

Poissons des rivières françaises et changements climatiques

Poissons et climat

La biodiversité des rivières est fortement menacée par les changements globaux, notamment par des modifications de l'occupation des sols et par les changements climatiques [Référence 1]. Dans ces milieux, les poissons sont particulièrement sensibles aux conditions climatiques. En effet, ce sont des animaux ectothermes, c'est-à-dire incapables de réguler leur température corporelle alors que leur activité, leur physiologie et leurs rythmes biologiques sont directement liés à la température de l'eau. Mais toutes les espèces de poissons n'ont pas besoin de la même température pour se développer ou survivre. Chaque espèce est tolérante à une gamme de températures, en dessous et au delà de laquelle elle ne peut survivre. Par exemple, la truite préfère les eaux relativement froides (généralement inférieures à 15°C) tandis que la carpe peut survivre à des températures bien plus élevées (plus de 30°C). Ainsi, chaque espèce sélectionne les habitats qui lui sont le plus favorables d'un point de vue thermique. Or, les modèles climatiques prédisent un réchauffement important au cours du siècle à venir. La température de l'eau devrait donc augmenter, ce qui pourrait conduire les espèces de poissons à modifier leur aire de répartition.

Cependant, la température n'est pas le seul facteur climatique influençant la distribution des poissons. En effet, les poissons vivent dans les cours d'eau dont le régime hydrologique est fortement influencé par les précipitations. Ainsi, des modifications dans le régime des précipitations pourraient également contraindre les poissons à modifier leur répartition spatiale.

Enfin, d'autres facteurs non climatiques déterminent aussi la distribution des espèces. Ces facteurs concernent généralement l'habitat local, comme par exemple l'hydro-morphologie, la vitesse du courant, la présence de végétation aquatique, la concentration en oxygène ou encore la composition chimique de l'eau. Tous ces facteurs sont indirectement reliés au climat et pourraient donc être également modifiés si le climat change.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de prédire les impacts du changement climatique sur la distribution des espèces de poissons vivant dans les rivières françaises.

Des modèles statistiques pour prédire les changements de distribution des espèces

Avant de chercher à évaluer les impacts du changement climatique sur les poissons, il est important d'identifier avec précision les habitats qui sont actuellement favorables à chacune des espèces et qui résultent d'un long processus d'adaptation et d'évolution. Il faut également déterminer l'importance relative des facteurs climatiques dans la distribution des espèces comparée aux facteurs non climatiques. En effet, une espèce dont la répartition spatiale est actuellement peu influencée par le climat ne devrait pas voir sa distribution fortement modifiée si le climat change. On pourra ensuite prédire les habitats qui seront potentiellement favorables aux espèces dans le futur sous divers scénarios de changement climatique. Cette approche repose sur des modèles statistiques appelés « modèles de distribution d'espèces ».

La première étape consiste à prédire la distribution actuelle d'une espèce particulière à l'aide de descripteurs de l'environnement, en particulier, des facteurs décrivant le climat et l'habitat. Pour cela, des données concernant l'espèce en question, le climat et l'habitat, sont récoltées sur le terrain dans un nombre important de sites qui possèdent une grande variété de caractéristiques environnementales. Ces données servent à construire un modèle statistique permettant de réaliser cette prédiction. Puis, dans un second temps, les prévisions du climat futur fournies par les modèles météorologiques sont intégrées dans le modèle statistique à la place des données climatiques actuelles. La distribution future potentielle

de l'espèce peut alors être prédite et comparée à la distribution actuelle.

En répétant cette procédure à toutes les espèces présentes sur un territoire donné, il est aussi possible de prédire les changements au niveau de la composition des assemblages, c'est-à-dire l'ensemble des espèces présentes simultanément dans un même lieu.

Ici, cette approche statistique a été appliquée aux espèces de poissons des rivières françaises afin d'évaluer les impacts potentiels des changements climatiques sur la distribution de ces espèces et sur la composition des assemblages. Tous les résultats présentés sont des prédictions potentielles réalisées pour 2080 en utilisant le modèle climatique HadCM3 et le scénario A1FI proposé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC). L'augmentation de température pour ce scénario devrait être de 4,1°C en moyenne sur le territoire étudié. Ce scénario est l'un des plus pessimistes fait par ces experts et repose sur une croissance économique très rapide avec une forte utilisation des combustibles fossiles.

Modification des aires de distribution des espèces de poissons

La modification des aires de distribution a été étudiée en mesurant le changement de probabilité de présence entre la période actuelle et le futur pour les 35 espèces de poissons étudiées (figure 1).

On remarque que les espèces présentent des réponses différentes au changement climatique. Trois espèces (la truite, le chabot et la lamproie de Planer) répondent globalement négativement puisque la probabilité de présence de ces espèces devrait diminuer dans plus de 75% des sites. Cette tendance n'est pas surprenante puisque le chabot et la truite sont sensibles à la température et ne supportent que des températures fraîches. A l'opposé, sept espèces comprenant le blageon, le chevesne, le barbeau ou encore l'anguille, présentent une réponse globalement positive avec une augmentation de 25,6% de leur probabilité de présence en moyenne sur l'ensemble des sites. Ces espèces sont généralement caractérisées par une large gamme de tolérance thermique mais préfèrent les eaux plutôt chaudes. Enfin, 25 espèces dont le gardon, le poisson-chat, l'ablette, le brochet ou la brème, pourraient

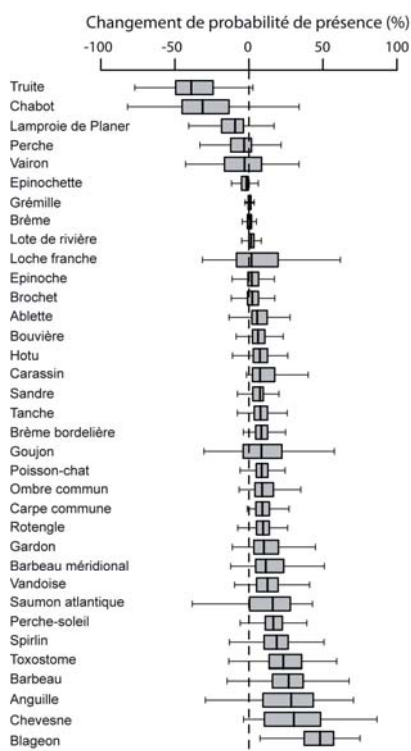


Figure 1. Impact potentiel du changement climatique sur la probabilité de présence des 35 espèces de poissons étudiées.

Ce graphique est basé sur la notion de probabilité de présence d'une espèce. Pour chaque site étudié, le modèle statistique permet en effet de prédire la probabilité de présence de l'espèce en fonction des caractéristiques environnementales du site, c'est-à-dire le pourcentage de chances que l'espèce soit présente. Plus cette proportion est grande (proche de 100%), plus l'habitat est favorable à l'espèce et plus on a de chances de l'y rencontrer. Dans un second temps, en intégrant des scénarios de changement climatique, le modèle peut aussi être utilisé pour prédire la probabilité de présence de l'espèce dans le futur, dans les nouvelles conditions climatiques.

Pour chaque site, les probabilités de présence actuelle et future peuvent ensuite être comparées, en calculant la différence entre la probabilité future et la probabilité actuelle (c'est-à-dire un changement de probabilité de présence). Si cette différence vaut 0, cela indique que les probabilités actuelle et future sont identiques et que le changement climatique ne devrait pas avoir d'effet sur l'espèce dans ce site. Si la différence est positive, cela signifie que l'on a plus de chances de rencontrer l'espèce dans le futur qu'actuellement dans ce site. Et inversement, si cette différence est négative, le site devrait devenir moins favorable pour l'espèce.

En répétant cette opération à tous les sites étudiés, on peut ainsi obtenir le changement de probabilité dans tous les sites. Comme nous avons étudié un grand nombre de sites (plus de 1000), nous avons choisi de représenter les résultats par des « boîtes à moustaches » qui synthétisent les valeurs obtenues pour tous les sites. Pour chaque espèce, les barres aux extrémités de la boîte représentent la valeur minimum et maximum de changement de probabilité de présence parmi les sites étudiés. Le trait à l'intérieur de la boîte représente la valeur médiane et la boîte contient les valeurs de changement de probabilité obtenues pour la moitié des sites. Par exemple, la probabilité de présence de la loche franche pourrait diminuer jusqu'à 35% dans un site (minimum) et augmenter jusqu'à 62% dans un autre site (maximum). Le changement de probabilité de présence pourrait être compris entre -13% et 20% pour la moitié des sites (intérieur de la boîte), avec une valeur médiane de 2%.

répondre de façon intermédiaire, ce qui indique que, globalement, elles devraient augmenter très légèrement leur probabilité de présence, mais certains sites pourraient aussi devenir moins favorables. Parmi ces espèces, la grémille, la brème et la lote de rivière devraient être très peu affectées par les modifications du climat. Enfin, il est à noter que certaines espèces comme la loche franche, le goujon ou l'anguille pourraient réagir de façon très différente selon les sites. Une analyse spatiale plus précise de ces changements de distribution est donc nécessaire pour mieux évaluer les conséquences du changement climatique.

Une espèce de chacun des trois types de réponse mentionnés précédemment a été choisie pour illustrer ces modifications : le barbeau, le brochet et la truite. Les probabilités de présence actuelle et future de chacune des espèces ont été transformées en données de présence-absence. Ainsi, dans chaque site, si la probabilité de présence est supérieure à un seuil fixé, alors l'espèce est considérée comme présente. Les distributions actuelle et future prédites par les modèles ont été représentées spatialement à l'échelle de la France, puis comparées (figure 2).

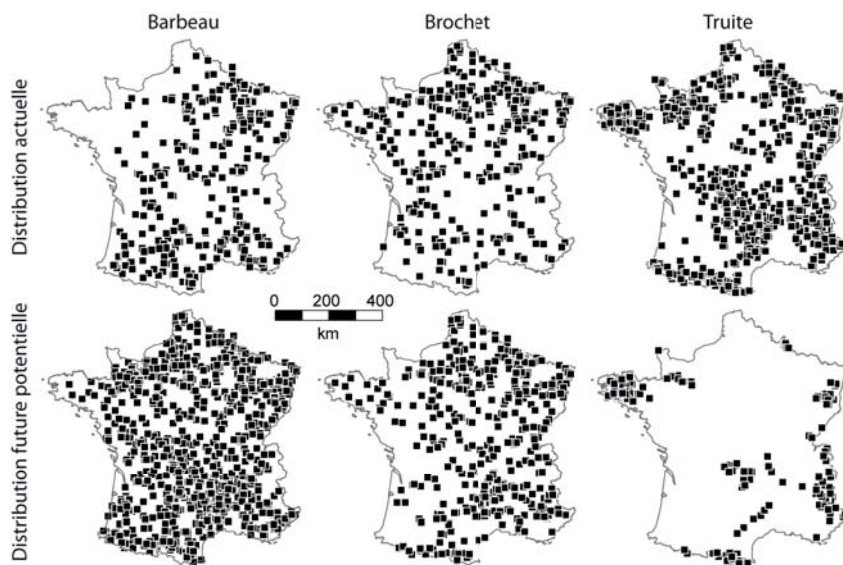


Figure 2. Distributions spatiales prédites pour trois espèces de poissons (le barbeau, le brochet et la truite) et pour deux périodes (actuelle et future en 2080 sous le scénario A1FI).

Les distributions sont prédites par les modèles statistiques. Un carré noir représente un site favorable à l'espèce dans lequel elle est (actuelle) ou pourrait être (future) présente. En comparant les cartes actuelle et future, on peut mettre en évidence les zones dans lesquelles l'espèce pourrait disparaître ou apparaître si le climat change.

Actuellement, le barbeau est une espèce relativement commune dans les rivières françaises, à l'exception des cours d'eau de montagne et de Bretagne. Les modèles prédisent que le barbeau pourrait étendre très fortement sa distribution en réponse au changement climatique. Il ne devrait subir aucune extinction locale, mais au contraire, de nombreux sites pourraient devenir plus favorables. Ces habitats potentiellement colonisables sont localisés dans les régions montagneuses (Alpes, Pyrénées, Massif central) mais aussi dans le nord-ouest de la France.

Le brochet est une espèce prédatrice vivant dans des zones denses en végétation aquatique. D'après les prédictions des modèles, des sites localisés principalement dans les zones montagneuses (Pyrénées et Alpes) et à l'est de la France pourraient devenir plus adaptés à ses conditions de vie, ce qui laisse supposer une expansion potentielle de sa distribution. Toutefois, de nombreux sites à l'ouest de la France dans lesquels le brochet est actuellement présent pourraient devenir moins favorables, ce qui pourrait mener à sa disparition dans ces zones. Ces deux tendances montrent que l'on pourrait donc assister à un déplacement de l'aire de distribution du brochet en réponse au changement climatique.

Enfin, parmi ces trois exemples, la truite pourrait être la plus sévèrement affectée par les modifications du climat. La truite est une espèce de salmonidés qui affectionne particulièrement les eaux fraîches et bien oxygénées, en amont des réseaux hydrographiques. Sa présence actuelle en France est importante, mais limitée aux régions de montagne et aux petits cours d'eau côtiers du nord-ouest de la France. En 2080, la quasi-totalité de ces habitats pourraient devenir défavorables à la présence de la truite qui devrait alors limiter sa distribution aux parties situées les plus en amont des cours d'eau de montagne (Pyrénées orientales, Alpes du Sud), et également à quelques cours d'eau du nord-ouest de la France. La situation de la truite pourrait donc devenir très préoccupante dans les prochaines décennies.

En résumé, ces illustrations permettent de montrer que, globalement, les espèces d'eau froide vivant dans les parties les plus apicales des bassins devraient trouver de moins en moins de sites répondant à leurs exigences écologiques et pourraient être confrontées à des risques d'extinction non négligeables. Au contraire, les espèces préférant des eaux plus chaudes pourraient trouver de nouveaux habitats favorables et coloniser

ainsi des zones où elles sont actuellement absentes.

Augmentation de la richesse spécifique

En combinant les réponses des 35 espèces étudiées, il est possible d'aborder les impacts potentiels des changements climatiques à l'échelle des assemblages.

La figure 3 montre que le changement de richesse spécifique est très variable selon la zone géographique considérée. Il peut varier d'une perte de 3 espèces à un gain de 27 espèces. En moyenne, la richesse spécifique devrait passer de 10,3 espèces actuellement à 19,5 en 2080 sous les modifications climatiques attendues. Elle devrait diminuer dans un nombre limité de sites qui sont localisés presque exclusivement en Bretagne. Les cours d'eau de montagne (Pyrénées, Alpes et Massif central) ainsi que ceux d'Alsace pourraient voir leur richesse spécifique augmenter très fortement : plus de 10 nouvelles espèces seraient susceptibles de coloniser ces habitats nouvellement favorables alors qu'il n'y en a actuellement que quelques-unes.



Figure 3. Changements de richesse spécifique locale prédits pour le scénario A1FI.

La richesse spécifique est définie comme le nombre d'espèces de poissons présentes simultanément dans un site. A partir des cartes de distributions actuelles et futures prédites pour toutes les espèces (cf. figure 2), on peut calculer la richesse spécifique actuelle et future dans chaque site, puis les comparer en calculant la différence entre la richesse future et la richesse actuelle. Ce changement de richesse vaut 0 si la richesse est la même dans le futur qu'actuellement, est positif si le site contient plus d'espèces dans le futur qu'actuellement et est négatif si le site contient moins d'espèces dans le futur qu'actuellement.

L'augmentation globale de la richesse spécifique résulte très vraisemblablement du nombre important d'espèces répondant positivement aux modifications du climat. En effet, dans les rivières françaises, il y a peu d'espèces d'eau froide, et donc plus d'espèces sont susceptibles de voir des habitats devenir favorables au niveau thermique si le climat se réchauffe. De plus, une étude récente a montré que la richesse spécifique et la proportion d'espèces de poissons d'eau chaude ont augmenté significativement dans quelques grands cours d'eau français au cours des 25 dernières années, au même rythme que la température de l'eau [2]. Ainsi, les résultats présentés ici montrent que la richesse spécifique devrait poursuivre son augmentation tout au long du XXI^e siècle.

Homogénéisation des assemblages

Pour mesurer la similarité entre la composition de deux assemblages, un indice de similarité est communément utilisé (ici, indice de similarité de Jaccard). Cet indice met en relation le nombre d'espèces communes aux deux assemblages et le nombre d'espèces présentes uniquement dans l'un et l'autre des assemblages. Il varie entre zéro (aucune espèce commune) et un (assemblages identiques). Ainsi, la similarité entre toutes les paires d'assemblages a été mesurée, d'abord pour la période actuelle, puis pour 2080, toujours sous le scénario de changement climatique A1FI. Une augmentation de la similarité au cours du temps traduit une homogénéisation, tandis qu'une diminution traduit une différenciation des assemblages.

La figure 4 illustre le changement de similarité entre les assemblages de poissons des rivières françaises. Les assemblages ont été classés en trois groupes : ceux présents dans les sites en amont des bassins, ceux présents dans des stations intermédiaires, et enfin, ceux présents dans les sites les plus à l'aval. Actuellement, les assemblages situés à l'aval sont ceux qui présentent les plus fortes valeurs de similarité. Cela reste vrai pour les assemblages prédits sous le scénario A1FI. De plus, quel que soit le groupe considéré, l'indice de similarité de Jaccard devrait augmenter dans le futur (en moyenne, de 0,261). Cette augmentation serait plus forte pour les assemblages intermédiaires et de l'aval que pour ceux de l'amont. Globalement, on devrait donc assister à une homogénéisation des assemblages de poissons des rivières françaises en réponse au changement climatique.

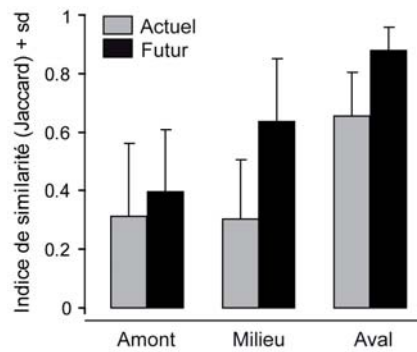


Fig. 4. Indice de similarité entre les assemblages calculé pour la période actuelle et sous le scénario A1FI.

Cette figure repose sur le calcul d'un indice de similarité entre les assemblages d'espèces (cf. texte pour détails). Pour chaque groupe de sites, la valeur représentée est l'indice de similarité moyen sur toutes les paires d'assemblages. La barre représente l'écart-type (sd) qui mesure la dispersion autour de la moyenne des valeurs d'indice de similarité.

Plusieurs études récentes se sont intéressées à ce phénomène d'homogénéisation et ont montré que les assemblages de poissons sont déjà devenus plus similaires entre eux qu'ils ne l'étaient auparavant, principalement à cause des introductions d'espèces exotiques liées aux activités humaines [3, 4]. Le changement climatique risquerait donc d'amplifier ce phénomène, ce qui contribuerait à réduire la diversité spatiale globale puisque l'on retrouverait alors les mêmes espèces dans tous les types de cours d'eau. Il y aurait plus d'espèces dans les assemblages (augmentation de la richesse, cf. paragraphe précédent), mais ces assemblages se ressembleraient davantage.

Conclusions et perspectives

Cette étude suggère que les poissons des rivières françaises devraient être sensibles aux modifications du climat attendues au cours de ce siècle. Les changements en termes de distribution d'espèces et de composition des assemblages pourraient être importants.

Toutefois, ces résultats ne sont que des prédictions potentielles qui pourraient se produire si seul le climat changeait. Mais il est évident que la prise en compte d'autres facteurs tels que l'occupation des sols ou la pollution des cours d'eau pourrait modifier ces prédictions. La fragmen-

tation des rivières par des barrages ou des chaussées naturelles pourrait également empêcher le déplacement des poissons vers des habitats potentiellement favorables.

Néanmoins, cette étude révèle que certaines espèces, notamment les espèces d'eau froide comme la truite, ont un urgent besoin de mesures concrètes visant à protéger leurs habitats d'autres perturbations qui pourraient amplifier leur disparition. De plus, les zones situées à l'amont des réseaux hydrographiques pourraient devenir à la fois des refuges pour les espèces d'eau froide, et de nouveaux habitats favorables pour les autres espèces. Des projets de restauration et de conservation devront donc être rapidement mis en œuvre dans ces zones sensibles pour limiter les effets du changement climatique, qui, même si les émissions de gaz à effet de serre sont réduites dans les prochaines décennies, conduira inéluctablement à une augmentation de la température de l'eau.

Références

- [1] Sala, O., Chapin, F., Armesto, J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., & Wall, D.H. (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774.
- [2] Daufresne, M., & Boet, P. (2007) Climate change impacts on structure and diversity of fish communities in rivers. *Global Change Biology*, 13(12), 2467-2478.
- [3] Rahel, F. (2000) Homogenization of fish faunas across the United States. *Science*, 288(5467), 854-856.
- [4] Leprieur, F., Beauchard, O., Blanchet, S., Oberdorff, T., & Brosse, S. (2008) Fish invasions in the world's river systems: When natural processes are blurred by human activities. *PLOS Biology*, 6(2), 404-410.

Les auteurs : Laëtitia Buisson, Gaël Grenouillet et Sovan Lek, Laboratoire Evolution et diversité biologique, UMR 5174, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 4.

Cette étude s'intègre dans le cadre du programme européen Euro-Limpacs (numéro de contrat : GOEC-CT-2003-505540). Ce travail repose sur des données de pêche qui ont été fournies par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA). Nous remercions donc l'ensemble des agents de l'ONEMA qui ont contribué à la collecte de ces données et ont ainsi permis la réalisation de cette étude.