérieur de la pêche (devenu Onema/AFB* puis OFB) et la Fédération départementale de pêche (FDPPMA) de la Manche.

Naissance d'un réseau

Territoires d'étude et d'expérimentation, la Bresle, l'Oir, le Scorff et la Nivelles ont accueilli au fil des décennies des dizaines de projets de recherche partenariaux ; ils ont vu l'arrivée de nouveaux équipements et contribué au développement de techniques et de connaissances qui font référence aujourd'hui. Ainsi cette aventure scientifique sans pareille est-elle parvenue à s'inscrire dans le temps long : portée par la persévérance des hommes et des femmes qui l'animent, chercheurs ou techniciens, et nourrie par les nombreux partenariats noués sur le terrain, avec les AAPPMA, FDAAPPMA, les associations migrateurs, les EPTB et les financeurs associés.

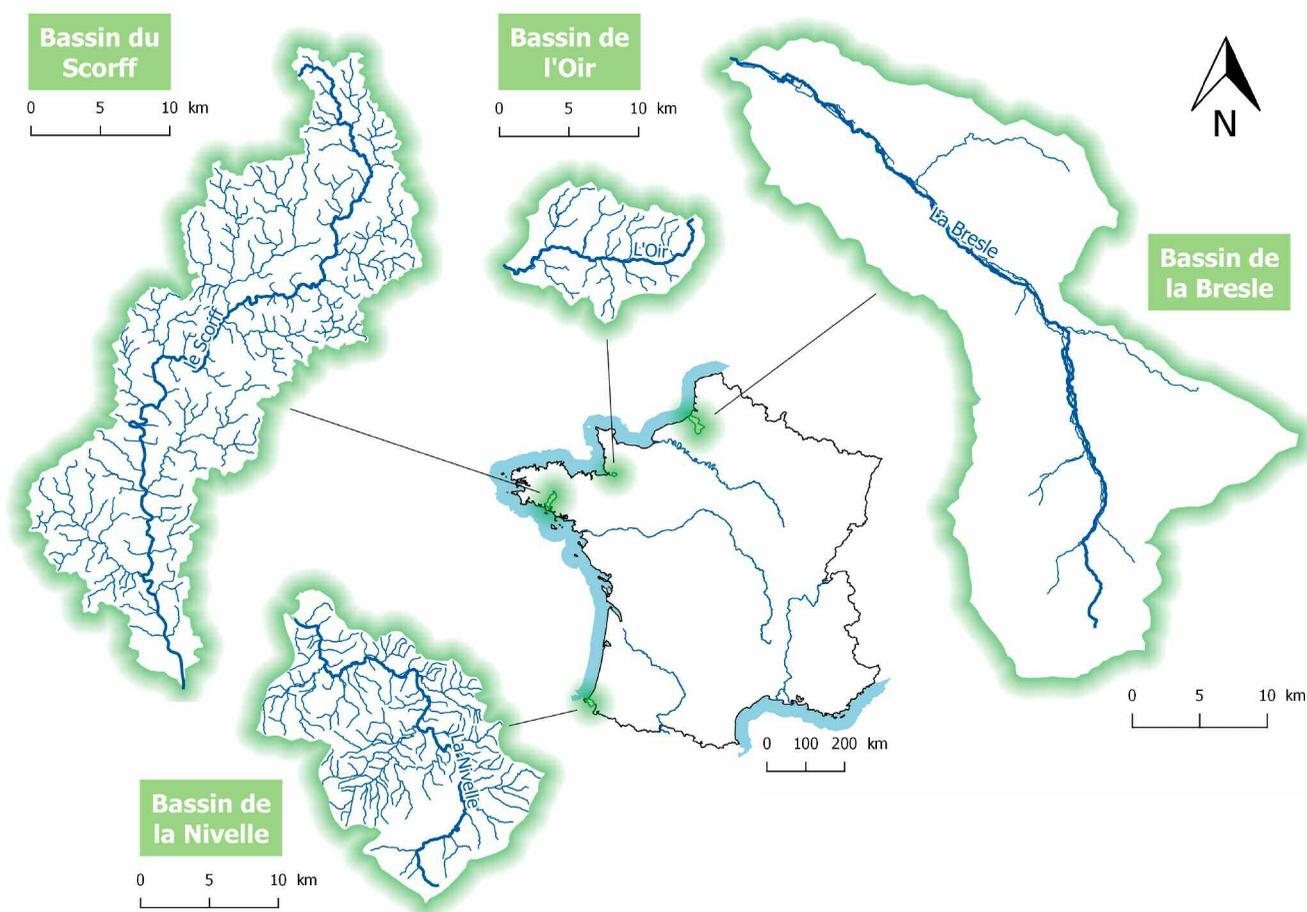
© L. Beaulaton - OFB



Les pionniers ont su transmettre la flamme ; les équipes ont élargi leurs thématiques, des seuls salmonidés à l'ensemble des espèces migratrices et à leurs écosystèmes, sans jamais interrompre leur effort de suivi et d'acquisition systématique de données. Leur rapprochement s'est fait d'abord de manière informelle, au gré des échanges scientifiques autour d'un sujet d'études commun. Le besoin de faciliter ces échanges, de partager les données et les compétences au sein d'un véritable réseau, a conduit en 2007 à la création de l'ORE DiaPFC¹, réunissant d'abord le Scorff, l'Oir et la Nivelle sous l'égide de l'Inra. En 2012, le lancement conjoint par l'AFB et l'Inra du pôle de recherche Gest'Aqua² à Rennes a donné une structuration plus forte à l'Observatoire, et permis d'y intégrer les travaux scientifiques menés sur la Bresle... L'ORE DiaPFC sous sa forme actuelle était né, et il devrait encore voir beaucoup d'eau couler sous les ponts de ses quatre cours d'eau !

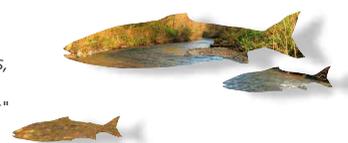
Fiches d'identité

Quatre cours d'eau pour un observatoire



1 - Observatoire de recherche en environnement sur les poissons diadromes dans les fleuves côtiers, dénommé plus simplement ORE DiaPFC dans cet ouvrage.

2 - Devenu en janvier 2019 "pôle pour la gestion des migrateurs amphihalins dans leur environnement" OFB, INRAE, Agrocampus Ouest, UPPA.





Les quatre stations

La Bresle

Longueur : 72 km

Bassin versant : 748 km²

Débit moyen à l'estuaire : 7,5 m³/s



© L. Beaulaton - OFB

Le bassin

Depuis sa source située à Abancourt (Oise), la Bresle s'écoule d'abord vers le nord, jusqu'à Sénarpont où elle reçoit son principal affluent, le Liger. Son cours s'infléchit alors vers le nord-ouest, sa pente s'affaiblit et le fleuve parcourt une vallée encaissée, sur un sol crayeux. Dans sa partie aval, entre Eu et Le Tréport, la Bresle en partie canalisée coule dans une large vallée herbeuse. Le bassin versant se caractérise par son faible nombre d'affluents, avec seulement huit tributaires, tous de taille modeste. Son hydrologie, de type pluvial océanique, présente des variations de débit limitées au cours de l'année.

Les migrateurs

La Bresle a tout pour plaire aux salmonidés migrateurs : le Saumon atlantique, mais surtout des centaines de truites de mer y remontent chaque année. Le fleuve normand est également fréquenté par l'Anguille et par la Lamproie fluviatile.

La station

Le suivi des poissons migrateurs repose principalement sur deux sites, mis en service en 1981 et 1983 : le premier à Eu, à 3 km de la mer, et le second au Lieu-Dieu, sur la commune de Beauchamp à 15 km de la mer. Ce dispositif complémentaire permet un suivi exhaustif des populations de salmonidés : capture et marquage des adultes à Eu lors de la montaison, puis recapture-contrôle, au Lieu-Dieu, des individus regagnant la mer après la reproduction. Inversement, capture marquage des juvéniles dévalants à Lieu-Dieu et recapture-contrôle à Eu. Les pièges fonctionnent également pour les anguilles : civelles et anguillettes sont comptabilisées à Eu, et les adultes argentés à Lieu-Dieu.

Les partenaires-clés de l'OFB et de INRAE

Syndicat mixte du bassin versant de la Bresle et Association Seinormigr.

L'Oir

Longueur : 21 km

Bassin versant : 86 km²

Débit moyen à Ducey : 1,1 m³/s



© L. Beaulaton - OFB

Le bassin

L'Oir, le seul des quatre cours d'eau de l'ORE DiaPFC à ne pas être un fleuve, est aussi le plus modeste par la surface de son bassin, entièrement situé dans le département de la Manche. Entre sa source, à Reffuveille, et son confluent avec la Sélune en limite de la commune de Ducey, il coule globalement vers l'ouest en recevant une dizaine de petits ruisseaux.

Les migrateurs

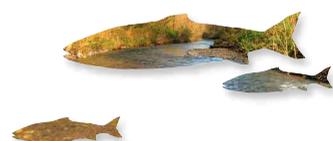
Cette petite rivière normande constitue un habitat de choix pour la reproduction du Saumon et de la Truite de mer, ainsi que de la Lamproie fluviatile. Elle est également bien colonisée par l'Anguille et par la Lamproie de Planer (sédentaire).

La station

Le site de la pisciculture du Moulin de Cerisel, à Ducey, accueille depuis 1983 un système de double piégeage, installé à proximité de bassins d'élevage : ce dispositif permet une estimation précise des populations de migrants de l'Oir, en montaison comme en dévalaison.

Les partenaires-clés de l'OFB et de INRAE

La Fédération départementale pour la pêche et la protection des milieux aquatiques de la Manche. Les associations agréées pour la pêche et la protection des milieux aquatiques de Ducey et de Saint-Hilaire-du-Harcouët.

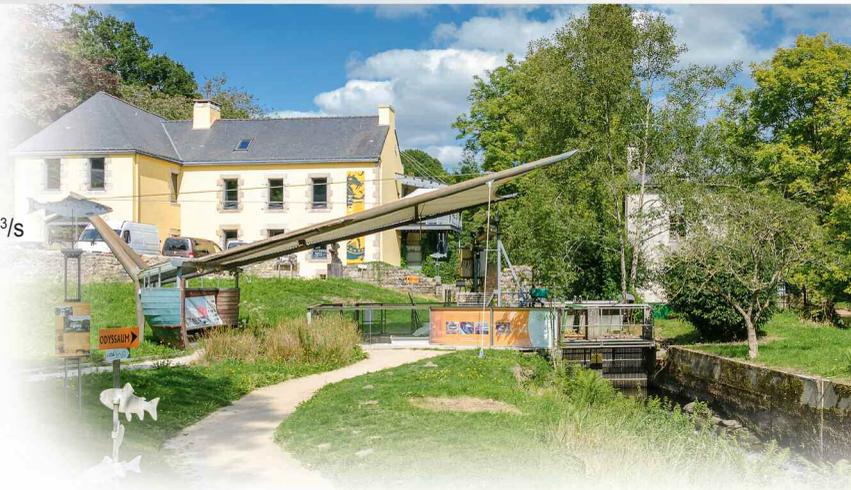


Le Scorff

Longueur : 78,6 km

Bassin versant : 483 km²

Débit moyen à l'estuaire : 8 m³/s



© E. Beaumont - INRAE

Le bassin

Entre sa source, au nord de Langoëlan dans les Côtes d'Armor, et son embouchure en rade de Lorient, où ses eaux rejoignent celles du Blavet, le Scorff draine un bassin versant orienté globalement du nord vers le sud. Son cours sinueux reçoit de nombreux affluents, dont le plus important est le « bras » de Pont-Calleck ; à partir de Pont-Scorff, sur ses 12 derniers kilomètres, il est soumis à l'influence de la marée et forme un large estuaire.

Les migrateurs

Le fleuve abrite une quinzaine d'espèces de poissons, dont plusieurs migrateurs amphihalins. Les principales sont le Saumon atlantique (10 000 smolts en moyenne descendant en mer chaque année), la Lamproie marine et l'Anguille. La grande alose remonte aussi dans l'aval du bassin. Quoique plutôt rares, on y rencontre aussi des truites de mer.

La station

Acheté en 1977 par la Fédération du Morbihan pour la pêche, le site du Moulin des Princes à Pont-Scorff est le cœur de l'action scientifique sur le Scorff. Situé à l'entrée de l'estuaire, il abrite la station de contrôle des poissons migrateurs, mise en service en 1994 : celle-ci dispose d'un double système de piégeage qui permet de dénombrer les individus migrants en dévalaison vers la mer, ou en montaison lors de leur entrée en eau douce. Un piège amovible est également installé lors de la période de dévalaison des jeunes salmonidés (fin mars à fin mai) au moulin du Leslé.

Les partenaires-clés de l'OFB et de INRAE

La Fédération départementale pour la pêche et la protection des milieux aquatiques du Morbihan.

Les deux associations agréées pour la pêche et la protection des milieux aquatiques du Scorff (Plouay et Guéméné-sur-Scorff).

L'association Bretagne grands migrateurs.

La Nivelle

Longueur : 45 km (dont 39,2 en France)

Bassin versant : 279 km²

Débit moyen à Saint-Pée-sur-Nivelle : 5 m³/s



Le bassin

La Nivelle naît à 720 m d'altitude, de la collecte de nombreux ruisseaux au-dessus de la localité d'Urdazubi, en Navarre (Espagne). La majeure partie de son bassin versant est situé en France, dans le département des Pyrénées-Atlantiques : ses eaux traversent Saint-Pée-sur-Nivelle puis Ascaïn, avant de rejoindre l'océan dans la baie de Saint-Jean-de-Luz. Son principal affluent, le Lurgorrieta est situé en rive gauche et draine un sous-bassin au pied du massif de la Rhune. Son régime de type pluvial-océanique est caractérisé par des crues soudaines et violentes.

Les migrateurs

La Nivelle est fréquentée par les truites de mer, et accueille une petite population de Saumon atlantique. Elle recèle aussi des anguilles et des aloses.

La station

Mise en service en 1983, la station d'Uxondoa, située à Saint-Pée-sur-Nivelle, à 8 km en amont de la limite d'influence des marées, a permis les premières observations systématiques des salmonidés remontant le fleuve. Le dispositif a été complété au début des années 1990 avec l'installation d'un second piège au barrage d'Ohla, 3 km en amont, qui permet d'évaluer l'efficacité du premier par marquage-recapture : l'ensemble fournit une estimation précise des effectifs totaux en montaison. Les équipes de INRAE de Saint-Pée-sur-Nivelle disposent également de dispositifs expérimentaux complémentaires permettant des études en conditions totalement contrôlées (fluvarium et divers types d'aquariums) ou semi-naturelles (ruisseau expérimental du Lapitxuri).

Les partenaires-clés de l'OFB et de INRAE

Association Migradour.

La Fédération départementale pour la pêche et la protection des milieux aquatiques des Pyrénées-Atlantiques
L'association agréée pour la pêche et la protection des milieux aquatiques de la Nivelle.

Communauté d'agglomération des Pays de l'Adour.



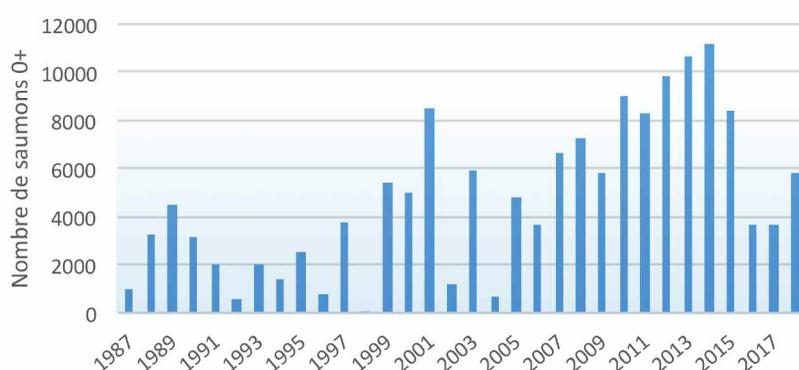


Trente ans de chroniques de données

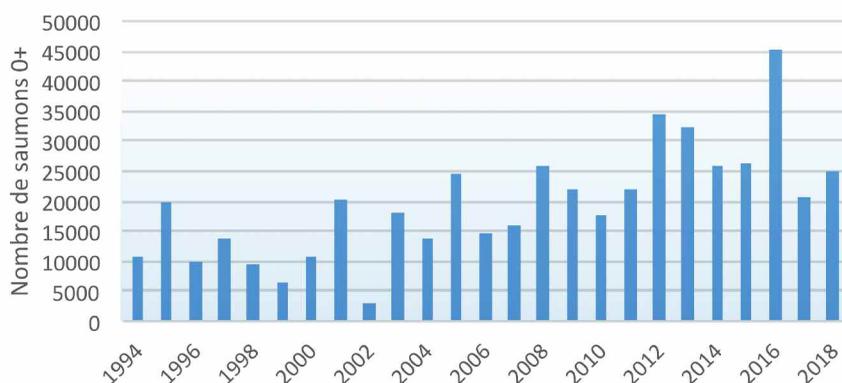
L'une des grandes richesses de l'action scientifique conduite sur les quatre rivières de l'ORE DiaPFC réside dans la collecte systématique de données sur les poissons migrateurs, au moyen d'un ensemble de méthodes complémentaires (p. 24). Les captures comptabilisées, année après année, sur les stations de comptage positionnées à l'aval des cours d'eau (voir p. 12 à 15) sont la véritable clé de voute de ce suivi temporel des populations. Complétées par des opérations de capture-marquage-recapture, qui donnent une estimation de l'efficacité de capture des pièges (c'est-à-dire la proportion du flux total de poissons qui y seront effectivement piégés), elles permettent aux équipes de l'ORE DiaPFC d'estimer le nombre total de poissons migrants dans le cours d'eau, en montée et en descente. Au-delà du simple dénombrement, le relevé quotidien des stations de contrôle est également l'occasion de collecter des données biologiques sur les poissons comme la longueur, le poids ou le sexe (p. 29), ou des échantillons (écailles, morceaux de nageoires) qui donneront accès à d'autres informations (p. 30).

C'est pour les Saumon atlantique, sur lequel étaient centrés à l'origine les travaux de l'ORE DiaPFC, que ces chroniques de données sont les plus longues. Les graphes présentés ici donnent l'évolution au cours du temps de ses populations estimées sur les deux dernières décennies pour la Bresle, l'Oir, le Scorff et la Nivelle.

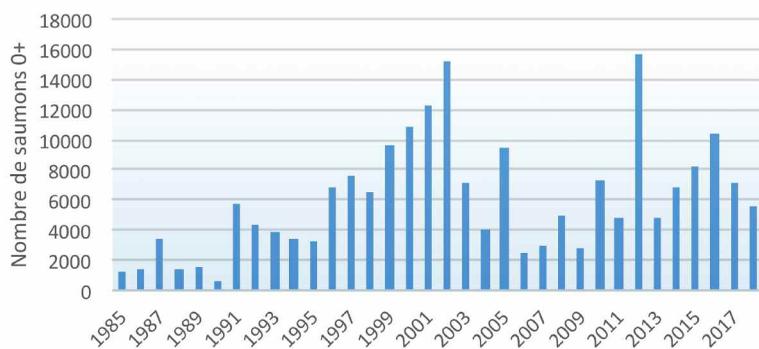
A - Nombre de saumons juvéniles



Nombre de juvéniles de l'année (0+) estimé sur l'Oir

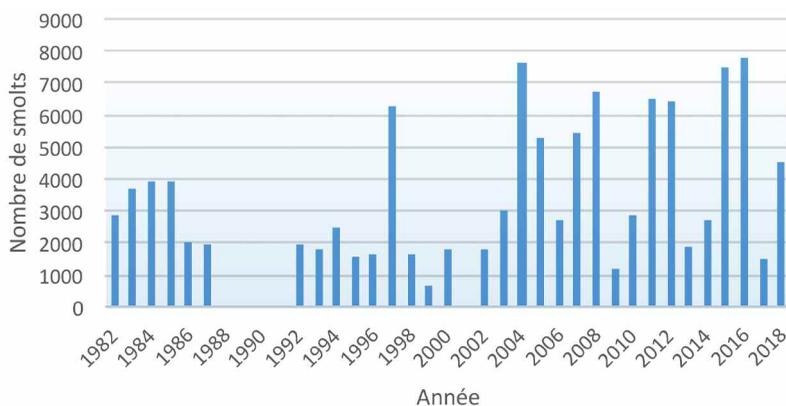


Nombre de juvéniles de l'année (0+) estimé sur le Scorff

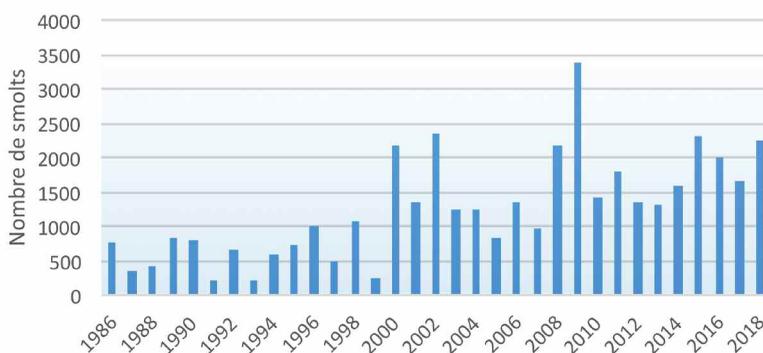


Nombre de juvéniles de l'année (0+) estimé sur la Nivelle

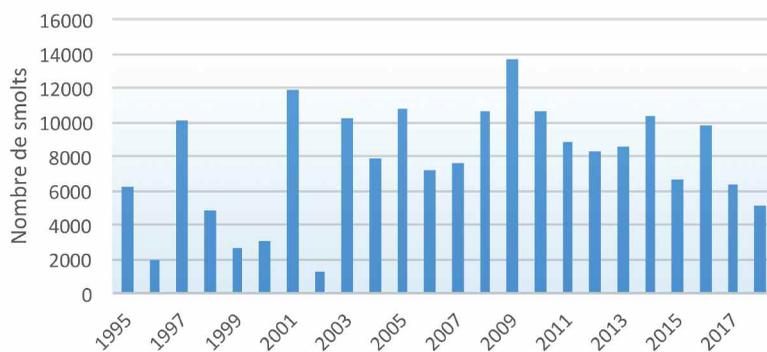
B - Variations annuelles du nombre estimé de smolts*



Nombre de smolts estimé sur la Bresle
Les années sans barre correspondent à des années sans piégeage.



Nombre de smolts estimé sur l'Oir

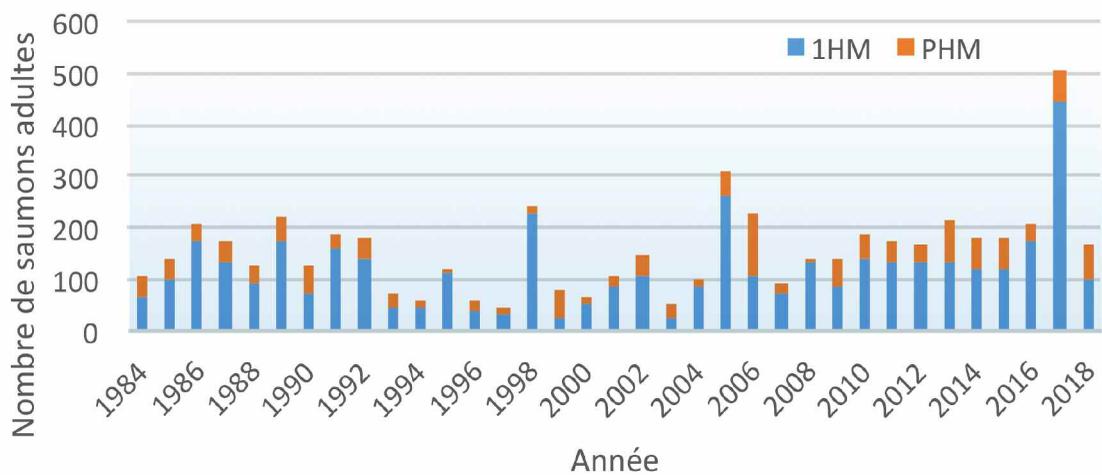


Nombre de smolts estimé sur le Scorff

* Jeune saumon dévalant le cours d'eau pour rejoindre sa zone de croissance en mer.

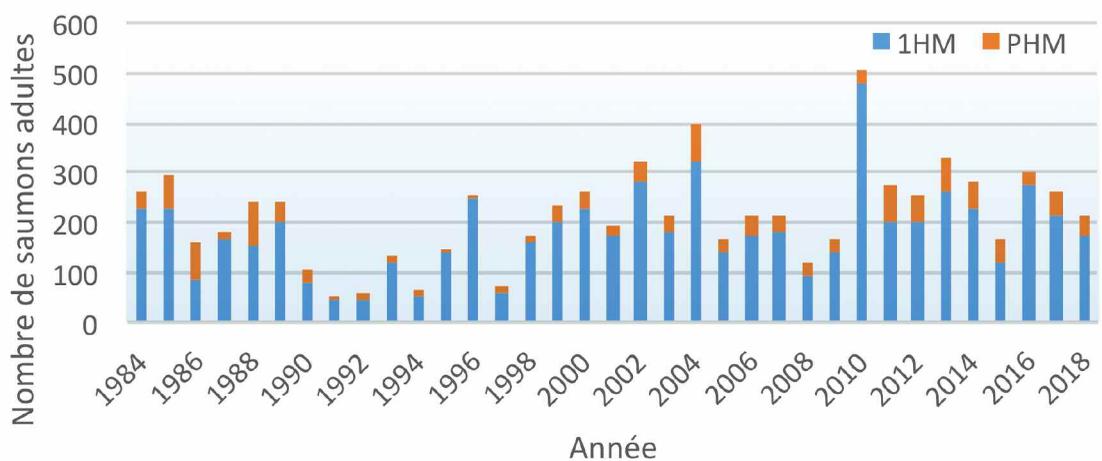


C – Variations annuelles du nombre estimé de saumons adultes



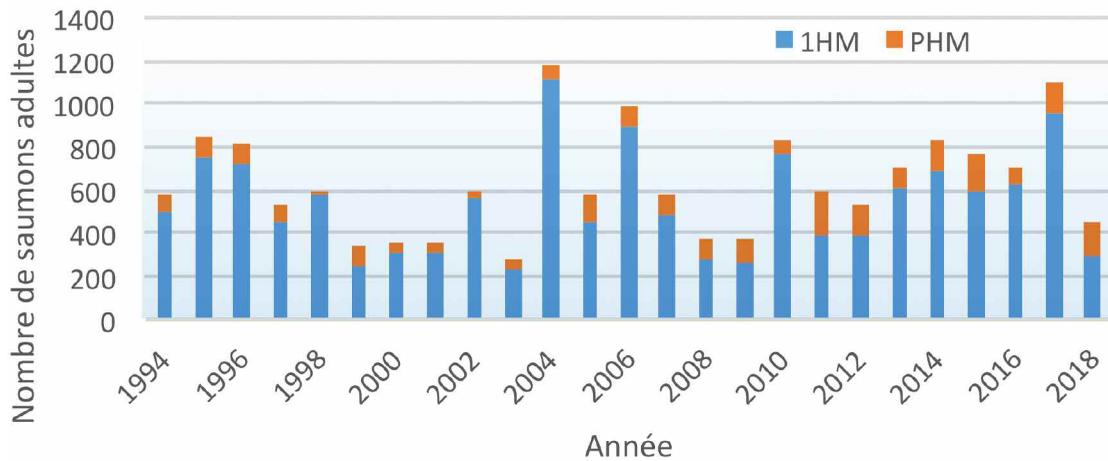
Nombre d'adultes estimé sur la Bresle

■ 1HM = une année en mer
 ■ PHM = plusieurs années en mer



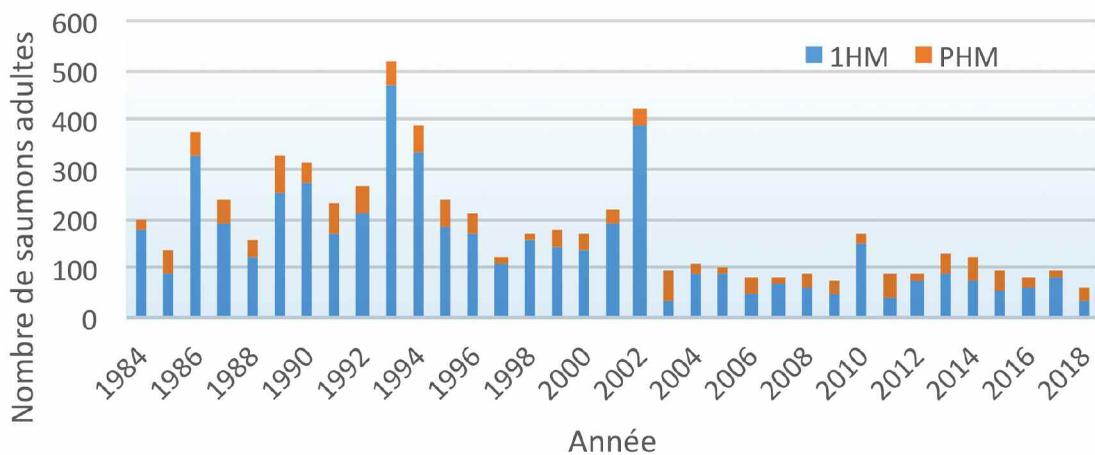
Nombre d'adultes estimé sur l'Oir

■ 1HM = une année en mer
 ■ PHM = plusieurs années en mer



Nombre d'adultes estimé sur le Scorff

1HM = une année en mer
 PHM = plusieurs années en mer

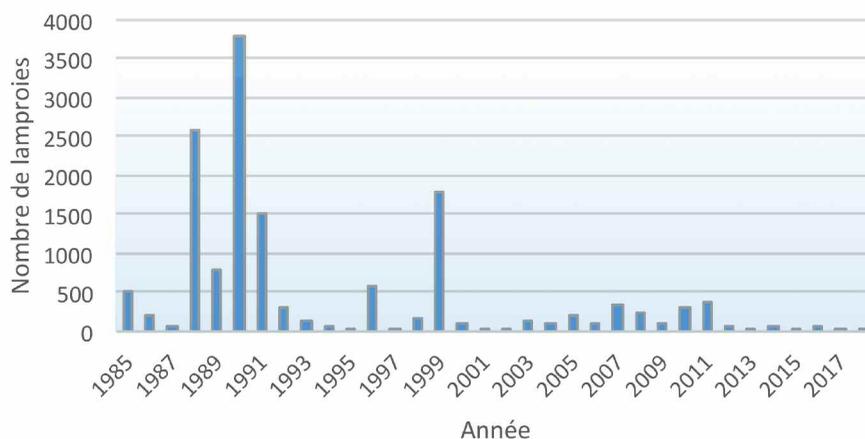


Nombre d'adultes estimé sur la Nivelle

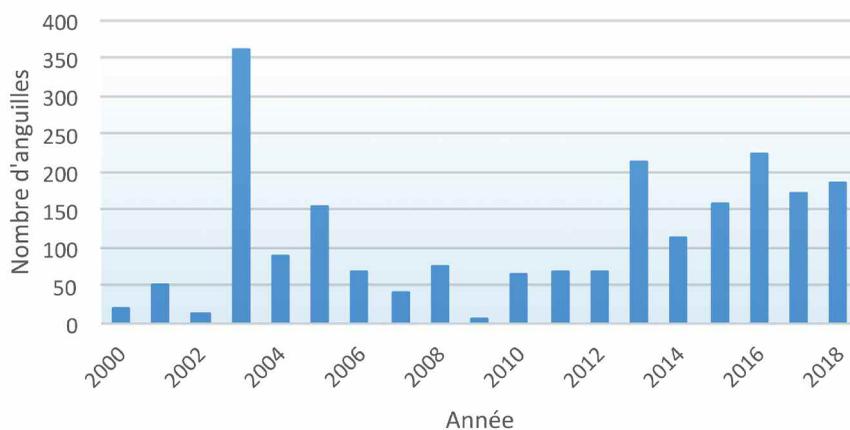
1HM = une année en mer
 PHM = plusieurs années en mer

Renseignées (presque) sans discontinuer depuis trois décennies, ces chroniques au long cours ont été à l'origine de nombreux travaux scientifiques, dont les pages qui suivent donnent un aperçu. Elles sont également une matière première de grande valeur pour la gestion des populations de poissons migrateurs. Les cours d'eau de l'ORE DiaPFC, en particulier les quatre rivières-index retenues en France, alimentent en données sur l'anguille et le saumon en eaux continentales le *data collection framework* (DCF) ; ce dispositif européen exige des États membres un suivi des stocks de poissons d'intérêt commercial.

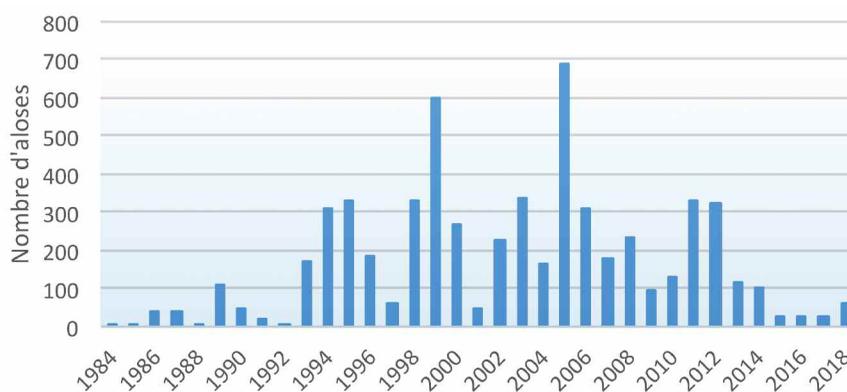
Outre le Saumon atlantique, dont les chroniques de données sont présentées à la double page précédente, les suivis réalisés à l'ORE DiaPFC permettent de retracer l'évolution dans le temps des populations d'anguilles, de truites de mer, d'aloses ou de lamproies.



Nombre de lamproies fluviatiles capturées sur la Bresle



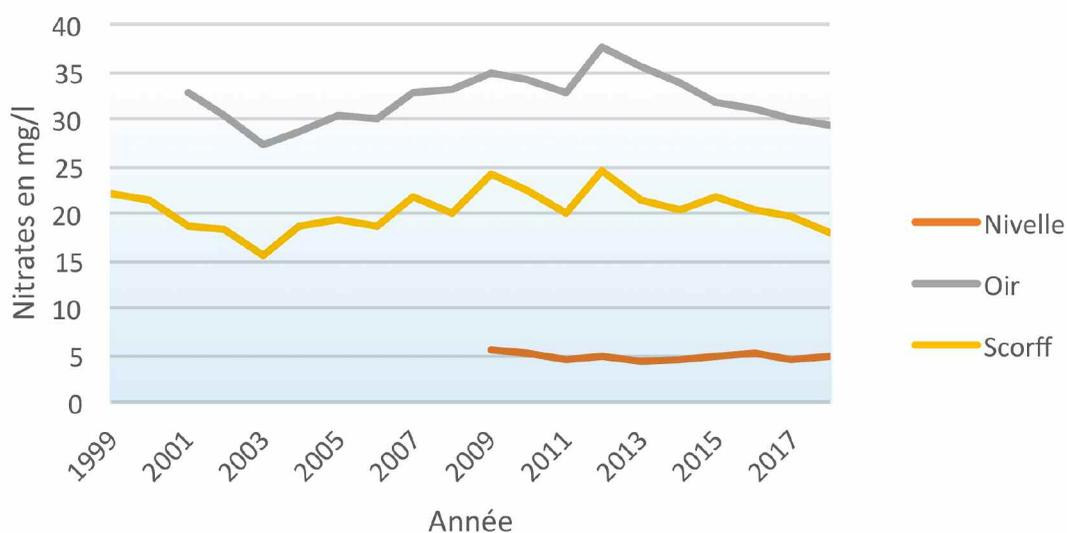
Nombre d'anguilles dévalantes capturées sur l'Oir par saison (1er juillet année n au 30 juin année n+1)



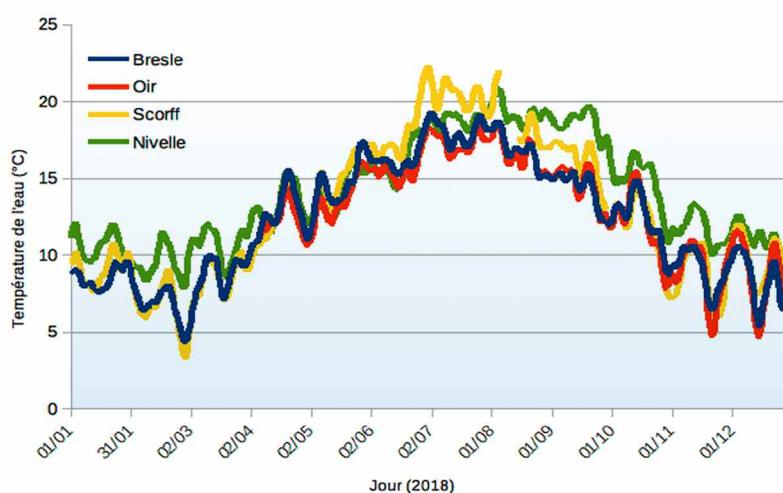
Nombre d'aloses capturées sur la Nivelle à Uxondoa

Indispensables données environnementales

En complément des données collectées sur les poissons migrateurs, différents paramètres environnementaux sont également suivis en routine sur un ensemble de stations des quatre rivières, par les équipes de l'ORE DiaPFC ou par différents partenaires comme les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal) ou Météo France : conditions hydrologiques (débit journalier, température de l'eau), pluviométrie et pression atmosphérique, et qualité de l'eau (conductivité et turbidité, concentrations en nitrate, ammoniacale, phosphate...). Le suivi de ces paramètres, au regard de ceux relevés sur les poissons, est indispensable pour progresser dans la compréhension et la modélisation de la dynamique de leurs populations, de leur biologie, de leurs comportements migratoires et de leurs réponses face au changement global.



Moyennes annuelles de la concentration de nitrate



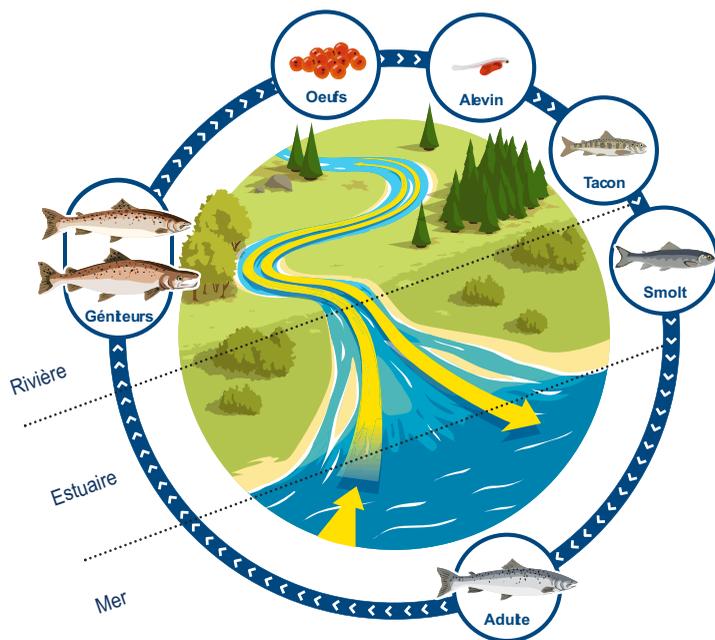
Température moyenne journalière (lissée) de l'eau



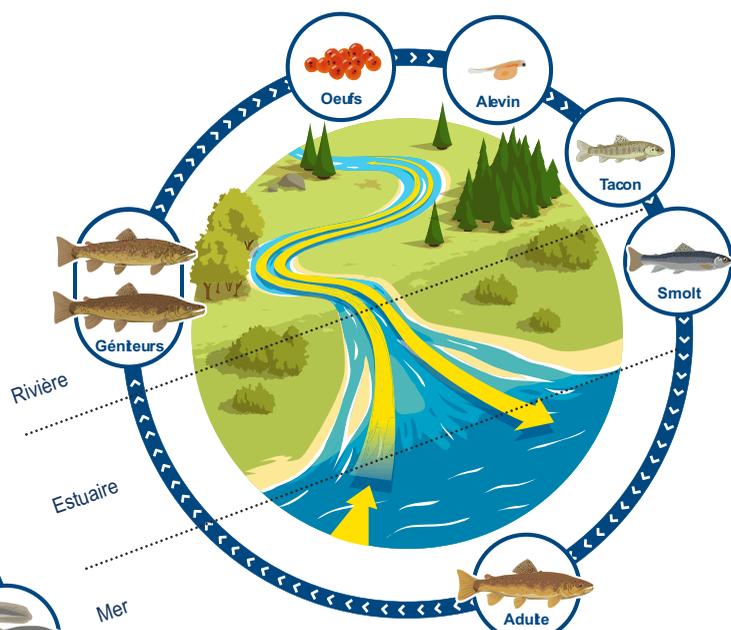


Infographies : la biologie des espèces migratrices

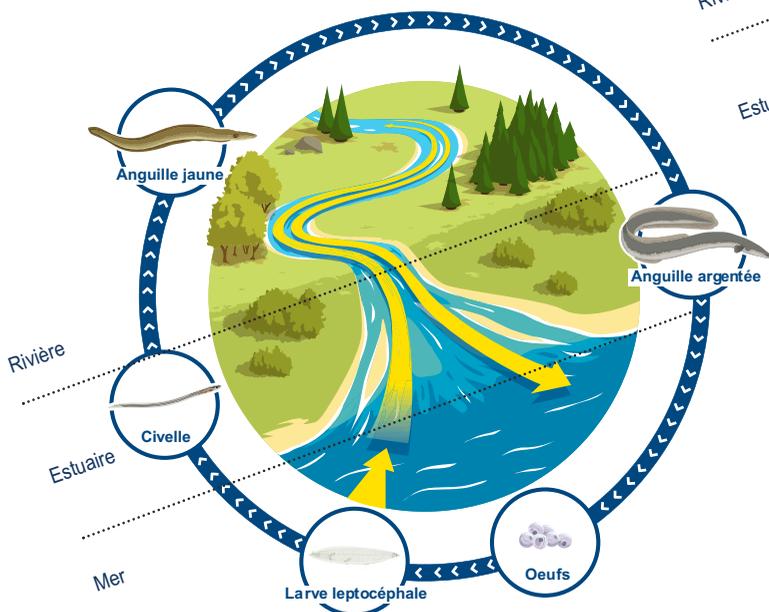
Saumon



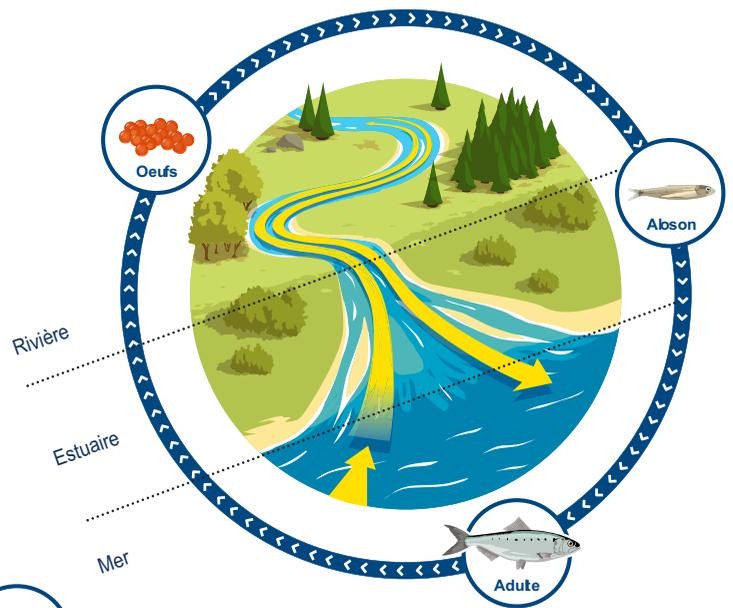
Truite de mer



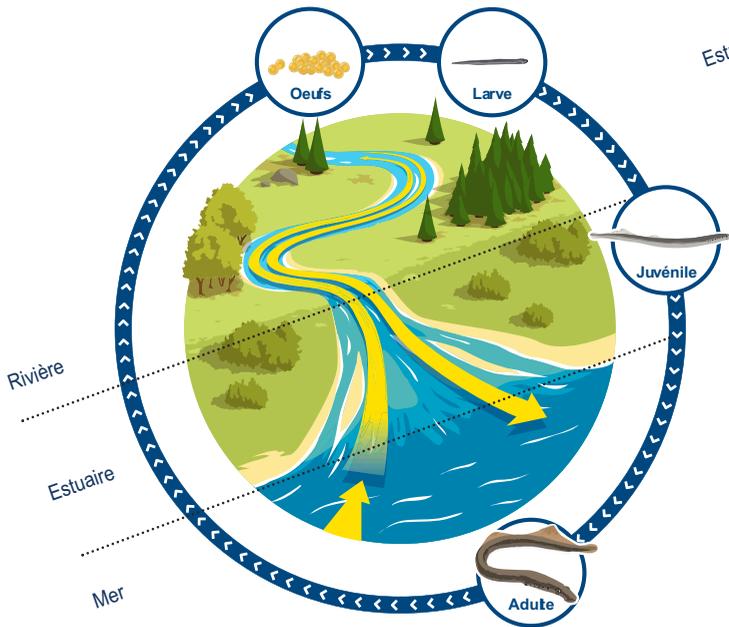
Anguille



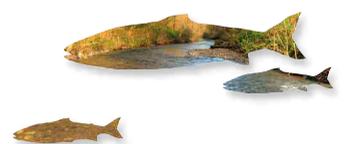
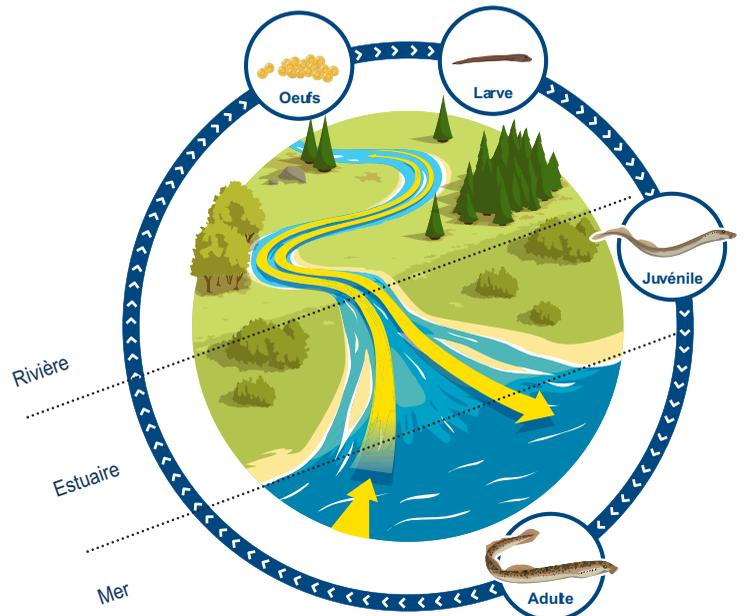
Grande Alose



Lamproie marine



Lamproie fluviatile



- 
- 26 Collecte de données : un éventail de méthodes complémentaires
 - 27 Suivis d'abondance : des indices standardisés pour des données robustes
 - 28 Pêche électrique : un savoir-faire éprouvé, des avancées méthodologiques
 - 29 La table de biométrie : une acquisition de données automatisée
 - 29 Échographie de terrain : la taille des gonades enfin révélée !
 - 30 Otolithes, écailles : les « boîtes noires » des poissons !
 - 30 Banques d'échantillons biologiques : une machine à remonter le temps
 - 31 Puces RFID : 10 000 poissons marqués chaque année
 - 31 Radiopistage, accéléromètre, suivi audio : des aloses sous haute surveillance
 - 32 Des « capsules d'incubation » pour suivre la qualité du milieu
 - 33 Frayères de lamproies : le compte est (presque) bon !
 - 33 Larves de lamproies : à la recherche des pépites d'Oir

Utilisation et développement de méthodes d'observation





Collecte de données : un éventail de méthodes complémentaires

Piégeage, pêche électrique, puces implantables ou analyse de prélèvements... pour collecter des données sur les poissons, les équipes de l'ORE DiaPFC déploient sur le terrain un large panel d'outils et de techniques, présentés dans les pages suivantes. Panorama.

Du moulin de Cerisel au barrage d'Uxondoa, les stations de piégeage installées à l'entrée de chacun des cours d'eau de l'ORE DiaPFC sont les éléments les plus visibles de sa « boîte à outils », et la pierre angulaire du suivi temporel des populations de migrateurs : leur relevé quotidien permet une estimation précise du nombre de reproducteurs et de juvéniles transitant dans le fleuve, dans un sens et/ou dans l'autre selon les configurations (p.16 à 20). Mais pour acquérir d'autres informations, comme la répartition des individus au sein du bassin, il faut recourir à un moyen de capture itinérant : la pêche électrique. Cette méthode maîtrisée de longue date par les équipes de l'ORE DiaPFC, qui lui ont apporté des perfectionnements notables (p. 28), est largement utilisée pour des campagnes ponctuelles et des actions de recherche, mais aussi pour calculer les indices d'abondance sur les salmonidés (p. 27).

Des populations aux individus

Au-delà du simple dénombrement, la capture des poissons au piège ou à l'électrode est bien sûr l'occasion d'acquérir nombre d'informations sur chaque individu : données biométriques (p. 29), état sanitaire, maturité sexuelle... Le prélèvement d'échantillons biologiques (quelques écailles ou un morceau de nageoire) ouvre des possibilités nombreuses : analyses isotopiques ou des éléments traces, analyses génétiques livrent des données précieuses sur l'histoire de vie des poissons ou leur régime alimentaire (p. 30). Et pour suivre en temps réel les déplacements des poissons dans les cours d'eau, les équipes de l'ORE DiaPFC ont une autre corde à leur arc : le radiopistage ou le marquage par puces RFID, implantées sous leur peau et détectées au moyen d'antennes (p. 31). Enfin, pour tout le reste, scientifiques et techniciens déploient des moyens d'observation incomparables : leurs yeux, par exemple pour dénombrer les nids de lamproies marines (p. 33), et leur oreilles, pour reconnaître les « bulls » d'aloses (p. 43) !



© L. Beaulaton - OFB

Un laboratoire R&D

Grandes utilisatrices de ces techniques, les équipes de l'ORE DiaPFC ont, bien souvent, contribué à leur perfectionnement ou à leur mise au point : l'Observatoire est aussi un véritable laboratoire R&D du suivi des migrateurs. Les développements technologiques, comme l'échographie de terrain (p. 29) ou l'accélérométrie (p. 31), y côtoient des inventions plus rustiques comme le piège à anguillettes Flottang (p. 54)... Tous ces outils ont cependant un point commun : ils sont conçus, et employés sur le terrain, avec le souci constant de limiter au maximum le stress et les effets induits sur les poissons – à l'image de la pêche électrique, dont les réglages sont aujourd'hui calculés au plus juste. Quant à la manipulation des animaux capturés, elle est le fruit d'un savoir-faire façonné par les heures au bord de l'eau !

Suivis d'abondance : des indices standardisés pour des données robustes

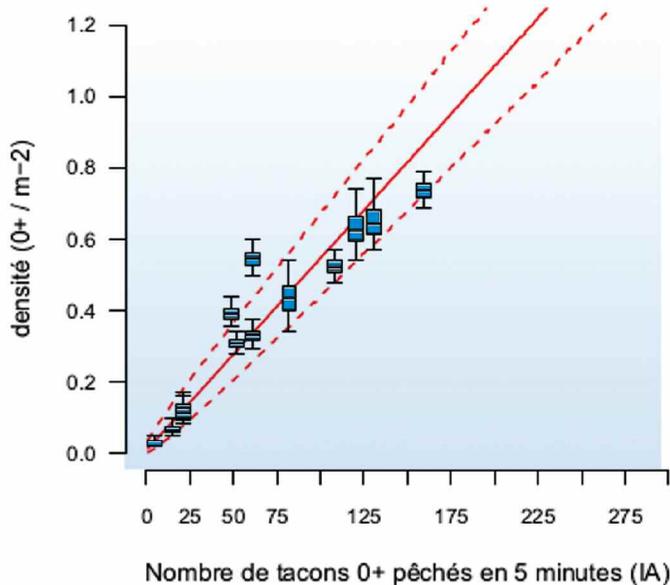
Pour évaluer en routine l'abondance d'une espèce à l'échelle d'un bassin ou d'un territoire, les gestionnaires ont besoin de protocoles de terrain reproductibles et faciles à mettre en œuvre : les travaux menés par l'ORE DiaPFC sont à l'origine de plusieurs « indices d'abondance », aujourd'hui largement utilisés en France.

Sur les cours d'eau de l'ORE DiaPFC, chercheurs et techniciens disposent d'un solide atout pour recenser les populations de migrateurs : les stations de piégeage, installées sur l'aval des bassins, leur permettent d'estimer précisément le nombre d'entrées et de sorties. Mais toutes les rivières ne sont pas équipées de tels dispositifs... et par ailleurs ceux-ci ne renseignent pas sur la répartition des poissons au sein du bassin. « Pour suivre en routine l'abondance d'une espèce donnée, les acteurs de terrain ont besoin de méthodes standardisées, faciles à mettre en œuvre, et livrant, quel que soit l'opérateur, des données comparables d'une station à l'autre, d'une année sur l'autre », résume Étienne Prévost, chercheur à INRAE, qui a formalisé à partir de ses travaux sur le Scorff un tel indice d'abondance pour le saumon. La méthode repose sur une opération légère de pêche électrique de cinq minutes par station, menée selon un protocole bien précis ; une relation statistique permet de convertir le nombre de juvéniles capturés en une valeur de densité au mètre carré. Publiée en 1993, la méthode fait aujourd'hui référence : elle est déployée chaque année sur des centaines de stations dans toute la Bretagne, où elle sert notamment à moduler les totaux de capture admissibles en fonction du potentiel de chaque rivière (p. 48), mais aussi dans le Haut-Allier, en Normandie ou au Pays basque. Tous les individus sont mesurés, pesés, sexés, et un prélèvement d'écaillés peut être réalisé contribuant ainsi aux banques d'échantillons biologiques (p. 30)

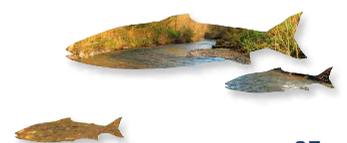
Saumon, Truite, Anguille, Lamproies... série(s) en cours !

Cette collecte de données standardisées, comparables entre elles dans le temps et dans l'espace, fait toute la qualité des suivis au long cours menés par l'ORE DiaPFC et ses partenaires. Elle fournit aussi la matière première de différentes approches en modélisation menées sur l'Observatoire, du simulateur de populations de Saumon lbasam (p. 39) aux travaux sur la « taille efficace » des populations (p. 38). Un autre indice d'abondance a été développé, toujours à l'ORE DiaPFC, pour le suivi de l'abondance des juvéniles de truites en cours d'eau : c'est l'indice Vigitruite® (p. 50), là encore basé sur un effort standardisé de cinq minutes de pêche électrique. Plus récemment, un protocole indicial par pêche électrique a également été développé par l'AFB, en partie sur les

cours d'eau de l'ORE DiaPFC, pour le suivi d'abondance des anguilles jaunes : il est notamment déployé depuis 2018, en France et dans la péninsule Ibérique, dans le cadre du programme européen Sudoang. Enfin, pour évaluer l'abondance des larves de lamproies enfouies dans la vase des cours d'eau, il fallait faire sans l'électricité : les équipes de l'ORE DiaPFC ont proposé un indice simple et efficace (p. 33), basé sur un échantillonnage au tamis dans ces habitats préférentiels !



Conversion des résultats de l'indice d'abondance en valeurs de densité de saumons juvéniles (Source : Observatoire de recherche en environnement)





Pêche électrique : un savoir-faire éprouvé, des avancées méthodologiques

Pour les suivis annuels ou lors d'opérations ponctuelles, la pêche électrique est l'un des outils incontournables de l'ORE DiaPFC : un savoir-faire capitalisé de longue date sur le terrain, qui bénéficie aujourd'hui de nouveaux développements techniques.

Équipés de pantalons étanches, les opérateurs progressent vers l'amont, laissant derrière eux la cathode immergée. L'anode mobile, créant dans l'eau un courant de faible intensité, attire les poissons et les paralyse un court instant, qui suffit aux pêcheurs pour les capturer à l'épuisette : c'est le principe général de la pêche électrique. « Nous l'employons pour des besoins ponctuels, lorsqu'il faut se procurer des poissons pour une expérience par exemple, mais c'est surtout l'outil de base de nos suivis de routine, explique Jacques Rives, technicien à INRAE : les indices d'abondance pour le saumon et la truite, qui reposent sur des pêches de cinq minutes par station (p. 27 et 50, ou les estimations annuelles d'abondance des anguilles jaunes, que nous avons commencées sur la Nivelle en 2018 dans le cadre du programme européen Sudoang. » Au fil des campagnes, les équipes de l'ORE DiaPFC ont acquis une expérience de premier plan dans cette pratique à la fois très efficace et exigeante : enlèvements successifs (passages répétés sur un même secteur sans remise à l'eau des captures entre les passages), échantillonnage « par points », selon un « effort de pêche » standardisé (temps d'opération, type de matériel et procédure de capture)...



© L. Beaulaton - OFB

Tension de sortie et « forme » du courant

Dans tous les cas, l'enjeu prioritaire est bien sûr de limiter au maximum les impacts sur les poissons. Au bord de l'eau, les gestes sont experts et la manipulation des animaux réduite au strict nécessaire. Quant au choix des réglages électriques, déterminant, il a bénéficié d'avancées récentes. « La modélisation spatiale du champ électrique dans l'eau, couplée à des tests *in situ* avec les différents matériels existants, nous a permis d'affiner encore les compromis techniques entre efficacité de capture et impacts potentiels », explique Gaétan Pottier, ingénieur à INRAE. À l'arrivée, des recommandations sur la tension en sortie de l'anode (qui conditionne la distance d'attraction), ainsi que sur la « forme » du courant électrique. « Le courant continu nécessite plus de puissance donc un équipement plus lourd, mais il est souvent moins impactant que le courant pulsé (signal en créneau), pour une efficacité comparable en eau courante et même supérieure en milieu stagnant », précise Gaétan Pottier. Mais le tout dépend aussi de la conductivité de l'eau... Pour déterminer *in situ* le meilleur réglage possible des engins, l'idéal est de contrôler le champ électrique généré au moyen d'une sonde Penny : un dispositif léger dont l'usage est en cours de généralisation au sein de l'ORE DiaPFC.



© M. Nevoux - INRAE

La table de biométrie : une acquisition de données automatisée

À la relève des pièges ou lors des pêches électriques, les opérateurs de l'ORE DiaPFC enregistrent la taille et le poids des poissons au moyen d'un outil novateur développé par INRAE.

Le ballet est bien rodé sur les bords de l'Oir : deux personnes s'affairent autour de la station de piégeage, pour le relevé du jour. Chaque poisson extrait de la cage est endormi à la benzocaïne avant de passer à table : mesure de la longueur par un bras articulé, passage sur la balance, prélèvement d'un échantillon de tissus, identification de marque, puis éventuellement échographie (voir ci-dessous). Un clic pour valider l'acquisition : suivant ! « Nous réalisons depuis quatre ans tous nos relevés biométriques au moyen de ce dispositif automatisé », indique Nadine Herrard, ingénieure à INRAE. Un identifiant est assigné à chaque poisson, la tare est automatiquement effectuée avant chaque pesée, la table de biométrie communique directement les données au logiciel par Bluetooth. « Plus de saisie manuelle, c'est du temps gagné et beaucoup moins d'erreurs ! »

Un développement « maison »

Expérimenté avec succès sur l'Oir, ce dispositif développé par INRAE est aussi arrivé sur les bords de la Bresle, du Scorff et bientôt de la Nivelle. En plus de la biométrie, l'antenne RFID intégrée à la table détecte automatiquement les poissons porteurs d'une marque électronique (type PIT, p. 31). Le système permet en outre aux opérateurs de renseigner par exemple le stade de maturité de l'animal via un menu déroulant. Une version mobile est également utilisée lors des pêches électriques. « Ces données harmonisées, enregistrées pour chaque opération, sont stockées sur une plate-forme informatique à laquelle ont accès les scientifiques », précise Nadine Herrard. Quant aux poissons, après un court séjour dans le bac de réveil, ils sont délicatement relâchés dans leur élément.



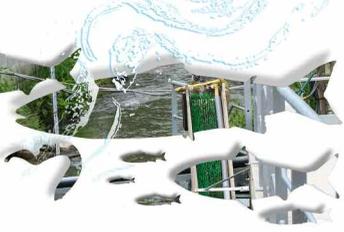
© F. Marchand - INRAE

Échographie de terrain : la taille des gonades enfin révélée !

À la sortie de la table de biométrie, certains poissons de l'Oir (truites, saumons) passent également un instant entre les mains de Marie Nevoux, de INRAE, pour une petite échographie. « Nous utilisons un échographe vétérinaire pour estimer le volume de la gonade des poissons et mesurer, le cas échéant, la taille de leurs œufs », explique la chercheuse. Objectif : suivre l'évolution de la fécondité des salmonidés, dans un contexte de baisse de la taille moyenne des reproducteurs. Testé depuis 2015 sur l'Oir, ce dispositif livre aussi des informations sur le sexe des poissons, permet d'identifier les jeunes mâles spermants (p. 42), et pourrait conduire à une remise à jour des abaques reliant la taille des animaux à celles de leurs gonades. « S'il nécessite un certain coup d'œil, cet outil est facilement transférable et pourrait être utilisé en routine », souligne Marie Nevoux, qui travaillait auparavant sur les oiseaux – dont les œufs sont tout de même plus faciles à compter !

© D. Hurteau - INRAE





Otolithes, écailles : les « boîtes noires » des poissons !

Les otolithes et les écailles des poissons enregistrent de nombreuses informations sur leurs lieux de vie ou leur régime alimentaire. De la lecture optique à l'analyse des éléments traces, les équipes de l'ORE DiaPFC ont les moyens de les faire parler !

C'est une petite pièce calcifiée aplatie, localisée dans une cavité de l'oreille interne des poissons : « L'otolithe se forme dès les premiers jours de vie, et croît quotidiennement pendant toute l'existence, explique Jean-Christophe Aymes, ingénieur à INRAE. Les éléments qui le composent ne sont jamais remobilisés par l'organisme, ce qui en fait une véritable boîte enregistreuse de l'histoire de chaque individu. » Pour la faire parler, une première approche consiste à se munir d'une loupe binoculaire. L'otolithe, une fois « préparé » (inclus dans de la résine puis poncé à la main pour réaliser une coupe), fait apparaître différents motifs : des incrémentations quotidiennes, dénombrables chez les sujets jeunes, et surtout des anneaux saisonniers qui permettent d'estimer l'âge du poisson.

Strontium et Baryum, révélateurs de la vie marine

Pour aller plus loin, il faut prélever au laser un peu de matière : outre le Calcium, l'otolithe accumule des éléments chimiques présents dans l'environnement (éléments traces, terres rares). C'est le cas du Strontium et du Baryum, dont les concentrations varient fortement entre l'eau de mer et celle des rivières : « En mesurant leurs fluctuations le long de l'otolithe, nous pouvons retracer les phases de vie marine et en eau douce de l'individu », indique Jean-Christophe Aymes. À la clé, des enseignements précieux sur les trajectoires de vie des migrateurs (p. 36). Et les écailles ? Comme les otolithes, elles présentent des stries de croissance semblables aux cernes des arbres (par exemple p. 41), et peuvent faire l'objet d'analyses chimiques. Elles donnent aussi accès à d'autres informations, mais cette fois par l'analyse des isotopes du Carbone et de l'Azote : les régimes alimentaires des poissons ou même les niveaux d'eutrophisation des rivières peuvent être caractérisés (p. 36).

Banques d'échantillons biologiques : une machine à remonter le temps

Un véritable trésor se trouve dans les locaux des unités de l'ORE DiaPFC : les collections d'échantillons prélevés, pour certains depuis les années 1970, sur les poissons migrateurs de la Bresle, de l'Oir, du Scorff et de la Nivelles – auxquels s'ajoutent les écailles livrées par les pêcheurs amateurs et professionnels en eau douce au Centre national d'interprétation des captures de salmonidés migrateurs (CNICS). « Ce Centre de ressources biologiques (CRB), baptisé Colisa (*Collection of Ichthyological Samples*) comprend plus de 150 000 lots d'écailles, 40 000 échantillons de nageoires et quelques milliers d'otolithes », estime Frédéric Marchand, ingénieur à

INRAE. Depuis 2013, ces échantillons sont indexés dans une base de données ouverte à la communauté scientifique : de quoi « remonter dans le temps », en retraçant l'évolution des paramètres mesurables par l'analyse des échantillons d'une période donnée. Intégrée à l'infrastructure nationale RARE, qui regroupe les ressources d'intérêt agronomique (au sens large) de plusieurs instituts de recherche, Colisa constitue l'une des plus vastes banques d'échantillons d'Europe sur les poissons.

© F. Marchand - INRAE



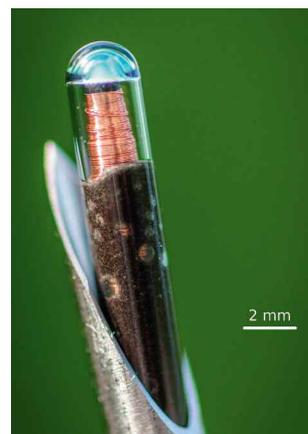
Puces RFID : 10 000 poissons marqués chaque année

Suivre les poissons tout au long de leur vie : c'est possible grâce au marquage par PIT-tag (puces RFID implantables), utilisé en routine à l'ORE DiaPFC depuis les années 1990.

Largement employée dans l'industrie ou les transports, la RFID (identification par radiofréquence) est aussi très utile pour étudier les poissons migrateurs. « Chaque année, près de 10 000 poissons sont marqués par RFID à l'échelle de l'ORE DiaPFC, calcule Sabine Allou, ingénieure à INRAE. Pour un prix unitaire de l'ordre d'1,50 €, ces puces permettent d'identifier individuellement les poissons marqués lors de leur recapture, et de les suivre dans leurs déplacements et tout au long de leur vie, en les détectant au moyen d'antennes. » Ces antennes, dont l'équipe de l'ORE DiaPFC maîtrise la fabrication, peuvent être fixes sur le fond de la rivière, ou portables – elles se manient alors à la manière d'un détecteur de métaux plongé dans l'eau.

De nouvelles antennes fixes attendues

La puce, ou PIT-tag (ci-contre), est de type passif : elle ne se déclenche qu'à proximité des antennes, contrairement aux émetteurs radio à pile (encadré ci-dessous) qui offrent une meilleure portée mais pour une durée limitée. Les PIT-tags utilisés à l'ORE DiaPFC, d'une longueur de 12 mm pour 0,1 gramme, sont insérés dans la cavité abdominale du poisson. Les taux de survie, testés expérimentalement, sont proches de 100 %. « Nous ne marquons pas les poissons de moins de 5 g, précise Sabine Allou. Mais cela serait possible avec des pit-tags plus petits : nous y travaillons ! » Autre évolution en vue : le déploiement de nouvelles antennes fixes, en plus des 2 à 5 déjà installées sur chaque rivière, pour couvrir à terme les déplacements et échanges entre les fleuves côtiers de l'ORE DiaPFC et leurs voisins les plus immédiats.



© Q. Josset - OFB

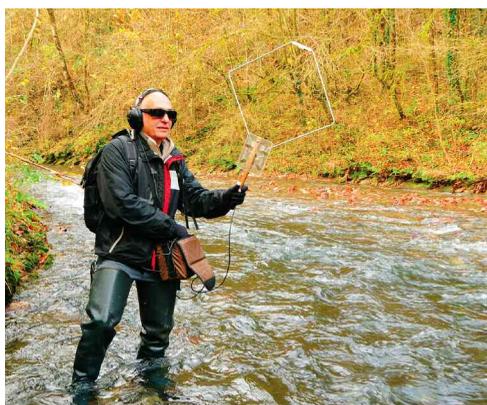
Radiopistage, accéléromètre, suivi audio : des aloses sous haute surveillance

Pour suivre la reproduction des aloses il faut de l'astuce, de la patience, et aussi beaucoup de technique : rapide aperçu de la « boîte à outils » développée à l'ORE DiaPFC.

Certaines nuits de juin ou de juillet, les aloses célèbrent bruyamment leurs noces à la surface de la rivière. Pour percer le secret de ces « bulls » (p. 43), les équipes de l'ORE DiaPFC ont, sur la Nivelle, affiné depuis 2016 un éventail de techniques complémentaires. Première condition : localiser les poissons étudiés, dans un secteur de 10 km. « Nous équipons nos reproducteurs d'un émetteur radio, qui 'bippe' toutes les deux secondes sur une fréquence unique : ils sont alors détectables le long de la rivière, antenne à la main ou via des stations fixes », explique Jacques Rives, technicien INRAE. Un dispositif assez lourd (pile oblige) dont la pose, sur le dos de ces poissons réputés fragiles, demande un savoir-faire éprouvé.

L'accélérométrie : savoir qui fait quoi

Comme leurs congénères, les poissons radio-pistés vont se reproduire... mais leurs ébats – les fameux « bulls » – pourront être analysés en détail après leur mort (qui fait suite à la reproduction). Comment ? « Grâce à un accéléromètre, autre dispositif implantable qui enregistre les accélérations du poisson dans les trois dimensions », indique le technicien. Pour faire parler cette « boîte noire », il faudra tout de même remettre la main sur l'alose, en suivant les bips de son émetteur... Dans tous les cas, les équipes de l'ORE DiaPFC déploient un dernier outil, plus rustique : leurs oreilles ! « Le suivi audio des bulls, *in situ* ou au moyen d'enregistreurs, donne une estimation du nombre d'actes... sans dire qui fait quoi », sourit Jacques Rives. Reste le son si particulier des aloses, par une nuit d'été.



© S. Glise - INRAE





Des « capsules d'incubation » pour suivre la qualité du milieu

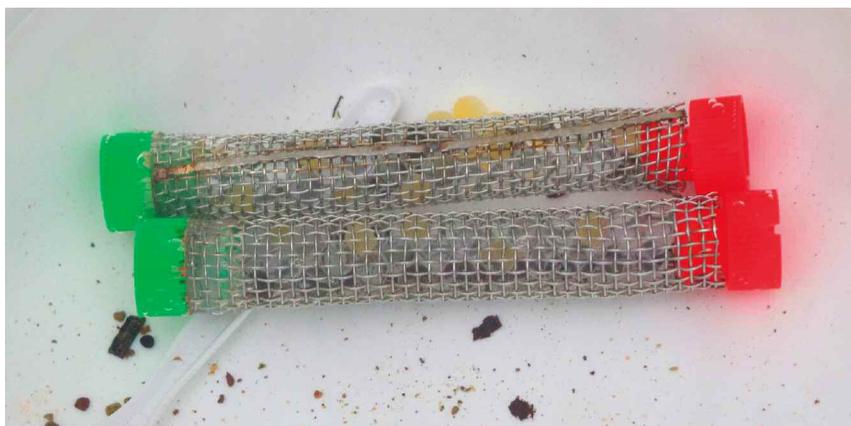
Tous les ans depuis 2010, des œufs de truite fécondés sont mis à incuber dans trois affluents de la Nivelle : leurs taux de survie sont analysés au regard de la qualité du milieu. Un suivi à long terme, servi par un savoir-faire éprouvé.

400 degrés-jours : c'est, en moyenne, la durée d'incubation des œufs de truite sous le gravier, entre la fécondation et l'éclosion – « soit 40 jours dans une eau qui resterait à 10°C, ou 80 jours à 5°C », explique Frédéric Lange, technicien à INRAE. Une période pendant laquelle les œufs, qui « respirent » l'eau de la rivière, sont sensibles à la qualité du milieu : leur taux de survie à l'éclosion donne donc une bonne indication sur l'état de santé d'un ruisseau. C'est le principe d'une expérimentation menée depuis 2010 dans trois affluents de la Nivelle, choisis pour leurs régimes thermiques, hydrauliques et chimiques contrastés. « Chaque année, à la fin novembre, nous capturons dans ces ruisseaux quatre truites femelles et quatre mâles, que nous gardons en stabulation à Saint-Pée-sur-Nivelle, explique le technicien, ancien pisciculteur. La maturation des femelles est surveillée régulièrement, car la « fenêtre » de maturité des œufs et de ponte est restreinte. Le jour J, une fécondation artificielle est réalisée, puis les œufs sont répartis dans des capsules d'incubation – un dispositif conçu par INRAE, en forme de petit tube grillagé. « Nous préparons 50 capsules de 10 œufs chacune, précise Frédéric Lange : 15 capsules sont mises à incuber dans chaque ruisseau, sur des sites préparés à l'avance ; les cinq dernières servent de lots témoins. »

Des chroniques de données dans la durée

Pendant les semaines qui suivent, la température est relevée quotidiennement sur chaque site. D'autres paramètres comme le pH, la conductivité et la turbidité de l'eau sont également suivis. Le colmatage est mesuré par un protocole spécifique : des sacs de toile de 20 cm de diamètre sont enfouis dans le gravier à proximité des capsules ; à la fin de l'expérience, leur contenu séché sera tamisé sur colonnes pour caractériser finement la granulométrie. Lorsque les 400 degrés-jours sont atteints, vient l'heure du bilan : site par site, les capsules sont récupérées et le taux de survie des œufs est décompté. Les résultats alimentent des études ciblées, notamment sur l'effet du colmatage sur la survie (p. 38), et servent plus largement à la compréhension des facteurs qui influencent le succès de la reproduction des truites sauvages. « Les données recueillies, d'une année à l'autre, sont analysées pour comprendre ce qui relève du bruit de fond ou de tendances en lien avec l'évolution de différents paramètres environnementaux », explique Frédéric Lange. Mené dans la durée, ce suivi pourrait ainsi préciser les impacts présents et à venir du changement climatique et des activités humaines locales. Quant aux alevins issus des lots témoins ou des reliquats de ponte, ils sont bien sûr relâchés dans leur milieu d'origine sur une frayère artificielle, délicatement construite à leur intention !

© Z. Gautey - INRAE



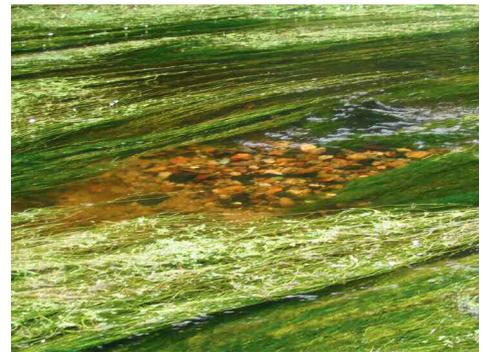
Frayères de lamproies : le compte est (presque) bon !

Chaque été, les techniciens de INRAE et de la FDPPMA56 descendent le Scorff en canoë pour comptabiliser les nids des lamproies marines : des données précieuses et des questions en suspens.

Une lamproie marine, ça creuse énormément ! De mai à juillet, les reproducteurs bâtissent de vastes nids au fond des rivières. « Elles peuvent déplacer, à trois ou quatre, des pierres de plus d'un kilo, formant des édifices de deux à trois mètres de long qui créent une dépression à l'amont », indique Nicolas Jeannot, technicien à INRAE. Ces frayères font depuis 1994 l'objet de suivis réguliers sur le Scorff, les techniciens profitent de l'étiage estival pour les décompter, en canoë, dans les radiers et les plats. Un moyen, d'abord, d'estimer l'abondance de l'espèce, très difficile à piéger : 956 frayères ont ainsi été dénombrées en 2017 contre seulement 31 géniteurs observés à la station de contrôle du Moulin des Princes.

Des comportements à élucider

Ce comptage livre au passage des observations précieuses pour la gestion des cours d'eau : « L'observation d'une grosse concentration de frayères à l'aval d'un petit barrage a par exemple contribué à faire supprimer l'ouvrage », explique le technicien. Quant aux noces de la lamproie marine, au-delà des chiffres, elles recèlent encore bien des mystères. Une femelle peut-elle construire plusieurs nids ? Les mâles sont-ils concurrents entre eux ? Une étude programmée sur le Scorff et la Nivelle, incluant du marquage individuel, a débuté en 2019 et devrait apporter quelques réponses.



© J.-L. Baglinière - INRAE

Larves de lamproies : à la recherche des pépites d'Oir

Sur les bords de l'Oir, les équipes de l'ORE DiaPFC ont mis au point une technique simple et efficace pour évaluer l'abondance des larves de lamproies.

Vous pouvez les croiser certains jours d'octobre, maniant leur tamis avec soin dans les eaux basses de l'Oir ou du Scorff : ce ne sont pas des chercheurs d'or mais des techniciens de l'ORE DiaPFC. « Nous réalisons chaque année depuis 2009 une estimation de l'abondance des ammocètes, les larves de lamproies, au moyen d'un protocole standardisé », indique Julien Tremblay, technicien INRAE. L'idée : échantillonner le fond de la rivière, dans les zones limoneuses où les ammocètes aiment s'enfouir, au moyen d'une « boîte » en PVC de 30 cm × 40 cm, appelée amo7box. L'opérateur dispose l'enceinte sur des habitats favorables et récupère son contenu dans un sac, avant tamisage : de la vase, des feuilles mortes... et des ammocètes, identifiables au genre (*Petromyzon* ou *Lampetra*, p. 44).

Jusque 30 ammocètes dans le tamis

« Sur l'Oir, on peut trouver en un seul 'coup de boîte' jusque 20 ou 30 ammocètes, de 2 à 13 cm, précise Julien Tremblay. Dans certains secteurs, ce sont les espèces les plus abondantes. » Pour chaque habitat préférentiel identifié (les « banquettes à ammocètes », dans le métier), l'opération est reproduite 20 à 30 fois. La manœuvre nécessite quatre personnes pendant une demi-journée : une à la boîte, deux au tamis, une à la prise de notes. À l'arrivée : un véritable indice d'abondance, exprimé en nombre de larves au mètre carré, qui vient enrichir les chroniques de l'ORE DiaPFC, donne une indication directe sur l'efficacité de la reproduction, et peut aussi révéler les impacts d'un obstacle sur la continuité écologique.



© L. Beaulaton - OFB



- 
- 36 Microchimie des otolithes : l'histoire de vie au révélateur
 - 36 Alimentation, eutrophisation : ce que nous apprend l'analyse isotopique
 - 37 Saumon et stress précoce : des réponses différentes selon les populations
 - 38 Colmatage : quel impact sur la fraie des salmonidés ?
 - 38 Nombre de « reproducteurs efficaces » : une méthode validée pour le saumon
 - 39 Saumon et changement climatique : l'avenir, ça se modélise !
 - 40 Les truites de mer, « passeuses de gènes » d'un bassin à l'autre ?
 - 41 La croissance en mer des salmonidés vue par leurs écailles
 - 42 Mâles « précoces » : quel rôle dans la reproduction du saumon ?
 - 42 La couleur des tacons précoces indique-t-elle leurs performances de reproducteurs ?
 - 43 Quand les aloses font des « bulls »
 - 43 Des populations d'aloise en régression
 - 44 Lamproies fluviatiles et lamproies de Planer : un cas d'espèce !
 - 44 Des cycles de vie très différents
 - 45 La migration des civelles : on en sait un peu plus !
 - 45 Le sexe des anguilles : d'abord une affaire d'environnement

Connaissances nouvelles en écologie aquatique



© E. Beaumont - INRAE



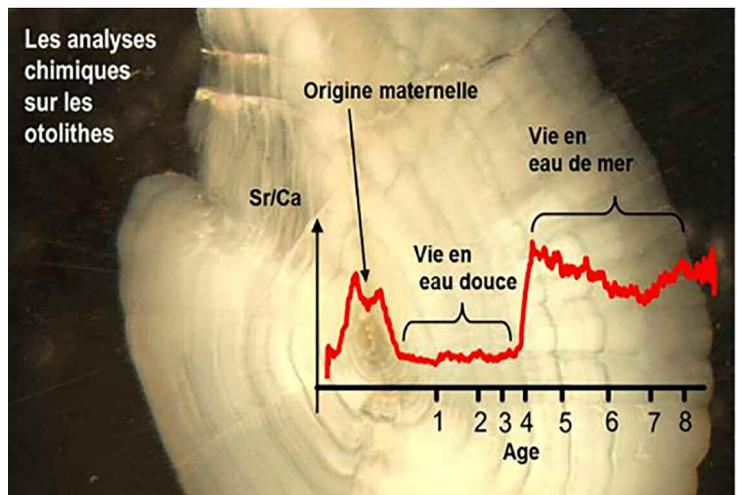
Microchimie des otolithes : l'histoire de vie au révélateur

Les otolithes, véritables « boîtes noires » des poissons (p. 30), permettent aux chercheurs de l'ORE DiaPFC de retracer, par l'analyse des éléments chimiques qu'ils contiennent, les lieux de vie et les origines des migrants. Quelques exemples.

Parmi les éléments rares qu'accumulent les otolithes au cours de la vie des poissons, le Strontium et le Baryum sont particulièrement utiles pour l'étude des espèces migratrices : leurs concentrations sont bien différentes dans l'eau de mer et dans celle des rivières. « La mesure de leurs variations, le long d'une coupe d'otolithe, permet de retracer dans le temps les différentes phases de la vie d'un individu, explique Jean-Marc Roussel, chercheur à INRAE : par exemple l'âge à la migration et le nombre d'années en mer des saumons, le nombre de retours en eau douce pour les truites de mer... ». Dans le cas des anguilles, c'est également par la microchimie que l'on a pu établir que certains adultes passent toute leur vie en estuaire.

Otolithes et origine maternelle

Encore plus fort : les otolithes se forment dès les tout premiers jours de vie alors que l'alevin se développe encore sur les réserves transmises par sa mère (le « sac vitellin »)... et livrent donc aussi des indices sur l'ascendance des individus. Ces éléments ont par exemple été utilisés par une étude couplant microchimie et analyses génétiques, qui s'est intéressée à l'origine de saumons juvéniles de quatre cours d'eau de la baie du Mont-Saint-Michel. « Elle a permis d'identifier, parmi ceux-ci, des individus issus de repeuplement (nés en pisciculture), d'autres issus de géniteurs sauvages et d'autres issus d'« hybridations » entre poissons sauvages et repeuplés », indique Jean-Marc Roussel. Avec à la clé, des indications précieuses pour orienter les pratiques de gestion.



© J-C Aymes - INRAE

Alimentation, eutrophisation : ce que nous apprend l'analyse isotopique

Une autre façon de « faire parler » les échantillons biologiques consiste à s'intéresser aux isotopes – ces formes d'un même élément chimique qui diffèrent par leur masse (le nombre de neutrons). « Ce type d'approche est souvent utilisé sur les écailles des poissons, qui se fabriquent par la voie trophique, explique Jean-Marc Roussel, chercheur à INRAE : l'analyse de leurs isotopes du Carbone et de l'Azote donne donc des indications sur les ressources alimentaires disponibles dans leurs milieux ». Des travaux de l'ORE DiaPFC, en cours, l'utilisent par exemple pour identifier les zones d'alimentation des saumons par rapprochement avec des cartes marines de signatures isotopiques. Selon la même logique, l'analyse isotopique peut être mobilisée comme indicateur de l'eutrophisation des cours d'eau : c'est le cas sur le Scorff, où les collections d'écailles de salmonidés juvéniles sont revisitées pour retracer l'évolution de l'eutrophisation depuis les années 70. Une approche voisine, toujours sur le Scorff, analyse des fragments de nageoires et de macrophytes pour réaliser des « radiales isotopiques » sur le linéaire du cours d'eau. « De cette manière, nous avons pu quantifier en 2006 l'incidence des rejets de nutriments à l'aval d'une pisciculture », indique Jean-Marc Roussel. Après fermeture de l'établissement, la réalisation d'une nouvelle « radiale » en 2016 a permis à l'équipe d'observer la bonne cicatrisation de l'écosystème : les isotopes ne mentent pas !

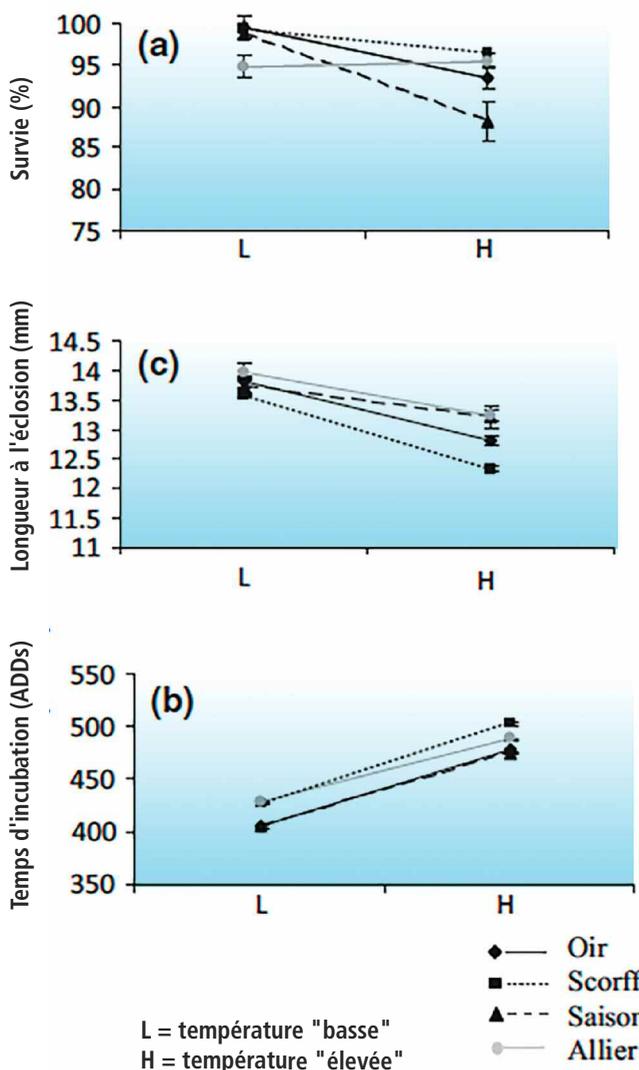
Saumon et stress précoce : des réponses différentes selon les populations

Des travaux en conditions contrôlées montrent que les embryons de saumons supportent plus ou moins bien l'hypoxie et le réchauffement, selon la rivière d'origine des géniteurs.

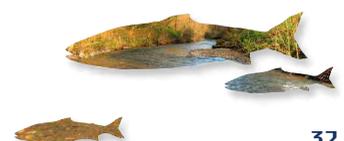
Prenez quatre saumons femelles et quatre mâles de l'Oir. Réalisez des fécondations croisées *in vitro* : vous obtenez 16 « familles » d'œufs. Procédez de même avec des géniteurs du Scorff, du Saison (affluent du Gave d'Oloron) et de l'Allier. Faites incuber le tout en conditions dirigées... et observez ! « Nous avons soumis ces œufs fécondés à des stress variables, explique Guillaume Evanno, chercheur à INRAE : température "normale" (un gradient de 4 à 10°C) ou élevée (10°C constant) ; oxygénation "normale" (10 mg/l) ou hypoxie (5 mg/l). » Résultat ? Le devenir des embryons face à ces différents stress, en termes de temps d'incubation, de survie à l'éclosion ou de longueur des alevins, s'avère sensiblement différent selon leur provenance.

Potentiel d'adaptation

Ces travaux visent à explorer le potentiel d'adaptation des populations de saumons aux changements environnementaux. « Les réponses différentielles que nous avons observées peuvent s'analyser en fonction des régimes thermiques des rivières d'origine, ainsi que de la nature différente de leur substrat », avance Guillaume Evanno. Mais même sous cet angle, il reste des surprises. Ainsi les saumons du Haut-Allier, la plus froide des quatre rivières en hiver, semblent-ils résister aussi bien voire mieux que les autres à la hausse de la température. Un volet de l'étude s'est aussi intéressé aux réponses au stress des hybrides entre ces populations, avec là encore des constats notables... mais c'est une autre histoire !



Réponse des "familles" d'œufs de saumons de l'Oir, du Saison, du Scorff et de l'Allier à la température en termes de taux de survie, de temps d'incubation, et de longueur à l'éclosion.





Colmatage : quel impact sur la fraie des salmonidés ?

Sur la Nivelles, une étude au long cours cherche à préciser les effets du colmatage du substrat sur la survie des stades embryonnaires de truites.

Chaque hiver, truites et saumons enfouissent leur ponte sous le gravier de leurs frayères : ils y resteront quelques semaines avant d'éclore... si tout se passe bien. « Le colmatage du substrat par les sédiments, limitant l'apport d'oxygène aux œufs, est un facteur connu de mortalité », explique Agnès Bardonnnet, chercheuse à INRAE. Pour quantifier ce phénomène, son équipe installe tous les ans depuis 2010 (p. 32), dans trois affluents de la Nivelles, des capsules grillagées contenant des œufs de truites fécondés – « 15 capsules par site, 10 œufs par capsule, séparés par des billes de verre pour éviter la propagation de champignons », précise la chercheuse.

Un facteur peut en cacher un autre

À l'issue du temps d'incubation (qui dépend de la température de l'eau), les capsules sont retirées et les taux de survie estimés. Le colmatage est mesuré en parallèle sur chaque site, grâce à un protocole standardisé. À ce stade, le bilan est contrasté : « D'une année à l'autre, nous n'observons pas une corrélation évidente entre colmatage et mortalité sous gravier, indique Agnès Bardonnnet. Et ce, alors qu'une expérience en conditions semi-naturelles dans notre rivière donne une relation très nette ! » Dans le bassin de la Nivelles, d'autres facteurs entrent donc en jeu. Parmi les candidats possibles, la contamination par les micropolluants : une piste que l'équipe prévoit d'explorer *in situ*, avec un laboratoire du CNRS et de l'Université de Bordeaux.

Nombre de « reproducteurs efficaces » : une méthode validée pour le saumon

Pour connaître l'état d'une population, les indices d'abondance ne suffisent pas toujours. « À quantité de juvéniles égale, le nombre de géniteurs ayant contribué significativement à la reproduction peut être très différent selon les bassins ou les années », explique Olivier Lepais, chercheur à INRAE. Or cette notion de « taille efficace » de la population est essentielle : lorsqu'elle est élevée, la population présente une diversité génétique plus grande... et donc une meilleure capacité d'adaptation aux changements environnementaux. Grâce à l'ORE DiaPFC, une méthode a été mise au point pour estimer en routine le nombre de reproducteurs efficaces des populations de saumons, à partir des opérations de pêche pour l'échantillonnage des juvéniles et la mesure d'indice d'abondance (p. 27). « De petits morceaux de nageoires sont prélevés sur les juvéniles capturés, puis analysés par des outils génétiques de reconstruction de fratries, indique Olivier Lepais. La phase de laboratoire représente environ un mois de travail pour un échantillon de 300 juvéniles. » À l'arrivée, une information précieuse sur la « qualité » d'une population, utilisable notamment pour suivre dans le temps les effets d'actions de gestion.

Saumon et changement climatique : l'avenir, ça se modélise !

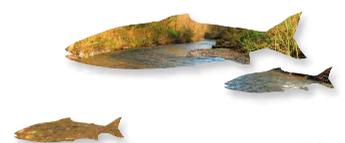
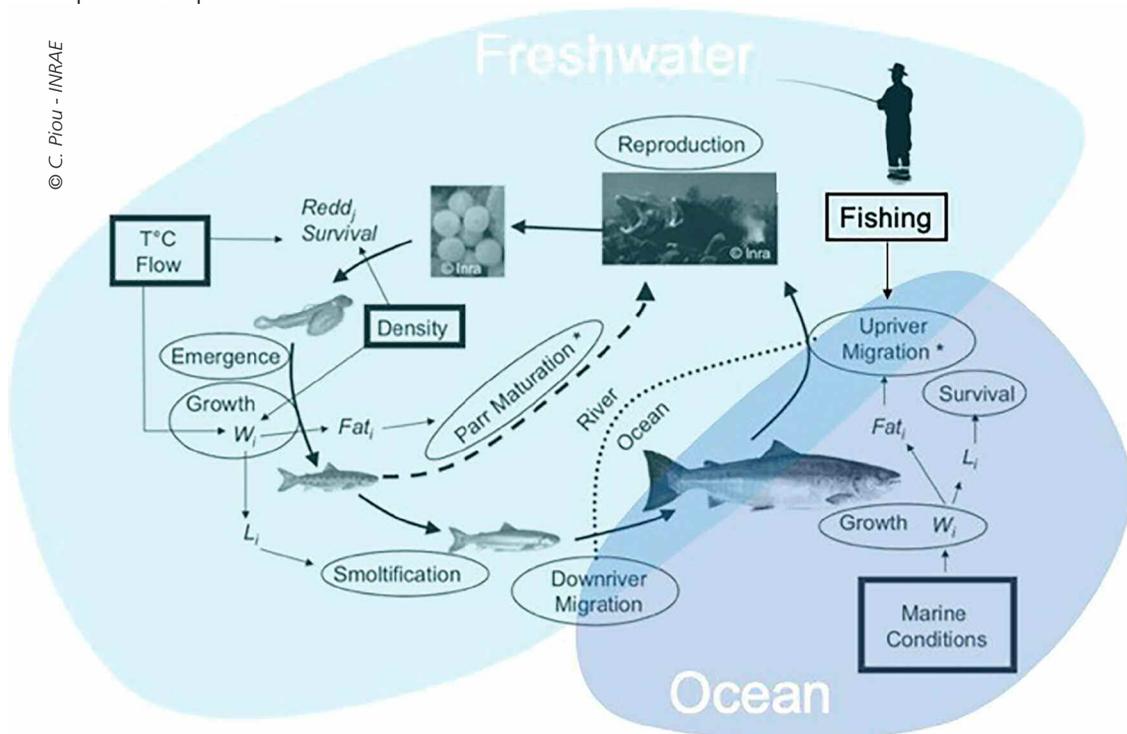
Le simulateur de populations IBASAM, développé grâce à l'ORE DiaPFC, synthétise les connaissances actuelles sur l'écologie du Saumon atlantique pour évaluer les impacts potentiels du changement climatique.

IBASAM, pour *Individual based atlantic salmon model* : « Dans notre modèle, chaque individu de la population virtuelle de saumon est suivi de sa naissance jusqu'à sa mort. Chacun a ses propres caractéristiques qu'il peut transmettre aux générations suivantes. Cela nous permet de prendre en compte les capacités d'adaptation de l'espèce via des réponses plastique et évolutive », explique Mathieu Buoro, chercheur à INRAE. Développé en s'appuyant sur les chroniques de données de l'ORE DiaPFC, en particulier celles du Scorff, cet outil intègre presque tout ce que l'on sait actuellement sur le saumon : courbes de croissances, choix d'histoire de vie, processus de reproduction et de survie, en lien avec les variables environnementales. Objectif : simuler des scénarios de changement climatique et évaluer les réponses potentielles des populations, pour éclairer les gestionnaires dans leurs décisions.

Des conditions en mer à la pression de pêche

Sans cesse affiné par de nouvelles données, IBASAM livre déjà de nombreux éléments. Par exemple, « il établit que le plus gros impact du changement climatique sur les saumons découlerait de la dégradation des conditions de croissance en mer, indique Mathieu Buoro. Mais, plus près de nous, il montre aussi comment le maintien d'une pression de pêche ciblée sur les gros géniteurs amplifie ces effets. » D'abord développé à l'échelle d'une seule rivière, de type fleuve côtier français, le modèle est actuellement étendu pour représenter l'ensemble des populations d'une région donnée (avec une prise en compte des échanges entre populations), en faisant varier une large palette de paramètres : débit des rivières, températures, fréquence des événements extrêmes, pression de pêche...

© C. Piau - INRAE





Les truites de mer, « passeuses de gènes » d'un bassin à l'autre ?

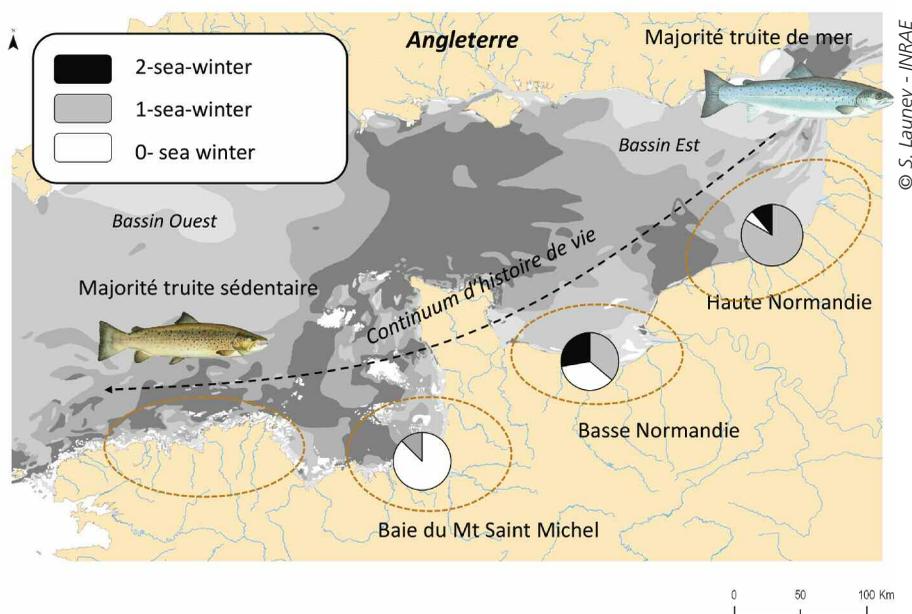
Dans le golfe de Gascogne et dans la Manche, deux études s'intéressent au rôle des truites migratrices dans la dispersion des gènes entre populations.

Les truites de mer seraient moins fidèles que les saumons à leur rivière natale. Ce trait a été étudié dans le fond du golfe de Gascogne, où l'analyse des marqueurs génétiques (« microsattellites ») de centaines de juvéniles a permis d'identifier plusieurs populations bien distinctes : fleuves côtiers espagnols (dont la Bidassoa), Nivelle, Nive, Gaves... Sur cette base, l'origine de truites de mer adultes, capturées à la remontée dans quatre rivières, a pu être retracée. Bilan : « Sur la Nive et la Nivelle, 48 % et 56 % de nos truites de mer provenaient d'un autre bassin – en majorité des fleuves côtiers espagnols, indique Joëlle Chat, ingénieure de recherche à INRAE. En revanche, dans les Gaves, il y a moins de 3 % de truites de mer espagnoles. » Reste à savoir dans quelle mesure ces truites « baladeuses » sont vectrices d'échanges génétiques entre les bassins. Au Pays basque, les flux semblent très limités : « Nos analyses sur les juvéniles montrent que les échanges sont négligeables dans un passé récent, comme si les truites qui changent de bassin ne s'y reproduisaient pas », explique Joëlle Chat.

Un rôle du paysage marin

Une autre étude, sur 20 fleuves côtiers de la Manche, apporte un éclairage différent. « Les truites de mer des bassins de l'est de la Seine (Durdent, Saône, Bresle, Canche...), présentent très peu de différences génétiques, indique Sophie Launey, chercheuse à INRAE. En comparaison, côté Bretagne, les populations sont bien distinctes d'un bassin à l'autre. » Face à ces constats, l'équipe étudie l'hypothèse d'un effet du paysage marin dans la dispersion des truites migratrices. « Le milieu marin de la Manche orientale, très homogène avec des fonds meubles et riches, fournit aux truites des conditions favorables à leur dispersion », analyse Sophie Launey. À l'ouest, de l'autre côté de la barrière naturelle du Cotentin, les côtes rocheuses, moins favorables, limiteraient cette dispersion... et donc les chances de passer d'un bassin à l'autre !

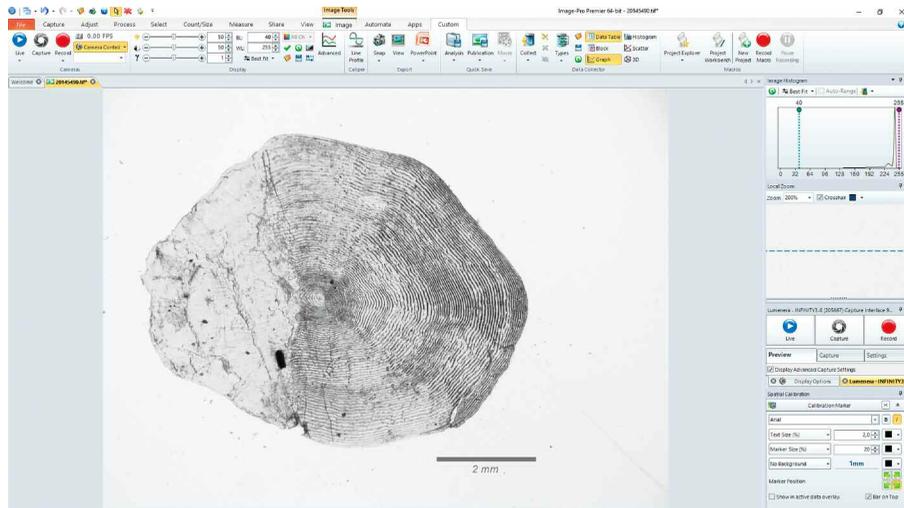
Hétérogénéité du paysage marin et stratégies migratoires



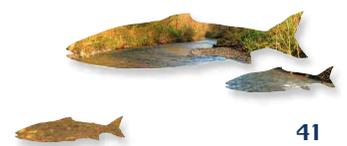
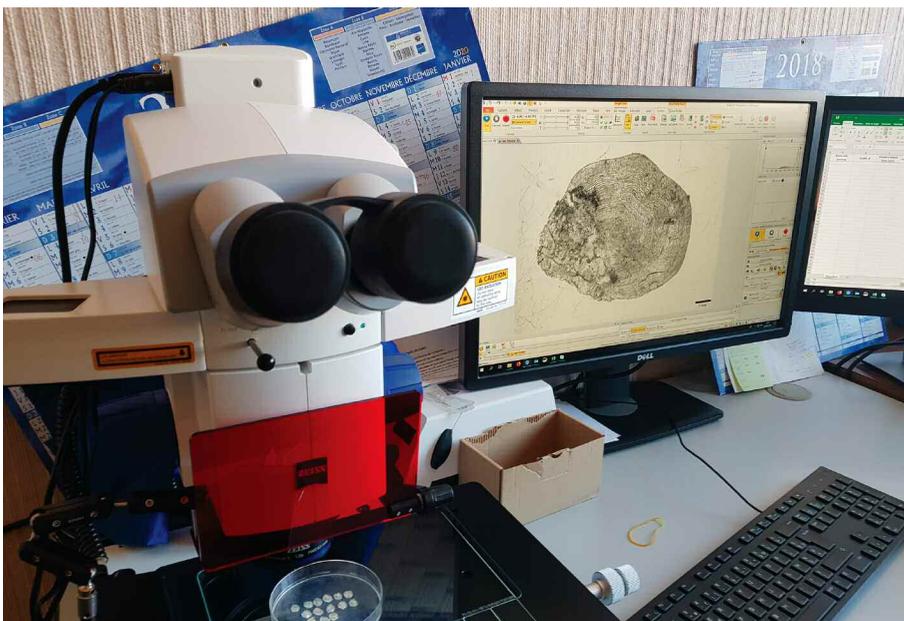
La croissance en mer des salmonidés vue par leurs écailles

Les travaux présentés pour les truites de la Manche s'inscrivent dans le cadre du projet SAMARCH (*Salmonid Management ARound the Channel*), programme de recherches franco-britannique lancé en 2017, Interreg Manche, sur la vie marine des salmonidés migrateurs dans le contexte du changement climatique. Un des volets vise à retracer la croissance des poissons en mer à partir de leurs écailles : « Nous scannons au microscope quelque 27 000 écailles, collectées sur cinq rivières depuis 30 ans, pour analyser leurs stries de croissance », indique Marie Nevoux, chercheuse à INRAE. « Ce travail de fourmi livrera des données inédites sur les salmonidés de la Manche et les changements récents que connaissent leur populations, précise son collègue Étienne Rivot, professeur à Agrocampus-Ouest : âge, temps passé en mer et en eau douce, croissance en lien avec les ressources marines ... ». Ces nouvelles connaissances pourront être utilisées pour améliorer les mesures de gestion des populations de poissons sauvages et des milieux côtiers et estuariens, afin d'atténuer les effets des activités anthropiques et des changements environnementaux sur les salmonidés. À suivre : www.samarch.org !

© F. Marchand - INRAE



© F. Marchand - INRAE





Mâles « précoces » : quel rôle dans la reproduction du saumon ?

Certains saumons mâles s'invitent sur les frayères dès leur première année de vie : une stratégie individuellement risquée, comme le révèlent des travaux menés sur la Nivelle.

Ils mesurent à peine 15 cm, ne sont jamais allés en mer, mais viennent mêler leur semence aux ébats hivernaux des grands migrants ! « Selon les rivières et les années, ces jeunes mâles dits 'maturants précoces' peuvent jouer un rôle majeur dans la reproduction » indique Cédric Tentelier, maître de conférences à l'université de Pau et des Pays de l'Adour. Deux années de suite, son équipe a effectué des analyses de paternité sur 1 500 alevins de la Nivelle : respectivement 56 % puis 25 % de ceux-ci avaient pour père un mâle précoce. La stratégie est donc payante au plan collectif... mais pas au niveau individuel : « Ces deux mêmes années, nos analyses ont révélé que 80 % des petits mâles précoces n'avaient eu aucune descendance ! », explique Cédric Tentelier.

Plus de chances si les femelles sont nombreuses

Rien n'empêche alors ces tacons précoces de partir en mer, pour espérer ensuite se reproduire « normalement »... sauf que l'énergie investie dans leur maturité ne l'a pas été dans leur croissance. « Une étude par radiopistage, menée en 2017, nous confirme que les mâles maturants se déplacent beaucoup plus dans la rivière que les autres juvéniles », précise le chercheur. Pour comprendre ce choix coûteux, l'équipe étudie plusieurs pistes : les cours d'eau avec de bonnes conditions de croissance initiale produiraient davantage de tacons précoces ; ceux-ci auraient aussi de meilleures chances de succès les années où les femelles sont nombreuses à remonter, ou quand les grands mâles sont rares... À suivre (dans la durée) !

La couleur des tacons précoces indique-t-elle leurs performances de reproducteurs ?

Pour les jeunes saumons maturants, l'habit pourrait bien faire le moine : c'est ce que montre une expérience menée sur les bords de l'Oir.

Chez de nombreuses espèces de poissons, les mâles dominants présentent une livrée sombre. « Ce trait, associé au taux de mélanine, est essentiellement d'origine génétique, indique Guillaume Evanno de INRAE. Il se distingue de la pigmentation de couleur rouge, davantage liée à l'alimentation de l'individu. » Dans le cas des tacons précoces (ci-dessus), ces caractéristiques pourraient-elles indiquer la performance reproductive ? Pour le savoir, le chercheur a travaillé sur 20 jeunes mâles précoces de l'Oir, photographiés pour quantifier le « taux de noir » et le « taux de rouge » de leurs robes. L'équipe a ensuite réalisé des fécondations *in vitro* avec les œufs de deux femelles – « soit 40 familles d'œufs, placés dans des capsules grillagées et mis en incubation dans l'Oir », explique le chercheur.

Mieux vaut du noir que du rouge

Après l'éclosion, 66 jours plus tard, les capsules sont récupérées et les alevins conservés au laboratoire. Objectif : comparer leurs taux de survie et la durée de la phase embryonnaire, avant émergence. L'expérience s'avère concluante. « Nous constatons une corrélation nette et positive entre le « taux de noir » des pères et la survie de leurs descendants, annonce Guillaume Evanno. Mais cet avantage s'accompagne d'un développement embryonnaire plus long, donc d'un retard potentiel à l'émergence du gravier. » Quant au taux de rouge des tacons, il n'influe pas vraiment sur la survie des œufs... mais allonge lui aussi le temps d'émergence. Reste à savoir si les femelles sont au courant !

© S. Glise - INRAE



Noir : 6.23 %
Rouge : 1.63 %



Noir : 2.26 %
Rouge : 0.53 %



Noir : 0.85 %
Rouge : 1.66 %

Les tacons ont été photographiés selon un protocole standardisé, pour quantifier leurs « niveaux » de noir et de rouge.

Quand les aloses font des « bulls »

Pour la première fois, une étude a suivi *in situ* la reproduction tapageuse des aloses sous l'angle individuel. À la clé, des éléments concrets pour relier le nombre de « bulls » à l'abondance de l'espèce.

Remontés en mai, après 3 à 7 ans en mer, les géniteurs d'aloise passent à l'acte de nuit, en juin et juillet. Au moment décisif, mâle et femelle tournent en rond l'un sur l'autre à toute vitesse, leurs nageoires produisant à la surface un bruit caractéristique – un « bull », disent les Gascons. « Ces signatures sonores sont dénombrées depuis longtemps sur certaines rivières, comme une indication de l'abondance de l'espèce », indique Cédric Tentelier, maître de conférence à l'université de Pau et des Pays de l'Adour. Selon les auteurs, chaque adulte pourrait produire 5 à 12 bulls : c'est ce qu'a voulu préciser une étude menée entre 2016 et 2018. Comment ? En suivant individuellement, pendant toute leur période de reproduction, un certain nombre de géniteurs porteurs d'un émetteur radio et d'un accéléromètre (p. 31), le tout complété par un suivi audio à large couverture. En 2016, très mauvaise année pour les remontées d'aloses sur la Nivelle, l'équipe n'a marqué qu'un couple, et suivi leurs ébats en bassin. « Nous avons ainsi pu vérifier que les poissons supportaient le dispositif, et surtout que les données contenues dans l'accéléromètre permettaient de dénombrer sans doute possible les bulls qu'ils avaient effectués », souligne Cédric Tentelier.

7 à 26 bulls par femelle

En 2017, davantage d'aloses ont remonté la rivière. L'équipe a obtenu l'autorisation de marquer neuf femelles. Tous les accéléromètres ont pu être récupérés peu après leur reproduction. Ils ont livré leur verdict : entre 7 et 26 bulls par femelle, pour une moyenne de 15. « Nos femelles ont été actives en moyenne quatre nuits, avec un

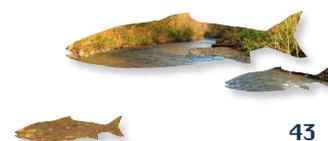
pic vers 2h du matin, séparées par trois ou quatre nuits d'inactivité, précise le scientifique. Nous avons aussi constaté qu'une même femelle peut faire une série de bulls dans la même nuit, jusque six en 30 minutes. » Ce qui accrédite l'hypothèse de « faux bulls », sans expulsion d'œufs – peut-être pour se débarrasser d'un mâle non désiré ? La campagne 2018, avec 15 femelles marquées, aurait pu permettre d'en découvrir encore plus... si une brusque crue fin juin n'avait pas rejeté en mer les poissons avec leur précieuse boîte noire. Un risque à courir, pour une étude qui va de toute façon faire du bruit !

© S. Gise - INRAE



Des populations d'aloise en régression

Les effectifs de grande alose comptés depuis 30 années à la station de contrôle d'Uxondoa sur la Nivelle, à 17 km de l'embouchure, montre un inquiétant fléchissement. Le record de 688 individus, en 2005, est aujourd'hui bien loin : 114 en 2013, 27 en 2015, 40 en 2018... Une évolution comparable est observée sur la Garonne (plus grosse population mondiale de l'espèce) : de plusieurs centaines de milliers il y a quelques décennies, les effectifs sont tombés à quelques dizaines de milliers. À 500 km au nord, sur le Scorff, la grande alose fait en revanche une timide apparition ces dernières années : peut-être le signe d'une modification de son aire géographique, à l'ère du changement climatique ?





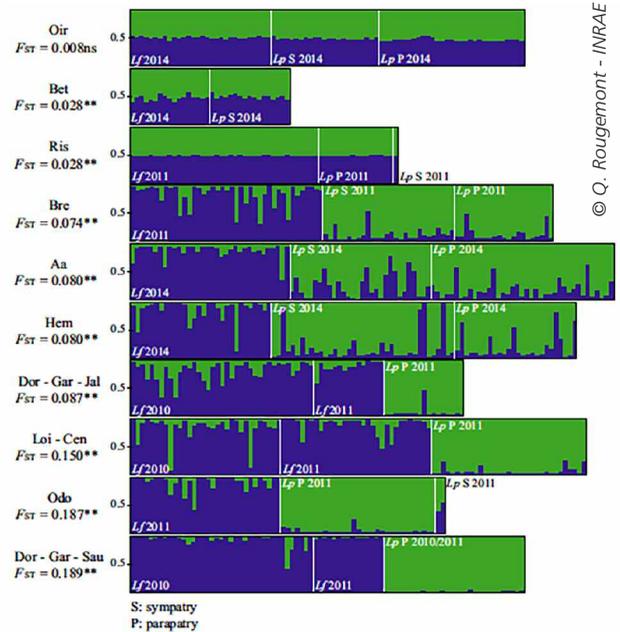
Lamproies fluviatiles et lamproies de Planer : un cas d'espèce !

Deux espèces bien distinctes ? Ou une seule espèce, avec deux formes capables de s'hybrider ? Le cas des lamproies fluviatile et de Planer n'est pas tranché, mais les analyses menées à l'ORE DiaPFC accèdent la seconde hypothèse.

« Ce qui définit deux espèces distinctes, c'est que leurs hybrides, s'il y en a, sont non viables ou stériles », rappelle Guillaume Evanno, chercheur à INRAE. Entre la lamproie fluviatile et la lamproie de Planer, des hybrides il y en a sans aucun doute. Dans les rivières où les deux sont présentes, elles fraient ensemble : ainsi sur l'Oir, les équipes de l'ORE DiaPFC observent aux mois d'avril et de mai une reproduction communautaire, formant des agglomérats de 10 à 30 individus. « En réalisant des croisements *in vitro*, nous avons établi que le taux de fécondation interspécifique et le taux d'éclosion des hybrides sont proches de 100 % », indique Guillaume Evanno. Une autre expérience a aussi prouvé que les petits mâles Planer, en concurrence avec de grands fluviatiles, parvenaient à féconder des femelles. Mais pour conclure à une espèce unique, il faudrait élever les larves hybrides en captivité pendant 6 ans, vérifier leur survie à l'âge adulte, puis leur fertilité : infaisable !

Des « degrés d'hybridation » variables selon les rivières

L'équipe s'en est alors remise aux outils génétiques. Des analyses de « microsatellites » (fragments d'ADN très variables, utilisés pour mesurer la similarité entre des individus ou populations) ont été réalisées sur des lamproies fluviatiles et de Planer, échantillonnées dans 10 bassins différents : de l'Oir à la Dordogne, de la Béthune à la Loire. Les résultats, objets de plusieurs publications, livrent de nouveaux éléments. Dans trois rivières, dont l'Oir, aucune différenciation génétique ne peut être observée entre les deux formes – « exactement comme s'il s'agissait d'une seule et même espèce », explique Guillaume Evanno. Leur point commun ? « Ce sont des cours d'eau où les deux populations cohabitent étroitement et se reproduisent ensemble. » Ailleurs, les individus peuvent être assignés, avec différents degrés d'hybridation, à l'un des deux groupes. Quant aux populations de Planer de l'amont des grands bassins, où la fluviatile ne remonte pas du fait d'obstacles à la migration (barrages, écluses...), elles présentent une signature génétique très distincte : celle d'une espèce en formation ?



© Q. Rougemont - INRAE

Des cycles de vie très différents

Dans le genre *Lampetra*, il y a la grande sœur, la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*). Elle naît en rivière, au printemps, et vit sous forme de larve pendant 5 à 6 ans dans les « banquettes à ammocètes » (p. 33), avant l'émergence et la grande aventure : dévalaison, vie marine et parasitaire de poissons, croissance jusqu'à 30 cm, puis retour en eau douce, pour la reproduction et la mort. Une vraie migratrice, comme sa robuste cousine la lamproie marine.

Et puis il y a la petite sœur, la lamproie de Planer (*Lampetra planeri*), dont l'existence commence de la même façon et souvent aux mêmes endroits, mais qui, une fois sortie de la vase, ne survit que quelques mois : ne dépassant pas 20 cm, elle reste dans son secteur de rivière sans se nourrir, et meurt elle aussi après le frai.



© E. Lasne - INRAE

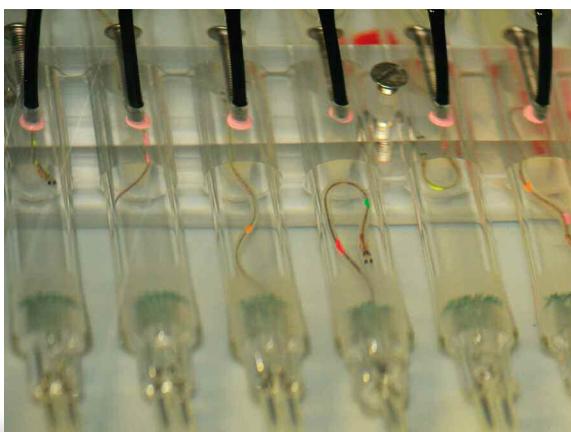
La migration des civelles : on en sait un peu plus !

La remontée des civelles en estuaire obéit à un mystérieux déterminisme : une série d'expériences en aquarium apporte un éclairage nouveau, sous l'angle individuel.

Dans les estuaires, les civelles remontent à la faveur des marées et patientent dans le substrat quand la mer se retire, jusqu'à gagner enfin les eaux douces : c'est le cas d'école. « En réalité, la microchimie des otolithes (p. 36) a montré plusieurs schémas, explique Valérie Bolliet, professeure à l'université de Pau et des Pays de l'Adour : certains adultes, capturés en estuaire, n'ont jamais vécu en eau douce ; d'autres y ont séjourné avant de revenir à l'estuaire. » Pour étudier individuellement ces trajectoires, à Saint-Pée-sur-Nivelle, deux aquariums en forme d'anneau simulent l'alternance jour-nuit et le rythme des marées : l'eau y tourne dans un sens pendant environ 6h10', puis dans l'autre, etc. À l'intérieur du carrousel : des cohortes de 30 à 50 civelles identifiées par un code couleur.

Une question de métabolisme ?

© S. Glise - INRAE



Ce dispositif, filmé 24h/24, révèle des tendances stables dans le temps : « Certaines civelles ne quittent jamais le substrat tandis que d'autres montrent une propension à migrer, plus ou moins marquée dans une direction donnée », indique Valérie Bolliet. Les civelles en montaison vivant sur leurs réserves, ces différences pourraient dépendre de leur statut énergétique. « Or nous n'observons pas de relation entre le poids ou la longueur des individus et leur comportement... » La clé se trouve-t-elle alors dans des différences de métabolisme ? Pour le savoir, l'équipe mesure depuis 2018 leur consommation d'oxygène en chambre individuelle. En attendant, les civelles poursuivent leur étrange manège !

Le sexe des anguilles : d'abord une affaire d'environnement

L'anguille ne naît pas mâle ou femelle, elle le devient. Comment cela se décide-t-il ? Question difficile, mais certains travaux menés sur l'ORE DiaPFC permettent d'y voir un peu plus clair.

Des mâles « plutôt » à l'aval des bassins et dans le sud de l'Europe. Des femelles « plutôt » à l'amont et au nord. Sauf que dans le bassin de l'Oir, 80 % des anguilles sont des femelles... et que dans une rivière voisine, c'est l'inverse ! « Comme beaucoup de poissons, l'anguille ne possède pas de chromosomes sexuels, X ou Y, explique Agnès Bardonnnet, chercheuse à INRAE. « L'orientation sexuelle vers mâle ou femelle se ferait au début de la vie continentale, soit après 1 à 3 ans de vie marine à l'état de larve ». Des travaux menés à l'ORE DiaPFC cherchent à préciser l'influence des facteurs environnementaux (température, densité de la population, niveau de stress, conditions nutritionnelles) dans ce mécanisme complexe.

L'enquête se poursuit en Méditerranée

L'une des actions a étudié de près, trois années durant, une cohorte de civelles landaises en conditions d'élevage. « Cette approche a notamment révélé une croissance différenciée, indique la chercheuse : les mâles semblent grandir plus vite au début, puis les courbes se croisent ». Plus largement, les différents travaux de l'ORE DiaPFC suggèrent une influence prépondérante de la qualité « perçue » du milieu sur les autres variables. Pour aller plus loin, l'équipe s'intéresse désormais aux populations de deux lagunes languedociennes : Leucate (95 % de mâles) et Mauguio (40 à 50 % de mâles). L'analyse de leurs gonades (histologie et ARN), couplée au suivi des variables individuelles et environnementales, apportera de nouveaux indices...



- 
- 48 Jean-Yves Moëlo, BGM : « Les indices d'abondance ont fait entrer la pêche du saumon à l'âge de raison »
 - 49 Suivis d'abondance saumon : plus de 200 stations dans toute la Bretagne
 - 50 Vigitruite[®] : un standard pour estimer l'abondance des truitelles
 - 51 Des études d'impact pour éclairer la gestion
 - 52 Communautés végétales : une contribution majeure aux outils de la surveillance européenne
 - 53 Végétation des berges : un autre regard sur le génie écologique
 - 54 Plan de gestion de l'anguille : les actions de « repeuplement » sont-elles efficaces ?
 - 54 Le Flottang : un piège très sélectif

Applications et connaissances pour la gestion

D



Jean-Yves Moëlo, BGM : « Les indices d'abondance ont fait entrer la pêche du saumon à l'âge de raison »

Grâce aux indices d'abondance évalués chaque année, les gestionnaires des bassins bretons ont transformé la pêche amateur du saumon pour mieux préserver les stocks. L'éclairage de Jean-Yves Moëlo, président de Bretagne grands migrateurs (BGM).

Depuis 1997, la pêche à la ligne du saumon en Bretagne est encadrée par le système des TACs (totaux autorisés de captures). Comment cela fonctionne-t-il ?

J-Y. Moëlo - Aujourd'hui, 28 cours d'eau bretons font l'objet d'un TAC – ou plutôt de deux : un pour les saumons de printemps, un autre pour les castillons. C'est le nombre maximal d'individus capturables par les pêcheurs à l'échelle du bassin. Il est calculé pour une période donnée, selon une méthode développée par les établissements fondateurs de INRAE et l'OFB, à partir de la surface de production en juvéniles du bassin (sa « capacité d'accueil »), les données récoltées sur l'ORE DiaPFC (en particulier le Scorff et l'Oir) et des résultats des suivis d'abondance réalisés par les fédérations de pêche. L'idée est de garantir une dépose d'œufs suffisante lors de la reproduction en fin d'année pour maintenir le stock au niveau optimal. Par exemple sur le Scorff, pour 2018, les TACs étaient de 42 saumons de printemps et 334 castillons ; sur l'Aulne ils étaient respectivement de 13 et 103. Les captures doivent obligatoirement être déclarées individuellement par les pêcheurs, au moyen d'un système de bagues.

Pourquoi distinguer saumons de printemps (plusieurs hivers en mer) et castillons (un hiver en mer) ?

J-Y. Moëlo - La pression de pêche est plus intense sur les saumons de printemps, qui ne représentent qu'environ 20 % du stock, et les études scientifiques (p. 39) prouvent que ces prélèvements ont un impact élevé. Le double TAC vise donc à mieux protéger ces grands reproducteurs – en majorité des femelles. Pour la même raison, le Comité de gestion des poissons migrateurs (Cogepomi) des cours d'eau bretons a aussi fait évoluer les tailles réglementaires de capture et les dates des périodes de pêche. Des zones de protection à l'amont des cours d'eau ont également été mises en place. Et dernièrement, les pêcheurs ont souhaité prendre une mesure purement « halieutique » en limitant le nombre de prises de saumon de printemps à deux par pêcheur et par an. Lorsque le TAC est atteint, la fermeture de la saison est anticipée : cela se produit certaines années sur certaines rivières. En revanche, pour les castillons, le maximum est très rarement atteint !

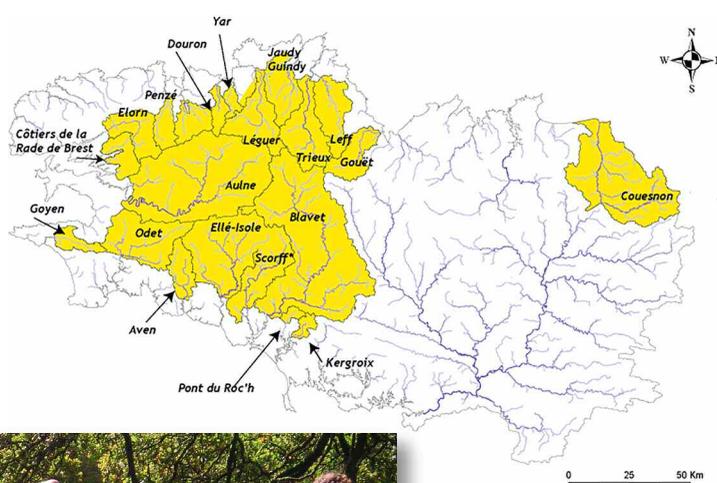
Avec deux décennies de recul, ces réglementations portent-elles leurs fruits ?

J-Y. Moëlo - Ce que l'on constate c'est que, depuis la mise en œuvre des TACs, nos populations de saumons ne régressent plus, voire augmentent sur certains bassins, et ce malgré des conditions de vie en mer plus compliquées (diminution du taux de retour en rivière, baisse de la taille et du poids moyen des saumons de printemps et castillons). L'autre réussite se situe dans les têtes : s'il y a eu bien sûr des réticences chez certains pêcheurs, nous voyons un changement s'opérer dans les mentalités. Il y a beaucoup de discussions autour du « no-kill », et globalement une prise de conscience quant à la vulnérabilité de nos populations de migrateurs et la nécessité de les préserver.

Suivis d'abondance saumon : plus de 200 stations dans toute la Bretagne

À partir d'une méthode développée à l'ORE DiaPFC, un vaste réseau de suivi des abondances de tacons s'est constitué autour de l'association Bretagne grands migrateurs (BGM) et des quatre fédérations de pêche bretonnes.

Cinq minutes de pêche électrique par station, un effort ciblé sur les radiers et les rapides pour dénombrer les tacons de l'année : l'indice d'abondance saumon, conçu par les équipes de l'ORE DiaPFC (p. 27), est aujourd'hui mis en œuvre en routine de l'Élorn au Blavet, du Léguer à l'Odet. « Nous avons travaillé avec les quatre fédérations départementales de pêche pour développer un réseau de suivi d'abondance à l'échelle de la région, indique Noémie Deleys, de Bretagne grands migrateurs (BGM) : de sept bassins en 1997, les suivis couvrent depuis 2012 les 21 principaux bassins où est présent le saumon. »



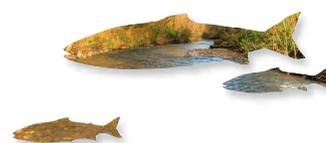
© N. Jeannot - INRAE



Auteur : Bretagne Grands Migrateurs - 2015 - Sources : BD Carthage - IGN/MA

Tous les résultats accessibles en ligne

Les échantillonnages sont menés chaque année par les fédérations de pêche (ou INRAE pour le Scorff) sur un réseau de stations, représentatives des habitats favorables à la production de juvéniles – environ 200 stations pour 2017. Les données sont centralisées par BGM : « Nous publions tous les résultats d'indices, assortis de fiches de synthèse, sur le site de l'Observatoire des poissons migrateurs en Bretagne », souligne Noémie Deleys. Le site dédié (<http://observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr>) recèle également quantité d'informations sur les autres migrateurs – notamment l'anguille, elle aussi objet d'un suivi systématique à l'échelle régionale : depuis 2002, quelque 700 stations ont été échantillonnées pour l'anguille jaune.





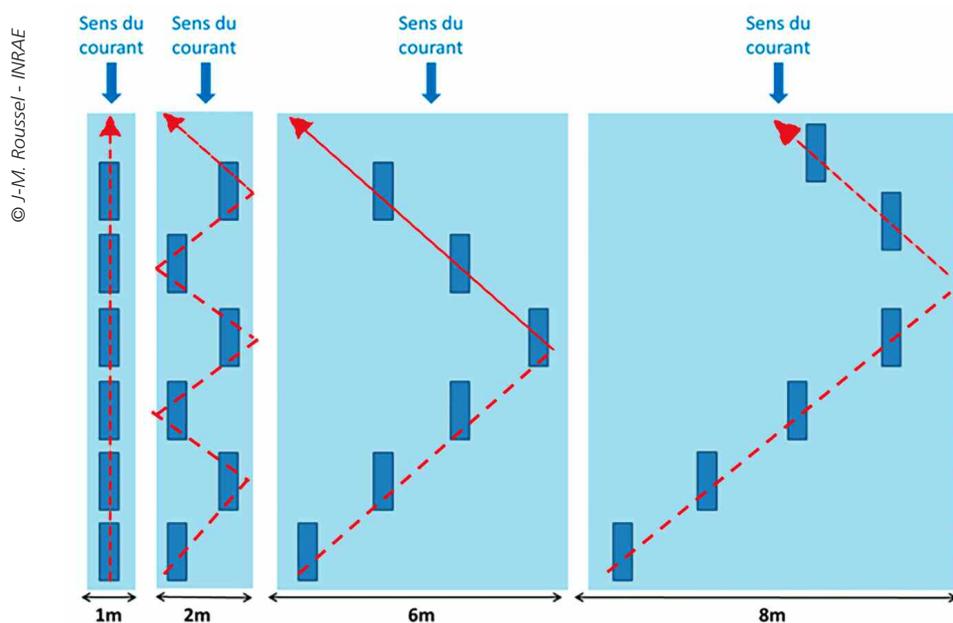
Vigitruite® : un standard pour estimer l'abondance des truitelles

Développé sur l'ORE DiaPFC et d'autres rivières de Bretagne et Normandie, l'indice Vigitruite® est une licence sur savoir-faire de INRAE, pour un suivi rapide de l'abondance des juvéniles de truites en cours d'eau.

Cinq minutes, pas une de plus : c'est le temps de pêche nécessaire à trois personnes pour réaliser, électrode en main, l'indice Vigitruite® sur un tronçon de rivière. La méthode ? « Une pêche électrique par traits, en septembre ou en octobre, suivant un plan d'échantillonnage en zigzag qui ne laisse aucune liberté aux opérateurs, comparabilité des résultats oblige ! », résume Jean-Marc Roussel, chercheur à INRAE, qui a développé le protocole à la suite de sa thèse au début des années 2000 et en s'inspirant de celui élaboré préalablement pour le saumon (p. 27). L'indice estime l'abondance en truitelles de l'année et/ou en truites d'un an. Il s'exprime en nombre de poissons en 5 minutes, que des abaques permettent de traduire en densité par mètre carré.

Formation obligatoire

Conçu pour offrir une méthode rapide, légère et standardisée, aux gestionnaires des cours d'eau, Vigitruite® est largement utilisé depuis 10 ans, sur les bassins bretons et au-delà. Sur le réseau de référence de l'ORE DiaPFC (en tout 46 stations faites chaque année sur la Bresle, l'Oir, le Scorff et la Nivelle), l'indice alimente chaque année les chroniques de recrutement et de survie à un an. Mais il est aussi employé par divers bureaux d'études ou fédérations de pêche, à des fins de gestion piscicole ou de suivi de restauration par exemple. Seules conditions : avoir suivi la formation d'une journée, et déclarer annuellement chaque station Vigitruite® à INRAE.



Position des traits d'électrode (rectangles bleus) pour quatre cours d'eau de largeur comprise entre 1 et 8 mètres. La flèche rouge en pointillés indique la progression de l'équipe de pêche d'une berge à l'autre, vers l'amont.

Des études d'impact pour éclairer la gestion

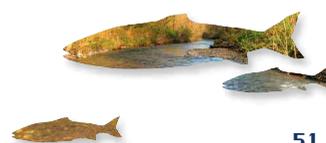
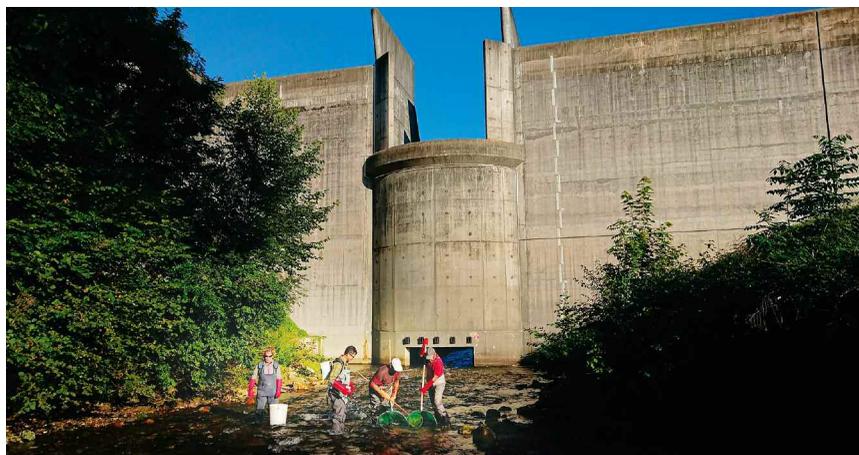
Pour évaluer l'influence d'ouvrages ou de rejets polluants sur les rivières, gestionnaires et collectivités peuvent s'appuyer sur les suivis conduits par l'ORE DiaPFC. Exemples sur la Nivelle et le Scorff.

Les riverains de la Nivelle connaissent bien ses crues soudaines et parfois violentes, notamment en hiver. Mis en service en 2008, le barrage écrêteur de Lurberria vise à réduire les risques liés à ces débordements : le bassin situé à l'amont absorbe la montée des eaux, pour les restituer ensuite à la rivière, petit à petit. Mais ce fonctionnement, bloquant un temps l'écoulement du fleuve, pourrait bien affecter les zones à frayères de salmonidés situées dans le secteur, et plus largement l'écologie du cours d'eau. « Pour évaluer cet impact, les collectivités en charge de l'ouvrage – Syndicat de la Nivelle puis Agglomération Pays basque – ont chargé l'ORE DiaPFC de réaliser un suivi spécifique », indique Étienne Prévost, chercheur à INRAE. Entre 2009 et 2014, ses équipes ont mesuré *in situ* les taux de survie d'œufs de truites fécondés, en déployant la méthode des capsules d'incubation (p. 32) sur sept stations *a priori* favorables à la reproduction des salmonidés : l'une, très en amont, faisait office de site de référence ; les six autres s'échelonnaient entre 1 km à l'amont du barrage et 1,3 km à son aval.

Des éclairages parfois contrastés

Au terme des cinq années, les suivis rendent leur verdict : la survie des œufs apparaît plus faible dans les deux sites situés à l'aval, et surtout à l'amont immédiat du barrage. « Ces résultats confirment un impact du barrage, mais celui-ci reste limité, analyse Étienne Prévost : il est circonscrit dans l'espace et même à la station la plus touchée, le taux de survie moyen est de l'ordre de 40 %, ce qui est loin d'être nul. » De quoi alimenter la réflexion des gestionnaires sur le fonctionnement de l'ouvrage, sans remettre en question son bien-fondé. Dans d'autres cas, les suivis menés par l'ORE DiaPFC ont pu conduire à des décisions plus tranchées : ainsi les impacts d'un seuil maçonné sur la remontée des lamproies marines du Scorff, mis en évidence lors de campagnes de comptage de frayères (p. 33) ont convaincu le syndicat de bassin de supprimer celui-ci. Toujours sur le Scorff, les rejets polluants de deux piscicultures sont suivis de près depuis quinze ans. Une approche en modélisation, exploitant les résultats d'indices d'abondance, a estimé la perte de production en jeunes saumons des tronçons situés à l'aval des deux sites. Une autre étude, utilisant l'analyse isotopique (p. 36), a quantifié l'influence des émissions de nutriments de l'établissement le plus impactant.

© S. Glise - INRAE





Communautés végétales : une contribution majeure aux outils de la surveillance européenne

L'IBMR (indice biologique macrophytique en rivière), l'un des indices de référence pour l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau à l'échelle européenne, est issu de travaux initiés dès les années 1980 sur le Scorff.

C'est aujourd'hui un outil employé en routine sur des centaines de stations, en France et en Europe : l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR) évalue l'état écologique d'un cours d'eau au travers des végétaux aquatiques (les macrophytes) qu'il abrite, par rapport à ceux que l'on trouverait dans un milieu comparable mais exempt de perturbations humaines. Normalisé par l'Afnor en 2003, retenu en 2011 comme indice de référence pour la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau européenne (DCE), l'IBMR plonge ses racines... dans les eaux du Scorff. « Nos premiers travaux, au milieu des années 1980, visaient à étudier localement les communautés végétales pour comprendre leur distribution et leur perturbation par les rejets de la pisciculture industrielle de Pont-Calleck », rembobine Jacques Haury, professeur à l'Agrocampus Ouest et « père » de l'IBMR.

Des relevés de terrain à la DCE

Pionnière à l'époque, cette approche reliant les pressions (ici l'apport de nutriments) aux caractéristiques des communautés (nombre d'espèces, taux de recouvrement...) est déclinée sur d'autres cours d'eau : « Nous avons multiplié les relevés floristiques, sur l'Oir, la Nivelles et la Bresle, mais aussi en Picardie, en Lorraine ou en Alsace », précise Jacques Haury, bientôt rejoint par une équipe d'Irstea Bordeaux et diverses universités. Au fil des jeux de données émerge le socle d'une méthode opérationnelle. À l'arrivée de la DCE en 2000, un important travail de formalisation est mené pour mettre le futur indice en conformité avec les exigences européennes. Quant aux travaux de terrain, ils se poursuivent : « L'IBMR prend déjà en compte 206 taxons, avec des outils de détermination pour les bryophytes (ci-dessous) puis les algues, et nous continuons à l'enrichir régulièrement », souligne Jacques Haury. Notamment sur les cours d'eau de l'ORE DiaPFC !

Clé d'identification des bryophytes : une aide précieuse pour les gestionnaires

Mousses, sphaignes, hépatiques à feuilles ou à thalle... Les bryophytes forment un vaste groupe de végétaux présents dans tous les milieux, notamment aquatiques. « Leur identification à l'espèce peut être délicate, parfois même pour des naturalistes chevronnés, explique Julie Coudreuse, ingénieure à l'Agrocampus Ouest. Or elle est nécessaire pour la mise en œuvre de l'IBMR ! » À l'usage des gestionnaires chargés du calcul de l'indice, cette experte en taxonomie a synthétisé les connaissances disponibles sur le sujet, enrichies de nombreuses observations de terrain – réalisées pour beaucoup, là encore, sur le Scorff – dans un ouvrage de référence : *Les bryophytes aquatiques et supra aquatiques*. Véritable clé d'identification, ce guide de 132 pages, paru en 2005 sur un financement de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, couvre 149 espèces dont 50 interviennent dans le calcul de l'IBMR. En attendant une réédition papier, il est téléchargeable en ligne. (http://bryophytes-de-france.org/fichiers/Coudreuse_et_al_2005.pdf).



© L. Beaulaton - OFB

Végétation des berges : un autre regard sur le génie écologique

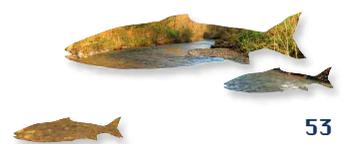
À l'ORE DiaPFC, on ne s'intéresse pas qu'aux poissons ! Des recherches menées sur l'Oir et dans les bassins voisins étudient les berges des rivières sous l'angle des liens entre mise en valeur agricole, choix de restauration écologique et communautés végétales.

Les berges de nos rivières sont transformées par l'activité humaine depuis au moins 10 000 ans, mais elles n'ont peut-être jamais changé aussi vite que ces dernières décennies. « Avec l'essor du génie écologique, collectivités et gestionnaires de terrain multiplient les opérations de reméandrage, de reboisement ou de remise des cours d'eau dans leur talweg (lit naturel) », indique Ivan Bernez. Cet ingénieur de recherche à Agrocampus-Ouest s'intéresse aux phases de « cicatrisation » de la ripisylve (végétation des rives) après travaux : depuis plus de 15 ans, il sillonne les bassins de Bretagne et de Normandie pour étudier, en lien avec les techniciens de rivière mais aussi les acteurs agricoles, l'évolution des écosystèmes modifiés et en tirer des enseignements pratiques. Exemple ? « Pour le reboisement, une restauration active, avec plantation d'arbres en haut de berge, est souvent privilégiée... mais cette option est coûteuse et pas toujours idéale au plan écologique, indique Ivan Bernez. Dans certains cas, une simple mise en exclos (protégeant les berges du piétinement et des déjections du bétail), associée à une gestion minimale, offre une bien meilleure résilience ! C'est un outil supplémentaire au service du technicien. »

Vous avez dit « restauration passive » ?

Ce type de gestion est notamment scruté dans la durée au bord d'un affluent de l'Oir, à la faveur d'une convention avec les éleveurs riverains. Sur quatre kilomètres de berges mis en exclos, la rivière pilote a changé de visage en seulement quelques années, passant de la prairie à un couvert arboré. Les interventions du technicien se sont limitées à privilégier les ligneux sur les herbacées dans la compétition pionnière entre végétaux : c'est ce qui s'appelle la restauration passive. « L'arbre, si on le laisse pousser à proximité de la lame d'eau, peut stimuler le reméandrage naturel de la rivière, évitant des interventions de génie civil, souligne Ivan Bernez. Dès la première année, notre secteur accueillait à nouveau des truitelles à l'aval. Et en amont, nous suivons sous la nouvelle ripisylve la colonisation par l'écrevisse à pattes blanches, jusque-là cantonnée à un petit bosquet ». À l'heure de la mise en œuvre des Trames verte et bleue, ces approches englobant usages du territoire et entretien des rivières suscitent un intérêt croissant des gestionnaires. En témoigne la création, à l'échelle régionale, d'un réseau fédérant techniciens de rivières et chercheurs sur la question du lien entre l'arbre et la restauration écologique des cours d'eau.

© Y. Bernez - Agrocampus Ouest





Plan de gestion de l'anguille : les actions de « repeuplement » sont-elles efficaces ?

Une étude en cours sur l'Oir cherche à estimer les performances des civelles relâchées dans les bassins français aux fins de repeuplement. Premières constatations.

Depuis 2009, près de 2,3 tonnes de civelles ont été déversées dans les bassins français dans le cadre du plan national de gestion de l'anguille : achetées à des pêcheurs professionnels, ces juvéniles doivent permettre de repeupler les cours d'eau offrant des conditions favorables. Peu d'informations sont cependant disponibles quant à l'efficacité de ces opérations : Quel est le taux de survie des civelles ? Que deviennent-elles dans leur nouvel habitat ? Pour apporter des éléments de réponse, une étude est menée depuis 2016 sur un tronçon de l'Oir. « L'idée est de comparer par capture-marquage-recapture le devenir des civelles de repeuplement à celui de leurs homologues locales », explique Nicolas Delage, chercheur à INRAE. Des civelles du bassin de l'Oir sont capturées, marquées par un élastomère de couleur et relâchées dans leur milieu. Des spécimens de repeuplement sont également marqués puis déversés au même endroit. En tout 2 kg de civelles de repeuplement et 2 kg de « locales » sont ainsi marquées par année d'étude, le code couleur permettant d'identifier leur origine et leur date de réintroduction.

Des taux de recapture très différents

Les opérations de recapture sont menées, deux fois par an, par pêche électrique sur l'ensemble du secteur. Les données de 2017 livrent de premiers enseignements : les civelles locales, devenues anguillettes, sont bien plus fréquemment retrouvées (2,3 % de recapture) que les « repeuplées » (0,8 %). Ces dernières affichent également un moins bon indice de croissance : « Les civelles de repeuplement arrivent fatiguées après un long stockage et un transport stressant, et nos observations indiquent qu'elles ne refont pas ce retard en plusieurs mois dans le milieu naturel », analyse Nicolas Delage. L'étude utilise également une trentaine de Flottangs (ci-dessous), déployés dans les 2,5 km de la zone d'étude, pour suivre la dispersion des civelles. « Ces pièges, relevés très régulièrement, nous montrent que les anguillettes, quelle que soit leur origine, s'écartent assez peu du lieu où elles sont relâchées », note le chercheur. De quoi accréditer la thèse d'un taux de survie comparativement faible des civelles de repeuplement, et alimenter des recommandations pour améliorer leurs conditions de stockage et de transport avant déversement.



© L. Beaulaton - OFB

Le Flottang : un piège très sélectif

L'étude menée sur l'Oir est aussi l'occasion de tester et de perfectionner le Flottang, élaboré par la Cellule migrateurs Charente-Seudre : un dispositif composé d'une dizaine de feuilles de géotextile assemblées, formant un cube de 50 cm de côté soutenu par des flotteurs, qui offre une fois immergé un refuge apprécié

des anguillettes. « À la relève, il suffit d'écarter les feuilles pour faire glisser les civelles/anguillettes... et il y en a très souvent ! », indique Richard Delanoë, technicien OFB. Le piège est particulièrement sélectif : hormis quelques loches, ceux de l'Oir n'attirent que les jeunes anguilles, rarement au-delà de 15 cm. Rustique et peu coûteux, il s'avère donc bien adapté pour suivre la dispersion locale des civelles. Attention toutefois au colmatage en cas de crue !

© N. Delage - INRAE



Conclusion et perspectives

- 56 Un observatoire de la biodiversité... en général !
- 56 Une action reconnue de pédagogie et de sensibilisation
- 57 L'ORE DiaPFC en chiffres
- 57 Des données brutes en accès libre
- 58 Une dynamique scientifique et humaine à poursuivre



Un observatoire de la biodiversité... en général !

Présentes quotidiennement sur les berges des rivières, les équipes de l'ORE DiaPFC bénéficient d'une position de choix pour observer et documenter, au-delà des poissons migrateurs, la faune et la flore locales.

« Dans la station de contrôle de Ducey, sur l'Oir, nous piégeons beaucoup de poissons migrateurs, mais aussi des truites sédentaires, des cyprinidés, des loches, des chabots... explique Richard Delanoë, technicien OFB. Tous sont comptabilisés, pesés, mesurés et les données sont bien sûr bancarisées. » Elles pourraient bien servir un jour, pour une étude ciblée sur les populations de vairon, ou autre ! Plus largement l'ORE DiaPFC, ses équipes et ses installations, constituent une formidable source d'observations sur la biodiversité aquatique mais aussi terrestre.

Des espèces protégées aux espèces envahissantes

Cette position privilégiée, au contact quotidien des milieux, permet à l'Observatoire de documenter localement la présence de certaines espèces. « Nous sommes par exemple en lien avec les équipes de l'ONCFS qui suivent

© L. Beaulaton - OFB



le retour de la loutre d'Europe dans les bassins normands, témoigne Richard Delanoë : lorsque nous relevons des indices (traces, fèces, vestiges de repas), nous leur communiquons. » Même chose pour la latrée clandestine, une plante protégée présente dans le bassin de l'Oir, ou pour les écrevisses exotiques envahissantes, suivies de près par INRAE. Sans oublier le desman des Pyrénées, ce discret rongeur objet d'un plan national d'actions, que les équipes de l'ORE DiaPFC auront peut-être la chance de croiser dans le bassin de la Nivelle !

Une action reconnue de pédagogie et de sensibilisation

Du Festival de l'oiseau au *World fish migration day*, pour le grand public ou auprès des écoles, l'ORE DiaPFC mène un travail régulier de sensibilisation et d'éducation sur les poissons migrateurs.

Visiter les installations de l'ORE DiaPFC et rencontrer ses équipes, c'est possible ! « Tous les ans à la mi avril, à l'occasion du Festival de l'oiseau et de la nature en baie de Somme, nous accueillons un public varié sur la station de contrôle de la Bresle pour expliquer notre travail et présenter les enjeux de la préservation des migrateurs », indique Quentin Josset, ingénieur à l'OFB, qui intervient également chaque année dans un collège. De même, l'ORE DiaPFC ouvre les portes de ses stations de contrôle de l'Oir, du Scorff et de la Nivelle lors de la Journée mondiale des poissons migrateurs – « En 2018, en plus du relevé de la passe-piège, nous avons proposé un atelier sur l'utilisation des écailles en écologie aquatique », précise Richard Delanoë, technicien OFB.

À la rencontre des enfants

Cette action de pédagogie et de sensibilisation fait partie intégrante de la vocation de l'ORE DiaPFC. Elle se traduit par des initiatives variées, régulières ou ponctuelles, vers des publics divers : des élus, interpellés notamment dans le cadre des comités de pilotage Natura 2000, aux scolaires. « Dans le bassin de la Nivelle, nous travaillons par exemple depuis trois ans avec l'association "Du flocon à la vague", qui intervient auprès d'écoliers du primaire, explique Étienne Prévost, chercheur à INRAE : nous leur faisons découvrir nos travaux au travers de jeux éducatifs et de petits ateliers. » Et pour les lycéens, toujours au Pays basque, l'ORE DiaPFC contribue à un projet Erasmus sur les relations entre l'homme et l'animal. La sagesse n'attend pas le nombre des années !



© A. Manicki - INRAE

L'ORE DiaPFC en chiffres

13

13 pièges à poissons : deux sur la Nivelle (en montée), trois sur le Scorff (un en montée, deux en descente), quatre sur l'Oir (trois en montée, un en descente) et quatre sur la Bresle (deux en montée, deux en descente)

176

176 stations de pêche électrique, toutes espèces confondues (27 sur la Bresle, 42 sur l'Oir, 76 sur le Scorff et 31 sur la Nivelle)

165 876

165 876 échantillons biologiques (écailles, nageoires, otolithes) bancarisés dans le Centre de ressources biologiques Colisa

11 300

11 300 poissons suivis individuellement par RFID chaque année, en moyenne

94

94 stations de mesures physico-chimiques

plus de 10 Plus de 10 publications chaque année dans des revues scientifiques avec comité de lecture

Des données brutes en accès libre

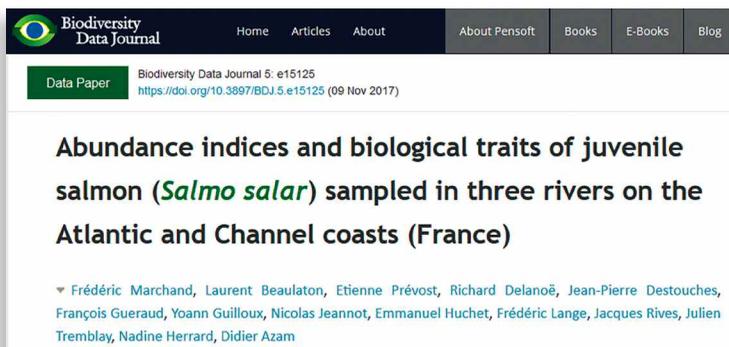
Producteur majeur de données sur les poissons migrateurs, l'ORE DiaPFC les met à disposition de la communauté scientifique et du grand public sur des plates-formes de diffusion nationale et internationale.

En matière de biodiversité, les données ont vocation à être accessibles et partagées. Celles de l'ORE DiaPFC le sont largement, à travers notamment le portail GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*) : cette plate-forme mondiale fondée en 2001 rassemble aujourd'hui plus d'un milliard de données sur la faune et la flore... dont une partie des résultats de pêche électrique et d'indices d'abondance collectés sur l'ORE DiaPFC. Au niveau national, l'Observatoire alimente de même le portail de « métadonnées » d'observation Ecoscope, porté depuis 2011 par la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB). D'autres informations sont également accessibles librement via l'entrepôt de données ouvert de INRAE.

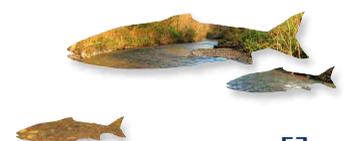
Obligation légale et intérêt général

« Le libre accès aux données sur l'environnement issues de financements publics est une obligation légale, explique Frédéric Marchand, ingénieur à INRAE, qui assure la préparation et la mise à disposition des fichiers. Mais au-delà, cet effort de diffusion est surtout un levier pour développer des collaborations scientifiques, et

permettre au grand public intéressé de suivre nos travaux. » Dans cette optique, l'ORE DiaPFC communique aussi via ses propres sites internet ou ceux de partenaires, à l'image de l'association Bretagne grands migrateurs (BGM) (p. 48). Il partage en outre ses jeux de données sous la forme de *datapapers*, dont le premier a été publié en 2017 dans le *Biodiversity data journal*.



The screenshot shows the header of a Biodiversity Data Journal article. The header includes the journal logo, navigation links (Home, Articles, About, About Pensoft, Books, E-Books, Blog), and a 'Data Paper' label. The article title is 'Abundance indices and biological traits of juvenile salmon (*Salmo salar*) sampled in three rivers on the Atlantic and Channel coasts (France)'. The authors listed are Frédéric Marchand, Laurent Beaulaton, Etienne Prévost, Richard Delanoë, Jean-Pierre Destouches, François Gueraud, Yoann Guilloux, Nicolas Jeannot, Emmanuel Huchet, Frédéric Lange, Jacques Rives, Julien Tremblay, Nadine Herrard, and Didier Azam.





Une dynamique scientifique et humaine à poursuivre

Séries de données ininterrompues, compétences fédérées, expériences accumulées et perspectives de recherche passionnantes... Au fil des décennies, une aventure sans équivalent en Europe s'est dessinée, autour des quatre cours d'eau de l'ORE DiaPFC, pour l'étude et la conservation des poissons migrateurs : elle doit, plus que jamais, s'inscrire dans la durée !

Si l'ORE DiaPFC n'a émergé sous sa forme (presque) actuelle qu'en 2007, voici près de cinquante ans qu'il plonge ses racines dans les eaux de la Bresle, de l'Oir, du Scorff et de la Nivelle. Bien avant de se fédérer pour donner vie au réseau que nous connaissons, les équipes qui se sont succédé sur ces quatre territoires d'élection étaient reliées par une idée commune : celle de bâtir, sur le temps long, les outils d'une action scientifique d'excellence au service du suivi et de l'étude des poissons migrateurs. Cette ambition, jamais démentie au fil des années, nous vaut aujourd'hui de disposer de chroniques de données ininterrompues, sans équivalent en Europe : un véritable trésor pour éclairer la gestion de ces espèces patrimoniales et vulnérables, à l'échelle locale et bien au-delà. Elle s'est traduite, d'un projet de recherche à l'autre, par des innovations techniques et des avancées nombreuses dans la compréhension de leur biologie et de leurs comportements ; les pages qui précèdent en donnent un aperçu. Elle s'est appuyée sur le développement d'un tissu de compétences et de partenariats, réunissant équipes scientifiques, associations environnementalistes, fédérations de pêche, collectivités territoriales et bureaux d'études pour donner corps à une communauté nationale de professionnels, et de passionnés, autour du Saumon, de la Truite de mer, de l'Anguille, des aloses et des lamproies.

Fort de son histoire déjà longue, ce réseau d'exception est résolument tourné vers l'avenir. Emblèmes fragiles de la biodiversité aquatique, les poissons migrateurs sont aussi des espèces indicatrices, dont la santé révèle l'état de l'écosystème tout entier (continuité écologique, qualité physico-chimique de l'eau et des habitats...). Ils sont encore loin d'avoir livré tous leurs secrets, alors que les menaces qui pèsent sur leurs populations, à l'ère du changement global, évoluent et sont toujours aussi pressantes, en dépit des réussites obtenues localement, avec le concours de l'ORE DiaPFC et de ses partenaires. Ainsi l'aventure est-elle appelée à se poursuivre, avec le développement de nouvelles techniques, le lancement de nouvelles recherches, la mise en œuvre de suivis complémentaires comme celui des anguilles sur la Nivelle en 2018.

© S. Gilise - INRAE



Rayonnement international

L'aventure de l'ORE DiaPFC a aussi vocation à s'inscrire, davantage encore, au-delà des frontières de l'Hexagone. C'est le cas avec différents programmes de recherche internationaux dont l'ORE DiaPFC est un contributeur majeur, comme les programmes Interreg Samarch (2017-2022, en appui à la gestion des salmonidés des deux côtés de la Manche) ou Sudoang (2018-2021, en appui à la gestion de l'Anguille en France, en Espagne et au Portugal). De même, l'ORE DiaPFC s'insère de plus en plus dans les dispositifs de collecte de données à l'échelle européenne. Ainsi, dans le cadre du *Data Collection Framework* (DCF), qui exige des États membres un suivi des stocks de poissons exploités, les rivières de l'Observatoire sont les quatre rivières index retenues en France pour la collecte des données sur le saumon dans les eaux continentales.

Dans un contexte de forte contrainte budgétaire sur la recherche publique, la pérennisation des travaux conduits à l'ORE DiaPFC constitue un véritable défi pour les deux organismes qui le portent, INRAE et l'OFB, mais aussi pour leurs partenaires. À l'heure de convaincre les financeurs, la qualité et la longueur des chroniques de données collectées sur l'Observatoire, comme le caractère finalisé de la recherche qui y est menée, avec des résultats pleinement utilisés, à la fois par la sphère académique et pour la mise en œuvre des politiques publiques, seront leurs meilleurs arguments. Longue vie à l'ORE DiaPFC !





Auteurs

Didier Azam et Frédéric Marchand, INRAE, pôle OFB-INRAE-Agrocampus Ouest-UPPA pour la gestion des migrateurs amphihalins dans leurs environnements, U3E, Rennes, France

Laurent Basilico, journaliste scientifique

Laurent Beaulaton, OFB, pôle OFB-INRAE-Agrocampus Ouest-UPPA pour la gestion des migrateurs amphihalins dans leurs environnements, Rennes, France

Étienne Prévost, Université de Pau et des Pays de l'Adour, e2s-UPPA, INRAE, ECOBIOP, Pôle OFB-INRAE-Agrocampus Ouest-UPPA pour la gestion des migrateurs amphihalins dans leur environnement, Saint-Pée-sur-Nivelle, France

Contributeurs

Sabine Allou, INRAE

Jean-Christophe Aymes, INRAE

Agnès Bardonnnet, INRAE

Ivan Bernez, Agrocampus Ouest

Valérie Bolliet, UPPA

Mathieu Buoro, INRAE

Thierry Caquet, INRAE

Joëlle Chat, INRAE

Julie Coudreuse, Agrocampus Ouest

Nicolas Delage, INRAE

Noémie Deleys, Bretagne Grands Migrateurs

Richard Delanoë, OFB

Philippe Dupont, OFB

Guillaume Evanno, INRAE

Jacques Haury, Agrocampus Ouest

Nadine Herrard, INRAE

Nicolas Jeannot, INRAE

Quentin Josset, OFB

Frédéric Lange, INRAE

Sophie Launey, INRAE

Olivier Lepais, INRAE

Jean-Yves Moëlo, Bretagne Grands Migrateurs

Marie Nevoux, INRAE

Gaëtan Pottier, INRAE

Jacques Rives, INRAE

Étienne Rivot, Agrocampus Ouest

Jean-Marc Roussel, INRAE

Cédric Tentelier, UPPA

Julien Tremblay, INRAE

Remerciements

Que tous les agents des différents organismes ou partenaires cités, ayant participé de près ou de loin au maintien des sites, des chroniques de données, des collections ou des expérimentations mises en œuvre, qu'ils soient, techniciens, ingénieurs, chercheurs, stagiaires ou bénévoles, que toutes ces personnes soient ici remerciées pour leur investissement au fil de ces nombreuses années.

Édition

Véronique Barre et Béatrice Gentil-Salasc (Office français de la biodiversité)

Création et mise en forme graphiques

Béatrice Saurel (saurelb@free.fr)

Citation

Azam D, Basilico L., Beaulaton L., Marchand F. et Prévost É., 2020. ORE sur les poissons diadromes dans les fleuves côtiers (ORE DiaPFC). Bresle - Oir - Scorff - Nivelle. Trois décennies d'observations et de recherche sur les poissons migrateurs. Office français de la biodiversité. Collection *Comprendre pour agir*. 60 pages.

Cet ouvrage fait partie de la collection **Comprendre pour agir** consultable sur le portail technique de l'Office français de la biodiversité (<https://professionnels.ofb.fr/fr/comprendre-pour-agir>).

Ci-dessous, les derniers numéros parus :

- 24 - Combien coûte la dégradation des milieux aquatiques pour les usagers de l'eau ? L'évaluation des dépenses compensatoires (janvier 2017)
- 25 - Les zones de rejet végétalisées : repères scientifiques et recommandations pour la mise en oeuvre (février 2017)
- 26 - Du dommage écologique au préjudice écologique. Comment la société prend-elle en compte et répare-t-elle les atteintes causées à l'eau et aux milieux aquatiques ? (avril 2017)
- 27 - Restauration de cours d'eau en France : comment les définitions et les pratiques ont-elles évolué dans le temps et dans l'espace, quelles pistes d'action pour le futur (juillet 2017)
- 28 - Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique. Expertise scientifique collective (novembre 2017)
- 29 - Les espèces exotiques envahissantes dans les milieux aquatiques : connaissances pratiques et expériences de gestion - Vol. 3 Expériences de gestion (bis) (mai 2018)
- 30 - La prévision à moyen et long terme de la demande en eau potable : bilan des méthodes et pratiques actuelles (janvier 2019)
- 31 - Les bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines : pourquoi et comment leur donner une valeur monétaire ? (novembre 2018)
- 32 - Lutter contre les micropolluants dans les milieux aquatiques : quels enseignements des études en sciences humaines et sociales ? (septembre 2018)
- 33 - Agro-écologie et Trame verte et bleue : des synergies à valoriser (avril 2019)
- 34 - Évaluer le franchissement des obstacles par les poissons et macrocrustacés dans les départements insulaires ultramarins - Principes et méthode (décembre 2019)
- 35 - Bresle - Oir - Scorff - Nivelle. Trois décennies d'observations et de recherche sur les poissons migrateurs (mai 2020)



Gratuit

Dépôt légal à parution

ISBN web : 978-2-38170-050-2

ISBN print : 978-2-38170-051-9

Achevé d'imprimer en France par Cloître en mai 2020

Imprimé sur du papier issu de sources responsables

Depuis plus de trois décennies, les berges de la Bresle, de l'Oir, du Scorff et de la Nivelle sont le théâtre d'une action scientifique sans équivalent en France et en Europe, pour l'étude et le suivi des grands poissons migrateurs amphihalins : Saumon atlantique, Truite de mer, Anguille européenne, aloses et lamproies.

Équipés à leurs embouchures de stations de contrôle, permettant le comptage des migrateurs qui les empruntent dans un sens ou dans l'autre, ces quatre fleuves côtiers ont accueilli au fil des années des dizaines d'actions de recherche novatrices. Ils ont permis le développement et le perfectionnement des méthodes de suivi et d'observation, et sont le lieu d'une formidable collecte de données, au service de la compréhension et de la préservation des grands migrateurs : données d'abondance et données biométriques, banques d'échantillons biologiques, paramètres environnementaux et physico-chimiques.

Aujourd'hui fédérés au sein de l'ORE DiaPFC (Observatoire de recherche en environnement sur les poissons diadromes dans les fleuves côtiers), sous la double égide de INRAE et de l'OFB, chercheurs et techniciens poursuivent cette action d'excellence sur les rives des quatre cours d'eau, en lien avec leurs partenaires sur les territoires : collectivités, associations agréées pour la pêche et la protection du milieu aquatique (AAPPMA), associations Migrateurs.

Destiné à un public non spécialiste, cet ouvrage donne à voir, au plus près des suivis et des expérimentations menés sur le terrain, leurs méthodes et leurs outils ; il illustre la diversité des approches et des questions scientifiques actuelles sur la thématique, et apporte des éléments de réponse nouveaux : du rôle des tacons « précoces » dans la reproduction du Saumon à la modélisation de ses populations, des flux génétiques chez la Truite au déterminisme sexuel chez l'Anguille, de la spéciation en cours des lamproies à l'énigme des « bulls » d'aloses...

Il montre enfin comment ces séries de données ininterrompues et ces connaissances nouvelles sont mobilisées, bien au-delà des quatre bassins de l'Observatoire, pour une gestion éclairée de ces espèces emblématiques et toujours mystérieuses, dont les populations fragilisées par le changement global sont indicatrices de l'état de nos cours d'eau et de leur biodiversité.

Didier Azam est directeur de l'U3E Unité expérimentale d'écologie et d'écotoxicologie aquatique ; responsable opérationnel de l'ORE DiaPFC.

Laurent Basilico est journaliste scientifique.

Laurent Beaulaton est chef du pôle OFB-INRAE-Agrocampus Ouest-UPPA pour la gestion des migrateurs amphihalins dans leur environnement ; expert international sur les espèces migratrices amphihalines.

Frédéric Marchand est responsable des données de l'ORE DiaPFC et du Centre de ressources biologiques *Collection of Ichthyological Samples* (Colisa).

Étienne Prévost est directeur de l'UMR INRAE-UPPA Ecobiop ; responsable scientifique de l'ORE DiaPFC.

Avec l'investissement des équipes de

