

Réaménagement de la Loire à Brives-Charensac

(Département de Haute-Loire, France): Revalorisation végétale du site

Philippe Adam

Résumé

Suite à la crue meurtrière et de fréquence centennale de la Loire à Brives-Charensac (Haute-Loire, France) en date du 21 septembre 1980, le lit de la rivière a été entièrement recalibré sous la direction du bureau d'étude BCEOM, mandataire du groupement de Maîtrise d'œuvre.

L'aménagement global de la Loire dans sa traversée de Brives-Charensac a consisté en de considérables travaux échelonnés sur une dizaine d'années. Cette opération a engendré des prestations aussi variées que le déroctage de plusieurs seuils rocheux, la création de trois seuils mobiles, l'appropriation foncière des rives du fleuve, la création de passes à poissons, la réalisation de passerelles, la restauration d'un ancien pont, la création de pistes cyclables, etc.

Au cours des travaux de recalibrage, une nouvelle crue de fréquence trentennale survint les 12 et 13 novembre 1996. Cet événement, s'il permit de tester l'efficacité des aménagements hydrauliques en terme de sécurité pour les riverains, fut néanmoins responsable de nouveaux dégâts sur les travaux en cours, notamment en ce qui concerne l'érosion des berges et des rives. En effet, ces dernières étant fraîchementensemencées, elles n'étaient pas encore stabilisées par les racines des végétaux (figure 1).

Il est dès lors apparu la nécessité d'un réaménagement végétal des berges et des rives (plaine inondable), non seulement dans un but paysager, mais également dans un souci de stabilisation, en complément ou en substitution, selon les cas, des enrochements de protection de berge déjà mis en place.

Mots clés

Protection contre les crues, protection

contre l'érosion, stabilisation des berges, techniques végétales, Loire

Neugestaltung der Loire in Brives-Charensac, Département de Haute-Loire (Frankreich): Aufwertung der Strecke durch pflanzliche Bauweisen



Figure 1 : Au centre de la Loire, on aperçoit l'emplacement du futur seuil mobile de fa Chartreuse. Au milieu de la photo, un bras secondaire, pour le déplacement piscicole, est «en cours de travaux». L'ensemble des sols de la plaine inondable n'est pas encore végétalisé (à droite sur la photo, 22.1.1997).

Zusammenfassung

Die Loire in Brives-Charensac (Haute-Loire, Frankreich) erlebte am 21. September 1980 ein katastrophales Hochwasser mit etwa hundertjähriger Wiederkehrperiode. Nach diesem Hochwasser wurde das Bett der Loire unter der Leitung des Büros BCEOM als Beauftragte der Bauherrschaft ganz neu gestaltet.

Die ganzheitliche Gestaltung der Loire in Brives-Charensac bestand aus mehreren grossen Teilen, welche über zehn Jahre etappiert waren. So umfasste das Projekt verschiedene Teilprojekte wie das Entfernen mehrerer Felsschwellen, das Erstellen von drei Wehren, den Landerwerb entlang der Flusssufer, den Bau von Fischtrepfen und Fussgängerübergängen, die Restaurierung einer alten Brücke, die Anlage von Fahrradwegen etc.

Während der Arbeiten wurde am 12. und 13. November 1996 ein weiteres Hochwasser von etwa dreissigjähriger Wiederkehrperiode beobachtet. Dank dieses Ereignisses konnte die Effizienz der verschiedenen hydraulischen Massnahmen unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit der Anrainer getestet werden. Gleichzeitig wurden aber auch neue Schäden an den laufenden Arbeiten verursacht. Es entstanden vor allem Erosionsschäden an den Ufern und Flachufeln. Diese waren gerade erst angesät worden, sodass noch kein stabilisierendes Wurzelwerk vorhanden war (Abbildung 1).

Von da an war es klar, dass die Massnahmen mit pflanzlichem Material auf den Ufern und Flachufeln nicht nur der Landschaftsgestaltung dienen dürfen, sondern auch und vor allem der Stabilisierung und dem Schutz des Ufers. Die Pflanzen sollten hierbei je nach Situation bestehenden Blockwurf ganz ersetzen oder ergänzen.

Keywords

Hochwasserschutz, Loire, Uferstabilisierung, Erosionsschutz, pflanzliche Bauweisen

A propos du génie végétal

Le génie végétal, basé essentiellement sur l'observation des «modèles naturels», regroupe un ensemble de méthodes et techniques de construction mises à disposition de l'ingénieur pour stabiliser des sols dégradés, des érosions de berges, des glissements de terrain, etc. Ces techniques utilisent des végétaux entiers ou partiels, souvent en combinaison avec des matériaux inertes (pieux, géotextiles, rondins de bois, parfois des blocs de roche, etc.).

Pratiqué depuis des siècles (Lachat, 1999, figure 2), le génie végétal fut peu

à peu délaissé en France et en Europe, au profit de techniques dites «dures» de stabilisation des berges. Ce n'est que depuis une vingtaine d'années, grâce à des connaissances scientifiques plus pointues, des moyens mécaniques modernes et un regain d'intérêt pour les sciences de l'environnement, que le génie végétal ou génie biologique est à nouveau régulièrement appliqué dans les domaines de la stabilisation des berges et autres sols dégradés.



Figure 2: Vestiges archéologiques de tressages à base de saules, datant du 7ème siècle après J.C. et utilisés pour la stabilisation des rives de petits canaux, découverts dans le Jura Suisse dans le cadre de la réalisation de l'autoroute A16. (Lachat, 1999).

Les fondements du génie végétal s'expriment principalement par la recherche des effets mécaniques suivants:

- stabilisation du sol efficace en profondeur par le choix de la combinaison d'essences végétales adaptées, au développement racinaire dense, profond et traçant (figure 3);
- protection du sol en surface, par la densité des tiges aériennes produites et la souplesse des ces dernières face aux contraintes hydrauliques (figure 4).

Les techniques du génie végétal, utilisant le «vivant» pour construire, procu-



Figure 3; A gauche, racines d'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), espèce végétale particulièrement adaptée aux bordures de cours. A droite, embâcles formés par des cultivars de peupliers (*Populus X nigra*) facilement déchaussés en raison de leur faible développement racinaire d'une part et de leur port élevé d'autre part, favorisant une grande prise aux vents.



Figure 4: Effet de «peigne» de la végétation buissonnante adaptée, favorisant le piégeage des particules en transport par les eaux.

rent un certain nombre d'avantages par rapport à d'autres techniques dites «dures» du génie civil.

Outre le fait qu'elles s'intègrent parfaitement dans l'environnement, elles procurent une stabilisation mécanique croissante, en créant une véritable armature du sol au fur et à mesure du développement des végétaux. Outre ces avantages mécaniques et paysagers, elles permettent également de maintenir, voire d'augmenter les fonctions naturelles que procure la végétation rivulaire pour la faune, notamment en tant que lieu d'abri, de reproduction ou tout simplement comme source de nourriture. Dans des secteurs fortement malmenés par l'urbanisation, la pollution, et autre atteinte anthropique, comme c'est malheureusement souvent le cas dans nos contrées, la mise en place de végétaux variés et adaptés le long des berges permet également de maintenir, voire recréer un patrimoine naturel (réservoir génétique des essences végétales installées).

Si ce sont là quelques avantages du génie végétal, il existe également des limites à ce type de techniques. Un des facteurs les plus contraignants est dicté par



le «degré d'artificialisation» du site sur lequel l'ingénieur-biologiste est appelé à travailler.

En effet, plus le milieu est altéré, le cours d'eau corseté, les zones inondables exploitées, plus l'application de méthodes dites douces sur les berges est délicate.

Une vaste palette de techniques végétales pour Brives-Charensac

Les crues rapides et soudaines de la Loire à Brives-Charensac, telle celle de septembre 1980, liées entre autres à un bassin versant de forte pente et à des pluies cévennoles d'extrême intensité, sont autant de contraintes pour les végétaux appliqués à la stabilisation des berges. C'est pourquoi l'ingénieur-biologiste doit intégrer un maximum de composantes techniques et environnementales pour proposer dans chaque situation un aménagement particulier et adapté au site.

Les endroits ainsi très fortement sollicités hydrauliquement sont protégés par des techniques mixtes, associant des épis en enrochements et des techniques du génie végétal, alors que bien d'autres secteurs ne sont stabilisés qu'avec des végétaux.

Pour l'ensemble de la traversée de Brives-Charensac, qui détermine un réaménagement global de la Loire sur quelques 4 km, ce n'est pas moins de 14 profils types qui ont été appliqués à la «stabilisation» des berges.

On retiendra particulièrement les deux cas caractéristiques suivants:

- L'aménagement des seuils mobiles délimite trois faciès lentiques caractéristiques nommés «Audinet», «Minoterie» et «Chartreuse». En dehors des périodes de crues, le niveau d'eau à l'amont des seuils est relativement constant. Lorsque le débit de la Loire augmente, les seuils/barrages sont progressivement ouverts et en crue, les écoulements de la Loire reprennent une morphologie naturelle. Mis à part lors d'événements hydrologiques exceptionnels, où les végétaux implantés doivent résister à des contraintes hydrauliques élevées, cette situation en amont de barrages fa-

vorise donc généralement des eaux calmes et relativement stagnantes. Cette particularité est bien adaptée aux essences végétales herbacées semi-aquatiques, appelées encore «hélrophytes». C'est la raison pour laquelle des **fascines d'hélrophytes** ont été réalisées pour la protection d'une bonne partie des berges de ces «plans d'eau» (figures 5 à 7).



Figure 5: Berge de la Loire brute, avant travaux de stabilisation, en amont du seuil d'«Audinet» (25.6.1997).



Figure 6: Mise en place des «fascines d'hélrophytes» en pied de berge durant la période de basses eaux. Elles sont constituées d'un boudin formé par des nattes biodégradables, géotextiles en fibres de coco, renfermant des matériaux terreux. Les herbacées hélrophytes sont ensuite plantées sous forme de mottes à l'intérieur du boudin. La fascine est maintenue au sol par une rangée de pieux et protégée de tout affouillement par dessous au moyen d'un lit de branches anti-sape (16.3.1998).

La berge est recouverte de géotextiles biodégradables, évitant le lessivage des matériaux terreux en cas de crue et favorisant le développement rapide des végétaux mis en place par l'effet de serre qu'ils produisent. Le bas de



Figure 7: Un an après les travaux, le promeneur non averti ne remarque déjà plus que la végétalisation de la berge a été créée artificiellement de toute pièce. Au premier plan, on aperçoit les herbacées hélrophytes, notamment des iris des marais (*Iris Pseudoacorus*), du faux-roseau (*Phalaris arundinacea*), plusieurs espèces de laïches (*Carex* sp.) et, directement dans la continuité, le développement des boutures de saules (10.6.1999).

berge est végétalisée avec des **boutures** de quelques saules indigènes à l'échelle locale (*Salix* sp.), alors que des plantations d'arbustes d'essences diversifiées (quelques 15 espèces dans le cas présent) sont mises en place en complément de la stabilisation du haut de berge.

- En aval du seuil de la «Chartreuse», la Loire retrouve un écoulement naturel, dicté par des niveaux d'eau en constante variation entre les étiages et les crues. Le lit du cours d'eau ayant été fortement élargi par les travaux de réaménagement, il fut nécessaire de concevoir un système de protection de berge pérenne face aux processus naturels de dépôt et de formation de bancs de graviers. En effet, se végétalisant progressivement, de tels dépôts et bancs de graviers contribuent à terme à détourner les écoulements de crue contre les berges.
- Plutôt que de contrer la dynamique naturelle du cours d'eau par des aménagements durs, ici, un parti d'aménagement accompagnant le transport solide de la rivière a été choisi. Des techniques mixtes ont été mises en

place, associant des épis en enrochement avec des ouvrages de génie végétal placés entre chaque épi (figures 8 à 11). Ces derniers ont pour fonctions de recentrer les écoulements de crue, de diminuer ainsi les contraintes hydrauliques sur les berges et de favoriser un travail de sédimentation ciblée de la rivière. Ceci se fait en des endroits où il n'y a pas d'enjeu majeur, car des dépôts en formation aléatoire risqueraient d'affouiller les berges et pourraient indirectement



Figure 8: En aval du «Pont de la Chartreuse», on découvre les travaux en cours d'élargissement de la Loire, peu de temps après la crue de novembre 1996. En arrière-plan, on distingue l'ouverture hydraulique complémentaire [ouvrage de décharge] sous la route nationale RN 88 (22.1.1997).

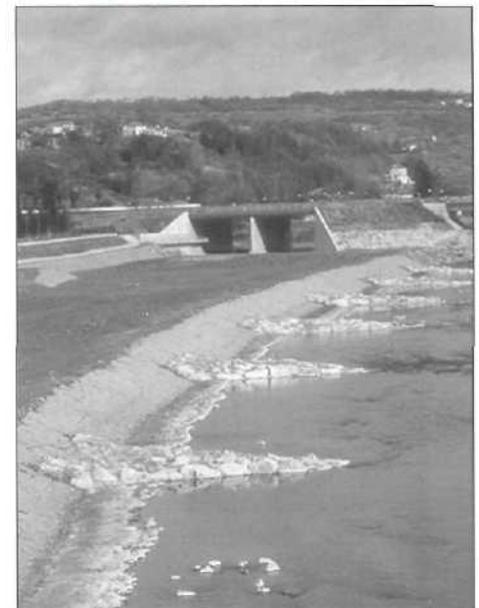


Figure 9: Travaux de stabilisation de la berge en technique mixte, en cours de réalisation. On distingue, entre les épis en enrochement, l'installation des techniques végétales destinées à reconstruire la végétation riveraine. Le pied de la berge est stabilisé avec des lits de plançons de saules qui sont mis en place. Cette technique utilise des branches vivantes de saules, couchées en rangée perpendiculaire au sens d'écoulement des eaux. Cet ouvrage est maintenu en place par des pieux et du fil de fer dans l'attente de la reprise végétale (9.4.1998).



Figure 10: Trois ans après les travaux, l'ensemble des essences herbacées et ligneuses mises en place protège la berge et la rive de tout affouillement et retrouve des fonctions similaires à tout cordon végétal rivulaire naturel (28.5.2001).

endommager différents ouvrages limitrophes au cours d'eau.

Toutes les surfaces travaillées sont ensemencées, dans le cas présent avec 3 mélanges grainiers spécifiques à ce chantier et composés d'une trentaine d'espèces herbacées, indigènes et adaptées aux conditions du site. Ces ensemencements, réalisés sous forme hydraulique, sont destinés non seulement à apporter un complément de stabilisation mais également à diversifier le milieu d'un point de vue biologique.

La végétalisation du réaménagement global de la Loire à Brives-Charensac, avec un coût de quelques 381'000 € TTC (~ 570'000 CHF, TVA comprise), représente moins de 1% de l'ensemble des travaux. Ceux-ci ont été réalisés sous maîtrise d'ouvrage du Ministère français de l'Environnement, Plan Loire, avec maîtrise d'ouvrage déléguée à la Direction Départementale de l'Équipement de Haute-Loire (équivalent des services cantonaux des Ponts et Chaussées en Suisse).

Les techniques végétales étant assez gourmandes en main-d'œuvre et en matériaux vivants (plus de 20 000 boutures de saules ont été utilisées, plus de 50 000 branches vivantes pour les fascines et les lits de plançons, etc.), c'est



Figure 11: En pénétrant à l'intérieur de l'aménagement végétal, on y découvre un cortège floristique diversifié avec, en plus des espèces installées, bon nombre d'espèces spontanées. Ici, cet ensemble d'herbacées semi-aquatiques a été directement favorisé par les dépôts d'alluvions qui se sont formés en aval des épis. Même si les travaux ont été réalisés à grande échelle et sur de grandes surfaces, on voit à quel point les techniques du génie végétal sont génératrices de microhabitats attractifs pour la faune et ceci déjà à court terme, avec la formation d'une mosaïque de milieux humides extrêmement diversifiés (28.5.2001).

un groupement d'entreprises spécialisées, soit les sociétés Forêt Plus, Bovet et Tauren, qui a permis la réalisation de ces travaux gigantesques en un minimum de temps durant le printemps 1998. De ce fait, le développement végétal a été suffisamment rapide lors de la première saison estivale, ce qui a permis de supporter au mieux les premières crues hivernales.

L'utilisation du génie biologique à la valorisation des berges de la Loire à Brives-Charensac a permis de montrer à quel point les végétaux, judicieusement sélectionnés et associés à d'autres types de matériaux, tels que pieux, géotextiles, fil de fer, blocs de roche, etc., permettent de concevoir des ouvrages de stabilisation de berge particulièrement performants face à des contraintes hydrauliques élevées et face à des enjeux majeurs en milieu urbain.

De plus, ceci permet également de démontrer que les techniques du génie végétal ne s'improvisent pas. Elles font appel à une pluridisciplinarité de sciences et d'approches, alliant à la fois des aspects botaniques, hydrauliques, biologiques, mais également éthiques. En effet, dans la perspective d'un développement durable, il est impératif de respecter la Nature et les équilibres qui la régissent. Ce souci est d'autant plus per-

tinent lorsqu'il s'agit de milieux naturels aussi dynamiques que les cours d'eau avec lesquels il est imparable de demeurer modeste, pondéré et réfléchi en matière de gestion et d'aménagement. S'inspirer des modèles naturels doit être la règle lorsque l'on travaille avec et pour la Nature.

Bibliographie sommaire

Biotec. Nombreux projets de stabilisation végétale et mixte de berges. Dossiers d'exécutions, comptes-rendus de chantiers, dossiers de suivis, etc., notamment:

- Printemps 1 1998. Plan Loire - Secteur Brives-Charensac. Aménagement végétal pour la protection des berges contre l'érosion dans le cadre d'une mise en valeur du site.
- Frossard, P.-A., Lachat, B. & Paltrinieri, L. 1998. D'avantage d'espace pour nos cours d'eau, pour l'homme et la nature. Contributions à la protection de la nature en Suisse. N° 20. Pro Natura.
- Lachat, B. 1991. Le cours d'eau, conservation, entretien et aménagement. Conseil de l'Europe.
- Lachat, B., Adam, Ph., Frossard, P.-A. & Marcaud, R. 1994. Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. Ministère de l'Environnement.
- Lachat B., 1999. Quelques souvenirs historiques et perspectives d'avenir du génie biologique en Suisse romande et en francophonie. Ingénieur-biologie Nr. 4/99, p. 7-14.
- Maridet, L. 1995. Fonctions et intérêts des formations végétales riveraines. CEMAGREF, Lyon. Article dans «Berge et Ripisylve», les Cahiers du Conservatoire Régional des rives de la Loire et de ses affluents. Nantes.

Adresse de contact:

Philippe Adam
Biotec Biologie appliquée SA
Route de Courroux 17
CH-2824 Vicques
Tél. +41 (32)435 66 66
Fax+41 (32)435 56 46
E-Mail: biotec@biotec.ch