

Résumé – LOT 4 - Utilisation de l'habitat hydraulique et thermique par les poissons

Les conclusions du groupe de travail Etude Thermie Rhône- Phase III soulignaient le besoin de prendre en compte conjointement la variabilité spatio-temporelle des conditions d'habitat et de température pour mieux comprendre les déterminismes de la structuration des communautés de poissons du Rhône. De ce constat sont nés les deux principaux objectifs du Lot 4 de l' Etude Thermie Rhône- Phase IV intitulé « utilisation de l'habitat hydraulique et thermique par les poissons » : (1) modéliser précisément en deux dimensions les variations spatio-temporelles des conditions d'habitat et de température du Rhône dans le secteur de Bugey et (2) analyser les réponses comportementales des poissons soumis à des variations simultanées et contrastées de disponibilité en habitat et de température. Cette étude très novatrice à l'échelle d'un fleuve vise à améliorer la compréhension de la dynamique de structuration des peuplements de poissons en apportant des connaissances éthologiques nouvelles, permettant de savoir si la sélection de l'habitat par les poissons peut être influencée par la température de l'eau et / ou les variations de débit.

Dans un premier temps, nous avons quantifié les choix (sélection) de positionnement des poissons (localisations) au sein du site d'étude (disponibilité), dans différentes configurations de débit, de température et de luminosité. Un second objectif visait plus particulièrement à décrire la répartition spatiale des individus (localisations), en fonction des variations environnementales. Un troisième objectif visait à analyser les déplacements des individus en supposant que lors des variations des conditions environnementales les déplacements (trajectoires) des poissons pouvaient se modifier significativement, et qu'il était possible de d'évaluer ces modifications à partir de nos enregistrements.

Nous avons étudié à deux échelles de temps et d'espace le comportement de trois espèces de poisson caractéristiques du peuplement piscicole actuel du Haut Rhône, le barbeau, le chevaine et le silure. Le comportement des poissons était déterminé grâce à l'enregistrement des localisations des poissons dans leur environnement, en utilisant un équipement de télémétrie acoustique (marques émettrices implantées dans les poissons ; hydrophones récepteurs positionnés dans l'eau) qui permettait d'enregistrer simultanément les positions de plusieurs dizaines de poissons avec une excellente précision de localisation. Une première expérimentation (2009) était mise en œuvre dans une station d'étude de presque 2 km au droit du CNPE de Bugey pour étudier l'effet de variations environnementales infra journalières sur le comportement des poissons. Un équipement de télémétrie acoustique fixe était déployé au sein de la station d'étude permettant une localisation des poissons toutes les 3 secondes pendant une période totale de 3 mois. Dans une seconde expérimentation (2010), analysant l'effet de variations environnementales hebdomadaires (voire saisonnières) sur les déplacements des poissons (estimation des domaines vitaux), le pas de temps retenu pour la localisation des poissons était de 1 semaine pendant une période totale de 9 mois. Une technique de télémétrie acoustique mobile (recherche active des poissons marqués) était utilisée sur l'ensemble du tronçon non court-circuité du Rhône entre Sault-Brenaz et Jons (35 km). Les conditions environnementales étaient parfaitement connues en tout point et à tout moment du suivi des poissons grâce à des enregistrements horaires du débit et de la température de l'eau du Rhône et grâce à un modèle hydrodynamique en 2D, étalonné et validé pour une large gamme de débit (simulations des conditions hydrodynamiques (2009 et 2010) et de la température de l'eau en (2009 uniquement).

Sélection de l'habitat

L'analyse des préférences d'habitat globales a montré que les barbeaux sélectionnent préférentiellement des vitesses faibles ($<0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) associées à des profondeurs faibles ($<0.8 \text{ m}$) à fort débit ($> 500 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) ou au contraire à des profondeurs très fortes ($>3.2 \text{ m}$) pour des débits faibles à moyens ($< 500 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$). Dans la gamme de température de l'eau du Rhône observée au cours de l'été 2009 (de 15°C à 24°C) ces préférences hydrauliques sont bien

marquées. Dans les veines d'eau échauffées à l'aval des rejets du CNPE, les profondeurs préférées sont comprises entre 1 m et 3 m pour une gamme de vitesses plus fortes (de 1.0 m.s^{-1} à 1.4 m.s^{-1}). Les barbeaux ne sélectionnent pas les températures supérieures à 25°C . Le substrat utilisé préférentiellement est le caillou, puis dans une moindre mesure le gravier et le bloc.

Les chevaines sélectionnent très fortement les profondeurs faibles ($<0.8 \text{ m}$) associées à des vitesses faibles ($<0.2 \text{ m.s}^{-1}$) dans toute la gamme de température de l'eau du Rhône observée au cours de l'été 2009 (de 15°C à 24°C). Dans le panache d'eau échauffée les chevaines sélectionnent des profondeurs ($<1.4 \text{ m}$) et des vitesses un peu plus importantes ($<0.8 \text{ m.s}^{-1}$). Ils sélectionnent des habitats profonds ($>3.2 \text{ m}$) uniquement à faible débit et leur spectre de préférences est sensiblement plus large lorsque le débit est stable. Les chevaines ne sélectionnent pas les températures supérieures à 23°C . Enfin aucun type de substrat ne semble être particulièrement sélectionné.

Les silures sélectionnent toujours des vitesses faibles à moyennes ($<0.8 \text{ m.s}^{-1}$) pour pratiquement toutes les classes de profondeur, et plus spécialement les faibles profondeurs à fort débit. La gamme de température sélectionnée des silures s'étale au delà de 23°C . Le substrat sélectionné est fin (sable) ou grossier (pierre et bloc).

Les préférences hydrauliques des trois espèces étudiées se caractérisent par des habitats plutôt lents ($<0.2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) et majoritairement peu profonds ($<0.8 \text{ m}$). Ce type d'habitat, d'autant plus sélectionné que le débit augmente, est utilisé plus de 20% du temps total de localisation pour chacune des trois espèces (barbeaux, 23%, chevaines, 40% et silures, 21%) alors qu'il ne représente que 4.3 % de la surface totale disponible à $300 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Dans le panache d'eau échauffée à l'aval des rejets du CNPE de Bugey les préférences hydrauliques des cyprinidés, majoritairement localisés hors du panache, évoluent vers des habitats plus profonds et plus rapides. L'analyse cartographique des simulations de disponibilité en habitat favorables obtenues à partir de nos modèles de préférences hydrauliques montre une décroissance de la quantité d'habitat favorable en fonction du débit pour les trois espèces. L'habitat favorable ainsi défini est uniquement disponible en berge. Des habitats favorables sont disponibles en rive droite pour les deux espèces de cyprinidés, mais ces habitats sont peu utilisés, sans doute à cause de la température de l'eau échauffée.

Il est important de souligner qu'il existe une variabilité interindividuelle des préférences hydrauliques et thermiques très forte pour les barbeaux, assez forte pour les silures (sauf pour la vitesse de courant) et faible pour les chevaines.

Répartition spatiale

Les barbeaux sont majoritairement localisés en rive gauche (non échauffée), avec un faible chevauchement des habitats utilisés individuellement, et dans une moindre mesure en rive droite en amont du rejet 4-5, dans la confluence du rejet 2-3 et enfin autour du banc de galet. Les barbeaux étaient localisés 7% du temps dans l'eau échauffée, avec des durées d'utilisation des habitats très courtes et très peu nombreuses pour chaque individu. Les habitats utilisés conjointement par plusieurs barbeaux sont peu nombreux (banc de galets et la confluence du rejet 2-3) et recensés le jour uniquement. La nuit les barbeaux utilisent des habitats nettement moins chevauchants.

Les chevaines sont fortement inféodés à la rive gauche, avec quelques habitats utilisés le jour et la nuit en rive droite (surtout en aval du rejet 4-5). Les chevaines étaient localisés 4% du temps dans l'eau échauffée, avec des durées d'utilisation des habitats très courtes et très peu nombreuses pour chaque individu. Le chevauchement des habitats utilisés est très fort, principalement le jour et lors des changements de luminosité (aurore / crépuscule).

Les silures sont plus densément localisés en rive droite, principalement à l'aval du rejet 4-5 et au niveau de la confluence du rejet 2-3, mais également en rive gauche. Les silures étaient localisés 53% du temps dans l'eau échauffée. Les localisations des silures semblent plus

concentrées que celles des deux autres espèces, suggérant une mobilité moindre, et sont faiblement chevauchantes.

Les individus des trois espèces n'utilisent pas des habitats différents en fonction des variations de débit. En revanche il semble que lorsque le débit demeure stable il y ait plus de localisations éparpillées (mouvements), et notamment dans le chenal. Selon les espèces et les individus c'est plutôt lorsque le débit monte (barbeau, chevaine, silure) ou descend (chevaine) que les localisations sont les plus regroupées (immobiles).

Les barbeaux et les silures semblent beaucoup moins grégaires dans notre site d'étude que la chevaine. Les habitats utilisés par les barbeaux sont assez indépendants de ceux utilisés par les silures (un peu de chevauchement le jour), alors que ceux des chevaines sont assez chevauchants avec les habitats utilisés par les silures le jour et la nuit.

Déplacements et trajectoires

Les barbeaux sont plus immobiles le jour (56%) alors que pendant les trois autres phases les proportions de localisations immobiles ou en mouvement sont comparables. Les chevaines sont plus en mouvement à l'aurore (67%) et le jour (61%) et plus immobiles la nuit (65%). Les silures sont plus immobiles le jour (68%) et sont plus en mouvement la nuit (57%).

Pendant les phases de changement de débit, seuls les barbeaux sont plus souvent localisés en mouvement, pendant les montées de débit (surtout les plus importantes).

Le passage des gouttes froides ne modifient pas les proportions de localisations immobiles ou en mouvement observées pour l'ensemble du suivi.

L'analyse de l'orientation des déplacements entre deux localisations montre que les individus se déplacent soit de manière homogène dans les 4 directions principales (surtout les barbeaux) soit principalement dans le sens longitudinal (surtout chevaines et quelques silures). Il faut souligner une forte variabilité interindividuelle dans la direction des déplacements.

Les barbeaux se déplacent individuellement de 0 à 300 m en 10 min. Les déplacements médians par individu varient de 21 à 58 m à l'aurore, de 28 à 40 m le jour, de 28 à 62 m au crépuscule et de 13 à 46 m la nuit. Les barbeaux ne montrent globalement pas de différence de distance parcourue entre les différentes phases de débit.

Les chevaines se déplacent individuellement de 0 à 250 m en 10 min. Les déplacements médians par individu varient de 32 à 90 m à l'aurore, de 29 à 76 m le jour, de 18 à 83 m au crépuscule et de 19 à 38 m la nuit. Les chevaines se déplacent moins la nuit (toutes les médianes individuelles sont inférieures à 50 m / 10 min). Les déplacements médians les plus élevés s'observent à l'aurore et au crépuscule. Il ne semble pas y avoir de lien entre la taille des individus et leurs déplacements médians par phase nyctémérale. Enfin, les chevaines ont tendance à se déplacer un peu moins lorsque le débit baisse.

Les silures se déplacent individuellement de 0 à 300 m en 10 min. Les déplacements médians par individu varient de 11 à 75 m à l'aurore, de 6 à 57 m le jour, de 5 à 52 m au crépuscule et de 3 à 94 m la nuit. Globalement les silures se déplacent moins le jour et plus la nuit. Enfin, les silures ont tendance à se déplacer moins quand le débit monte et plus quand le débit baisse.

A l'échelle du tronçon de 35 km, les premiers résultats obtenus avec l'analyse exploratoire des données de 2010, montrent que la température de l'eau et le débit sont, pour les trois espèces, des facteurs qui régulent les déplacements individuels. Il semble qu'en dessous de 10°C très peu de déplacements sont effectués par les trois espèces. Entre 10°C et 17°C les cyprinidés (barbeaux et chevaines) effectuent leurs plus longs déplacements, et c'est au delà de 17°C que les silures se déplacent le plus. Les silures se déplacent moins que les barbeaux et que les chevaines. L'influence du débit est plus difficile à mettre en évidence, mais les premiers résultats obtenus montrent que les augmentations ou diminutions du débit moyen hebdomadaire peuvent influencer les distances parcourues lors des déplacements, mais toujours en fonction de la température de l'eau.

L'analyse descriptive des trajectoires individuelles lors des montées et descentes de débit ne permet pas de détecter un comportement particulier suggérant une réponse de type spécifique et systématique aux modifications de débit (e.g. échappement vers les berges lors des montées de débit)

Soulignons enfin qu'un effort particulier a été fait pour développer des outils de visualisation des déplacements des poissons dans le site d'étude, avec les chronogrammes des profondeurs, des vitesses et des températures utilisées à chaque localisation (pour 2009), et avec une indication du débit et de la température de l'eau en amont du site d'étude.

Conclusions

Les deux expérimentations de télémétrie acoustique mises en œuvre ont confirmé que seul ce type d'échantillonnage était adapté aux questions posées concernant l'analyse des comportements individuels des poissons dans un fleuve, et que cette technique peut être utilisée dans le Rhône.

Les simulations très précises des conditions hydrodynamiques et thermiques, compatibles avec les échelles spatiales et temporelles de localisation des poissons dans leur milieu, ont permis l'acquisition de données uniques, grâce à la connaissance de la disponibilité en habitat, pour l'analyse du comportement en comparaison avec les études classiques de télémétrie.

Les variations de débit liées à la production hydroélectrique ne semblent pas influencer instantanément le comportement des poissons étudiés. Ceux-ci sélectionnent très fortement les habitats lents et peu profonds. Or ces habitats à faible vitesse disparaissent très vite au delà de $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ce qui impose aux différents individus de rester en berge la plupart du temps. L'effet des variations artificielles de débit est sans doute de contraindre les individus à se maintenir dans les habitats les moins rapides. Cette contrainte semble cependant modifier essentiellement les comportements des barbeaux. Ceux-ci semblent en effet moins grégaires que dans d'autres sites d'études (Ain, RCCs) et utilisent des habitats moins lotiques, pourtant disponibles.

Les cyprinidés étudiés en été 2009 (barbeaux et chevaines) utilisent très peu les habitats dont la température est échauffée par les rejets d'eau chaude du CNPE. Ces individus ne sélectionnent pas les habitats dont la température de l'eau est supérieure à $25 \text{ }^\circ\text{C}$ pour les barbeaux et à $23 \text{ }^\circ\text{C}$ pour les chevaines. Le silure est plus thermophile, avec une sélection des températures de l'eau supérieure à $23 \text{ }^\circ\text{C}$, mais il ne semble pas se cantonner aux veines d'eau échauffées. Rappelons ici que l'emprise du panache d'eau chaude est d'autant plus forte, par rapport à la surface en eau, que le débit est bas.

Nous supposons que les préférences d'habitat des barbeaux sont difficilement transférables du fait d'un comportement assez différent des connaissances disponibles à propos de cette espèce. Pour les chevaines cela semble possible du fait de la cohérence avec les courbes de préférence déjà disponibles. Pour les silures, il n'existe pas de modèle de préférence déjà établi, mais ils sont sensibles aux forts débits, et de ce fait l'exportation vers des cours d'eau à plus faible gabarit, i.e. avec une disponibilité en habitat plus favorable, sera difficile.

Les variations infra-journalières de débit du Rhône dans le tronçon étudié ne semblent pas empêcher le comportement de migration des poissons adultes. Cela confirme l'exigence forte des poissons pour la connectivité entre différents types d'habitats (e.g. accès à des habitats de reproduction, d'abris...). Il faut maintenant caractériser les spécificités physiques et thermiques des habitats sélectionnés lors de ces longs déplacements, mais les seuils de température et les ordres de grandeur des domaines vitaux observés sont exportables, car les valeurs sont cohérentes avec certains résultats obtenus dans d'autres études.

Enfin, il est important de noter que la variabilité inter individuelle montrée par nos données est très forte et que tous les individus étudiés en 2009 et en 2010 sont des adultes (individus de plusieurs années) d'espèces bien implantées dans le Rhône à Bugey. Les individus suivis sont donc des individus qui connaissent bien leur environnement et en particulier les variations de débit ou la présence des veines d'eau échauffées.