

4 > Connectivité des cours d'eau

Silke Werth, Maria Alp, Julian Junker, Theresa Karpati, Denise Weibel, Armin Peter, Christoph Scheidegger

Les différents tronçons qui forment un cours d'eau font partie d'un tout et sont en interaction réciproque. Pour comprendre leurs interactions locales et régionales, il importe de disposer de connaissances sur la connectivité des milieux. Cette fiche décrit comment exploiter ces données dans le cadre des projets de revitalisation.

Connectivité des habitats

La connectivité désigne les processus d'échange et d'interaction qui s'opèrent entre les habitats aquatiques et/ou terrestres, p. ex. le transport d'eau, le charriage, l'énergie et les nutriments ainsi que le transport actif ou passif d'organismes. Nous considérons ici cette notion dans un sens plus étroit, concentré sur la propagation des organismes aquatiques, amphibiens et terrestres le long des cours d'eau. Nous distinguons en outre deux types de connectivité: la connectivité structurelle et la connectivité fonctionnelle. Les habitats sont interconnectés entre eux sur le plan structurel lorsque les organismes peuvent théoriquement se déplacer d'un biotope à un autre, notamment par des corridors, c'est-à-dire des structures paysagères étroites.

Ils sont considérés comme interconnectés sur le plan fonctionnel lorsque les organismes empruntent effectivement les corridors pour leurs déplacements et que l'on observe un flux génétique entre les populations. Les mesures de revitalisation visent à restaurer les fonctions naturelles des cours d'eau, et par là même leur interconnexion.

La connectivité longitudinale désigne les échanges entre l'amont et l'aval au sein d'un même bassin versant, ainsi qu'entre le cours d'eau principal et ses affluents (fig. 1, Uehlinger 2001). Les cours d'eau interconnectés longitudinalement assurent la diffusion de divers groupes d'organismes, la migration des poissons (p. ex. truite de lac, nase) et la dispersion de graines de plantes (p. ex. tamarin d'Allemagne). Ce type



Connectivité latérale avec les zones alluviales le long de l'Isar, à Moosburg (D).

Photo: Harald Matzke

d'interconnexion est également important pour les poissons qui ne migrent que sur de courtes distances (truite de rivière, chabot), ainsi que pour certains organismes aquatiques, amphibiens et terrestres, car le renouvellement des populations et le flux génétique entre les populations le long d'un cours d'eau et de ses affluents sont assurés. La connectivité longitudinale est donc essentielle pour le développement des populations et la survie de nombreux organismes.

La connectivité latérale désigne quant à elle les échanges entre le cours d'eau et les berges, les zones alluviales et les autres habitats terrestres, via les écotones (fig. 1). La connectivité latérale des cours d'eau avec les habitats terrestres des berges et les autres environnements est essentielle pour les amphibiens, les arthropodes et les insectes aquatiques, qui ont besoin de plusieurs habitats pour accomplir leur cycle de vie. Les réseaux trophiques terrestres et aquatiques sont par ailleurs interdépendants. L'interruption de la connectivité latérale a ainsi des conséquences négatives pour bon nombre d'organismes, pour les espèces prédatrices (oiseaux, poissons, invertébrés, etc.) comme pour les espèces qui se nourrissent des feuilles provenant de la végétation des berges (gammare, p. ex.).

Enfin, la connectivité verticale désigne les interactions entre le cours d'eau et sa zone hyporhéique, ainsi qu'entre le lit et les biocénoses aquatiques de pleine eau (fig. 1). La connectivité verticale est importante pour la préservation des eaux souterraines, ainsi que pour le développement de divers organismes, notamment des poissons et des invertébrés.

Flux génétique et modèles de populations

La connectivité influence le flux génétique entre les populations (fig. 2). Il y a flux génétique lorsque des individus se reproduisent au sein de la population qu'ils ont rejointe au terme de leur migration, contribuant ainsi au pool génétique (somme des génotypes). Dans bon nombre de cas, aucun flux génétique ne s'opère dans la mesure où les espèces repartent ou meurent avant qu'il n'y ait eu reproduction. Comme les espèces ont des capacités de propagation différentes et sélectionnent plus ou moins spécifiquement leur habitat, des modèles théoriques ont été développés pour classer les populations (tab. 1). Ces modèles ne sont pas figés et peuvent varier pour une même espèce. Certaines espèces forment ainsi des populations en interaction dans certaines zones de leur aire de répartition, tandis qu'ailleurs, elles constituent des effectifs isolés ou des métapopulations (p. ex. tamarin d'Allemagne).

Barrières

En Suisse, la connectivité des cours d'eau est entravée par des barrières naturelles ou anthropiques (Revitalisation de cours d'eau: vue d'ensemble). La mesure dans laquelle une structure constitue une barrière biologique dépend de l'espèce. Si un barrage de plusieurs mètres de haut peut être franchi sans

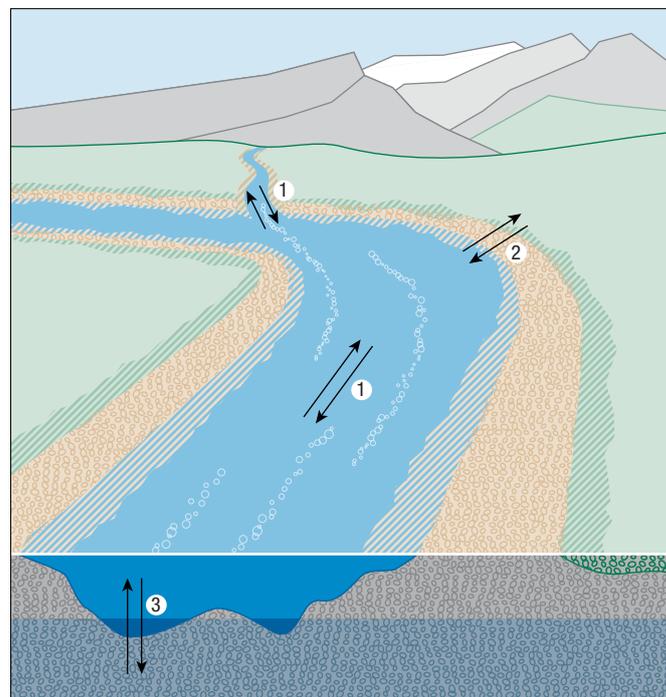


Fig. 1 La connectivité. 1: connectivité longitudinale entre les tronçons du cours d'eau principal et entre le cours d'eau principal et ses affluents; 2: connectivité latérale entre les écosystèmes terrestres et aquatiques; 3: connectivité verticale entre le fond du lit et la zone hyporhéique. Illustration d'après Malmqvist 2002

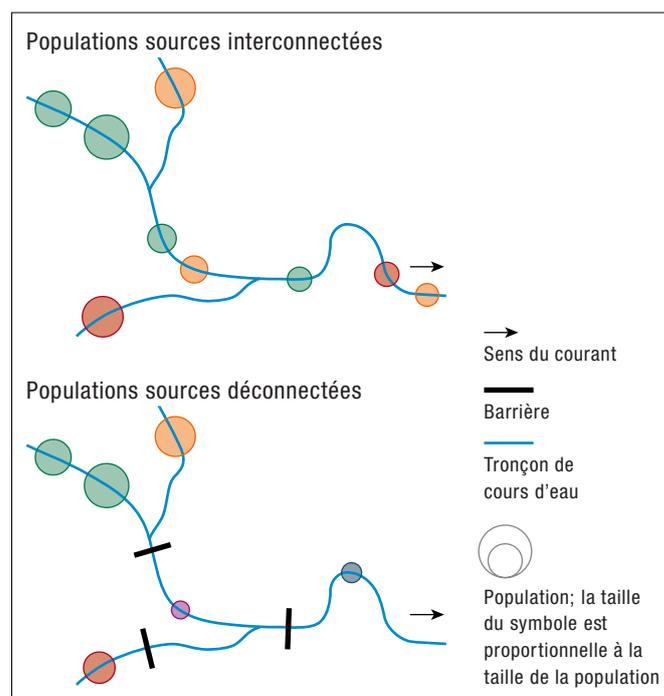


Fig. 2 Impact de la connectivité sur la taille et la composition génétique des populations locales chez un modèle source. Les effectifs ayant une différenciation génétique sont indiqués par des couleurs différentes. Illustration d'après Silke Werth

problème par les insectes aquatiques ailés à l'âge adulte, il constitue un obstacle à la migration de montaison des poissons et des invertébrés aquatiques non ailés tels que les gammarus et les bivalves (fiche 6 Franchissabilité des rampes en enrochements). Certains types de barrières entravent également la dérive vers l'aval, c'est-à-dire le transport passif d'organismes par l'eau. La dérive constitue un mode de propagation important pour le macrozoobenthos et influe sur la répartition des poissons. Après un épisode de crue, elle est responsable du peuplement de sites situés en aval et agit sur le développement et la structuration des biocénoses du macrozoobenthos. Des effets de barrière peuvent se manifester autrement que par des barrières physiques, par exemple en raison de situations particulières dans le cours d'eau (débit insuffisant ou courant important). Les barrages et les tronçons canalisés sans zones alluviales ni plages de graviers peuvent constituer des bar-

rières pour les organismes terrestres, et entraver leur propagation et leur flux génétique.

Distance et effet de diffusion

La distance entre les habitats constitue une barrière pour bon nombre d'espèces à dissémination limitée. Si elle n'est pas infranchissable, cette barrière n'en constitue pas moins un obstacle. Elle peut poser problème aux espèces endémiques qui peuplent des habitats rares. Le tamarin d'Allemagne est tributaire d'une mosaïque de bancs de graviers déposés par des crues à taux de retour différents et de certains stades de succession de la végétation. Or ce type d'habitat tend à se raréfier le long des cours d'eau modifiés par l'homme. Les mesures de revitalisation ne sont efficaces pour le tamarin d'Allemagne que si elles sont mises en œuvre à proximité des populations sources.

> Tableau 1

Modèles de populations pour les organismes terrestres et aquatiques des cours d'eau.

Illustrations: Tero *et al.* (2003) et Pollux *et al.* (2009)

Modèle	Illustration	Caractéristiques	Exemples	Priorité des mesures
Populations isolées		Les populations sont tellement isolées qu'il n'y a pas de flux génétique. Ce modèle de population vaut pour les espèces rares dont on ne relève pas d'effectifs au niveau des cours d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> > Tamarin d'Allemagne (<i>Myricaria germanica</i>) sur le Plateau suisse > Criquet des iscles (<i>Chorthippus pullus</i>) le long du Rhin antérieur > Truite de rivière (<i>Salmo trutta fario</i>) dans des affluents non reliés au cours d'eau principal 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conservation des espèces sur les sites où il en subsiste des effectifs 2. Repeuplement des habitats appropriés, uniquement s'ils subsistent et uniquement avec des organismes locaux
Populations spatialement structurées		Les individus des espèces appartenant à ce modèle se déplacent essentiellement entre des effectifs occupant des zones contiguës. On observe une structure génétique différente selon les tronçons.	<ul style="list-style-type: none"> > Gammarus (<i>Gammarus fossarum</i>) et chabot (<i>Cottus gobio</i>) le long de la Singine (BE/FR) > Peuplier noir (<i>Populus nigra</i>) sur le Plateau suisse 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Préservation et conservation des effectifs tout le long du cours d'eau 2. Amélioration de la connectivité longitudinale
Métapopulations		<p>Les métapopulations se caractérisent par la disparition d'anciens effectifs et la naissance de nouvelles populations (en haut). L'effectif des populations créées doit être supérieur à celui des populations perdues pour que l'espèce ne s'éteigne pas localement.</p> <p>Chez les espèces se propageant par l'eau, la dispersion peut s'effectuer davantage vers l'aval (en bas). Il convient alors de protéger les populations sources sur les cours supérieurs des cours d'eau.</p>	<ul style="list-style-type: none"> > Tamarin d'Allemagne (<i>Myricaria germanica</i>) le long du Rhin antérieur et du Rhin alpin (GR/SG) > Petite massette (<i>Typha minima</i>) dans le delta du Rhin > Chondrille faux préranthe (<i>Chondrilla chondrilloides</i>) > Criquet des iscles (<i>Chorthippus pullus</i>) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Préservation des plus grands effectifs possibles 2. Mise en œuvre de mesures de revitalisation à proximité des effectifs existants 3. Contrôle et, le cas échéant, amélioration de la connectivité longitudinale 4. Contrôle et, le cas échéant, amélioration de la dynamique du cours d'eau 5. Préservation et, le cas échéant, conservation des populations sources
Populations groupées		Les espèces appartenant à ce modèle se propagent facilement et peuvent s'établir sur des sites très éloignés de leur point de départ. Elles voient leurs effectifs augmenter si des mesures de revitalisation sont menées, y compris à une grande distance des effectifs existants.	<ul style="list-style-type: none"> > Saule pourpre (<i>Salix purpurea</i>) > Saule blanc (<i>Salix alba</i>) > Ephémère (<i>Baetis rhodani</i>) le long de la Singine (BE/FR) > Peuplier noir (<i>Populus nigra</i>) le long du Rhône (VS) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Préservation d'habitats intacts 2. Mise en œuvre de mesures d'amélioration de la qualité des habitats si celle-ci est insuffisante

On appelle effet de diffusion l'influence positive exercée par une zone de diffusion sur les eaux environnantes. Une zone de diffusion est un tronçon de cours d'eau abritant des biocénoses et/ou des populations sources qui colonisent les habitats contigus lorsque ceux-ci sont appropriés (fig. 2). Le trajet de dissémination des organismes est aussi appelé trajet de diffusion. Il est plus long dans les cours d'eau interconnectés, les organismes pouvant se déplacer sur de plus grandes distances.

Modification temporelle de la connectivité

La connectivité des cours d'eau peut se modifier en cours d'année en fonction du débit. En cas d'assèchement d'un tronçon p. ex., que ce soit de façon naturelle ou anthropique (irrigation ou production d'énergie), la connectivité n'est plus garantie pour les organismes aquatiques. Si cet épisode survient en période de dissémination des organismes aquatiques, il ne pourra pas y avoir création de nouvelles populations. Le développement des populations s'en trouvera donc entravé, surtout s'il s'agit de métapopulations. Dans un cas extrême, cela peut entraîner à long terme l'extinction d'une espèce dans un bassin versant.

Populations isolées

Les barrières ont une incidence sur le flux génétique des espèces aquatiques et terrestres. Lorsque le flux génétique est entravé sur plusieurs générations, les populations partielles se retrouvent isolées. Il peut en résulter un appauvrissement de la diversité génétique, notamment chez les espèces comptant de petites populations. Pour les grandes populations, il faut généralement attendre plusieurs générations avant qu'une différenciation génétique se produise ou que la diversité génétique diminue (Hartl et Clark 1997).

Espèces aquatiques le long de la Singine

Trois espèces aquatiques aux stratégies de propagation différentes ont été observées le long de la Singine (BE/FR) (fig. 3):

- > Ephémère (*Baetis rhodani*): à l'état larvaire, elle se propage comme le gammare; au stade adulte, l'insecte ailé peut voler et franchir les obstacles.
- > Gammare (*Gammarus fossarum*): crustacé qui parcourt de petites distances en rampant (montaison et avalaison) ou en se laissant dériver (avalaison).
- > Chabot (*Cottus gobio*): poisson qui nage activement mais qui ne peut franchir des obstacles de plus de 0,5 m de haut (p. ex. seuils artificiels).

Le flux génétique entre les populations du chabot ou du gammare est moindre qu'entre les populations de l'éphémère (fig. 4), qui constitue le long de la Singine une population homogène dont la propagation ne semble pas être entravée. Le flux génétique élevé entre ses populations reflète sa structure génétique (fig. 4, A).



Fig. 3 Espèces dont le profil génétique a été étudié. A1: larve d'éphémère (*Baetis rhodani*); A2: insecte adulte ailé (photos: Maria Alp); B: gammare (*Gammarus fossarum*; photo: Maria Alp); C: chabot (*Cottus gobio*; photo: Jeannette Gantenbein); D: criquet des iscles (*Chorthippus pullus*; photo: Theresa Karpati); E: tamarin d'Allemagne (*Myricaria germanica*; photo: Silke Werth)

Les barrières érigées au cours des cent dernières années le long de la Singine ont eu un impact sur la structure génétique des populations de chabots (fig. 4,B). Elles entravent surtout la montaison et induisent un appauvrissement génétique en amont des barrières ainsi qu'une différenciation des populations selon un gradient amont-aval.

L'impact des barrières ne semble pas notable chez le gammare, dont la structure génétique est davantage marquée par la distance géographique (fig. 4,C).

Le gammare et le chabot constituent le long de la Singine des populations spatialement structurées. La différenciation génétique de populations cohabitant à proximité les unes des autres est moindre que celle observée entre des populations plus éloignées, ce qui indique une faible capacité de propagation pour ces espèces.

Espèces terrestres le long de l'Isar

Deux espèces terrestres aux stratégies de propagation différentes ont été observées sur le cours supérieur de l'Isar, dans le sud de l'Allemagne (fig. 3):

- > Criquet des iscles (*Chorthippus pullus*): espèce animale menacée d'extinction en Suisse, à faible capacité de propagation (ailes courtes).
- > Tamarin d'Allemagne (*Myricaria germanica*): espèce végétale qui se développe sur des bancs de graviers et dans les zones alluviales le long des cours d'eau et qui est tributaire d'écosystèmes dynamiques. Elle se reproduit par semis naturel des graines, dispersées par le vent ou par l'eau. L'espèce est potentiellement menacée en Suisse.

Le lac de retenue de l'Isar et le lac d'accumulation de Sylvenstein entravent le flux génétique entre les populations de criquets des iscles vivant en amont et en aval des retenues (fig. 5).

Entre 1949 et 1990, le tronçon situé entre les deux lacs s'est retrouvé à sec chaque été en raison d'opérations de dérivation. Un flux génétique a pourtant été observé à cet endroit sur de longues distances, preuve que les faibles débits ont assuré la connectivité des sites terrestres et donc le mélange des populations de criquets des iscles.

Dans le cas du tamarin d'Allemagne, on observe une nette différenciation génétique des populations entre l'amont et l'aval des retenues (fig. 5). Celles-ci constituent en effet une barrière importante pour cette espèce, qui présente pourtant un fort potentiel de propagation (dispersion des graines par le vent et l'eau). Si le tronçon canalisé offre moins d'habitats adaptés pour le tamarin d'Allemagne, il n'entrave pas sa dispersion.

Amélioration de la connectivité

L'amélioration de la connectivité des habitats fluviaux passe par une restauration de la dynamique naturelle des débits et du régime de charriage des cours d'eau. Il importe notamment de ménager un plus grand espace le long des cours d'eau pour favoriser les processus naturels et garantir un charriage suffisant. Le régime de charriage peut notamment être amélioré par la suppression de barrières ou la mise en place d'autres mesures (fiche 1 Amélioration de la dynamique).

Le tableau 2 recense des mesures d'amélioration de la connectivité des cours d'eau. Lors de la planification des mesures de revitalisation, la distance par rapport aux populations sources des organismes cibles et la taille des populations doivent notamment être prises en compte. Les aires revitalisées ne pourront être repeuplées avec succès que si elles ne se situent pas au-delà de la distance de propagation maximale des populations cibles. A noter que les distances de propagation varient considérablement d'une espèce à l'autre (tab. 3).

> Tableau 2

Mesures d'amélioration de la connectivité

Objectif	Mesure	A prendre en compte	Espèces bénéficiaires
Connectivité longitudinale	Remplacement des ouvrages transversaux par des rampes en enrochements; revitalisation de tronçons; restauration de la connexion des affluents	Déclivité; interconnexion avec des tronçons naturels	> Poissons > Macrozoobenthos > Espèces vivant dans les zones alluviales et les bancs de gravier > Homme
Connectivité latérale	Restauration de l'état naturel des rives et des sites aquatiques proches des rives; suppression des aménagements; restauration des zones alluviales	Espace ménagé le long du cours d'eau	> Poissons > Macrozoobenthos > Espèces vivant dans les zones alluviales et les bancs de gravier > Homme
Connectivité verticale	«Ecoulement écologique» des eaux résiduelles; suppression des lits artificiels	Ecoulement dynamique; espace ménagé le long du cours d'eau	> Poissons > Macrozoobenthos > Plantes aquatiques > Ev. espèces typiques des zones humides

Recommandations pratiques

Il est possible d'améliorer la connectivité longitudinale dans le cadre de mesures de revitalisation en reliant les aires revitalisées à des tronçons naturels ou quasi-naturels de cours d'eau. Les ouvrages transversaux peuvent par ailleurs être remplacés par des rampes en enrochements afin de rétablir la migration des poissons et des autres organismes aquatiques sur certains tronçons (fiche 6 Franchissabilité des rampes en enrochements). L'interconnexion des affluents à un cours d'eau principal présentant une structure naturelle (fiche 5 Elargissement local des embouchures) est importante car elle permet d'accroître rapidement le nombre d'espèces aquatiques. Suite aux mesures de revitalisation réalisées au niveau de l'embouchure du Binnenkanal, au Liechtenstein (restauration de la connectivité du canal avec le Rhin alpin [GR/SG]), le nombre d'espèces de poissons est ainsi passé de 6 à 16.

Les revitalisations doivent par ailleurs viser la mise en réseau des zones alluviales. Les besoins en termes d'habitats doivent être pris en compte: au cours de leur cycle de vie, bon nombre d'espèces s'établissent sur différents habitats, généralement contigus. Les amphibiens p. ex. ont besoin de bras morts pour frayer et pour la croissance des juvéniles, mais s'établissent sur d'autres sites en dehors des périodes de reproduction. La rainette séjourne ainsi habituellement dans des zones buissonneuses après la ponte des œufs.

Il est possible d'améliorer la connectivité latérale en ménageant plus d'espace le long des cours d'eau, qui retrouvent

> Tableau 3

Distance maximale de propagation des différents groupes d'espèces (Werth *et al.* 2011)

Catégorie	Groupe d'espèces	Distance max.
Amphibiens	Grenouilles, crapands et sonneurs	1 à 4 km
Amphibiens	Tritons	0,5 à 1 km
Poissons	Cyprinidés	58 à 446 km
Poissons	Salmonidés	126 km
Insectes	Sauterelles	1 km
Insectes	Libellules	5 km
Mollusques	Escargots	10 km
Mollusques	Bivalves	0,9 à 3 km
Plantes	Plantes à fleurs	8 à 50 km

ainsi leur dynamique naturelle (fiche 1 Amélioration de la dynamique), et en restaurant l'état naturel des berges (p. ex. en supprimant les structures en béton et les aménagements latéraux). Les bancs de gravier et les forêts alluviales doivent également être restaurés. Au-delà de la zone dynamique du cours d'eau, la végétalisation des rives constitue une solution. Selon le site considéré, on peut envisager une mosaïque de surfaces cultivées de façon extensive et de surfaces végétalisées. La délimitation d'un espace suffisant le long du cours d'eau, avec une bande de rive non exploitée ou exploitée de

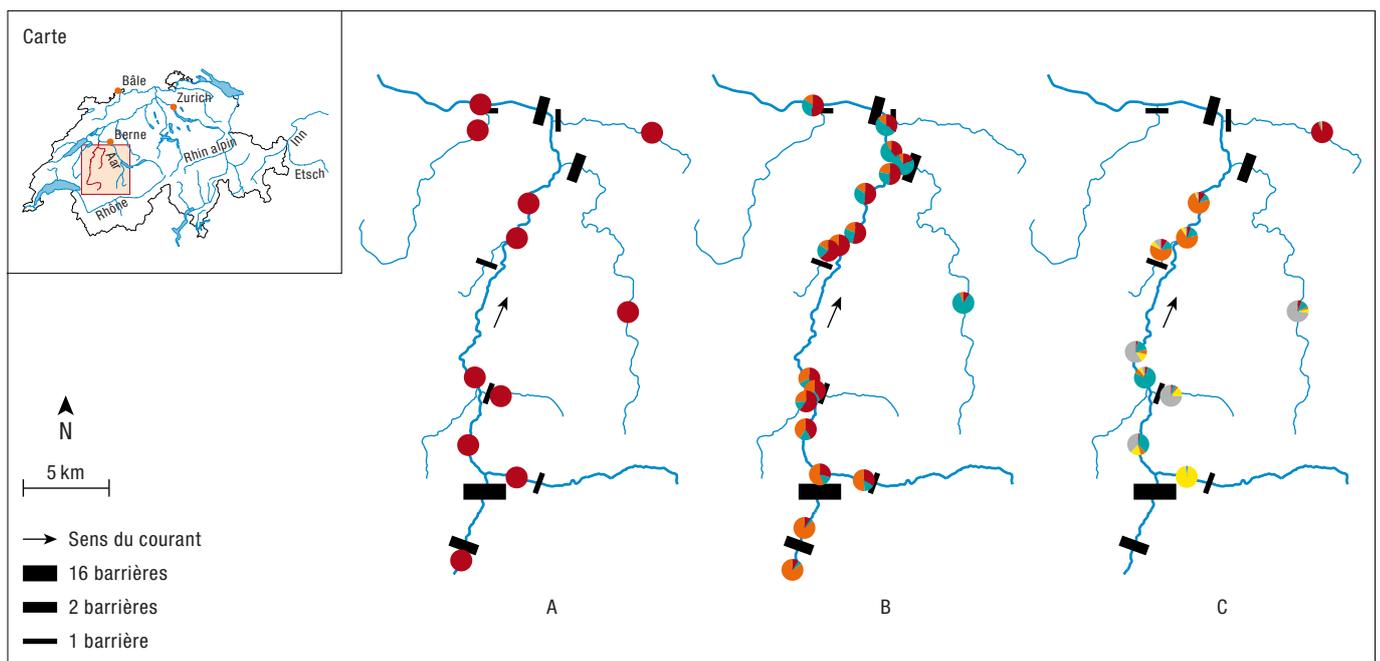


Fig. 4 Structure des populations des espèces aquatiques observées le long de la Singine (BE/FR). Les barrières sont représentées par des bâtons noirs. Les cercles de couleur indiquent les groupements génétiques des effectifs étudiés. A: éphémère, B: chabot, C: gammaré. Illustration d'après Sonia Angelone

façon extensive, permet p. ex. d'améliorer la connectivité entre les habitats aquatiques et terrestres.

Enfin, la connectivité verticale peut être améliorée par des mesures de restauration d'un régime de charriage naturel et de prévention du dépôt de sédiments fins sur le fond du lit, qui réduit la perméabilité de ce dernier et empêche les échanges avec la zone hyporhéique. Sur les cours d'eau dont le régime est modifié du fait de la présence d'une centrale hydroélectrique sur le cours supérieur et qui charrient donc une proportion trop élevée de sédiments fins, on pourra envisager le déclenchement de « crues artificielles ». Il faudra alors veiller – comme pour les cours d'eau naturels – à ce que le niveau d'eau monte et redescende lentement. Les cours d'eau dont le lit a été bétonné devront quant à eux être libérés de leur corset afin qu'il puissent à nouveau charrier des matériaux et qu'une connectivité verticale soit rétablie avec la zone hyporhéique. Ces mesures peuvent améliorer le régime hydrique entre les cours d'eau et les terres environnantes et contribuer à l'accroissement des effectifs d'espèces comme la truite de rivière, qui fraie dans les lits graveleux.

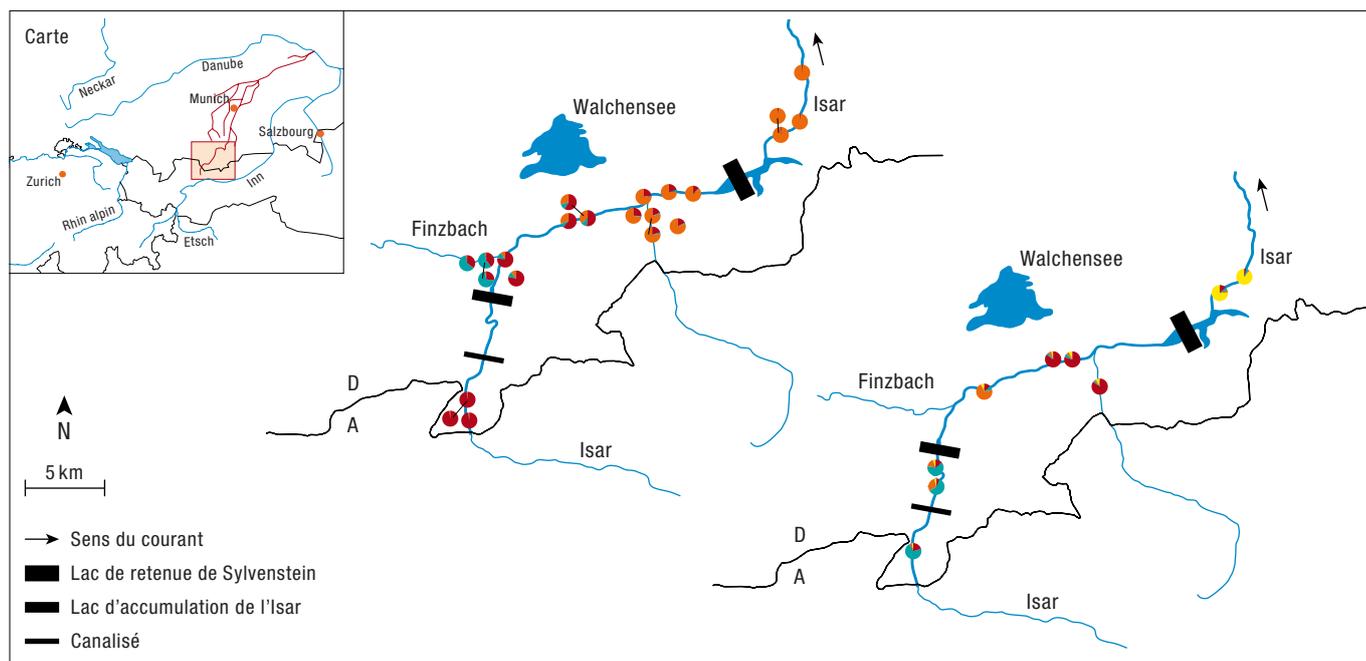


Fig. 5 Structure des populations des espèces terrestres observées le long de l'Isar, à la frontière entre l'Allemagne (D) et l'Autriche (A). Les barrières sont représentées par des bâtons noirs. Les cercles de couleur indiquent les groupements génétiques des effectifs étudiés. A gauche: criquet des iscles, à droite: tamarin d'Allemagne. Illustration d'après Sonia Angelone

Bibliographie

Benda, L., Poff, LN., Miller, D., Dunne, T., Reeves, G., Pess, G., Pollock, M., 2004: The Network Dynamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine Habitats. *BioScience* 54(4): p. 413–427.

Hartl, DL., Clark, AG., 1997: Principles of population genetics. Sinauer Associates, Sunderland.

Malmqvist, B., 2002: Aquatic invertebrates in riverine landscapes. *Freshwater Biology* 47: p. 679–694.

Pollux, BJA., Luteijn, A., Van Groenendael, JM., Ouborg, NJ., 2009: Gene flow and genetic structure of the aquatic macrophyte *Sparganium emersum* in a linear unidirectional river. *Freshwater Biology* 54: p. 64–76.

Tero, N., Aspi, J., Siikamäki, P., Jakalanemi, A., Tuomi, J., 2003: Genetic structure and gene flow in a metapopulation of an endangered plant species, *Silene tatarica*. *Molecular Ecology* 12: p. 2073–2085.

Uehlinger, U., 2001: Du tronçon de cours d'eau au bassin hydrographique. L'importance écologique de l'hétérogénéité spatiale et temporelle. *Eawag News* 51: p. 16–17, Internet: www.eawag.ch/publications/eawagnews/www_en51/en51f_pdf/en51f_uehl.pdf

Werth, S., Weibel, D., Alp, M., Junker, J., Karpati, T., Peter, A., Scheidegger, C., 2011: Lebensraumverbund Fließgewässer: Die Bedeutung der Vernetzung. *Eau énergie air*: 3/2011, p. 224–234.

Impressum

Concept

Dans le cadre du présent projet, des spécialistes en aménagement des cours d'eau, des écologues et des représentants des autorités fédérales et cantonales ont été invités à élaborer des solutions conjointes visant à supprimer les déficits relevés au niveau des cours d'eau. Les intervenants ont ainsi exploré les possibilités de réaliser des habitats dynamiques et interconnectés, et développé des concepts innovants pour la mise en œuvre des mesures d'aménagement des cours d'eau. Pour plus d'informations: www.rivermanagement.ch

Projet

Financé par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), le projet a été mené sous l'égide des quatre institutions suivantes:

Armin Peter, Eawag, Ecologie et évolution des poissons, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, www.eawag.ch

Christoph Scheidegger, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Biodiversité et écologie de la conservation, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, www.wsl.ch

Anton Schleiss, EPF Lausanne, Laboratoire de constructions hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Lausanne, www.lch.epfl.ch

Roland Fähr, EPF Zurich, Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW/ETHZ), Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurich, www.vaw.ethz.ch

Coordination

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

Suivi technique

OFEV: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen
Cantons: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)

Projet: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fähr, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

Edition

Office fédéral de l'environnement (OFEV).

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Référence bibliographique

Werth, S., Alp, M., Junker, J., Karpati, T., Weibel, D., Peter, A., Scheidegger, C., 2012: Connectivité des cours d'eau. In: Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau, OFEV, Berne. Fiche 4.

Rédaction

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

Traduction et suivi linguistique

Aude Thalmann, Anne-Catherine Trabichet

Conception et illustrations

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uw-1211-f

Cette publication est également disponible en allemand (original) et en italien.

© OFEV 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV