

Integrated management of hydrografic basins and restoration technics for streams

Gestion globale des hydrosystèmes et techniques de revitalisation

BERNARD LACHAT

BIOTEC Biologie appliquée SA, CP 35, CH-2824 Vicques(Suisse)
Tél. ++41 32 435 66 66 Fax : ++41 32 435 56 46
e-mail :biotec@biotec.ch
<http://biotec.ch/>

1. Les constats

Le cours d'eau et l'homme : histoire d'une relation conflictuelle

Les cours d'eau sont des milieux naturels, normalement riches et diversifiés. Ils permettent à de nombreuses espèces végétales et animales de se reproduire, de se nourrir ou de se cacher. Ils constituent une mosaïque de milieux, d'associations et de formations végétales juxtaposées, conférant au relief une grande qualité biologique et paysagère. De plus, ils rassemblent de nombreux usages dont l'homme a su tirer parti, soit économiquement, soit ludiquement, au détriment souvent de cette "naturalité" originelle.

Récemment, quelques grandes catastrophes liées aux inondations sont venues rappeler aux Hommes que les gigantesques travaux de chenalisation entrepris sur les cours d'eau ne sont pas forcément garants d'une sécurité infaillible.

Par des aménagements hydrauliques musclés (*figures 1 et 2*), par une politique de construction soutenue, par des pressions systématiques et excessives d'usages le long des cours d'eau, par des pratiques agricoles de cultures très intensives, par une imperméabilisation croissante des surfaces et par la mise en place de systèmes rapides d'évacuation d'eau, les risques d'inondation et les dégâts considérables qui lui sont associés se sont accrus, en fréquence et en intensité. Il est probable aussi que ces risques vont encore augmenter, en relation avec les changements climatiques que l'on suppose dans un proche avenir.



Figure 1. Des cours d'eau chenalisés et contraints dans des parois artificielles sont morts. Pour diversifier les écoulements et éventuellement permettre à quelques poissons "sportifs" de circuler, des pierres ont été mises en place au centre du canal !



Figure 2. Les corrections systématiques de cours d'eau avec des enrochements constituent des simplifications outrageuses et inacceptables du cours d'eau, conduisant immanquablement à des catastrophes écologiques durables, mais aussi à des catastrophes pour les collectivités riveraines.

A part ces quelques aspects quantitatifs, d'un point de vue qualitatif, il va sans dire que l'eau a subi, pour les mêmes raisons, des dégradations importantes, irréversibles à long terme dans certains cas, sans des moyens considérables pour récupérer la qualité originelle. Les pollutions chroniques ou accidentelles, qui affectent encore les cours d'eau, ne peuvent qu'affaiblir et mettre en danger les écosystèmes et les nappes phréatiques dont l'homme, faut-il le rappeler, utilise les ressources.

Toujours pour les mêmes raisons citées plus haut, la valeur écologique ou la qualité biologique des cours d'eau, avec son cortège d'espèces végétales et animales, normalement très bien structuré par les crues naturelles, a fortement diminuée. Beaucoup de biocénoses de valeur et bien diversifiées ont quasiment disparu de très nombreux fleuves, rivières ou ruisseaux (Wasson et al., 1995).

Le Rhin par exemple qui, dans son ensemble, n'est pas un petit cours d'eau, a vu ses surfaces alluviales inondables diminuer de 85 % (!) au cours des 200 dernières années, dû notamment à l'urbanisation et aux usages agricoles.

Aujourd'hui, on constate donc que de très nombreux cours d'eau ont été endigués, corrigés ou mis sous tuyau, sans qu'on se soucie de leur indispensable **espace de fonctionnement** ou **espace de liberté**.

De plus, avec un certain renouveau des aménagements, beaucoup de projeteurs ont pratiqué (et pratiquent encore !) trop souvent une simple "coloration" verte (*figures 3 et 4*) en pensant atteindre des objectifs écologiques, alors qu'il ne s'agit que d'une illusion.

2. Une logique d'aménagement proche du fonctionnement naturel

Dans le cadre d'un aménagement de cours d'eau ou d'une revitalisation, il est nécessaire de chercher à développer des conditions d'existence qui permettent à chaque espèce végétale ou animale et à l'Homme de retrouver sa place dans le respect des fonctions écologiques de base.



Figure 3. Donner une couleur verte aux cours d'eau est devenu une mode ridicule qui ne se soucie pas de l'écologie ni du fonctionnement normal du cours d'eau, ni même des usages.



Figure 4. Illustration tirée d'une plaquette annonçant un congrès international sur les techniques du génie biologique (bioengineering). On est très éloigné des modèles naturels. Le génie végétal n'est pas de la cosmétique verte placée sur des ouvrages de génie civil. Ce genre de techniques est une honte et un affront aux vraies techniques du génie biologique où les végétaux vivants participent activement à la construction et à la diversité biologique.

Aussi, dans le cadre d'une protection de berge contre l'érosion, d'un aménagement ou d'une revitalisation, il est nécessaire et incontournable de concevoir des ouvrages qui respectent les lois naturelles.

Dès l'instant où l'on se préoccupe d'un cours d'eau, il y a deux règles essentielles à appliquer :

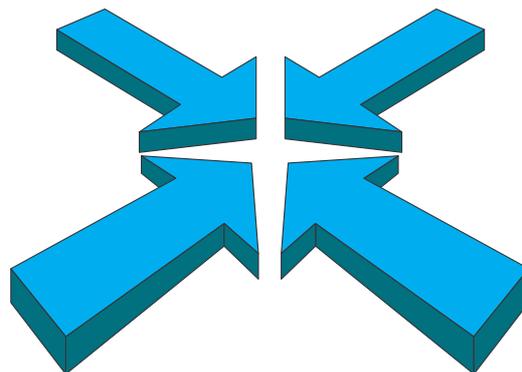
- 1) Examiner le cours d'eau globalement, même (et surtout) si l'on agit ensuite localement (figure 5).
- 2) Si des interventions sont nécessaires, appliquer une logique proche du fonctionnement naturel (tableau 1).

2.1 Examen global

L'héritage des corrections de cours du passé est assez lourd à supporter actuellement. Il le sera d'autant plus dans les décennies à venir. Comme présenté précédemment, on s'aperçoit aujourd'hui qu'agir localement sans avoir une vision ni une gestion coordonnées du bassin versant avec une concertation des principaux acteurs de l'eau, est inefficace à long terme.

Un constat simple : on dépense énormément d'argent pour rectifier, corriger les cours d'eau selon des concepts purement hydrauliques. Quelques décennies après, on dépense parfois dix à cent fois plus aux mêmes endroits pour réparer des dégâts occasionnés par des événements non maîtrisés.

**PENSAR GLOBALMENTE
PENSER GLOBALEMENT**



**ACTUAR LOCALMENTE
AGIR LOCALEMENT**

Figure 5. Principe fondamental d'approche du cours d'eau.

2.2 Principe des interventions : suivre le fonctionnement de la nature

Variante 0

Dans tous les cas où des problèmes se posent, il y a lieu d'évaluer de façon précise, avec des facteurs de pondération objectifs dans divers domaines, si une intervention est nécessaire ou si la nature peut continuer de fonctionner sans entrave. Dans tous les cas, la variante zéro (non-intervention) doit être examinée attentivement.

Parfois, il vaut mieux redéfinir légalement la zone d'occupation des sols le long des cours d'eau plutôt que de contraindre le cours d'eau et donner ainsi l'illusion à l'homme que tous les problèmes sont réglés.

C'est par le biais de l'aménagement du territoire, éventuellement par une maîtrise foncière collective, que peuvent être atteints ces objectifs.

Tableau 1. Génie biologique - traitement logique des interventions sur un cours d'eau.

<i>ORDRE DE RÉFLEXION</i>	<i>PROCESSUS DE RÉFLEXION</i>	<i>INONDATIONS</i>	<i>EROSIONS</i>
1	<i>Faut-il réellement intervenir *? (évaluer les conséquences d'une non-intervention / variante 0)</i> <i>(*oui, s'il s'agit de revitaliser --> 3)</i>	x	x
2	Évaluer si une <i>gestion ciblée de la végétation</i> existante peut résoudre les problèmes	x	x
3	Établir si la création d'un <i>espace de liberté</i> est possible et judicieux pour régler les problèmes	x	x
4	Évaluer si les <i>techniques végétales</i> peuvent satisfaire à la résolution des problèmes		x
5	Établir si des <i>techniques combinées</i> peuvent pallier aux problèmes		x
6	Appliquer, <i>seulement à ce stade, une technique habituelle de génie civil</i> raisonnable et proportionnée	x	x

Gestion ciblée

Dans le cas où la non-intervention est inacceptable, il arrive parfois que des problèmes surviennent à cause d'un manque d'entretien du cours d'eau : grands arbres déchaussés obstruant le gabarit, dépôts de graviers importants sous un pont, etc.

Par des moyens mécaniques relativement simples et une gestion ciblée sur des obstacles particuliers, il est possible, sans grandes interventions correctives, de résoudre beaucoup de problèmes.

Espace de liberté

Dans le même état d'esprit, donner un espace supplémentaire au cours d'eau, avec ou sans intervention technique de terrassement, permet parfois de résoudre de graves problèmes d'érosion et d'inondation.

Beaucoup d'actions de cette nature sont entreprises en Europe sur des cours d'eau qui ont été corrigés dans le passé. De nouveaux tracés de cours d'eau sont redéfinis ou alors on utilise le tracé actuel sur lequel de nombreuses zones d'expansion des crues sont créées.

Les cours d'eau remplissent de nombreuses fonctions importantes, dont les principales exigent d'avoir suffisamment d'espace.

- **Transport d'eau et charriage**

Un cours d'eau avec une largeur appropriée possède la capacité de transporter l'eau et les matériaux solides sans dégâts. Il a aussi un effet régulateur en cas de crue.

- **Création et mise en réseau de biotopes**

Le fond du lit et les zones riveraines offrent des habitats à des communautés animales et végétales spécialisées. Les cours d'eau relient aussi les divers milieux naturels et les biotopes entre eux, favorisant les aspects paysagers et la constitution d'un réseau.

- **Réduction de l'apport des nutriments**

L'aménagement d'une bande de végétation suffisamment étendue permet de limiter considérablement l'apport dans le cours d'eau en substances nutritives et en substances toxiques liées aux activités riveraines.

- **Capacité d'auto-épuration**

Un cours d'eau avec une structure diversifiée est capable de résorber plusieurs substances polluantes et les nutriments.

- **Espace récréatif**

Les cours d'eau proches de l'état naturel présentent un attrait particulier pour les activités de loisirs.

Pour ces diverses raisons hydrauliques, biologiques, chimiques et paysagères, beaucoup de scientifiques et beaucoup de gestionnaires ont exhorté les pouvoirs publics et le monde politique, parfois en vain, à mieux tenir compte de ces aspects d'espace de liberté des cours d'eau.

La méthode utilisée en Suisse définit différents éléments constitutifs du cours d'eau comme le montre la figure 6. Les zones sont basées sur des critères d'ordre hydraulique, écologique et d'usage.

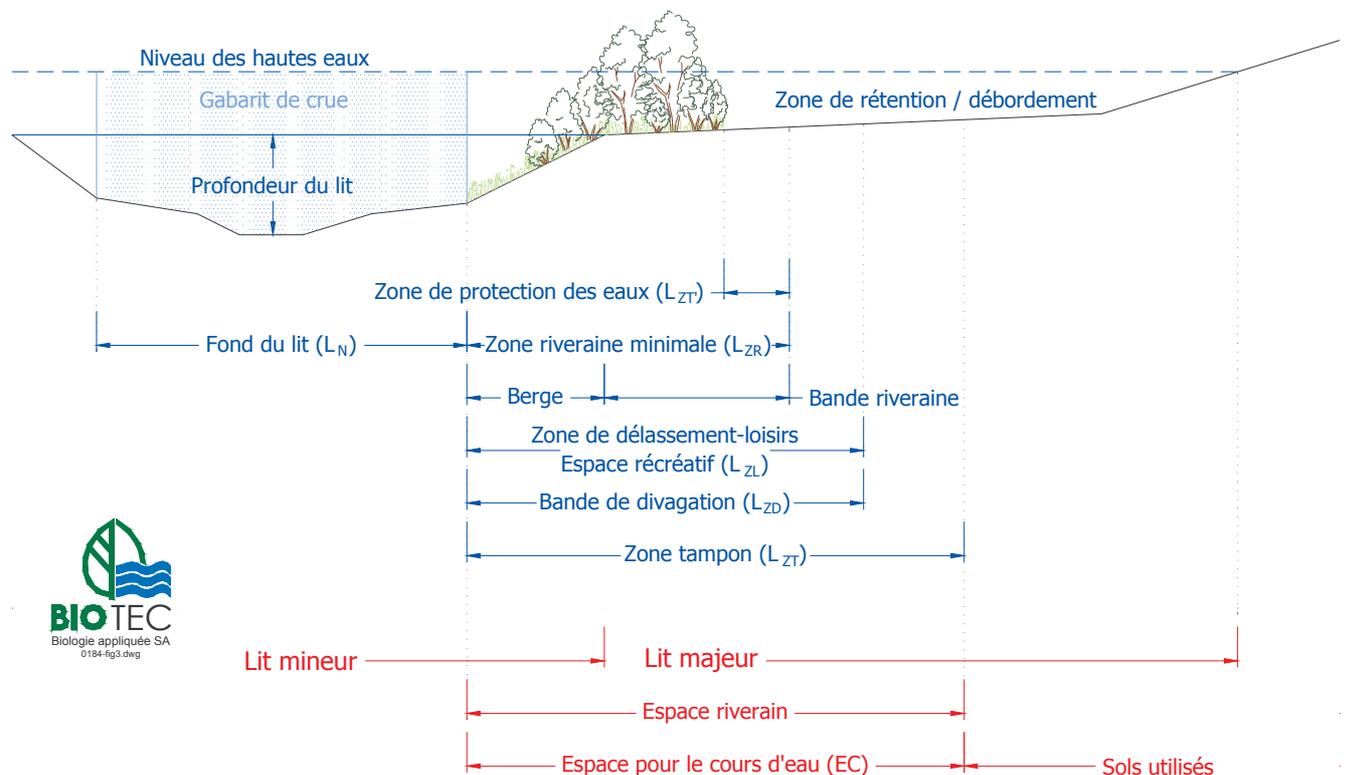


Figure 6. Schéma d'intégration des différents éléments constitutifs d'un espace rivulaire (modifié d'après Heeb, 1999 et OFEG, 1999).

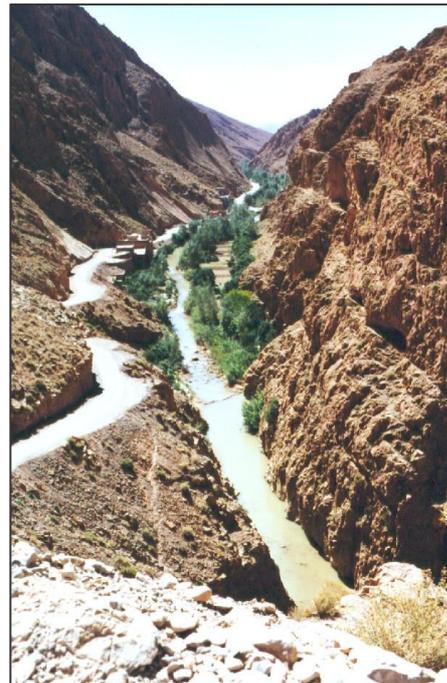
Des formules plus ou moins empiriques permettent de calculer et d'approcher les dimensions adéquates proches des modèles naturels.

Techniques végétales - Génie biologique

Les végétaux étant les premiers matériaux de construction que la nature a imaginés et savamment mis en place (*figures 7 et 8*), on cherchera à utiliser et à combiner au mieux les potentialités racinaires et aériennes des plantes afin de résoudre les problèmes de l'ingénieur et du biologiste.

A part dans les zones alpines et montagnardes, les cours d'eau de plaines coulent généralement au contact de sols sans gros blocs de rochers. On trouve des argiles, des limons, des sables, des graviers, des galets.

Les gros blocs de rochers ne "croissent" pas naturellement au bord des cours d'eau de plaine. Par contre, des végétations typiques, régies par les crues et les nappes phréatiques, ont colonisé, naturellement, les sols riverains et les berges des cours d'eau. La logique naturelle voudrait donc, selon l'endroit où l'on se trouve, qu'on place d'abord de la végétation sur les berges plutôt que des gros blocs stériles.



Figures 7 et 8. Là où il y a de l'eau, la végétation est présente. Il serait faux de croire que l'homme est capable de végétaliser facilement et rapidement la pierre comme seule la nature sait le faire.

Grâce aux techniques issues du génie biologique, il est possible de protéger les berges contre l'érosion et de les stabiliser. Qu'il s'agisse d'intervention ponctuelle d'érosion ou de revitalisation de tronçons de cours d'eau, ces techniques sont très efficaces, souvent peu coûteuses, et elles procurent des avantages écologiques et paysagers sans comparaison avec les techniques habituelles du génie civil.



Figure 9. *La Lère (travaux mars-mai 1996) : déplacement complet du cours d'eau à Réalville dans le cadre de la réalisation de l'autoroute A20 BRIVE-MONTAUBAN (ligne pointillée) pour le compte d'ASF dans le Tarn et Garonne. L'ancien lit de la rivière côtoie, avant réaménagement, le nouveau tracé dont la morphologie initiale a été respectée. Délimite la future autoroute (Photo : MASTER PHOT mai 1996).*

Tout dimensionnement d'ouvrages de stabilisation de berges ou de réaménagement complet de cours d'eau (*figure 9*) devraient s'appuyer sur le modèle naturel (Lachat, 1991 et 1994).

Techniques mixtes

Il existe des cas où les techniques végétales seules ne peuvent convenir pour diverses raisons, par exemple : mauvaise qualité des sols, pollution, régime torrentiel, manque de lumière, manque d'espace sur la berge.

La solution consiste alors à évaluer si une technique mixte, combinaison entre le génie biologique et le génie civil, est réalisable. Si c'est le cas, celle-ci doit parfaitement bien intégrer les deux domaines lors de la construction. Une attention soutenue sera portée aux zones de contact entre les deux types de techniques qui doivent convenablement bien se marier.

Techniques de génie civil

Si, en tout état de cause, il est impossible d'appliquer les points ci-dessus, c'est seulement à ce moment-là, après avoir envisagé toutes les autres possibilités, que des techniques habituelles de génie civil pourront se mettre en place, ceci de façon raisonnable face à l'enjeu et bien proportionné dans son dimensionnement.

3. Les moyens

Selon les nouvelles lois européennes, l'eau n'est plus seulement un bien économique mais aussi un bien social.

Afin de fonctionner au mieux dans l'avenir, il faut agir sur divers facteurs sociologiques :

- l'information;
- la formation;
- la réglementation;
- les moyens financiers.

En terme **d'information**, les scientifiques et les gestionnaires qui développent des solutions, doivent s'attacher à **informer justement** et à permettre de **réglementer judicieusement**.

La Suisse, par exemple, s'est dotée d'une législation cadre assez intéressante, expliquée au public par divers documents informatifs. Certains cantons suisses, ont été plus loin que la loi cadre nationale. Ils ont intégré des principes de revitalisation systématique et se sont dotés de moyens financiers parfois exceptionnels (p. ex. le canton de Genève s'est doté d'un budget annuel de CHF 10 millions (~ 6,7 millions d'euros) pour la revitalisation de ses cours d'eau).

Former, éduquer et sensibiliser les acteurs de l'eau en donnant des **connaissances** et surtout des **compétences**, est également un des plus sûrs moyens de maintenir des cours d'eau en accord avec l'homme et la nature. Un accent particulier sur le développement de la **formation professionnelle initiale** et **continue** devrait constituer une priorité.

La gestion durable de l'eau nécessite sans attendre des choix de société importants, qui bouleverseront passablement les acquis dans ce domaine. Il faudra bien sûr se donner les moyens adéquats.

4. Exemples d'aménagements de berges et de lits

Parmi les très nombreux travaux entrepris pour faire revivre les cours d'eau et réhabiliter les berges, quelques cas sont présentés sous forme illustrée (*figures 10 à 13*).

Figure 10a-g. La Loire à Nantes (France).

Afin de recréer une berge le plus naturel possible à l'entrée de la ville, l'utilisation des techniques végétales issues du génie biologique a été mise en pratique dans des conditions hydrauliques et écologiques très difficiles : marée (pouvant provoquer un marnage journalier de 6 mètres), sel, bouchon vaseux, batillage.



Figure 10a. Le haut de la berge érodé, régulièrement rechargé avec des matériaux de remblais caillouteux, a été complètement envahi par une espèce exotique invasive (*Fallopia japonica*) n'offrant aucune protection contre l'érosion (13.12.96).

©Biotec



Figure 10b. Après débroussaillage et nettoyage de la berge, on voit, à marée basse, l'état de dégradation de la berge peu séduisant dans ce site construit (21.10.97).

©Biotec



Figure 10c. Malgré le fait que les travaux doivent s'exécuter à marée basse, le risque d'enlèvement des machines dans la vase est permanent. En berge, le sol a été partiellement remplacé et préparé de manière à recevoir des végétaux, spécialement adaptés aux conditions de marée (niveaux d'eau) (4.11.97).

©Biotec



Figure 10d. Ouvrage terminé. On distingue les géotextiles de coco qui ont été mis en place et fixés. Des mottes d'hélophytes ont été placées en pied de berge entre les mailles, des ligneux, sous forme de boutures, ont été implantés en sommet de berge de manière à obtenir une zonation végétale typique de la Loire estuarienne (2.12.97).

©Biotec



Figure 10e. Sur un secteur, on voit que le travail des courants de marée et du battage ont malmené la berge durant la 1^{er} saison hivernale qui a suivi les travaux, laissant apparaître des lambeaux de géotextile en coco pourtant très résistant. Un des avantages du génie végétal est une réparation simplifiée. Des compléments en matériaux terreux et la mise en place de nouvelles agrafes de fixation des géotextiles ont été opérés. Ce travail expérimental sera suivi sur plusieurs années (13.3.98).

©Biotec



Figure 10f. Etat de la berge deux saisons végétatives après les travaux (vue amont). Le développement des hélophytes permet de retenir les vases lors du retrait de la marée. Cela contribue à structurer le paysage et à diversifier les séries végétales selon les modèles naturels (9.9.99).

©Biotec



Figure 10g. *Vue du site dans le sens aval montrant une installation tout à fait fonctionnelle des hélrophytes en pied de berge et des saules à mi-berge (9.9.99).*

©Biotec

Figure 11a-g. La Lère (France).

Dans le cadre de la construction de l'autoroute A20, Cahors-Montauban, dans le sud-ouest de la France, un déplacement du cours d'eau "La Lère" a été nécessaire. Celui-ci a été opéré à l'aide de techniques du génie biologique dans un contexte de pluies et de crues aussi soudaines que violentes.



Figure 11a. Vue aérienne du site. Le nouveau tracé du cours d'eau (1) épouse le plus parfaitement possible l'ancien tracé (2). Les lignes délimitent la future autoroute.

©Master Phot



Figure 11b. Selon un modèle naturel, les berges en intrados ont été terrassées en très faible pente. Seules les courbes extérieures ont été protégées avec des techniques végétales (18.3.96).

©Biotec



Figure 11c. Mise en place des techniques végétales. Ici une fascine de saules, avant la mise en eau du nouveau cours d'eau (25.3.96).

©Biotec



Figure 11d. Les premières crues ont confirmé les hypothèses de projet, à savoir la non nécessité de stabiliser les rives convexes avec des techniques particulières. En effet, on observe que les dépôts de graviers, liés à la dynamique alluviale, se font naturellement là où ils avaient été prévus, soit à la fin des ouvrages de génie végétal (flèche) (7.6.96).

©Biotec



Figure 11e. Début de croissance des végétaux mis en place, avec en arrière-plan, l'autoroute en construction (12.9.96).

©Biotec



(24.9.97) ©Biotec



(26.8.98) ©Biotec

Figure 11f-g. Après respectivement 1 et 2 saisons végétatives après les travaux, le cours d'eau nouveau et construit de toutes pièces présente déjà des fonctions écologiques et paysagères acceptables, s'approchant du modèle naturel.

Figure 12a-g. Le Rhône à Lyon (France)

Déplacement de la rive gauche du Rhône en ville de Lyon et stabilisation en techniques végétales d'un remblai pour la construction d'un boulevard péri-urbain.



Figure 12a. Etat initial du remblai avant les travaux de génie végétal (16.6.93).
©Biotec



Figure 12b. Mise en place des techniques végétales en bas de berge, ici des couches de branches et du géotextile (24.1.94).
©Biotec



Figure 12c. Fin des travaux portant sur plus de 600 m de berge. Une répartition des ligneux a été opérée selon les séries végétales observables sur le Rhône (14.3.94).
©Biotec



Figure 12d. Vue d'ensemble de la protection de la berge, 6 mois après la fin des travaux. L'ancien palais des congrès et Interpol sont visibles sur la droite (27.9.94).
©Biotec



Figure 12e. L'ouvrage de génie végétal offre, maintenant, des caractéristiques biologiques très fonctionnelles, des caractéristiques paysagères et récréatives très prisées (pêcheurs et promeneurs) et, techniquement, une garantie idéale et durable contre l'érosion de la berge (11.9.98) !

©Biotec



Figure 12f. Le même endroit lors d'une crue du Rhône. Le castor est un hôte de marque sur ce site (13.9.98). (dia n° 1998.2161)

©Biotec

5. Deux grands projets de restauration de cours d'eau en Suisse

5.1. L'Aire - Canton de Genève

La trace rectiligne du cours d'eau offre actuellement aux riverains et promeneurs une image figée de ce cours d'eau, domestiqué au début du 20^{ème} siècle essentiellement pour se protéger de ses débordements.

Cependant la correction de l'Aire pose aujourd'hui plus de problèmes qu'elle n'en résout.

Coincée dans son corset de béton, la rivière Aire est devenue gravement malade : elle souffre aujourd'hui d'une grande pauvreté biologique. L'altération de son eau et de ses rives rend pratiquement impossible le développement de la flore et de la faune aquatiques.

Pour des raisons sanitaires, la pêche sportive, la baignade et les pompages sont interdits dans l'Aire depuis 1982, suite à un arrêté du Conseil d'Etat.

En 1995, les conclusions de l'étude transfrontalière consacrée à la revalorisation du bassin de l'Aire ont confirmé ce triste constat.

Les cours d'eau situés en zone suburbaine sont souvent l'objet d'attentes contradictoires venant de milieux divers. Les interactions entre l'aménagement du territoire, le domaine bâti, la zone rurale et la renaturation des cours d'eau nécessitent une collaboration pluridisciplinaire étroite afin d'élaborer un projet susceptible de satisfaire l'ensemble des partenaires concernés.

Dans cette optique, le département de l'intérieur, de l'agriculture, de l'environnement et de l'énergie a décidé d'entreprendre l'étude de revitalisation du cours d'eau de l'Aire en ouvrant une procédure dite de "mandats d'étude parallèles" au sens des normes de la Société des ingénieurs et architectes.

Quatre groupes pluridisciplinaires ont été retenus pour élaborer durant 4 mois un projet devant respecter les objectifs du cahier des charges en matière de territoire, de paysage et d'aménagement, d'hydrologie et de morphologie, de protection des biens et des personnes contre les crues, d'entretien du cours d'eau, et enfin de nature et de faune.

En janvier 2001, un jury réunissant des experts dans les domaines précités, des représentants des communes riveraines, de l'agriculture et d'associations de protection de la nature, a relevé la très bonne qualité des projets qui répondent pour l'essentiel, aux objectifs imposés.

Parmi les 4 projets présentés, c'est celui du groupe Superpositions (G. Descombes - Architectes; ADR - Architectes; Léman-Eau - Ingénieurs et BIOTEC - Ingénieurs-biologistes) qui a été retenu.

Ce projet se distingue notamment sur les points suivants :

- Ouverture très généreuse du paysage sur la rivière.
- Conservation de la trace historique du canal en créant des "jardins" représentatifs des espèces végétales présentes après renaturation du site.
- Promenade sur tout le tracé du cours d'eau tenant compte également de la protection des lieux sensibles.

Les travaux de réalisation d'un tronçon pilote ont débuté en 2002.

Quant au projet d'ensemble de revitalisation de l'Aire, sa réalisation pourra être envisagée par étapes sur une période de 5 à 8 ans.



Figure 13. Projet de revitalisation de l'Aire : 4.5 km de renaturation de rivière intégrant nature, agriculture, paysage, aménagement, fonctions et usages du cours d'eau, loisirs et détente.

5.2. La Flaz - Canton des Grisons, Samedan

Jusqu'en 1870, la Flaz serpentait en formant des méandres dans la plaine de Samedan, qui a été formée par des sédiments déposés par le glacier et transportés par les rivières.

Malgré les premières constructions de digues, des inondations atteignaient toujours le village et provoquaient de gros dégâts. Les années 50 du siècle dernier marquèrent l'histoire de Samedan en tant que "Siècle des crues" (avec les inondations de 1951, 54, 55, 56 et 57). Les digues construites en 1956-58 purent protéger Samedan des inondations pendant de nombreuses années. Les canaux de la Flaz et de l'Inn, dont la capacité avait été soigneusement calculée à l'époque, se sont avérés entre temps trop petits.

Pourquoi ?

Lors de la crue de 1987, des craintes sont apparues pour la première fois depuis la construction de la digue de 1958 qu'une crue extraordinaire puisse dépasser la capacité du canal. Des études ont démontré par la suite qu'hommes et bâtiments sont en danger à Samedan. C'est pourquoi le Gouvernement des Grisons introduisit de larges zones interdites à l'habitat pour les secteurs dangereux et fixa à la commune un délai jusqu'à la fin 2005 pour supprimer ces dangers. Dans une étude de faisabilité, toutes les mesures de protection concevables ont été examinées, telles que des nouvelles digues dans le Val Roseg et à Morteratsch, la retenue des eaux des lacs de Haute-Engadine ou la construction de bassins de rétention. Enfin, deux variantes se sont avérées réalisables :

- 1) augmentation du canal existant avec évacuation supplémentaire en cas de crue dans la plaine de l'aéroport;
- 2) déplacement de la Flaz.

La grande majorité des votants de Samedan se sont décidés pour le déplacement de la Flaz avec renaturation de l'Inn, solution optimale du point de vue écologique.

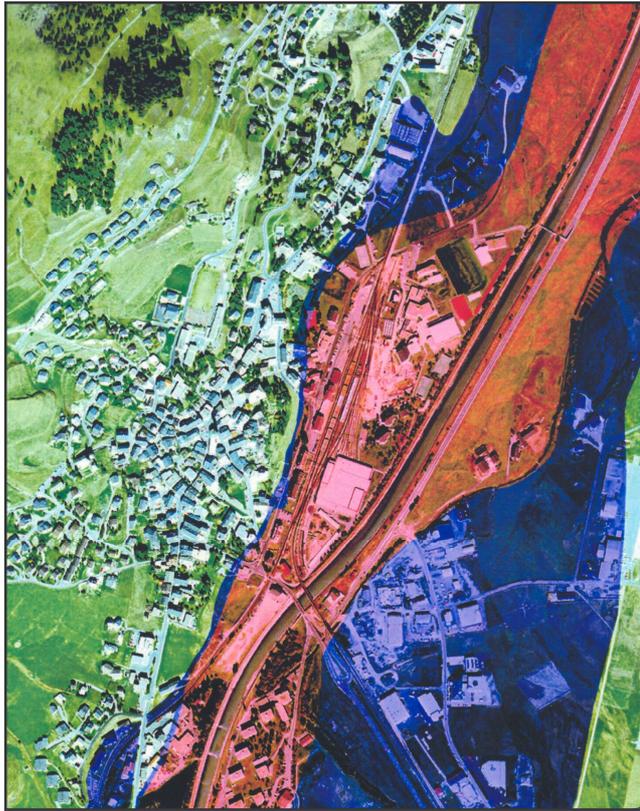


Figure 14. Zones d'inondation et secteurs fortement menacés par différents types de crues. Carte des dangers.

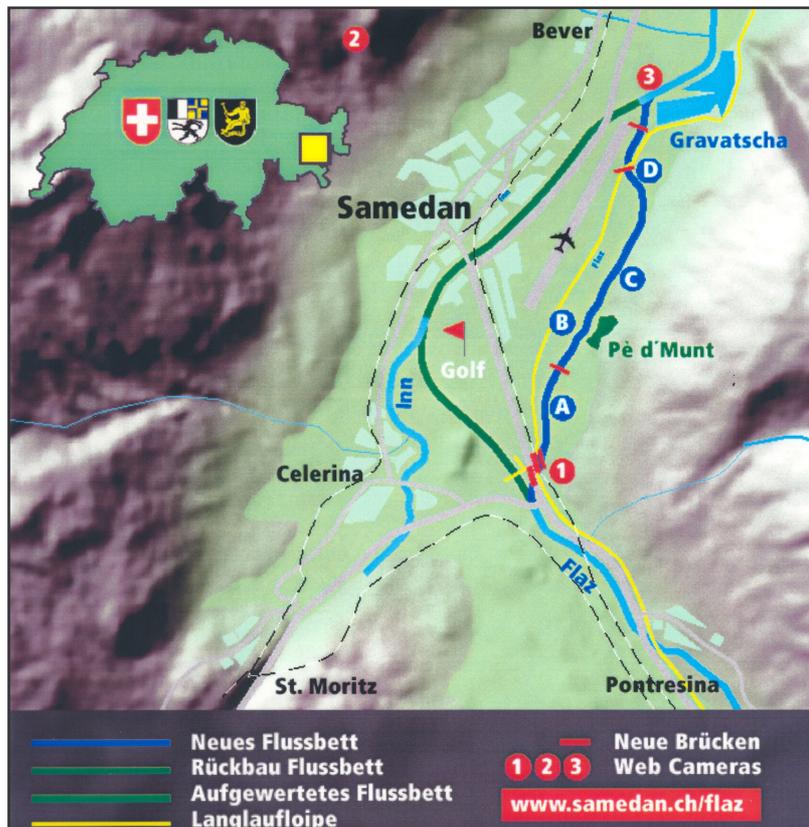


Figure 15. Schéma succinct du projet.

Pour la faune et la flore

Lors de la construction du nouveau lit de la rivière, l'accompagnement écologique se penchera soigneusement sur la faune et la flore. De précieux espaces de vie seront préservés et d'autres créés.

L'ancienne construction rigide de l'ancien canal de la Flaz, entre Punt Muragl et sa jonction avec l'Inn, sera démolie et restaurée avec des bois et des pâturages. Pour l'Inn également, fortement construite, des améliorations écologiques seront entreprises. Les digues seront redimensionnés à la baisse et le canal sera aménagé le plus naturellement possible.

Agriculture

Le déplacement de la Flaz nécessite 17 ha de terrain. Grâce à l'attitude compréhensive des agriculteurs, l'espace nécessité a pu être obtenu par une revalorisation de pâturages en champs et échangé. Simultanément, les surfaces des exploitations ont été complétées, ce qui facilite leur travail.

Participants

La collaboration entre la Confédération (OFEG), le Gouvernement et offices cantonaux du canton des Grisons (particulièrement le Département des travaux publics - secteur des constructions hydrauliques)* et des communes voisines, ont largement contribué à la réussite de ce projet considérable. Les hautes exigences de l'environnement ont été discutées depuis le début avec la commission écologique composée de représentants d'organisations environnementales, d'associations locales (pêche, protection des oiseaux), d'offices cantonaux concernés (environnement, aménagement du territoire, nature et paysage, bois et forêt) ainsi que de représentants de la commune. Ainsi, cette commission a pu proposer des solutions déjà pendant la première phase de planification.

* *Remerciements à M. André Bischoff, Abteilungschef, pour la documentation.*

6. Conclusion

Lors d'un aménagement ou d'une revitalisation de cours d'eau, une logique naturelle d'intervention doit prévaloir, basée en premier lieu sur l'analyse d'une variante zéro, c'est-à-dire la non-intervention si cela est possible. Dans toute action, le respect du cours d'eau est fondamental.

Les notions de revitalisation, restauration, renaturation, revalorisation qu'on peut lire dans la littérature à propos du cours d'eau, revêtent différents aspects d'intervention. Les notions modernes d'approche des cours d'eau ne sont pas une mode, mais bien une alternative à un héritage très lourd à gérer et absolument pas garant d'une sécurité absolue. Malgré le fait qu'on soit encore en recherche dans la compréhension de certaines lois de dynamique, il est aujourd'hui possible de proposer des méthodes permettant de déterminer l'espace de liberté nécessaire au cours d'eau. Ceci autorise à agir rapidement avant que les cours d'eau n'aient atteint des seuils d'irréversibilité.

Donner de l'espace au cours d'eau devrait devenir une règle absolue en matière d'aménagement, ceci non seulement dans des perspectives écologiques, incontournables, mais aussi, tout simplement, pour des questions de sécurité face aux inondations notamment.

Un aménagement de cours d'eau réussi est un aménagement où quelques années après les travaux, toute trace d'une intervention humaine aura été effacée. Car, qui peut prétendre réaliser de plus beaux cours d'eau que ceux que l'évolution naturelle a façonné avec leurs sinuosités, leurs jeux d'alternances de formes et de lumières et leur foisonnement de vie sauvage ?

Nos sociétés sont aussi à l'aube d'un changement radical de comportement face à l'eau qui n'est plus uniquement un bien économique. Différents moyens, notamment l'information, la formation, la réglementation et des finances adéquates, doivent être mis en action de façon efficace pour permettre de continuer à vivre avec de l'eau de qualité et une nature agréable à l'homme.

7. Bibliographie - références

- Begemann W. & Schiechl H. M. 1986. - Ingenieurbiologie. Handbuch zum naturnahen Wasser- und Erdbau. Bauverlag. Wiesbaden und Berlin. 261 p.
- Burel, F. & Baudry, J. 1999. Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. Ed. TEC & DOC. 359 p.
- Frossard, P.-A., Lachat, B. et Paltrinieri, L. 1998. Davantage d'espace pour nos cours d'eau. Contribution à la protection de la nature en Suisse. Nr. 20. Pro Natura, éd. 48 p.
- Gray D.H. & Leiser A.T. 1982. - Biotechnical slope protection and erosion control. Krieger Ed. 271 p.
- Heeb, J. 19. Welchen Raum brauchen Fließgewässer ? Mitt. zur Fischerei Nr. 58 : 43-48.
- Jackson, J.B. 1984. - Idées et réalités du paysage.
- Lachat B. 1991a. - Le cours d'eau - Conservation, entretien et aménagement. Série aménagement et gestion n° 2. Conseil de l'Europe. Strasbourg. 84 p.
- Lachat B. 1991b. - Hydroécologie et génie biologique - les fondements de l'aménagement des cours d'eau. SIA Ingénieurs et architectes suisses. 24, pp. 503-510.
- Lachat, B., en coll. avec Adam, P., Frossard, P.A., et Marcaud, R. 1994. Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. Ministère de l'Environnement.
- Lachat, B., 2000. Les techniques du génie végétal : une nouvelle approche pour mieux respecter nos rivières ? Actes du séminaire transnational du 3 mars 1999 à Beckerich (Luxembourg). Fondation Oeko-Fonds : pp. 19-32.
- Lachat, B., Frossard, P.-A., Kirchhofer, A. et Roulier, C. 2001. Zones alluviales et revitalisation. L'OFEP vous informe - Dossier zones alluviales. Fiche n° 5. 12 p.
- Lewis G. & Williams G. 1984. - Rivers and wildlife Handbook : a guide to practices which further the conservation of wildlife on rivers. RSPB, RSNC. 296 p.
- Morgan R.P.C. & Rickson R. J. 1995. - Slope Stabilization and Erosion Control. A Bioengineering Approach. E & FN Spon Ed. 274 p.

Naiman, R.-J., Décamps, H. et Pollock, M. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological applic.* 3(2) pp. 209-212.

OFEG. 1999. Festlegung und Sicherung des Raumbedarfs von Fließgewässern. Note interne. 11 p.

OFEG. 2000. Réserver de l'espace pour les cours d'eau 20. Plaquette. Dépliant Berne.

Regione Emilia-Romagna 1993. - Manuale tecnico di ingegneria naturalistica. 256 p.

Schiechl H. M. 1973. - Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. Grundlagen Lebende Baustoffe Methoden. Verlag Goerg. D. W. Callwey, München. 244 p.

Tabacchi, E. et Tabacchi, A.M. 1994. La végétation riveraine et la gestion des systèmes fluviaux. *Revue de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne*. Numéro spécial 60 : 31 - 38.

Wasson J. G., Malavoi J.R., Maridet L., Souchon Y. & Paulin L. 1995. - Impacts écologiques de la chenalisation des rivières. Cemagref, Epteau, Ministère de l'Environnement. Lyon et Paris. 168 p.

De nombreux exemples seront donnés sous forme illustrée à l'aide de diapositives.

Texte fr baena.doc/02.10.02