

Processus écologiques sous contrôle multivarié: effet de l'évolution des associations température débit sur les processus écologiques des poissons migrateurs amphihalins dans un contexte de changement global

Contexte

Le changement global lié aux activités anthropiques a profondément modifié et dégradé les écosystèmes terrestres (Schröter et al. 2005) et aquatiques (Lotze et al. 2006; Postel and Richter 2003; Worm et al. 2006) menaçant la durabilité des biens et services écosystémiques qu'ils soutiennent (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Parmi les changements globaux, le réchauffement climatique entraîne des modifications biologiques pour une grande variété de taxons (Angilletta 2009; Hughes 2000) : changements physiologiques (Dillon et al. 2010), changements d'aire de répartition (Lassalle and Rochard 2009; Nicolas et al. 2011), évolutions génétiques (Parmesan 2006; Visser 2008; Williams et al. n.d.)... Les modifications phénologiques sont une des modifications observées et attendues. En effet, chez de nombreuses espèces, on observe une précocité des événements biologiques cycliques (reproduction, le débourrement de bourgeons, la migration d'animaux...) au cours de l'année en parallèle à la précocité des températures (Chevillot et al. 2017; Hughes 2000; Manhard et al. 2017; Thackeray et al. 2016). Cela est supposé permettre au processus écologique de se dérouler dans des conditions adéquates assurant ainsi une « bonne » survie ou une « bonne » croissance des individus et de leurs descendants, c'est à dire une « bonne » fitness.

La phénologie de la migration des poissons migrateurs amphihalins est un des exemples très étudiés (Kuczynski et al. 2017). Des modifications phénologiques ont ainsi été mises en évidence chez les salmonidés, probablement en réponse à des modifications des conditions en mer (Bal et al. 2017; Manhard et al. 2017). Pour la grande alose, la ponte en rivière semble avoir lieu dans des conditions thermiques favorisant la survie ultérieure de la descendance, et serait donc susceptible d'être décalée sous l'effet du changement climatique (Jatteau et al. 2017; Lambert et al. 2018). Toutefois, bien que le plus étudié car en lien direct avec le changement climatique et facilement mesurable, la température n'est pas l'unique paramètre environnemental jouant sur la réalisation d'un processus écologique. La photopériode ou durée du jour est un paramètre clé, notamment pour les végétaux (Körner and Basler 2010). De la même manière, le débit, soit directement, soit au travers des modifications de vitesses de courant qu'il induit, est un paramètre majeur pour les poissons

migrateurs amphihalins. Ainsi, la reproduction et la migration de la grande alose (Acolas et al. 2006, 2004), de l'anguille (Brujns and Durif 2009; Drouineau et al. 2017, 2015; Trancart et al. 2013) ou des saumons (Keefe et al. 2008; Koljonen et al. 2013) sont contrôlées à la fois par le débit et la température. Or, si la température de l'eau est modifiée sous effet du changement climatique, celui-ci altère aussi directement les régimes des débits (baisse des précipitations et/ou décalages saisonniers), qui subissent également indirectement les effets des prélèvements d'eau pour la consommation humaine ou l'irrigation ou la régulation des cours d'eau pour la production hydroélectrique (Nohara et al. 2006; Palmer et al. 2008; Postel and Richter 2003; van Vliet et al. 2013) accentuant encore les modifications de température. Ainsi, on observe bien souvent des étiages de plus en plus sévères pour les rivières d'Europe de l'Ouest (Stahl et al. 2010). Dès lors, si en phénologie, on postule classiquement que, sous l'effet du seul changement climatique, les processus écologiques tendent à devenir plus précoces pour rester dans la fenêtre optimale de température, cela devient plus complexe si le processus écologique est sous contrôle de plusieurs facteurs environnementaux, dont les débits qui sont eux-mêmes impactés par le changement global et sa composante climatique mais pas nécessairement de la même façon. En effet, si température et débit évoluent de façon asynchrone, le risque est qu'au fil du temps, certaines associations température – débit favorables au processus écologique deviennent moins fréquentes, et donc que les espèces deviennent mal-adaptées aux nouvelles conditions environnementales.

Projet d'accueil d'un post-doctorant

C'est dans ce cadre que s'inscrirait ce post-doctorat. Pour aborder cette question, nous proposons de travailler sur a minima quatre grands cours d'eau français : Garonne, Dordogne, Loire et Rhône sur lesquels des chroniques journalières de débit (banque hydro ; <http://hydro.eaufrance.fr/>) et températures d'eau (suivis EDF) existent sur le long-terme. En comparant ces 4 cours d'eau qui présentent des contextes hydrologiques et anthropiques contrastés, l'idée est, dans un premier temps, de mettre en évidence si des associations températures – débit tendent à devenir plus rares ou, au contraire, plus fréquentes au cours des années. Par exemple, observe-t-on plus fréquemment des périodes de faibles débits et de fortes températures traduisant des étiages plus longs ? Inversement, les associations forts débits et températures plus élevées, a priori favorables à la migration des anguilles (Drouineau et al. 2017; Trancart et al. 2013), tendent-elles à se raréfier ? Est-ce vrai pour les 4 rivières ? Pour ce premier point, il convient de développer une méthode d'analyse temporelle spécifique, car à ce jour, il existe peu de méthodes d'analyses d'évolutions de séries bivariées (Favre et al. 2004; Miao et al. 2016).

Une fois cette première étape réalisée, le projet visera à croiser cet état des lieux de l'évolution du contexte environnemental dressé sur les 4 rivières avec les besoins écologiques des poissons migrateurs amphihalins. Pour cela, les observations biologiques sur les rivières telles que comptages aux passes, observations de dévalaison, captures professionnelles, comptage de bulls... seront utilisées pour définir quels sont les besoins température-débit pour l'accomplissement des processus écologiques en association avec une synthèse bibliographique sur les préférences thermiques et en termes de débits. Ces informations biotiques seront croisées avec les données environnementales long-terme sur l'habitat pour voir si ces couples/gammes température-débit favorisant un processus (reproduction, migration) pour une espèce donnée deviennent plus ou moins fréquents au cours du temps et ainsi mettre en évidence des risques de mal-adaptation pour les espèces étudiées.

Partenaires impliqués

Irstea EABX (Hilaire Drouineau, Géraldine Lassalle, Patrick Lambert, Alexis Paumier)

Irstea RIVERLY (Hervé Capra, Eric Sauquet)

EDF LNHE (Stéphane Tétard, Anthony Maire)

Information pratique - Candidature

Le post-doctorat est prévu pour une durée de 12 mois, un début de contrat au début de l'année 2019 étant souhaité. Le post-doctorant sera basé dans les locaux d'Irstea Bordeaux (<http://www.irstea.fr/linstitut/nos-centres/bordeaux>), au sein de l'unité Écosystèmes Aquatiques et Changements Globaux – équipe Fonctionnement et Restauration des Écosystèmes Estuariens et des Populations de Poissons Migrateurs Amphihalins. La rémunération sera basée sur les grilles Irstea en fonction de l'ancienneté.

Pour candidater, veuillez adresser votre CV et lettre de motivation à Hilaire Drouineau (cf contact)

Contact

Hilaire Drouineau : Irstea Bordeaux - 50, avenue de Verdun – 33612 Cestas Cedex – 05 57 89 27 09
– hilaire.drouineau@irstea.fr

Références

- Acolas M.L., Bégout Anras M.L., Véron V., Jourdan H., Sabatié M.R., Baglinière J.L., 2004, An assessment of the upstream migration and reproductive behaviour of allis shad (*Alosa alosa* L.) using acoustic tracking. *ICES J. Mar. Sci.* 61, 1291–1304.
- Acolas M.L., Véron V., Jourdan H., Bégout M.L., Sabatié M.R., Baglinière J.L., 2006, Upstream migration and reproductive patterns of a population of allis shad in a small river (L'Aulne, Brittany, France). *ICES J. Mar. Sci.* 63, 476–484.
- Angilletta M.J.J., 2009, Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Bal G., Montorio L., Rivot E., Prévost E., Baglinière J.-L., Nevoux M., 2017, Evidence for long-term change in length, mass and migration phenology of anadromous spawners in French Atlantic salmon *Salmo salar*. *J. Fish Biol.* n/a-n/a.
- Brujls M.C.M., Durif C.M.F., 2009, Silver Eel Migration and Behaviour. In: Thillart G. van den, Dufour S., Rankin J.C. (Eds.), *Spawning Migration of the European Eel*, Fish & Fisheries Series. Dordrecht, Netherlands, Springer, pp. 65–95.
- Chevillot X., Drouineau H., Lambert P., Carassou L., Sautour B., Lobry J., 2017, Toward a phenological mismatch in estuarine pelagic food web? *PLoS ONE* 12, e0173752.
- Dillon M.E., Wang G., Huey R.B., 2010, Global metabolic impacts of recent climate warming. *Nature* 467, 704–706.
- Drouineau H., Bau F., Alric A., Deligne N., Gomes P., Sagnes P., 2017, Silver eel downstream migration in fragmented rivers: use of a Bayesian model to track movements triggering and duration. *Aquat. Living Resour.* 30, 1–9.
- Drouineau H., Rigaud C., Laharanne A., Fabre R., Alric A., Baran P., 2015, Assessing the efficiency of an elver ladder using a multi-state mark-recapture model. *River Res. Appl.* 31, 291–300.
- Favre A.-C., El Adlouni S., Perreault L., Thiémonge N., Bobée B., 2004, Multivariate hydrological frequency analysis using copulas. *Water Resour. Res.* 40, W01101.
- Hughes L., 2000, Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends Ecol. Evol.* 15, 56–61.
- Jatteau P., Drouineau H., Charles K., Carry L., Lambert P., 2017, Thermal tolerance in Allis shad eggs and larvae (*Alosa alosa* L.) embryos and larvae: modelling and potential applications. *Aquat. Living Resour.* 30.

- Keefe M.L., Peery C.A., Caudill C.C., 2008, Migration timing of Columbia River spring chinook salmon: effects of temperature, river discharge, and ocean environment. *Trans. Am. Fish. Soc.* 137, 1120–1133.
- Koljonen S., Huusko A., Mäki-Petäys A., Louhi P., Muotka T., 2013, Assessing habitat suitability for juvenile Atlantic salmon in relation to in-stream restoration and discharge variability. *Restor. Ecol.* 21, 344–352.
- Körner C., Basler D., 2010, Phenology under global warming. *Science* 327, 1461–1462.
- Kuczynski L., Chevalier M., Laffaille P., Legrand M., Grenouillet G., 2017, Indirect effect of temperature on fish population abundances through phenological changes. *PLOS ONE* 12, e0175735.
- Lambert P., Jatteau P., Paumier A., Carry L., Drouineau H., 2018, Allis shad adopts an efficient spawning tactic to optimise offspring survival. *Environ. Biol. Fishes* 101, 315–326.
- Lassalle G., Rochard E., 2009, Impact of twenty-first century climate change on diadromous fish spread over Europe, North Africa and the Middle East. *Glob. Change Biol.* 15, 1072–1089.
- Lotze H.K., Lenihan H.S., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R.G., Kay M.C., Kidwell S.M., Kirby M.X., Peterson C.H., Jackson J.B., 2006, Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312, 1806–1809.
- Manhard C.V., Joyce J.E., Gharrett A.J., 2017, Evolution of phenology in a salmonid population: a potential adaptive response to climate change. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1–9.
- Miao C., Sun Q., Duan Q., Wang Y., 2016, Joint analysis of changes in temperature and precipitation on the Loess Plateau during the period 1961–2011. *Clim. Dyn.* 47, 3221–3234.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and human well-being*. Island Press Washington, DC.
- Nicolas D., Chaalali A., Drouineau H., Lobry J., Uriarte A., Borja A., Boët P., 2011, Impact of global warming on European tidal estuaries: some evidence of northward migration of estuarine fish species. *Reg. Environ. Change* 11, 639–649.
- Nohara D., Kitoh A., Hosaka M., Oki T., 2006, Impact of Climate Change on River Discharge Projected by Multimodel Ensemble. *J. Hydrometeorol.* 7, 1076–1089.
- Palmer M.A., Liermann C.A.R., Nilsson C., Flörke M., Alcamo J., Lake P.S., Bond N., 2008, Climate change and the world's river basins: anticipating management options. *Front. Ecol. Environ.* 6, 81–89.

- Parmesan C., 2006, Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 37, 637–669.
- Postel S., Richter B., 2003, *Rivers for life: managing water for people and nature*. Washington DC, Island Press.
- Schröter D., Cramer W., Leemans R., Prentice I.C., Araújo M.B., Arnell N.W., Bondeau A., Bugmann H., Carter T.R., Gracia C.A., Vega-Leinert A.C. de la, Erhard M., Ewert F., Glendining M., House J.I., Kankaanpää S., Klein R.J.T., Lavorel S., Lindner M., Metzger M.J., Meyer J., Mitchell T.D., Reginster I., Rounsevell M., Sabaté S., Sitch S., Smith B., Smith J., Smith P., Sykes M.T., Thonicke K., Thuiller W., Tuck G., Zaehle S., Zierl B., 2005, Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science* 310, 1333–1337.
- Stahl K., Hisdal H., Hannaford J., Tallaksen L., Van Lanen H., Sauquet E., Demuth S., Fendekova M., Jordar J., 2010, Streamflow trends in Europe: evidence from a dataset of near-natural catchments. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 14, 2367–2382.
- Thackeray S.J., Henrys P.A., Hemming D., Bell J.R., Botham M.S., Burthe S., Helaouet P., Johns D.G., Jones I.D., Leech D.I., Mackay E.B., Massimino D., Atkinson S., Bacon P.J., Brereton T.M., Carvalho L., Clutton-Brock T.H., Duck C., Edwards M., Elliott J.M., Hall S.J.G., Harrington R., Pearce-Higgins J.W., Høye T.T., Kruuk L.E.B., Pemberton J.M., Sparks T.H., Thompson P.M., White I., Winfield I.J., Wanless S., 2016, Phenological sensitivity to climate across taxa and trophic levels. *Nature* 535, 241–245.
- Trancart T., Acou A., Oliveira E.D., Feunteun E., 2013, Forecasting animal migration using SARIMAX: an efficient means of reducing silver eel mortality caused by turbines. *Endanger. Species Res.* 21, 181–190.
- van Vliet M.T.H., Franssen W.H.P., Yearsley J.R., Ludwig F., Haddeland I., Lettenmaier D.P., Kabat P., 2013, Global river discharge and water temperature under climate change. *Glob. Environ. Change* 23, 450–464.
- Visser M.E., 2008, Keeping up with a warming world; assessing the rate of adaptation to climate change. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 275, 649–659.
- Williams J.L., Jacquemyn H., Ochocki B.M., Brys R., Miller T.E.X., 2015, Life history evolution under climate change and its influence on the population dynamics of a long-lived plant. *J. Ecol.* 103, 798–808.
- Worm B., Barbier E.B., Beaumont N., Duffy J.E., Folke C., Halpern B.S., Jackson J.B.C., Lotze H.K., Micheli F., Palumbi S.R., Sala E., Selkoe K.A., Stachowicz J.J., Watson R., 2006, Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314, 787–790.