



L'Oir, territoire de sciences. 30 ans de recherche sur une petite rivière normande.

Didier Azam, Laurent Beaulaton, Frédéric Marchand, Patricia Marhin

► To cite this version:

Didier Azam, Laurent Beaulaton, Frédéric Marchand, Patricia Marhin. L'Oir, territoire de sciences. 30 ans de recherche sur une petite rivière normande.. 2015. hal-02934129

HAL Id: hal-02934129

<https://hal.inrae.fr/hal-02934129>

Submitted on 9 Sep 2020

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

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



30 ANS DE RECHERCHE SUR UNE PETITE RIVIÈRE NORMANDE



L'OIR, TERRITOIRE DE SCIENCE

SOMMAIRE

P. 3 • PRÉFACE

P. 4 • L'OIR, UNE PETITE RIVIÈRE NORMANDE DEVENUE UN SITE DE RECHERCHE MAJEUR

P. 9 • 30 ANS DE CHRONIQUES DE DONNÉES

P. 12 • LA BIOLOGIE DES ESPÈCES

P. 26 • LA GESTION DES MILIEUX

P. 36 • DES OUTILS POUR LA GESTION DES ESPÈCES

P. 42 • MORFISH : UN PROGRAMME INTERNATIONAL D'ÉCHANGES ET DE VALORISATION SCIENTIFIQUE

P. 43 • CONTRIBUTEURS ET REMERCIEMENTS

PRÉFACE



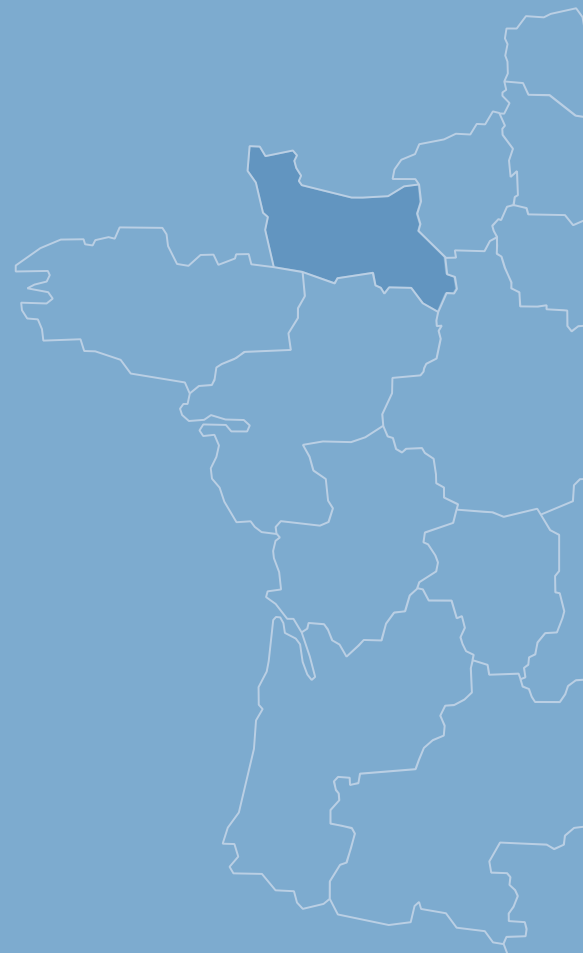
Dès 1983, quelques passionnés de poissons migrateurs, chercheurs, gestionnaires ou représentants associatifs, tous pêcheurs, se sont rapprochés pour faire de l'Oir, petite rivière du sud de la Manche, un site national de recherche sur l'écologie des cours d'eau à salmonidés.

Ce choix a été motivé par la possibilité d'installer un système de contrôle des poissons migrateurs sur le site de la pisciculture du moulin de Cerisel géré, à l'époque, par les fédérations de pêche et de pisciculture de la Manche, de l'Orne, du Calvados et d'Ille-et-Vilaine, et l'Onema (historiquement Conseil Supérieur de la Pêche). Un système de double piégeage (migrations amont et aval) est alors installé à proximité des bassins d'élevage, lançant les premiers travaux sur la dynamique des populations des saumons et des truites de mer ou de truites résidentes.

Trente ans plus tard, les travaux de recherche qui se déroulent sur cette station mais aussi sur la rivière Oir sont insérés dans des réseaux nationaux, européens et internationaux en charge de la gestion et de la protection de ces espèces patrimoniales que sont les poissons migrateurs. Le dernier de ces réseaux se concrétise à travers le programme MorFish, Monitoring for Migratory Fish, soutenu par l'Europe (Programme Interreg Manche) et résultant d'une coopération étroite entre les scientifiques et techniciens du Game and Wildlife Conservation Trust (GWCT) et de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra).

De cette organisation et de ces partenariats sont issus de nombreux résultats scientifiques. Ils ont apporté une meilleure compréhension de la biologie des espèces ou du fonctionnement des milieux dans lesquels elles évoluent. Ils sont également à l'origine de mesures de gestion des poissons migrateurs ou des milieux, au niveau local, national et international.

Nous avons choisi de vous faire partager ces trente ans de recherche et de découverte à travers des exemples de résultats issus des travaux réalisés sur le site de l'Oir.



L'OIR, UNE PETITE RIVIÈRE
NORMANDE DEVENUE UN SITE
DE RECHERCHE MAJEUR



L'OIR, AU CENTRE D'UN DISPOSITIF NATIONAL DE RECHERCHE

L'Oir est une petite rivière, très fréquentée par le saumon, poisson migrateur emblématique de la baie du Mont-Saint-Michel. Ce petit cours d'eau est un affluent de la Sélune, l'un des trois fleuves côtiers avec le Couesnon et la Sée, qui se jettent dans la baie du Mont-Saint-Michel. A ce jour, le cours amont de la Sélune n'est plus accessible aux poissons migrateurs. Depuis le début du siècle dernier, leur migration est bloquée à une quinzaine de kilomètres de la mer par une série de deux barrages infranchissables. Dans l'attente de l'arasement de ces obstacles, prévu dans les prochaines années, seules quelques zones du fleuve et deux affluents, situés en aval, sont utilisables pour la reproduction des saumons : le Beuvron et l'Oir. Ce dernier, avec ses 18 kilomètres accessibles aux poissons migrateurs, est l'affluent le plus productif du réseau.

Sur l'Oir, les flux de poissons montant de la mer ou dévalant vers l'estuaire sont contrôlés au niveau des installations du moulin de Cerisel, près de Ducey. En plus des installations de capture, le Moulin abrite des locaux techniques et un petit laboratoire. Il sert de base pour l'ensemble des opérations réalisées sur le réseau hydrographique. Le personnel de l'Unité Expérimentale d'Ecologie et d'Ecotoxicologie (U3E) de l'Inra de Rennes, en collaboration avec un agent Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques) basé sur place, assurent le fonctionnement de la station. Ils interviennent également sur les différentes opérations mises en œuvre sur l'ensemble du bassin versant par d'autres unités de recherche.

Du fait des recherches qui y sont menées depuis 1984 et des données accumulées sur les populations de poissons, sur les plantes et sur la qualité de l'eau, le bassin versant de l'Oir est positionné comme site pilote de l'Observatoire de Recherche en Environnement sur les Poissons diadromes dans les Fleuves Côtiers (ORE Dia PFC). Avant d'être déployés sur les autres sites de cet ORE (le Scorff dans le Morbihan et la Nivelle dans le Pays Basque), de nombreux outils ou méthodologies sont testés et validés sur le réseau hydrographique de l'Oir.

Un ORE est avant tout un outil de recherche qui doit fournir des données scientifiques de qualité, nécessaires aux chercheurs afin de comprendre et modéliser le fonctionnement des systèmes et leur dynamique dans le long terme. L'objectif des ORE est d'apporter des réponses à des questions scientifiques touchant à l'environnement, en particulier, à l'impact des activités humaines sur ces milieux. Ils y contribuent par l'acquisition de données de natures diverses (physiques, chimiques, biologiques) sur le long terme, pour le suivi des processus environnementaux (partie observatoire) mais aussi par la mise en place d'expérimentations complétant l'observation.

L'ORE DIA PFC



L'Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) sur les Poissons diadromes dans les Fleuves Côtiers (<https://www6.inra.fr/ore-pfc>) se focalise sur les Poissons diadromes (grands migrateurs amphihalins : saumon, truite de mer, anguille, lamproies, aloses...), composante emblématique de la biodiversité dans les fleuves côtiers mais fragilisée par l'action de l'Homme. Ces derniers, en France et en Europe, sont aujourd'hui les principaux refuges abritant des populations conséquentes de salmonidés migrateurs qui ont considérablement déclinées sur les systèmes fluviaux de plus grande taille. La problématique de l'ORE est de suivre l'évolution des populations de poissons migrateurs sous l'effet des changements environnementaux (globaux et locaux) affectant les petits fleuves côtiers. Un intérêt particulier est porté aux effets du changement climatique et des activités agricoles sur les bassins versants. L'ORE Dia PFC combine des dispositifs de suivi à long terme in natura des populations de poissons migrateurs et de leur environnement sur la Nivelle au Pays Basque, le Scorff en Bretagne sud et l'Oir en Basse-Normandie, avec des installations expérimentales originales ex situ réparties sur deux sites (Rennes et Saint-Pée-sur-Nivelle).

LE RÉSEAU ECOSCOPE



Piloté par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, ECOSCOPE est un réseau d'observatoires de recherche. Son principal objectif est de coordonner et renforcer ces infrastructures de recherche sur la biodiversité pour mieux organiser la collecte, la préservation et l'exploitation des données issues de ces observatoires afin de répondre aux grandes questions contemporaines sur la compréhension et l'anticipation des changements de la biodiversité et des services écosystémiques associés.

Au niveau national, ECOSCOPE est labellisé Système d'Observation et d'Expérimentation pour la Recherche en Environnement (SOERE) depuis 2011, et à l'international, BON (Biodiversity Observation Network) par GEO-BON (Group on Earth Observations) depuis 2012.

LE PÔLE ONEMA-INRA « GEST'AQUA »



« Gest'Aqua » est un pôle commun d'études et de recherches Onema-Inra pour la gestion des écosystèmes aquatiques en territoire agricole créé fin 2013. Localisé sur le centre Inra de Rennes, Bretagne & Basse-Normandie, ce pôle a pour objectif principal de produire des connaissances et des outils opérationnels nécessaires à la protection et à la restauration des hydrosystèmes et de leur biodiversité dans les paysages agricoles.

Ses principales activités portent sur :

- **Les paysages agricoles**, en tant que sources et puits de polluants (Matières En Suspension, nutriments et contaminants chimiques), et la sensibilité des milieux aquatiques à ces polluants,
- **La biodiversité** avec une attention particulière apportée aux migrateurs amphihalins, porteurs d'enjeux de gestion spécifiques,
- **Les problématiques** de restauration des écosystèmes aquatiques, notamment autour de quelques sites pilotes en partenariat avec des gestionnaires des territoires.

30 ANS DE CHRONIQUES
DE DONNÉES



LE SUIVI DES POPULATIONS DE POISSONS

Grâce à la station de contrôle des poissons migrateurs de Cerisel, la plupart des espèces de poissons diadromes présentes sur l'Oir sont suivies, lors de leur migration de montée ou de leur descente de la rivière. Il s'agit principalement des saumons, des truites de mer, des anguilles et des lamproies marines et fluviatiles. Les flets, présents sur le cours d'eau, ne sont que très peu suivis car leur limite amont de colonisation se situe en aval du moulin de Cerisel. De même, les inventaires piscicoles effectués en divers points répartis sur le réseau hydrographique permettent de suivre l'ensemble de la communauté de poissons présente sur le cours d'eau.



Les chroniques de données ainsi accumulées depuis plus de 30 ans sont à l'origine de nombreux travaux scientifiques. Les données collectées annuellement sur les saumons de l'Oir, alimentent également les travaux et les

bases de données du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) ou International Council for the Exploration of the Sea (ICES).

Le CIEM est un organisme inter-gouvernemental créé au début du siècle précédent. Il coordonne la recherche sur les ressources et l'environnement marin dans l'Atlantique nord en fédérant le travail de plus de 1 500 scientifiques issus des 20 pays membres riverains de cette zone : la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Estonie, la Finlande, la France, l'Allemagne, l'Islande, l'Irlande, la Lituanie, la Lettonie, les Pays-Bas, la Norvège, la Pologne, le Portugal, la Russie, l'Espagne, la Suède, le Royaume-Uni et les Etats-Unis. Le siège du CIEM est à Copenhague.

Pour la France, 4 rivières sont identifiées comme « rivières index » pour les salmonidés migrateurs. En plus de l'Oir, il s'agit du Scorff dans le Morbihan, de la Nivelle dans le Pays Basque et de la Bresle en Haute-Normandie. Chaque année, les données récoltées sur ces cours d'eau sont associées aux autres rivières index des différents pays membres et font l'objet de travaux internationaux permettant de mieux suivre et comprendre l'état des différents stocks de saumon atlantique. Le CIEM a pour principale mission de produire des avis et des expertises pour guider les États membres ou les commissions en charge de la réglementation pour la gestion durable des espèces et de l'environnement de l'Atlantique nord et des mers adjacentes (Mer Baltique et Mer du Nord).

L'EXEMPLE DES CHRONIQUES DE DONNÉES SUR LE SAUMON, ESPÈCE EMBLÉMATIQUE DE LA RIVIÈRE OIR

C'est autour de ce poisson mais surtout de ce trésor de données accumulé qu'ont pu se mettre en place les diverses collaborations au niveau national et international. Le programme Morfish s'est employé à valoriser ces chroniques, à les comparer à celles de nos partenaires de la Frome dans le Dorset (Angleterre) afin de proposer des mesures de gestion innovantes.

LES OBSERVATIONS ISSUES DU PIÉGEAGE DES SAUMONS

La station de contrôle des poissons migrateurs, positionnée au niveau du moulin de Cerisel en aval de l'Oir, comporte deux systèmes de piégeage : un pour contrôler les poissons à la montée et l'autre à la descente. Lors de la capture des poissons aux pièges, différents paramètres sont relevés. Ils sont de trois ordres : environnementaux, techniques et biologiques.

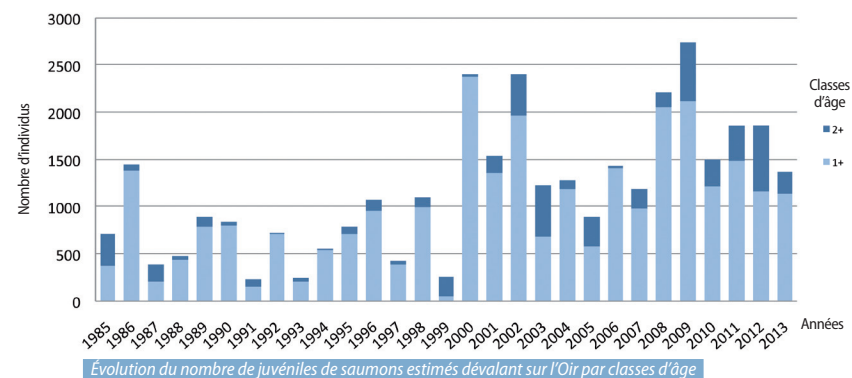
Il s'agit :

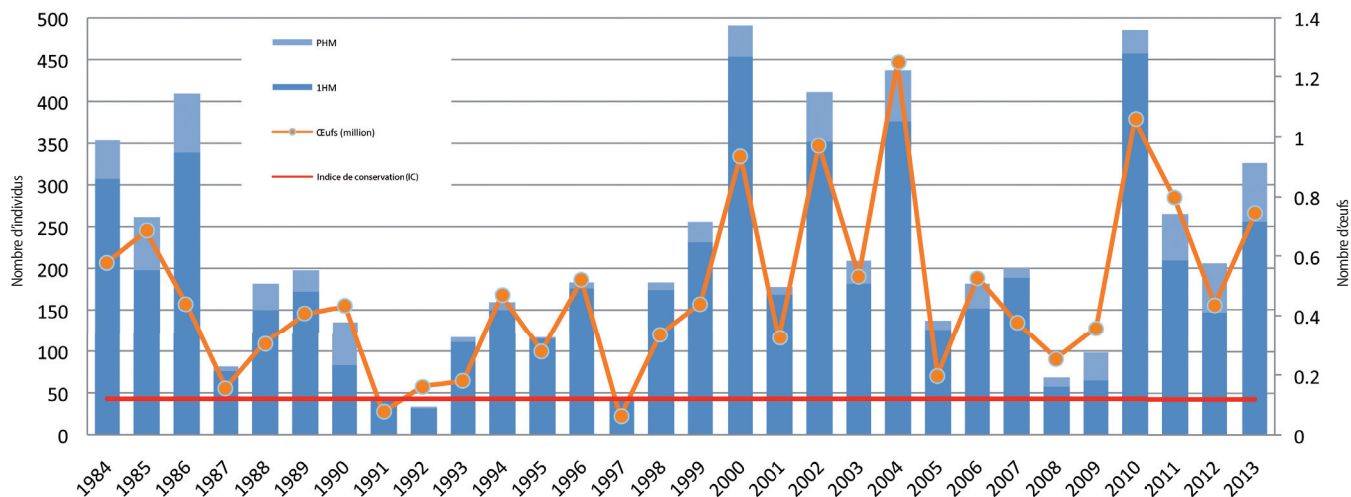
- Des conditions météorologiques générales, de la pluviométrie, de la hauteur d'eau...
- Du piège dans lequel le poisson est capturé, de la date, de l'heure du relevé de la cage piège...
- De l'espèce ; du stade biologique pour les juvéniles migrants (smolt, argenté, tacon...), du sexe (essentiellement chez les adultes), de la taille, du poids.

Des observations sur l'état général du poisson, des prélèvements d'écailles selon l'espèce et la taille sont effectués. Enfin, les poissons peuvent être marqués. Le type de marquage posé ou observé est noté.

Le nombre de poissons migrants à la montée comme à la descente est estimé à partir d'opérations complémentaires effectuées sur le cours d'eau. Elles sont basées sur des opérations de capture-marquage-recapture afin d'estimer l'efficacité du piège et de déterminer le nombre de poissons migrants.

► Juvéniles de saumons migrants





► Saumons adultes

Nombre de saumons estimés par classe d'âge et nombre d'œufs déposés
(Fécondité = 24.399 Lf
10886, N = 88, R² = 0.7243)

Pour les smolts, le nombre de poissons produit sur l'Oir varie de quelques centaines (236 pour la plus mauvaise année) à plus de 2 500 (2 739 pour la meilleure). Ce sont essentiellement des poissons de 1 an (83,3 %) et 2 ans (16,7%). Les individus âgés de plus de 3 ans sont peu nombreux (2 sur les 30 dernières années).

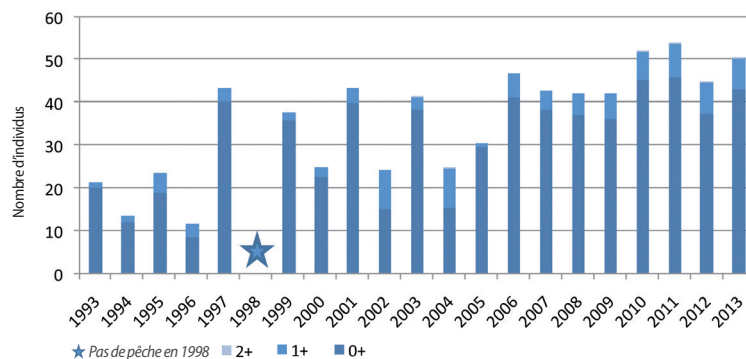
Pour les saumons adultes qui remontent frayer dans l'Oir, le nombre estimé sur la période varie entre 65 et 490 individus. On peut constater que les deux premières décennies ont été assez inquiétantes. Par contre, depuis 1999, jamais le nombre estimé d'œufs pondus n'est descendu en dessous de la barre des 120 000 œufs considérée comme la limite en dessous de laquelle la population de l'Oir risque de ne pas se renouveler. La population de saumons adultes de l'Oir se caractérise par une majorité de poissons (86%) qui ont passé 1 an et demi en mer avant de revenir se reproduire (appelés « castillon »). Leur taille sur l'Oir a varié depuis 30 ans de 462 à 745 mm contre 14% pour les saumons ayant séjourné plus longtemps en mer (≥ 2 ans) ou saumon de printemps et dont la taille a varié de 673 à 960 mm). Il est plus rare de rencontrer des saumons de « 2^{ème} retour » (poissons qui ont déjà effectué une reproduction et qui sont retournés en mer avant de revenir pour se reproduire à nouveau). Parmi les castillons, les femelles sont minoritaires (41,8%). C'est l'inverse pour les poissons plus âgés avec 75,3% de femelles.

LES INVENTAIRES PISCICOLES

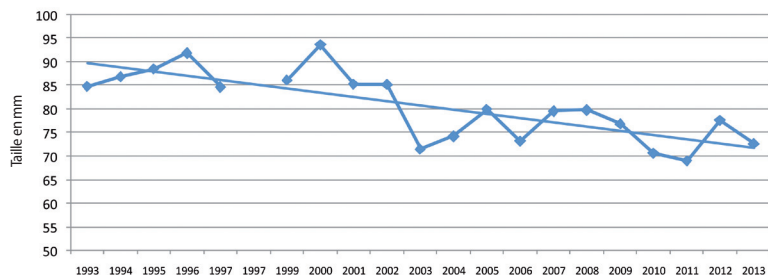
Différentes méthodes ont été mises en place pour suivre les populations piscicoles sur l'Oir. Certaines ont été mises au point et testées sur le site avant d'être déployées sur d'autres rivières. Tous les ans, des indices spécifiques permettent de suivre les populations de saumons, de truites, de lamproies et d'anguilles. Des inventaires de la communauté pisciaire (ensemble des espèces de poissons) sont aussi réalisés annuellement.

L'exemple des Indices d'Abondances « Saumons » IAS

Ces indices, basés sur le nombre de juvéniles capturés en 5 minutes avec un appareil de pêche à l'électricité, sont réalisés depuis 1993. Ils sont effectués au mois de septembre sur 10 stations réparties sur le linéaire de l'Oir et 2 stations supplémentaires positionnées sur les ruisseaux de la Roche et de Pont-Lévêque.



Évolution des effectifs capturés selon la méthode des Indices d'abondance « Saumons » sur l'Oir par classes d'âge



Indice d'Abondance « Saumon ». Évolution de la taille moyenne des juvéniles de l'année (0+) entre 1993 et 2013

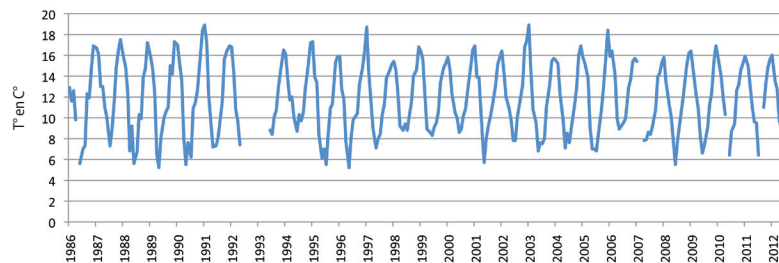
L'Oir est un cours d'eau très productif pour cette espèce. De bonnes quantités de juvéniles et plus particulièrement ces dernières années avec des indices régulièrement au-dessus de 40 sont issues de son réseau hydrographique. Par contre, ces densités élevées se traduisent par des tailles moyennes plus petites.



LES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Différents paramètres de l'environnement sont suivis pour les mettre en relation avec ceux relevés sur les populations de poissons. Il s'agit des conditions hydrologiques (débit), météorologiques (température, pluviométrie) et de la qualité de l'eau (nitrate, ammoniac, phosphates, conductivité, turbidité...). Certaines mesures de débit ou de conditions météorologiques sont réalisées respectivement par la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement ou Météo-France, d'autres concernant la qualité de l'eau sont directement effectués par les laboratoires de recherche intervenant sur le site.

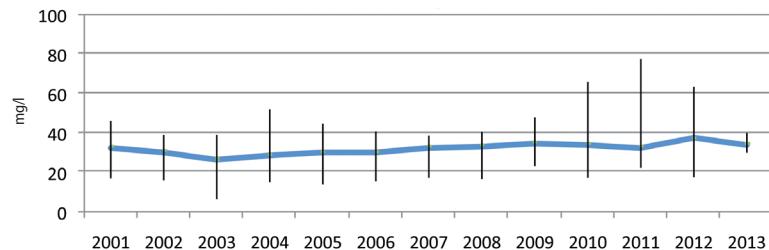
► L'exemple de la température de l'eau



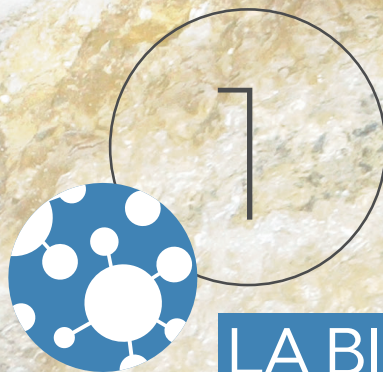
Température de l'eau de l'Oir à la station de contrôle de Cerisel

► L'exemple des nitrates

Les descripteurs physico-chimiques (pH, conductivité, concentration en nutriments, turbidité...) sont mesurés, au minimum mensuellement, sur 17 points répartis aux exutoires des sous-bassins versants et en différents points du réseau hydrographique.



Moyenne annuelle de la teneur en nitrates sur l'Oir



LA BIOLOGIE
DES ESPÈCES



P. 14 • LE SAUMON, ESPÈCE EMBLÉMATIQUE ET PATRIMONIALE DE LA BAIE DU MONT-SAINT-MICHEL

P. 14 • UN LIEN ÉTROIT ENTRE LE JEUNE SAUMON ET SON MILIEU DE VIE

P. 15 • DYNAMIQUE DES POPULATIONS CHEZ LE SAUMON

P. 16 • LA CLÉ DU RENOUVELLEMENT DES GÉNÉRATIONS DE SAUMONS

P. 17 • CAPTURE-MARQUAGE-RECAPTURE OU COMMENT SUIVRE LE POISSON TOUT AU LONG DE SA VIE ?

P. 18 • LA GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS DE SAUMON ATLANTIQUE DE LA BAIE DU MONT-SAINT-MICHEL

P. 19 • QUAND LE SAUMON S'ADAPTE AU MANQUE D'OXYGÈNE

P. 19 • LA COULEUR DES SAUMONS INDIQUE-T-ELLE LEUR QUALITÉ GÉNÉTIQUE ?

P. 20 • HISTOIRES DE VIE DE LA TRUITE COMMUNE

P. 21 • LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DE LA TRUITE

P. 22 • ÉVOLUTION DE LA DIVERGENCE ENTRE ESPÈCES CHEZ LES LAMPROIES

P. 23 • OTOLITHES : LES POISSONS ONT AUSSI LEURS BOITES NOIRES

P. 23 • LAMPROIES, COMMENT MESURER LE RECRUTEMENT ?

P. 24 • ANGUILE, SON ÉVOLUTION AU FIL DU TEMPS

P. 25 • ISOTOPES : VOUS ÊTES CE QUE VOUS MANGEZ !

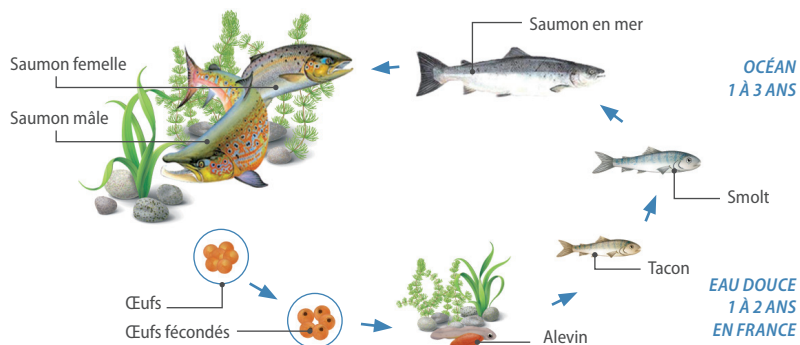
P. 25 • LES ÉCAILLES, VÉRITABLES CARTES D'IDENTITÉ DES POISSONS

LE SAUMON, ESPÈCE EMBLÉMATIQUE ET PATRIMONIALE DE LA BAIE DU MONT SAINT-MICHEL

Les recherches réalisées sur l'Oir produisent des connaissances sur la biologie du saumon et la dynamique des populations, sources de propositions pour mieux gérer et protéger cette espèce vulnérable.

Le saumon atlantique (*Salmo salar*) est un poisson migrateur qui naît en eau douce, commence sa croissance en rivière durant une ou deux années, migre ensuite vers l'océan, sous la forme de smolt pour grandir plus rapidement, puis revient en rivière pour se reproduire. La durée de ce cycle de vie varie entre 3 et 7 ans en France. Autrefois abondant dans les rivières de la côte Atlantique, de la Manche et de la Mer du Nord, le saumon est une espèce dont la situation mondiale est jugée « préoccupante » par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN) et considérée par la France comme « espèce vulnérable ». Toutefois, elle continue à être traditionnellement exploitée par la pêche commerciale (estuarienne, côtière ou en mer) et récréative (à la ligne dans les rivières). Depuis plusieurs décennies, des mesures de gestion

sont mises en œuvre pour assurer le maintien durable de cette ressource. Malgré cela, les populations continuent à baisser. En plus des pressions liées à la pêche, les saumons sont soumis au cours de leur cycle de vie pour leur reproduction à d'autres pressions comme la détérioration de la qualité de l'eau (pollution) ou de l'habitat (érosion, colmatage des fonds, obstacles...). En mer, le changement climatique est soupçonné de modifier leurs habitudes alimentaires. Considéré comme l'emblème des rivières courantes du littoral « Manche Atlantique », le saumon est aussi une espèce patrimoniale. Les recherches menées sur l'Oir apportent une meilleure compréhension de sa biologie, de l'état de ses populations. Elles sont à l'origine de nouvelles mesures ou, comme c'est le cas dans le programme Morfish, de nouveaux outils pour sa gestion.



UN LIEN ÉTROIT ENTRE LE JEUNE SAUMON ET SON MILIEU DE VIE

Les juvéniles de saumons ont des préférences en termes d'habitat. Une connaissance utile pour estimer le potentiel de production en saumon d'une rivière.

Quelle que soit l'échelle spatiale, l'habitat aquatique et son niveau d'hétérogénéité structure la distribution et l'abondance des juvéniles de saumon dans la rivière. L'habitat correspond à la position qu'occupe, à un instant donné, un individu parvenu à un certain stade de développement, cherchant à optimiser le compromis nécessaire entre différentes contraintes biologiques et écologiques. Généralement, l'habitat physique pour les salmonidés est défini par trois variables : la vitesse, la profondeur et le substrat. Il se décline en cinq grands types : rapide (vitesse de courant très élevée et substrat très grossier), radier (faible profondeur, vitesse de courant élevée, friselis en surface et substrat grossier), plat courant (plus grande profondeur que celle des radiers, vitesse de courant modérée, surface lisse), plat lent (vitesse de courant faible et profondeur supérieure à celle du plat courant) et profond (faible vitesse de courant et plus grande profondeur que le plat lent).

Les jeunes saumons colonisent essentiellement les habitats « radiers » et « rapides » en raison d'une préférence marquée pour les vitesses de courant élevées. En revanche, les jeunes truites sont très abondantes dans les affluents et les têtes de bassin ce qui entraîne une ségrégation spatiale entre les deux espèces.

Grâce à ces préférences d'habitat, il est possible d'estimer les potentialités de production en saumon d'un cours d'eau qui s'expriment en équivalents « radiers-rapides », incluant la surface de ces habitats plus 1/5^{ème} de celle des plats.

Habitat plat

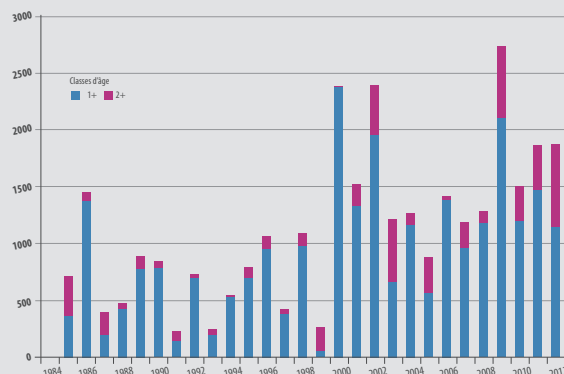
DYNAMIQUE DES POPULATIONS CHEZ LE SAUMON

Les études de dynamique sont nécessaires pour comprendre les mécanismes de régulation et d'adaptation des populations de saumons à des milieux qui sont de plus en plus changeants.

Ces études s'appuient sur de longues séries de données (30 ans sur l'Oir) qui concernent les caractéristiques de l'histoire de vie du saumon : densité, durée de la vie en eau douce (1 à 2 ans) et taux de croissance du juvénile, taille, temps de séjour en mer, rapport des sexes, fécondité chez l'adulte, etc. Ces études permettent d'identifier des phases clés du cycle de développement mais aussi de démontrer la possibilité de fonctionnement en métapopulation (échanges, dispersion entre populations de rivières proches).

Elles montrent la très grande variabilité annuelle du recrutement en juvéniles en liaison avec celle du nombre d'œufs déposés par les adultes et du succès reproducteur en raison d'un taux de survie très faible lors de la première année de croissance.

Dans les conditions actuelles d'anthropisation croissante (colmatage des zones de reproduction), la phase sous-graviers (de l'œuf à l'alevin vésiculé) semble apparaître comme le goulot d'étranglement de la dynamique des populations de saumons en eau douce. De même, les modifications du milieu marin participent à la grande variabilité du recrutement dans les stocks de saumons en raison de changements dans l'histoire de vie des adultes : baisse du taux de survie, diminution de la taille et du temps de séjour marin. Cependant, des tendances récentes montrent une augmentation du taux de survie des juvéniles en eau douce tout comme celle des adultes après leur reproduction en rivière. Y-aurait-il une certaine amélioration de la qualité générale des cours d'eau ?



Évolution du nombre de juvéniles de saumon migrant vers la mer (smolt) sur l'Oir de 1985 à 2012 en fonction de leur âge. Les smolts sont majoritairement âgés d'un an.



Alevin de saumon, juste après l'éclosion.
Sa vésicule vitelline lui sert de réserve de nourriture.

LA CLÉ DU RENOUVELLEMENT DES GÉNÉRATIONS DE SAUMONS

L'analyse des relations stock-recrutement est essentielle pour la gestion des populations de saumons. Elle s'appuie sur le double système de piégeage de la station de contrôle des poissons migrateurs installée sur le site du moulin de Cerisel.

Pour une population de poissons, en l'occurrence de saumon, le recrutement correspond au nombre de juvéniles entrant pour la première fois dans les stocks de poissons adultes exploitables. La relation entre le stock estimé (à travers les géniteurs) et le recrutement est la clé pour comprendre le renouvellement des générations. En permettant d'anticiper l'évolution des récoltes par la pêche, la compréhension de la relation stock-recrutement peut être utilisée pour fixer un taux d'exploitation d'une population compatible avec l'abondance visée pour la population de l'année suivante.

Pour établir cette relation dans un cours d'eau, il faut comprendre, d'une part, l'état général des stocks de saumon et d'autre part, son potentiel de production dans la rivière.

Les paramètres de référence pour la production potentielle des rivières (la taille, la capacité et la productivité du système) ont été déterminés sur l'Oir où, au niveau du moulin de Cerisel, un double système de piégeage a été créé pour capturer les adultes au cours de leur ascension vers les frayères et les smolts au cours de leur descente vers la mer. Depuis 1984, le piège a permis de connaître les caractéristiques des géniteurs, d'estimer le nombre d'œufs déposés annuellement et de le relier à la production en smolt correspondante. Un taux de conversion moyen de l'œuf au smolt a été calculé. Ces chiffres ont ensuite pu être extrapolés à d'autres cours d'eau et ont favorisé la mise en œuvre de mesures de gestion des populations de saumons. Les travaux en cours, dont ceux effectués dans le cadre du programme Morfish, vont affiner cette relation.



Beaucoup de jeunes saumons ou smolts quitteront la rivière pour aller grossir en mer mais seulement quelques individus reviendront pour assurer le renouvellement de l'espèce.



Système de détection des poissons marqués en aval de la Frome dans le Dorset (Angleterre).

CAPTURE-MARQUAGE-RECAPTURE OU COMMENT SUIVRE LE POISSON TOUT AU LONG DE SA VIE

Un suivi individuel d'une population de saumons est réalisé dans le cadre d'un programme de capture-marquage-recapture. L'objectif est d'obtenir des informations fiables retraçant les principales étapes de la vie des poissons.

Cette approche est particulièrement pertinente pour l'étude de populations sauvages dans leur milieu naturel. La reconnaissance individuelle se fait à l'aide d'un marquage spécifique qui attribue un code unique à chaque individu. Les animaux capturés une première fois sont marqués et seront suivis tout au long de leur vie à travers plusieurs occasions de recapture, au cours desquelles leur présence est enregistrée ainsi que des paramètres biologiques (taille, poids...).

Sur l'Oir, environ 600 jeunes saumons de l'année sont marqués chaque automne avec une puce électronique. Ces poissons peuvent ensuite être identifiés lors de sessions de pêche électrique, de leur capture à la station de piégeage du moulin de Cerisel où grâce à un enregistrement automatique lors de leur passage devant des antennes de détection réparties sur le réseau hydrographique.

Grâce à ces informations, il est possible de retracer les principales étapes de la vie des poissons dans la rivière, telles que la croissance, la survie, la maturation sexuelle ou la migration.

Cependant, les méthodes de recapture utilisées ne sont pas exhaustives. Les poissons vivants marqués ne sont pas tous systématiquement observés. De la même manière, tout poisson ayant échappé à cette observation n'est pas nécessairement un poisson mort. Des modèles probabilistes spécifiques prenant en compte cette détection

imparfaite sont utilisés pour analyser ces histoires de vie incomplètes et produire des estimations fiables des paramètres démographiques clés. Ils constituent un outil robuste pour appréhender les variations de ces paramètres au cours du temps et pour étudier l'impact des fluctuations de l'environnement sur les caractéristiques et l'abondance des salmonidés.

Grâce au programme Morfish, des systèmes de détection automatiques de poissons marqués ont pu être installés sur le cours d'eau pour suivre notamment leurs déplacements.



LA GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS DE SAUMON ATLANTIQUE DE LA BAIE DU MONT-SAINT-MICHEL

Les chercheurs ont étudié l'impact d'un repeuplement en poissons issus d'autres régions sur la génétique de quatre populations de saumons présentes dans la baie du Mont-Saint-Michel.

Suivis individuels
du développement
de ces « croisements »

Œufs de saumons issus de « croisements »
entre populations sauvages.

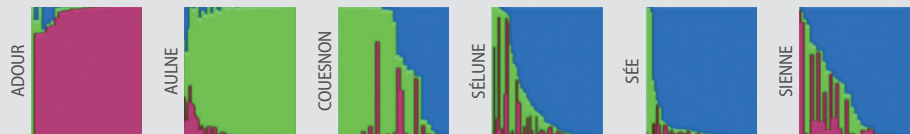
Le repeuplement ou rempoissonnement est une pratique courante qui consiste à déverser des poissons dans un cours d'eau afin d'augmenter la population locale ou d'augmenter le nombre de poissons capturables par les pêcheurs. Dans le but d'étudier les flux de gènes (mélange entre populations) et l'impact des repeuplements dans les quatre populations de saumon atlantique de la baie du Mont-Saint-Michel (Couesnon, Sée, Sélune et Sienne), les chercheurs ont génotypé c'est-à-dire caractérisé génétiquement plus de 700 adultes à l'aide de 17 marqueurs moléculaires ou microsatellites.

Les analyses ont été réalisées à partir d'écailles d'individus adultes capturés par la pêche à la ligne amateur dans chacune des rivières étudiées pour deux cohortes récentes (2002 et 2003) et anciennes (entre 1977 et 1987). Les poissons issus des principales populations utilisées pour le repeuplement à savoir celle de l'Aulne (Bretagne) et dans une moindre mesure celle de l'Adour (Sud-Ouest de la France) ont également été analysés.

A l'échelle de la baie du Mont-Saint-Michel, aucune différence n'a été mise en évidence entre les populations aussi bien pour la période passée que pour la période

présente. Pour les cohortes récentes, on note une importante introgression des populations naturelles par les souches utilisées pour le repeuplement (présence de marqueurs génétiques spécifiques). Cependant, les génotypes Adour sont plus nombreux que ceux de l'Aulne proportionnellement au nombre d'individus introduits. Cela suggère une meilleure survie de la souche Adour. De plus, on observe cette introgression sur toutes les rivières de la baie du Mont-Saint-Michel, alors que seulement deux d'entre elles ont été repeuplées avec des poissons originaires de l'Adour. Ces premiers résultats ont d'importantes implications pour la gestion des populations étudiées en raison de :

- la part importante d'individus issus de repeuplement dans certains cours d'eau y compris des cours d'eau non repeuplés,
- forts échanges entre les populations de la Baie du Mont-Saint-Michel suggérant un fonctionnement de type métapopulation,
- la survie des poissons repeuplés estimée par une étude comparative de données observées et simulées comme étant 10 à 25 fois inférieure à celle des poissons sauvages.



Introgression génétique des populations actuelles de saumon de la Baie du Mont-Saint-Michel par les lignées de repeuplement (Adour et Aulne). Chaque barre verticale représente un individu et les couleurs représentent l'appartenance à l'un des 3 groupes génétique : Adour (rouge), Aulne (vert) et Baie du Mont-Saint-Michel (bleu).



QUAND LE SAUMON S'ADAPTE AU MANQUE D'OXYGÈNE

Les chercheurs ont évalué la capacité d'adaptation de populations de saumon à un stress en oxygène.

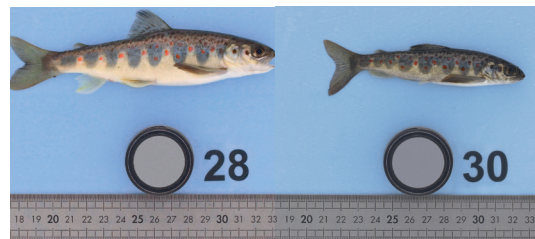
Le développement des embryons de salmonidés a lieu sous le gravier dans le lit des rivières. Dans ces conditions, le manque d'oxygène (hypoxie) est un facteur important de mortalité des embryons. Dans l'Oir, les œufs de salmonidés sont exposés à des problèmes d'hypoxie notamment en lien avec le colmatage des frayères par les Matières En Suspension (MES).

Il a été comparé, de manière expérimentale, les réponses de quatre populations françaises de saumon Atlantique (Oir, Scorff, Saison et Allier) à un stress en oxygène afin de mesurer leur potentiel d'adaptation à ce problème. Il a été mis en évidence d'importantes différences entre ces populations dans leur réponse au déficit d'oxygène. La réponse à ce stress d'individus issus de croisements entre ces populations a également été étudiée. Les croisements entre populations ou inter-populations constituent un moyen de comprendre l'adaptation des populations d'un point de vue de l'évolution. En effet, « l'outbreeding », c'est-à-dire le croisement entre des individus provenant de stocks génétiques différents, présente des conséquences contrastées et révèle des phénomènes de vigueur hybride (les hybrides sont plus forts que leurs parents) ou à l'inverse de dépression de croisement, dans le cas de populations adaptées localement. Les performances d'individus issus de croisements intra et inter-populations en conditions normales et face à un stress hypoxique ont été comparées. Les résultats ont révélé de moins bonnes performances des croisements inter-populations par rapport aux intra-populations (dépression de croisement) mais uniquement en conditions d'hypoxie. Cette étude a ainsi permis de mieux appréhender les conséquences de l'hybridation inter-populations naturelle mais aussi et surtout de celle liée aux repeuplements avec des souches allochtones (non locales donc moins adaptées) de saumon dans un contexte de dégradation de la qualité des habitats de reproduction.

LA COULEUR DES SAUMONS INDIQUE-T-ELLE LEUR QUALITÉ GÉNÉTIQUE ?

Pour produire des descendants de bonne qualité, les femelles ont intérêt à bien choisir leur partenaire lors de la reproduction.

L'hypothèse des « bons gènes » prédit que certains caractères des mâles pourraient révéler leur qualité « génétique » aux femelles, par exemple en termes de résistance à des maladies ou de survie de leurs descendants. Cette hypothèse a été testée chez le saumon atlantique (*Salmo salar*) en mesurant la coloration rouge et noire des mâles et en la mettant en relation avec la qualité de leurs descendants. Des mâles dits « précoces » de l'Oir qui mûrissent précocement en eau douce lors de leur première ou deuxième année ont été utilisés. Ces mâles arborent une grande variation de colorations allant du gris au noir ainsi qu'un nombre variable de petites taches rouges. Vingt mâles ont été croisés artificiellement avec 2 femelles. Les œufs ont ensuite été placés dans des capsules métalliques enfouies dans le gravier de la rivière. Les mâles les plus sombres ont produit les descendants qui ont le mieux survécu. Ces résultats suggèrent que les femelles auraient intérêt à s'accoupler avec les mâles de couleur relativement sombre. Néanmoins, ces mâles ont aussi produit des descendants qui souffraient d'un retard d'émergence du gravier, ce qui indique que la coloration sombre des mâles n'est pas forcément liée qu'à des caractéristiques positives pour leur progéniture. Ce type d'étude aide à mieux comprendre la reproduction chez le saumon et notamment le succès reproducteur des mâles précoces et le maintien de cette stratégie chez cette espèce.



HISTOIRES DE VIE DE LA TRUITE COMMUNE

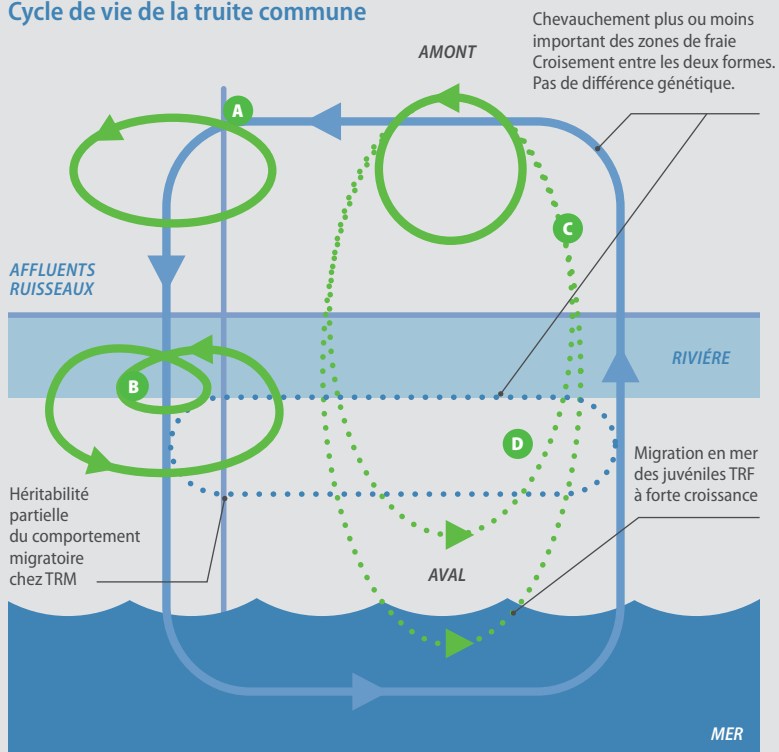
Le cycle de vie de la truite est complexe et ses tactiques d'histoire de vie multiples.

La truite commune (*Salmo trutta*) possède une grande plasticité écologique se traduisant par l'existence de trois formes biologiques : truite de rivière, truite de mer et truite de lac. Ces trois formes peuvent cohabiter sur un même cours d'eau et impliquent des stratégies démographiques très différentes. Les formes marines et de rivière cohabitent sur la plupart des cours d'eau de la façade Manche-Atlantique. L'étude de cette cohabitation a montré l'existence de relations biologiques et fonctionnelles importantes entre les deux formes, rendant plus complexe l'analyse de la stratégie d'histoire de vie de la truite sur une rivière. En effet, il n'existe pas de différence génétique entre les truites de rivière et les truites de mer. Par ailleurs, le caractère « migrateur amphihalal » n'est que partiellement héritable, signifiant qu'une forme biologique

peut se développer à partir d'une autre. La probabilité qu'un individu devienne une truite de mer reste cependant supérieure s'il est issu de parents truites de mer. Enfin, l'utilisation des séries de données provenant d'opérations de marquage individuel (PIT tag) faites sur des truitelles de l'année a montré qu'il n'existe pas, dans les cours d'eau côtiers, deux tactiques de vie chez la truite (rivière ou mer), mais un continuum de tactiques depuis la sédentarisation dans le ruisseau de naissance jusqu'à la migration en mer en passant par la migration à l'intérieur du cours d'eau. Ces tactiques, qui s'expriment à la fois dans le temps (âge à la maturation sexuelle, espérance de vie) et l'espace (distance de migration) sont sous le contrôle du taux de croissance au stade juvénile.



Cycle de vie de la truite commune



La complexité du cycle de vie et la diversité des tactiques d'histoire de vie de la truite commune sur un cours d'eau (TRF = truite de rivière, TRM = truite de mer)

- A** Les juvéniles migrant vers la rivière principale proviennent essentiellement du frai des géniteurs migrants dans les affluents.
- B** Les géniteurs résidents sont issus du frai des géniteurs de la rivière et produisent la majorité des juvéniles migrants vers la rivière.
- C** Les juvéniles sont issus des géniteurs présents dans la partie amont du cours d'eau.
- D** Les juvéniles peuvent provenir des géniteurs de la partie aval de la rivière principale, remontant se reproduire dans la partie amont.
- E** Les juvéniles peuvent provenir soit directement de parents truites de mer soit d'un croisement de parents truite de rivière - truite de mer dépendant du taux de recouvrement des zones de reproduction entre les deux formes et du gabarit moyen des truites de mer (en fonction de la durée du séjour en mer).



LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DE LA TRUITE

L'Oir a servi de base à une étude sur les facteurs qui influencent la génétique de la truite.

La truite peut effectuer l'ensemble de son cycle de vie en rivière (truite de rivière) ou partir en mer pour sa croissance avant de revenir frayer en rivière (truite de mer). Sur les côtes de la Manche, la proportion relative de truite de mer dans les populations diminue en allant du nord (rivières de Haute Normandie, où on trouve majoritairement des truites de mer) vers le sud (Bretagne, presque exclusivement des truites sédentaires). L'Oir, donc la Sélune, est une des dernières rivières qui abrite une population mixte (truite de rivière et truite de mer). Dans ce cadre, la population de truite de mer de l'Oir a été intégrée à une étude à plus large échelle géographique, visant à étudier le rôle de la stratégie d'histoire de vie et les variations de l'habitat sur la diversité génétique de la truite sur les rivières des côtes de la Manche.

Les résultats montrent des échanges entre populations, d'autant plus importants que la proportion de truite de mer est forte, ce qui indique que les truites de mer ne reviennent pas systématiquement dans leur rivière de naissance. De plus, leur distance de déplacement est corrélée principalement à la nature des fonds marins qu'elles rencontrent. Les mouvements étant facilités dans les zones de fonds sableux/vaseux qui sont sans doute les plus favorables à l'alimentation, par opposition aux fonds rocheux.

En ce qui concerne la population de l'Oir, les échanges se font principalement avec les rivières normandes proches, notamment la Sée et la Sienna.



Truites de mer, différentes robes.

ÉVOLUTION DE LA DIVERGENCE ENTRE ESPÈCES CHEZ LES LAMPROIES

Les lamproies ont évolué il y a environ 500 millions d'années, ce qui en fait avec les myxines, les plus anciens et les seuls représentants des vertébrés dits « sans mâchoire ».

Selon les espèces, on peut observer deux stratégies de vie alternatives chez les lamproies. La première consiste à être anadrome et parasite. Elles se reproduisent en eau douce et produisent des juvéniles qui vont migrer en mer après quelques années et y adopter un mode de vie parasite se nourrissant du sang de poissons. La seconde consiste à être résident en eau douce durant la totalité du cycle de vie et à ne pas être parasite.

En Europe, la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*) adopte un mode de vie parasite anadrome alors que la lamproie de Planer (*Lampetra planeri*) est non-parasite et réside toute sa vie en eau douce. Les larves de chaque espèce passent 3 à 5 ans enfouies dans le substrat meuble des cours d'eau et ne peuvent être distinguées morphologiquement. A l'état adulte, les deux espèces se différencient principalement par leur taille.

L'espèce parasite étant plus grande que l'espèce non-parasite qui elle ne se nourrit jamais à l'état adulte.

Les recherches ont montré qu'il existe des flux de gènes entre ces deux espèces en particulier lorsqu'elles coexistent dans le même endroit comme c'est le cas sur l'Oir. Ainsi, l'hypothèse la plus probable est qu'elles formeraient deux écotypes d'une seule et même espèce. Les populations de l'écotype résident présentent une structuration génétique plus élevée et une diversité plus faible que celles de l'écotype migrant. Ces différences sont probablement liées aux histoires de vie contrastées de ces deux écotypes. Celles-ci peuvent aussi influencer leur vulnérabilité à l'altération de la connectivité entre habitats.

Ammocète
(larve) de lamproie



Oeufs de lamproie
fécondés



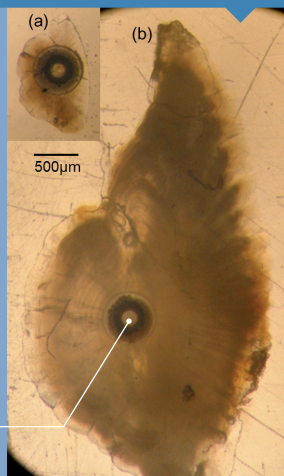


OTOLITHES : LES POISSONS ONT AUSSI LEURS BOITES NOIRES

Les otolithes contribuent à la perception des vibrations par le poisson et à son équilibre.

Les otolithes sont de petites pièces calcifiées présentes dans des cavités osseuses à l'intérieur du crâne et qui grandissent tout au long de la vie du poisson. Après préparation, leur lecture révèle des stries permettant, comme pour les écailles, d'estimer l'âge du poisson. Par une analyse chimique le long de l'axe de croissance, on peut aussi mesurer la concentration de certains éléments chimiques rares (strontium, sélénium, lithium, cadmium par exemple) incorporés dans l'otolithe au cours de la vie du poisson. Ces variations chimiques révèlent le passé du poisson et ses migrations, comme des informations enregistrées dans des « boîtes noires ». Par ces analyses, il a été montré que des saumons Atlantique se reproduisant dans l'Oir et la Sélune peuvent être nés dans d'autres rivières de la baie du Mont-Saint-Michel, confirmant l'ampleur des échanges entre rivières lors de la migration de reproduction des saumons.

Photos d'otolithes de saumon (a) juvénile et (b) adulte. Les couronnes sombres correspondent aux zones sur lesquelles une ablation de matière a été réalisée au laser, le dosage des éléments rares étant réalisé grâce au couplage avec un spectromètre de masse atomique. La taille de l'ablation en couronne est de 200-600 µm. Elle est centrée sur le cœur de l'otolithe qui correspond à la période juvénile, ce qui permet de retrouver chez l'adulte la composition chimique de sa rivière natale.



LAMPROIES, COMMENT MESURER LE RECRUTEMENT ?

Les trois espèces de lamproies (Lamproie marine, Lamproie fluviatile, Lamproie de Planer) présentes en France sont considérées comme menacées mais le manque de connaissances les concernant limite une gestion efficace des populations.

Des indicateurs d'abondance des lamproies dans les cours d'eau ont été testés sur l'Oir, le Scorff et la Bresle. Ils sont basés sur le suivi des différents stades en rivière : géniteurs, juvéniles et larves. Les méthodes proposées et expérimentées pourront être adaptées à d'autres cours d'eau.

Pour **les géniteurs**, les indicateurs basés sur les comptages de frayères semblent pertinents pour la Lamproie marine (*Petromyzon marinus Linnaeus*). Les nids sont facilement visibles plusieurs semaines après la fraie. Ce n'est pas le cas pour les deux autres espèces plus petites pour lesquelles il est préférable de concentrer la prospection sur des zones de référence qui peuvent être suivies régulièrement. La capture, par pêche électrique, des géniteurs bloqués à l'aval d'obstacles permet de quantifier le flux de géniteurs et d'obtenir des informations sur

la phénologie de migration. Pour **les juvéniles**, peu d'études de dispositifs consacrés au piégeage de dévalaison existent. Pourtant, la mesure de ce flux permettrait de caractériser la qualité des bassins versants vis-à-vis des espèces migratrices. Les premiers essais de pièges réalisés sur l'Oir sont prometteurs mais doivent être améliorés pour obtenir des données utilisables. Pour **les larves**, une méthode légère d'échantillonnage a été développée. Le principe, simple, consiste à prélever une petite surface de sédiment et à récupérer les larves enfouies. Plusieurs prélèvements réalisés dans les habitats optimaux permettent de caractériser les populations en place sur une station. Cette méthode permet un échantillonnage à grande échelle. Au cours du programme Morfish, cette technique a été testée avec succès sur la rivière Frome en Angleterre.



ANGUILLE, SON ÉVOLUTION AU FIL DU TEMPS

Comprendre la dynamique de population de l'anguille pour mieux appréhender son évolution au cours du temps et ainsi mieux la gérer.

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est une espèce migratrice qui se reproduit en mer et réalise sa croissance dans tous les types de milieux aquatiques continentaux (marais, lagunes, estuaires, rivières, lacs, etc.) accessibles en Europe. Autrefois très abondante, cette espèce est désormais classée en danger critique d'extinction. Les causes exactes de ce déclin ne sont pas connues. Une des hypothèses avancée est la réduction du nombre et des capacités de reproduction des anguilles adultes (dites argentées) qui quittent chaque année nos rivières pour se rendre sur la zone de ponte supposée de la mer des Sargasses. Une conséquence directe des pressions humaines (dégradation des habitats, pollutions, présence de barrages, surpêche, ...) croissantes qui s'exercent sur nos rivières depuis 30 ans.

L'objectif principal des travaux menés est d'étudier la dynamique de population de l'anguille en

milieu continental. Depuis 2000, la population d'anguilles de l'Oir est échantillonnée chaque année par pêche électrique et plus de 200 anguilles sont marquées individuellement tous les ans à l'aide de puces électroniques (PIT-tags). Le nombre d'anguilles présent dans le cours d'eau est ainsi estimé. Leur croissance et leur survie sont étudiées. Ce suivi à long-terme est nécessaire puisque la phase de croissance de ces animaux peut durer plus de 10 ans dans l'Oir. Les anguilles argentées sont également piégées au moulin de Cerisel lors de leur migration vers la mer des Sargasses. Avec ces recherches, les facteurs qui influencent le nombre et la qualité des futurs reproducteurs sont identifiés. Ces connaissances sont aussi utiles pour élaborer des mesures de gestion pour cette espèce en déclin.



« » ISOTOPES : VOUS ÊTES CE QUE VOUS MANGEZ !

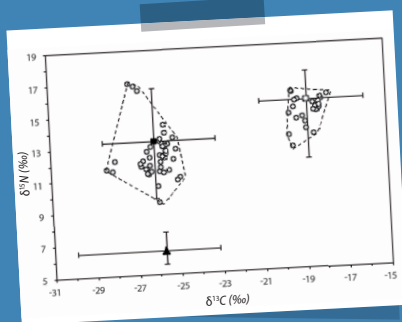
Les isotopes stables sont des outils d'investigation précieux dans la connaissance des populations de poissons.

Pour qu'une rivière abrite une abondante population de poissons, il faut la présence d'habitats favorables (le gîte) et de ressources alimentaires (le couvert). Si la quantification des habitats est possible par mesures directes, il est plus compliqué d'évaluer quelles sont les sources alimentaires utilisées par une espèce.

Les isotopes stables représentent des variations naturelles de la masse de certains atomes comme celle du carbone et de l'azote. Or, il existe une relation entre la composition en isotopes stables d'un prédateur et celle de sa proie, permettant d'estimer l'origine des aliments physiologiquement assimilés par l'animal. Dans le cas des poissons diadromes de l'Oir, l'analyse des isotopes stables a permis d'identifier de manière univoque les alevins descendant de femelles truite de mer, et ainsi d'estimer la contribution de ces truites amphihalines au recrutement annuel en juvéniles de truite sur la rivière.

Représentation graphique conventionnelle des résultats de l'analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote (ratios isotopiques en notation $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$, respectivement, et exprimés en ‰) obtenus sur les prélèvements d'alevins au sortir des frayères du ruisseau de la Roche. On distingue deux origines maternelles : la progéniture de truite de rivière (polygone en pointillés sur la gauche) et la progéniture de truite de mer (polygone de droite).

Les valeurs obtenues sur des échantillons de femelles résidant dans le ruisseau (■) ou revenant d'un séjour marin (◼) sont indiquées, les barres horizontales et verticales présentant les minima et maxima. Les valeurs isotopiques des larves d'invertébrés aquatiques (▲) dont se nourrissent les truites en rivière sont également indiquées.



LES ÉCAILLES, VÉRITABLES CARTES D'IDENTITÉ DES POISSONS

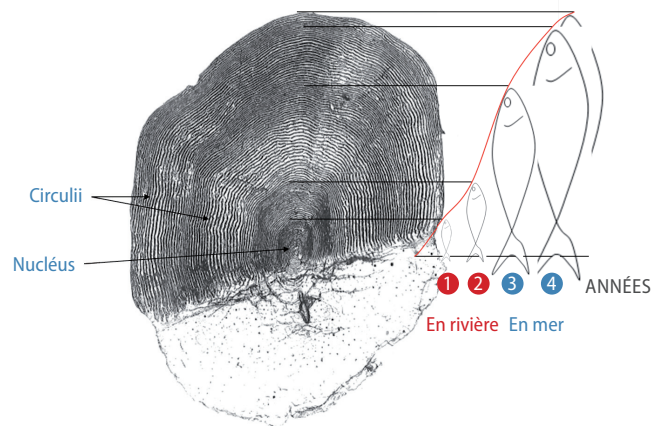
La scalimétrie, une science pour étudier les écailles

Grâce aux écailles, il est possible de déterminer l'âge et la croissance des poissons et, dans certains cas, distinguer les espèces, le sexe, le cycle biologique voire les différents stocks d'une même espèce. A l'image des coupes d'arbre sur lesquelles on observe des cerne « de croissance », sous nos latitudes, on distingue sur une écaille des anneaux ou stries de croissance qui permettent de déterminer l'âge en comptant les alternances de zone de faibles croissances en hiver (stries resserrées) et de plus fortes en été (stries plus espacées).

Ces différences nous informent aussi sur l'histoire de vie du poisson, son temps de séjour en rivière, son passage de la rivière vers la mer pour les migrateurs, etc. On y observe aussi des marques liées à la reproduction. Certaines espèces pour se reproduire puisent dans leurs réserves minérales, dont celles stockées dans les écailles. Cet événement se traduit par une érosion de l'écaille correspondant à une marque de fraie.

Par ailleurs, la forme, la taille, la disposition et le nombre d'écailles sont autant de critères pour déterminer et classer des espèces. A partir des écailles, des analyses génétiques peuvent être effectuées afin de pouvoir distinguer les espèces, les formes biologiques au sein d'une même espèce (truite de mer et truite de rivière) voire de différencier l'origine géographique des populations. La composition minérale des écailles peut être utilisée pour connaître la qualité du milieu dans lequel le poisson a grandi.

Les écailles sont donc des enregistreurs biologiques de l'histoire de vie du poisson (âge, croissance, reproduction, milieu de vie, caractérisation génétique, etc.). Ces diverses possibilités d'utilisations ouvrent des perspectives nouvelles en écologie. Enfin, la facilité de récolte, sans porter atteinte à l'intégrité du poisson et la simplicité de stockage des écailles permettent d'utiliser les échantillons historiques pour des analyses rétrospectives.





LA GESTION
DES MILIEUX



P. 28 • LES ŒUFS DE TRUITE : SENTINELLES DE LA QUALITÉ DES RIVIÈRES

P. 29 • LES MATIÈRES EN SUSPENSION DANS LES COURS D'EAU

P. 30 • QUAND L'OXYGÈNE VIENT À MANQUER DANS LES GRAVIERS

P. 31 • LES TRANSFERTS DE PHOSPHORE VERS LES COURS D'EAU

P. 32 • L'INDICE BIOLOGIQUE MACROPHYTIQUE EN RIVIÈRE, UN INDICATEUR DE LA QUALITÉ DE L'EAU

P. 33 • LES HAIES, DES STRUCTURES TAMPONS DU PAYSAGE POUR LA QUALITÉ DE L'EAU

P. 33 • LE RÔLE DES HAIES DANS LA RÉDUCTION DES FLUX DE NITRATE DANS LA RIVIÈRE

P. 34 • PROTÉGER LES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES QUI BORDENT LES COURS D'EAU

P. 35 • COMMENT ÉVALUER LE SUCCÈS DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE PASSIVE DES RUISSEAUX NORMANDS ?

LES ŒUFS DE TRUITE : SENTINELLES DE LA QUALITÉ DES RIVIÈRES

Les œufs de salmonidés, particulièrement sensibles à la qualité de leur environnement, sont utilisés comme indicateur de l'état de santé des rivières.

Dans un habitat aquatique, la présence ou l'absence de certains organismes, le taux de survie ou le taux de croissance d'autres, sont des indicateurs de la qualité de cet habitat. Le substrat des rivières abrite de nombreux organismes (micro-organismes, invertébrés, œufs et phase larvaire de poissons, etc.) dont le bon développement dépend de sa qualité et de la qualité de l'eau qui y circule. Les œufs et embryons des salmonidés sont particulièrement sensibles au déficit en oxygène, à la présence d'azote ammoniacal et de nitrite, à la température, à la présence de métaux lourds, pesticides et autres polluants ou encore à celle de particules fines qui peuvent colmater le substrat qui compose la frayère. Aussi, il est possible de se servir des taux de survie des œufs jusqu'à

l'éclosion des embryons et de l'éclosion jusqu'à la résorption de leur vésicule, qui correspond plus ou moins au moment de leur sortie des graviers vers l'eau libre, pour apprécier la qualité du substrat des rivières.

Pour implanter des œufs dans les graviers en milieu naturel à différentes profondeurs puis les récupérer, pour regarder leur taux de survie et donc obtenir des informations sur la qualité du substrat, les œufs sont insérés, juste après leur fécondation dans un petit tube grillagé, en acier inoxydable que nous appelons communément « Bigoudis ». Ce système, été mis au point sur la Nivelle en 2006 dans le Pays Basque avant d'être déployé sur l'Oir puis, sur d'autres cours d'eau.



Les bigoudis sont des capsules grillagées contenant une dizaine d'œufs. Ils sont insérés dans le substrat de la rivière pour estimer sa qualité.





LES MATIÈRES EN SUSPENSION DANS LES COURS D'EAU

Sur le bassin versant de l'Oir, les mesures réalisées aident à identifier l'origine des flux de matières en suspension dans les cours d'eau et les périodes de l'année où ils sont les plus importants pour proposer des solutions susceptibles de les réduire.

L'estimation précise des flux (concentrations x débits) de Matières En Suspension (MES) à l'exutoire d'un bassin versant ne peut se faire à l'aide de prélèvements manuels. En effet, les concentrations varient très rapidement et fortement (plusieurs ordres de grandeur) au cours des crues. Pour capter ces variations rapides, on utilise un turbidimètre qui mesure à haute fréquence l'atténuation d'un signal lumineux par les particules présentes dans l'eau. Mais la turbidité n'est pas reliée à la concentration de MES de manière univoque, elle dépend aussi de la couleur de l'eau, de la taille et de la couleur des particules. Cette technique, intéressante, nécessite donc des étalonnages nombreux et certaines précautions d'utilisation pour fournir des informations de qualité.

Une fois ce problème métrologique résolu, les chroniques des concentrations de MES obtenues sont analysées. Les concentrations dépendent à la fois de la capacité de transport du cours d'eau, liée au débit, et de la quantité de particules mobilisables. Sur certains bassins de l'Oir, il est possible d'identifier à quelle période de l'année et dans quelles conditions climatiques les MES proviennent de l'érosion des sols ou bien de l'érosion des berges. Des pratiques à risque ont ainsi été identifiées : par exemple à l'automne lorsque les débits augmentent, emportant les parties de berges piétinées par le bétail ou au printemps lorsque des orages éclatent, provoquant de l'érosion et du ruissellement sur les parcelles après semis du maïs.



Station de mesure des Matières En Suspension



QUAND L'OXYGÈNE VIENT À MANQUER DANS LES GRAVIERS

Le colmatage des graviers, en diminuant les apports en oxygène, affecte l'ensemble des organismes vivants dans les rivières. Les impacts ont été évalués sur le bassin versant de l'Oir.

Sur le bassin versant de l'Oir, comme sur bien d'autres, l'intensification de l'agriculture dans les dernières décennies, les changements dans les pratiques agricoles et forestières ont radicalement modifié les caractéristiques géomorphologiques et physico-chimiques du cours d'eau ainsi que son fonctionnement. Les principales causes de l'érosion accrue des sols et par conséquent de l'entrée de fines particules dans le système de la rivière sont les suivantes :

- la réduction des réseaux de haies,
- la destruction de la végétation riveraine,
- la diminution des zones de prairies au profit des céréales comme le maïs laissant encore parfois le sol nu en hiver,
- la destruction des berges par le bétail le système de la rivière.

Ces matières fines se déposent à la surface du substrat puis y pénètrent plus ou moins profondément selon leur taille et la turbulence du milieu, conduisant au colmatage des graviers. Ce colmatage réduit les flux d'eau de surface pénétrant dans le substrat avec pour conséquence une diminution des apports en oxygène. Or la teneur en oxygène est un facteur primordial pour la survie de nombreux organismes qui vivent dans les graviers de façon permanente ou temporaire. Le colmatage a donc un impact sur de nombreux invertébrés (abrasion des branchies des filtreurs, difficulté d'enfouissement des certains organismes) et sur la biodiversité. Les fonctions écosystémiques assurées par ces organismes (dégradation de la matière organique grossière) diminuent aussi.

Un autre groupe, largement impacté par le colmatage est celui des poissons avec par exemple, des mortalités accrues des stades œufs et embryons des salmonidés qui se déroulent dans les graviers.



Berges altérées par le piétinement du bétail.





LES TRANSFERTS DE PHOSPHORE VERS LES COURS D'EAU

La compréhension de l'origine et des flux de phosphore passe par un suivi sur le long terme des cours d'eau.

Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des organismes vivants. Utilisé comme fertilisant en agriculture, il constitue, en excès dans les eaux continentales, un facteur de perturbation de l'écosystème aquatique. Le phosphore est présent dans les cours d'eau sous différentes formes. On distingue le phosphore associé à des particules dit phosphore particulaire et le phosphore dissous dans l'eau. Ces deux formes varient de manière importante au cours d'une crue. Ce qui nécessite des suivis du cours d'eau en crue et hors crue pour pouvoir estimer des flux et apprécier l'origine du phosphore. Le bassin versant du Moulinet, affluent amont de l'Oir, a été équipé de préleveurs automatiques pour suivre ces formes du phosphore et leurs dynamiques. Six années de mesure sont d'ores et déjà disponibles.

Sur ce bassin versant, le phosphore dissous est à la limite de détection en dehors des crues. Les flux annuels sont donc liés aux crues mais restent quand même relativement faibles. Le phosphore est essentiellement émis sous forme particulaire et sa dynamique est très liée à celle des Matières En Suspension (MES). L'origine du phosphore rejoint ainsi celle des MES : berges piétinées par le bétail ou orages de printemps provoquant du ruissellement et de l'érosion sur les parcelles après le semis du maïs. La variabilité interannuelle des flux est forte. Elle est très liée aux conditions climatiques dans les périodes de reprise des écoulements ou au printemps. La comparaison avec d'autres bassins versants montrent que ces processus ne sont pas toujours les plus importants, en particulier lorsque les sols ont accumulé beaucoup de phosphore. Dans ce cas la part du phosphore dissous peut devenir beaucoup plus importante.



Les bryophytes ou mousses participent à l'IBMR

L'INDICE BIOLOGIQUE MACROPHYTIQUE EN RIVIÈRE, UN INDICATEUR DE LA QUALITÉ DE L'EAU

L'indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR), mis au point en partie sur l'Oir, est utilisé en routine dans les réseaux de surveillance de la qualité des eaux.

L'IBMR a pour objectif d'évaluer la qualité « trophique » de l'eau liée aux teneurs en azote et phosphore (plus précisément ammonium et orthophosphates) ainsi qu'aux pollutions organiques les plus flagrantes en un point du cours d'eau. Les macrophytes sont les végétaux ou colonies de végétaux aquatiques (champignons, bactéries, algues, lichens, bryophytes et phanérogames) visibles à l'œil nu. Près de 900 espèces sont recensées en France, dont environ 200 présentent un caractère bio-indicateur avéré. Suivant sa valeur bio-indicatrice (caractéristique des milieux à faible ou forte présence de nutriments, puissance de la bio-indication), chaque

espèce s'est vu attribuer une note de qualité de l'eau (côte spécifique). Sur la station étudiée (100 m de long), les différentes espèces de macrophytes (une vérification de détermination est effectuée en laboratoire) sont dénombrées et quantifiées en terme d'abondance, permettant le calcul de cet indice. Cette note est alors exprimée de 0 (milieu à forte trophie des eaux) à 20/20 (milieu à faible trophie). L'IBMR a été, en partie, mis au point sur l'Oir. Il est normalisé depuis octobre 2003 (NFT90-395). Cet indice est utilisé en routine dans les différents réseaux nationaux de surveillance de la qualité des eaux depuis 2007.





LES HAIES, DES STRUCTURES TAMPONS DU PAYSAGE POUR LA QUALITÉ DE L'EAU

Un outil de diagnostic des connexions entre les parcelles et le cours d'eau a été mise en place pour favoriser une meilleure gestion du paysage.

Les haies sur talus, perpendiculaires à la pente, sont un obstacle physique au ruissellement et au transfert des substances associées (matières en suspension, phosphore, pesticides...). Un modèle informatique a été développé pour représenter les chemins de l'eau de surface d'une parcelle à l'autre sur le bassin du Moulinet. Ces chemins sont d'abord estimés à partir de critères topographiques (MNT) et du parcellaire. En superposant le réseau de haies, routes et fossés, qui arrêtent ou redirigent le ruissellement, puis en tenant compte de l'occupation du sol des parcelles, on obtient une cartographie de la connectivité des parcelles au réseau hydrographique. Parmi celles-ci, les parcelles où la couverture végétale du sol n'est pas permanente, ou sont le lieu de certaines pratiques érosives, sont identifiées comme parcelles à risque. Une replantation judicieuse de haies pourra les déconnecter du circuit. L'objectif est de mettre un tel modèle à disposition sur internet comme un outil de diagnostic d'un bassin versant pour une meilleure gestion collective du paysage et de la qualité des habitats de reproduction.

LE RÔLE DES HAIES DANS LA RÉDUCTION DES FLUX DE NITRATE DANS LA RIVIÈRE

Un modèle informatique a été développé pour quantifier le rôle d'un réseau de haies dans un bassin versant sur la diminution des nitrates arrivant dans la rivière.

Les arbres des haies, grâce à leur système racinaire étendu, peuvent intercepter les nutriments dissous (nitrate...) en excès sous les cultures voisines, réduire leur lessivage vers la nappe, les stocker au moins temporairement ou les restituer à la surface du sol.

Seule la modélisation peut permettre de prendre en compte simultanément l'ensemble des processus influencés par les haies (diminution des surfaces agricoles et donc des intrants, compétition pour l'eau et la lumière entre les arbres et les cultures diminuant les exportations par les récoltes, diminution des flux hydriques à cause de la transpiration des arbres, diminution de la dénitrification par abaissement du toit de la nappe, etc.) et quantifier ainsi l'effet d'un réseau de haies dans un bassin versant sur les flux de nitrate arrivant dans la rivière. De cette modélisation, il ressort qu'un réseau très dense de haies peut réduire les flux de nitrate à l'exutoire du bassin versant d'environ 10% par rapport à un bassin sans haie. L'effet des haies, étant significatif mais limité, implique aussi d'agir fortement sur les autres leviers associés aux intrants et à l'occupation du sol.



Haies et ripisylve, paysage typique
du fond de vallée de l'Oir



PROTÉGER LES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES QUI BORDENT LES COURS D'EAU

La restauration écologique passive, en laissant l'écosystème se régénérer, est une méthode particulièrement prometteuse pour recomposer la flore des rives du cours d'eau. L'expérience réalisée sur l'Oir en est une illustration.

Les évolutions récentes de la gestion de l'espace agricole et l'intensification des pratiques culturales dans la région du Mont-Saint-Michel ont conduit à une certaine dégradation des milieux aquatiques. Un des facteurs responsables de l'altération des ruisseaux dans le bocage bas normand est l'augmentation de la pression du bétail. Le piétinement, l'accès direct au lit mineur des ruisseaux, le dépôt direct des excréments, le compactage des sols et l'effondrement des berges dégradent l'habitat riparien et le fonctionnement du ruisseau.

Face à ces altérations, la restauration écologique apparaît comme une réponse prometteuse et répond à la Directive Cadre sur l'Eau, appelant à la mise en place d'actions pour rétablir le bon état écologique des masses d'eau. Ainsi, les gestionnaires du bassin versant de l'Oir mènent un programme de restauration écologique passive des berges des cours d'eau. La pratique de la restauration écologique passive consiste à stopper la perturbation et laisser l'écosystème

se régénérer lui-même, sans autre intervention humaine. Une clôture est ainsi installée sur la berge à une distance d'un mètre environ du lit du ruisseau, sur plusieurs kilomètres, associée à l'aménagement d'abreuvoirs. L'étude basée sur le suivi de la végétation riparienne du ruisseau de la Vallée-aux-Berges, indique une nette réponse de la communauté végétale suite à la restauration.

Après 10 ans de restauration, le ruisseau de la Vallée-aux-Berges, affluent amont de l'Oir, présente un habitat riparien diversifié, avec une augmentation du nombre d'arbres le long du cours d'eau, une diminution du pourcentage de sol nu et une augmentation de l'hétérogénéité de l'habitat. Cette modification de la communauté végétale peut permettre de rétablir certains services écosystémiques fournis par cette zone, tels que le contrôle de l'érosion ou la filtration des eaux d'écoulement. Ces résultats indiquent la pertinence de la restauration écologique passive, actuellement testée sur d'autres ruisseaux du bassin versant de l'Oir afin de valider son efficacité et de mettre en évidence l'importance du paysage dans l'efficacité de cette technique.



Le fait d'interdire l'accès au cours d'eau au bétail facilite la recolonisation naturelle des berges par des ligneux (arbres)



Entretien des berges, exploitation de la rypisylve



COMMENT ÉVALUER LE SUCCÈS DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE PASSIVE DES RUISSEAUX NORMANDS ?

La réussite d'une démarche de restauration écologique passive repose sur l'évaluation d'un ensemble de fonctions et services liés à l'écosystème concernée.

Classiquement, l'évaluation d'une restauration écologique repose sur une approche des communautés végétales n'apportant qu'une information restreinte sur la globalité de l'écosystème et partant du postulat qu'en restaurant l'habitat, les fonctions qui lui sont associées seront rétablies. La récupération de la fonction filtre de la zone riparienne, zone qui borde un cours d'eau, a été testée sur le ruisseau de Vallée-aux-Berges suite à la restauration de l'habitat riparien. Après 10 ans de restauration écologique passive, il apparaît que la mise en enclos du bétail a été efficace pour re-végétaliser spontanément les berges de cours d'eau avec des espèces ligneuses et herbacées caractéristiques de ce type de milieu. Cependant, malgré ces modifications, l'amélioration de la qualité chimique de l'eau n'a pas été observée. Ces mêmes niveaux d'ammonium, de nitrate et de phosphate ont été mesurés sur le ruisseau de la Roche, historiquement clôturé et considéré comme référence. Ceci met en évidence un contexte agricole intensif au sein du bassin versant et indique la nécessité d'une approche au niveau du bassin versant avec des

actions visant à améliorer les pratiques agricoles. Néanmoins, cette faiblesse dans l'amélioration de la qualité de l'eau ne signifie pas que la restauration est un échec. D'autres fonctions et services sont fournis à travers la restauration écologique passive. L'habitat riparien restauré constitue un corridor écologique et un lieu de vie pour la faune terrestre et aquatique. Il permet de diversifier l'habitat aquatique par la présence de racines dans le cours d'eau, pouvant créer des méandres, des caches et modifier la vitesse du courant. Comparé aux techniques classiques de plantation de berges, la restauration écologique passive permet d'économiser du temps, des efforts et de l'argent. Elle conduit à plus de naturalité, les arbres poussant spontanément. Cette technique semble encourageante même si son succès ne peut être appréhendé qu'à moyen ou long terme avec la mise en place d'indicateurs précis, mettant l'accent sur la récupération de processus et de fonctions liés à l'écosystème riverain.



3



DES OUTILS POUR LA GESTION DES ESPÈCES



P. 38 • LES POISSONS AUSSI ONT DES PUCES

P. 38 • RÉGULER LES CAPTURES DE POISSONS GRÂCE AUX TAC

P. 39 • L'OIR, RIVIÈRE RÉFÉRENTE D'UN RÉSEAU INTERNATIONAL DU CIEM

P. 40 • VIGITRUITE® : UN INDICATEUR D'ABONDANCE DES TRUITELLES EN RIVIÈRE

P. 40 • NAGEZ, VOUS ÊTES FILMÉS !

P. 41 • COMMENT LE POISSON S'ADAPTE-T-IL AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?



LES POISSONS AUSSI ONT DES PUCES !

Une puce électronique (PIT) est implantée dans le corps des poissons pour suivre leurs déplacements et étudier les populations de poissons.

Même s'il appartient à une espèce et évolue aux côtés de ses semblables, chaque animal est unique. L'identification des individus permet de comprendre les comportements, notamment les migrations, et plus largement le fonctionnement des populations. Sorte de gélule de verre d'une dizaine de millimètres de long, les PIT (Passive Integrated Transponders) intègrent un circuit imprimé codant pour un numéro unique (Tag : étiquette). Ils peuvent être implantés dans le corps des poissons, ce qui permet de reconnaître et de suivre les déplacements de chaque poisson porteur de cette « puce électronique ».

En s'appuyant sur la technologie RFID (Radio Frequency Identification), différents systèmes de détection, portatifs ou fixes installés dans la rivière, ont été déployés sur le site de l'Oir depuis le début des années 1990. Actuellement, ils sont largement utilisés par la communauté scientifique pour l'étude des populations animales.

Grâce au programme Morfish, un réseau d'antennes de détection de poissons marqués avec ces puces, a été déployé sur les sites de l'Oir, du Scorff en Bretagne et de la Frome en Angleterre.

Système de détection
des poissons marqués
avec une puce.

RÉGULER LES CAPTURES DE POISSONS GRÂCE AUX TAC

En 1996, l'Inra et le Conseil Supérieur de la Pêche (devenu Onema) ont proposé un nouveau système de régulation des taux de capture pour la pêche du saumon atlantique en Bretagne et Basse-Normandie, les TAC pour Totaux Admissibles de Capture.

La relation stock-recrutement établie sur l'Oir identifie un niveau d'échappement conformément aux recommandations formulées par l'OCSAN (Organisation pour la Conservation du Saumon de l'Atlantique Nord) pour la conservation et la gestion. Elle permet également de définir un système de quota pour la pêche : les totaux autorisés de capture ou TAC. Cette définition d'un niveau de rendement maximal correspond aux recommandations de l'ONU et de la FAO pour une pêche responsable et durable.

Les TAC sont des outils de gestion des ressources qui intègrent les données d'observation : c'est une traduction des résultats de la recherche pour servir d'outil de gestion des pêcheries. Le TAC correspond à la récolte maximum de stock (le surplus) qui ne compromet pas le renouvellement de la population

(le recrutement de saumons). Le TAC calculé est générique. Etabli avec les paramètres des rivières de l'Observatoire de Recherche en Environnement sur les poissons Diadromes dans les Fleuves Côtiers (ORE Dia PFC), il peut être adapté pour calculer un TAC pour chaque cours d'eau. Déjà, les valeurs des TAC de 19 rivières en Bretagne ont été définies.

Toutefois, l'état des connaissances sur les populations de saumons a progressé depuis la mise en œuvre des TAC en 1996, notamment grâce à l'acquisition de nouvelles données sur l'Oir. Des recherches sont actuellement menées par le pôle Onema-Inra Gest'Aqua en vue de la révision de la détermination de ces TAC ou pour proposer de nouvelles mesures de gestion. Ces mesures nouvelles seront présentées aux divers Comités de gestion des poissons migrateurs qui décideront de leur mise en œuvre.



Une des finalités du programme
Morfish est de proposer des
mesures ou des outils de gestion
des migrants, communs
des deux côtés de la Manche.

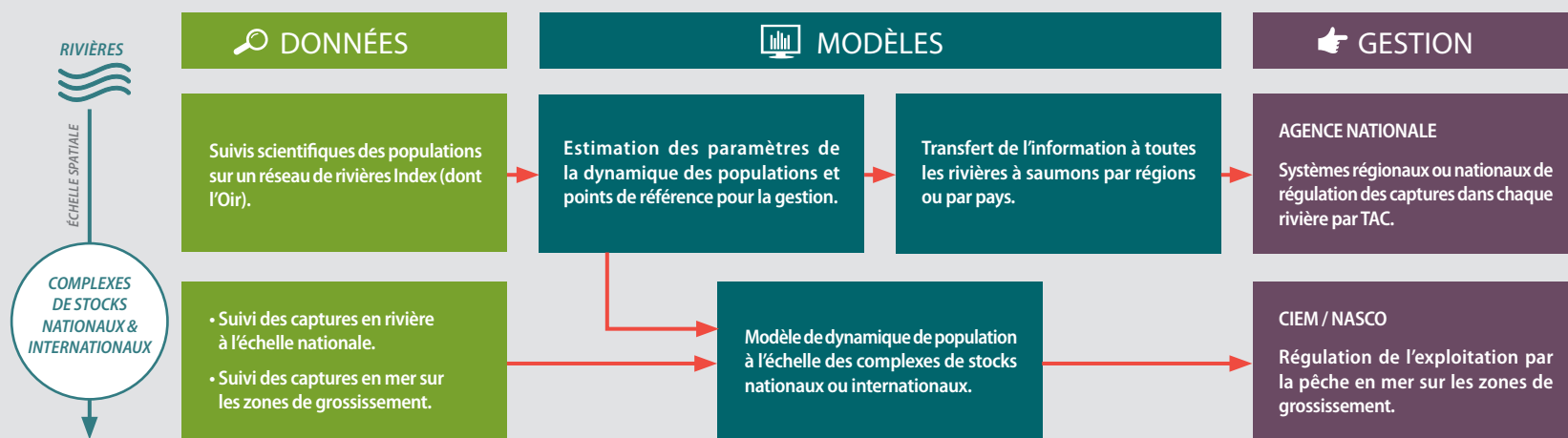
L'OIR, RIVIÈRE RÉFÉRENTE D'UN RÉSEAU INTERNATIONAL DU CIEM

Le suivi scientifique des populations de saumons est une source de données essentielle pour l'évaluation des stocks et la gestion des captures à l'échelle des rivières jusqu'aux zones de pêches internationales.

L'Oir fait partie d'un réseau international de rivières Index du CIEM (environ 30 rivières positionnées dans l'aire de répartition du saumon) dont les données de suivi de sa population de saumons depuis 30 ans nourrissent les modèles d'aide à la décision pour la régulation de l'exploitation par la pêche. Cela à l'échelle de chaque rivière jusqu'à celles des grands complexes de stocks européens et nord-américains. Les stratégies de régulation de l'exploitation à l'échelle des rivières visent à adapter le niveau des captures en estuaire ou en eau douce aux capacités potentielles de renouvellement de chaque population. Les recommandations internationales émises par l'Organisation pour la Conservation du Saumon de l'Atlantique Nord (OCSAN/NASCO) situent la limite de conservation à un niveau permettant de maintenir des prélèvements maximums sur le long terme. Les modèles utilisés pour déterminer ces limites de conservation se basent sur des relations stock-recrutement. Ces relations sont ajustées à partir des données scientifiques disponibles sur les rivières index et sont ensuite extrapolées aux autres rivières par des méthodes statistiques.

Au niveau international, les pêcheries marines opérant sur des mélanges de populations sur les zones de grossissement marines (Féroé et Groenland) sont régulées dans l'objectif de maximiser la probabilité que les limites de conservation définies à l'échelle de chaque complexe de stocks soient atteintes. Les avis de régulation de l'exploitation sont basés sur des modèles d'évaluation des stocks développés par le Groupe de Travail pour le Saumon de l'Atlantique Nord du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM/ICES). Ces modèles s'appuient sur des séries de données de captures en mer, en estuaire et en rivière compilées à l'échelle de chaque pays, complétées par les données issues du réseau de rivière Index. Une approche statistique permet alors de modéliser la variabilité temporelle des paramètres de survie sous l'effet de l'environnement et de prédire les retours d'adultes trois ans à l'avance en fonction de l'abondance des retours observés dans le passé.

L'OCSAN/NASCO, fondée en 1984, a pour responsabilité la conservation, la restauration, l'amélioration de la gestion des stocks sauvages de saumon de l'Atlantique Nord).

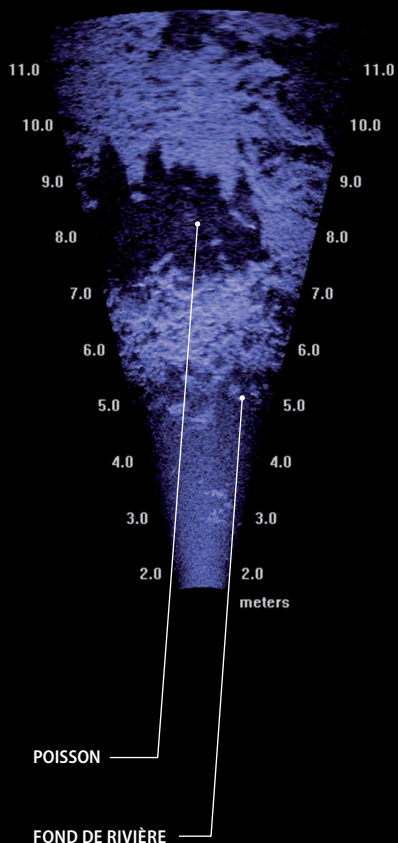


L'Oir, le Scorff dans le Morbihan et la Frome dans le Dorset en Angleterre sont toutes trois des rivières index du CIEM. C'est à partir de ce réseau que s'est construit le programme Morfish.

VIGITRUITE® : UN INDICATEUR D'ABONDANCE DES TRUITELLES EN RIVIÈRE

Vigitruite® est un outil simple pour inventorier les juvéniles de truites en rivière.

Estimer l'abondance des populations est une étape incontournable pour étudier et comprendre les évolutions démographiques mais également pour adapter les mesures de gestion des populations ou évaluer leur succès. Dans cette optique, un indicateur simple a été développé sur le site de l'Oir pour estimer les abondances de juvéniles de truite (*Salmo trutta*) en cours d'eau. La mise en œuvre de cet indicateur nécessite un nombre réduit de personnes. L'inventaire d'une station est rapide par rapport aux pêches électriques classiques. Avant déploiement, cet indice a été testé sur une vingtaine de cours d'eau normands et bretons. Son efficacité ayant été démontrée, il a fait l'objet d'un dépôt de marque et d'une licence sur savoir-faire Inra. Vigitruite® est un outil disponible pour les scientifiques, les gestionnaires en charge des milieux aquatiques ou encore les entreprises réalisant des audits environnementaux. Des formations à la méthode sont faites sur demande auprès de l'Inra.



NAGEZ VOUS ÊTES FILMÉS !

Une caméra acoustique DIDSON est installée dans le fleuve Sélune depuis juillet 2013 afin de suivre les populations de poissons migrateurs.

Encore très peu utilisée dans les cours d'eau en France, l'hydroacoustique est une méthode non intrusive qui utilise les propriétés du son dans l'eau. Elle permet d'observer les poissons dans leur milieu naturel sans modifier leur comportement. La caméra acoustique DIDSON (Dual frequency Identification SONar) émet des ondes à très haute fréquence (1,8 MHz) pour visualiser la morphologie et le comportement des poissons. Cet appareil, contrairement aux caméras numériques classiques, a l'avantage de pouvoir filmer la nuit sans source lumineuse et est peu impactée par la turbidité de l'eau.

Une caméra acoustique est installée depuis juillet 2013 dans le fleuve Sélune. Les installations du moulin de Cerisel ont été utilisées pour des tests préliminaires du DIDSON et depuis pour la calibration de ce matériel. La Sélune est concernée par l'arasement de deux grands barrages hydroélectriques non-franchissables par ces espèces. L'exploitation des vidéos extraites du suivi permanent permet de quantifier les abondances de ces espèces et d'étudier leur dynamique migratoire avant le début du démantèlement des barrages. Elle vise à terme à évaluer l'influence de la restauration de la continuité fluviale sur la recolonisation du bassin versant par les migrateurs.

L'utilisation de cette technique en écologie est novatrice à l'échelle nationale, le DIDSON installé sur la Sélune est le second en France. Cependant, depuis une dizaine d'années, cette méthode a prouvé son efficacité en Amérique du Nord dans le cadre de suivi des populations de grands salmonidés migrateurs. Dans un contexte national (Grenelle de l'Environnement, 2007) et européen (Directive Cadre sur l'Eau, 2000) de rétablissement de la connectivité écologique des cours d'eau, l'hydroacoustique présente de nombreux avantages et apparaît comme une alternative pertinente aux méthodes existantes pour suivre et décrire les populations de poissons migrateurs.

COMMENT LE POISSON S'ADAPTE-T-IL AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

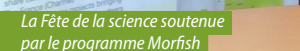
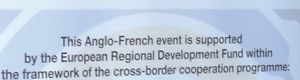
Les chercheurs ont développé un modèle mathématique, dénommé IBASAM, véritable laboratoire virtuel qui simule l'évolution des populations de saumons face à des scénarii de changements climatiques et de surexploitation par la pêche.

Ce modèle synthétise des connaissances biologiques générales sur les saumons et des informations sur les populations issues des chroniques d'observations collectées sur les rivières de l'ORE Dia PFC, dont l'Oir.

Dans ce simulateur, les individus « choisissent » leur histoire de vie (maturation précoce, départ en mer, retour...) selon leur taille, taux de croissance ou sexe. La croissance est reliée aux conditions environnementales (densité, température, débit, conditions marines). Ainsi, les variations climatiques influent potentiellement sur les décisions

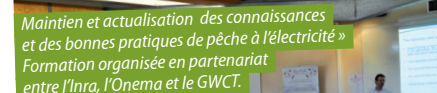
de chaque individu et, au final, sur la population. Pour représenter la démographie de populations des rivières de l'ORE Dia PFC, les processus de croissance et de survie sont ajustés aux données historiques de la rivière Scorff. Le modèle simule aussi la reproduction en tenant compte des paramètres liés à l'histoire de vie des géniteurs. Les nouveaux individus héritent des caractéristiques génétiques de leurs parents. L'exploitation par pêche des adultes, éventuellement sélective, selon leur histoire, est aussi intégrée.

IBASAM est un « laboratoire virtuel » pour conduire des expérimentations irréalisables dans le monde réel. Grâce à IBASAM, il est possible d'explorer les conséquences possibles de divers scénarii de réchauffement climatique couplés à des scénarii d'exploitation (pêche). L'objectif est de proposer des recommandations de gestion de ces populations pour favoriser leur adaptation au changement climatique en cours.



Le programme MorFish est le fruit d'une collaboration entre les scientifiques et techniciens du Game and Wildlife Conservation Trust (Angleterre) et de l'Inra, qui collectent des données sur le saumon de l'Atlantique et d'autres poissons migrateurs depuis quelques 30 ans. Les objectifs de ce programme sont de standardiser les données acquises par les différentes équipes depuis plusieurs décennies et de comparer les tendances démographiques observées de part et d'autre de la Manche. Les rivières étudiées, la Frome (Angleterre), l'Oir et le Scorf (France) appartiennent au réseau international de rivières indexées du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) pour le saumon Atlantique.

Le programme Mörfish a favorisé de nombreux échanges techniques et scientifiques entre les deux pays, ainsi que la mise en place d'équipements nouveaux pour le suivi des populations de poissons migrateurs. Une partie du financement est assurée par le programme Interreg IV Manche de l'Union européenne.





REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des personnes qui ont participé à la rédaction des articles

Didier Azam, Nicolas Jeannot, Frédéric Marchand, Bastien Sacré et Julien Tremblay de l'Unité expérimentale Inra d'écologie et d'écotoxicologie aquatique (U3E) de Rennes et Pont-Scorff.

Laurent Beaulaton de l'Onema à Rennes et **Richard Delanoë** de l'Onema Ducey.

Jean-Luc Baglinière, Yvan Bernez, Jessica Côte, Julie Coudreuse, Aurélie Daroux, Guillaume Evanno, Jacques Haury, Sophie Launey, Isabelle Muller, Marie Nevoux, Dominique Ombredane, Etienne Rivot et Jean-Marc Roussel de l'UMR Inra-Agrocampus Ouest Ecologie et Santé des Écosystèmes (ESE) de Rennes.

Chantal Gascuel, Nicolas Gillet et Catherine Grimaldi de l'UMR Inra-Agrocampus Ouest Sol, Agro hydrosystème et Spatialisation (SAS) de Rennes.

Antony Acou de UMR MNHN-CNRS-UPMC-IRD Biologie des organismes et des écosystèmes aquatiques (Borea) CRESCO, Dinard.

Jean Guillard de l'UMR Inra-Université de Savoie Centre alpin de recherche sur les réseaux trophiques lacustres (Carrtel) de Thonon-Bains.

François Martignac du Département R&D d'Asconit Consultants à Nantes.

Etienne Prévost de l'UMR Inra-UPPA Ecologie comportementale et biologie des poissons (ECOBOP) de Saint-Pée-sur-Nivelle.

Liste des unités de recherche qui ont contribué aux résultats présentés dans ce document

- Direction de l'action scientifique et technique (DAST) Onema, Vincennes
- Direction de la communication et de l'information (DCIE) Onema, Vincennes
- Département R&D Asconit Consultants, Nantes
- UR ETBX (Environnement, territoires, infrastructures), Irstea, Bordeaux
- UE Inra Unité expérimentale d'écologie et d'écotoxicologie aquatique (U3E), Rennes
- UMR Inra-Agrocampus Ouest Ecologie et Santé des Écosystèmes (ESE), Rennes
- UMR Inra-Cirad-IRD-Sup Agro, Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (CBGP) Montpellier
- UMR Inra-Agrocampus Ouest Sol, Agro hydrosystème et Spatialisation (SAS), Rennes.
- UMR Inra-Université de Savoie Centre alpin de recherche sur les réseaux trophiques lacustres (Carrtel), Thonon-les-Bains
- UMR Inra-UPPA 1224 Ecologie comportementale et biologie des poissons (Ecobiop), Saint-Pée-sur-Nivelle
- UMR MNHN-CNRS-UPMC-IRD Biologie des organismes et des écosystèmes aquatiques (Borea) CRESCO, Dinard
- UMR Inra-AgroParisTech Mathématiques et informatique appliquées, Paris
- UMR Inra-AgroParisTech Génétique animale et biologie intégrative (Gabi), Jouy-en-Josas
- UR Inra Laboratoire de Physiologie et Génétique des Poissons (LPGP), Rennes
- UR LETG-Rennes-Costel Université de Rennes 2, Rennes

Coordination éditoriale : Didier Azam, Laurent Beaulaton, Frédéric Marchand et Patricia Marhin

Conception graphique : Design Studio Bird Idea

Photos : ©Shutterstock page 14 - ©Inra sauf page 24 : ©Fotolia - Rafael Ben-Ari, et page 41 : ©Fotolia - Lonely

Impression : Identic

Mars 2015



CE DOCUMENT A ÉTÉ RÉALISÉ DANS LE CADRE DU PROGRAMME EUROPÉEN MORFISH

