

La distribution spatiale des peuplements de poissons dans les petits bassins versants

Restaurer la continuité écologique des cours d'eau est essentiel à la libre-circulation des poissons et à l'adaptation des espèces aux changements climatiques, afin d'assurer le bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Sur le bassin versant de l'Orgeval, les équipes scientifiques d'Irstea mettent en œuvre des expérimentations afin de dresser un diagnostic sur la fragmentation des petits cours d'eau et les effets qu'elle entraîne sur les peuplements de poissons.

L

'anthropisation des cours d'eau entraîne à la fois une dégradation voire une disparition des habitats aquatiques et globalement, une fragmentation de leurs réseaux hydrographiques par l'implantation d'obstacles physiques (barrages ou seuils) ou chimiques (rejets provo-

quant une discontinuité locale). La réduction et la fragmentation des habitats naturels ont un effet négatif sur les peuplements de poissons, en entravant notamment les possibilités de déplacements des espèces dont le cycle de vie dépend largement de processus migratoires. En rétablissant les connexions entre habitats, les mesures de restauration de la continuité écologique des réseaux hydrographiques visent à y remédier

Ce sujet, qui fait l'objet d'études scientifiques depuis une dizaine d'années, est particulièrement d'actualité pour les gestionnaires des milieux aquatiques depuis 2007, avec la mise en application des décisions du Grenelle, et notamment la création des schémas régionaux des continuités écologiques dits « trame verte et bleue » sur l'ensemble du territoire.

Dans les grands cours d'eau, les obstacles sont bien identifiés, tels que les barrages liés à l'aménagement pour la navigation, et les dispositifs techniques pour rétablir la continuité écologique sont bien maîtrisés. En revanche, cette problématique est beaucoup moins avancée dans les petits bassins versants. C'est pourquoi, depuis 2007, les cours d'eau du bassin de l'Orgeval font l'objet d'expérimentations visant à dresser un diagnostic sur la fragmentation des petits cours d'eau et les effets qu'elle entraîne sur les peuplements de poissons.

Le peuplement de poissons de l'Orgeval sera, dans une première partie, placé dans le contexte du bassin de la Seine, puis les caractéristiques physiques du bassin seront présentées et seront mises en relation avec le peuplement de poissons.

Le peuplement de poissons de l'Orgeval dans le bassin de la Seine

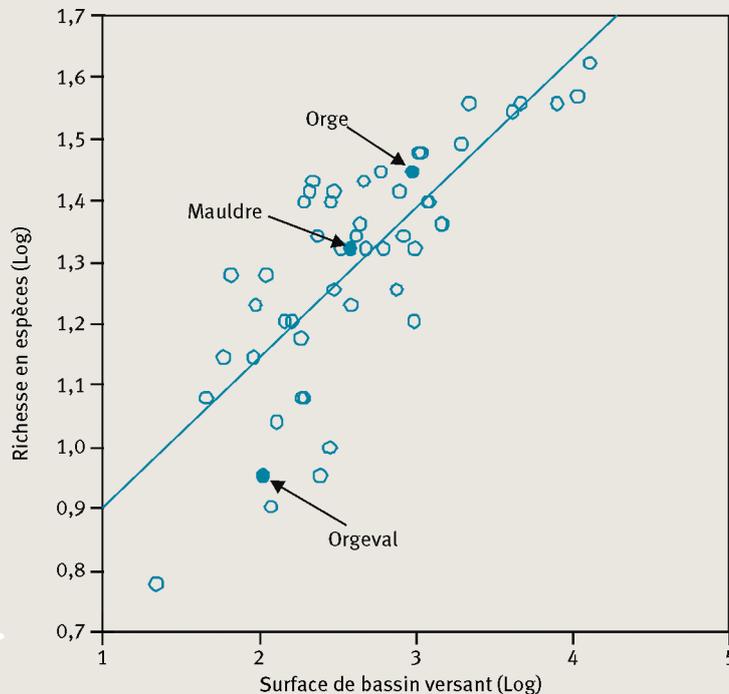
Les peuplements piscicoles des bassins versants sont caractérisés à partir de données d'échantillonnage par pêches à l'électricité. Le bassin versant de l'Orgeval est représentatif des cours d'eau situés en zone rurale à dominante agricole (2 % d'urbanisation). De par sa taille modeste (106 km²), il héberge 13 espèces (4 espèces majoritaires à abondance relative > 1 %). Replacé dans le contexte du bassin de la Seine, l'Orgeval, abrite un nombre d'espèces assez sensiblement inférieur à la situation moyenne alors que, par exemple, deux bassins aux caractéristiques morphologiques équivalentes mais à dominante urbaine, la Mauldre (22 % d'urbanisation) et l'Orge (29 % d'urbanisation), présentent des richesses en espèces très légèrement supérieures à la tendance moyenne ; respectivement 21 (8 espèces majoritaires) et 28 espèces (figure 1).

L'examen des listes faunistiques propres à ces trois bassins permet de dégager deux tendances marquantes. Parmi les espèces caractéristiques des parties apicales des cours d'eau, deux espèces d'accompagnement de la truite, le vairon et le chabot, sont bien implantées sur le bassin rural de l'Orgeval alors qu'elles sont beaucoup

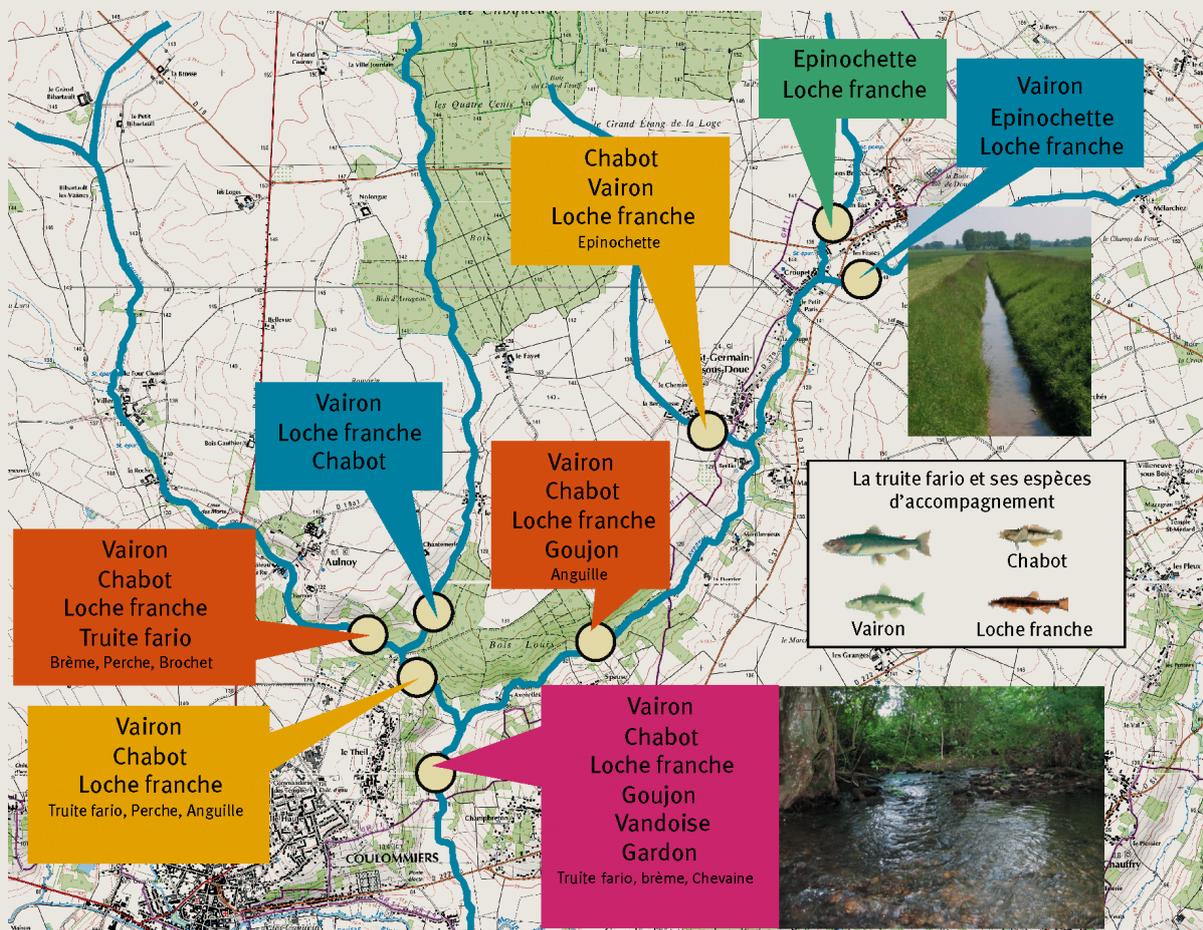
moins représentées sur les autres bassins touchés par l'urbanisation et quasi absentes dans les captures réalisées sur le bassin de la Mauldre et l'Yvette (portion la plus urbanisée du bassin versant de l'Orge). Dans le même temps, l'implantation des espèces d'eau calme comme la perche, le gardon, le rotengle ou la bouvière est favorisée dans les bassins urbains en lien avec les aménagements qui entraînent le ralentissement des écoulements et l'augmentation des habitats profonds. Dans le cas de ces petits bassins versants, l'anthropisation entraîne donc une augmentation du nombre d'espèces et une modification de la composition des peuplements, avec généralement une augmentation des espèces d'eaux calmes, en lien avec le ralentissement des écoulements.

La dizaine d'espèces recensées dans les cours d'eau de l'Orgeval se structure spatialement à l'intérieur du bassin, en relation directe avec la taille des cours d'eau (figure 2). Dans les parties amont, trois à quatre espèces seulement sont observées, le vairon, la loche franche, l'épinochette et le chabot. Les trois premières espèces citées peuplent notamment des secteurs de cours d'eau ayant fait l'objet de recalibrage, au milieu de parcelles cultivées. Du fait de cette altération morphologique, influençant la granulométrie, ces secteurs ne sont en revanche pas propices à l'installation du chabot.

❶ Relation entre le nombre d'espèces capturées et la surface de bassin versant pour un ensemble de 51 bassins appartenant au bassin de la Seine.



❷ Répartition des espèces de poissons dans les cours d'eau du bassin de l'Orgeval ; en gras les espèces majoritaires.



► En allant vers l'aval, le nombre d'espèces observées augmente. La truite fario apparaît ainsi que l'ensemble de ses espèces d'accompagnement, constituant le peuplement typique pour ce type de cours d'eau. Enfin, juste avant la confluence avec le Petit Morin, le peuplement s'enrichit essentiellement en cyprinidés. On note la présence de l'anguille, avec une colonisation par l'aval de cette partie du bassin.

Caractéristiques physiques des cours d'eau du bassin de l'Orgeval

Compte tenu des objectifs des études menées sur le bassin de l'Orgeval, il est nécessaire de comprendre comment certaines discontinuités du réseau hydrographique sont susceptibles de fragmenter les habitats disponibles pour les poissons. Il faut donc connaître à la fois :

- la structure spatiale des habitats en place dans les réseaux hydrographiques (les mosaïques d'habitats),
- la localisation et la nature des discontinuités (physiques et/ou chimiques) qui peuvent altérer la continuité longitudinale des cours d'eau pour les poissons.

Structure spatiale des habitats aquatiques

Les caractéristiques physiques des cours d'eau du bassin de l'Orgeval ont été déterminées, lors d'un recensement direct sur le terrain, effectué en 2008, par prospection à pied de l'intégralité du réseau hydrographique. Les discontinuités et les habitats jalonnant le profil longitudinal ont ainsi été notés et localisés à l'aide d'un GPS (1 265 points GPS pour tout le réseau hydrographique). Les habitats retenus correspondent à des faciès hydrogéomorphologiques homogènes (seuil, radier, mouille, plats) (Malavoi et Souchon, 2002) auxquels s'ajoutent les embâcles qui constituent des abris ou des refuges, souvent très importants pour les espèces de poissons. Les différents faciès et habitats inventoriés au sein des linéaires de cours d'eau représentent environ 7,7 hectares de surface en eau pour 33 km de cours d'eau prospectés (tableau 1).

Les données collectées font apparaître une majorité de faciès lenticques (82,4 %) avec une dominance des plats lents, en partie liée aux effets de retenue générés par des obstacles physiques (tableau 1). Les mouilles, seuils et radiers constituent les habitats privilégiés des poissons de cette zone : truite, chabot, loche franche, vairon. Les zones recalibrées, principalement des fossés agricoles situés dans les zones les plus amont du bassin, représentent un linéaire non négligeable (près de 5 %), conformément à l'occupation des sols de ce bassin, essentiellement agricole.

À partir de ces relevés de terrain, l'hétérogénéité locale des habitats a été calculée à l'aide d'une méthode d'analyse cartographique en fenêtre glissante implémentée à l'aide du logiciel Chloé 3.1 (encadré 1). L'hétérogénéité est d'autant plus forte que les faciès sont nombreux dans un rayon de 60 m autour de chaque point du cours d'eau.

Etude des discontinuités

Les discontinuités relevées sur le terrain sont de nature physique : seuils et chutes naturels ou artificiels ; ouvrage de moulin ou d'étang : vannage, déversoir ; ainsi que les buses de ponts et les gués (figure 2) ou chimique. On dénombre parmi l'ensemble des discontinuités physiques inventoriées, une centaine d'obstacles physiques constituant une obstruction plus ou moins permanente au passage des poissons. À part la truite fario, capable (selon sa taille) de franchir assez aisément par saut des obstacles jusqu'à environ 50 cm de hauteur de chute, les autres espèces d'accompagnement ont des capacités de nage faibles et avancent par bonds (Tudorache *et al.*, 2008) ; elles peuvent difficilement franchir des obstacles supérieurs à 25 cm, les seuils aux pentes faibles étant à privilégier par rapport aux chutes.

Le dénivelé observé des obstacles est compris entre 10 cm et 250 cm ; sachant qu'ils sont considérés comme infranchissables par les truites fario au dessus de 140 cm, et par les autres espèces du bassin au dessus de 70 cm. Peu d'obstacles sont présents sur les parties les plus amont des différents axes et un tiers est

1 Proportion des divers faciès hydro-géomorphologiques et des embâcles sur les cours d'eau du bassin de l'Orgeval.

	Type de faciès	Proportion (en surface)	Total
Faciès lenticques	Mouille	4,0 %	82,4 %
	Plat lent	73,2 %	
	Zone recalibrée	4,9 %	
	Embâcle	0,3 %	
Faciès lotiques	Plat courant	5,1 %	17,6 %
	Radier	8,7 %	
	Seuil	3,8 %	

❸ Photos de différents types de discontinuités rencontrées dans les cours d'eau du bassin de l'Orgeval :
1) embâcle ; 2) vannage ; 3) rejet ; 4) pont seuil et chute ; 5) buse ; 6) seuil construit.



© /Istea

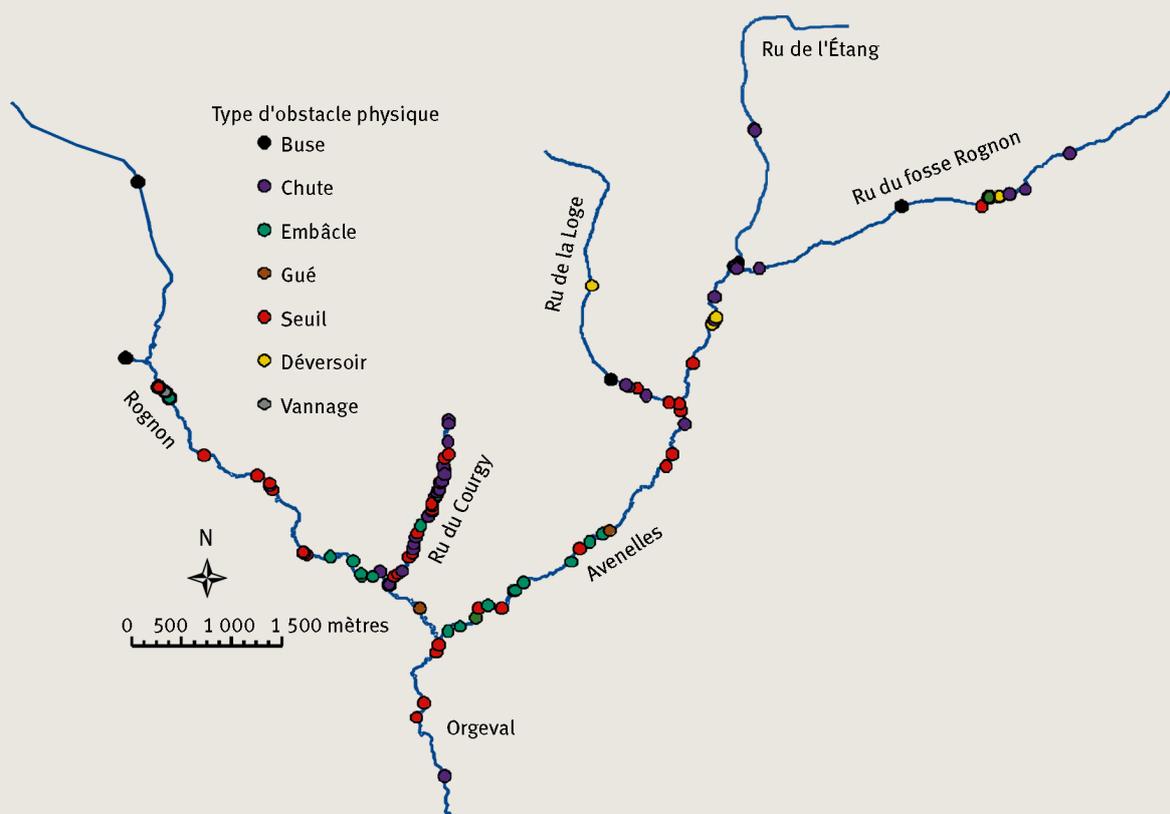
1	2
3	4
5	6



localisé sur le ru de Courgy (figure ❹). Les obstacles de type embâcle sont essentiellement localisés sur deux secteurs du Rognon et des Avenelles et correspondent à des zones forestières touchées par la tempête de 1999. L'état actuel contraste avec la situation représentée au dix-huitième siècle, sur la carte de Cassini. Cinquante-deux étangs au fil de l'eau étaient présents essentiellement dans les parties très amont du bassin, en particulier sur le ru de l'Étang, de la Loge et le Rognon, ainsi que sur la partie amont du ru de Courgy. Certaines localisations actuelles de déversoirs ou de chutes correspondent aux emplacements historiques de moulins ou à d'anciennes digues d'étangs. Les discontinuités chimiques (rejets domestiques ou effluents d'élevage) ont été répertoriés mais ne font pas l'objet d'analyses dans le présent document.

À partir des données de hauteur des obstacles mesurées *in situ* (tableau ❷), il est possible de calculer un paramètre indicateur du taux de pression de ces obstacles sur les cours d'eau étudiés : le taux d'étagement. Il correspond au ratio entre la somme des hauteurs de chute artificielle et le dénivelé total du cours d'eau. Il permet d'évaluer par ailleurs le niveau de fragmentation et d'artificialisation du cours d'eau et, couplé au nombre d'obstacles, d'apprécier globalement leur impact potentiel, à la fois sur la continuité écologique et sur l'hydromorphologie. Sur les cours d'eau du bassin de l'Orgeval, le taux d'étagement moyen est de 23 % ; ce qui indique globalement un niveau assez faible de fragmentation et de dégradation physique des habitats. Quelques disparités intra-bassin existent cependant, le ru de Courgy étant à 100 % de taux d'étagement, du fait peut-être de l'existence de nombreux anciens étangs sur son

4 Localisation des obstacles physiques sur le bassin versant de l'Orgeval.



▶ linéaire. À titre de comparaison, le taux d'étagement du Grand-Morin (surface du bassin versant : 1200 km²) dans lequel conflue l'Orgeval est de 70 % (Syndicat mixte du Grand-Morin, 2011).

Effets des caractéristiques physiques des cours d'eau sur les peuplements de poissons

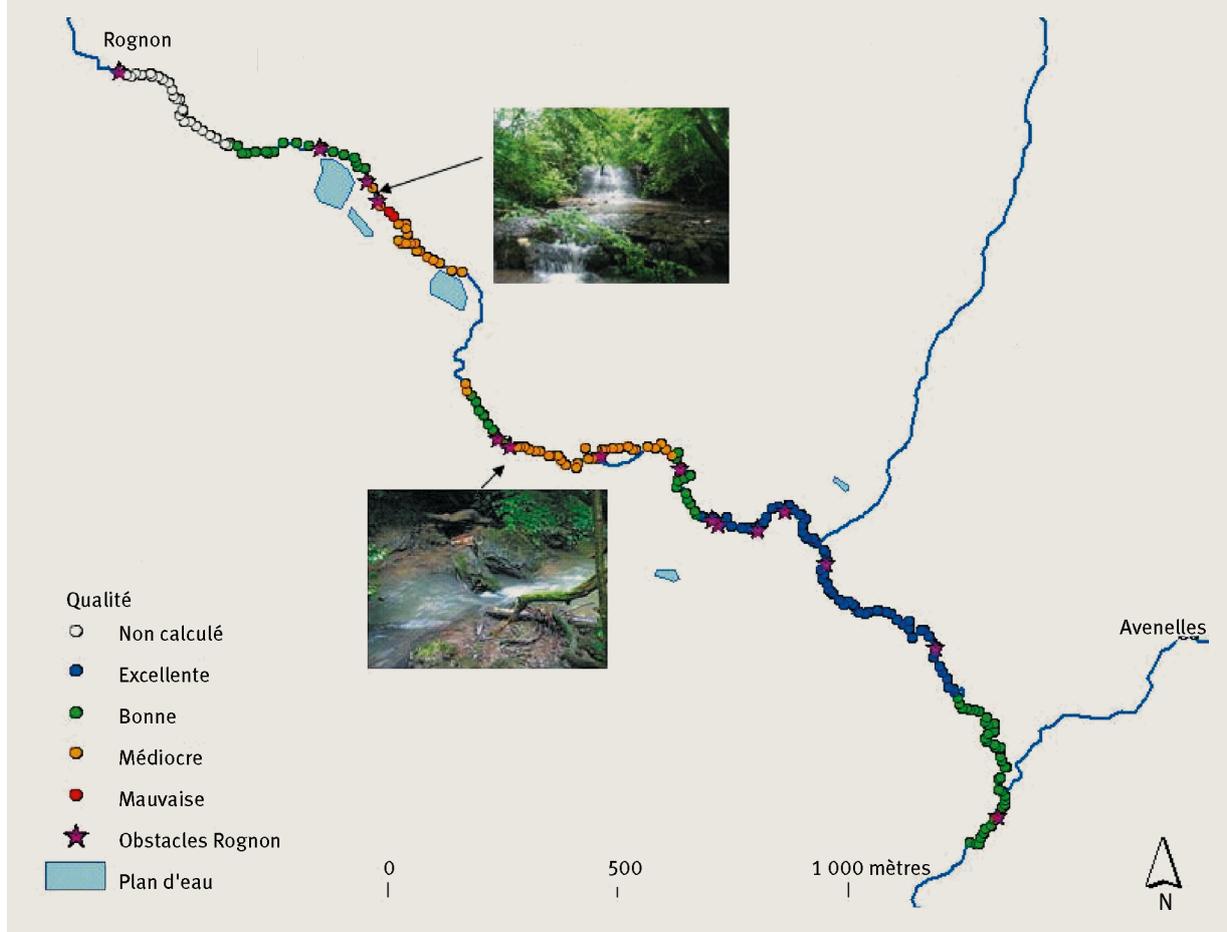
Les effets des caractéristiques physiques des cours d'eau, structure spatiale des habitats aquatiques et discontinuités physiques, sur les poissons sont abordés via deux

approches complémentaires : l'analyse du peuplement dans son ensemble à travers le calcul de l'indice poisson rivière (IPR) et l'analyse plus particulière de la réponse de certaines espèces à l'hétérogénéité de l'habitat et au cumul des obstacles physiques. Toutes deux utilisent les données d'échantillonnage ponctuel d'abondance (points de pêche EPA) obtenues par pêche électrique. Des pêches électriques ont été réalisées en 2007 (258 EPA) et 2009 (315 EPA) sur tous les cours d'eau du bassin versant, et en 2008 sur une portion du Rognon de 5 km de long (264 EPA).

2 Nombre et caractéristiques de hauteur des obstacles relevés sur les 33 km de linéaire prospecté du bassin versant de l'Orgeval.

Type d'obstacle	Nombre d'obstacles	Hauteur moyenne (cm)	Somme des hauteurs (cm)
Buse	4	16	65
Chute	38	25	946
Déversoir	7	21	150
Embâcle	16	19	149
Seuil	35	101	3026
Vannage	1	40	40
Gué	2	47	95
Rejet	43	–	–

5 Distribution longitudinale des valeurs de l'indice poissons rivière (IPR) sur le Rognon.



Évolution longitudinale des valeurs de l'indice poissons rivière (IPR)

Le calcul de l'indice poissons rivière (IPR) permet de diagnostiquer la qualité du cours d'eau vis-à-vis des peuplements de poissons (Belliard et Roset, 2006). Cet indice mesure l'écart entre une situation constatée pour un tronçon de cours d'eau échantillonné, et la situation de référence attendue, en l'absence d'intervention humaine. Les situations de référence ont été établies à partir de modèles statistiques reliant les caractéristiques environnementales des cours d'eau aux caractéristiques des peuplements en place sur 650 stations réparties sur la France métropolitaine et faiblement impactées par les activités humaines.

À partir des échantillonnages de poissons réalisés sur le Rognon en 2008, l'IPR a été calculé pour 30 points d'échantillonnage successifs, se décalant d'un point à chaque calcul (méthode des fenêtres glissantes, « somme mobile »), ce qui correspond à 235 échantillons reconstitués correspondant chacun à une surface échantillonnée d'environ 300 m².

La cartographie des variations longitudinales des valeurs d'indice indique que la qualité varie de *excellente* à *mauvaise* (figure 5). La majorité des points ayant une qualité *excellente*, sont répartis aux abords de la confluence avec le ru de Courgy, secteur où l'hétérogénéité de l'habitat est élevée. Les espèces présentes sur ce secteur sont celles attendues par le modèle de référence : truite

fario et ses espèces d'accompagnement. Les niveaux de qualité *médiocre* et *mauvaise* sont observés sur des secteurs situés à l'aval de certains obstacles physiques recensés, alors même que d'autres obstacles inventoriés ne semblent pas influencer négativement les valeurs d'indices. Les obstacles qui entraînent une dégradation du niveau de qualité correspondent aux secteurs aménagés lors de l'implantation d'étangs ou à l'aval de ceux-ci.

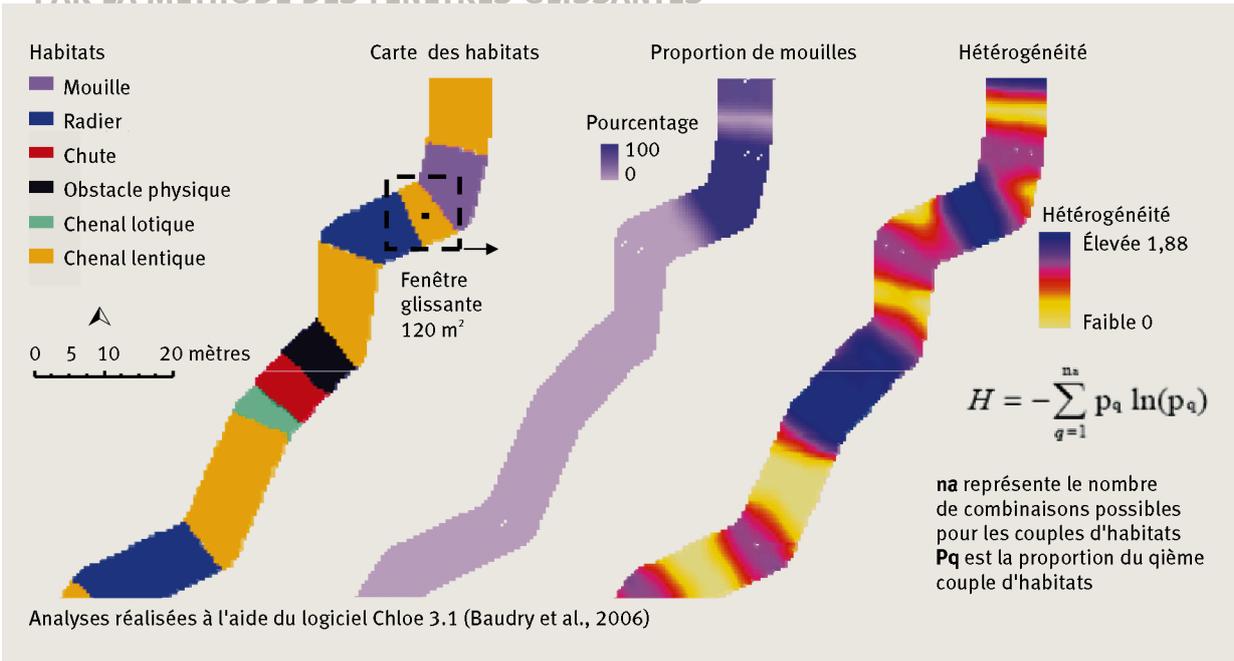
La dégradation de la qualité se traduit par une richesse spécifique observée supérieure à celle attendue dans ce type de cours d'eau. Cette richesse « anormalement » élevée est liée à la présence d'espèces omnivores inféodées aux étangs (gardon, perche commune, brème bordelière, brochet), qui ne devraient pas être capturées dans ce type de cours d'eau.

Ainsi, la présence de discontinuités physiques associées notamment à la présence de plans d'eau, génère des ruptures de la distribution spatiale de certaines espèces et modifie la structure longitudinale du peuplement de poissons, en le rendant non conforme à celui attendu pour les parties apicales des cours d'eau.

Effet de l'hétérogénéité des habitats sur la répartition des espèces

La carte d'hétérogénéité des faciès réalisée pour tous les cours d'eau de l'Orgeval (encadré 1) a été utilisée pour affecter aux points d'échantillonnages du peuplement de poisson une valeur d'hétérogénéité.

❶ EXEMPLE DE CALCUL DE L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DE L'HABITAT PAR LA MÉTHODE DES FENÊTRES GLISSANTES

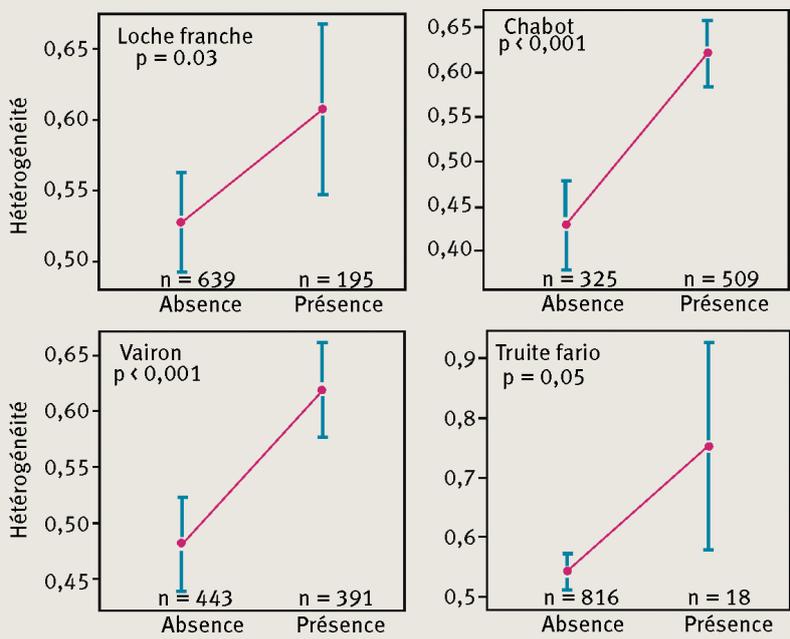


Les données de présence/absence des espèces en 2007, 2008 et 2009 servent à établir une relation avec les valeurs d'hétérogénéité via des modèles statistiques linéaires généralisés (GLM). Pour les quatre espèces testées, la truite, la loche franche, le chabot et le vairon, le modèle construit indique que la variable « hétérogénéité » explique significativement la présence/absence de l'espèce. Plus l'hétérogénéité est élevée, plus la probabilité de présence de l'espèce augmente (figure 6). Les truites sont, par exemple, dans les mouilles situées

à proximité des radiers (de l'ordre d'une dizaine de mètres) ; en lien avec l'utilisation des premières pour la fonction de refuge et d'abri et la fonction d'alimentation pour les seconds (Ovidio, 1999 ; Ovidio, Baras *et al.*, 2002). Cette influence de l'hétérogénéité confirme la nécessité de fournir plusieurs types d'habitats proches en fonction de la biologie de l'espèce.

Une illustration cartographique est donnée avec la présence/absence du chabot en 2008 sur un secteur du Rognon (figure 7). Sur ce secteur, la présence de deux

❷ Moyenne et intervalle de confiance à 95 % des valeurs d'hétérogénéité des habitats calculées pour les EPA selon la présence ou l'absence observée de chaque espèce. **p** indique le niveau de significativité de la variable dans le modèle GLM obtenu.



⑦ Hétérogénéité des habitats et densités de chabots sur un secteur du Rognon en 2008.
Le vannage en photo présente une hauteur de chute de 0,7 m et l'autre obstacle en photo cumule
une chute aval de 0,7 m et un seuil de 2,5 m.



obstacles physiques (seuil et vannage) est liée à l'existence d'étangs en bordure de cours d'eau. Ces obstacles génèrent en amont des effets « retenue », correspondant à des habitats homogènes, lents et profonds, avec une faible valeur d'hétérogénéité. À titre d'exemple, les deux obstacles de la figure ⑦ (hauteur cumulée de chute : 4 m) génèrent une retenue sur environ 400 m (sur ce linéaire, on aurait pu trouver une dizaine de mouilles et de radiers comme c'est le cas sur des tronçons naturels plus en aval). Ces milieux homogènes et lents sont peu propices à la présence du chabot qui affectionne les habitats peu profonds, courants et aux granulométries grossières de type radier.

Les obstacles physiques, selon leur hauteur, relèvent la ligne d'eau et suppriment l'alternance mouille et radier ; ils ont ainsi un effet d'homogénéisation des habitats aquatiques, impactant la présence longitudinale de certaines espèces d'eaux courantes.

Effet cumulé des obstacles physiques sur la répartition des espèces

L'effet cumulé des obstacles physiques a été testé en calculant pour chaque point de pêche (EPA) le nombre d'obstacles présents en aval et la hauteur de chute cumulée de ces obstacles. La présence de la truite fario, du chabot et de la loche franche est significativement liée à un faible nombre d'obstacles en aval et à une faible

hauteur de chute cumulée. Ces espèces sont donc sensibles à l'accumulation d'obstacles physiques sur le profil longitudinal. On peut noter aussi qu'à l'amont de l'obstacle seuil/chute, présenté figure ⑦ et totalisant une hauteur de chute de 3,2 m, aucun individu de truite fario n'a été échantillonné. Cet obstacle constitue la limite de colonisation amont des truites fario, qui se cantonnent aux habitats favorables situés en aval.

Conclusion

Les études menées sur le bassin de l'Orgeval indiquent que globalement les caractéristiques physiques de ses cours d'eau sont faiblement altérées, notamment du point de vue de la fragmentation et de l'hétérogénéité des habitats. D'ailleurs, la qualité des peuplements de poissons, évaluée à partir de l'indice poisson rivière sur le Rognon ou de l'analyse comparative avec des bassins plus urbains est plutôt bonne. Le peuplement caractéristique des cours d'eau du bassin est constitué par la truite et ses espèces d'accompagnement, auxquelles s'ajoutent d'autres espèces en particulier vers l'exutoire du bassin. Des disparités sont toutefois notables sur certains secteurs de cours d'eau, en lien avec la présence de discontinuités physiques ou d'altérations locales des habitats.

La présence de discontinuités physiques de hauteur de chute importante modifie la structure longitudinale du

► peuplement de poissons par deux effets principaux. L'effet « barrière » limite les mouvements des poissons vers l'amont, l'accumulation d'obstacles entraînant une disparition progressive des espèces, comme c'est le cas pour la truite fario. D'autre part, l'effet « retenue » homogénéise l'habitat sur le linéaire amont des obstacles et impacte la présence des espèces d'eaux courantes par une réduction de la quantité d'habitats favorables.

Dans certains secteurs, le peuplement observé est non conforme à celui attendu. Dans les parties apicales des cours d'eau, le recalibrage entraîne l'homogénéisation des habitats, néfaste aux petites espèces typiques de ces secteurs qui disparaissent alors au profit de l'épinochette. Plus en aval, la présence ponctuelle d'étangs alimente les cours d'eau en espèces atypiques d'eaux calmes, ce qui, en dépit de l'accroissement du nombre d'espèces, correspond à une altération du peuplement de poissons.

Ces conclusions peuvent servir de base à l'élaboration de mesures de restauration du bassin de l'Orgeval afin d'améliorer son état écologique. Plus largement, elles peuvent éclairer les gestionnaires pour les orientations à mettre en œuvre dans les petits bassins versants ruraux. ■

Les auteurs

Céline LE PICHON, Evelyne TALES, Jérôme BELLiard, Guillaume GORGES et Amandine ZAHM

Irstea, centre d'Antony, UR HBAN, Hydrosystèmes et bioprocédés, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony Cedex

✉ celine.lepichon@irstea.fr

✉ evelyne.tales@irstea.fr

✉ jerome.belliard@irstea.fr

✉ guillaume.gorges@irstea.fr

✉ amandine.zahm@irstea.fr

Fabienne CLÉMENT

Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, 195 rue Saint Jacques, 75005 Paris

✉ fabienne.clement@fondationbiodiversite.fr

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- 📄 **BAUDRY, J., BOUSSARD, H., et al.**, 2006, Chloé 3.1 : *Freeware of multi-scales analyses on ASCII raster files*, Rennes, INRA, SAD-Armorique.
- 📄 **BELLIARD, J., ROSET, N.**, 2006, *L'indice Poissons Rivière (IPR). Notice de présentation et d'utilisation*, Onema, 24 p.
- 📄 **MALAVOI, J.-R., SOUCHON, Y.**, 2002, Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques, *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, n° 365/366, p. 357-372.
- 📄 **OIDIO, M.**, 1999, Annual activity cycle of adult brown trout (*Salmo trutta* L.) : A radiotelemetry study in a small stream of the Belgian Ardenne, *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 352 : p. 1-18.
- 📄 **OIDIO, M., BARAS, E., et al.**, 2002, Seasonal variations of activity pattern of brown trout (*Salmo trutta*) in a small stream, as determined by radio-telemetry, *Hydrobiologia*, 470(1-3), p. 195-202.
- 📄 **TUDORACHE, C., VIAENE, P., BLUST, R., VERECKEN, H., DE BOECK, G.**, 2008, A comparison of swimming capacity and energy use in seven European freshwater fish species, *Ecology of Freshwater Fish*, 17(2), p. 284-291.

► Consulter l'ensemble des références sur le site de la revue www.set-revue.fr