

Hydroécologie et génie biologique: les fondements de l'aménagements des cours d'eau

Autor(en): **Lachat, Bernard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **117 (1991)**

Heft 24

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77686>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hydroécologie et génie biologique

Les fondements de l'aménagement des cours d'eau

Introduction

Modelés au gré des intempéries et selon la consistance des terrains qu'ils traversent, les cours d'eau présentent une multitude de différences qui confèrent à chacun d'eux sa « personnalité ».

PAR BERNARD LACHAT,
VICQUES

Mais l'allure d'un cours d'eau dépend également des actions de l'homme. Très souvent négligés, puis trop souvent corrigés, les cours d'eau de la plupart des pays industrialisés subissent les assauts de la technologie et les tronçons demeurés encore naturels et sauvages diminuent inexorablement.

L'intérêt économique immédiat guide nos actions sur l'environnement. L'évolution de nos modes de vie et de pensée ainsi que nos comportements sociaux appauvrissent, depuis une cinquantaine d'années, une multitude de milieux naturels, avec pour conséquence l'uniformisation, la banalisation. Les cours d'eau n'échappent, hélas, pas à cette règle.

Valeur biologique des cours d'eau

Les premières cellules vivantes sont apparues dans l'eau. Puis, la vie n'a cessé d'exister et d'évoluer dans cet élément. Depuis des millions d'années et jusqu'à nos jours, une infinie variété de formes animales et végétales n'a jamais quitté l'eau.

Tributaires de conditions climatiques, morphologiques et d'écoulement particulières, certaines formes de vie ont évolué et se sont développées en communauté : les biocénoses, qui vivent en étroite interdépendance avec le milieu physique, le biotope.

Les relations existant entre ces êtres vivants, et avec leur milieu, forment une unité fonctionnelle appelée écosystème. Qu'intervienne la modification d'un des composants d'un tel écosystème et c'est l'ensemble vivant qui en subit les perturbations.

L'écosystème « cours d'eau », formé par l'eau, le lit, les berges et les rives, procure quantité d'habitats diversifiés

à un grand nombre d'organismes vivants.

Certaines catégories d'êtres vivant dans les cours d'eau, nommés bio-indicateurs, répondent, par leur présence ou leur absence, de façon prononcée aux modifications de leur environnement. Ils fournissent, de ce fait, d'excellentes informations complémentaires aux analyses chimiques et physiques. Celles-ci, bien que théoriquement plus précises, ne sont guère significatives qu'au moment et à l'endroit exacts où elles sont exécutées, contrairement aux bio-indicateurs dont la dynamique, plus ou moins rapide selon les événements et les espèces, permet de mieux saisir les influences sur la vie et les effets sur l'ensemble du cours d'eau.

Les méthodes d'analyses hydroécologiques sont nombreuses et variées. Un standard, largement utilisé en Europe, est constitué par l'Indice de qualité biologique générale (IQBG), mis au point par Verneaux *et al.* [1]¹, qui a évolué depuis vers l'« IBG » [2], développé en une norme française AFNOR en 1985.

Ces indices, basés sur une note maximale de 20 pour traduire une excellente qualité et de 0 pour définir l'absence de vie, permettent de mettre en évidence certains phénomènes, pour autant qu'un suivi régulier puisse s'effectuer. Une étude de la Sorne, par exemple, commencée en 1975 par Sor-najac [3] et poursuivie par l'Office des eaux du canton du Jura [4] avec l'aide de trois biologistes et du bureau Biotec, montre (fig. 1) que la variation temporelle des indices de qualité biologique peut être imputable à trois grandes causes artificielles (fig. 2) :

- les pollutions (sous toutes leurs formes)
- les variations et les prélèvements brusques d'eau
- les atteintes à la morphologie.

Parmi ces causes, le problème des pollutions se règle petit à petit avec la mise en place de systèmes, plus ou moins efficaces, limitant les arrivées sales dans les cours d'eau. Le problème des débits devrait, du moins en partie, être un peu mieux géré qu'actuellement, par une nouvelle loi sur la protection des eaux. Quant à la morphologie, les idées évoluent aussi lentement et restent encore souvent très rigides.

Ce n'est donc que dans une pure optique d'amélioration de la morphologie du lit, des berges et des rives que nos propos s'inscrivent, en sachant pertinemment que les problèmes de débit et de pollution doivent trouver leurs solutions.

Morphologie : l'illusion optique

Dans la plupart des corrections actuelles de cours d'eau, les anciens principes hydrauliques d'absolue rigueur se transforment légèrement en des ensembles plus rustiques qui n'en restent pas moins excessivement éloignés d'un véritable cours d'eau naturel : le pavé-gazon ou les remparts de rondins remplacent les lits de plantes nageantes ou semi-aquatiques ; les blocs rugueux cimentés prennent la place des murs en béton ou pérés lisses, mais les enrochements camouflent toujours des sols qui, aménagés naturellement, seraient stables à l'échelle humaine. Même si parfois elles constituent une légère amélioration par rapport à une situation antérieure, certaines de ces interventions très « lourdes » sont considérées, à tort, comme des modèles écologiques. Une simple analyse, ne serait-ce que végétale, fournit une preuve irréfutable de la pauvreté biologique de telles interventions (fig. 3 et 4). La structure du lit et les habitats sont souvent simplifiés à outrance [5]. La caractéristique essentielle d'un cours d'eau naturel réside dans sa complexité et sa diversité, tant au niveau physique et chimique que biologique. Or, comme tout être vivant, les biocénoses, poissons compris, ne peuvent s'installer dans un cours d'eau spécifique que si les conditions écologiques requises sont réalisées.

Un cours d'eau doit donc offrir une mosaïque d'éléments physiques divers pour permettre l'établissement de communautés vivantes variées. L'hétérogénéité et la diversité sont essentielles d'un point de vue morphologique, pour assurer le maintien, le développement et le respect d'un écosystème, même si cela ne simplifie en rien les calculs hydrauliques.

L'édifice végétal des cours d'eau

Le règne animal n'est pas le seul à avoir occupé l'espace des cours d'eau. Le monde végétal s'y est installé aussi de manière spéciale.

Mis à part les situations apicales montagnardes et alpines ou alors la traversée sur des bancs rocheux et des éboulis de pentes, les cours d'eau ne possèdent pas, naturellement, de structure à base de blocs de rocher. Au contraire, selon les cas, une végétation typique s'y développe, du centre du lit mineur jusqu'au bord du lit majeur. Régie par des conditions hydriques et hydrauliques particulières liées à la nature du cours d'eau, la végétation implantée

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

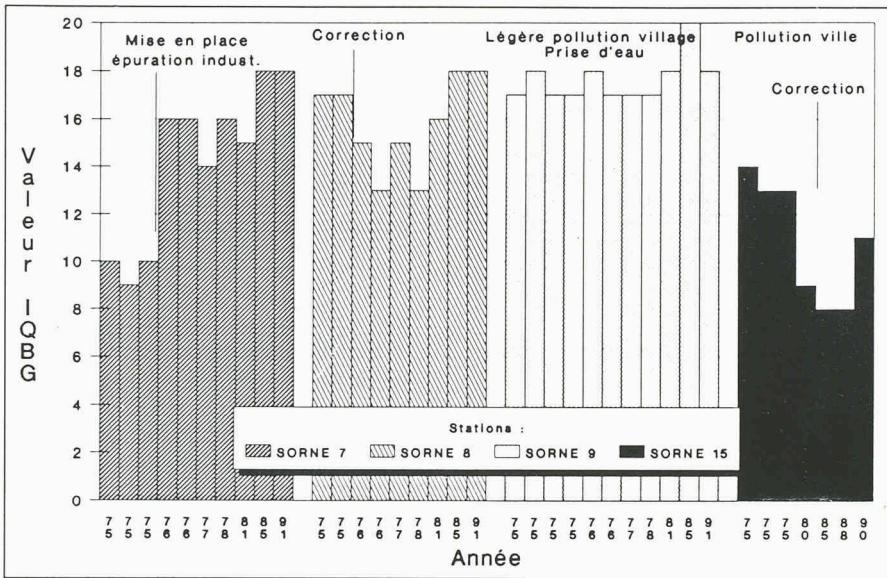


Fig. 1. – Evolution temporelle de l'indice de qualité biologique sur quatre stations de la rivière Sorne (Jura), d'amont en aval.

Sorne 7: La mise en place d'un système de dépollution plus ou moins efficace dans une petite usine a permis d'améliorer avec effet immédiat la qualité du cours d'eau.

Sorne 8: Une correction drastique effectuée au début de 1976 à l'aide d'enrochement sur 500 m a détruit les habitats. Malgré quelques « améliorations » de la morphologie à l'aide de petits épis et de blocs épars, l'indice n'est remonté à sa valeur originelle que dix ans plus tard et reste toujours très fragile, bien que l'amont se soit amélioré dès 1976 (migration des larves par « drift ») et que l'aval soit d'assez bonne qualité (migration des imagos par vol amont).

Sorne 9: Une légère pollution ménagère et une prise d'eau en amont, ne laissant dans la Sorne que 300 l/s de restitution, occasionnent des perturbations. Cependant, les échantillonnages IQBG étant faits en étiage, le prélèvement d'eau pour la production électrique est très faible, ce qui ne perturbe pas trop les biocénoses à cette époque. De plus, de nombreux apports d'eau karstiques et une bonne morphologie du lit et des berges compensent dans une certaine mesure ces effets négatifs.

Sorne 15: La mauvaise qualité des eaux s'explique par le fait que cette station, la plus en aval sur la Sorne, présentait une pollution chronique liée au manque d'épuration des eaux ménagères et des rejets industriels. De plus, en 1983, un curage du lit et le dégarnissage des berges boisées pour retrouver un ancien péré ont fait chuter l'indice de qualité de la Sorne qui n'est jamais remonté à son ancien niveau. Actuellement, la morphologie du lit tend à s'améliorer légèrement par dépôts de nouveaux bancs de galets, déterminant ainsi des chenaux étroits en étiage avec suffisamment d'eau pour la vie aquatique. La mise en place partielle des collecteurs d'eaux usées permet d'imaginer aussi une remontée de l'indice de qualité, qui semble s'annoncer sur le prélèvement de 1990. Cependant, les atteintes ont été graves au cours des décennies précédentes.

naturellement se distribue en séries plus ou moins bien marquées (fig. 5), influencées également par des paramètres climatiques subtils et par des facteurs pédologiques variés. Compte tenu de cet environnement hostile, les plantes aquatiques et rivulaires ont dû développer, du moins pour la plupart, des systèmes racinaires hautement performants, constituant ainsi des modèles de stabilisation.

La matière végétale étant vivante, elle est par définition sujette à des modifications aléatoires rapides, capable d'évolution et de croissance, et fortement influençable par son environnement. Par conséquent, il n'est pas possible de la mettre en équation, contrairement à la matière inerte.

Malgré tout, en matière de protection des sols riverains avec l'aide des végétaux (voir plus loin), l'approche empirique basée sur des connaissances biologiques et hydrauliques est fiable et, vraisemblablement, une des seules à être valable.

Dans les applications pratiques, les végétaux seront considérés avant tout comme des matériaux de construction avec l'avantage d'être vivants et non plus comme des éléments cosmétiques plantés au ruban métrique, sans autre intérêt que de décorer.

Un autre aspect fonctionnel des cours d'eau, fondamental d'un point de vue écologique, est l'effet « corridor » engendré par le lit mineur et les berges végétalisées [6]. Aussi bien pour des déplacements locaux que pour des transits de migration, la faune terrestre et aquatique utilise le cours d'eau comme couloir de déplacement, au même titre que l'homme se sert d'une route. La structure et la composition des cordons boisés s'avèrent donc primordiales pour un fonctionnement biologique optimal.

Les cours d'eau naturels: une question de principes

Aménager un cours d'eau n'est pas qu'une simple affaire de calculs hydrauliques. Une connaissance des fonctions biologiques est nécessaire à l'élaboration des concepts d'intervention. Une analyse fine de l'ensemble du cours d'eau selon des critères hydroécologiques s'avère aujourd'hui indispensable [7]. Des concepts et des approches pratiques de synthèse avaient été décrits en 1982 par les services de la Confédération [8]. Pour mener à bien la conception d'un aménagement naturel ou d'une revitalisation, on peut émettre les nouvelles directives complémentaires suivantes [9]:

- le cours d'eau, dans son ensemble, c'est-à-dire avec son lit, ses berges, ses rives, ses nappes et son bassin versant, forme un tout et doit être analysé globalement;

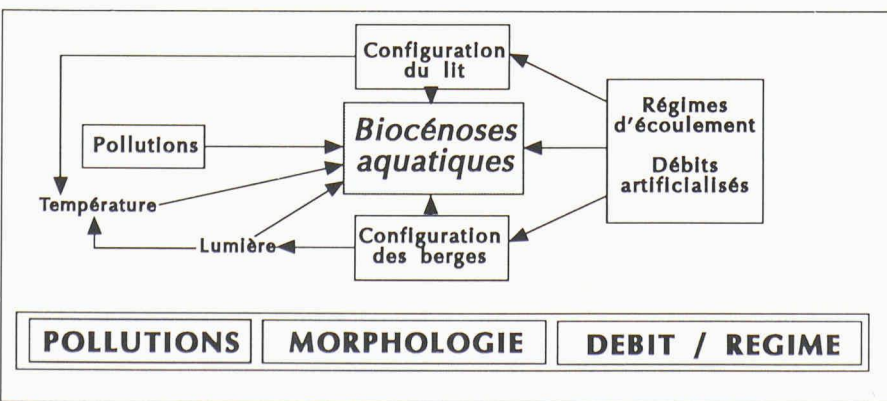


Fig. 2. – Causes principales affectant l'édifice vivant que sont les cours d'eau.

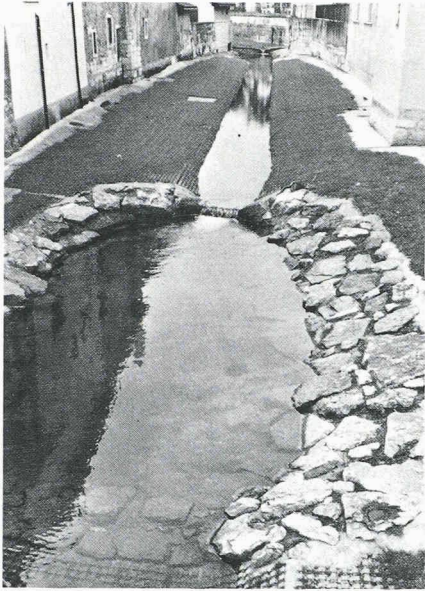


Fig. 3. – Le Creugenat à Porrentruy. Malgré le fait que ce cours d'eau ne coule que temporairement dans son lit, il présentait, avant sa correction (notamment en amont), une morphologie assez sauvage avec une riche végétation et des restes d'eau se présentant comme de petits étangs. C'est là que les enfants faisaient leurs premières armes dans la nature au contact de la « jungle », des batraciens et des insectes aquatiques. Une étude a montré qu'il n'y avait pratiquement pas de moustiques piqueurs dans ces pièces d'eau à l'époque. La correction, en pavé-gazon, liée à une épuration nécessaire, a plus ou moins complètement aseptisé le coin où plus personne ne va, malgré une touchette verte.

- le cours d'eau est un élément naturel dynamique d'un point de vue chimique, physique et biologique; il faut le garder libre d'immissions polluantes, d'obstacles artificiels perturbants, infranchissables;
- le cours d'eau a besoin de place; on s'efforcera de lui donner l'espace nécessaire au maintien de son comportement sauvage;
- le cours d'eau naturel tend à montrer une diversité maximale d'habitats et de faciès fonctionnels; on s'attachera à maintenir, à reconstituer ou à augmenter cette diversité;
- chaque cours d'eau possède sa « personnalité », ses spécificités; on adaptera la solution d'aménagement à cette individualité;
- sur un cours d'eau, les travaux d'entretien et d'aménagement se feront de façon pondérée, en accord avec les cycles faunistiques et floristiques;
- si des mesures techniques doivent être prises pour lutter contre des dégâts dus aux cours d'eau, on préférera des solutions hydroécologiques et biotechnologiques aux autres;
- enfin, le cours d'eau étant un élément naturel complexe, une ap-



Fig. 4. – La Lienne à Saint-Léonard (VS). La destruction des structures morphologiques passe même par des enrochements bétonnés devant... des parois rocheuses.

proche multidisciplinaire, intégrant les sciences de l'ingénieur, du biologiste, du géologue et, le cas échéant, du paysagiste, est souhaitable.

Une autre problématique importante à aborder est celle liée aux exigences agricoles, peu souples, et à l'intransigeance de la plupart des riverains. Avec le recul, il semble que vouloir prendre comme limites cadastrales un élément géomorphologique mobile soit une erreur qu'il faut corriger.

Le cours d'eau, élément dynamique du paysage, doit être soustrait au carcan rigide d'une délimitation parcellaire ou d'un abornement trop exigus. Pour les cours d'eau, la ligne droite n'existe pas. Ainsi, l'ensemble, c'est-à-dire le lit, les berges et une bonne portion du lit majeur, devrait être attribué au domaine public selon la configuration géographique naturelle. De même, la disparition d'un ruisseau mis sous tuyau correspond généralement à la suppression d'une parcelle sur les plans officiels et, par conséquent, à un gain de terres pour une exploitation. Le retour à une situation ancestrale naturelle, avec un cours d'eau à ciel ouvert, s'avère extrêmement difficile puisque la surface due au cours d'eau n'existe plus, ce qui provoque un blocage de la part des propriétaires (fig. 6).

Les techniques de construction végétales du génie biologique

Pour résoudre des problèmes d'érosion et du même coup recréer une zonation végétale naturelle qui soit techniquement et biologiquement fonctionnelle, des méthodes végétales de construction très efficaces et dont les principes de base ont été décrits à plusieurs occasions [5], [9], ont été développées par le génie biologique. Le domaine du génie biologique des

cours d'eau traite de la participation des végétaux à la fonction mécanique recherchée pour résoudre les problèmes de l'ingénieur. Les effets consolidants et stabilisants des racines sont utilisés comme armature avec, en plus, le développement d'un effet drainant. Les procédés du génie biologique protègent les sols contre l'érosion, les glissements et la désagrégation dus aux intempéries, par l'utilisation de plantes vivantes entières ou de certaines de leurs parties. Selon les problèmes à résoudre ou les améliorations à apporter à un ouvrage, les techniques du génie biologique peuvent utiliser d'autres matériaux que la matière vivante (par exemple, les géotextiles, le bois mort, les blocs). Dans tout projet, il y a lieu de déterminer quelles berges ou rives doivent être conservées dans leur état et lesquelles doivent être améliorées totalement ou partiellement, selon un plan d'intervention conforme [7]. Suivant le contexte et les contraintes environnantes, des berges sapées ne doivent pas obligatoirement être modifiées.

Les techniques de base des constructions végétales peuvent se regrouper en diverses catégories [5], [9], [10], [11]. Une classification systématique peut s'élaborer sur la base de la fonction de l'ouvrage ou du matériel employé pour le réaliser. Un classement basé sur la fonction portera sur la protection du lit, du pied de berge, de la berge et sur la restauration (ou revitalisation). Une classification liée aux matériaux distinguera des ouvrages faits de matériaux inertes, morts, ou vivants, ainsi que leur combinaison possible.

Plusieurs types d'ouvrages peuvent remplir des fonctions identiques et être faits de matériaux différents. C'est pourquoi une classification rigoureuse

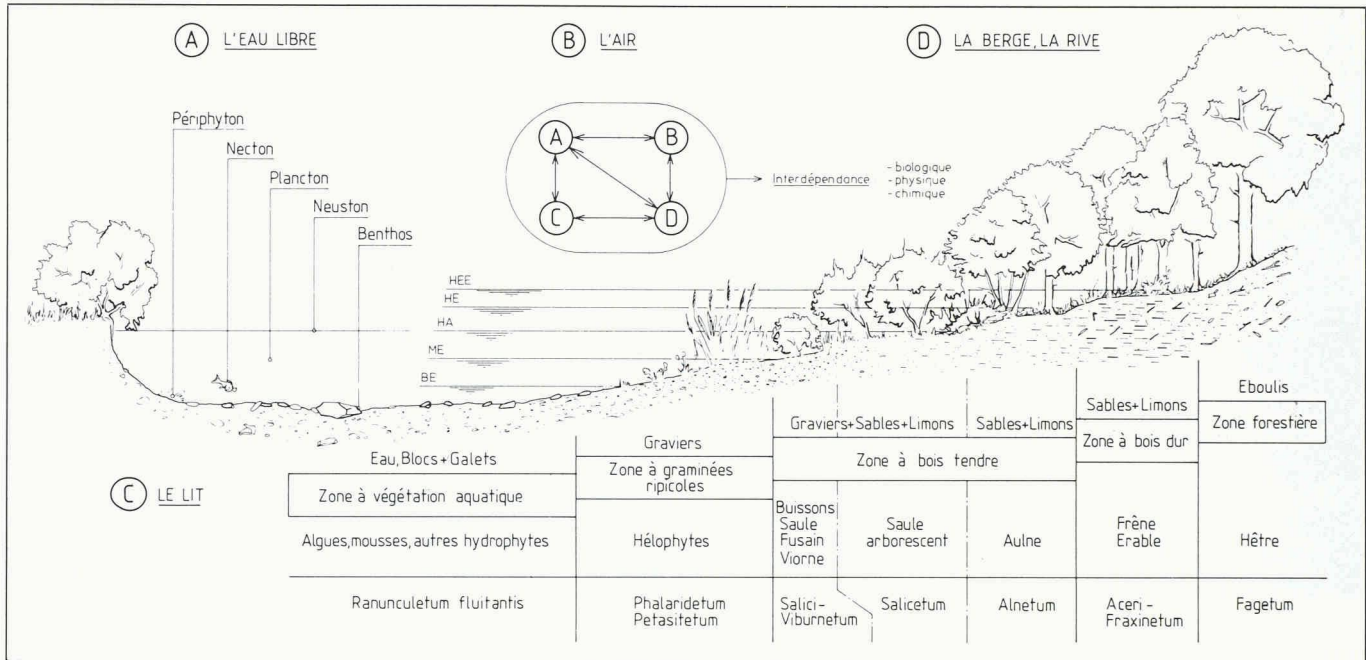


Fig. 5. – Zonation transversale en séries typiques d'un bord de cours d'eau (exemple: le Doubs franco-suisse, d'après [5]). Niveau d'eau: HEE: hautes eaux exceptionnelles; HE: hautes eaux; MA: moyen annuel; ME: moyen été; BE: basses eaux.

n'est pas toujours possible, d'autant que des coutumes locales se sont transmises oralement avec des dénominations bien particulières. On mentionnera toutefois les distinctions suivantes:

a) Protection du lit

Compte tenu du fait que, la plupart du temps, les ouvrages sont continuellement immergés, ils seront exécutés en matériaux inertes ou morts (bois, cailloux, géotextiles, etc.); par définition, cela n'entre pas dans le domaine du génie biologique, même si la mise en place et le résultat final contribuent à augmenter la diversité écologique.

b) Protection du pied de berge

Les mesures de protection du pied de berge remplissent leurs fonctions dans une zone d'alternance entre eau et air; tous les types de matériaux sont utilisables. On compte 41 techniques spécifiques.

c) Protection des berges ou de grands talus

c.1. Ouvrage de couverture: il s'agit d'induire une action protectrice à la surface du sol et en subsurface; l'action en profondeur y est subordonnée; on distingue 25 types d'ouvrages.

c.2. Ouvrage de stabilisation: on recherche une action en profondeur;

on compte 19 méthodes liées au génie biologique.

c.3. Ouvrage d'évacuation d'eau: il s'agit d'améliorer la stabilité des pentes par évacuation d'eau; on distingue 7 mesures particulières au génie biologique.

d) Compléments

Il existe des mesures d'accompagnement capables d'améliorer écologiquement les techniques précédentes ou d'autres types de constructions; cela permet en grande partie de reformer les structures végétales; on distingue 12 mesures liées au génie biologique. Comme les solutions doivent être adaptées aux buts recherchés, il serait erroné ici d'en donner tout un ensemble pour des cas généraux. Nous nous contenterons de renvoyer le lecteur aux références bibliographiques citées et aux illustrations concernant certaines réalisations qui sont données sans plus de détail qu'un rapide commentaire (fig. 7 à 9).

Pour la même raison, il serait stupide d'utiliser la même technique de protection pour tous les cas d'érosion à résoudre. Chaque cas étant particulier et chaque tronçon de cours d'eau possédant ses particularités physiques, la solution doit être finement conçue et adaptée aux contraintes hydrauliques et à divers autres facteurs environnementaux.

Une bonne connaissance du fonctionnement du cours d'eau (ou tout au moins celle issue d'événements hors du commun) est importante, tout comme l'est celle de la flore susceptible de venir au secours de l'ingénieur.



Fig. 6. – Canal du Rosey à Savagnier (NE). La remise à ciel ouvert d'un ruisseau mis en voûtage s'avère extrêmement difficile à cause des limites cadastrales fixées en excluant l'emprise d'un cours d'eau.

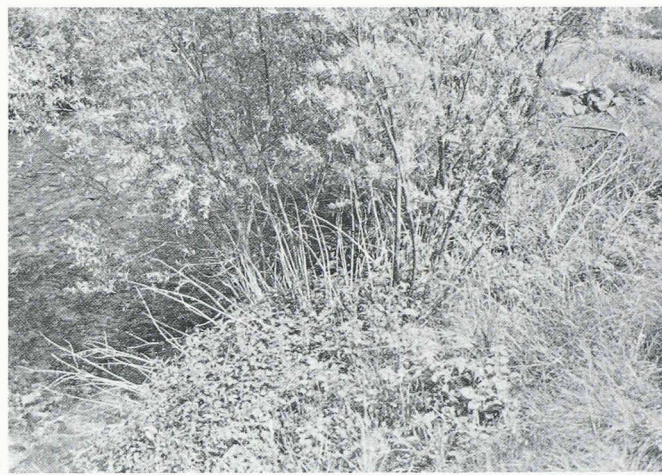
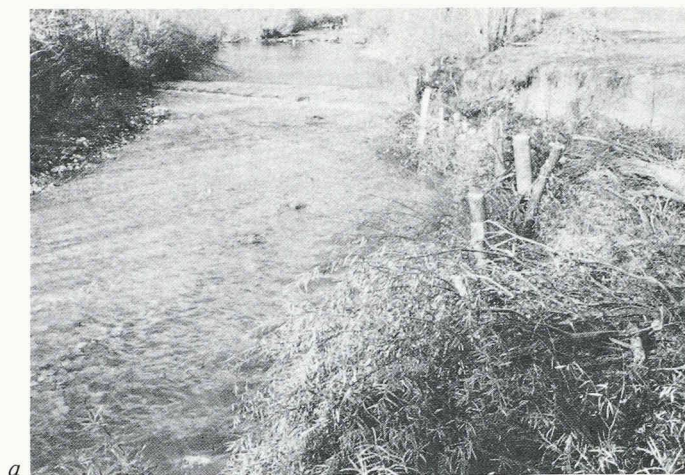
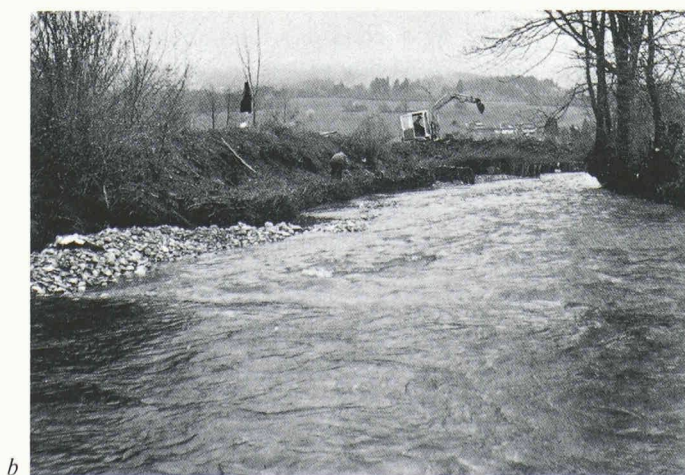


Fig. 7. – Technique du peigne. (a) Des arbres et buissons branchus sont placés dans la niche d'érosion (1984). (b) Les éléments en suspension dans l'eau sont retenus par effet de filtre dans les branches lors de la crue (1985). (c) La berge se reconstitue par accumulation des sédiments et la végétation du «peigne» se développe en contribuant à la fixation de la berge (1991).



Fig. 8. – Protection par fascines. (a) La réalisation des constructions végétales nécessite des personnes compétentes comme dans toute construction (30.3.1989). (b) La grande niche d'érosion a été activement protégée par un mur de fascines complété par des sacs de géotextiles (8.4.1989). (c) Les végétaux offrent un «mur» inattaquable et une diversité biologique remarquable. Le cours d'eau ressemble à une rivière naturelle (7.9.1990).



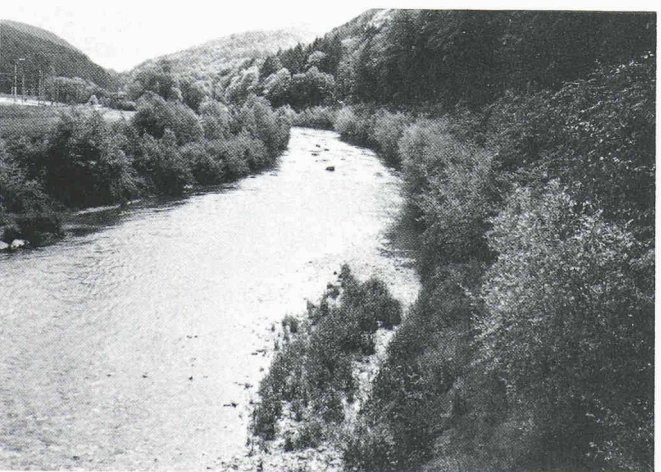
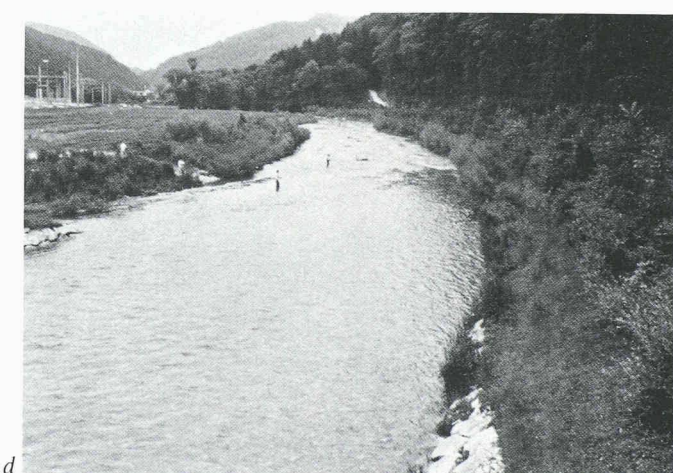


Fig. 9. – Déplacement d'un grand cours d'eau et protections végétales : la Birse à Soyhières dans le Jura. (a) Creusage du nouveau lit (18.4.1984). (b) Technique végétale de protection de la berge utilisant trois types différents de géotextiles pour pallier aux problèmes contraignants de saisons et de délais de réalisation des travaux (13.9.1984). (c) La protection a été conçue et basée sur l'utilisation de graminées à action immédiate. La rivière coule ici pour la première fois dans son nouveau lit avec des berges protégées par des végétaux herbacés (27.11.1984). (d) Les espèces ligneuses ont participé ultérieurement à la stabilisation générale. Avec une variabilité du tracé, des berges, du lit et des structures végétales, la rivière offre un aspect naturel et des fonctions biologiques réelles (19.6.1988). (e) Le critère de la réussite : ne plus voir, quelque temps plus tard, qu'il y a eu intervention humaine (25.6.1991)!

Une bonne connaissance des comportements physiologique et morphologique de la végétation est tout aussi nécessaire, comme nous l'avons déjà soulevé [7].

Toutefois, la mise en place d'ouvrages transversaux dans le lit du cours d'eau tels que seuils, épis, blocs épars, etc., n'a rien à voir avec les techniques du génie biologique, quand bien même ces réalisations s'inscrivent dans un cadre écologique d'amélioration de la diversité.

Il en va de même de l'utilisation des végétaux pour meubler des constructions rigides, comme les enroche-

ments : elle ne peut être assimilée au génie biologique que de manière très marginale. Même si, avec le temps, on peut retrouver en apparence une certaine forme de végétation rivulaire (souvent beaucoup plus pauvre en espèces et de type plus séchard), les vastes surfaces et volumes enrochés constituent autant de portions inutilisables par les racines, donc par une végétation adaptée.

Il ne faut donc pas confondre le végétal utilisé comme moyen de construction et le végétal employé comme cosmétique, dont la signification biologique est largement inférieure au précédent.

Avantages des techniques végétales

Les avantages procurés par les ouvrages réalisés selon des techniques végétales peuvent être résumés de la manière suivante :

- ils acquièrent une efficacité dynamiquement croissante ;
- ils sont souples et vivants ;
- ils coûtent peu car les fournitures se trouvent quasiment toutes sur place et les transports de matériaux de base sont réduits ; en règle générale, ils permettent des économies substantielles (40-90%) par rapport aux techniques traditionnelles ;

TABLEAU 1. Quelques valeurs de résistance à la force d'arrachement en cours d'eau.

Matériaux et techniques	(N/m ²)
Sable fin (<0,2 mm)	1
Petit gravier (<2 cm)	12
Gazon quelconque, longtemps immergé	15-18
Gazon préfabriqué	25-30
Gazon quelconque, peu immergé	25-50
Petits galets	40-60
Fascine de roseaux	50
Saules, 1-2 ans	50-70
Gazon jeune, bonne qualité	60-80
Saules, >2 ans	100-140
Herbacées dans géotextile tissé	120
Pavé-gazon	160
Tressage de saules, pieux battus	180
Enrochement	200
Couche de pierres en vrac + pieux	250
Fascine de saules (pieux battus)	250
Couche de branches à rejet	300
Enrochement végétalisé	350
Saules, 20 ans	800

- ils constituent, grâce aux plantes, des supports, des abris, de la nourriture pour les peuplements animaux ;
- ils fournissent l'ombre nécessaire pour limiter la croissance exagérée d'autres formes végétales indésirables (algues, etc.) et garder les eaux fraîches ;
- en ruisseau piscicole d'élevage, ils compliquent la tâche des prédateurs ;
- ils favorisent l'autoépuration du cours d'eau au niveau des racines ;
- ils participent en l'augmentant à la diversité, caractéristique de tout milieu naturel ;
- ils ne perturbent pas les relations entre le cours d'eau et la nappe phréatique ;
- ils conservent et embellissent le paysage et le patrimoine naturel et culturel.

Leurs désavantages connus sont :

- la nécessité d'avoir de la main-d'œuvre compétente et un encadrement scientifique et technique spécialisé ;
- l'obligation d'entretiens réguliers, toutefois étagés dans le temps, sauf si le gabarit du cours d'eau est assez grand ;
- l'existence de facteurs limitants (altitude, pollutions, lumière, consistance des sols) ; dans certains cas extrêmes, ces techniques ne sont pas applicables sans nécessiter des moyens financiers équivalents aux constructions traditionnelles du génie civil.

TABLEAU 2. Valeurs de résistance à la force d'arrachement en fonction de la croissance des végétaux (en N/m²). (D'après [12].)

Système	A la finition	1 ^{re} période de végétation	2 ^e période de végétation	3 ^e période de végétation
Plantations	0	10	30	>30
Engazonnement	10	30	30	30
Couches de branches à rejet	50	150	300	>300
Matelas de buissons	32	40	100	300
Plantations consolidées	15	-	75	120
Couche de pierres + pieux	50	-	100	250
Matelas de fascines vivantes	100	200	-	>300
Enrochement végétalisé	75	100	300	>350

TABLEAU 3. Vitesses observées et estimées sur les réalisations du génie biologique. (D'après [13].)

	v (en m/s)
Ensemencement	
Ensemencement à sec	1,8
Fleur de foin	.
Ensemencement hydraulique	.
Semis avec paillage	.
Géotextile avec semences	.
Gazon préfabriqué (en mottes)	3,7
Plantations	
Eclat de rhizomes	2,0
Plantation de rhizomes	.
Plantation de hampes	.
Drageon repiqué	.
Boutures	.
Branches	.
Plantation de plants enracinés	.
Plantation de plants en mottes	.
Mottes de terre végétalisées	5,6
Techniques végétales	
Tressage	3,5
Couche de branches à rejets	.
Lit de plançons	.
Fascine	.
Matelas de fascines	7 (?)
Peigne	.
Constructions combinées	
Ensemencement + colle + géotextile	3,5
Treillage en bois	.
Tunage et caissons en bois	.
Gabion en géotextile (soft gabion)	.
Gabion avec lit de plançons	.
Pièces préfabriquées en béton, végétalisées	.
Construction en pierre végétalisée	.
Caisson de pierres	(?)

Les valeurs définies sur les tableaux 1, 2 et 3, accumulées par divers concepteurs et réalisateurs [12], [13] au cours des années, ainsi que par nous-mêmes, ont permis de mieux mettre en lumière l'efficacité de la résistance des végétaux aux forces d'arrachement.

Bien entendu, ces valeurs sont à prendre avec prudence car elles constituent souvent des limites. D'autre part, la durée de submersion peut être un facteur d'affaiblissement des ouvrages vivants, notamment des herbacées. Cependant, pour des crues normales, les plantes utilisées pour les ouvrages,

adaptées au site, ne subissent en général pas de dommages. La crue, avec ses dépôts de limons, peut même être stimulante pour produire dans les dépôts d'autres tissus des racines consolidants et protecteurs.

Remarques finales

La prise en compte des intérêts hydro-écologiques est encore bien modeste en Suisse romande [14].

La collaboration entre ingénieur et biologiste (ainsi qu'avec d'autres spécialistes), chacun y apportant ses spécificités professionnelles, nous paraît

Bibliographie

- [1] VERNEAUX, J.; FAESSEL, B.; MALESIEUX, G.: «Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes.» *Trav. Lab. Hydrobiol. Univ. Besançon et C.T.G.R.E.F.*, 1976. 14 p.
- [2] VERNEAUX, J. et coll.: «Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes.» Un indice de qualité générale (IBG). *Ann. Sci. Univ. Fr. Comté. Besançon. Biol. anim.* 4 (3), 1982.
- [3] SORNAJAC: «Etude écologique de la Sorne. Dossier technique.» *Bull. Assoc. pour la défense des intérêts du Jura, ADIJ*, 1976. 52 p., 51 tabl., 4 cartes.
- [4] BOUVIER, J. C.: «La qualité biologique des cours d'eau du canton du Jura.» *Bull. ARPEA*, 19/110, 1982, pp. 20-36.
- [5] LACHAT, B.: *Le cours d'eau : conservation, entretien et aménagement*. Strasbourg, Conseil de l'Europe, Série aménagement et gestion, N° 2, 1991. 84 p.
- [6] Nature Conservancy Council. *Surveys of wildlife in river corridors*.
- [7] LACHAT, B.: «La stabilisation des berges de cours d'eau par la végétation: un aspect du génie biologique.» *Wasser, Energie und Luft*, 1984, N° 9, pp. 177-180.
- [8] Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie. Office fédéral de l'économie des eaux. *Protection contre les crues des cours d'eau. Directives 1982*, Berne, 78 p.
- [9] LACHAT, B.: *Biotechnologie pour cours d'eau. Société jurassienne d'émulation. Actes 1990*, Porrentruy, pp. 153-169.
- [10] Direction des travaux publics du canton de Berne. Office des ponts et chaussées. *Mesures de génie biologique dans l'aménagement des rives. Méthodes et exemples dans le canton de Berne*, 1990. 44 p.
- [11] SCHIECHTL, H. M.: *Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau*. Munich, Callwey, 1973. 244 p.
- [12] BEGEMANN, W.; SCHIECHTL, H. M.: *Ingenieurbiologie: Handbuch zum Wasser- und Erdbau*. Wiesbaden, Berlin, Bauverlag, 1986. 216 p.
- [13] ZEH, H.: *Grenzen der Ingenieurbiologie. Grundsätze und Beispiele der Ingenieurbiologie. Vortragstagung 7.12.90*. Zurich, Verein für Ingenieurbiologie, 1990, pp. 33-37.
- [14] LACHAT, B.: *Correction et aménagement des cours d'eau en Suisse romande, quelle évolution? Grundsätze und Beispiele der Ingenieurbiologie. Vortragstagung 7.12.90*. Zurich, Verein für Ingenieurbiologie, 1990, pp. 60-66.

et de détruire une richesse inestimable de notre patrimoine.

Pour permettre la préservation de ces valeurs, les techniques végétales du génie biologique offrent des moyens efficaces. S'il est vrai que ces techniques peuvent être limitées par quelques facteurs environnementaux, nécessitant une autre approche, il n'en demeure pas moins vrai que les anciennes techniques du génie civil utilisées jusqu'à ce jour ne constituent de loin pas la solution idéale.

Une réflexion approfondie sur la place que nécessite réellement un cours d'eau doit aussi s'opérer pour nos régions exigües. La contrainte sur les eaux, par redressement et endiguement, avec une emprise minimale, a montré des avantages immédiats.

Cependant, à moyen et à long terme, on oublie que cette façon de faire provoque inéluctablement des catastrophes d'ordre biologique ou physique dont les coûts ne sont jamais pris en compte dans les investissements de départ.

Savoir vivre avec un cours d'eau naturel, ou pas trop artificiel, n'est-il pas un défi bien moins insurmontable que d'atteindre la Lune?

Adresse de l'auteur:

Bernard Lachat
 Biologiste-ingénieur REG A
 BIOTEC Biologie appliquée SA
 Route de Courroux 17
 2824 Vicques
 Tél. 066/35 66 66

fondamentale et stimulante, pour autant que l'honnêteté et la déontologie régissent ces relations.

Les outils pour détecter un dysfonctionnement ainsi que pour évaluer la

qualité d'un cours d'eau existent. Il est donc important que l'approche se fasse de manière complète et surtout en tenant compte des aspects hydrobiologiques, sans quoi on risque d'appauvrir