

Focus

Modélisation de la continuité écologique des rivières pour les poissons : un outil d'aide à la mise en place des trames bleues

La mise en place de la trame bleue nécessite le développement d'outils de modélisation de la continuité écologique des rivières pour les poissons. Comment fonctionnent ces outils et comment peuvent-ils contribuer à identifier les zones prioritaires à restaurer tout en tenant compte des usages antagonistes du milieu aquatique ? Quelques réponses avec l'exemple d'une démarche de modélisation à partir du logiciel Anaqualand.

R

écemment, la réglementation nationale a intégré le concept de connectivité écologique pour résoudre les problématiques liées à la fragmentation des milieux naturels. Le Grenelle Environnement de 2007 a permis la mise en place d'un outil d'aménagement du territoire, baptisé « Trame verte et bleue »

(TVB). Ce dernier vise à reconstituer un réseau écologique cohérent, à l'échelle du territoire national, afin de permettre aux espèces animales et végétales d'assurer leur survie. Bien que les espèces de poissons ne soient pas mentionnées au niveau national comme étant déterminantes des trames vertes et bleues, les schémas régionaux peuvent choisir de les intégrer à leur plan d'actions. C'est le cas en Ile-de-France, où les orientations stratégiques consistent à mettre les espèces au cœur de l'action en faveur des milieux aquatiques et corridors humides, à rétablir la connectivité longitudinale du fleuve en faveur des poissons migrateurs et la connectivité latérale entre milieux terrestres et aquatiques par la réhabilitation des berges.

À l'échelle des axes entiers de cours d'eau, souvent fragmentés par de nombreux ouvrages, la sélection des ouvrages prioritaires à l'aménagement pour rétablir la continuité doit donc se baser à la fois sur leur franchissabilité, mais aussi sur leur effet cumulatif. Or, peu de méthodes opérationnelles de quantification de l'accessibilité des habitats nécessaires au cycle de vie des poissons sont disponibles pour établir un diagnostic fonctionnel préalable aux actions de restauration. Tenir compte des effets cumulatifs des ouvrages interconnec-

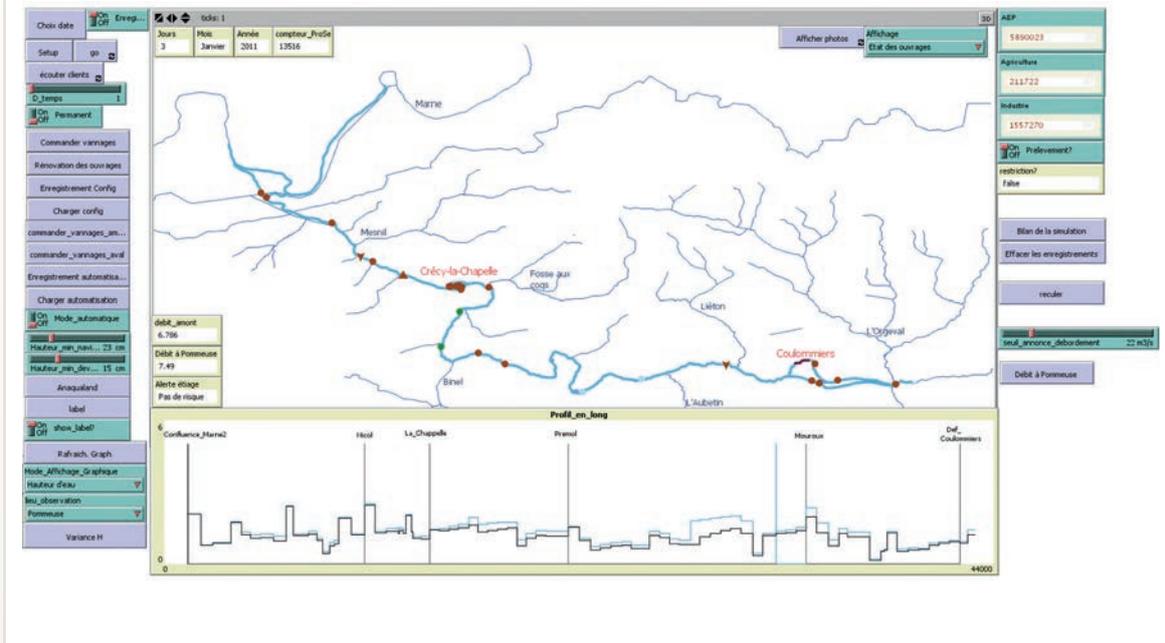
tés est jugé essentiel pour hiérarchiser les contraintes environnementales et socio-économiques lors des décisions de restauration (Kemp et O'Hanley, 2010).

Nous avons proposé des méthodes d'analyse spatiale de la connectivité fonctionnelle pour les poissons, qui peuvent être utilisées pour caractériser l'intégrité écologique des fleuves et l'identification des structures optimales d'habitats dans lesquelles des populations viables de poissons peuvent se maintenir (Le Pichon *et al.*, 2007). Ces méthodes permettent également des comparaisons entre divers scénarios d'aménagement des éléments fragmentant les cours d'eau, qui sont essentiels pour évaluer la pertinence des schémas de restauration de la continuité écologique.

Modélisation de la connectivité structurelle et fonctionnelle dans les cours d'eau

Le logiciel Anaqualand, développé depuis 2002, permet d'évaluer la connectivité dans les cours d'eau par le calcul de distances orientées (Le Pichon *et al.*, 2006). Le logiciel fonctionne en deux dimensions (2D), évaluant ainsi la connectivité longitudinale et latérale. Implémenté avec une interface utilisateur, le logiciel permet d'évaluer la connectivité structurelle par le calcul d'une distance hydrographique (DH) qui correspond au déplacement d'un poisson dans le cours d'eau, la distance euclidienne n'étant pas pertinente dans ce cas. Elle représente la longueur de l'arc le plus court partant d'un point source vers un point cible et passant par le cours d'eau. Le calcul se fait par diffusion de proche en proche

❶ Vue de la plateforme interactive permettant le suivi de l'effet des décisions sur les niveaux d'eau dans les biefs du Grand Morin. En bas, une représentation longitudinale de la ligne d'eau du jour (noir) et celle du jour précédent (bleu).



selon un algorithme simulant la propagation d'un signal. De plus, cette distance est plus ou moins difficile à parcourir par un poisson selon les conditions de milieu à traverser : la connectivité fonctionnelle est évaluée en utilisant la notion de « résistance » du milieu au déplacement des poissons. La valeur des résistances a été établie sur la base des capacités de nage des poissons et sur l'évitement comportemental lié à la prédation. La résistance cumulée minimale, RCM (Knaapen *et al.*, 1992) intègre à la fois la distance et la résistance au déplacement d'une espèce. La probabilité qu'un poisson d'une taille donnée atteigne un habitat cible ou l'habitat le plus proche, compte tenu de la difficulté du parcours, est alors proposée dans le logiciel (Le Pichon *et al.*, 2007). L'ensemble des cartes « RCM » et « probabilités » obtenues est exportable sous divers formats pour être ensuite réimportées dans un SIG (système d'information géographique).

Modélisation d'accompagnement de schéma d'aménagement et de gestion de l'eau : exemple d'utilisation d'Anaqualand

Concernant la restauration de continuité écologique, les agences de l'eau, financeurs des programmes de mesure, se heurtent à la difficulté de trouver des maîtres d'ouvrage pour effectuer les opérations de restauration, voire rencontrent même des problèmes de conflits d'usage. Cette situation se retrouve sur un ensemble de rivières françaises, dont celles du bassin versant des deux Morins, situé dans l'Est de la région parisienne.

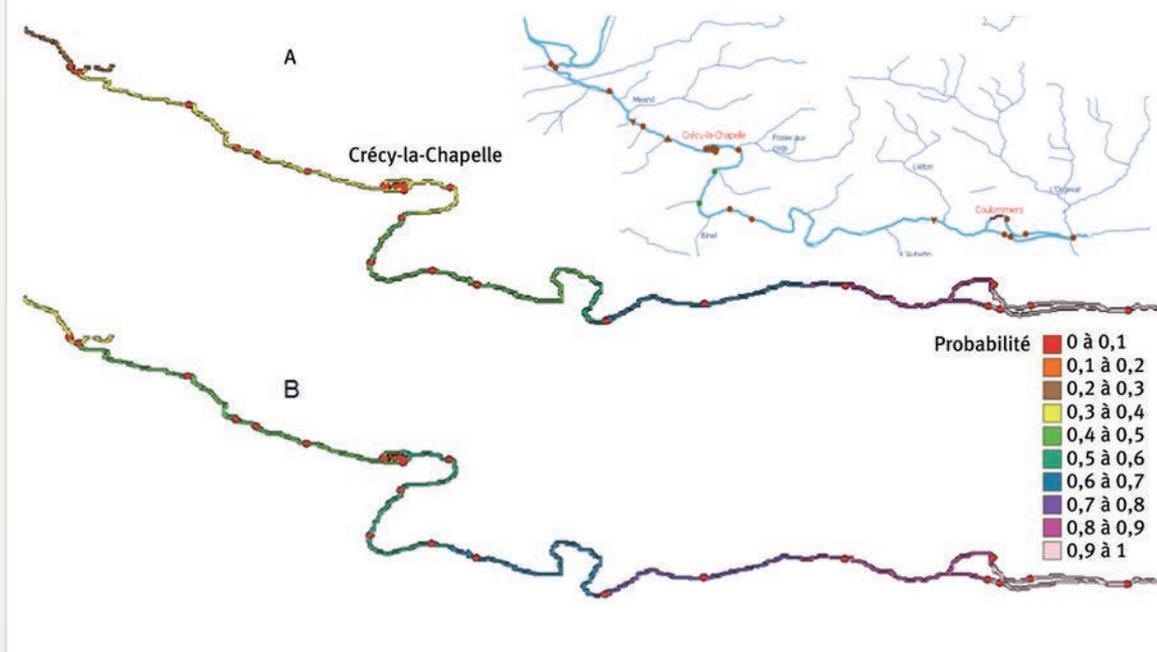
La demande des services de l'État porte alors sur l'élaboration d'une communication pédagogique autour des enjeux de la restauration écologique des rivières en associant les sciences sociales et les sciences de l'envi-

ronnement pour dépasser les blocages et avoir une vision partagée de la rivière. Le projet « SAGE et Sciences des deux Morins » a réuni en 2011-2012 des chercheurs de diverses disciplines et des membres de la commission locale de l'eau (CLE), afin d'aider cette commission à définir les objectifs et les mesures de gestion de la ressource en eau en prenant en compte les différents usages du cours d'eau.

Une modélisation d'accompagnement a été mise en place grâce à la construction d'une plateforme interactive dans laquelle divers acteurs locaux gèrent les ouvrages et les niveaux d'eau dans la rivière selon des scénarios proposés et observent les résultats de leurs décisions grâce à des simulations. L'utilisation de la plateforme interactive permet d'évaluer collectivement les modifications de gestion des ouvrages sur le fonctionnement hydraulique du cours d'eau (débit, hauteur d'eau), de s'approprier les résultats au sein d'un groupe d'acteurs, représentatifs d'intérêts divergents. Elle doit aussi leur permettre d'enrichir une gestion aujourd'hui limitée à la régulation des inondations en élargissant les objectifs de gestion aux différentes pratiques de la rivière, notamment à l'intégration de la restauration de la continuité écologique de la rivière (Carre *et al.*, 2014).

Le cours aval du Grand Morin, long de 44 km, possède un régime hydrologique artificiel depuis le Moyen Âge en raison des retenues et des dérivations conçues pour faire tourner les roues des moulins. Le modèle ProSe a été utilisé pour simuler les débits sur ce secteur du Grand Morin en fonction de l'état d'ouverture des différents ouvrages et vannages. Il permet d'obtenir des hauteurs d'eau sur les ouvrages et dans les segments du cours d'eau (figure ❶). Afin de répondre à la question de la continuité écologique pour les poissons, les sorties de ce

② Cartographie spatiale des probabilités d'atteindre le point le plus amont avec les ouvrages fermés (A) et avec les ouvrages effacés (B) pour un barbeau fluviatile. Les points rouges indiquent les ouvrages.



► modèle hydraulique ont été utilisées comme paramètres de calcul dans Anaqualand. Il va permettre de calculer les probabilités de remontée des poissons en fonction de la manipulation des vannages (ouverture, fermeture, abaissement, rehaussement).

Le logiciel Anaqualand fournit, dans un premier temps, un calcul de résistance cumulée (RCM) vers l'amont, intégrant la résistance affectée aux biefs et à chacun des 23 ouvrages selon leurs caractéristiques physiques. Il calcule ensuite en chaque point des 44 km du Grand Morin la probabilité d'accéder au point le plus amont pour un débit donné en fonction de l'état des ouvrages, et ce pour une espèce donnée. La carte visualisant l'accessibilité des habitats en amont est alors visible par les participants qui peuvent suivre sur leur ordinateur les effets journaliers de leurs décisions (figure ②). On peut remarquer que la probabilité d'atteindre l'amont du secteur (confluence avec l'Orgeval) est de 0,3 à Crécy-la-Chapelle avec les ouvrages fermés et de 0,5 avec les ouvrages effacés. Les divers acteurs obtiennent ainsi pour l'ensemble d'une année le résultat de leurs actions à la fois sur la gestion des hauteurs d'eau et ses effets sur l'accessibilité des habitats pour les poissons (Carre *et al.*, 2014).

Conclusion

Pour les gestionnaires, les enjeux liés à la mise en œuvre de la trame bleue sont multiples. Il faut à la fois identifier les zones prioritaires pour le rétablissement de la continuité écologique et faire face à des usages antagonistes du milieu aquatique. Les démarches de modélisation de la continuité écologique des cours d'eau pour les poissons peuvent contribuer à cette mise en œuvre.

Le modèle du logiciel Anaqualand permet d'une part d'évaluer la connectivité du cours d'eau pour les poissons en fournissant un indicateur que sont les cartes de probabilités d'accès des espèces à leurs habitats, et d'identifier les obstacles les plus impactants. D'autre part, le couplage des modèles hydraulique/biologique, dans le cadre d'une démarche de modélisation d'accompagnement, s'avère pertinent pour l'aide à la concertation dans les structures locales de gestion des milieux aquatiques (SAGE et CLE). Notamment, la visualisation des résultats par l'intermédiaire de cartes a permis une meilleure appropriation des différents enjeux par les acteurs, que ce soit les pêcheurs, kayakistes et propriétaires de moulins. ■

Les auteurs

Céline LE PICHON et Evelyne TALÈS
Irstea – UR HBAN
Hydrosystèmes et bioprocédés
1 rue Pierre-Gilles de Gennes – CS 10030
F-92761 Antony Cedex – France
✉ celine.lepichon@irstea.fr
✉ evelyne.tales@irstea.fr



EN SAVOIR PLUS...

📖 **CARRE, C., HAGHE, J.-P., DE CONINCK, A., BECU, N., DEROUBAIX, J., PIVANO, C., FLIPO, N., LE PICHON, C., TALLEC, G.,** 2014, How to integrate scientific models in order to switch from flood control river management to multifunctional river management?, *International Journal of River Basin Management*, p. 1-30.

📖 **KEMP, P.S., O'HANLEY, J.R.,** 2010, Procedures for evaluating and prioritising the removal of fish passage barriers: a synthesis, *Fisheries Management and Ecology*, n° 17, p. 297-322.

📖 **KNAAPEN, J.P., SCHEFFER, M., HARMS, B.,** 1992, Estimating habitat isolation in landscape planning, *Landscape and Urban Planning*, n° 23, p. 1-16.

📖 **LE PICHON, C., GORGES, G., BAUDRY, J., BOUSSARD, H., GOREAUD, F., FAURE, T., BOËT, P.,** 2007, Méthodes et outils d'analyse spatiale des habitats des poissons en contexte fluvial anthropisé, *Ingénieries-EAT*, n° 50, p. 21-33.

📖 **LE PICHON, C., GORGES, G., FAURE, T., BOUSSARD, H.,** 2006, Anaqualand 2.0 : freeware of distances calculations with frictions on a corridor, Antony, Cemagref

<https://www6.rennes.inra.fr/sad/Outils-Produits/Outils-informatiques/Anaqualand>