

Le système modulaire gradué suisse

Eléments de base pour l'évaluation des cours d'eau

Le système modulaire gradué suisse offre un cadre à l'étude et l'évaluation des cours d'eau et se compose de modules hydrologiques, morphologiques, biologiques, chimiques et écotoxicologiques. Il permet une évaluation globale des cours d'eau et constitue un instrument de valeur pour une approche intégrée de leur gestion.

Au cours du XX^e siècle divers usages intensifs provoquent une altération importante des cours d'eau en Suisse: Le développement de l'énergie hydroélectrique induit une modification des régimes d'écoulement. L'augmentation importante de la pression d'habitation et le développement des voies de communication qu'elle entraîne ainsi que l'intensification de l'agriculture provoquent une réduction constante de l'espace laissé aux cours d'eau. A ces phénomènes vient s'ajouter une forte pollution des eaux. L'augmentation rapide de la pollution chimique à partir de 1950 force enfin les pouvoirs publics à prendre des mesures. La loi

fédérale sur la protection des eaux de 1955 (première révision en 1971) donne la première base juridique au problème de la pollution des eaux. L'assainissement des eaux assuré par des stations d'épuration réparties sur tout le territoire conduit à une amélioration continue de leur qualité. D'autre part les «Recommandations concernant l'analyse des eaux superficielles en Suisse» émises en 1982, constituent les premiers instruments d'évaluation de la qualité des eaux.

La deuxième révision de la loi fédérale sur la protection des eaux de 1991 met pour la première fois l'accent sur la protection,

la conservation et la restauration des lacs et cours d'eau en tant qu'écosystèmes à part entière. Ce nouvel aspect demande le développement de méthodes destinées à l'évaluation des cours d'eau [1]. En plus de l'analyse chimique, ces méthodes doivent couvrir les aspects hydrologiques, écomorphologiques, biologiques et écotoxicologiques pour permettre une évaluation globale.

Exigences auxquelles doit répondre la méthodologie d'évaluation

En fonction des problèmes posés, la méthodologie d'évaluation des cours d'eau doit pouvoir répondre à différentes approches. Elle doit proposer des méthodes simples et rapides pour une évaluation à grande échelle sur tout un territoire, de même que des méthodes complexes adaptées à une analyse détaillée de cours d'eau ou de tronçons donnés. Les cours d'eau doivent être analysés sous différentes perspectives, en ayant recours à des méthodes d'évaluation biotiques et abiotiques.

La méthodologie d'évaluation doit comprendre deux étapes: L'analyse de l'état actuel du cours d'eau avec différentes méthodes et la comparaison de l'état actuel avec l'état souhaité proche de l'état naturel. La difficulté de l'évaluation consiste alors à confronter des faits à des échelles de valeurs pour aboutir à un avis cohérent [2], tout en s'appuyant sur des méthodes livrant des résultats reproductibles et indépendants de l'évaluateur. L'évaluation peut être verbale ou reposer sur un système de points attribués aux différents paramètres. Pour permettre une comparaison étendue, il faut développer des méthodes qui soient applicables à tous les cours d'eau de la Suisse et comparables aux méthodes européennes.

Bases écologiques de l'évaluation des cours d'eau

Seule une approche modulaire permettrait de mettre au point des méthodes d'évaluation qui tiennent compte de tous les aspects



Un cours d'eau proche de l'état naturel: le Brenno dans la zone alluviale de Loderio. D'un point de vue morphologique, ce tronçon entre dans la catégorie des cours d'eau proches de l'état naturel (classe I, voir Tab. 4). Il présente une biodiversité particulièrement élevée. En effet 11 des 12 espèces piscicoles répertoriées dans le réseau hydrographique du Brenno sont présentes dans cette zone alluviale.

	Niveau R	Niveau C	Niveau T
Territoire concerné	Région/canton	Réseau hydrographique	Tronçon de cours d'eau moyen à court
Effort demandé	Faible	Moyen	Elevé
Objectif	Description grossière, analyse des déficits écologiques	Description détaillée, analyse des déficits, élaboration de mesures à prendre	Analyse ciblée de problèmes spécifiques
Evaluation	Notation à points	Verbale	Verbale

Tab. 1: Les trois niveaux du système modulaire gradué.

des cours d'eau. L'approche choisie comprend les blocs de modules suivants: hydrodynamique/morphologie, chimie/écotoxicologie et biologie. Chaque bloc tient compte des principales connaissances scientifiques de son domaine. Le bloc «biologie» en particulier est inspiré des pensées écologiques suivantes (cf. article de U. Uehlinger, p. 16):

Le concept de «**River continuum**» tente d'identifier et d'expliquer d'éventuelles modifications survenues le long d'un cours d'eau [3]. Pour ce faire, on met en évidence les connections existant entre le bassin versant, les zones alluviales et le réseau hydrographique et on procède à une analyse des modifications survenues dans les communautés aquatiques de la source à l'embouchure. Ce concept montre clairement qu'une partie d'un fleuve n'est jamais isolée et ne peut être considérée que dans le cadre de l'ensemble du réseau hydrographique et de son environnement physique. Cette approche est particulièrement importante pour l'énoncé de mesures destinées à contrecarrer des déficiences écologiques.

Le concept de «**Flood-pulse**» est basé sur le fait que les interactions dynamiques existant entre l'eau et la nature qui l'entoure ont

une influence sur les êtres vivants peuplant le cours d'eau et les zones alluviales [4]. Les zones alluviales doivent être considérées comme des habitats particuliers pour les végétaux et les animaux. Etant régulièrement inondées, elles abritent une faune et une flore caractéristiques. Le concept de «**flood-pulse**» représente l'unité du fleuve avec la végétation riveraine et les zones alluviales.

Structure hiérarchique des cours d'eau: Frissel et al. [5] décrivent l'organisation hiérarchique des cours d'eau (du réseau hydrographique au microhabitat), en considérant une échelle tant spatiale que temporelle. Les analyses se rapportant au système s'inspirent considérablement de cette conception des choses et tiennent compte des problèmes d'échelle pour l'analyse de terrain et pour l'évaluation.

Le **concept du fleuve à quatre dimensions** décrit les quatre dimensions d'un fleuve (longitudinale, latérale, verticale et temporelle) [6, 7]. Il contribue à comprendre l'importance des processus d'échanges d'eau, de matières, d'énergie et d'organismes dans un corridor fluvial. La dimension temporelle mérite une attention particulière. Elle représente la dynamique d'un tel corridor fluvial.

	Module	Niveau R	Niveau C
Hydrologie et morphologie	Hydrologie	Caractérisation globale de l'écoulement	Surveillance systématique
	Ecomorphologie	Dégradations écomorphologiques principales, connectivité longitudinale	Analyse des déficits, catalogue de mesures avec indication des priorités
Biologie	Algues	Etude des diatomées	Non étudiées
	Macrophytes	Estimation de l'abondance	Cartographie de toutes les espèces
	Végétation riveraine	Simple cartographie	Etude plus détaillée, plan de mesures
	Macrozoobenthos	Description grossière de l'éventail des organismes	Description détaillée du macrozoobenthos
	Poissons	Description d'ensemble de l'éventail des espèces piscicoles	Etudes détaillées, analyse des populations
Chimie et écotoxicologie	Chimie	Evaluation grossière de la qualité de l'eau	Détermination détaillée de la qualité de l'eau
	Ecotoxicologie	Echantillonnage aléatoire, 2-3 tests simples	Evaluation saisonnière ou fréquente des nuisances

Tab. 2: Les neuf modules du système modulaire gradué et leurs niveaux d'étude R et C.

Le **concept de corridor fluvial**: Le corridor fluvial est constitué du lit du fleuve, des zones alluviales et des zones de transition [8]. Ces trois composantes forment une unité dynamique dans le paysage. L'eau, les matières solides, l'énergie et les organismes interagissent de manière étroite et dynamique dans cet espace. L'observation du corridor fluvial permet de situer dans un contexte plus large les déficiences écologiques et les mesures nécessaires pour y remédier.

Concepts de renaturation et de revitalisation: L'application de ces concepts doit permettre de remettre des cours d'eau dégradés dans un état proche de leur état d'origine [9, 10]. Ils prévoient une amélioration des structures de l'écosystème (p. ex. habitats et biodiversité) et de ses fonctions écologiques, même si l'état d'origine du cours d'eau ne peut en général plus être atteint. Ces concepts sont particulièrement utiles pour l'élaboration des mesures correctives après une évaluation des cours d'eau.

Structure du système modulaire gradué suisse

Le système modulaire gradué suisse a été élaboré dans le cadre d'un groupe de projet «Evaluation des cours d'eau»¹ impliquant des représentants de l'OFEFP (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage), de l'OFEG (Office fédéral des eaux et de la géologie), de l'EAWAG et du canton de Zurich [11]. Chaque module est structuré en trois niveaux (Tab. 1). Pour une étude à grande échelle (niveau R, région), il convient d'effectuer une analyse rapide et peu onéreuse. L'importance de l'étude et les coûts par surface analysée sont beaucoup plus élevés dans le cadre de l'évaluation de réseaux hydrographiques dans leur ensemble (niveau C, cours d'eau) ou de celle de tronçons particuliers de cours d'eau d'une longueur de 0,1 à 1 km (niveau T, tronçon). Des méthodes d'évaluation sont élaborées pour les niveaux R et C et constamment actualisées. Ce n'est pas le cas pour niveau T qui sert à l'évaluation d'aspects spécifiques et pour laquelle il est conseillé de recourir à des méthodes existantes (p. ex. analyse de microhabitats, composition du substrat, inventaire des espèces et des populations). Le tableau 2 donne une vue d'ensemble des neuf modules du système modulaire et des méthodes d'évaluation utilisées pour les

¹ Les membres suivants faisaient partie du groupe de projet: Paul Liechi, Ueli Sieber (OFEFP), Ulrich von Blücher, Hans Peter Willi (OFEG), Christian Göldi, Urs Kupper, Walo Meier, Pius Niederhauser (canton de Zurich), Ueli Bundi, Andreas Frutiger, Michael Hütte, Armin Peter (EAWAG)

niveaux R et C. Chaque module sert à l'évaluation d'un cours d'eau selon un aspect particulier. Les modules peuvent être utilisés dans toutes les combinaisons souhaitées. Il est cependant judicieux de choisir de combiner un module biologique avec un module non-biologique.

Les dimensions spatiales et temporelles des modules

Chaque module présente des avantages spécifiques pour l'évaluation des cours d'eau, mais il possède également des limites spatiales et temporelles caractéristiques (Tab. 3). Les algues ont des périodes de reproduction très brèves ainsi qu'un cycle vital court. Ces caractéristiques les rendent particulièrement sensibles à certaines pollutions qui n'ont pas nécessairement d'effet direct sur des organismes plus évolués. Les algues sont donc de bons indicateurs pour la mise en évidence d'effets à court terme sur une surface relativement restreinte. Le macrozoobenthos (invertébrés) est présent dans presque tous les cours d'eau, même dans les cas où les poissons ont déjà disparu. Il représente donc un bon indicateur pour des effets durables sur une surface de plusieurs centaines de m². L'interprétation écologique d'une communauté piscicole peut être réalisée avec une grande précision puisque leurs exigences écologiques sont bien étudiées. Les poissons reflètent les conditions environnementales pendant plusieurs années. Etant donné leur grande mobilité, ils permettent d'étudier des dégradations du milieu dans tout le bassin versant. La végétation riveraine reflète quant à elle les conditions du milieu sur plusieurs décennies.

Un exemple: Le module «écomorphologie», niveau R

Le but du module «écomorphologie» au niveau R est la représentation sur une grande étendue territoriale de l'état écomorphologique des cours d'eau et l'analyse grossière

des déficits qu'il présente [12]. L'étude s'appuie sur des observations de terrain décrivant les caractéristiques suivantes:

- variabilité de la largeur du lit mouillé,
- largeur et degré d'aménagement du pied de berge,
- aménagement du pied de berge,
- largeur et nature des rives.

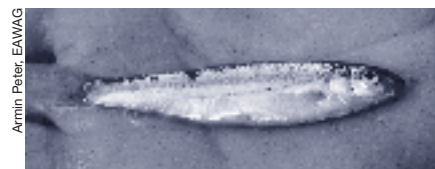
On attribue à chacune de ces caractéristiques un nombre de points pour chaque tronçon d'étude (en fonction de l'écart par rapport à l'état souhaité). Sur la base du nombre total de points atteint, on peut procéder à une classification des tronçons de cours d'eau observés. Pour permettre une représentation cartographique des résultats, on attribue une couleur à chaque classe correspondant à un état donné (Tab. 4).

Etat d'évolution des modules

La confédération (OFEFP/OFEG/EAWAG) et les représentants des cantons se sont chargés de la planification et du contrôle de qualité des modules. La mise au point des modules doit être achevée d'ici 2 ou 3 ans. La définition des méthodes du module «écomorphologie» au niveau R date déjà de 1998 [12]. Les niveaux R des modules «macrozoobenthos» et «poissons» seront mis à la disposition des utilisateurs au cours de cette année 2001. D'autre part, de gros efforts seront fournis pour assurer une élaboration continue des autres modules.

L'évaluation des cours d'eau comme base d'une gestion durable

La Suisse a ratifié la Convention de Rio sur la biodiversité (1992) et s'est ainsi engagée à restaurer les écosystèmes dégradés. Les cours d'eau suisses présentent un potentiel de revitalisation élevé de 12 600 km. Cela représente env. 20 à 25% de la longueur totale du réseau hydrographique de la Suisse (cf. article de H.P. Willi, p. 26). Et les cours d'eau mis sous terre ne sont pas comptés. Les tronçons de cours d'eau à



Les poissons se prêtent particulièrement bien à une évaluation des cours d'eau. Le blason (*Leuciscus souffia*) est une espèce extrêmement sensible que l'on rencontre presque exclusivement dans les tronçons de cours d'eau naturels ou proches de l'état naturel.

revitaliser peuvent être facilement identifiés grâce aux méthodes d'évaluation du système modulaire gradué. Le succès d'un projet de revitalisation peut ensuite être contrôlé avec les modules correspondants. Des contrôles de réussite supplémentaires aident à améliorer durablement l'état des cours d'eau.



Armin Peter, spécialiste des poissons et des cours d'eau, directeur de projet à la division «Ecologie aquatique appliquée» (APEC). Thèmes de recherche actuels: revitalisation des cours d'eau, exploitation hydroélectrique, dynamique des populations et migration des poissons.

- [1] Bundi U., Peter A., Frutiger A., Hütte M., Liechti P., Sieber U. (2000): Scientific base and modular concept for comprehensive assessment of streams in Switzerland. *Hydrobiologia* 422/423, 477–487.
- [2] Bastian O., Schreiber K.-F. (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, 564 p.
- [3] 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.
- [4] Junk W.J., Bailey P.B., Sparks R.E. (1989): The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Dodge D.P. (ed.) Proceedings of the International Large River Symposium. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106, 110–127.
- [5] Frissell C.A., Liss W.L., 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.
- [6] Amoros C., Roux A.L., Reygrobellet J.L., Bravard J.P., Pautou G. (1987): A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. *Regulated Rivers: Research & Management* 1, 17–36.
- [7] Ward J.V. (1989): The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8, 2–8.
- [8] Haltiner J.P., Kondolf G.M., Williams P.B. (1996): Restoration approaches in California. In: Brooks A., Shields Jr. F.D. (eds.) *River channel restoration: Guiding principles for sustainable projects*. Wiley & Sons, Chichester, p. 291–329.
- [9] Bradshaw A.D. (1997): What do we mean by restoration? In: Urbanska K.M., Webb N.R., Edwards P.J. (eds.) *Restoration ecology and sustainable development*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 8–14.
- [10] Cooke G.D., Jordan III, W.R. (1995): Ecosystem rehabilitation. In: *Using ecological restoration to meet clean water act goals*. U.S. Environmental Protection Agency, Chicago, Illinois, p. 1–4.
- [11] BUWAL (1998): Modul-Stufen-Konzept. *Mitteilungen zum Gewässerschutz* Nr. 26, 43 p.
- [12] BUWAL (1998): Ökomorphologie Stufe F. *Mitteilungen zum Gewässerschutz* Nr. 27, 49 p.

Module	Temps	Espace
Algues	Jours à semaines	m ²
Macrophytes	Des années	Plusieurs centaines de m ²
Végétation riveraine	Des décennies	km ²
Macrozoobenthos	Mois à 1 an	Plusieurs centaines de m ²
Poissons	Des années	km ² (bassin versant)

Tab. 3: Echelles spatiales et temporelles des modules biologiques.

Classe	Etat	Couleur
I	Naturel/sémi-naturel	Bleu
II	Peu atteint	Vert
III	Très atteint	Jaune
IV	Non naturel/artificiel	Rouge

Tab. 4: Classes correspondant aux différents états des cours d'eau et couleurs qui leur sont attribuées pour la cartographie.