

Les cours d'eau alpins: Des écosystèmes variés et sensibles

Tout le monde les connaît, ces rivières de montagne qui gargouillent et ces torrents glaciaires qui déferlent, synonymes de beauté sauvage et de nature inviolée. Mais nos cours d'eau alpins sont-ils vraiment si intacts que cela? Etant donné la rudesse du milieu dans lequel ils évoluent et la difficulté de leur accès, ces écosystèmes et les organismes qu'ils abritent ont été jusqu'à présent assez peu étudiés. Un projet d'envergure lancé par l'EAWAG a pu montrer que les cours d'eau alpins constituaient une mosaïque d'habitats des plus variés et que la faune et la flore de ces milieux avaient développé toute une panoplie de stratégies des plus diverses pour s'adapter à des conditions environnementales souvent extrêmes. D'infimes modifications causées par des interventions d'origine anthropique et des changements climatiques sont déjà susceptibles de remettre définitivement en cause l'équilibre fragile de ces écosystèmes particulièrement sensibles.

On rencontre des cours d'eau alpins dans toutes les parties du monde, des pôles aux régions tropicales [1]. Ils se situent de manière caractéristique entre la limite supérieure de la forêt et la limite inférieure des neiges éternelles. Dans les Alpes européennes, cette zone s'étend à peu près de 2000 à 3500 m d'altitude. Les cours d'eau alpins peuvent comporter les habitats les plus divers dans un espace géographique très restreint, ces milieux étant généralement colonisés par des espèces très caractéristiques. Tous les types de cours d'eau alpins ont cependant certaines propriétés communes [2]:

- Ils sont soumis à des conditions climatiques extrêmes qui se traduisent p. ex. par des températures de l'eau très faibles et un rayonnement solaire important.
- Etant donné la longue durée et la sévérité des hivers, la saison de croissance des organismes est en général très courte et limitée à l'été dans la plupart des cours d'eau alpins; par contre, dans les rivières glaciaires, les périodes favorables à la croissance se situent au printemps et à l'automne, c'est-à-dire dans des laps de temps très brefs situés entre la disparition du manteau neigeux et le début de la fonte estivale des glaciers.
- Etant donné la faible abondance de la végétation riveraine, les apports externes

de matière organique aux cours d'eau sont très faibles, ce qui limite la quantité de nourriture disponible à la faune aquatique.

- La concentration en nutriments des cours d'eau alpins est en général très faible, ce qui limite la production primaire algale.
- Les régions alpines sont régulièrement soumises à des «perturbations» naturelles telles que les crues et les glissements de terrain.

Des sources calmes et des torrents glaciaires turbulents

On distingue 3 grands types de cours d'eau alpins en fonction des eaux qui les alimentent: les rivières **kryales** également nommées rivières glaciaires sont principale-

ment alimentées par des eaux de fonte des glaciers; les rivières **crénales** sont alimentées par des sources et dépendent des eaux souterraines; les rivières **rhithrales**, enfin, sont principalement alimentées par les eaux de pluie et de fonte des neiges [3]. L'origine des eaux a une influence décisive sur les conditions d'habitat de ces milieux (Tab. 1).

La fonte des glaces et des neiges qui se produit pendant une période assez courte de l'année est à l'origine de fortes fluctuations saisonnières de la plupart des conditions environnementales. Ainsi par exemple, le débit de la rivière glaciaire qu'est l'«Ova da Roseg» (Engadine, Suisse) passe de 0,2 m³/s à 30 m³/s au cours de la fonte estivale des glaces. Cette énorme augmentation de débit entraîne un remaniement important du lit de la rivière jusque là bien stable. Dans le même temps, ses eaux se chargent de farines glaciaires. Les eaux de fonte du glacier entraînent avec elles des particules solides extraites de celui-ci et les mélangent à l'eau claire de la rivière réceptrice dont la turbidité est fortement augmentée et qui prend alors un aspect laiteux [4]. Les rivières rhithrales sont soumises à des fluctuations saisonnières beaucoup moins prononcées et présentent donc des conditions environnementales plus modérées. Les cours d'eau issus de sources présentent quant à eux des conditions relativement stables et constantes puisque les

Type de chenal	Origine des eaux	Variabilité saisonnière	Stabilité du chenal	Température (°C)	Turbidité
Chenal principal (P)	kryale	forte	faible	0-4	élevée
Emissaire de lac (EL)	kryale	moyenne-forte	faible-moyenne	0-9	élevée
Chenal latéral (L)	kryale	forte-moyenne	faible-moyenne	0-4	élevée
Chenal connecté de façon intermittente (I)	kryale	forte	moyenne-faible	0-5	élevée-moyenne
Chenal mixte (X)	kryale-crénale	forte-moyenne	moyenne	0-5	moyenne
Affluent (A)	kryale-rhithrale	faible	élevée		limpide-moyenne
Chenal alimenté par les eaux souterraines (S)	crénale	faible	élevée	0-8 3-5	limpide

Tab. 1: Les différents types de chenaux des 11 premiers kilomètres de la rivière de Roseg (Engadine, CH) et leurs principales caractéristiques écologiques [2]. Voir également Fig. 1.



R. Zahn, EAWAG

Fig. 1: Les différents types de chenaux du Val Roseg (Engadine): P = chenal principal, EL = émissaire de lac, L = chenal latéral, I = chenal connecté de façon intermittente, X = chenal mixte, A = affluent, S = chenal alimenté par les eaux souterraines.

eaux souterraines les alimentent de façon régulière (Tab. 1) [5].

Les cours d'eau alpins: des écosystèmes variés

L'un des résultats les plus importants de notre projet de recherche a été de démontrer que les rivières de montagne n'étaient pas, et de loin, toutes semblables et que les cours d'eau alpins présentaient une hétérogénéité beaucoup plus élevée qu'on ne l'avait supposé jusque là. La présence d'une cascade ou d'un lac, l'existence ou l'absence de connexions entre les rivières, la position des cours d'eau par rapport aux pentes ou leur exposition sont autant de facteurs influant sur les conditions environnementales des cours d'eau alpins.

Les émissaires de lacs constituent p. ex. une zone de transition entre une masse d'eau stagnante et une eau courante. Le type d'habitat qui les caractérise est donc fortement influencé par les deux grands types d'écosystèmes voisins et se trouve donc colonisé aussi bien par des espèces lacustres que par des espèces fluviales [6]. Les plaines d'inondation sont quant à elles constituées d'une multitude d'habitats différents qui, suivant les écoulements, peuvent être isolés ou reliés entre eux et qui se modifient constamment sous l'influence des périodes de fonte des glaces et des neiges. Nos recherches rapportent ainsi l'existence de 7 types de chenaux différents sur les 11 premiers kilomètres de la rivière de Roseg (Fig. 1 et Tab. 1) [4]. La nature des connexions existant entre les différents types de chenaux varie en fonction des conditions d'écoulement qui évoluent au cours de l'année et qui influent également

sur la longueur du chevelu hydrographique de la plaine ainsi que sur l'origine des eaux qui l'alimentent: La longueur totale des chenaux est ainsi d'à peine 5 km en hiver pour s'étendre à plus de 20 km en été. En hiver, le chevelu hydrographique de la plaine est principalement influencé par les eaux souterraines et présente donc une certaine homogénéité alors que son régime se trouve en été dominé par les eaux de fonte des glaciers, ce qui se traduit par une hétérogénéité beaucoup plus importante [4].

La vie dans les milieux extrêmes

Comment les organismes aquatiques s'accommoient-ils de cette grande variété habitationnelle, de la grande hétérogénéité des conditions microstationnelles et du caractère parfois extrême des conditions environnementales auxquelles ils sont soumis? Dès le début du XX^e siècle, Steinmann [7] constatait que le torrent offrait à ses habitants un milieu si particulier que la forme et le mode de vie des animaux aquatiques devaient nécessairement en porter la marque. Mais les animaux ne sont pas les seuls à avoir développé des stratégies des plus diverses pour s'adapter aux conditions particulières des cours d'eau de montagne: c'est également le cas des algues et des végétaux supérieurs. La majeure partie des organismes aquatiques alpins sont benthiques, c'est-à-dire qu'ils évoluent en contact étroit avec le substrat. Ceci leur offre de meilleures chances de survie lorsque les vitesses d'écoulement sont particulièrement élevées. Parmi les adaptations aux forts courants, on peut citer les fortes griffes de nombreuses larves de pléco-

ptères, l'aplatissement dorso-ventral du corps de nombreuses larves d'éphémères (Ephemeroptères), les ventouses ventrales des larves de *Liponeura* (Blephariceridae), l'élaboration de fourreaux protecteurs à l'aide de divers matériaux (pierres, etc.) chez les larves de trichoptères, ou bien encore la production de couches protectrices gélatineuses chez de nombreuses algues.

Les communautés d'algues et invertébrés que l'on rencontre dans les cours d'eau sont généralement dominées par des familles de diatomées et par des ordres d'insectes bien caractéristiques. Les organismes peuplant les rivières kryales sont exposés à des conditions environnementales extrêmes et soumises à des fluctuations importantes. La singularité de ces milieux explique que la composition spécifique de leurs biocénoses est à peu près similaire dans toutes les parties du monde (cosmopolite) tout en présentant une amplitude limitée le long du cours d'eau («steno-zonal»). Par contre, les organismes des rivières rhithrales sont moins cosmopolites mais ont une aire de répartition plus étendue le long du cours d'eau («euryzonal») [3]. Les biocénoses des rivières glaciaires sont assez pauvres en comparaison des communautés rhithrales et crénales (Fig. 2). La présence d'un lac en amont a une influence variable sur les cours d'eau en fonction de l'origine des eaux: on observe ainsi beaucoup plus d'espèces dans les émissaires de lacs kryaux que dans les rivières kryales, mais moins dans les émissaires de lacs rhithraux que dans les rivières rhithrales. Les différents types de cours d'eau ne se distinguent pas uniquement par le nombre d'espèces qu'ils abritent mais également par la composition et la fréquence des divers taxons de leurs biocénoses. Les cours d'eau kryaux et rhithraux sont dominés par les insectes alors que les rivières plutôt stables et homogènes, c'est-à-dire les ruisseaux crénaux et les émissaires de lacs rhithraux, abritent également bon nombre de non-insectes, comme par exemple des oligochètes ainsi que des copépodes et des ostracodes benthiques (Fig. 2).

Les cours d'eau alpins: des écosystèmes sensibles

Comment les cours d'eau alpins réagissent-ils aux atteintes d'origine anthropique et aux changements climatiques globaux? Certains effets des interventions de l'homme sont facilement observables: certains aménagements structuraux hydrauliques mettent les rivières à sec, les barrages modifient les régimes d'écoulement (voir éga-

lement les articles de A. Wüest, p. 18, et de M. Fette, p. 21) et les mesures de protection contre les inondations forcent les rivières de montagne à s'écouler dans des chenaux consolidés et imperméables. Les conséquences des changements climatiques globaux sont par contre plus difficiles à évaluer. D'après les prévisions, il faut non seulement s'attendre à un réchauffement général de la surface de la terre mais également à une perturbation de la quantité et de la répartition des précipitations: celles-ci seront probablement plus fréquentes en hiver et moins abondantes en été (voir également l'article de B. Schädler, p. 24). Au cours des 150 dernières années, on a constaté un retrait général et progressif des glaciers du globe (Fig. 3) et les prévisions les plus pessimistes envisagent une disparition des glaciers de l'Engadine dans les 50 ans qui viennent [8].

Que signifient tous ces changements pour les organismes qui peuplent les cours d'eau alpins? Un retrait ou une disparition des glaciers implique la perte de conditions environnementales uniques dans leur genre – le régime d'écoulement des rivières passe d'un type glacio-nival (dominé par la fonte des glaces et des neiges) à un type nivopluvial (dominé par la fonte des neiges et les précipitations), les milieux extrêmes disparaissent et on assiste à une uniformisation des conditions environnementales. D'autre part, ceci permet à des espèces jusque là limitées aux zones fluviales situées plus en aval ou bien à des espèces exotiques de coloniser ces milieux aupa-

vant inhospitaliers et d'évincer les espèces qui leur étaient adaptées. On assisterait alors à la disparition d'indicateurs spécifiques et d'espèces glaciaires puisqu'ils ne trouveraient pas de milieux plus élevés et plus froids pour leur servir de refuge.

Une gestion écologique des cours d'eau – une contradiction en soi?

Il semble évident qu'une gestion durable des cours d'eau n'est envisageable qu'à la condition de bien connaître les relations existant entre conditions du milieu et biotes. Il est donc d'une part indispensable de poursuivre les travaux de recherche fondamentale sur ces écosystèmes particuliers et d'autre part nécessaire de développer la recherche appliquée sur certaines questions spécifiques. L'EAWAG s'attache ainsi à répondre aux questions suivantes: Quel est le débit résiduel minimum permettant le rétablissement de conditions quasi-naturelles en aval des barrages [9]? Le recours à

des crues artificielles permet-il de maintenir une biocénose naturelle dans ces tronçons influencés [10]? Quelle stratégie de revitalisation convient-il d'adopter pour qu'un tronçon endigué soit recolonisé par une communauté naturelle (voir également l'article de M. Fette, p. 21)?

Ces projets et bien d'autres laissent espérer qu'il restera possible dans l'avenir de succomber au charme des cours d'eau alpins.



Mäggi Hieber, biologiste, vient d'achever une thèse de doctorat sur les cours d'eau alpins, en particulier sur l'écologie des émissaires de lacs alpins, à la division «Limnologie» de l'EAWAG. Elle assure depuis la fonction de Chef de projet au Centre d'écologie appliquée de Schattweid.

Coauteurs:

Peter Burgherr, Urs Uehlinger, Klement Tockner

- [1] Körner C. (1999): Alpine plant life. Springer-Verlag, Berlin, 338 p.
- [2] EAWAG (2003): Cours d'eau alpins. EAWAG news 54f, 40 p.
- [3] Ward J.V. (1994): Ecology of alpine streams. *Freshwater Biology* 32, 277–294.
- [4] Tockner K., Malard F., Burgherr P., Robinson C.T., Uehlinger U., Zah R., Ward J.V. (1997): Characterization of channel types in a glacial floodplain ecosystem (Val Roseg, Switzerland). *Archiv für Hydrobiologie* 140, 433–463.
- [5] Klein B., Tockner K. (2000): Biodiversity in spring-brooks of a glacial flood plain (Val Roseg, Switzerland). *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27, 704–710.
- [6] Hieber M., Robinson C.T., Uehlinger U., Ward J.V. (2002): Are alpine lake outlets less harsh than other alpine streams? *Archiv für Hydrobiologie* 154, 199–223.
- [7] Steinmann, P. (1907): Die Tierwelt der Gebirgsbäche – eine faunistisch-biologische Studie. *Annales de Biologie Lacustre* 2, 30–162.
- [8] IPCC (2001): Climate Change 2001: Synthesis Report, 944 p.
- [9] Meier W., Reichert P. (2001): Modélisation et protection des eaux. EAWAG news 51f, 13–15.
- [10] Robinson C.T., Uehlinger U., Monaghan M.T. (2003): La réponse des cours d'eau aux crues expérimentales. EAWAG news 54f, 31–33.

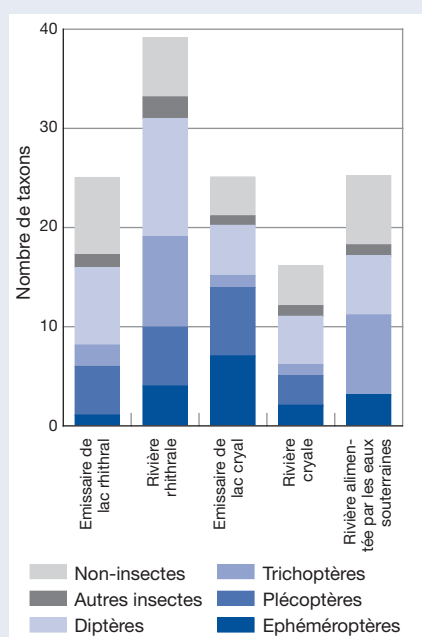


Fig. 2: Composition des zoobiocénoses dans différents types de cours d'eau alpins.

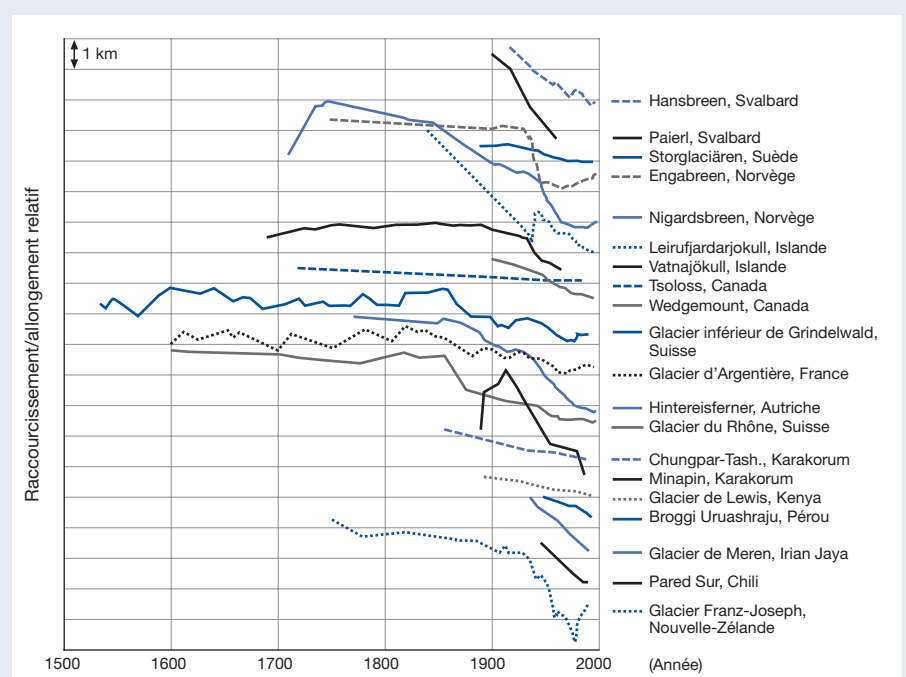


Fig. 3: Retrait des glaciers au cours des 500 dernières années [adapté de 8]. 1 unité = 1 km.