

RESTAURATION DE BERGES & INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE

Journées techniques d'information et d'échanges
Jeudi 30 juin à Belley (01) & Vendredi 1er juillet 2016 à Chambéry (73)



ACTES DE LA JOURNÉE



en partenariat avec :

La Région
Auvergne-Rhône-Alpes

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

agence
de l'eau
RHÔNE MEDITERRANÉE
CORSE
établissement public de l'État

Union de l'Europe - France
REPUBLIQUE FRANÇAISE
LE MINISTRE
DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES
ET DU DÉVELOPPEMENT
INTERNATIONAL

Relations
internationales
et Francophonie
Québec
COOPÉRATION FRANCE-QUÉBEC

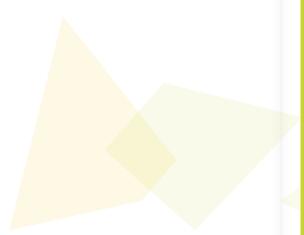
Chambéry
métropole

irstea



ASSOCIATION
RIVIÈRE RHÔNE ALPES AUVERGNE





SOMMAIRE

	PAGE
SOMMAIRE	3
-----	-----
CONTEXTE DE LA JOURNÉE	4
-----	-----
PROGRAMME DE LA JOURNÉE	5
-----	-----
- LES PRINCIPES DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE ET DE LA RESTAURATION DES BERGES	6
-----	-----
- L'IMPORTANCE DU CHOIX DES ESPÈCES VÉGÉTALES : QUELS CRITÈRES DE CHOIX ?	11
-----	-----
- RESTAURATION DE LA BIODIVERSITÉ ET DES FONCTIONNALITÉS ÉCOLOGIQUES DES BERGES : QUELLE PLACE POUR LE GÉNIE VÉGÉTAL ?	15
-----	-----
- LA RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES OUVRAGES : OPTIMISATION DES FONCTIONS DE PROTECTION DE BERGES	18
-----	-----
- RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR DES COURS D'EAU DE MONTAGNE : LES OUVRAGES DU PROJET GÉNI'ALP	20
-----	-----
- LA RENATURATION DE L'HERMANCE : RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR UN COURS D'EAU À FAIBLE PENTE	24
-----	-----
- LA RESTAURATION DE ROSELIÈRES AQUATIQUES : EXEMPLES DU LAC DU BOURGET ET DU LAC LÉMAN	26
-----	-----
- LES PHYTOTECHNOLOGIES POUR LA STABILISATION DE BERGES AU QUÉBEC : UNE APPROCHE EN ÉMERGENCE	30
-----	-----
- LA RESTAURATION DE COURS D'EAU EN MILIEU URBAIN : LA LEYSSE À CHAMBÉRY	32
-----	-----
LISTE DES PARTICIPANTS	35

RESTAURATION DE BERGES & INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE

À l'interface entre écosystèmes aquatiques et terrestres, les berges de cours d'eau et de lacs fournissent un grand nombre de fonctions et de services écologiques d'importance (corridor écologique, filtration des eaux, maintien de la biodiversité, récréation, ...). La restauration des milieux aquatiques et la préservation d'espaces de bon fonctionnement est fondamentale pour le maintien d'une diversité d'habitats et le bon fonctionnement de l'hydrosystème fluvial dans son ensemble (recharge sédimentaire et transport solide, expansion de crues, diversification des habitats, ...). Toutefois, compte tenu des enjeux socio-économiques en présence, il s'avère parfois indispensable de protéger certains secteurs contre l'érosion, de manière ponctuelle ou plus généralisée sur un tronçon.

Alors même qu'elles participent à l'appauvrissement des milieux riverains, les techniques de génie civil sont encore aujourd'hui trop souvent privilégiées au détriment des solutions d'ingénierie écologique. Celles-ci sont plus intégrées et constituent un outil de restauration de milieux et de récréation de corridors entre réservoirs biologiques. Elles présentent souvent une efficacité égale, voire supérieure, au génie civil pour la protection des berges, tout en favorisant leur biodiversité.

La réussite d'un aménagement en génie végétal est conditionnée à de nombreux facteurs, tels que la bonne appréciation des conditions stationnelles, le choix de techniques, d'espèces ou de matériaux adaptés, le dimensionnement de l'ouvrage, la qualité de sa réalisation, ... Cela nécessite d'importantes compétences et une expertise poussée.

Objectifs

La professionnalisation des acteurs intervenant dans le domaine, du maître d'ouvrage à l'entreprise de Bâtiments et Travaux Publics (BTP), en passant par le maître d'œuvre, devrait permettre de favoriser la réussite de ce type d'ouvrages et de démocratiser l'usage des techniques d'ingénierie écologique.

Ces deux jours ont pour objectif de fournir aux gestionnaires de milieux aquatiques et aux opérateurs techniques des éléments de connaissance poussés en termes :

- > de diagnostic, de hiérarchisation des enjeux à protéger, de méthodologie de définition d'une stratégie adaptée face à l'érosion et à la mauvaise qualité des berges,
- > de mise en œuvre des techniques de génie écologique pour la restauration des berges de cours d'eau et de plans d'eau,
- > de qualité et de fonctionnalité des milieux restaurés, notamment vis-à-vis de la restauration des fonctions écologiques et des habitats en faveur de la biodiversité.

Publics

Techniciens des structures de bassin versant et des EPCI à fiscalité propre, exploitants de barrages et gestionnaires de digues, techniciens et ingénieurs des collectivités territoriales et des services déconcentrés de l'État, conservatoires d'espaces naturels, bureaux d'études, chercheurs.

PROGRAMME (SALLE) - 30 JUIN - BELLEY (01)

9H00 ACCUEIL DES PARTICIPANTS

9H30 L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE ET LA RESTAURATION DES BERGES

Pourquoi intervenir et dans quels objectifs à court, moyen et long terme ? Quelles interactions possibles avec les usages et autres objectifs de gestion ? Diagnostic, choix des techniques, conception et dimensionnement d'ouvrages en fonction du contexte.

> *Philippe CAILLEBOTTE - Centre de Formation Professionnelle Forestière - CCI de la Drôme*

10H40 LES ESPÈCES VÉGÉTALES, QUELS CRITÈRES DE CHOIX ?

Chaque espèce possède des caractéristiques qui lui sont propres. On ne retrouvera pas les mêmes espèces selon que l'on soit en plaine, en piémont ou en altitude, en haut ou en pied de berge, dans des secteurs perturbés ou stables. Dès lors, comment choisir les espèces les plus adaptées aux techniques choisies et aux conditions stationnelles de l'ouvrage ?

> *Ghislain HUYGHE - BIOTEC*

11H25 LES LABELS « VÉGÉTAL LOCAL » ET « VRAIES MESSICOLES »

La réussite d'un ouvrage de génie végétal tient entre autres à la qualité des végétaux utilisés. Face à l'absence de filières d'approvisionnement en végétaux d'origine sauvage et locale, deux labels ont été développés pour favoriser leur émergence et ainsi garantir la provenance locale des végétaux et favoriser le maintien de la biodiversité.

> *Damien PROVENDIER - Conservatoire Botanique National Pyrénées Midi-Pyrénées - FCBN*

11H50 L'UTILISATION DES PHYTOLOGIES POUR LA STABILISATION DE BERGES AU QUÉBEC : UNE APPROCHE EN ÉMERGENCE

Les phytotechnologies émergent au Québec depuis 10 à 15 ans. Les Basses-Terres du Saint-Laurent sont sensibles aux glissements de terrain, ce qui représente un défi additionnel pour leur utilisation. Le Ministère des transports évalue les potentiels structurels et écologiques de ces techniques pour stabiliser durablement les berges à proximité d'infrastructures routières, tout en favorisant la naturalité des sites. Les objectifs et contextes du projet en cours seront présentés.

> *Monique POULIN - Université Laval, Isabelle FALARDEAU - Ministère des Transports du Québec & Pascale BIRON - Université Concordia*

12H30 DÉJEUNER

14H00 RESTAURATION DE LA BIODIVERSITÉ ET DES FONCTIONNALITÉS ÉCOLOGIQUES DES BERGES : QUELLE PLACE POUR LE GÉNIE VÉGÉTAL ?

À l'interface entre écosystèmes aquatiques et terrestres, les berges naturelles abritent une importante biodiversité animale et végétale. Quels sont les impacts des différentes techniques de restauration et d'aménagement sur cette biodiversité ?

> *Paul CAVAILLÉ & André EVETTE - Irstea*

14H40 RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES OUVRAGES : RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR DES COURS D'EAU DE MONTAGNE

Le dimensionnement d'un ouvrage est un exercice complexe, notamment en contexte torrentiel. À la lumière des chantiers pilotes du projet européen GénAlp et d'une analyse sur une vingtaine d'ouvrages, de nouvelles valeurs de résistance des ouvrages en génie végétal à la contrainte mécanique ont été définies. Cette approche mécanique sera complétée par un retour d'expérience technique sur la réalisation et le développement des ouvrages GénAlp suisses et français.

> *André EVETTE - Irstea & Pierre-André FROSSARD - hepia Genève*

15H25 LA RENATURATION DE L'HERMANCE : RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR UN COURS D'EAU À FAIBLE PENTE

Situé en zone de piémont, l'Hermance fait l'objet depuis une dizaine d'années de travaux de renaturation dans des contextes variés, à la fois urbains et ruraux. Retour d'expérience sur les facteurs de réussite et d'échec des différentes opérations.

> *Marie-Pénélope GUILLET - SYMASOL & Mathias GIREL - GREN Biologie appliquée*

16H10 RESTAURATION DES ROSELIÈRES AQUATIQUES DU LAC DU BOURGET

Avec la régulation des niveaux d'eau du lac, les roselières ont fortement régressé. L'ingénierie écologique a permis d'en restaurer une partie dans une optique d'amélioration de la biodiversité.

> *André MIQUET - CEN Savoie*

17H00 FIN DE JOURNÉE

LES PRINCIPES DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE ET DE LA RESTAURATION DES BERGES

» PHILIPPE CAILLEBOTTE – CENTRE DE FORMATION PROFESSIONNELLE FORESTIÈRE – CCI DE LA DRÔME

L'ingénierie écologique est un moyen d'action aux applications diverses : la maîtrise de l'évolution du lit des cours d'eau et la gestion des formes fluviales, la restauration des milieux aquatiques et la préservation de la biodiversité, en passant par la gestion des inondations et l'épuration des eaux.

Elle répond à trois principes :

- sa finalité est l'amélioration, la restauration, la conservation et la non-dégradation de l'écosystème,
- c'est une démarche basée sur une approche technique rigoureuse basée sur des connaissances scientifiques solides et des règles de l'art partagées,
- elle recourt à des outils utilisant les processus naturels des écosystèmes.

On renverra au premier chapitre de l'ouvrage publié par l'ASTEE et l'ONEMA en 2013, intitulé « *Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques – Pourquoi ? Comment ?* » pour une définition plus complète.

L'ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques connaît un essor et une attention sans précédents au cours des dernières années. Les projets se multiplient et repoussent toujours plus les limites d'utilisation du végétal et des processus naturels. Les situations et les conditions d'emploi des végétaux sont toujours plus vastes.

La restauration et la stabilisation des berges de cours d'eau font appel aux techniques de génie végétal, partie intégrante de l'ingénierie écologique. Leur mise en œuvre repose sur un diagnostic fin des causes de la perturbation, des enjeux et des contraintes en présence.

« QUE DIT LE SDAGE RMC 2016-2021 ? »

Dans la logique de la démarche « Éviter, Réduire, Compenser » du SDAGE, la préservation et la restauration d'un espace de bon fonctionnement (EBF) des milieux aquatiques (dispo 6A-01), permettant notamment d'assurer la continuité longitudinale et latérale au niveau sédimentaire, est à privilégier. Les politiques d'aménagement doivent prendre en compte ces espaces (disposition 6A-02).

« Les mesures de protection contre l'érosion latérale doivent être réservées à la prévention des populations et des ouvrages existants. Lorsque la protection est justifiée, des solutions d'aménagement les plus intégrées possibles sont recherchées en utilisant notamment les techniques végétales et de génie écologique » (disposition 6A-12 « Maîtriser les impacts des nouveaux ouvrages »).

Face à des enjeux d'érosion de berges, les ouvrages de protection ne doivent pas compromettre les gains environnementaux attendus par la restauration des milieux aquatiques. Ils doivent être réfléchis et élaborés en prenant en compte le contexte global de fonctionnement du transport solide à l'échelle du bassin versant afin d'envisager, le cas échéant, d'autres leviers d'action pour remédier à la perturbation, notamment par l'intermédiaire d'actions de restauration de cours d'eau ou de tronçons de cours d'eau visant à rétablir un fonctionnement équilibré.

POSER UN DIAGNOSTIC :

En préalable à toute intervention sur les berges, il convient de bien comprendre s'il est question de l'intérêt collectif ou de l'intérêt privé donc l'origine de la demande (la collectivité, un riverain), ainsi que les motivations du maître d'ouvrage : protéger une infrastructure, mettre en sécurité les usagers d'un site, renaturer la berge ou le cours d'eau, ...

L'ÉROSION FAIT PARTIE DES PROCESSUS NATURELS D'ADAPTATION MORPHOLOGIQUE DU LIT AUX CONTRAINTES HYDRAULIQUES. LE PROJET DOIT DONC S'INSCRIRE DANS UN PROCESSUS PLUS GLOBAL DE GESTION DU COURS D'EAU ET NÉCESSITE UNE OBSERVATION PLUS LARGE QUE LE SEUL TRONÇON ÉRODÉ.

Il est important de n'intervenir qu'en présence d'enjeux réels, qui ne peuvent pas être déplacés ou alors moyennant des coûts trop importants au regard du bénéfice attendu, tels qu'un parking, une maison, un réseau, etc. Il existe souvent d'autres leviers à une échelle plus large sur lesquels il est bienvenu de s'interroger lors du diagnostic et de la conception (restauration hydromorphologique, continuité sédimentaire en amont, etc.).

Le diagnostic nécessite un travail d'observation de terrain accompagné de mesures hydrauliques et topographiques qui permettront de concevoir le projet. Le concepteur ne doit pas se censurer en termes d'ambition de travaux. Il ne doit pas hésiter à proposer des scénarios d'effacement d'ouvrages, de restauration complète du tronçon, etc. qui dépassent la demande initiale. Cela peut en effet constituer une excellente occasion pour rendre de l'espace à un cours d'eau et ainsi répondre à d'autres enjeux, tels que la restauration d'habitats fonctionnels et la lutte contre les inondations.



De nombreuses conditions physiques participent à la déstabilisation d'une berge et les causes de perturbation sont variées. Des berges verticales, une végétation inexistante ou inadaptée (système racinaire peu performant par exemple), un lit très contraint, le piétinement dû au pâturage, les courants de retour, l'incision du lit ou le batillage sont autant de facteurs favorisant une érosion. Celle-ci peut être causée tant par la crue, lors de la montée du niveau d'eau, que par la décrue. Le débit de plein bord (souvent associé à la crue biennale) est le plus morphogène, les contraintes sur les berges étant alors à leur maximum. Mais il ne faut surtout pas négliger les phénomènes d'érosion causés par la vidange du lit moyen et de la nappe alluviale dans le cours d'eau.



La conception d'un projet d'aménagement de berges doit prendre en compte les contraintes liées au site, tels que la présence de réseaux enterrés ou aériens, l'existence d'autres aménagements de berges ou de ponts. Le fait de travailler en cours d'eau à l'aide de végétaux vivants implique également une importante composante saisonnière avec la prise en compte des variations de niveaux d'eau et des périodes de reproduction. La nécessité de travailler en période de repos de la végétation constitue également une contrainte majeure, notamment en altitude.

CONCEVOIR :

Plusieurs principes président à l'intervention sur les berges. Il s'agit :

- d'accompagner la rivière et de limiter les contraintes hydrauliques sur les berges,
- d'agir sur les causes avant de remédier aux conséquences (blocage de l'incision du lit, éloignement du bétail, etc.),
- d'utiliser les végétaux pour répondre aux objectifs,
- de respecter les modèles naturels (zonation et successions végétales, espèces indigènes).

La conception d'un ouvrage de génie végétal se déroule en trois étapes :

- la protection du pied de berge afin d'assurer l'ancrage de l'ouvrage et sa stabilité,
- le profilage du talus pour obtenir une pente favorable à l'utilisation de végétaux,
- sa végétalisation afin d'assurer la tenue de la berge sur toute sa hauteur.

Remarque : *Le reprofilage du talus diminue les contraintes hydrauliques et redonne de l'espace au cours d'eau.*

On ne recourt jamais à une seule et unique technique sur un même ouvrage. Sa réussite et son efficacité nécessitent invariablement une association de techniques, réparties de manière très fine entre le pied et la tête de berge et de l'amont vers l'aval.

LA PROTECTION DU PIED DE BERGE :

Selon le régime du cours d'eau, les contraintes hydrauliques ou encore les variations saisonnières des niveaux d'eau, différentes techniques peuvent être utilisées pour ancrer l'ouvrage et empêcher la berge de glisser ou d'être affouillée.

Sur des cours d'eau lents et peu profonds, des berges de canaux

ou des plans d'eau, les fascines d'hélophytes ou les branches anti-affouillement sont généralement suffisantes, tandis que sur des tronçons plus profonds, les techniques du peigne et du tressage de saules vivants seront plus efficaces. Les fascines de saules vivants et les caissons végétalisés offrent quant à eux une plus grande résistance, nécessaire sur des cours d'eau plus dynamiques ou sur des pentes de berge plus importantes, là où il est impossible de coucher la berge par exemple.

Les techniques de génie végétal sont insuffisantes dans certaines conditions (immersion permanente ou saisonnière incompatible avec la reprise des végétaux, vitesses trop importantes, affleurement de roche mère, etc.). On est ainsi parfois obligé de recourir aux techniques mixtes couplant à la fois le génie civil, avec un enrochement de pied de berge, et le génie végétal sur le reste de la berge.

LE TRAITEMENT DU TALUS :

Sur des berges à faible pente et/ou des cours d'eau à énergie modérée, la mise en place d'un semis herbacé, accompagnée de boutures de saules ou d'arbustes peut s'avérer suffisante. Cela est accompagné d'un géotextile biodégradable, indispensable à la tenue de la berge tant que la végétation n'est pas installée.

Toujours sur des pentes douces, si les contraintes hydrauliques sont trop fortes, la technique des branches à rejets ou celle du treillage constituent en quelques années une véritable armature végétale de la berge et sont donc plus efficaces.

En fonction des contraintes (présence d'enjeux à proximité notamment), il est parfois impossible de retaluter la berge en pente douce. Les lits de plants et plançons sont alors particulièrement adaptés en raison de leur



Légende : (a) Fascine d'hélophytes ; (b) Fascine de saules ; (c) Caisson végétalisé ; (d) Boutures.



plasticité et de la possibilité d'atteindre des pentes proches de 100 %. Cette technique permet également de limiter les risques d'échecs en présence de problèmes de sécheresse estivale. Le choix des végétaux sera alors adapté en privilégiant des saules en pied de berge et des espèces de plus en plus adaptées aux conditions sèches en remontant sur la berge.



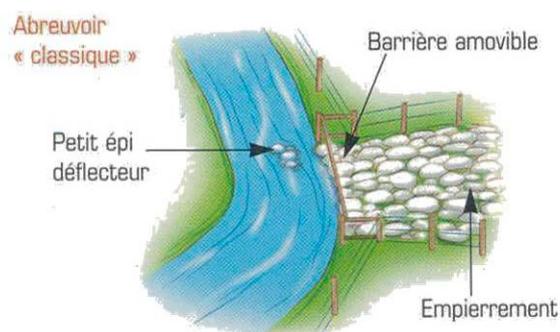
Couche de branches à rejet (à gauche) et lits de plants et plançons (à droite)

LES MESURES COMPLÉMENTAIRES :

On aura beau porter un soin tout particulier à la réalisation des ouvrages et à leur dimensionnement, sans traitement de la cause de l'érosion, les aménagements seront inévitablement déstabilisés à court ou moyen terme. Des mesures complémentaires sont ainsi souvent indispensables pour limiter ou traiter la ou les causes de la perturbation.

Sur des tronçons subissant une érosion régressive ou progressive, la réalisation d'un seuil de fond permet de caler le profil en long et d'éviter de nouvelles érosions par déstabilisation du pied de l'ouvrage. Sur des plans d'eau ou voies navigables, les brises vagues limitent ou suppriment les effets du batillage.

Les ancrages à l'amont et à l'aval doivent faire l'objet de toutes les attentions pour éviter que les ouvrages soient contournés. Il est souvent indispensable de prolonger les protections au-delà des zones érodées afin d'assurer une transition avec les zones naturellement stables.



Exemple de mesure d'accompagnement

LE SUIVI :

Contrairement à un ouvrage de génie civil, la résistance du génie végétal n'est pas immédiatement optimale et nécessite un suivi durant quelques années. Elle augmente avec le temps au fur et à mesure que les appareils racinaires et caulinaires se développent.

Selon les conditions estivales, un arrosage au cours des trois premières années (N à N+3) favorisera une reprise végétative suffisante et garantira contre un risque de surmortalité. Ensuite, la végétation doit accéder à l'eau sans problème si le choix des espèces et leur disposition sont pertinents et bien réalisés lors de la pose. On en profite dans le même temps pour repérer et supprimer les espèces invasives qui pourraient s'installer (N à N+3). Les travaux d'aménagement constituent en effet une perturbation du milieu favorable à leur implantation. Il est donc très important d'être vigilant à leur implantation et de surveiller un éventuel développement.

Une opération de fauche des semis herbacés la première année (N) peut être nécessaire pour limiter la concurrence entre espèces. Un recépage des saules tous les 3 à 5 ans permet également d'entretenir les capacités de résistance de l'ouvrage et constitue une matière première de choix pour la réalisation d'autres aménagements.



Arrosage sur le chantier du Bens (Géni'Alp)

De manière générale, la réussite des projets dépend à la fois de la qualité de leur conception (choix des techniques à employer, implantation, dimensionnement, choix des espèces végétales, etc.) et de leur réalisation par les entreprises de travaux sur le terrain. Elles nécessitent une grande technicité et doivent pour cela être suivies étroitement par le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage.

La restauration de berges à l'aide des techniques d'ingénierie écologique répond souvent à des objectifs de protection des biens et des personnes contre l'érosion tout en diminuant l'impact de l'aménagement sur les milieux aquatiques et participe, le plus souvent, à la restauration d'habitats favorables à la biodiversité. Plus largement, elle peut être incluse dans une démarche plus large de restauration des milieux aquatiques et de reconquête d'un espace de bon fonctionnement pour le cours d'eau par l'élargissement du lit ou la création de nouvelles formes fluviales au sein d'un lit contraint.

Il ne faut pas oublier que ces techniques participent à la valorisation des métiers manuels qui constituent souvent la moitié du coût des ouvrages et peuvent donc constituer non seulement un mieux disant environnemental mais aussi social !

L'ingénierie écologique est un outil pour les gestionnaires de milieux aquatiques et elle permet d'allier des objectifs sécuritaires et environnementaux dans le cadre de projets ambitieux, comme c'est par exemple le cas pour les travaux de lutte contre les inondations menés en 2016 sur la Leysse au sein de l'agglomération chambérienne.

Pour en savoir plus : Philippe CAILLEBOTTE - p.caillebotte@drome.cci.fr

ASTEE / ONEMA, 2013, Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques – Pourquoi ? Comment ?, 355 p.

BONIN L., EVETTE A., FROSSARD P.A., PRUNIER P., ROMAN D., VALÉ N., 2013, Génie végétal en rivière de montagne – Connaissances et retours d'expériences sur l'utilisation d'espèces et de techniques végétales : végétalisation et ouvrages bois, 318 p.

ADAM P., DEBIAIS N., GERBER F., LACHAT B., 2008, Le génie végétal, un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques, MEEDM, La Documentation française, 290 p.



Le Drac restauré à Saint Bonnet en Champsaur (05)

L'IMPORTANCE DU CHOIX DES ESPÈCES VÉGÉTALES : QUELS CRITÈRES DE CHOIX ?

» GHISLAIN HUYGHE - BIOTEC & DAMEN PROVENDIER - CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL
PYRÉNÉES MIDI-PYRÉNÉES - FCBN

La qualité des ouvrages dépend largement de leur conception et notamment du choix des espèces végétales à utiliser. C'est l'une des grandes difficultés de l'ingénierie écologique en raison de la complexité des critères de choix, en fonction des spécificités biologiques du matériau végétal, de sa disponibilité et de sa qualité.

Le taux de reprise des espèces à moyen et long terme est le principal enjeu de ce choix. Car si la reprise immédiate peut être excellente, on observe dans certains cas un dépérissement après une à deux années.

L'EXEMPLE DES MÉLANGES GRAINIERS :

À l'exemple des mélanges grainiers proposés classiquement par de nombreux fournisseurs (les fameuses appellations « mélange grainier type berge » du commerce), il est en effet difficile de se procurer des listes d'espèces « prêtes à l'emploi » répondant aux objectifs fixés pour chaque ouvrage conçu (reprise, résistance à l'arrachement, proportion des différentes espèces, etc.). Ces mélanges sont en effet composés uniquement d'espèces à certification obligatoire, autorisées à la commercialisation uniquement sous forme de variétés brevetées et offrant des caractéristiques calibrées (taux de reprise garanti, etc.), souvent éloignées des exigences propres au chantier de génie végétal (capacité d'enracinement, résistance mécanique, etc.).

Dans un mélange « classique » de graminées proposé par les fournisseurs pour l'ensemencement d'une berge, les taux proposés sont la plupart du temps basés sur le poids et non sur la densité de graines au m². Certaines d'entre elles (Ray Grass, Pâturin commun, Fétuques, etc.) étant plus lourdes que d'autres (Agrostide stolonifère, etc.), le nombre de graines par gramme est totalement disproportionné en faveur des plus petites. Avec ce type de mélange, on obtient d'énormes densités de graines par m² d'où une très forte concurrence entre pousses et entre espèces. Chaque espèce composant le mélange possède des caractéristiques différentes en termes de reprise (vitesse par exemple), d'efficacité de l'eau disponible, etc. On observe ainsi une très large surreprésentation d'espèces censées être très minoritaires dans le mélange (Agrostide stolonifère et Pâturin commun) et la faible représentativité dans les repousses d'espèces censées être dominantes (Ray Grass pérenne - malgré sa capacité de démarrage rapide - Fétuques rouge et faux-roseau) comme présenté dans le tableau ci-dessous.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Pourcentage attribué	Pourcentage réel
Graminées			
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide stolonifère	5,0	47,7
<i>Festuca arundinacea</i>	Fétuque faux-roseau	15,0	2,8
<i>Festuca ovina</i>	Fétuque ovine	10,0	9,5
<i>Festuca rubra subsp rubra</i>	Fétuque rouge	15,0	7,8
<i>Lolium perenne</i>	Ray-grass pérenne	30,0	8,6
<i>Poa trivialis</i>	Pâturin commun	5,0	14,3
Légumineuses			
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier corniculé	10,0	5,7
<i>Medicago lupulina</i>	Luzerne Lupuline	10,0	3,6
TOTAL		100,0	100,0

Exemple de la représentativité réelle des différentes espèces composant un mélange classique de graminées en comparaison des taux prévisionnels

On obtiendra alors un résultat qui peut certes s'avérer probant dans certaines conditions très favorables en plaine mais qui seront très limités par ailleurs. La composition initiale de ce type de mélange n'est donc pas en adéquation avec la finalité. Mais au-delà, ces mélanges sont composés d'espèces sélectionnées, ce qui signifie qu'elles ne sont pas sauvages, peu pérennes (quelques années tout au plus), non indigènes et dont les caractéristiques sont calibrées. La densité est également totalement démesurée au regard des objectifs (près de 70 000 pousses par m²...), ce qui représente un coût élevé. On obtient alors une très faible diversité et une couverture inadaptée aux objectifs ; d'autant plus que le mélange va progressivement se banaliser et s'appauvrir au cours des 5 premières années.



Agrostis stolonifera

L'approche du botaniste consistera quant à elle à s'inspirer des modèles naturels et chercher à obtenir des taux de reprise réels proches de ceux observés dans les groupements végétaux utilisés comme références. Néanmoins, dans l'exemple observé, si le mélange obtenu est proche des modèles naturels et fournit une diversité importante, il inclut à la fois des espèces commerciales et sauvages et implique ainsi le risque que toutes les espèces ne s'expriment pas de la manière attendue. De plus, si la densité de pousses sera raisonnable par rapport aux objectifs, son coût est véritablement exorbitant (au moins 0.80 €/m² à comparer aux 0.30 €/m² d'un mélange classique).

La préparation d'une liste de plantes ou d'un mélange grainier exige donc une importante réflexion préalable. Il s'agit là d'un choix fondamental. Il faut pour cela intégrer les critères de choix évoqués précédemment, s'appuyer sur des critères pédoclimatiques (le sol et le climat) et se prémunir face aux risques liés aux mélanges ou listes de plantes « types » qui ne fournissent que rarement les résultats espérés.

LA PROVENANCE DES MATÉRIAUX :

La provenance du matériau est souvent problématique. On trouve sur le marché des semences de provenance très lointaine (États-Unis, Australie, etc.), ce qui a à la fois des implications évidentes sur le plan environnemental, mais aussi d'autres moins connues sur le plan écologique et génétique car on connaît encore peu le comportement d'écotypes exogènes et leurs conséquences. Il semblerait même dans certains cas « *préférable d'enregistrer dans une région déterminée l'introduction d'un xénophyte indéniable, que celle d'une souche allochtone d'une espèce indigène* » (Lambinon J., 1997). En effet, l'introduction d'une espèce cultivée peut avoir des conséquences problématiques avec, par exemple, son hybridation avec une souche locale ; l'hybride et la souche allochtone prenant le pas sur une souche locale qui finit par régresser.

LES CRITÈRES DE CHOIX :

On peut les résumer à quatre axes :

» LA VOCATION ET L'USAGE DU PROJET :

Entre des objectifs écologiques (biodiversité), de stabilisation (protection de la berge) ou d'agrément (paysager), les végétaux n'offrent pas tous les mêmes caractéristiques. De manière schématique, les graminées ont des caractéristiques primordiales en matière de stabilisation, alors que les légumineuses possèdent des caractéristiques complémentaires intéressantes, eu égard notamment à leur capacité à fixer l'Azote atmosphérique, tandis que les autres groupes (espèces dites « à fleur ») présentent plutôt un intérêt en termes paysager et biodiversité.

» LE CONTEXTE ÉCOLOGIQUE (CLIMAT, SOL, HUMIDITÉ, ETC.) :

Le contexte climatique (méditerranéen, tempéré, alticole), les zonations altitudinale et latérale, ainsi que la répartition des espèces par affinités (milieux secs, frais ou humides, etc.) participent à la définition du choix des espèces à mettre en place. Les différentes espèces de saules ont par exemple des besoins en eau très différents et n'ont pas les mêmes aires de répartition altitudinale. La nature et la qualité des sols en présence influent aussi fortement sur le choix des espèces et leurs capacités de reprise.

» LES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DES VÉGÉTAUX :

Les traits biologiques des espèces induisent des différences d'usage. La taille des graines, le port (buissonnant, arbustif, arboré), leur taux de reprise (très différents selon les espèces) sont autant de critères à prendre en compte. Les stratégies végétales sont également une composante importante du choix, car une espèce pionnière aura une plus grande capacité à recoloniser le milieu, intéressante donc lors des premières années suivant l'aménagement, tandis qu'une espèce ligneuse, davantage tolérante au stress, sera plutôt intéressante en résistance aux perturbations (crues).

La nature et les caractéristiques de leurs systèmes racinaires et de leur appareil aérien (ou caulinaire) sont déterminantes et on tendra à rechercher une complémentarité entre les systèmes racinaires des espèces choisies afin d'assurer un maximum d'efficacité. De même, le rapport entre volume racinaire et aérien fait de certaines espèces, telles que le Saule pourpre (*Salix purpurea* - de port buissonnant) et le Saule drapé (*Salix eleagnos* - de port arbustif, voire arboré), d'excellents choix en termes de stabilisation, leur système racinaire étant très développé.

» L'ORIGINE ET LA DISPONIBILITÉ DES MATÉRIAUX VÉGÉTAUX :

La provenance des semences et plants vendus dans le commerce (notamment les graines d'herbacées) est souvent lointaine et leur traçabilité parfois incertaine et douteuse. Certains fournisseurs livrent ainsi souvent sur les chantiers (parfois inconsciemment), des hybrides ou des xénophytes, qui se confondent avec les espèces autochtones mais n'ont pas les mêmes caractéristiques et traits biologiques, ou même des plantes exotiques envahissantes.

On notera que les deux seules espèces envahissantes interdites à la commercialisation en France sont actuellement deux Jussies et que toutes les espèces posant des problèmes actuellement en berges de cours d'eau sont encore couramment vendues en pépinière (renouées asiatiques, buddleia, etc.). Cela constitue un enjeu d'avenir car cela pose d'importants problèmes d'aménagement. Un important travail doit être mené auprès des autorités publiques.

Il est par ailleurs parfois difficile de s'approvisionner en matériaux végétaux en fonction des écotypes recherchés, malgré de nombreux efforts.

DES LABELS POUR GARANTIR L'ORIGINE LOCALE DES VÉGÉTAUX SAUVAGES :

Pour remédier à cette problématique, la Fédération des Conservatoires Botaniques Nationaux, Plante & Cité, l'AFAC Agroforesteries et plusieurs autres partenaires ont lancé un projet de labellisation des végétaux d'origine locale. C'est le label « *Végétal local* » qui nous intéresse ici. Cette démarche est issue de la volonté du Ministère de l'Environnement de soutenir les filières locales dans le cadre de la stratégie nationale pour la biodiversité.



On constate en effet l'absence sur le marché français de végétaux d'origine sauvage dont la provenance locale est garantie, tandis qu'en parallèle les préconisations des maîtres d'ouvrage de projets de restauration écologique sont de plus en plus

tournées vers l'utilisation de végétaux sauvages d'origine locale. Dans le même temps, des flous persistent concernant l'origine et la provenance des plants et semences. Les mentions peuvent signifier la localisation de la pépinière, du semencier ou du producteur ou même parfois la répartition naturelle de l'espèce. En effet, la législation française n'oblige en rien à identifier l'origine géographique, la qualité des plantes ou des lots de semences sauvages.

Or, la flore sauvage possède des caractéristiques génétiques acquises au fil des siècles qui lui donnent de nombreux avantages par rapport à ses concurrentes allochtones, dont notamment une certaine capacité de résilience. Elle permet aussi d'atteindre les objectifs fixés dans le cadre d'un projet compte tenu de ses caractéristiques biologiques et physiologiques.

Le label « *Végétal local* » s'appuie sur 11 régions d'origine, zones à l'intérieur desquelles le transfert de semences est compatible avec la conservation du patrimoine génétique local. Le référentiel technique fixe des principes de collecte dans le milieu naturel et des règles strictes pour la multiplication afin d'éviter une perte de la diversité génétique, une sélection des génotypes et une contamination entre sites ou entre populations. Par exemple, le règlement concernant la multiplication fixe la limite à cinq générations. La traçabilité et le contrôle des semences et des plants est assurée. Il vise par ailleurs l'intégration tant des herbacées que des ligneux.

16 structures ont actuellement obtenu le droit d'exploiter le label Végétal local sur le territoire métropolitain et 37 sont candidates pour 2016. Dans l'ensemble, il s'agit principalement de pépiniéristes forestiers compte tenu de leur expérience existante, mais aussi de plus en plus de petites entreprises, de semenciers voire même des indépendants qui lancent leur activité notamment pour la récolte de graines.

PRODUIRE UNE LISTE DE PLANTES... :

- C'est avant tout s'attacher à répondre à l'objectif fixé par l'aménagement en s'adaptant aux conditions environnantes (paysager, écologique, stabilisation, horticole...),
- C'est avoir répondu à la question « Faut-il végétaliser ? »,
- C'est s'inspirer des modèles naturels environnants de manière à promouvoir des aménagements visant à une plus grande transparence écologique, mais aussi adapter la nature et la diversité des espèces selon les objectifs,
- C'est s'intégrer dans le cadre réglementaire en vigueur relatif au chantier, mais également d'ordre général (espèces interdites à la commercialisation ou réglementées...),
- C'est se fixer des règles de bienséance et d'éthique permettant de légitimer son choix d'espèces (espèces protégées, exotiques, variétés d'espèces non indigènes, etc.),

En bref, c'est se donner un cadre d'intervention, c'est-à-dire se fixer une certaine logique à tenir, compréhensible par tous les acteurs du projet !

Pour en savoir plus sur les critères de choix : Ghislain HUYGHE - ghislain.huyghe@biotec.fr

Pour en savoir plus sur le label « Végétal Local » :

- Damien PROVENDIER - damien.provendier@cbnmpmp.fr
- Sandra MALAVAL - sandra.malaval@cbnmpmp.fr
- les sites web : <http://www.fcbn.fr/vegetal-local-vraies-messicoles> & <http://www.fcbn.fr/ressource/liste-des-correspondants-regionaux-vegetal-local-et-vraies-messicoles>



RESTAURATION DE LA BIODIVERSITÉ ET DES FONCTIONNALITÉS ÉCOLOGIQUES DES BERGES : QUELLE PLACE POUR LE GÉNIE VÉGÉTAL ?

» **ANDRÉ EVETTE & PAUL CAVAILLE - IRSTEA**

Les ripisylves remplissent de nombreuses fonctions au sein des écosystèmes aquatiques et humides :

- écologiques : habitat aérien et aquatique, ombrage et alimentation, corridor biologique, épuration, modification de la dynamique fluviale et résistance face au changement global,
- protection contre l'érosion par le blocage des berges,
- récréatives.

Historiquement, le génie végétal s'est développé comme un ensemble de techniques de construction fondées sur l'imitation des modèles naturels pour lutter contre l'érosion. Aujourd'hui, il s'agit d'assurer un compromis entre les fonctions récréatives, les fonctions de protection contre l'érosion et les fonctions écologiques.

La poursuite du développement du génie végétal en lieu et place du génie civil demande d'optimiser chacune de ces fonctions. Il s'agit notamment d'optimiser les fonctions écologiques, d'habitats et de conservation de la biodiversité ou encore de résistance à la sécheresse et aux invasives. Ce à quoi se sont attachées les recherches menées au cours des dernières années. Elles apportent des réponses et ont permis de contribuer à l'évolution de l'état de l'art en matière d'ingénierie écologique.

LES FONCTIONS D'HABITAT :

Les travaux menés sur les fonctions d'habitat dans le cadre du projet franco-suisse Génie'Alp visaient plusieurs objectifs :

- déterminer les diversités taxonomiques et fonctionnelles sur les différentes techniques d'aménagement de berges selon un gradient de naturalité (enrochement, enrochement de pied de berge, caisson végétalisé, fascine et berge naturelle),
- déterminer les capacités de résistance à l'invasion des différentes techniques de protection de berges,
- donner des outils pour prendre en compte la biodiversité au moment de la conception des ouvrages.

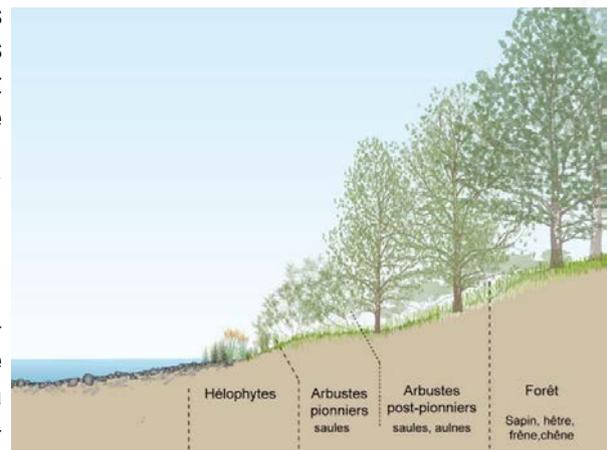
L'échantillon retenu pour cette étude concerne 40 aménagements construits entre 2001 et 2008 (et 18 plus anciens) à des altitudes comprises entre 250 et 700 m, répartis en Rhône-Alpes et en Suisse occidentale. Les diversités taxonomiques de la végétation, des carabidés (coléoptères terrestres) et des macro-invertébrés ont été analysées selon un plan d'échantillonnage particulier à chaque modèle (respectivement, méthode des transects, pièges Barber et Surber).

En termes de **richesse spécifique**¹, les enrochements purs offrent les diversités taxonomiques les plus faibles du côté de la végétation. Les ouvrages mixtes bénéficient de la plus importante richesse spécifique tandis que les berges aménagées en génie végétal pur et à l'aide de caissons montrent des niveaux intermédiaires. Les communautés benthiques sont quant à elles moins riches sur les enrochements immergés que sur les autres types d'aménagements. Par contre, le type d'aménagement de berge n'a pas d'impact significatif sur le nombre d'espèces de carabes.

¹ **Richesse spécifique** : mesure de la biodiversité qui désigne le nombre d'espèces présentes dans un milieu donné en prenant en compte tous les niveaux taxonomiques rencontrés au sein de tout ou partie d'un écosystème.

Sur le plan de la **diversité fonctionnelle**² des communautés végétales, les aménagements mixtes et les berges naturelles montrent des indices supérieurs, suggérant une résistance et une résilience plus élevée. Pour les carabidés, l'impact du type de berge n'est pas significatif. En revanche, on observe un déficit fonctionnel des techniques utilisant le génie civil, ce qui signifie que les enrochements offrent une faible habitabilité.

Le croisement des trois modèles (végétation, carabidés, macro-invertébrés) fait ressortir que l'habitabilité générale varie légèrement entre les types de berges, avec une tendance à l'augmentation selon le gradient de naturalité. La diversité fonctionnelle à l'échelle des trois taxons est significativement plus faible sur les enrochements, tandis qu'elle est maximale sur les aménagements mixtes et les berges naturelles.



Par ailleurs, la fréquence relative de la présence d'espèces exotiques envahissantes est significativement plus importante sur les ouvrages issus du génie civil. L'étude de l'évolution temporelle de la diversité végétale sur différents types d'aménagements montre qu'une succession végétale classique se met en place sur les ouvrages mixtes et les ouvrages en génie végétal pur tandis qu'on n'observe aucune évolution de la composition des communautés végétales sur les enrochements purs.

La fixation mécanique du milieu par l'aménagement des berges de cours d'eau conduit à la disparition des successions primaires qui sont sous le contrôle des facteurs de régulation allo-gènes (les perturbations liées aux crues), les communautés végétales des berges suivent ainsi une succession secondaire soumise à des facteurs de régulation autogènes, liés à la compétition interspécifique pour la lumière. Celle-ci implique ainsi une réduction du nombre d'espèces.

LES FONCTIONS DE CONSERVATION :



Myricaria Germanica

Des expérimentations ont été réalisées sur les potentialités de la Myricaire (*Myricaria germanica*) pour le génie végétal. Cette espèce alluviale, menacée à l'échelle alpine, est inféodée aux milieux très perturbés des rivières en tresse. Menées à la fois en conditions contrôlées et sur des ouvrages expérimentaux, les études démontrent que cette espèce possède de bonnes capacités pour le génie végétal et peut se développer sur des enrochements et des ouvrages de génie végétal en zones très perturbées. Ceci offre par conséquent des perspectives intéressantes pour rendre un peu de valeur biologique aux enrochements dans les années à venir.

LES FONCTIONS DE RÉSISTANCE À LA SÉCHERESSE :

La sécheresse estivale est une cause majeure d'échec et devrait augmenter avec le changement climatique. Les expérimentations effectuées en conditions contrôlées et sur des chantiers expérimentaux montrent que les espèces et les populations de saules ont une plasticité et une réponse variable à la sécheresse, tandis que le Tamaris (*Tamarix gallica*) montre de très bonnes capacités pour le génie végétal, même en cas de sécheresse sévère.

²**Diversité fonctionnelle** : indicateur du fonctionnement des écosystèmes qui traduit la diversité des traits fonctionnels. Les espèces ayant le même rôle au sein de l'écosystème sont rassemblées en groupes fonctionnels. Le nombre de groupes fonctionnels dans une communauté donnée exprime la fonctionnalité de l'écosystème et ses capacités de résilience. Il explique mieux le fonctionnement des écosystèmes que les autres mesures classiques de diversité.

LES FONCTIONS DE RÉSISTANCE AUX INVASIONS BIOLOGIQUES :

Les capacités des ouvrages de génie végétal à résister à une invasion par les renoués a aussi été testée. Les renouées adoptent une stratégie allélopathique, il n'est donc pas surprenant que leurs lixivats inhibent les boutures de saule. En revanche, un couvert dense de saules semble réduire significativement la biomasse de renouée, ce qui confirme l'intérêt d'une végétalisation des berges pour lutter contre cette espèce. Cela doit néanmoins être nuancé en conditions naturelles car beaucoup de facteurs entrent en interaction (interactions des herbivores avec les plantes, traitement complémentaire, biomasse de renouée, etc.) et doivent être pris en compte dans les recherches à venir.



© NYALÉ - ARRA



© CLAY COLEMAN

Le ragondin a quant à lui un fort impact sur la régénération des salicacées. Différentes populations de saules et peupliers ont donc été testées avec et sans exclos, et avec deux tailles de boutures. Il ressort que de longues boutures sont plus efficaces que la mise en place d'exclos. On peut ainsi envisager une réduction des coûts des ouvrages de génie végétal en utilisant des boutures plus longues qu'actuellement. Il a par ailleurs été observé que les ragondins préfèrent certaines espèces de saules à d'autres.

Les techniques de génie végétal, si elles ont pour objectif de stabiliser les berges, participent également à la restauration de ripisylves fonctionnelles sur le plan écologique. Évidemment, cela ne signifie pas qu'il faille recourir à la protection des berges dans le but de restaurer la ripisylve, mais plutôt que ces techniques constituent une alternative bien supérieure au génie civil lorsque le choix de la protection s'impose.

Pour en savoir plus :

André ÉVETTE - andre.evette@irstea.fr & Paul CAVAILLÉ - paul.cavaille@irstea.fr

« QUE DIT LE SDAGE RMC 2016-2021 ? »

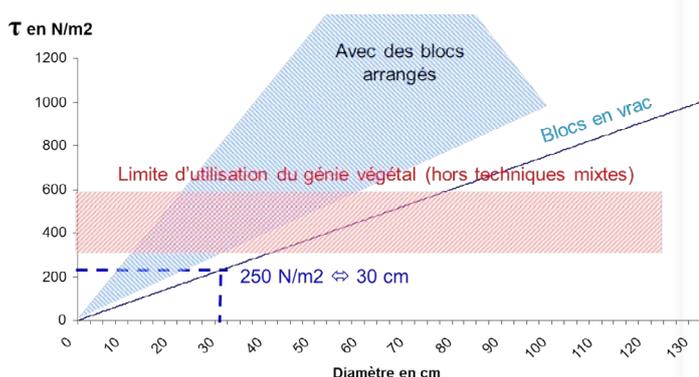
Le SDAGE RMC réserve une disposition complète à la restauration des ripisylves « compte tenu de leurs rôles importants dans le bon fonctionnement des milieux aquatiques, humides ou connexes (...). La contribution de ces milieux alluviaux à la Trame Verte et Bleue formalisée dans les schémas de cohérence écologique (SRCE) rend nécessaire leur restauration sur des linéaires significatifs pour constituer des corridors d'interconnexion entre les réservoirs biologiques et d'autres tronçons de cours d'eau » (extrait de la disposition 6A-04 « Préserver et restaurer les rives de cours d'eau et plans d'eau, les forêts alluviales et ripisylves »).

LA RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES OUVRAGES : OPTIMISATION DES FONCTIONS DE PROTECTION DE BERGES

» **ANDRÉ EVETTE - IRSTEA**

Le choix des protections de berges par des techniques végétales est le plus souvent basé sur un savoir d'expert. Leur dimensionnement repose sur une analyse fine du contexte environnemental (climat, exposition, variables hydrologiques, etc.). Les connaissances en termes de contraintes hydrauliques subies par les ouvrages restent encore fragmentaires alors qu'elles constituent un indicateur pertinent pour préciser le domaine d'application des différentes techniques de génie végétal.

La contrainte tractrice (ou force tractrice) permet de caractériser la résistance des ouvrages face aux forces hydrauliques. Il s'agit de la force due à l'eau qui s'exerce parallèlement à la berge sur une unité de surface et qui peut entraîner la mobilisation des particules, et donc une érosion. Elle s'exprime en N/m^2 et exprime la valeur limite au-delà de laquelle débute le phénomène érosif. Si elle est très complexe à mesurer (capteurs sur l'ouvrage), elle peut néanmoins être approchée par le calcul.



Des valeurs de contraintes tractrices sont présentées dans la littérature scientifique mais ne fournissent le plus souvent que des estimations des valeurs de résistance des techniques, sans donner d'informations supplémentaires sur leur dimensionnement, leur agencement ou l'origine de la rupture d'un ouvrage. Les incertitudes sont ainsi importantes, ce qui limite leur portée.

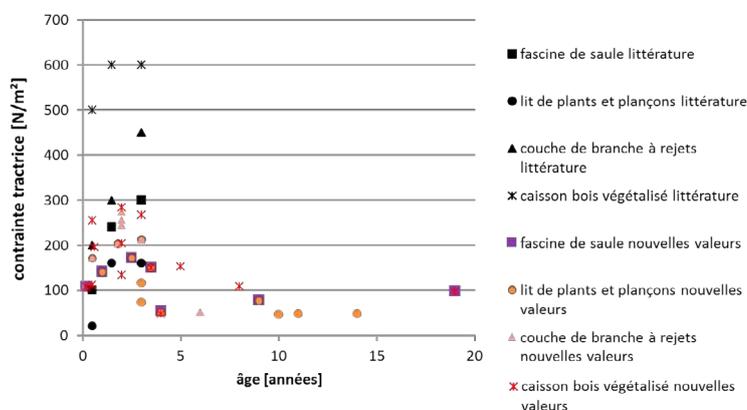
Une meilleure connaissance des valeurs de résistance des différentes techniques participe à l'amélioration des méthodes de dimensionnement et, par extension, à l'optimisation des fonctions de protection contre l'érosion des aménagements en génie végétal. Des travaux scientifiques récents menés par l'Irstea, basés sur une trentaine de sites et sur les chantiers pilotes Génie'Alp, apportent des éléments de réponse.

❶ Récapitulatif des valeurs limites de contraintes tractrices en fonction de l'âge. Les nouvelles valeurs limites sont en gras et les valeurs de rupture d'ouvrage sont soulignées. Les chiffres entre parenthèse renvoient aux références d'où sont issues les valeurs. Les lettres renvoient au cours d'eau concerné.

Techniques	Contrainte tractrice [N/m^2]					
	Moins de 1 an après la réalisation	1 à 2 ans après la réalisation	3 à 4 ans après la réalisation	5 à 6 ans après la réalisation	3 à 4 ans après la réalisation	9 ans et plus après la réalisation
Plantation d'hélophytes	5 ⁽⁸⁾		30 ⁽⁸⁾			
Ensemencement	20 ⁽²⁾	30 ⁽²⁾	100 ⁽⁶⁾			
Fascine d'hélophytes	30 ⁽⁸⁾	30 ⁽²⁾	60 ⁽⁸⁾			
Clayonnage et tressage	10 ⁽²⁾⁽⁸⁾	120 ⁽⁹⁾	120 ⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽⁹⁾			
Bouture	75 ⁽⁷⁾	150 ⁽¹⁾	165 ⁽¹⁾			
Saule jeune (moins de 2 ans)	100 ⁽⁴⁾		140 ⁽⁷⁾			800 (20 ans) ⁽⁷⁾
Lit de plants et plançons jusqu'en pied de berge	108 ^(h)	134 ^(h)	150 ^(h)			
Lit de plants et plançons avec fascine de saule en pied de berge	141 ⁽ⁱ⁾	172 ⁽ⁱ⁾	116 ^(f) (rupture fascine)			
Lit de plants et plançons avec enrochement en pied de berge	196 ^(b) ; <u>37^(k)</u>	204 ^(b)	212 ^(b)			77 ^(a)
Fascine de saule en pied de berge	141 ⁽ⁱ⁾ ; <u>50^(k)</u>	240 ⁽⁹⁾ ; <u>116^(f)</u>	> 300 ⁽⁷⁾			98 ^(e)
Couche de branches à rejets avec enrochement en pied de berge	244 ^(c)	300 ⁽²⁾⁽⁷⁾⁽⁹⁾	450 ⁽²⁾	51 ^(a)		
Caisson en bois végétalisé	500 ⁽²⁾	60 ⁽²⁾	600 ⁽²⁾	153 ^(g)	109 ^(d) ; <u>381⁽ⁱ⁾</u>	98 ^(e)
Enrochement végétalisé	200 ⁽⁸⁾	300 ⁽²⁾	350 ⁽²⁾			
Enrochement nu	250 ⁽⁸⁾	250 ⁽⁸⁾	250 ⁽⁸⁾			

1 : (Faber, 2004) ; 2 : (Venti *et al.*, 2003) ; 3 : (Florineth, 1982, 1995) ; 4 : (Adam *et al.*, 2008) ; 5 : (Gerstgraser, 1998) ; 6 : (Witzig, 1970) ; 7 : (Lachat, 1994) ; 8 : (Schiechl et Stern, 1996) ; 9 : (Gerstgraser, 2000).
a : Arve ; b : Avançon d'Anzeindaz ; c : Bens ; d : Dadon ; e : Gelon ; f : Guiers vif ; g : Néphaz ; h : Pamphiot ; i : Petite Gryonne ; j : Volane ; k : Isère.

Par l'analyse de la force tractrice exercée sur des ouvrages utilisant différentes techniques de génie végétal d'âges différents, ces travaux définissent de nouvelles valeurs de résistance sur la base d'une approche empirique. L'échantillon concerne des ouvrages de différentes classes d'âge ayant tenus ou s'étant rompus, pour lesquels la contrainte tractrice a été calculée.



Ces valeurs constituent un indicateur supplémentaire dans l'aide au dimensionnement, mais en aucun cas une valeur absolue à suivre. Elles doivent être prises à titre indicatif compte tenu des limites de l'étude et des incertitudes liées à la méthodologie (faiblesse du nombre d'échantillons, variabilité des causes de rupture, typologie des ouvrages et variabilité des dimensionnements, etc.). De nouvelles valeurs permettent par exemple de montrer que les lits de plants et plançons sont plus

résistants à leur mise en place que ce qui avait été annoncé jusque-là. Les très fortes valeurs observées dans la littérature posent question et demanderaient à être vérifiées. Les faibles valeurs observées sur les ouvrages anciens sont dues aux faibles pentes et faibles contraintes sur ces sites, l'utilisation du génie végétal en rivières à forte pente étant rare jusqu'au projet Génialp.

Contrairement aux techniques de génie civil qui bénéficient immédiatement d'une résistance optimale, celle des ouvrages de génie végétal tend à augmenter avec le temps jusqu'à atteindre son maxima. Juste après leur construction, ils sont en effet soumis directement aux crues sans que les systèmes racinaires et aériens n'aient pu se développer. Par exemple, les biomasses souterraines des boutures augmentent de 5 à 20 fois à la deuxième saison de végétation.

Connaitre la résistance des ouvrages aux contraintes hydrauliques en fonction de leur âge est utile pour déterminer leur évolution dans le temps et optimiser leur dimensionnement afin de répondre aux objectifs. Leurs valeurs limites peuvent aussi aider au choix des techniques à mettre en place car il existe une gradation en termes de résistance, qui s'accroît avec le temps. D'une manière générale, les connaissances sur ce sujet restent à approfondir mais il ressort une tendance indicative qui situe la limite d'utilisation des techniques de génie végétal (hors techniques mixtes) vers 300 N/m² environ. Des expérimentations autrichiennes menées par l'Université de Vienne (BOKU) en rivière expérimentale à débit contrôlé montrent notamment la bonne tenue d'ouvrages en génie végétal lors d'une crue exceptionnelle, tandis que toutes les maçonneries adjacentes ont été détruites.



Ouvrage de génie végétal ayant résisté à une crue crue exceptionnelle, au contraire des maçonneries

Des perspectives de recherche s'ouvrent ainsi pour les prochaines années afin de continuer à améliorer les connaissances sur les fonctions de résistance mécanique. La création et le suivi d'ouvrages sur des zones à fortes contraintes, comme ce fut le cas dans le cadre de Génialp, ainsi que l'élargissement du recueil d'expériences au niveau national et international, en prenant en compte la pathologie des ouvrages, devraient permettre de préciser ces données et de déterminer de nouvelles valeurs limites de résistance. Un travail sur des modèles réduits pourrait également fournir des outils de dimensionnement supplémentaires.

Pour en savoir plus : [Amélioration des méthodes de dimensionnement des ouvrages de génie végétal en berges de cours d'eau par une approche empirique](#) - Par : LEBLOIS, Solange ; EVETTE, André ; RECKING, Alain ; FAVIER, Gilles

RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR DES COURS D'EAU DE MONTAGNE : LES OUVRAGES DU PROJET GÉNI'ALP

» **ANDRÉ EVETTE - IRSTEA & PIERRE-ANDRÉ FROSSARD - HEPIA GENÈVE**

Le projet Géni'Alp, avec le soutien de l'Union Européenne et de la Confédération Helvétique dans le cadre du programme Interreg France-Suisse, s'est évertué à développer et promouvoir les techniques de génie végétal en rivières de montagne. Dans cet objectif, plusieurs chantiers pilotes ont permis de démontrer la capacité de ces techniques à résister à d'importantes contraintes physiques et d'analyser dans des conditions inédites les facteurs de réussite et d'échec des ouvrages. Le choix s'est porté sur des sites à enjeu faible en raison du caractère expérimental des chantiers. Portés d'une part, côté français, par l'Office National des Forêts (ONF) et le Syndicat Mixte d'Aménagement du Sud-Ouest Lémanique (SYMASOL) et, côté suisse, par le Canton de Vaud et trois communes.

LE BENS À SAINT HUGON (ISÈRE)

Dans la forêt domaniale de Saint Hugon, une piste forestière était menacée par l'érosion des berges du Bens. Avec une pente de l'ordre de 7 % et un débit décennal d'environ 9 m³/s, ce torrent en « step pool » est composé de gros blocs. Situé à 1 250 mètres d'altitude, le site est inaccessible et enneigé l'hiver.



Le Bens dans la forêt domaniale de Saint-Hugon (38) : état initial en 2010, fin des travaux en 2011, reprise végétative en 2012, état en 2015

Un caisson végétalisé a été mis en place sur une érosion en extérieur de virage et une couche de branches à rejets a été réalisée une centaine de mètres en amont au droit de la fosse de dissipation d'un gué. Tous deux reposent sur une assise en enrochements massifs profondément ancrée.

Malgré une mortalité des boutures et plançons observée dans les mois qui ont suivi leur réalisation (le chantier n'a été accessible que tardivement en raison de la présence de la neige sur la route d'accès), les deux ouvrages résistent et connaissent un développement végétal intéressant, après cinq saisons de végétation. Les contraintes tractrices subies par les ouvrages lors des plus importantes crues (mai 2015 notamment) ont été estimées à environ 280 N/m².

LE PAMPHIOT À ANTHY SUR LÉMAN (HAUTE-SAVOIE)

Sur un tronçon fortement encaissé du Pamphiot, affluent du lac Léman, des érosions et le glissement d'une lentille d'argile entraînaient les talus, menaçant des constructions situées au-dessus. Ce cours d'eau de piémont possède une pente de profil en long de 3 à 4 % pour un débit de crue centennale estimé à 13 m³/s. Le choix s'est porté sur une association de techniques purement végétales, malgré une pente de profil en long importante : fascines, boutures de saules, lits de plants et plançons et caisson en rondins végétalisé.

Son originalité vient de l'absence de protection de pied de berge sur la partie amont de l'ouvrage. La protection démarre ainsi directement avec un lit de plançons au niveau de l'eau. Le

caisson végétalisé est devenu incontournable à l'avancement des travaux, alors qu'il n'était pas prévu à l'origine, afin de stabiliser le glissement de la lentille argileuse qui rendait le travail de l'entreprise impossible.

Cinq ans après sa mise en place l'ouvrage résiste, y compris les lits de plants et plançons en pied de berge, malgré une déformation liée à des infiltrations d'eau. Le site est devenu quasiment inaccessible en raison du bon développement de la végétation. Le glissement est quant à lui stabilisé.



Le Pamphiot (74) : état initial en avril 2011, fin des travaux en octobre 2011, reprise végétative au printemps 2013, état en 2015

L'AVANÇON D'ANZEINDAZ À CERGNEMENT (COMMUNES DE BEX ET GRYON – CANTON DE VAUD)

Dans les Préalpes vaudoises, l'Avançon d'Anzeindaz, affluent rive droite du Rhône, borde une route communale importante pour l'économie touristique locale. À près de 1 300 m d'altitude, sur le site de Cergnement, le lit s'est déplacé en rive droite en extrados provoquant une érosion importante directement en aval du pont. La pente sur ce tronçon est comprise entre 5 et 10 % pour un débit de la plus grosse crue connue de 57 m³/s, soit un niveau d'eau situé à un mètre sous le pont. Les techniques mixtes ont été privilégiées afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage et du pont.

L'enrochement de pied de berge a été accompagné de plusieurs épis en enrochement (blocs de 400 à 700 l) et d'un seuil de fond pour caler le fond du lit (700 à 1 000 l). Sur le haut de berge, des lits de plants et plançons ont été réalisés. Cette technique est particulièrement adaptée pour une combinaison avec un enrochement de pied de berge. Sur la partie aval, le choix s'est porté sur une couche de branches à rejets.

La neige est arrivée une semaine après la fin des travaux pour disparaître début mai. Si la reprise végétative a été lente, le processus d'alluvionnement entre les épis a quant à lui été assez rapide. L'ouvrage résiste. Après cinq ans, la végétation est aujourd'hui bien développée et bien imbriquée avec les rochers.



L'Avançon d'Anzeindaz (Vd - CH) : état initial en 2010, travaux en octobre 2011, reprise végétative en septembre 2012, état en juin 2016

L'AVANÇON D'ANZEINDAZ À LA BENJAMINE (COMMUNES DE BEX ET GRYON – CANTON DE VAUD)

Plusieurs centaines de mètres en amont, le site de la Benjamine faisait l'objet d'un important glissement du talus sur environ 13 mètres de hauteur, menaçant la même route communale.

Avec une pente de profil en long de 7 %, une hauteur de berge à traiter très importante et une pente de talus supérieure à 100 %, le site est très contraignant.

Sur la partie amont, la plus pentue, le choix s'est porté sur un caisson végétalisé en pied de berge pour servir d'appui à un treillage et stabiliser l'ensemble du talus. À mi pente, un second caisson soutient un second treillage car il n'était pas possible de réaliser celui-ci d'un bloc sur toute la hauteur du talus. Sur la partie aval, moins pentue, des lits de plants et plançons étaient suffisants. Ils s'appuient sur un enrochement de pied. Un ensemencement hydraulique a été effectué en fin de chantier.

Avant le début de la troisième période de végétation, la crue de mai 2015 a provoqué une lave torrentielle qui a remobilisé le lit. L'ensemble de l'ouvrage a résisté. La végétation s'est bien développée et l'ouvrage disparaît progressivement.



L'Avançon d'Anzeindaz (Vd - CH) : état initial en 2010, travaux en octobre 2012, reprise végétative en 2013, état en juillet 2015

Il est à noter que 83 taxons différents (plantes ligneuses et herbacées) ont été recensés en 2016 sur les trois chantiers suisses, dont 39 sont spontanés. Cela contredit ainsi les critiques sur une hypothétique homogénéisation du milieu et sur une perte de biodiversité suite à l'utilisation des techniques végétales. On observe un degré de naturalité des berges de plus en plus élevé avec le temps.

LA PETITE GRYONNE À OLLON (CANTON DE VAUD)

À quelques kilomètres de là, à plus de 1 300 m d'altitude, une érosion et une incision généralisée sur la Petite Gryonne menaçait un chemin et le pont d'une route communale. La pente est de 12 % sur le tronçon concerné. Il a fallu composer avec d'importantes contraintes liées à l'altitude, notamment une période favorable très courte (avril à mai) et la nécessité absolue de trouver des sites de prélèvement à des altitudes égales ou supérieures pour assurer l'approvisionnement en saules. Ceux-ci ont été prélevés à 1 500 m d'altitude et la saison avancée a nécessité le recours à des plants en godet et en motte.

Le blocage du fond du lit à l'aide d'un seuil en rondins et d'une fosse de dissipation en enrochement s'est avéré nécessaire. Sur les berges, techniques mixtes et purement végétales ont été associées : un caisson végétalisé pour soutenir le chemin en rive droite ; sur la rive gauche, une fascine de saules en amont du seuil puis un enrochement en aval, le tout étant surmonté de lits de plants et plançons choisis pour leur légèreté, leur capacité à subir des déformations et leur effet de drain biologique.



La Petite Gryonne (Vd - CH) : état initial en 2010, travaux en mai 2012, reprise végétative en septembre 2012, état en juillet 2015

Quatre ans plus tard, la végétation est bien développée et malgré quelques mouvements du fond du lit au niveau de la fosse de dissipation et des saules abîmés par le transport solide au sein de la fascine, l'ensemble a résisté malgré d'importantes crues en mai 2015 notamment.

CONCLUSION

Les chantiers pilotes réalisés dans le cadre du projet Génie'Alp démontrent que, moyennant quelques adaptations aux conditions locales, des techniques traditionnelles sont souvent suffisantes pour traiter les problèmes d'érosion constatés en rivière de montagne. Avec l'augmentation des contraintes hydrauliques et du charriage, les techniques combinées doivent être privilégiées (seuil, rampes, épis, enrochement et génie végétal).

Avec des pentes de profils en long entre 5 et 10 %, il est également très clair que l'aménagement de la berge ne peut se faire sans une réflexion sur celui du lit. Son contrôle s'avère très souvent la clé de la réussite des aménagements de protection de berge et permet le recours aux techniques végétales.

Il ressort enfin de ces retours d'expérience que la brièveté de la période disponible pour les travaux et la brièveté de la période de végétation (démarrage seulement à partir de mi-mai) n'ont pas eues de conséquences fâcheuses sur le développement des végétaux.

Pour en savoir plus :

André EVETTE - andre.evette@irstea.fr

& Pierre-André FROSSARD - pierre-andre.frossard@hesge.ch

L'ouvrage technique du projet Génie'Alp est disponible en ligne :

[**Génie végétal en rivière de montagne - Connaissances et retours d'expériences sur l'utilisation d'espèces et de techniques végétales : végétalisation de berges et ouvrages bois**](#)



LA RENATURATION DE L'HERMANCE : RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR UN COURS D'EAU À FAIBLE PENTE

» MARIE-PÉNÉLOPE GUILLET - SYMASOL & MATHIAS GIREL - GREN BIOLOGIE APPLIQUÉE

Depuis plusieurs années déjà, le Syndicat Mixte des Affluents du Sud-Ouest Lémanique (SYMASOL) mène des projets de renaturation, notamment sur l'Hermance, cours d'eau transfrontalier et affluent du lac Léman. Cette rivière de piémont draine un petit bassin versant de 43 km² aux portes du Chablais. Suite aux recalibrages des années 1960 puis à l'urbanisation de son bassin, les milieux se sont homogénéisés et la problématique des inondations est devenue centrale.

RESTAURATION EN ZONE URBAINE :

Un ambitieux projet de restauration sur 1,3 km linéaire a été mené en 2008 et 2009 dans la traversée du bourg de Veigy-Foncenex avec des objectifs de protection contre les inondations, de renaturation du lit et de réappropriation du milieu par la population locale (pour davantage de détails, on se reportera [aux présentations et aux actes de la journée technique de 2009](#), p.33). Dans un contexte urbain, les enjeux étaient de créer un sentier le long du cours d'eau et le connecter aux cheminements existants sur la commune, de préserver les jardins d'habitations et de protéger les canalisations présentes le long du cours d'eau. Tout cela avec une emprise foncière limitée, comprise entre 2 et 20 m en sommet de berge.

Les aménagements réalisés sont relativement simples. Des fascines de saules ont été mises en place en pied des berges à forte pente et en extradados de méandre pour limiter l'évolution du lit à l'emprise foncière du projet. Des boutures de saules ont été implantées en pied de

berge sur de nombreux secteurs lorsque l'emprise foncière disponible était plus limitée et à l'aval de rampes en enrochement. De très nombreuses plantations d'essences locales (fusain, cornouiller, viorne, noisetier, sorbier, charme, frêne, érable, chêne, noyer, etc.) ont été mises en œuvre sur le reste des berges. Des boudins d'hélophytes ont également été implantés en pied de berge sur certaines zones.



Renaturation de l'Hermance à
Veigy-Foncenex (74)

8 ans plus tard, le bilan global est largement positif avec le développement intéressant d'une ripisylve et de faciès d'écoulements diversifiés. On observe aussi une véritable réappropriation du cours d'eau par les habitants grâce à la création du cheminement.

Certains secteurs ont néanmoins nécessité des reprises depuis les premiers travaux en raison d'érosions localisées (signalées à l'aide de flèches rouges sur le plan). Le syndicat a tâtonné pour trouver la meilleure solution sur certaines anses d'érosion avec par exemple une première intervention à l'aide de boutures de saules en pied de berge directement en aval d'un petit seuil de fond, puis la création d'une fascine de saule et d'un pavage en enrochement sur le fond du lit trois ans plus tard. Cette dernière intervention semble aujourd'hui efficace.

Certaines érosions ont nécessité des interventions plus lourdes avec la création en 2011 d'un enrochement de pied surmonté de lits de plançons en rive



Renaturation de l'Hermance à
Veigy-Foncenex (74)

droite (protection d'une canalisation) et d'un bouturage en rive gauche. Mais l'incision du lit au cours des années suivantes a provoqué le basculement d'une partie de la rive gauche et des saules. L'influence de l'évolution du fond du lit semble ainsi avoir été sous-estimée en amont du projet, ce qui provoque l'échec de certaines protections réalisées en génie végétal.

LA PRISE EN COMPTE DE LA NATURE DES SOLS DANS UNE OPÉRATION DE RESTAURATION

Une seconde phase de renaturation a été menée plus en aval en 2010 et 2011 sur 700 m entre le Pont Neuf et le pont des Golettes afin de restaurer une diversité d'écoulements et de milieux ainsi que la continuité biologique entre la zone aval, plus naturelle, et l'amont renaturé. Le cours d'eau était ici recalibré et constitué d'un pavage en enrochements. Les emprises disponibles sur ce site étant plus importantes (jusqu'à 30 mètres de chaque côté), le maître d'œuvre a eu la possibilité de coucher les berges et de créer une alternance de faciès au sein d'un lit à méandres.

L'un des enjeux techniques fut ici de retrouver ou de recréer un sol de qualité suffisante pour favoriser la végétation. Le sol est une construction physicochimique et biologique. Il est composé dans sa partie supérieure (« terre végétale ») d'agrégats de particules minérales recouvertes de mucilages, tenus par le mucus des organismes du sol, et liés entre eux par des mycéliums et les poils absorbants des racines. Sur ce site, le sol s'est formé à partir de nombreuses formations glaciaires de type moraines limoneuses compactes ou formations graveleuses de retrait Würmien possédant des caractéristiques très différentes (compacité, consistance, plasticité, texture, éléments grossiers, etc.), localement mélangées à des remblais de matériaux inertes et à des lentilles fortement chargées en carbone organique placées en situation anaérobie. En présence d'un cours d'eau bétonné, entouré d'une activité agricole intensive durant plusieurs décennies, les sols sont ainsi très hétérogènes et, pour l'essentiel, fortement modifiés par l'activité humaine (anthroposols).

Deux conceptions s'opposent alors entre la végétalisation directe du substrat en place et la reconstitution d'un sol. C'est le second choix qui prime ici. Le dimensionnement du nouveau lit a donc nécessité la prise en compte de l'hétérogénéité des sols en présence. Des sols fertiles ont été recréés par l'apport sectorisé de matériaux terreux de différentes qualités suite au terrassement. Les protections de berges et plantations ont ensuite été réalisées par zones. Sur certaines zones, les sols ont été laissés bruts dans l'optique de favoriser l'implantation d'espèces pionnières.



Terrassement en vue de la renaturation de l'Hermance (74)

Un an plus tard, le développement de la végétation est satisfaisant. Les zones ayant bénéficié d'apports de matériaux terreux fertiles présentent une germination et une reprise végétative très dense et intéressante pour favoriser certaines graminées à enracinement puissant, tandis que d'autres secteurs présentant des sols pauvres présentent un intérêt pour l'implantation d'espèces annuelles moins fréquentes, l'ensemble de l'aménagement présentant une couverture végétale globalement favorable à l'objectif de stabilisation des rives ainsi qu'une bonne richesse floristique et faunistique.

Pour en savoir plus :

Marie-Pénélope GUILLET - guillet.symasol@orange.fr & Mathias GIREL - girel@gren.ch

LA RESTAURATION DE ROSELIÈRES AQUATIQUES : EXEMPLES DU LAC DU BOURGET ET DU LAC LÉMAN

» **ANDRÉ MIQUET** - CONSERVATOIRE D'ESPACES NATURELS DE SAVOIE

Le Lac du Bourget est un lac naturel d'origine glaciaire d'une superficie de près de 45 km² coincé entre les derniers contreforts du Jura et le massif des Bauges. Déversoir naturel pour les crues du Rhône, il constitue un bassin d'écrêtement important dans la lutte contre les inondations.

UN LAC NATUREL MAIS RÉGULÉ

Le lac est régulé depuis la construction de l'aménagement hydroélectrique de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) à Belley en 1982. Naturellement, le niveau des eaux du lac connaissait auparavant de très fortes amplitudes tout au long de l'année ainsi qu'une importante variabilité d'une année sur l'autre. Son niveau minimum, mesuré en mètres d'altitude (système NGF), descendait alors en dessous de la cote 231.00 plus d'un mois par an et en moyenne 90 jours par an en dessous de la cote 231.20, tandis qu'elle dépassait la cote 233.00 en moyenne 5 jours par an. La régulation en 1982 a imposé un fonctionnement bimodal avec une cote basse hivernale à 231.20 m et une cote haute estivale à 231.50 m. Le mécanisme naturel de déversement des eaux de crue du Rhône a été réduit de 3 mois par an à quelques jours.

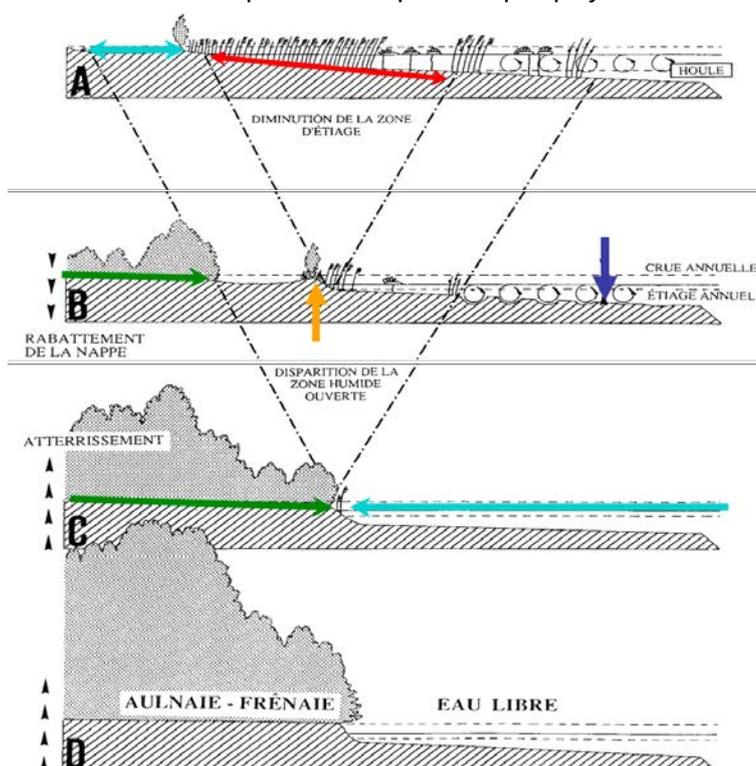
Pour autant, cette régulation a provoqué une diminution du marnage annuel d'environ 73 cm, passant de 2.05 m à 1.32 m. L'espace de respiration du lac a donc fortement diminué. De même, la variabilité annuelle des niveaux d'eau a été fortement modifiée avec, par exemple, un rehaussement du niveau d'étiage automnal qui descendait au moins 15 jours sous la cote 231.10 en octobre et novembre (Miquet, 1997).

LES IMPACTS DE LA RÉGULATION SUR LES ÉCOSYSTÈMES

Sur le plan écologique, les roselières du Lac du Bourget ont régressé de 60 % au cours de la seconde moitié du 20^e siècle ; l'eutrophisation a pu être en cause notamment de par l'effet mécanique d'un important périphyton. Elles ne couvrent désormais plus que 11 km de

rivage. Cet écosystème est très riche en biodiversité et participe à l'épuration des eaux. Avant régulation, l'amplitude et la variabilité naturelles des niveaux d'eau assuraient la résilience de ces milieux et rendaient possible une cicatrisation des roselières.

La régulation des niveaux d'eau a participé à leur régression par la diminution de la zone de marnage naturelle. Côté lac, l'aggravation de l'effet mécanique de la houle par l'amincissement de la ligne d'eau, la disparition des micro-variations de niveaux, la suppression des périodes d'étiage et l'accumulation de corps flottants sont autant de facteurs qui ont provoqué le rétrécissement de la roselière lacustre. Celui-ci est également aggravé par un embroussaillage et un atterrissement progressifs du trait de côte.



Comme présenté sur les schémas ci-contre, l'écosystème palustre disparaît ainsi progressivement jusqu'au stade D, où il est progressivement remplacé par des formations végétales terrestres, le boisement atteignant le trait de côte sur des sédiments nus. Le stade B représente la situation à la fin du 20^e siècle.

UN PLAN DE RESTAURATION DES ROSELIÈRES AQUATIQUES

Pour éviter l'évolution des milieux vers les stades C et D, le Conservatoire d'Espaces Naturels de Savoie a mené une campagne de restauration des roselières à partir de la fin des années 1990. Le CEN gère 230 ha de domaine public lacustre tout autour du lac ce qui a facilité la mise en place d'un projet expérimental ambitieux.

Au Sud du lac au niveau de l'embouchure de la Leysse, sur l'étang des Aigrettes, les roselières terrestres ont été décapées. Un endiguement léger et un pompage permettent la remise en eau de 13 ha. Cela a nécessité la mise en place d'un système de vannage afin de gérer les vidanges. Quelques centaines de mètres plus loin, dans une zone davantage soumise à la houle avec des vagues atteignant parfois un mètre, des îlots de protection en gabions et des fascines ont été disposés à quelques dizaines de mètres de la roselière existante, puis des matériaux ont été régalingés et replantés de roseaux. Certaines touffes de roseaux sont grillagées pour les protéger du « pâturage » (oiseaux, ragondin, rat musqué) et du batillage par les objets flottants qui peut provoquer des lésions sources de parasitoses et de nécroses.



6 ans après les travaux, les résultats sont encourageants avec une progression nette de la roselière sur certaines zones et un développement par touffes sur quelques points en d'autres endroits. Les gabions se sont avérés très efficaces. On observe néanmoins, notamment sur les zones en eau libre, que de nombreux enclos grillagés sont vides et que certaines touffes n'ont pas repris.

Au Nord du lac, la roselière de la Baie de Portout, quant à elle moins soumise au batillage, a fait l'objet d'une opération de restauration. Ici, aucun îlot ni « récif artificiel » n'a été créé : seule



Ci-dessus : décapage de roselière, fascine et gabions anti-houle

Ci-contre : La Baie de Portout après travaux et reprise végétative



Pose de boudins d'hélophytes

une fascine de boudins d'hélophytes protège l'aménagement contre la houle. Les matériaux issus de l'arasement d'un petit cordon dunaire ont été régalés en arrière de la fascine afin de créer une pente douce permettant d'obtenir de faibles profondeurs d'eau. En arrière, plusieurs fosses ont été creusées pour y implanter des roseaux mis en jauge, garantissant ainsi une « souche locale ».

Un projet d'étiage expérimental est actuellement à l'étude avec le CISALB. Celui-ci vise à rabaisser le niveau d'eau tous les 4 ans de 0,4 m en dessous de la cote minimale (hivernale) au cours des mois de septembre et octobre et à le laisser remonter au gré des crues jusqu'à la cote hivernale actuelle. Les effets espérés sont :

- la stimulation physiologique des roselières par oxygénation et minéralisation des sédiments, apportant également une « auto-épuration »,
- la stimulation de la reproduction naturelle par exondation des bourgeons des rhizomes de phragmites.

Il s'agirait de mettre en place cet étiage de manière expérimentale avec l'objectif de le pérenniser en fonction des résultats des suivis. Ce projet semble pouvoir se mettre en place en 2017 en dépit des enjeux touristiques et sociologiques, qui ont empêché que soit étudiée la restauration de niveaux hauts d'avril à juillet, mesure beaucoup plus efficace pour la restauration des roselières.

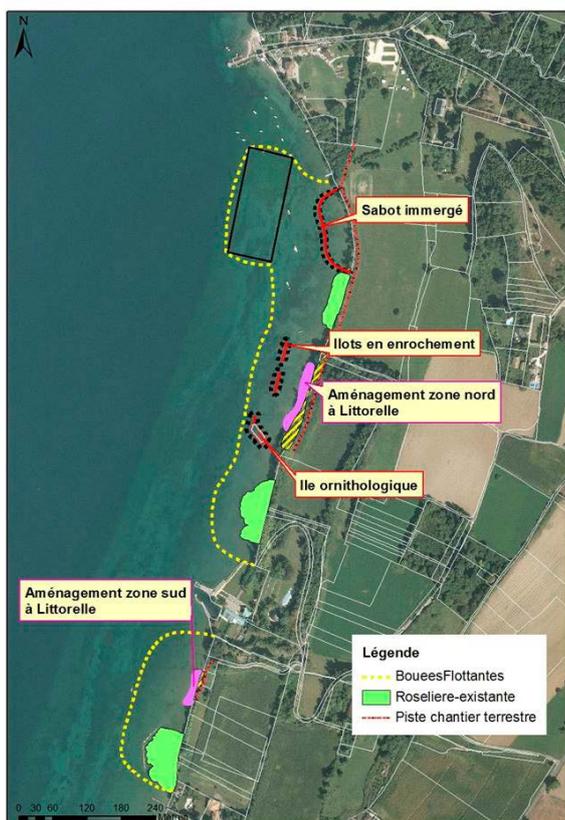


La Baie de Portout en travaux

UN EXEMPLE RÉCENT : LA REVITALISATION DES ROSELIÈRES À CHENS-SUR-LÉMAN

L'hiver 2014-2015 a été l'occasion pour le SYMASOL, dans le cadre de son programme d'actions 2014-2019, de réaliser des travaux de restauration des roselières aquatiques à l'ouest de la pointe de Tougues, sur la commune de Chens-sur-Léman. Cette portion des rives françaises abrite naturellement des secteurs de roselières. Ceux-ci sont soumis à une forte houle avec des vagues de 70 à 80 cm, voire jusqu'à 1.30 m et un mur de rive juste en arrière qui renforce la force des vagues sur les milieux littoraux. L'objectif de ce projet est de protéger et de renforcer les milieux littoraux existants, tout en favorisant la biodiversité et en privilégiant les écosystèmes rares.

Trois roselières existantes ont été protégées vis-à-vis de la navigation à l'aide de bouées flottantes et complétées par la plantation de 10 000 roseaux et 2 500 scirpes cultivés auparavant en pépinière. Un sabot immergé en enrochement a été réalisé pour diminuer les contraintes hydrodynamiques sur la roselière ainsi créée. Un mur de rive de 1.20 m de hauteur a été supprimé à titre expérimental sur le secteur sud puisqu'aucun ouvrage de protection n'a été réalisé dans le lac, en dehors d'une recharge en matériaux alluvionnaires.





Les berges du lac, avant et après travaux

Seulement présente sur une station des rives de la commune de Meissey, la Littorelle à une fleur, espèce protégée à l'échelle nationale, a également été réintroduite dans la zone interdite à toute navigation. Trois îlots anti-houle en enrochements protègent la zone, dont un fait office d'îlot ornithologique pour les Sternes.

L'ensemble de ces travaux a coûté environ 817 000 €HT (hors maîtrise d'œuvre et missions complémentaires de suivi du site). Une étude est en cours pour mettre en avant des secteurs pertinents de restauration des rives avec l'objectif de prioriser les actions à mener. Trois sites seront choisis pour être restaurés dans les années qui viennent.



Littorelle à une fleur



Roselière aménagée sur le Lac Léman

Pour en savoir plus :

Sur le Lac du Bourget : André MIQUET - a.miquet@cen-savoie.org

- Rapports annuels des suivis du lac du Bourget et actes du colloque 2006 « *Autour du lac du Bourget* » sur le site de l'INRA
- *La régulation du lac du Bourget (France) : nouveau fonctionnement hydraulique, impacts environnementaux*, A. MIQUET, RGA, 1997

Sur le Lac Léman : Amélie SAHUC - sahuc.symasol@orange.fr & Mathias GIREL - girel@gren.ch

LES PHYTOTECHNOLOGIES POUR LA STABILISATION DE BERGES AU QUÉBEC : UNE APPROCHE EN ÉMERGENCE

» **MONIQUE POULIN** – UNIVERSITÉ LAVAL, **ISABELLE FALARDEAU** – MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC & **PASCAL BIRON** – UNIVERSITÉ CONCORDIA

Si les problématiques y sont souvent différentes, il est toujours intéressant de s'interroger sur les pratiques à l'étranger pour ouvrir le débat et prendre du recul sur nos propres pratiques. Si la France possède quelques années d'avance sur le plan technique, la coopération naissante entre les deux pays sur le sujet devrait apporter énormément à l'état de l'art dans les années qui viennent, notamment avec les travaux québécois dans un contexte de sols argileux et la modélisation hydrodynamique en 2D et en 3D des contraintes sur les berges.

UN TERRITOIRE IMMENSE MAIS TRÈS CONTRAIGNANT

La province canadienne de Québec couvre un territoire d'environ trois fois la France, avec une densité de population très faible (6 habitants/km² en moyenne contre environ 100 en France). Dans la partie méridionale de la province, les Basses-Terres du Saint-Laurent, plaine coincée entre les Appalaches au Sud et les Laurentides au Nord, accueille 80 % de la population, principalement entre les villes de Montréal et Québec. L'eau est omniprésente dans la province, avec 20 % du territoire couvert d'eau (3.6 millions de lacs et des dizaines de milliers de rivières). On compte sept grands bassins versants et le tiers des eaux du Québec se déverse dans le fleuve Saint-Laurent.

La présence d'argiles sensibles d'origine marine dans les Basses-Terres peut provoquer des glissements de terrain de très grande ampleur, imprévisibles et très destructeurs. Ces matériaux ont la caractéristique de passer d'une consistance relativement ferme lorsqu'ils sont intacts à une masse quasiment liquide à l'état remanié, après perturbations naturelles ou anthropiques. Ces glissements surviennent lorsque les sols sont gorgés d'eau et le sapement du pied de talus causé par l'érosion d'un cours d'eau est un facteur aggravant. Le mouvement de recul peut affecter des bandes de terrain de plusieurs dizaines, voire une centaine de mètres au sommet du talus.



Protection de berge en génie civil dans la province de Québec

Même si ces glissements d'envergure concernent des phénomènes de versants et qu'ils ne peuvent être contrôlés par une simple stabilisation de berges, il demeure essentiel d'évaluer les risques lorsque l'on intervient en berges de rivières avec des ouvrages de stabilisation. Des analyses géotechniques doivent donc être réalisées pour chaque projet. La présence de glace une grande partie de l'année, suivie de la débâcle printanière, peut également constituer une contrainte importante qui doit être prise en compte par les aménageurs et gestionnaires.

D'importants enjeux tels que les infrastructures de transport se trouvent à proximité des cours d'eau. Compte tenu du contexte, la stabilisation de berges représente un défi constant. Les ouvrages sont généralement construits à l'aide de matériaux inertes, les enrochements étant souvent surdimensionnés. On observe ainsi un important phénomène d'homogénéisation des habitats et le remplacement des espèces locales par des espèces généralistes et envahissantes.

Toutefois, il existe un intérêt grandissant, notamment au niveau du Ministère des Transports, pour faire évoluer les pratiques par l'utilisation de l'ingénierie écologique et la diversification des habitats dans les enrochements en y implantant des végétaux.

ÉVALUER LE POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE

Un projet de recherche est donc en cours pour évaluer les potentiels structurels et écologiques des techniques de phytotechnologies pour stabiliser durablement les berges, tout en favorisant la naturalité et la diversité des rives. L'objectif, à terme, est de développer un savoir-faire et des outils à même de favoriser et d'encourager leur utilisation (guides, site pilotes, retours d'expériences). Deux volets sont ainsi prévus :

- Évaluer la diversité végétale sur les ouvrages existants au Québec,
- Construire trois ouvrages pilotes de stabilisation et en faire le suivi.

Ce sont environ 75 ouvrages construits au cours des 10 à 15 dernières années qui seront étudiés dans le premier volet. Ils mesurent en moyenne 80 m de long et 3.5 m de haut (jusqu'à 13 m de haut). La diversité biologique sur différents types d'ouvrages sera étudiée en comparaison avec les berges naturelles. Les facteurs locaux (physiques, débit, matériaux) et paysagers (contexte agricole et urbain), déterminants de la diversité végétale, feront également l'objet d'une analyse.



Exemple d'ouvrage en génie végétal dans la province de Québec



Site pilote retenu sur la rivière Nicolet

Les trois sites pilotes seront quant à eux aménagés à l'aide de techniques mixtes, incluant probablement un enrochement en pied de berge accompagné d'épis en pierres et en fascines pour réduire les forces tractrices et de lits de plants et plançons en talus. Le dimensionnement des épis sera réalisé en fonction des résultats de modélisation hydrodynamiques en 2D et en 3D obtenus à l'aide du logiciel Delft3D (logiciel open source). Ce type de modèles permettra de mieux quantifier les forces tractrices sur les berges et de tester différents dimensionnements d'épis et autres sources d'hétérogénéité avant leur installation.

Il y a une volonté croissante au Québec de développer des approches de gestion des cours d'eau basée sur la notion d'espace de liberté. Celle-ci est plus large qu'en France car elle comprend à la fois l'espace de mobilité, l'espace d'inondabilité (plus importante crue connue) et l'espace d'intégrité en lien avec les zones humides. Ces travaux récents ont également démontré une corrélation claire entre mobilité du cours d'eau et qualité des habitats.

Toutefois, il reste un très grand nombre de cas où laisser à la rivière son espace de liberté n'est pas possible en raison de la présence d'infrastructures névralgiques, comme par exemple sur la rivière Bras Saint-Nicolas située à moins de 30 m de l'Autoroute 20. Ce site pilote comporte un risque très élevé que l'érosion en cours affecte l'autoroute, ce qui interdit de laisser divaguer le cours d'eau, malgré que l'autoroute soit située dans l'espace de liberté. Le défi à relever est de taille : il s'agira d'utiliser l'ingénierie écologique sur une rivière dynamique avec un talus élevé (10 m entre le pied de berge et son sommet avec une pente de 48 %) et un terrain largement composé d'argiles. L'objectif est d'obtenir une berge suffisamment hétérogène pour installer des habitats diversifiés et de qualité.

À suivre dans les années qui viennent !

Pour en savoir plus :

Monique POULIN - monique.poulin@fsaa.ulaval.ca & Pascale BIRON - pascale.biron@concordia.ca

LA RESTAURATION DE COURS D'EAU EN MILIEU URBAIN : LA LEYSSE À CHAMBÉRY

» CHRISTOPHE GUAY - CHAMBÉRY MÉTROPOLE & CHRISTOPHE MOIROUD - COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE

La gestion des cours d'eau dans le bassin chambérien est inscrite historiquement dans ce territoire depuis Napoléon III. La crue de la Leysse et de ses affluents en 1990 et plus largement les événements climatiques en France et en Europe ont conduit localement à la mise en place d'un schéma directeur de protection contre les crues approuvé en novembre 2000. En découlent d'ambitieux projets de protection contre les crues et de reconquête de l'axe de la Leysse avec un double objectif :

- la protection des biens et des personnes vis-à-vis des débordements jusqu'à la crue centennale,
- la restauration écologique du cours d'eau et de ses affluents.

Les simulations hydrauliques réalisées montrent d'importants risques de débordement en plusieurs endroits avant la crue d'occurrence centennale, la faible largeur du lit de la Leysse ne permettant pas de contenir les crues importantes. Les digues, construites il y a 150 ans présentent aussi un risque important de rupture en raison de leur mauvais état (porosité, hétérogénéité et instabilité des matériaux, fragilisation par la végétation et présence de réseaux dans la digue).

Sur le plan écologique, la Leysse est fortement dégradée. En raison de son tracé rectiligne, de la faible diversité dans la ripisylve et de sa section trapézoïdale, les milieux sont très peu diversifiés et les habitats aquatiques sont quasiment inexistantes. L'endiguement a par ailleurs provoqué la déconnexion de la rivière et des milieux humides adjacents.

Plusieurs phases de travaux se sont succédées au cours de la dernière décennie. Les aménagements réalisés ont été envisagés en considérant la dynamique globale du cours d'eau et les enjeux environnementaux et paysagers.

DES OPÉRATIONS DE RENATURATION EN CENTRE-VILLE DE CHAMBÉRY

La confluence de la Leysse et de l'Albanne a été renaturée en 2006 dans le centre-ville de Chambéry. L'abaissement du fond du lit, afin d'augmenter la section hydraulique, a été accompagné de nombreux aménagements morphodynamiques (pavages en enrochements, épis et banquettes végétalisées) et de protections de berges en génie végétal (fascines, caissons végétalisés, couches de branches et boudins d'hélophytes). Dix ans plus tard, le résultat est très satisfaisant avec des lits diversifiés, des habitats restaurés et un lit mineur permettant le passage des crues importantes sans débordements et l'installation d'une trame verte malgré un contexte urbain très contraint.

À la sortie de ce tronçon, le cours d'eau avait été couvert sur près de 2 km au cours du développement urbain de la ville de Chambéry dans les années 1960-70. En 2013, la Leysse a été



Découverte de la Leysse dans le centre ville de Chambéry (73)

découverte sur 120 m à proximité de la gare. Un portique géant a été nécessaire pour soulever les imposantes dalles de bétons qui recouvraient le cours d'eau. Les engins de terrassement ont dû accéder au lit à l'aide d'une rampe spécialement conçue pour ce chantier.

Des travaux de confortement des murs de quai ont été nécessaires avant de démarrer le terrassement du lit. Celui-ci a été restructuré à l'aide de banquettes alternes végétalisées protégées par des fascines et des blocs d'enrochement de différentes tailles. On retrouve de nouveau aujourd'hui une alternance mouille / radier, favorable à la recréation d'habitats aquatiques.

ALLIER PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS ET RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

C'est désormais le secteur de la confluence Leysse Hyères qui fait l'objet de toutes les attentions. Ce secteur, situé au carrefour d'axes routiers et autoroutiers, concentre une forte densité d'activités humaines, économiques et industrielles.

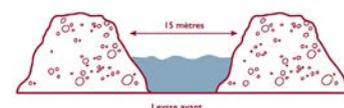
Une première phase a été réalisée en 2015-2016 entre le Pont des Allobroges et le pont de la voie ferrée sur 1,7 km. La seconde phase est en cours depuis le début d'année 2016 sur un tronçon de 2,8 km entre le pont de la voie ferrée et l'aval du pont de l'A43, en grande partie le long de la voie rapide urbaine (VRU).

Ces deux chantiers concilient la restauration écologique du cours d'eau et la protection contre les inondations.

Ne répondant plus aux critères de sécurité actuels, les digues sont confortées ou reconstruites avec des matériaux imperméables et sont compactées afin de garantir leur résistance mécanique lors des crues. En présence de réseaux dans les anciennes digues (électrique, téléphone, fibre, eau potable, assainissement), les conduites sont déviées et sorties de l'ouvrage. Le lit est localement élargi lorsque les abords sont peu contraints par les infrastructures existantes. L'ancienne digue est supprimée

et un nouvel ouvrage est reconstruit quelques mètres en arrière. On redonne alors davantage d'espace à la rivière ce qui permet à la fois de remplir les objectifs hydrauliques lors des crues importantes et d'améliorer le fonctionnement écologique du cours d'eau. Sur certains secteurs, notamment le long de la VRU, la largeur du lit mineur passe localement de 15 à 50 mètres.

Le lit mineur fait également l'objet d'aménagements de diversification des écoulements avec une alternance de fascines végétales et d'atterrissements de galets végétalisés, en berge et au milieu du lit. Cette diversification des faciès d'écoulements permet de recréer des habitats variés et favorables au retour d'une faune aquatique, absente depuis de longues années sur cette rivière dégradée. Les berges sont quant à elles végétalisées et plantées de plusieurs milliers d'arbres et arbustes afin d'améliorer les fonctions paysagères et de corridor écologique.



Ouvrage de diversification du fond du lit sur la Leysse

En aval du pont de l'A43, Chambéry Métropole profite d'une emprise foncière importante en rive gauche pour donner une grande ambition au chantier en cours. Un nouveau lit est creusé en arrière de l'actuelle digue pour rejoindre le cours de la Leysse plus de 200 m en aval. La digue sera ensuite ouverte à l'amont et à l'aval afin de faire passer la Leysse dans son nouveau lit, tandis que le lit actuel sera conservé comme bras de décharge en cas de crue. Cette opération permet à la fois de créer des îlots et de restaurer des milieux humides intéressants.

Sur un tronçon de 500 m, le recul de la digue de 70 m permettra de recréer une zone humide. Ainsi, la Leysse pourra méandrer au sein de cet espace reconquis. Au total sur le projet, ce sont 5 hectares de zones humides qui vont être reconnectés au cours d'eau. Plus à l'amont, le recul de la digue permet le terrassement d'une terrasse alluviale qui sera partiellement végétalisée. Avec la création de ce lit moyen, connecté à la rivière, on rend ainsi certaines fonctions à la Leysse (ralentissement dynamique, épuration des eaux, corridor écologique).

En aval du pont de l'A43, Chambéry Métropole profite d'une emprise foncière importante en rive gauche pour donner une grande ambition au chantier en cours. Un nouveau lit est creusé en arrière de l'actuelle digue pour rejoindre le cours de la Leysse plus de 200 m en aval. La digue sera ensuite ouverte à l'amont et à l'aval afin de faire passer la Leysse dans son nouveau lit, tandis que le lit actuel sera conservé comme bras de décharge en cas de crue. Cette opération permet à la fois d'augmenter la capacité de stockage des eaux et de restaurer des milieux humides intéressants.



En tout, ces travaux sur le secteur de la confluence Leysse Hyères représentent un montant d'environ 13 millions d'euros HT et permettent d'éviter 120 millions d'euros de dégâts potentiels en cas de crue majeure. Avec 250 000 m³ de terrassement et 50 000 m³ de digues renforcées, 5 hectares de zones humides et près de 3 km de cours d'eau restaurés, ce chantier constitue actuellement l'un des plus ambitieux projets de restauration en France.

Pour en savoir plus :

- Présentation de la restauration de la Leysse : <http://www.chambery-metropole.fr/46-la-reconquete-des-berges-de-la-leysse.htm>
- Présentation de la restauration de la confluence Leysse Hyères : <http://www.chambery-metropole.fr/916-la-restauration-de-la-confluence-leysse-hyeres.htm>
- Compte rendu de la pêche aux cas pratiques du 17 janvier 2014 sur la découverte de la Leysse : <http://www.riviererhonealpes.org/peches-au-cas-pratiques/requalification-de-l-axe-de-la-leysse-chambery>



Creusement du futur lit de la Leysse en aval du pont de l'A43

LISTE DES PARTICIPANTS

	NOM	ORGANISME	VILLE	TEL	MAIL
1	ALLIES Alexandre	AMETEN	38190 VILLARD-BONNOT	06 25 82 58 85	a.allies@ameten.fr
2	ARGENTIER Patrick	ADIDR	38000 GRENOBLE	04 76 48 81 00	p.argentier@adisere.fr
3	AUBERT Lucien	SMRB	69220 LANCIE	04 74 06 41 31	l.aubert@smrb-beaujolais.fr
4	AUDENINO Justin	AMETEN	38190 VILLARD-BONNOT	06 25 82 58 85	contact@ameten.fr
5	AYMOZ Alexia		38520 LE BOURG D'OISANS	06 42 05 54 59	alexia.ay@wanadoo.fr
6	BARONNIER Hervé	SIMA Coise	42330 SAINT GALMIER	04 77 52 54 57	contact@simacoise.fr
7	BENOIT Virgile		74940 ANNECY LE VIEUX	06 17 95 66 36	virgilebenoit73@gmail.com
8	BERMOND Pauline	Lyon Métropole	69003 LYON	04 78 95 89 81	pbermond@grandlyon.com
9	BETTON Lilian	La Métro	38000 GRENOBLE	04 76 59 59 76	lilian.betton@lametro.fr
10	BIBOLLET Sabrina	La Métro	38000 GRENOBLE	04 76 59 59 76	sabrina.bibollet@lametro.fr
11	BIGUE Julien	ARRA	38000 GRENOBLE	04 76 48 98 08	julien.bigue@riviererhonealpes.org
12	BIRON Pascale	Université Concordia	H3G 1M8 MONTREAL (CA)	1-514-848-2424	pascale.biron@concordia.ca
13	BLANC Laurence	SNCF - PRILY	73000 CHAMBERY	04 79 60 97 44	laurence.blanc@sncf.fr
14	BONE Jean Michel	TGI Grenoble	38330 SAINT ISMIER	06 88 00 33 14	jean-michel.bone@orange.fr
15	BOUCHARAT Franck	SYMILAV	42600 SAVIGNEUX	04 77 58 03 71	franck.boucharat@lignonduforez.fr
16	BOUSSION Nathalie	SMECRU	74910 BASSY	04 50 20 05 05	nathalie.boussion@rivieres-usses.com
17	BRET Eric	Com Agglo VRSRA	26958 VALENCE CEDEX 09	04 75 70 68 90	eric.bret@valenceromansagglo.fr
18	BREULL Yann		73290 LA MOTTE SERVOLEX	04 79 96 12 37	breull.yann@wanadoo.fr
19	BRUNEL Victor	SIBF	38210 TULLINS	04 76 07 95 84	vbrunel.sibf@orange.fr
20	BUELLET Anne-Sophie	Com Com Montrevel en Bresse	01340 MALAFRETAZ	04 74 30 85 60	anne-sophie.buellet@cc-montrevelenbresse.fr
21	CAILLEBOTTE Philippe	CFPF - CCI Drôme	26780 CHÂTEAUNEUF DU RHÔNE	04 75 90 25 11	p.caillebotte@drome.cci.fr
22	CAILLON Camille	SCE	44663 NANTES	02 51 17 29 09	camille.caillon@sce.fr
23	CAVILLE Paul	Irstea de Grenoble	38402 SAINT MARTIN D'HERES	04 76 76 28 54	paul.cavaille@irstea.fr
24	CHAIX Fabien	CCPSM	38162 SAINT MARCELLIN CEDEX	04 76 38 83 44	fabien.chaix@pays-saint-marcellin.fr
25	CHAPRON Emeline		74100 ANNEMASSE	06 32 60 65 23	chapron.em@laposte.net
26	CHOSSONNERY Sandie	SIMA Coise	42330 SAINT GALMIER	04 77 52 54 57	s.chossonnery@simacoise.fr
27	CLAVEL Eric	CD Haute-Savoie	74001 ANNECY	04 50 33 49 88	eric.clavel@hautesavoie.fr
28	COCATRIX Sébastien	TEREO	73800 SAINTE HELENE DU LAC	04 82 53 07 50	s.cocatrix@gen-tereo.fr
29	COMBAZ Marie	SMBVA	73401 UGINE Cedex	04 79 37 34 99	marie.combaz@contrat-riviere-arly.com
30	COSSIN Marc	AFEC SARL	74290 MENTHON ST BERNARD	04 50 60 82 07	marc-cossin@orange.fr
31	DEDONDER Eric	Arbre Haie Forêt	38340 VOREPPE	06 72 71 82 74	eric-dedonder@arbre-haie-foret.fr
32	DELACOUR Lucille	SACO	38520 BOURG D'OISANS	04 76 11 20 44	l.delacour@ccoisans.fr
33	DELACROIX Samuel	PNR Haut-Jura	39310 LAJOUX	03 84 34 12 45	s.delacroix@parc-haut-jura.fr
34	DEMORE Audrey	OXALIS - CEVE	69007 LYON	07 86 59 74 15	a.demore@ceve-eau.fr
35	DERAIN Gabriel	CD Haute-Savoie	74940 ANNECY LE VIEUX	04 50 33 20 71	gabriel.derain@hautesavoie.fr
36	DERIGON Jérôme	SYMISOA	42190 CHARLIEU	06 71 58 46 94	j.derigon@symisoa.fr
37	DUMOUTIER Julien	SMBV Véore	26760 BEAUMONT LÈS VALENCE	04 75 60 11 45	dumoutier.smbvv@orange.fr
38	DUPRESSOIR François-Xavier	SBVR	01340 MONTREVEL EN BRESSE	04 74 25 66 65	dupressoir.fx@orange.fr
39	EINHORN Cécile	ARRA	38000 GRENOBLE	04 76 48 98 08	cecile.einhorn@riviererhonealpes.org
40	EVETTE André	Irstea Grenoble	38402 SAINT MARTIN D'HERES	04 76 76 27 06	andre.evette@irstea.fr
41	FALARDEAU Isabelle	Ministère des Transports	G1S 4X9 QUEBEC (CA)	1-418-643-7828	isabelle.falardeau@transport.gouv.qc.ca
42	FONTAINE Audrey	SIGREDA	38450 VIF	04 76 75 16 39	audrey.fontaine@drac-romanche.com
43	FOURCADE Benoît	Dynamique Hydro	69370 SAINT DIDIER AU MONT D'OR	04 78 83 68 89	bfourcade@dynamiquehydro.fr
44	FOURNEYRON Aurélie	SHR	73170 YENNE	04 79 36 78 92	a.fourneyron@haut-rhone.com
45	FRIEDRICH Thierry	ISETA	74330 POISY	04 50 46 16 65	friedrich.thierry@gmail.com
46	FROSSARD Pierre-André	HEPIA Genève	CH-1254 JUSSY	0041 22 546 68 86	pierre-andre.frossard@hesge.ch
47	GELDREICH Gérard	SM Ehn-Andlau-Scheer	67212 OBERNAI Cedex	03 88 95 16 00	contact@smeas.fr
48	GIOL Stéphane	SED ingénierie conseil	69700 MONTAGNY	04 78 45 12 81	s.giol@sed-ic.fr
49	GIREL Mathias	GREN	CH-1203 GENEVE	0041 22 344 17 00	girel@gren.ch
50	GOMES Jean-François	ADIDR	38000 GRENOBLE	04 76 48 81 00	jf.gomes@adisere.fr

LISTE DES PARTICIPANTS (SUITE)

	NOM	ORGANISME	VILLE	TEL	MAIL
51	GRES Etienne	Com Com Vallée de l'Ance	63840 SAILLANT	06 82 27 45 88	gres.ccva@orange.fr
52	GUAY Christophe	Chambéry Métropole	73000 CHAMBERY	04 79 71 84 84	christophe.guay@chambery-metropole.fr
53	GUERIN Stéphane	SAGYRC	69290 GREZIEU LA VARENNE	04 37 22 11 55	s.guerin@sagyrc.fr
54	GUERIN Fabienne		13009 MARSEILLE	06 56 84 18 70	fa.guerin@hotmail.com
55	GUILLET Marie-Pénélope	SYMASOL	74550 PERRIGNIER	04 50 72 52 04	guillet.symasol@orange.fr
56	GUILMIN Emmanuel	BURGEAP	38400 SAINT-MARTIN D'HERES	04 76 00 75 50	e.guilmin@burgeap.fr
57	HEBERT Maxime	Com Com Pays de Gex	01170 GEX	04 50 42 65 54	mhebert@ccpg.fr
58	HUYGHE Ghislain	BIOTEC	69005 LYON	04 78 14 06 06	ghislain.huyghe@biotec.fr
59	JOURDAN Emeline	OXALIS - CEVE	74960 MEYTHET	07 86 59 74 15	e.jourdan@ceve-eau.fr
60	KUSBERG Alexandre	Alpes Paysage	73200 GILLY SUR ISERE	04 79 37 88 33	a.kusberg@alpes-paysage.com
61	LAPERROUSAZ Céline	HYDRETTUES	74370 ARGONAY	04 50 27 17 26	celine.laperrousaz@hydretudes.com
62	LE CONTELLEC Ludovic	AMETEN	38190 VILLARD-BONNOT	04 38 92 10 41	l.lecontellec@ameten.fr
63	LECACHER Sophie	SMBVA	73401 UGINE Cedex	04 79 37 34 99	sophie.lecacher@ugine.com
64	LE FUR Evanne	GIP ATEN	34060 MONTPELLIER Cedex 2	04 67 04 30 30	evanne.lefur@aten.espaces-naturels.fr
65	LEMAIRE Jean	La Métro	38000 GRENOBLE	04 76 59 56 82	jean.lemaire@lametro.fr
66	LHOSTE Laurent	HYDRETTUES	74370 ARGONAY	04 50 27 17 26	laurent.lhoste@hydretudes.com
67	LOUIS Mathias		69570 DARDILLY	06 29 72 35 97	mathias.louis@laposte.net
68	MAIXANT Xavier	Société Canal de Provence	13182 AIX EN PROVENCE	04 42 66 71 92	xavier.maixant@canal-de-provence.com
69	MARCAGGI Grégory	IRH	69970 CHAPONNAY	06 64 45 36 57	gregory.marcaggi@irh.fr
70	MARTINEZ Flavie	Réalités Environnement	01604 TREVOUX Cedex	06 66 29 87 73	flavie.crouzet@realites-be.fr
71	MARY Stéphane	SOGEBIO	73103 AIX LES BAINS	06 08 34 51 55	sogebio@wanadoo.fr
72	MAURY Hélène	EGIS Eau	69006 LYON	06 11 08 78 99	helene.maury@egis.fr
73	MERCIER Dimitri	SBVR	01340 MONTREVEL EN BRESSE	04 74 25 66 65	dimitri.mercier@syndicat-reyssouze.fr
74	MIQUET André	CEN Savoie	73372 LE BOURGET DU LAC	04 79 25 20 32	a.miquet@cen-savoie.org
75	MOIROUD Christophe	CNR	69316 LYON Cedex 04	04 72 00 68 17	c.moiroud@cnr.tm.fr
76	MONIER Guillaume	ONF 26	26150 DIE	04 75 22 49 74	guillaume.monier@onf.fr
77	MORISSON Julie	PNR Morvan	58230 SAINT BRISSON	03 86 78 79 43	julie.morisson@parcdumorvan.org
78	PAPIRNYK Murielle	SIGR	69700 GIVORS	04 72 49 18 18	murielle.papirnyk@ville-givors.fr
79	PARADE Marie-Christine	Tribunal administratif	38330 SAINT ISMIER	04 76 52 74 34	mcparade@free.fr
80	PEKLO Klaus	I.C.E	82160 PARISOT	06 10 28 06 00	ice.peklo@orange.fr
81	PERET Sophie	AMETEN	38190 VILLARD-BONNOT	04 38 92 10 41	s.peret@ameten.fr
82	PERRICHON Elodie	Syndicat du Haut-Rhône	73170 YENNE	04 79 36 78 92	e.perrichon@haut-rhone.com
83	PERSICOT Grégory	Syndicat Mixte de l'Ay-Ozon	07290 ARDOIX	04 75 34 94 98	syndicat@rivieres-ay-ozon.fr
84	PEZET Florent	SAFEGE	73377 LE BOURGET DU LAC CEDEX	04 79 26 46 00	florent.pezet@safège.fr
85	PIGEAUD Céline	Agence de l'Eau RMC	69363 LYON Cedex 07	04 72 76 19 73	celine.pigeaud@eurmc.fr
86	POULIN Monique	Université Laval	G1V 0A6 QUEBEC (CA)	1-418-656-2131	Monique.Poulin@fsaa.ulaval.ca
87	PROST Alice	SRTC	01400 CHATILLON SUR CHALARONNE	04 74 55 20 47	alicep-srtc@orange.fr
88	PROVENDIER Damien	CB Pyrénées Midi-Pyrénées	65203 BAGNERES DE BIGORRE CEDEX	05 62 95 85 30	damien.provendier@cbtnpmp.fr
89	RADDE Aurélie	SMECRU	74910 BASSY	04 50 20 05 05	aurelie.radde@rivieres-usses.com
90	REMACLE Mathieu	SIM	38300 BOURGOIN JALLIEU	04 74 93 31 69	mremacle.sim@orange.fr
91	RENOUARD Chloé	ARRA	38000 GRENOBLE	04 76 48 98 08	chloe.renouard@riviererrhonealpes.org
92	SALGUES Damien	SCE	31400 TOULOUSE	05 67 34 04 40	toulouse@sce.fr
93	SCHLUP Jenifer	Etat de Genève	CH-1211 GENEVE 8	0041 22 546 74 55	jenifer.schlup@etat.ge.ch
94	SOULLIAERT Eric	PROFILS ETUDES	01360 LOYETTES	04 37 92 09 43	eric.soulliaert@profilsetudes.fr
95	STAERCK Jean-François	SMEAS	67212 OBERNAI Cedex	03 88 95 16 00	jf.staerck@smeas.fr
96	TARTAVEZ Sylvain	TEREO	73800 SAINTE HELENE DU LAC	06 73 83 68 16	s.tartavez@gen-tereo.fr
97	THEVENET Grégoire	SMRB	69220 LANCIE	04 74 06 41 31	g.thevenet@smrb-beaujolais.fr
98	VALE Nicolas	ARRA	38000 GRENOBLE	04 76 48 98 08	nicolas.vale@riviererrhonealpes.org
99	VERT Catherine	Com Com Bugey Sud	01301 BELLEY CEDEX	04 79 81 41 05	c.vert@cbbugeysud.com
100	WESTRELIN Samuel	Irstea Aix en Provence	13182 AIX EN PROVENCE Cedex 5	04 42 66 69 71	samuel.westrelin@irstea.fr

L'Association Rivière Rhône Alpes Auvergne est un réseau d'acteurs pour la gestion globale des milieux aquatiques et de l'eau qui rassemble plus de 1 000 professionnels afin de favoriser les échanges et mutualiser les expériences.

Pour répondre aux besoins de ses adhérents, l'ARRA organise régulièrement des journées techniques d'information et d'échange.

Ces actes proposent une synthèse des journées « Restauration de berges & Ingénierie écologique » organisées les 30 juin et 1^{er} juillet 2016 à Belley (01) et Chambéry (73) en partenariat avec Irstea et Chambéry Métropole.



ASSOCIATION
RIVIÈRE RHÔNE ALPES AUVERGNE

ASSOCIATION RIVIÈRE RHÔNE ALPES AUVERGNE
7 RUE ALPHONSE TERRAY > 38000 GRENOBLE
04 76 48 98 08 > ARRA@RIVIERERHONEALPES.ORG
WWW.RIVIERERHONEALPES.ORG