

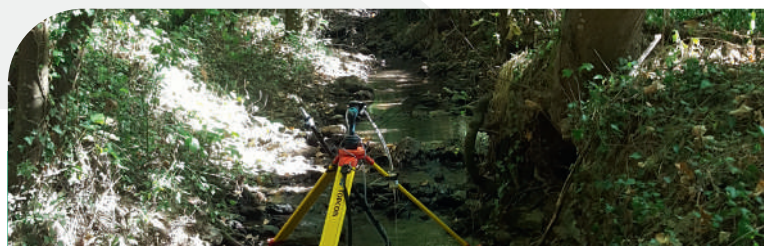


L'ADN environnemental pour suivre les populations piscicoles du bassin de la Seine

Pour évaluer le bon état d'un milieu aquatique, l'étude de sa faune piscicole, de la santé de celle-ci, de sa diversité et de sa répartition s'avère essentielle. Au PIREN-Seine, l'évaluation de l'état des populations de poissons constitue un axe historique, présent depuis les débuts du programme en 1989. S'appuyant sur cette expertise exceptionnelle, les scientifiques du programme s'investissent dans le développement d'outils, d'approches méthodologiques et de modèles toujours plus performants pour caractériser avec précision ces populations.

Pour étudier les communautés de poissons, les campagnes de pêches électriques ont historiquement constitué la principale méthode de suivi. Mais des outils innovants sont aujourd'hui en cours de développement afin d'apporter de nouvelles données complémentaires. Moins invasives, couteuses ou fastidieuses, ces techniques offrent une autre approche originale de suivi de la faune aquatique.

Parmi ces nouveaux outils, un candidat venu du domaine de la paléontologie a suscité l'intérêt des scientifiques et des gestionnaires de l'eau : le suivi de l'ADN environnemental (ADNe). Basé sur une méthode d'amplification de l'ADN récupéré à partir d'un échantillon d'eau prélevé directement dans l'environnement, cet outil a été testé et déployé dans le cadre du PIREN-Seine. A la clef : des résultats plus qu'encourageants pour le suivi des populations piscicoles dans le bassin de la Seine.



La phase 8 du PIREN-Seine

Depuis le 1^{er} janvier 2020, le PIREN-Seine est entré dans sa phase 8, qui s'achèvera le 31 décembre 2023. Pour répondre aux enjeux environnementaux du bassin de la Seine, le programme s'est organisé en 6 axes de travail, qui ont chacun pour objectif de répondre aux attentes des acteurs de gestion de l'eau face aux défis du changement climatique, de la transition écologique de la société et de l'avenir de la ressource. L'ADNe, dont les travaux sont restitués ici, a fait l'objet de recherches dans le cadre de la phase précédente, mobilisant deux équipes de scientifiques.

AXE 1 : Trajectoires du bassin, de ses tissus urbains et agricoles, et de ses territoires.

AXE 2 : Fonctionnement du bassin soumis à des extrêmes hydro-climatiques.

AXE 3 : Construction de la qualité des milieux aquatiques conciliant risques hydrologiques et biodiversité.

AXE 4 : Ambitions et enjeux pour la Métropole en 2024 et après.

AXE 5 : Dynamique des contaminants : de la compréhension des processus au métabolisme territorial.

AXE 6 : Transfert de connaissances et mise à disposition des données.



Un outil innovant et prometteur...

La nouvelle approche de suivi proposée avec l'ADN environnemental (ADNe) repose sur un principe simple : au lieu de capturer et d'identifier directement des organismes dans un environnement donné, les scientifiques prélèvent un échantillon de l'environnement, puis le font analyser en laboratoire pour y chercher des traces résiduelles de l'ADN laissées par les organismes. Appliqué dans le cadre du PIREN-Seine aux peuplements de poissons, ce procédé a permis de détecter de très nombreuses espèces et a été comparé aux méthodes plus traditionnelles de campagnes de pêche.

Une première sur le bassin de la Seine

Si l'approche par l'ADNe est connue et se développe depuis une quinzaine d'années dans le monde scientifique, ses champs d'applications restaient encore, jusqu'à récemment, cantonnés à la paléontologie, dont le procédé est issu. Mais les avancées technologiques permettent aujourd'hui de déployer cet outil dans divers contextes pour tenter d'évaluer la biodiversité d'un milieu, et notamment des milieux aquatiques.

C'est dans cette perspective que les scientifiques du PIREN-Seine ont décidé de lancer, en 2016, les premières campagnes d'expérimentation de cet outil sur le bassin versant de l'Orgeval. Ces premiers travaux dédiés à l'ADNe dans le bassin de la Seine avaient pour but d'évaluer la pertinence de l'outil au regard des techniques actuelles de caractérisation de la diversité piscicole, et également d'en tester les limites.

Menées entre septembre 2016 et février 2018, ces campagnes poursuivaient ainsi deux objectifs. Le premier était de tester la pertinence d'un suivi temporel de l'ADNe, par un échantillonnage d'eau mensuel à la station du Thiel, à l'exutoire du bassin versant. Le deuxième objectif était, en menant des pêches électriques et des échantillonnages avec analyses d'ADNe, sur 9 points de prélèvement, de comparer les deux méthodes pour évaluer spatialement la diversité des peuplements de poissons sur le bassin.

Des résultats encourageants

A l'issue de ces campagnes, les scientifiques ont constaté la grande pertinence de l'outil ADNe pour évaluer la richesse spécifique d'un milieu. Au cours des 18 mois d'échantillonnage, 23 espèces de poissons ont été identifiées sur le bassin de l'Orgeval par cette méthode, contre 20 espèces détectées par pêche sur la même période. Si certains poissons n'ont été identifiés que par l'une ou l'autre méthode, comme l'able de Heckel pour la pêche et l'ablette pour l'ADNe, 17 d'entre eux ont bien été détectés par les deux approches. Pour les espèces les plus courantes comme le chabot, la loche franche, la truite ou l'anguille, l'ADNe apparaît donc tout aussi performant que la pêche.

Concernant le suivi temporel, les scientifiques ont constaté une grande variabilité dans la détection des espèces entre les périodes hivernales, avec moins de 4 espèces détectées entre novembre et janvier, et estivales, avec environ 22 espèces identifiées entre avril et septembre. Les chercheurs n'ont pu identifier avec certitude l'origine d'une telle variabilité. Elle peut être due tant à un effet saisonnier lié à la vie piscicole qu'aux paramètres hydrographiques, qui jouent sur la qualité des prélèvements. Dans une perspective de suivi régulier du milieu par cette méthode, des prélèvements sur le bassin de la Seine entre avril et septembre et en-dehors des périodes de crues sont donc à privilégier pour s'assurer de la qualité de l'échantillonnage.



Richesse spécifique déterminée par ADNe à l'exutoire du bassin de l'Orgeval (D'après Tallec et al., 2018)

L'amplification de l'ADNe

Identifier des espèces de poissons à partir d'un simple échantillon d'eau n'est pas une mince affaire. Issu de cellules mortes, parfois très endommagées, l'ADN prélevé dans l'environnement est en effet souvent très dégradé, et doit donc subir un traitement particulier. Après leur prélèvement, les échantillons sont envoyés au laboratoire spécialisé Spygen, qui procède à une réplique et une amplification de l'ADN par polymérase. Ce procédé, mieux connu sous son acronyme anglais « PCR » (*polymerase chain reaction*), permet de provoquer la duplication en masse d'un tout petit brin d'ADN incomplet, jusqu'à la détection de certaines séquences d'ADN spécifiques, permettant l'identification des espèces correspondantes.



... complémentaire des méthodes traditionnelles

Si les premières études menées sur l'Orgeval ont permis de valider la pertinence de l'ADNe pour évaluer la diversité piscicole d'un milieu, de nombreuses limites ont cependant été constatées. Celles-ci viennent confirmer que cette nouvelle approche est avant tout complémentaire des campagnes de pêche menées régulièrement par les scientifiques.

Un problème de contamination

L'un des principaux problèmes de l'analyse de l'ADNe est qu'aucune différence ne peut être faite entre le résidu d'ADN d'une espèce vivant effectivement dans le milieu observé, et un déchet alimentaire venu contaminer ce même milieu. A titre d'exemple, les scientifiques ont ainsi retrouvé des traces ADN de sardines ou de maquereaux dans les rivières et étangs de l'Orgeval. Si dans certains cas extrêmes, comme avec ces espèces marines, les résultats sont facilement interprétables comme des contaminations alimentaires, cette indistinction peut poser de réels problèmes d'interprétation pour d'autres espèces clefs comme le saumon atlantique, qui migrent depuis la mer vers les cours d'eau.

Sur les grands axes fluviaux comme la Seine et la Marne, la question de la connectivité piscicole est en effet au cœur des préoccupations de nombreux acteurs de l'eau. En 2017 et en 2018, le SIAAP a ainsi lancé, en partenariat avec le PIREN-Seine, plusieurs campagnes de prélèvement et d'analyse ADNe sur 9 points situés en aval et amont de Paris (cf. encart). La présence d'ADN de saumon dans certains échantillons a conduit les scientifiques à ne pas tenir compte de cette détection, bien plus imputable à l'alimentation des populations humaines qu'à une reconquête du milieu par ce poisson migrateur. Cette limite semble aujourd'hui difficile à dépasser pour cette espèce, dont le suivi demeure donc conditionné aux méthodes de pêche et de comptage dans les passes à poissons du bassin.

Un outil non quantitatif

Outre ce problème de contamination, l'ADNe présente un second inconvénient majeur : il s'agit avant tout d'un outil qualitatif. Si celui-ci reflète avec beaucoup d'acuité la présence ou l'absence d'une espèce, et peut même dans certaines circonstances évaluer sa biomasse relative, il ne renseigne en rien sur le nombre d'individus au sein de la population, sur la taille des poissons, sur la part de juvéniles et de reproducteurs, ni sur leur état de santé ou leur taux de croissance. Ces éléments essentiels aux scientifiques et aux gestionnaires pour évaluer l'état d'un milieu ne sont pour l'instant pas pris en compte avec cette technique, même si des travaux récents indiquent un potentiel d'amélioration de cet aspect.

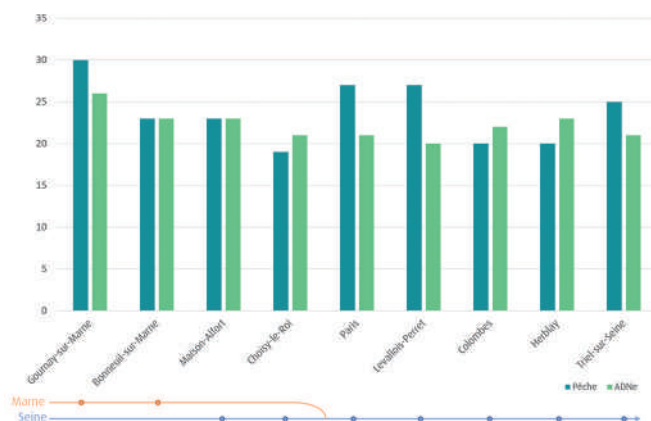
La forte sensibilité et le caractère intégrateur de l'ADNe constituent à la fois la force et la faiblesse de la méthode. Celle-ci permet en effet de détecter des espèces qui évoluent dans l'environnement plus ou moins éloigné vers l'amont du point de prélèvement, renseignant sur la richesse de la biodiversité du cours d'eau. Mais de ce fait, il demeure impossible de connaître l'emprise spatiale de l'échantillon, l'ADN prélevé pouvant provenir de plusieurs centaines de mètres, voire de plusieurs dizaines de kilomètres en amont. Ce procédé n'est donc pas utilisable pour préciser la distribution spatiale fine des espèces et des populations piscicoles sur un bassin versant.

L'ADNe ne semble donc pas pouvoir se substituer complètement aux méthodes de suivi traditionnelles. Cependant, celui-ci présente des avantages non négligeables : pas de capture et manipulation des poissons, couts et temps d'échantillonnage réduits par rapport à une campagne de pêche, et très bonne capacité à détecter les espèces rares, souvent difficiles à pêcher. Ces qualités indéniables permettent donc d'envisager l'intégration de cet outil aux moyens de suivi déployés sur le bassin à travers différents observatoires, afin de développer un « indicateur de biodiversité » pertinent pour les gestionnaires de l'environnement.

Le suivi des populations piscicoles sur les grands axes fluviaux

Particulièrement investis dans la recherche appliquée et le développement de nouveaux outils, le SIAAP et ses partenaires sont à l'origine de la démarche innEAUvation, qui a pour objectif de développer des outils opérationnels pour répondre aux enjeux environnementaux d'aujourd'hui et de demain. Dans ce cadre, des techniques innovantes telles que l'ADNe sont testées pour suivre les populations piscicoles sur les axes fluviaux franciliens.

Les campagnes menées sur la Seine et la Marne en amont et en aval de Paris ont ainsi confirmé la grande efficacité de l'ADNe pour caractériser la diversité piscicole d'un milieu. Sur les 9 points de prélèvement, en seulement 2 ans, la richesse spécifique détectée par cette méthode s'est en effet révélée aussi précise que celle documentée par près de 30 ans de pêche sélective. Plus d'informations sont à découvrir dans la fiche innEAUvation consacrée à l'évolution des populations piscicoles sur les grands axes franciliens.



Richesse spécifique piscicole observée sur la Marne et la Seine (D'après Goutte et al., 2020)

Un nouvel outil pour suivre l'état des milieux

Si les limites inhérentes à l'ADNe ne lui permettent pas aujourd'hui de remplacer les méthodes de suivis traditionnelles, ce nouvel outil peut en revanche devenir un atout important dans les projets de restauration des cours d'eau et d'atteinte du bon état écologique des milieux aquatiques.

Tout d'abord, associée à des projets de renaturation de cours d'eau, cette technologie permettrait de faciliter l'évaluation de l'efficacité d'une restauration, comme un effacement de seuil, ou un reméandrage. Simple à mettre en place, cette solution pourrait en effet être déployée avant et après des travaux d'aménagement, pour vérifier qu'une population de poissons ait bien accès à une nouvelle portion de rivière, ou que des objectifs de renforcement de la biodiversité aient bien été atteints. D'autre part, la capacité de l'ADNe à identifier des espèces rares permettrait notamment de mieux détecter celles qui sont menacées, aux populations clairsemées et de petites tailles, ou à l'inverse des espèces invasives dans les premières phases de leur implantation.

Associés à des outils de suivi classiques, l'ADNe offre enfin des perspectives de suivi en continu du bassin de la Seine. Relativement peu coûteuse

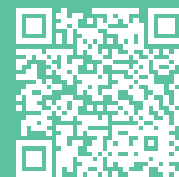
à mettre en place et à entretenir, la méthode pourrait en effet être intégrée aux différentes stations de suivi actuellement en place sur le bassin. Ce monitoring ne pourrait évidemment se substituer à des pêches régulières pour évaluer d'autres aspects quantitatifs et qualitatifs des peuplements piscicoles, mais il offrirait cependant une information en continu de la richesse spécifique d'un bassin versant. A terme, cet outil pourrait même participer au développement d'un « indicateur de biodiversité », prenant en compte non seulement les populations de poissons, les microorganismes ou les macroinvertébrés du milieu, mais également les organismes terrestres du corridor hydroécologique.

Concernant ce nouvel outil, les conclusions de l'ensemble des travaux menés au sein du PIREN-Seine semblent donc converger. Déjà performant à l'heure actuelle, l'ADNe recèle un potentiel important pour l'évaluation de la biodiversité d'un milieu aquatique. Correctement intégré aux systèmes actuellement déployés par les scientifiques et les opérationnels, il pourra constituer demain un dispositif supplémentaire précieux d'aide à la gestion de l'eau, pour faire face au défi que représente l'atteinte du bon état écologique.



Pour plus d'informations, rendez-vous sur www.piren-seine.fr

Contact : francois.mercier@arceau-idf.fr



Credits photos : Bandeau P1 : G.Garitan, Encadrés P1 et P2 : INRAE, UR HYCAR, Encadré P4 : Sorbonne Université, UMR METIS

Edition : ARCEAU-IdF 2022 - www.arceau-idf.fr

Création graphique : id bleue (Sablé) www.idbleue.com

ISSN : 2610-0916

Sources bibliographiques : https://www.piren-seine.fr/publications/fiches_4_pages/adne

Le **PIREN-Seine** est un programme de recherche interdisciplinaire dont l'objectif est de développer une vision d'ensemble du fonctionnement du bassin versant de la Seine et de la société humaine qui l'investit, pour permettre une meilleure gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau.

Cette fiche est éditée par la *Cellule transfert* du PIREN-Seine, animée par l'association ARCEAU-IDF.

Les partenaires opérationnels de la phase 8 du PIREN-Seine



Les partenaires scientifiques de la phase 8 du PIREN-Seine

