

Du tronçon de cours d'eau au bassin hydrographique

L'importance écologique de l'hétérogénéité spatiale et temporelle

La deuxième moitié du XX^e siècle a été marquée par le développement de concepts importants définissant la structure et la fonction des cours d'eau naturels. Les systèmes fluviaux y sont considérés comme des éléments paysagers hiérarchisés soumis à une grande dynamique temporelle. Les fleuves et rivières sont d'autre part latéralement, longitudinalement et verticalement en contact avec leur espace environnant et entretiennent avec lui des échanges continus. Cette connectivité spatio-temporelle est à l'origine d'une grande hétérogénéité, elle-même primordiale pour la diversité des processus et d'espèces dans les cours d'eau naturels.

Il y a probablement peu d'écosystèmes qui aient été aussi fortement modifiés par les activités humaines que les cours d'eau [1]. En Europe, en Amérique du Nord et dans d'autres parties du monde, les cours d'eau ont été soumis à de graves perturbations bien avant que l'écologie des cours d'eau ne se soit établie comme discipline scientifique et qu'elle puisse démontrer le fonctionnement des écosystèmes qui les composent [2]. On sait aujourd'hui que l'hétérogénéité spatiale, la grande dynamique temporelle et la connectivité avec le milieu environnant sont des caractéristiques essentielles des cours d'eau proches de l'état naturel. Cet état de fait est pris en compte dans une conception moderne de la revitalisation des cours d'eau fortement modifiés par l'homme et de la gestion intégrée des eaux.

Les quatre dimensions des cours d'eau [3]

Si l'on observe sur une carte le réseau de cours d'eau d'un bassin hydrographique, c'est la **dimension longitudinale** qui saute aux yeux. Un cours d'eau naturel présente une connectivité longitudinale et peut être considéré comme un système continu dans lequel les paramètres abiotiques (comme la température, la pente, le débit, la granulométrie du fond du lit, etc.) varient constamment de la source à l'embouchure. On assiste ainsi à une variation des habitats et à une succession de différentes biocénoses en direction longitudinale du cours [4].

La connectivité longitudinale est également caractérisée par le déplacement des organismes aquatiques vers l'amont et vers l'aval. Les insectes aquatiques sont transportés vers l'aval soit de manière active soit de manière passive (en se laissant dériver). Il existe des mécanismes chargés de compenser cette dérive vers l'aval. Certaines espèces d'insectes aquatiques migrent vers l'amont contre le courant. D'autres espèces peuvent compenser la dérive vers l'aval par un vol dit compensatoire vers l'amont avant la ponte.

La **dimension latérale** des cours d'eau se manifeste là où la topographie ne limite pas leur extension en largeur (Fig. 1). Par rapport aux écosystèmes lacustres ou sylvestres, les fleuves et rivières sont principalement constitués de bords par lesquels ils sont alimentés par des matières en suspension ou en matières dissoutes: les cours d'eau sont en relation étroite avec le milieu terrestre avoisinant. Dans les bassins versants boisés, le bilan énergétique est dominé par la chute des feuilles dans les cours d'eau. La production primaire par les algues y joue un rôle secondaire à cause de la faible quantité de lumière qui traverse le couvert arboré pour atteindre la surface de l'eau. Quand la rivière est plus large, l'importance relative de la production primaire augmente sous l'effet d'une luminosité accrue. Dans les grands fleuves, les apports directs par chute des feuilles sur les rives peuvent être négligés dans le calcul du bilan énergétique.

On observe une connectivité latérale particulièrement importante dans les zones alluviales naturelles, qui sont sans arrêt remodelées par les crues et présentent une grande richesse d'habitats pour la faune terrestre, amphibie et aquatique. La zone de transition entre le milieu terrestre et le milieu aquatique y joue un rôle prépondérant. Les arbres et arbustes de la rive ne constituent pas seulement une source d'énergie pour les organismes aquatiques et terrestres, ils fournissent également du bois mort qui contribue à l'hétérogénéité spatiale des petits cours d'eau en particulier.

La **dimension verticale** des cours d'eau comprend notamment la zone hyporhéique (zone de transition entre les eaux de surface et les eaux souterraines). Elle constitue un habitat spécifique pour certains animaux et microorganismes. Ses biofilms microbiens jouent un rôle important pour le bilan d'énergie et de matière. Ils sont en particulier chargés de la nitrification et de la dégradation de composés organiques [5]. Comme les zones alluviales, la zone hyporhéique est remodelée par les crues. En l'absence de tels événements, l'espace interstitiel se colmate et la zone hyporhéique se trouve isolée du cours d'eau de surface.

La **dimension temporelle** d'un paysage fluvial dépend non seulement de la topogra-



Fig. 1: Couloir fluvial du Tagliamento (Italie).

phie mais aussi du régime d'écoulement et du charriage. Des débits élevés provoquent un déplacement de sédiments qui induit la formation de nouveaux habitats en même temps que la destruction d'anciens. Les crues constituent chez nous les perturbations naturelles des cours d'eau les plus fréquentes. Si les inondations sont fréquentes, la biodiversité est plus faible et ce sont les espèces à cycle vital court et à forte capacité d'expansion qui dominent. Si les crues sont plutôt rares, les espèces non concurrentielles sont éliminées. La diversité biologique est maximale quand la fréquence des perturbations est moyenne [6]. Les prises d'eau et déviations ou les endiguements modifient la dynamique naturelle de l'écoulement et des crues. Dans un tronçon à écoulement résiduel, les crues sont pratiquement supprimées ou bien leur fréquence est considérablement réduite et les crues moyennes sont fortement écrêtées. Si le chenal d'un fleuve est rétréci par des endiguements, les ondes de crue peuvent circuler sans rencontrer d'obstacle et augmentent la fréquence des dommages occasionnés par rapport à un couloir fluvial naturel.

L'importance écologique de l'hétérogénéité spatio-temporelle

La notion d'échelle est à prendre en considération pour l'étude de la fonction écologique des cours d'eau. Un couloir fluvial naturel (Fig. 1) est relativement stable par rapport à l'évolution à long terme des éléments du paysage. Les différents éléments qui le composent se modifient par contre constamment: les chenaux oscillent, les bancs de gravier se déplacent, des îles disparaissent et d'autres se créent. Cette hétérogénéité spatio-temporelle dynamique est garante d'une grande variété d'espèces et revêt à ce titre une grande valeur écologique. Pour qu'elle soit préservée, il faut non seulement respecter le régime naturel d'écoulement mais aussi laisser assez d'espace aux cours d'eau (cf. article de H.P. Willi, p. 26). Pour évaluer l'état des cours d'eau, il faut donc aussi tenir compte des aspects hydromorphologiques (cf. article de A. Peter, p. 7).

La structure hiérarchique des cours d'eau

Une évaluation globale de l'état des cours d'eau englobe aussi bien le système fluvial lui-même que les habitats qui le composent. L'approche qui consiste à considérer les cours d'eau comme des systèmes hiérarchisés répond aux besoins d'une telle

évaluation [7]. Au sommet de la hiérarchie se situe le *système fluvial* qui est constitué de *segments fluviaux*. Chacun d'eux se caractérise par une certaine homogénéité géologique et géomorphologique qui le distingue des autres. Les segments fluviaux sont eux-mêmes constitués de *tronçons fluviaux*. La limite d'un tronçon est définie par des variations de la pente, de la végétation des rives ou de la largeur de la vallée. Les tronçons sont subdivisés en systèmes «*pool-riffle*». Un «*pool*» est une zone à faible vitesse d'écoulement et d'assez grande profondeur, alors qu'un «*riffle*» est caractérisé par une vitesse d'écoulement élevée et une faible profondeur d'eau. A la base de la hiérarchie se trouvent la multitude des *microhabitats* dont font partie les dépôts de sable ou de graviers fins, les pierres, les plantes aquatiques et les bois morts.

Les systèmes évoluent à l'intérieur des limites imposées par le système de niveau supérieur. La pente, l'apport de sédiments et le régime d'écoulement déterminent la structure et la variabilité dans le temps des tronçons fluviaux. Le régime d'écoulement et en partie l'apport de sédiments sont déterminés par le bassin versant de niveau hiérarchique supérieur [8]. Les processus qui ont une grande influence à un faible niveau hiérarchique ne jouent qu'un rôle mineur à un niveau supérieur. La durée de vie moyenne typique des systèmes va de quelques semaines à plusieurs centaines de milliers voire des millions d'années. Un microhabitat comme p.ex. un dépôt de sable dans un «*pool*» est remanié plusieurs fois par an. Les séquences «*pool-riffle*» se maintiennent pendant quelques mois à quelques années, une zone alluviale se renouvelle une fois tous les 10 à 100 ans et la durée de vie d'un système fluvial se mesure à l'échelle géologique.

L'importance des dégâts ou de la vitesse de régénération du système est déterminée par le niveau hiérarchique qui subit les dégradations ou bénéficie de mesures correctrices. L'élargissement du chenal sur un tronçon n'aura peut-être qu'un effet local alors que la suppression d'une chute artificielle infranchissable à la limite inférieure d'un bassin versant peut induire une modification des populations piscicoles de tout ce bassin [9].

Perspective paysagère

Les cours d'eau sont des éléments importants du paysage en relation étroite avec le milieu terrestre environnant. La répartition de la végétation sur tout l'espace qui les environne et l'utilisation de l'espace dans leur bassin versant influent fortement sur

l'état des cours d'eau [10]. Cette influence peut être plus importante que celle de conditions locales. Une étude menée au Michigan a montré que l'état d'un cours d'eau – caractérisé par la composition des populations piscicoles – n'était pas corrélé à la végétation des rives propres aux différents tronçons étudiés. Par contre, il existait une corrélation entre la végétation riveraine et l'occupation de l'espace dans la partie du bassin versant située en amont des tronçons étudiés [11]. Cet exemple montre bien comment les caractéristiques d'un système de niveau hiérarchique supérieur peuvent dominer les effets locaux. Il révèle également les limites de la méthodologie écomorphologique.



Urs Uehlinger est écologue des cours d'eau à la division de limnologie de l'EAWAG. Il est spécialiste des flux d'énergie et de matière dans les cours d'eau.

- [1] Allan J.D. (1995): Stream ecology. Chapman & Hall, London, 388 p.
- [2] Ward J.V. (1989): The four dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8, 2–8.
- [3] Ward J.V., Tockner K., Uehlinger U., Malard F. (2001): Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration. *Regulated Rivers: Research and Management* 17, 311–323.
- [4] Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. (1980): The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37, 130–137.
- [5] Brunke M., Gonsler T. (1998): The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater Biology* 37, 1–33.
- [6] Ward J.V., Stanford J.A. (1983): The intermediate-disturbance hypothesis: An explanation for biotic diversity patterns in lotic ecosystems. In: Fontain T.D., Bartell S.M. (eds.) *Dynamics of lotic ecosystems*. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, p. 347–356.
- [7] Frissell C.A., Liss W.J., Warren C.E., Hurley M.D. (1986): A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10, 199–214.
- [8] Uehlinger U. (2000): Resistance and resilience of ecosystem metabolism in a flood-prone river system. *Freshwater Biology* 45, 319–332.
- [9] Peter A. (1998): Interruption of the river continuum by barriers and the consequences for migratory fish. In: Jungwirth M., Schmutz S., Weiss S. (eds.) *Fish migration and fish bypasses*. Fishing News Books, Oxford, p. 99–112.
- [10] Richards C., Johnson L.B., Host G.E. (1996): Landscape-scale influences on stream habitats and biota. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53 (Supplement 1), 295–311.
- [11] Roth N.E., Allan J.D., Erickson D.L. (1996): Landscape influences on stream biotic integrity assessed at multiple spatial scales. *Landscape-Ecology* 11, 141–156.