

1 Dynamique des sédiments dans le réseau hydrographique

La mobilisation, le transport et le dépôt de sédiments subissent de grandes variations temporelles et spatiales, dont la dynamique est définie par des facteurs géomorphologiques, climatiques, hydrologiques, hydrauliques et écologiques. Les animaux, les végétaux, les champignons et les micro-organismes ont su s'adapter de multiples manières à la dynamique des sédiments, nombre d'espèces en étant même tributaires pour se développer. Ce système est perturbé, tantôt directement tantôt indirectement, par l'homme. La présente fiche donne un aperçu de la dynamique sédimentaire dans les cours d'eau suisses et décrit les conséquences des interventions anthropiques.

Ch. Weber, M. Döring, S. Fink, E. Martín Sanz, Ch. Robinson, Ch. Scheidegger, N. Siviglia, C. Trautwein, D. Vetsch, V. Weitbrecht

Les sédiments sont composés de matériaux minéraux solides, comme le sable et le gravier, ainsi que de fragments de matériel biologique, tels des résidus de feuillage. La dynamique des sédiments comprend trois phénomènes : 1) la mobilisation (apport ou production), 2) le transport et 3) le dépôt.

Les sédiments parviennent dans les cours d'eau principalement sous l'effet de l'érosion ainsi que via des glissements de terrain et des coulées de boues, et l'eau les emporte ensuite vers l'aval. En raison de leur mode de transport, on distingue deux types de sédiments. a) Les matériaux au grain fin, comme le sable, le limon et l'argile, qui flottent dans l'eau. Leur diamètre est en général inférieur à 2 mm et les spécialistes les appellent « matières en suspension » ou « sédiments fins » (cf. fiche 3). b) Les matériaux plus grossiers, tels le gravier et les galets, qui roulent ou glissent sur le fond du lit et sont appelés « charge de fond » ou « matériaux charriés ». La dynamique des sédiments est également appelée régime ou bilan sédimentaire ou encore régime des matières solides.

Les trois phénomènes mobilisation, transport et dépôt se déroulent sur une durée très variable, allant de quelques minutes à plusieurs siècles (Wohl et al. 2015). Ils peuvent également intervenir à différents emplacements, tant dans l'ensemble du bassin versant (fig. 1) que dans l'habitat d'une espèce piscicole particulière. Les différentes échelles temporelles et spatiales s'influencent mutuelle-

Fig. 1

La mobilisation, le transport et le dépôt de sédiments interviennent à différents endroits du bassin versant (à gauche). Plaine alluviale dynamique dans le val Roseg (GR; à droite).



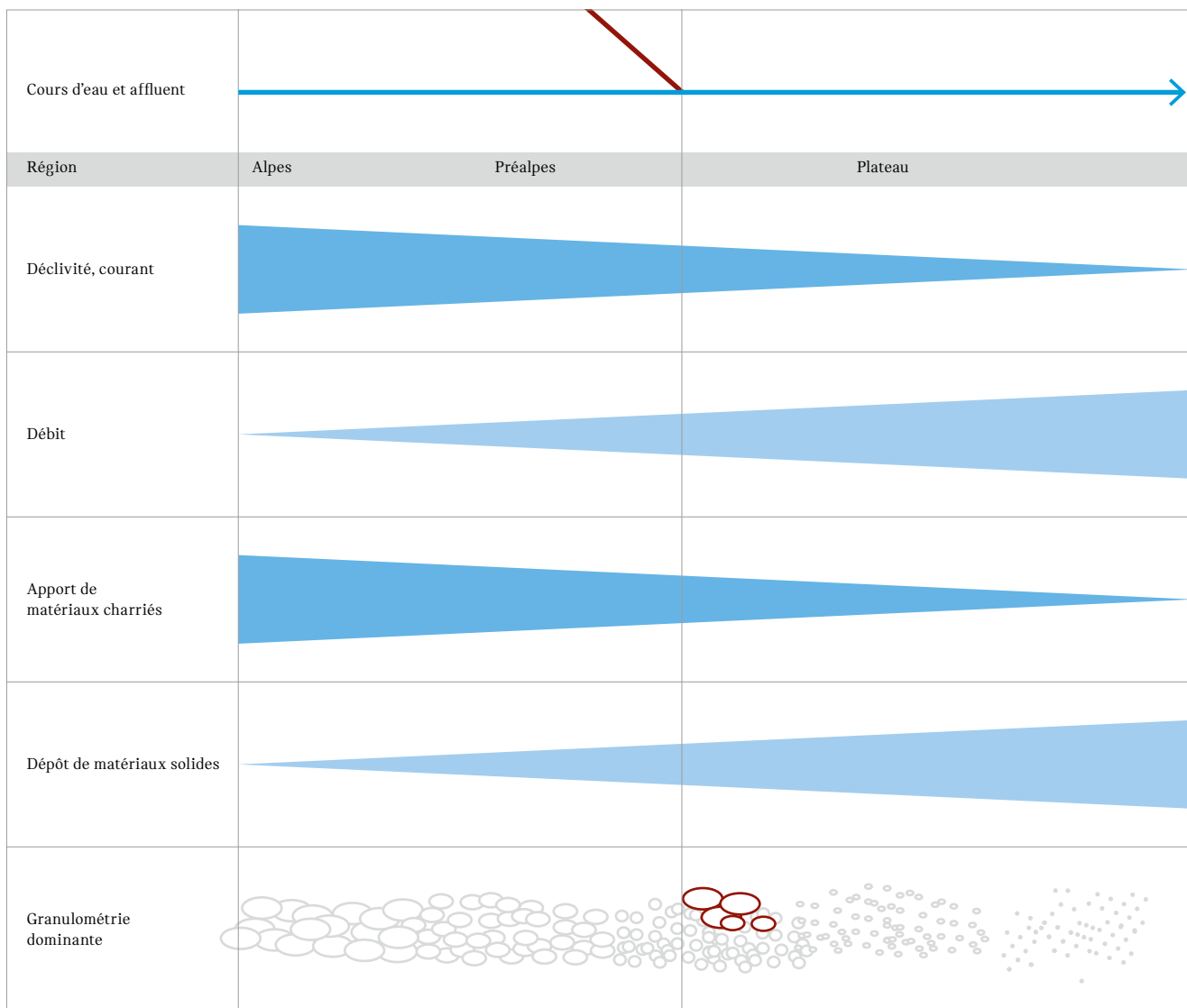
ment : les processus à grande échelle ont un impact à petite échelle et inversement.

Échelle temporelle

La mobilisation et le transport de sédiments se produisent souvent de manière soudaine, par exemple lorsque le débit dépasse une certaine valeur lors d'une crue. Cette remarque s'applique en particulier à la charge de fond, car ces phénomènes sont plus continus dans le cas des matières en suspension, leur mobilisation et leur

transport étant liés directement au débit (Wohl et al. 2015). Une fois déposés, les sédiments demeurent plus au moins longtemps au fond du lit avant d'être remobilisés. Les matériaux charriés restent souvent à la même place pendant plus de douze mois et forment pendant des années, voire des décennies, des îles dans le chenal principal, sur les terrasses alluviales, les rives ou les flancs des vallées. Les sédiments déposés au fond des lacs ne sont mobilisés que par des événements d'envergure, très rares et dès lors imprévisibles, tels un tremblement de terre, un ouragan ou un tsunami. En 563, c'est probablement un éboulement sur la rive du Léman qui a

Fig. 2
Mobilisation, transport et dépôt de sédiments le long d'un cours fluvial.



Source : Eawag

provoqué l'effondrement du delta du Rhône, emportant 250 millions de mètres cubes de sédiments vers le fond lacustre. Le tsunami ainsi déclenché a provoqué de vastes destructions tout autour du lac.

Échelle spatiale

Sous l'effet de l'abrasion due au transport et à l'altération, la taille des matières charriées dans une rivière diminue sans cesse, de la source jusqu'à l'embouchure. Dans le cours inférieur, la distribution granulométrique sur le fond du lit est en général plus uniforme et la granulométrie moyenne plus petite que dans le cours supérieur. Lorsque le cours inférieur est peu profond, l'eau transporte en majorité des particules plus fines et des matières en suspension. Dans le cours supérieur, ce sont au contraire les matières plus grossières qui dominent, sauf dans les torrents glaciaires, où la concentration de matières en suspension est élevée. Les affluents peuvent perturber ce modèle longitudinal par le déversement de quantités considérables de sédiments de granulométrie variable (Wohl et al. 2015 ; fig.2). Sur le cours d'une rivière, les tronçons à dépôts et les tronçons d'érosion alternent en fonction de la forme du chenal. Les lacs étant des pièges à sédiments, leurs effluents ne transportent qu'une charge de fond minime. À plus petite échelle, même à l'intérieur d'un tronçon, des habitats qui se distinguent par la granulométrie de leurs sédiments sont accolés, les mouilles garnies de particules fines jouxtant directement des radiers couverts de matériaux plus grossiers.

Facteurs de la dynamique sédimentaire

Mobilisation, transport et dépôt de sédiments dépendent de différents facteurs. Décrits dans les paragraphes ci-après, ils se répartissent en quatre groupes :

- 1) facteurs géomorphologiques (caractéristiques du bassin versant, p. ex.),
- 2) facteurs climatiques et météorologiques (telles de fortes précipitations),
- 3) facteurs hydrologiques et hydrauliques (vitesse d'écoulement, p. ex.),

- 4) facteurs écologiques (présence de plantes aquatiques ou de bois flottant, etc.).

L'importance de chaque facteur varie en fonction du lieu où il agit dans le bassin versant. Le plus souvent, plusieurs facteurs se conjuguent en outre dans un même tronçon, renforçant ou entravant mutuellement leurs effets.

1) Géomorphologie

La composition géologique du bassin versant, c'est-à-dire le type de roche qui le constitue, et son degré de dégradation déterminent la mobilisation des sédiments, leur forme, leur dureté, leur composition chimique et la distribution de la granulométrie. Dans le lit d'un cours d'eau, les roches calcaires résistent moins à l'abrasion et leur taille diminue sur une distance plus courte que celle des roches cristallines. La topographie joue aussi un rôle, en particulier la forme de la vallée et, dès lors, la déclivité du chenal et l'inclinaison des flancs de la vallée. Une déclivité relativement forte accroît le transport de sédiments et peut, dans les cas extrêmes, provoquer des coulées de boue. Des flancs très inclinés favorisent les glissements de terrain et les éboulements, ceux-ci augmentant l'apport de sédiments dans le chenal.

2) Climat et météorologie

En altitude, l'apport de sédiments provient principalement de l'érosion des rives, de glissements de terrain et de coulées de boue. Ces derniers peuvent être provoqués par de fortes précipitations accompagnant les orages, mais aussi par des pluies persistantes qui saturent le sol et réduisent sa capacité de stockage. Par ailleurs, les avalanches déversent aussi des sédiments dans les cours d'eau.

Différents facteurs déterminent l'infiltration et le rapport entre précipitations et débit : outre la saturation du sol, ils comprennent la nature de ce dernier ainsi que sa couverture végétale et ses racines. En cas de pluie, l'eau s'infiltré plus rapidement dans un sol assoupli par des racines, qualité qui atténue les pics de crue et diminue le taux de transport de sédiments.

3) Hydrologie et hydraulique

Le débit, la déclivité et la structure du chenal déterminent la profondeur d'un cours d'eau, la vitesse d'écoulement et les contraintes mécaniques que subit le fond du lit. Ces éléments influent à leur tour sur le charriage des sédiments dans le cours d'eau à différentes échelles spatiales et temporelles. Ce transport peut varier selon la saison, car il dépend des précipitations et du débit, qui affichent des différences régionales et saisonnières.

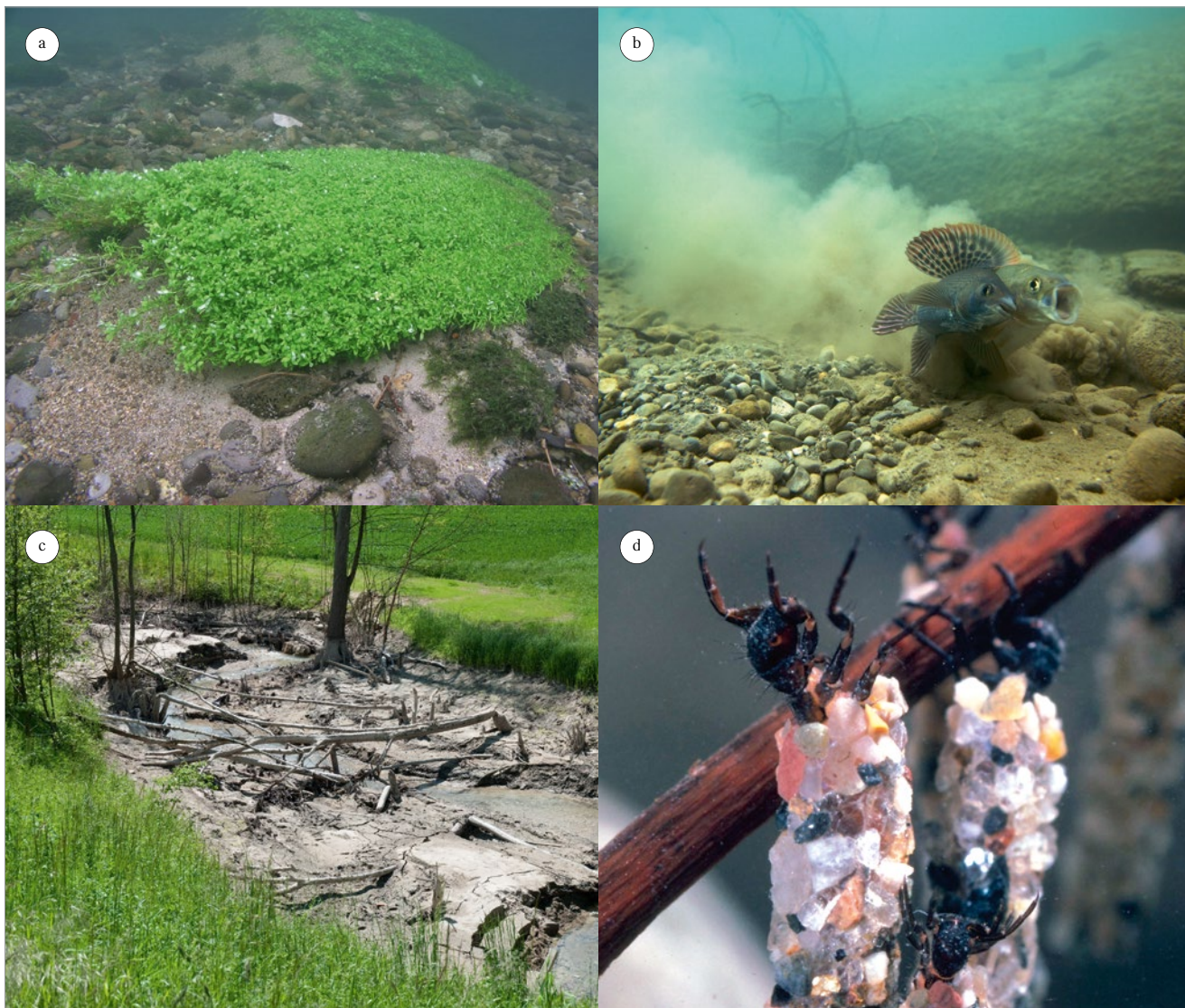
Lorsque le temps est chaud en été, les torrents glaciaires charrient, durant la journée, de fortes charges de sédiments fins provenant de l'abrasion du glacier. Il est en général beaucoup plus difficile de prévoir la dynamique des sédiments que celle des écoulements.

4) Écologie

La végétation présente dans le cours d'eau et alentour exerce une influence sur la dynamique des sédiments.

Fig. 3

Les organismes vivants exercent une influence sur la dynamique des sédiments. a) Des végétaux aquatiques (p. ex. *Callitriche* sp.) retiennent les sédiments fins. b) Durant le frai, les ombres (*Thymallus thymallus*) retournent le gravier sur le fond du lit. c) Les barrages de castors engendrent des dépôts de sédiments fins. d) Les larves du trichoptère (*Allogamus auricollis*) utilisent des particules sédimentaires pour construire leur fourreau.



D'une part, ses racines consolident le sol et réduisent l'érosion des rives et des flancs de vallée. D'autre part, des peuplements denses de plantes aquatiques et l'accumulation de bois flottant peuvent soit créer des dépôts locaux de sédiments (fig. 3a) soit provoquer une érosion de la rive.

Certains organismes vivants participent si activement à la dynamique sédimentaire qu'ils sont appelés «ingénieurs des écosystèmes»: pendant le frai, la truite et l'ombre creusent le fond du lit et remobilisent des sédiments fins (fig. 3b). Les barrages de castors réduisent la vitesse d'écoulement, favorisent les dépôts de sédiments et peuvent même dévier le chenal (fig. 3c). Les larves de certains trichoptères vivent bien à l'abri dans des fourreaux qu'elles construisent en utilisant des particules sédimentaires (fig. 3d), leurs logements modifiant la dynamique d'écoulement à petite échelle. Les algues qui occupent le fond du lit accroissent sa stabilité en agglomérant des particules de sédiments.

Effets de la dynamique sédimentaire

La mobilisation, le transport et le dépôt de sédiments déterminent les caractéristiques de nombreux cours d'eau (Wohl et al. 2015). La dynamique des sédiments exerce en particulier une influence sur :

- A) les **conditions environnementales** des habitats fluviaux (température, vitesse d'écoulement, etc.);
- B) les **processus écologiques** tels le cycle des nutriments ou la photosynthèse (utilisation de la lumière du soleil par les plantes et les algues);
- C) les **organismes vivants** (poissons, larves d'insectes ou végétaux).

Les trois chapitres ci-après explorent plus en détail ces effets de la dynamique sédimentaire. Ce faisant, ils mettent en général l'accent sur les échelles petite à moyenne, qui correspondent à la durée de vie et à l'habitat de la plupart des organismes aquatiques. Il importe toutefois de garder à l'esprit que conditions environnementales, processus écologiques et organismes vivants subissent également l'influence de phénomènes intervenant à large échelle et sur le long terme (cf. chap. Échelle temporelle).

A. Conditions environnementales

La mobilisation, le transport et le dépôt de sédiments créent et détruisent les habitats situés dans et au bord de la rivière (Döring et al. 2012). La littérature spécialisée parle alors d'une mosaïque dynamique d'habitats¹ (*shifting habitat mosaic*). En d'autres termes, si les bancs de gravier ou les mouilles ne restent pas toujours au même endroit dans un cours d'eau proche de l'état naturel, leur superficie totale demeure pratiquement identique à long terme dans un même tronçon.

Habitats fluviaux

À petite échelle, la distribution granulométrique sur le fond du lit inondé varie en fonction de la vitesse d'écoulement ou de la profondeur de l'eau. Dans le cadre du projet de recherche «Dynamique du charriage et des habitats», les scientifiques ont comparé des tronçons canalisés et élargis de la Thur (TG/ZH; Martín Sanz 2017), en étudiant plus spécialement la distribution granulométrique et son évolution dans le temps (fig. 4a et 4b). Dans les tronçons canalisés situés en amont et en aval du tronçon élargi, les sédiments présentaient une granulométrie similaire: grossière et uniforme, qui n'évoluait d'ailleurs guère au fil du temps (fig. 4b). Dans le tronçon élargi, la granulométrie était sensiblement plus variable et dynamique: sédiments plus fins dans certaines portions du tronçon et plus grossiers dans d'autres, changements nettement plus marqués au fil du temps.

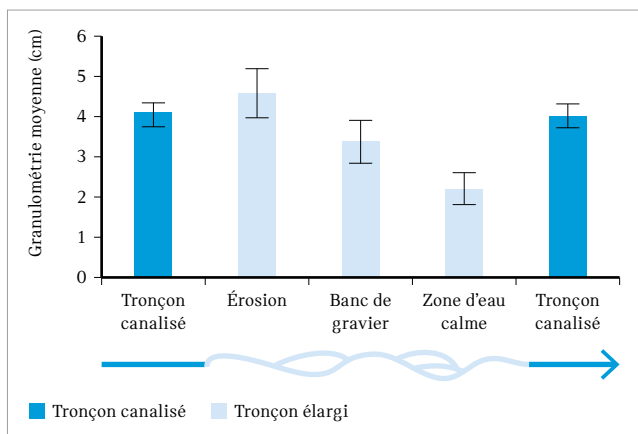
Habitats alimentés par l'eau souterraine

L'eau d'une rivière est en relation constante avec l'eau souterraine et la zone non saturée (cf. fiche 5). Cette connectivité verticale influe sur d'importants paramètres environnementaux tels que la température de l'eau. À proximité d'une résurgence d'eau souterraine, l'eau est en général plus fraîche en été et plus chaude en hiver que dans le reste de la rivière (Jungwirth et al. 2003). La connectivité verticale dépend de la composition et de l'épaisseur du fond du lit ainsi que de la granulométrie. Les dépôts de sédiments fins peuvent recouvrir le fond, boucher ses pores (colmatage) et entraver cette connectivité (cf. fiche 3). Ils seront emportés par le courant lors

¹ La définition de nombreux termes tels que «mosaïque dynamique d'habitats» sont définis dans le glossaire du site www.rivermanagement.ch, rubrique Produits et publications.

Fig. 4a

Composition granulométrique des sédiments dans des tronçons canalisés et élargis de la Thur.



Source : Martín Sanz 2017

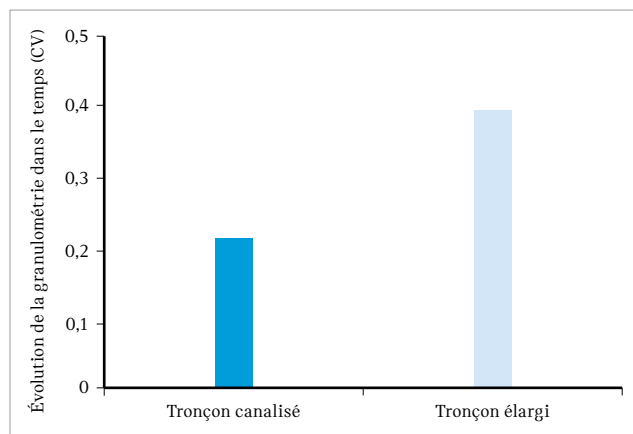
d'une crue suffisamment importante pour induire la mobilisation du fond du lit.

Habitats terrestres

La dynamique des sédiments détermine le type d'habitats qui se forment le long des cours d'eau : les dépôts de sédiments fins dans le lit majeur sont des facteurs clés de la formation de forêts alluviales à bois dur (cf. fiche 5). Le déplacement d'un banc de gravier altère la distribution granulométrique et, dès lors, la perméabilité et la quantité d'eau disponible à sa surface. Ces modifications créent de nouveaux habitats, qui seront colonisés par des plantes pionnières, tels l'épilobe de Fleischer (*Epilobium fleischeri*) ou le tamarin d'Allemagne (*Myricaria germanica*). Des expériences menées sous serre, dans des conditions contrôlées, montrent à quel point la germination et la croissance du tamarin d'Allemagne dépendent de la composition des sédiments (fig.4c; Benkler et Bregy 2010) : un fond sablonneux favorise la germination ; en l'absence de sable, le taux de germination est faible, voire nul. Si la germination est rapide, l'apparition des feuilles prend nettement plus de temps. À ce stade aussi, des différences existent entre les types de sédiments. En outre, des distinctions séparent les différents peuplements : les graines du bassin versant du Rhône germent par exemple plus rapidement que celles du bassin versant de l'Inn.

Fig. 4b

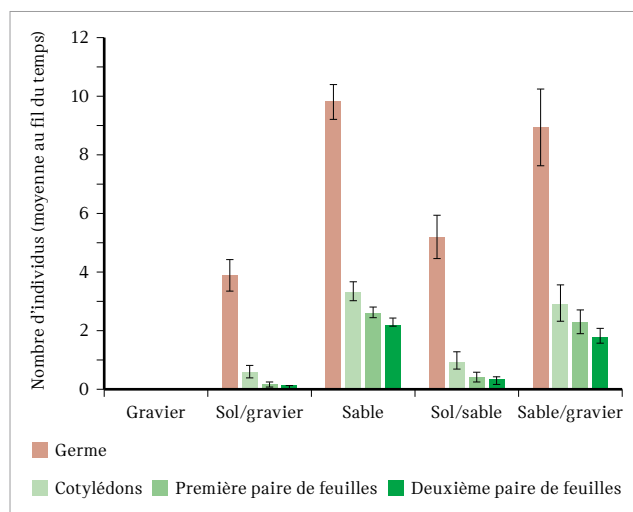
Évolution dans le temps de la composition granulométrique des sédiments dans les tronçons canalisés et élargis de la Thur. Plus le coefficient de variation [CV] est grand, plus la modification est importante.



Source : Martín Sanz 2017

Fig. 4c

Germination et croissance du tamarin d'Allemagne sur différents substrats sédimentaires. Les couleurs correspondent à différents stades de développement.



Source : Benkler und Bregy 2010

B. Processus écologiques

Cycle des nutriments

Les matériaux riches en nutriments, tel le feuillage provenant de la rive ou des tronçons en amont, s'accrochent sur le fond du lit et s'accumulent. Ils sont alors transfor-

més par une multitude de micro-organismes, de champignons, d'algues et de larves d'insectes. Ceux-ci constituent à leur tour la nourriture des poissons et d'autres organismes vivants (Jungwirth et al. 2003). Le feuillage retenu sur le fond du lit joue donc un rôle important pour l'ensemble du réseau trophique, en particulier dans les cours d'eau situés en altitude et les zones alluviales.

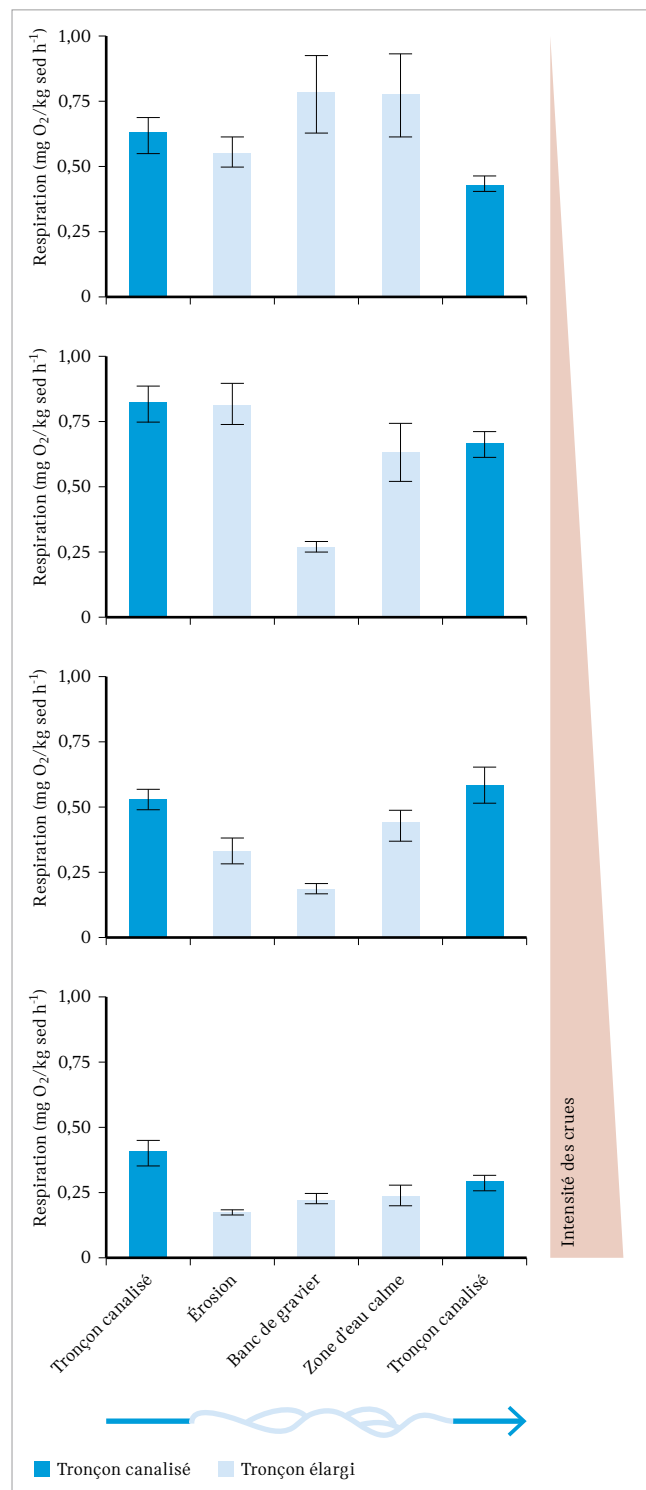
La rétention, l'accumulation et la transformation de matériel végétal dépendent notamment de la distribution granulométrique sur le fond du lit : plus les particules de sédiments sont grossières et plus la vitesse d'écoulement à proximité du fond est faible, plus l'effet de rétention sera grand. La fréquence et la puissance des crues charriant des matériaux solides revêtent aussi de l'importance. Leur diminution peut conduire à une forte accumulation de matériel végétal au fond du lit, dont la dégradation par les divers organismes vivants conduit à une augmentation de la consommation d'oxygène, ou respiration. Un tel processus est à même de modifier les concentrations de nutriments dans l'eau et, donc, le métabolisme de tout l'écosystème.

Le projet « Dynamique du charriage et des habitats » a cherché à déterminer, dans des tronçons canalisés et élargis de la Thur (ZH/TG), à quel point la respiration microbienne dans les sédiments est tributaire de la dynamique de ceux-ci (Martín Sanz 2017). Dans les tronçons canalisés, la dégradation de la matière organique était plus intense (fig. 5). Les valeurs mesurées étaient par ailleurs plus uniformes que dans les tronçons élargis, où l'on a observé de plus grandes variations locales. Lorsque la fréquence et l'intensité des crues augmentaient, la transformation du matériel organique diminuait. Cette corrélation est apparue le plus clairement dans les tronçons élargis, où le fond du lit est plus dynamique (fig. 4b).

Le colmatage peut également avoir un impact sur d'importants processus écologiques intervenant dans le fond du lit. Dans les zones d'infiltration, le milieu consomme plus d'oxygène que dans les résurgences d'eau souterraine, car l'eau de la rivière contient du matériel végétal qui sera également transformé après infiltration. À l'inverse, l'eau souterraine poussée vers la surface est riche en nutriments qui proviennent de la minéralisation de matériel végétal dans la zone non saturée.

Fig. 5

Transformation de matériel organique (respiration) sur le fond du lit, en fonction de la dynamique des crues et du charriage durant la période d'observation. La dynamique a été entièrement évaluée (durée et niveau du débit).



Source : Martín Sanz 2017

Interactions dans le réseau trophique

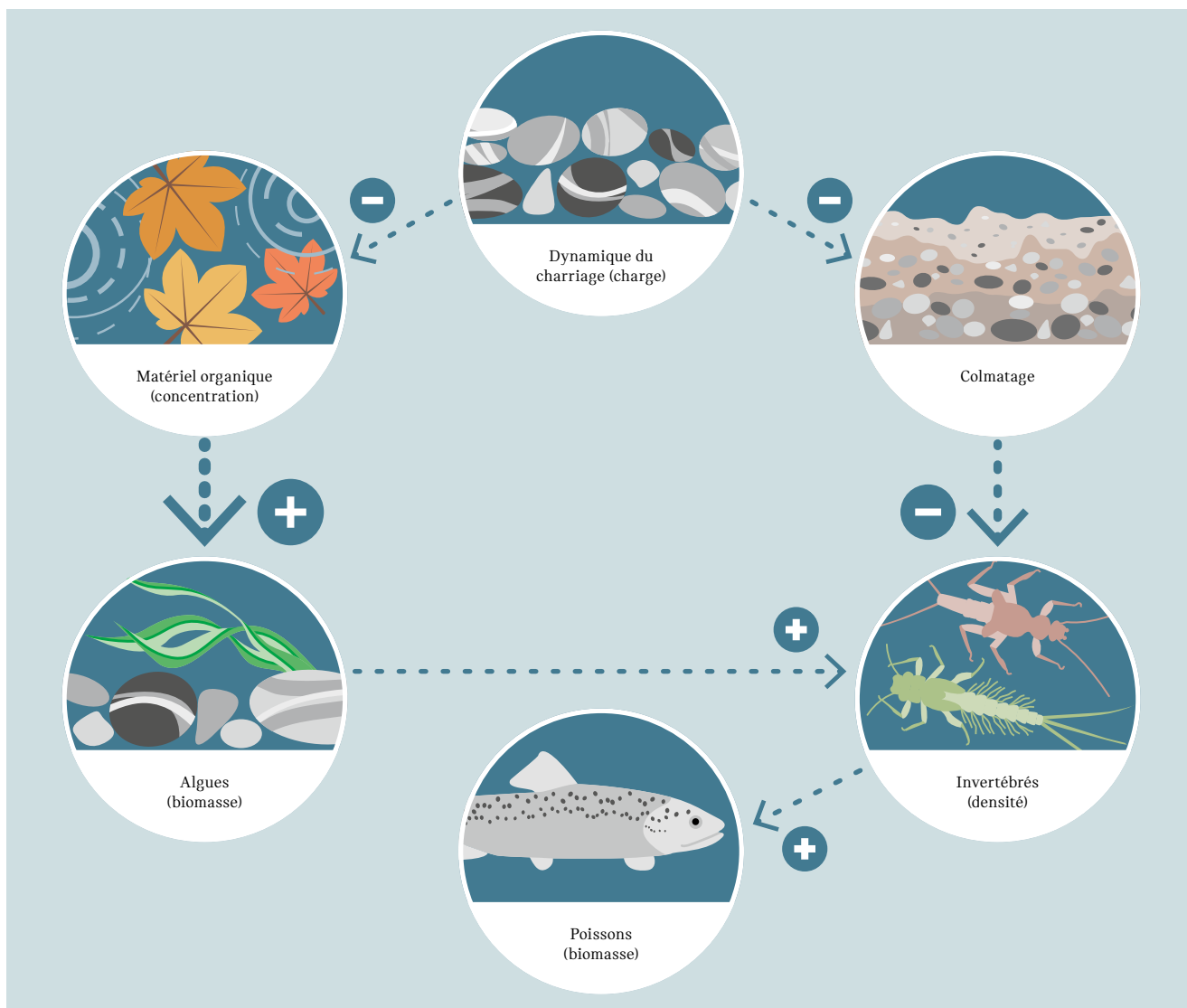
Selon leur taille et leur type, les matières en suspension peuvent réduire l'apport de lumière dans le cours d'eau (turbidité) et entraver la photosynthèse des algues ou des végétaux aquatiques. En recouvrant les algues et les plantes aquatiques, les dépôts de sédiments fins sur le fond du lit peuvent, eux aussi, réduire la photosynthèse de ces végétaux, voire provoquer leur dépérissement (cf. fiche 3).

La végétation pionnière offre nourriture et abri aux insectes spécialisés. Le criquet des iscles (*Chorthippus pullus*), par exemple, apprécie surtout les herbacées, telles que *Carex ssp.* et *Calamagrostis ssp.* Une autre espèce de sauterelle, le tétrix grisâtre (*Tetrix tuerki*), est au contraire friande d'algues qui colonisent les berges limoneuses, riches en sédiments fins.

Pour échapper à leurs prédateurs, beaucoup d'insectes terrestres se cachent dans les sédiments. L'omphron bordé (*Omphron limbatum*) se tapit par exemple dans le

Fig. 6

La dynamique du charriage et ses effets directs et indirects sur les organismes aquatiques. L'épaisseur de la flèche représente l'intensité de l'effet ; les signes plus et moins désignent un effet positif ou négatif.



sable pendant la journée et part à la chasse aux insectes durant la nuit (Rust-Dubié et al. 2006).

C. Organismes vivants

Si la dynamique des sédiments peut avoir un impact direct sur les organismes vivants, par éraflure ou écrasement, elle entraîne aussi des effets indirects : lorsqu'une crue charriant des matériaux solides met en mouvement le gravier du lit et emporte les sédiments fins, elle crée des conditions propices au frai d'espèces piscicoles qui ne peuvent se reproduire que sur du gravier meuble et bien irrigué. Pour les organismes fluviaux et alluviaux, l'intensité de l'événement est décisive. Ce qui compte, c'est par exemple la quantité de matières en suspension ou de matériaux charriés déposés au cours de la crue, la durée de celle-ci, la saison à laquelle elle survient ou encore sa récurrence.

Au cours de leur évolution, les organismes qui vivent dans les cours d'eau se sont habitués à la dynamique des sédiments. Beaucoup d'espèces animales et végétales en sont même tributaires, au point que l'absence de cette dynamique entrave leur développement. On distingue en principe des adaptations dans différents domaines, comme la morphologie (forme du corps, p. ex.), la physiologie (métabolisme), le comportement (mouvements, etc.) ou le cycle de vie (période de reproduction, p. ex.). Les organismes vivants ne s'adaptent d'ailleurs pas seulement à la dynamique des sédiments, mais à nombre de différents facteurs environnementaux. De nouvelles études portant sur les poissons et d'autres organismes révèlent que ces adaptations peuvent intervenir assez rapidement, c'est-à-dire en l'espace de quelques générations.

Poissons, algues et larves d'insectes

Les algues ont développé des variétés résistantes au frottement, en augmentant par exemple l'épaisseur de leur membrane cellulaire. Chez les poissons de rivière, des différences dans la forme du corps ont été observées au sein d'une même espèce, selon que les individus peuplaient surtout des mouilles à sédiments fins et à faible vitesse d'écoulement (*pools*) ou des radiers à fond grossier et à courant plus rapide (*riffles*). Le chabot, petit poisson benthique, est capable de s'enfoncer jusqu'à 30 cm dans le fond du lit, où il est ainsi protégé du frot-

tement dû à la charge de fond lors d'une crue modérée. La période de frai des espèces lithophiles est adaptée à la dynamique des sédiments et des écoulements : dans les cours d'eau suisses, par exemple, les truites fraient durant l'étiage de la fin de l'automne. À l'abri dans le gravier, leurs œufs se développent pendant l'hiver, saison où les crues sont rares et la dynamique des sédiments est faible. Une vaste étude sur le terrain réalisée dans le cadre du projet « Dynamique du charriage et des habitats » a examiné la structure du réseau trophique en fonction de l'intensité de la dynamique sédimentaire (fig. 6). Elle a porté sur différents organismes vivants et leurs sources de nourriture : algues couvrant le fond du lit, résidus de feuillage dans le domaine interstitiel, larves d'insectes et poissons. Faisant état d'effets tant directs qu'indirects, les observations ont notamment permis de constater que le nombre et le poids total de toutes les truites augmentaient avec l'accumulation de résidus de feuillage dans le gravier du fond du lit. Un plus grand nombre de petits animaux terrestres (araignées, fourmis, coléoptères et vers) a par ailleurs été découvert dans l'estomac des truites. Avec l'accroissement du colmatage, les peuplements de larves d'insectes se sont révélés moins denses. Par ailleurs, des petits animaux ont été identifiés en plus grand nombre dans le gravier grossier que dans le gravier fin.

Batraciens et reptiles

Tous les habitants des zones alluviales ont élaboré des stratégies pour s'accommoder d'un changement rapide du niveau d'eau ou de dépôts de sédiments. Durant leur cycle de vie, de nombreux reptiles et batraciens sont tributaires de la mosaïque d'habitats d'une zone alluviale proche de l'état naturel. La couleuvre tessellée (*Natrix tessellata*), par exemple, chasse sur les bancs de gravier, mais pond ses œufs dans les dépôts de sédiments fins et les débris flottants (Rust-Dubié et al. 2006). Les crapauds verts adultes (*Bufo calamita*) vivent sur les vastes surfaces de gravier des vallées fluviales et pondent leurs œufs dans les zones inondables ou des bras morts peu profonds.

Organismes terrestres

Le tamarin d'Allemagne (*Myricaria germanica*) s'enracine profondément dans le banc de gravier pour ne pas être emporté par une crue. Les dépôts sédimentaires de plu-

sieurs centimètres d'épaisseur n'endommagent guère les végétaux alluviaux ligneux, car ceux-ci forment simplement de nouveaux rameaux. Les plantes herbacées, annuelles ou vivaces, disposent de banques de graines, qui survivent dans le gravier. Les œufs des oiseaux qui couvent sur les bancs de gravier nus, tel le chevalier guignette (*Actis hypoleucos*), possèdent un camouflage optimal, puisqu'ils sont tachetés de gris (Rust-Dubié et al. 2006). Le criquet des iscles (*Chorthippus pullus*) a mis au point différentes formes corporelles et stratégies migratoires: des individus à longues ailes apparaissent quand les peuplements se densifient et qu'il importe de coloniser de nouveaux bancs de gravier. Lorsque les habitats disponibles sont suffisamment grands et bien interconnectés, le peuplement est dominé par des criquets à ailes courtes.

Dynamique (des sédiments) et biodiversité

L'hypothèse scientifique de la perturbation moyenne affirme que la biodiversité est maximale en présence d'une dynamique d'intensité moyenne. Si la dynamique est marquée, seules les espèces résistantes subsistent, car elles sont à même de s'accommoder de la situation. Quand elle est au contraire faible, des espèces disparaissent, parce qu'elles sont évincées par des espèces plus concurrentielles. Si l'on considère le réseau d'un cours d'eau dans son ensemble, il est possible d'identifier des sources de sédiments, tels les apports provenant d'affluents, et de déterminer leur influence temporelle et spatiale sur la biodiversité.

Interventions anthropiques dans la dynamique des sédiments

L'homme influence la dynamique sédimentaire depuis des siècles: dès le début du Moyen-Âge, des digues offensives ont été construites pour protéger les berges de l'érosion. Les paragraphes ci-après décrivent plus en détail les deux types d'interventions qu'il est globalement possible de distinguer.

- A) Les interventions directes dans la dynamique sédimentaire, destinées à exploiter les sédiments en tant que ressource ou à prévenir des dangers.
- B) Les interventions indirectes, qui ne visent pas la

dynamique des sédiments, mais l'influencent tout de même.

Les interventions humaines comprennent aussi bien des actions locales à petite échelle, que des mesures d'envergure déployant des effets de grande portée.

A. Interventions directes

L'extraction de gravier est motivée par deux raisons: d'une part, elle sert à obtenir un matériau de construction; d'autre part, elle prévient un exhaussement du lit (protection contre les crues). Le gravier est surtout exploité dans les tronçons élargis ou les deltas, car il tend à s'y déposer. Les cours d'eau régulés sont gérés de manière à charrier des crues d'une certaine intensité, qui préservent dans la mesure du possible l'état du fond du lit. Les dépotoirs à alluvions (cf. fiche 4) et l'extraction de gravier dans les affluents servent aussi à réguler l'apport de gravier pendant les crues.

B. Interventions indirectes

En Suisse, le lit de nombreux cours d'eau a été rectifié et canalisé afin d'éviter le débordement des crues dans les plaines et de réguler le charriage de manière à stabiliser le fond du lit. Les lacs artificiels et les retenues bloquent le transport de sédiments (cf. Dynamique des sédiments et des habitats dans les cours d'eau, fig. 1; fiche 6). Aux fins d'entretien, les sédiments qui s'y déposent doivent être dragués ou éliminés par curage. Dans les régions vouées à une agriculture ou à une sylviculture intensive, la mobilisation de sédiments fins est plus intense, de sorte que leur apport dans le cours d'eau est accru (cf. fiche 3), en particulier si la végétation des rives, utilisée pour son effet tampon, fait défaut. La variété morphologique d'une rivière au lit rectifié est principalement influencée par sa largeur et son régime hydrologique. Avec l'urbanisation et l'étanchéification de grandes surfaces, les eaux pluviales s'écoulent plus rapidement et renforcent les pics de crue. Le cours d'eau est ainsi en mesure de charrier davantage de sédiments. Sous l'effet du changement climatique, les glaciers fondent, le permafrost dégèle et les précipitations tombent plus souvent sous forme de pluie que de neige. À l'avenir, la dynamique sédimentaire est donc appelée à s'intensifier, tant dans les torrents de montagne que dans les rivières du Plateau.

Conséquences des interventions humaines

Qu'elles soient directes ou indirectes, les interventions humaines dans la dynamique des sédiments ont un impact sur leur mobilisation, leur transport et leur dépôt et peuvent engendrer aussi bien un déficit qu'un excès (Wohl et al. 2015 ; cf. fiche 7). Ces conséquences se font sentir dans tout le réseau hydrographique : un déficit dans le cours supérieur peut intensifier l'érosion et provoquer un excès de sédiments en aval. Déficits et excès exercent une influence sur les conditions environnementales, les processus écologiques et les organismes vivants.

Conditions environnementales

En cas de déficit de sédiments, l'eau risque de creuser le chenal, qui s'enfoncera dans le terrain, et de rendre le fond du lit plus grossier (phénomène de « pavage »). Le déficit de sédiments peut également restreindre fortement la morphodynamique, voire la modifier complètement (Bezzola 2004). Cette situation survient en cas de retenue ou d'extraction de trop grandes quantités de gravier ou lorsqu'un ouvrage d'accumulation retient les sédiments, mais laisse passer l'eau. Si le lit de la rivière s'enfonce, le niveau des nappes souterraines voisines s'abaisse. Ce phénomène isole des zones alluviales riches en espèces, tels des bras morts ou des mares, qui ne seront plus approvisionnés en eau souterraine. D'importants prélèvements de gravier ainsi que l'érosion de la berge, due à une vitesse d'écoulement élevée dans les tronçons canalisés, réduisent le nombre de précieux habitats alluviaux terrestres (tels les bancs de gravier). Un excédent de matières en suspension accroît les dépôts le long des rives ou dans les tronçons à écoulement lent.

Processus écologiques et organismes vivants

Des changements dans la dynamique sédimentaire peuvent modifier l'équilibre entre les espèces et les individus et déclencher une réaction en chaîne dans le réseau trophique. Cette réaction peut débuter à la base du réseau, suite à une diminution de la photosynthèse des algues, par exemple, ou à un étage supérieur, notamment par modification de la pression prédatrice des poissons. Dans les deux cas, elle peut aller jusqu'à altérer irrémédiablement l'état de l'écosystème (*state shift*).

Les dépôts excessifs de sédiments fins peuvent entraver la reproduction de poissons lithophiles. Ils peuvent également changer la composition et le fonctionnement des biocénoses. Les plantes des rives souffrent particulièrement de la disparition d'habitats causée par les interventions anthropiques dans la dynamique sédimentaire. Une modification de cette dynamique permet par exemple à des espèces peu exigeantes (les « généralistes ») de coloniser les habitats de spécialistes plus sensibles. Un tel changement n'a en général pas un impact linéaire sur la biodiversité : lorsque certains habitats sont déjà rares, toute disparition supplémentaire aura des conséquences beaucoup plus graves.

Conclusion

La dynamique des écoulements et des sédiments façonne de plusieurs manières les écosystèmes de nos cours d'eau. Les travaux menés depuis des décennies sur l'importance écologique des sédiments ont apporté des connaissances remarquables : l'influence de la composition du fond du lit sur la reproduction d'espèces piscicoles lithophiles, par exemple, ou les conséquences d'un enfouissement des zones alluviales. Les aspects dynamiques – tel l'impact du moment et de l'intensité du transport de sédiments sur les organismes vivants – restent cependant encore mal connus. Les études menées dans ce domaine devraient fournir des résultats essentiels au cours des années à venir, notamment grâce aux progrès constants des méthodes de mesure (télétection, p. ex. ; cf. fiche 2).

Bibliographie

Une liste détaillée des publications en rapport avec la présente fiche figure sur le site du programme : www.rivermanagement.ch, rubrique **Produits et publications**.

Impressum

Éditeur : 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).

Instituts de recherche : Institut de recherche sur l'eau du domaine des EPF (Eawag), Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), EPF Lausanne, Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW), EPF Zurich, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL)

Direction du projet : Anna Belser, coordination du projet, OFEV ; Christoph Scheidegger, WSL ; Christine Weber, Eawag ; David Vetsch, VAW, EPF Zurich ; Mário J. Franca, LCH-EPFL

Suivi technique : OFEV : Hugo Aschwanden, Rémy Estoppey, Andreas Knutti, Stephan Lussi, Manuel Nitsche, Olivier Overney, Carlo Scapoza, Diego Tonolla, Hans Peter Willi ; Cantons : Josef Hartmann (GR), Norbert Kräuchi (AG), Christian Marti (ZH), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Ritler (LU), Thomas Stucki (AG) ; Institutions de recherche : Bernhard Wehrli (Eawag), Anton Schleiss (LCH-EPFL), Robert Boes (VAW-ETHZ), Christoph Hegg (WSL) ; Autres : Raimund Hipp (CDPNP), Roger Pfammatter (ASEA), Luca Vetterli (Pro Natura)

Rédaction : Manuela Di Giulio, Natur Umwelt Wissen GmbH

Traduction : Service linguistique de l'OFEV

Référence bibliographique : Weber, Ch., Döring, M., Fink, S., Martín Sanz, E., Robinson, Ch., Scheidegger, Ch., Siviglia, A., Trautwein, C., Vetsch, D., Weibrecht, V., 2017 : Dynamique des sédiments dans le réseau hydrographique. In : Dynamique du charriage et des habitats. Office fédéral de l'environnement, Berne. Fiche 1.

Conception et illustrations : Marcel Schneeberger, anamorph.ch

Commande de la version imprimée et téléchargement au format

PDF : OFCL, Vente des publications fédérales, CH-3003 Berne

www.publicationsfederales.admin.ch

N° d'art. 810.300.136f www.bafu.admin.ch/uw-1708-f

© OFEV 2017