

Inclusion de la température de l'eau dans un modèle d'habitat du tacon de saumon atlantique

Joannie Beaupré, André St-Hilaire et Normand Bergeron

Institut National de la recherche Scientifique, Centre Eau Terre et Environnement (INRS-ETE)

L'augmentation anticipée de la température des cours d'eau liée aux changements climatiques et anthropiques constitue une menace pour l'intégrité des écosystèmes aquatiques[1]. Plusieurs espèces d'eau froide, telle que le saumon atlantique (*Salmo salar*), sont à risque de voir une partie de leurs habitats altérés par cet accroissement[2]. Malgré un effort accru pour la conservation de cette espèce, certaines populations sont dans un état précaire (e.g. Baie de Fundy, [3]). Les modèles biologiques sont des outils très intéressants pour optimiser la gestion de cette espèce en déterminant la qualité et la quantité d'habitats disponibles pour différents stades de vie [4]. Les modèles disponibles pour le saumon sont principalement basés sur des préférences associées aux variables d'habitat classiques, soit la profondeur de l'eau, la vitesse du courant et de la taille du substrat[5]. La température de l'eau n'est pas considérée pour déterminer la qualité d'habitat, si ce n'est que par des approximations à partir de température de l'air à l'échelle régionale[6]. Ce projet de maîtrise en cours à l'INRS-ETE a pour but d'effectuer la recherche nécessaire à l'inclusion de la thermie de l'eau dans un modèle généraliste de l'habitat du tacon.

La méthode classique par micro-habitats est une des plus utilisées pour générer un modèle biologique. Un Indice de Qualité d'Habitat (IQH) global est calculé par parcelle en fonction des absences et des présences ou des abondances des individus, considérant chaque variable séparément avant de les combiner dans le calcul de l'IQH. En multipliant la surface échantillonnée par l'IQH, on obtient une Aire Pondérée Utile (APU). L'APU permet d'estimer l'équivalent en m² potentiellement utilisable par l'espèce d'intérêt[7, 8]. Dans notre étude de cas, nous utilisons la logique floue plutôt que les méthodes classiques (moyenne géométrique, par exemple) pour obtenir les IQH globaux.

Le premier sous-objectif du projet était de développer un modèle d'habitat en utilisant la logique floue. Cette approche mathématique permet de codifier les connaissances d'experts[9], dans ce contexte-ci, de l'habitat des tacons dans les rivières de l'Est canadien. La première étape lors de la conception d'un modèle floue se nomme la fuzzification et consiste à questionner ces experts sur la température, la vitesse du courant, la profondeur et la taille du substrat ainsi que l'impact de ces variables sur la qualité de l'habitat des tacons. Les experts doivent décortiquer les variables en catégories à l'aide de gammes de valeurs plus ou moins précises [10]. Par exemple, lorsque l'on questionne l'expert sur la température, celui-ci pourrait affirmer: « Pour un tacon, je suis certain que de 0 à 8°C, la température est froide, que de 12 à 20°C, la température est moyenne et qu'à partir de 22°C la température est chaude ». Ainsi, les experts ciblent les intervalles de valeurs pour lesquelles ils sont certains de l'appartenance à une catégorie. Les intervalles incertains représentent la zone floue. Une valeur appartenant totalement à une catégorie selon l'expert, n'appartient aucunement à la catégorie voisine. Cette interdépendance permet de modéliser une valeur dans la zone floue en la faisant appartenir proportionnellement à deux catégories en même temps[9]. En plus de catégoriser la température et les variables classiques, les experts définissent entre 0 et 1, ce qu'est un mauvais, moyen ou un bon habitat. Une fois cette étape complétée, les experts doivent combiner les catégories de variables pour conclure la qualité de l'habitat. Une combinaison peut prendre la forme suivant : « SI le substrat

est petit, ET SI la vitesse est rapide, ET SI la profondeur est grande ET SI la température est moyenne, ALORS la qualité d'habitat est...soit bonne, moyenne ou pauvre ».

Le deuxième sous-objectif du projet était de valider si l'avis des experts concordait avec ce que l'on observe en rivière. Plusieurs sites ont été échantillonnés afin de comparer les densités de tacons pour des sections de rivière thermiquement contrastée. Les valeurs des autres variables d'habitat dans les sections comparées devaient être similaires pour tenter d'isoler l'effet de la température de l'eau. La température, la vitesse, la profondeur, la taille du substrat et les surfaces échantillonnées ont été mesurées afin de caractériser les sections. Une fois les données de terrain récoltées, il est possible de passer à la deuxième étape de la modélisation floue : la défuzzification. Cette opération permet d'obtenir un IQH numérique à partir des valeurs des variables mesurées pour une parcelle. Ainsi, il est possible de comparer les densités de tacons avec les IQH pour chaque section échantillonnée.

Il semble y avoir un consensus chez les experts voulant qu'une température fraîche offre une meilleure qualité d'habitat. Cependant, on a pu observer sur le terrain que les tacons semblent faire une sélection d'habitats thermiques entre 16 et 20°C et que lorsqu'ils ont le choix, ils évitent les zones particulièrement froides (<15°C) et les zones plus chaudes (>20,5). Cette observation concorde d'ailleurs avec les optimums thermiques d'alimentation pour cette espèce (15-19°C, [11-14]) . Le modèle a aussi été testé sur un autre jeu de données et celui-ci a pu expliquer jusqu'à 43% des densités de tacons avec seulement quatre variables.

L'utilisation de logique floue pour construire un modèle d'habitat comporte plusieurs avantages. Parmi celles-ci, on compte l'accès à de l'information autre que des données numérisées. En effet, l'interprétation de l'information par le cerveau humain est très riche [15] et la logique floue permet de formaliser numériquement cette connaissance tout en prenant en compte une partie de l'incertitude de celle-ci[16]. La logique floue permet d'intégrer facilement de l'avis de plusieurs experts provenant d'une vaste étendue géographique ce qui rend le modèle potentiellement exportable à différents cours d'eau. Avec un tel modèle, il serait possible d'obtenir des valeurs de qualité d'habitat des tacons pour différents cours d'eau sans nécessairement avoir à l'adapter localement. Ainsi, on réduit considérablement le temps et les coûts investis dans les travaux de terrain associés aux méthodes de modélisation d'habitat classique. Ce modèle d'habitat considère la température à l'échelle d'une section de rivière, ce qui implique qu'il serait possible de quantifier l'effet d'un refuge thermique sur l'habitat du saumon et ainsi mieux prendre en compte l'importance relative des petits tributaires ayant une température inférieure au tronçon principal. Cet aspect est non négligeable considérant que la gestion des rivières à saumon au Québec est généralement concentrée sur les tronçons principaux et les tributaires majeurs[17]. En conclusion, considérant l'augmentation fulgurante de l'information dans les bases de données sur la température de l'eau des rivières à saumons de l'Est canadien (e.g. réseau RivTemp : www.rivtemp.ca), cette variable ne peut être négligée davantage dans la modélisation de l'habitat de cette espèce.

Les objectifs pour les mois à venir sont dans un premier temps de récupérer des données de terrains récoltées sur différentes rivières de l'Est canadien par différents organismes pour évaluer les relations IQH-densité de tacons et ainsi, le potentiel d'exportation du modèle. Finalement, l'article scientifique et le mémoire pourront être complétés et soumis.

Références :

1. Isaak, D., et al., *Climate change effects on stream and river temperatures across the northwest US from 1980–2009 and implications for salmonid fishes*. *Climatic Change*, 2012. **113**(2): p. 499-524.
2. Jonsson, B. and N. Jonsson, *A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow*. *Journal of fish biology*, 2009. **75**(10): p. 2381-2447.
3. Trzcinski, M.K., et al., *Inner Bay of Fundy Atlantic salmon (*Salmo salar*) critical habitat case study*. *Science*, 2004. **2**: p. 4A2.
4. Ahmadi - Nedushan, B., et al., *A review of statistical methods for the evaluation of aquatic habitat suitability for instream flow assessment*. *River Research and Applications*, 2006. **22**(5): p. 503-523.
5. Armstrong, J., et al., *Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams*. *Fisheries research*, 2003. **62**(2): p. 143-170.
6. Caron, F., P.-M. Fontaine, and S.d.l.f.e.d.p.d.Q.D.d.l.f.e.d. habitats, *Seuil de conservation et cible de gestion pour les rivières à saumon (*Salmo salar*) du Québec*. 1999: [Québec]: Faune et parcs Québec.
7. Vadas Jr, R.L. and D.J. Orth, *Formulation of habitat suitability models for stream fish guilds: do the standard methods work?* *Transactions of the American Fisheries Society*, 2001. **130**(2): p. 217-235.
8. Leclerc, M., et al., *Modélisation de la dynamique de l'habitat des jeunes stades de saumon atlantique (*Salmo salar*) de la rivière Ashuapmushuan (Québec, Canada)*. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 1994(332): p. 11-32.
9. Jorde, K., et al. *Fuzzy based models for the evaluation of fish habitat quality and instream flow assessment*. in *Proceedings of the 2001 International Symposium on Environmental Hydraulics*. 2001.
10. Mocq, J., *Modélisation floue de l'habitat du saumon atlantique *Salmo salar**. 2013, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique.
11. Decola, J., *Water quality requirements for Atlantic salmon, USDI*. Federal Water Quality Administration, NE, Region, Boston, Mass, 1970.
12. Danie, D.S., J.G. Trial, and J.G. Stanley, *Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fish and invertebrates (North Atlantic)*. *Atlantic salmon*. 1984, Maine Univ., Orono (USA). Maine Cooperative Fishery Research Unit.
13. Elson, P., *High temperature and river ascent by Atlantic salmon*. ICES Anadromous and Catadromous Fish Comm., CM, 1969. **1000**: p. 12.
14. Elliott, J., *Tolerance and resistance to thermal stress in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar**. *Freshwater Biology*, 1991. **25**(1): p. 61-70.
15. Shepard, R.B., *Quantifying environmental impact assessments using fuzzy logic*. 2005: Springer Science & Business Media.
16. Zadeh, L.A., *Information and control*. *Fuzzy sets*, 1965. **8**(3): p. 338-353.
17. FQSA-DGR, *Développement de stratégies et de modalités de protection de l'habitat du saumon atlantique dans un contexte de gestion intégrée faune-forêt*. 2012. p. 142 pages.