

Sciences Eaux & Territoires

La revue d'Irstea

Article hors-série numéro 32

Oser le génie végétal en rivière de montagne Retour d'expérience sur les ouvrages Géni'Alp

André EVETTE, Pierre-André FROSSARD, Nicolas VALÉ,
Solange LEBLOIS et Alain RECKING

www.set-revue.fr

The screenshot shows the website interface with a top navigation bar, a sidebar menu, a main content area with a featured article and image, and a footer with social media icons and contact information.

Sciences Eaux & Territoires, la revue d'Irstea

Article hors-série numéro 32 – 2017

Directeur de la publication : Jean-Marc Bournigal

Comité éditorial : Daniel Arnault, Louis-Joseph Brossollet, Denis Cassard, Thomas Curt, Nicolas de Menthère, Alain Dutartre, André Evette, Véronique Gouy, Alain Hénaut, Ghislain Huyghe, Emmanuelle Jannès-Ober, Cédric Laize, Alette Maillard, Isabelle Méhault, Thierry Mougey et Michel Vallance.

Rédactrice en chef : Caroline Martin

Secrétariat de rédaction et mise en page : Valérie Pagneux

Infographie : Françoise Peyriguer

Conception de la maquette : CBat

Contact édition et administration : Irstea-DP2VIST

1 rue Pierre-Gilles de Gennes – CS 10030

92761 Antony Cedex

Tél. : 01 40 96 61 21 – Fax : 01 40 96 61 64

E-mail : set-revue@irstea.fr

Numéro paritaire : 0511 B 07860 – Dépôt légal : à parution – N°ISSN : 2109-3016

Photo de couverture : © A. Evette (Irstea)



Oser le génie végétal en rivière de montagne Retour d'expérience sur les ouvrages Géni'Alp

Encore peu utilisées sur les cours d'eau dynamiques comme les rivières de montagne, les techniques de génie végétal représentent pourtant une solution écologique et économique pour la protection des berges.

En s'appuyant sur le retour d'expérience de plusieurs chantiers pilotes en France et en Suisse, cet article s'intéresse à la capacité des techniques de génie végétal à résister sur des rivières de montagne associant contraintes climatiques, végétation et hydrologie particulière avec d'importantes contraintes physiques liées à l'eau et au transport solide.

Le projet Géni'Alp et les objectifs de mise en place des ouvrages

L'objectif d'atteinte du bon état écologique fixé par la directive cadre européenne sur l'eau nécessite la restauration du transport solide au sein de l'hydrosystème fluvial et la conservation de zones de mobilité pour les cours d'eau. Toutefois, compte tenu des différents enjeux socio-économiques en présence (proximité d'ouvrages d'art, de zones urbaines, industrielles ou commerciales, biens immobiliers, etc.), certains secteurs nécessitent une protection contre le risque d'érosion afin de préserver la sécurité des biens et des personnes. Or, le choix se porte trop souvent sur des techniques de génie civil (enrochement, recalibrage, bétonnage, endiguement) alors qu'il existe des alternatives plus respectueuses sur le plan environnemental et paysager : les techniques de génie végétal.

Celles-ci ont trop longtemps été considérées comme peu efficaces sur des cours d'eau dynamiques comme les rivières de montagne. Pourtant, s'inspirant des modèles naturels en place, elles sont utilisées ailleurs en Europe sur des rivières torrentielles. Dès lors, 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 employé à développer et promouvoir ces techniques en montagne.

Les milieux alpins abritent des cortèges végétaux particuliers : les ripisylves accueillent des espèces de saule spécifiques (avec des capacités de bouturage variables), les durées de végétation y sont courtes et la présence de

la neige contraint les périodes de chantier. De plus, les cours d'eau de montagne présentent aussi des régimes hydrologiques particuliers qu'ils soient glaciaire, nival ou pluvio-nival. Les crues de printemps issues de la fonte des neiges interviennent au début de la saison de végétation et juste après la mise en place des ouvrages (en essayant d'éviter que cela soit pendant!). Quand on met en place les chantiers à l'automne, à la fin de la saison de végétation, on risque d'être bloqué par la neige, alors que quand on intervient au printemps, il faut parfois attendre la fonte pour accéder au site, la végétation part très rapidement et les crues de printemps peuvent menacer les jeunes ouvrages (dont la résistance mécanique augmente avec le temps). Les risques de dégradation y sont d'autant plus importants que les rivières de montagnes présentent des niveaux de contrainte mécanique élevés, qu'il s'agisse de la contrainte générée par l'eau (force tractrice), de celle engendrée par le transport solide, ou de l'instabilité du fond du lit.

À travers la réalisation de ces chantiers on a d'abord cherché à répondre aux questions suivantes :

- est-ce que des techniques purement végétales et des techniques mixtes associant génie végétal et génie civil peuvent résister aux contraintes mécaniques d'une rivière de montagne de 5 à 10 % de pente ?
- est-ce que ces techniques peuvent être utilisées pour stabiliser des hauts talus à forte pente avec érosion de pied de berge ?
- est-ce que ces techniques peuvent permettre de traiter des glissements argileux avec érosion de pied de berge ?

Des ouvrages répondant à des contraintes variées

Stabilisation d'une route et d'un talus argileux sur un petit torrent très pentu

Le chantier de Villars-sur-Ollon se situe à 1 323 mètres d'altitude, en périphérie de la station touristique (Canton de Vaud), à l'amont d'un passage busé de la Petite Gryonne sous une route communale. L'intervention vise à stabiliser des glissements en rive gauche et en rive droite, à protéger un chemin d'accès pour l'exploitation forestière, le domaine skiable ainsi qu'un certain nombre de chalets. À cet endroit, la Petite Gryonne présente une pente longitudinale de 12 % et son débit centennal est estimé à 17 m³/s. En rive droite, un ouvrage de soutènement a été nécessaire sous la forme d'un caisson en rondins végétalisé. En rive gauche où le terrain est instable et argileux, le choix s'est porté sur une technique légère, à savoir des lits de plants et plançons s'appuyant en pied de berge sur une fascine de saules à double rangée de pieux. Cet ouvrage de pied de berge est très exposé au transport solide qui abîme régulièrement les végétaux mais la capacité de régénération des saules permet à l'ouvrage de rester efficace.

Protection de berge sur une rivière de montagne à très forte contrainte et inaccessible l'hiver

Dans la forêt domaniale de Saint-Hugon (Isère), la piste forestière utilisée pour l'exploitation de la forêt était menacée par l'érosion des berges du Bens (photo 1). Ce torrent a une pente de l'ordre de 7 % et un débit décennal d'environ 9 m³. Pour faire face à cette menace, deux ouvrages de génie végétal ont été réalisés : un caisson végétalisé et une couche de branches à rejets.

Le caisson végétalisé a été mis en place sur une érosion en extérieur de virage, et la couche de branches a été mise en place sur le bord d'une fosse de dissipation liée à un gué. Ces ouvrages reposent sur une assise en enrochements massifs ancrée profondément pour faire face à la mobilité du fond du lit lors des crues (photo 2).

Le site étant situé à 1 200 mètres d'altitude, le secteur est inaccessible et enneigé l'hiver. L'ouvrage a été réalisé au printemps dès l'ouverture de la route, mais les boutures et plançons étaient déjà avancés, ce qui a provoqué de la mortalité. On a ainsi noté une faible reprise du saule local (*Salix appendiculata*), plus faible que ce qui avait été observé en laboratoire. Toutefois, après cinq saisons de végétation, les ouvrages résistent et connaissent un développement végétal satisfaisant (photo 3).

Protection de berge sur une rivière de montagne à très forte contrainte avec une incision du fond du lit

Les alentours du pont d'une route communale sur la rivière Avançon d'Anzeindaz à Cergnemen, entre les communes de Bex et Gryon (Canton de Vaud), nécessitaient d'être sécurisés. Le tronçon aménagé, situé à 1 290 mètres d'altitude, présente une pente longitudinale de 7 % et le débit centennal est estimé à 57 m³/s. L'extrados en aval du pont a été aménagé avec un enrochement de pied de berge bien ancré dans le lit, dont seule la dernière rangée de blocs reste visible. Au-dessus de cet enrochement, la berge a été aménagée avec des lits de plants et plançons et avec des couches de branches à rejets pour le tronçon exposé à une attaque frontale du

Photographies de l'ouvrage de génie végétal Génie'Alp sur le Bens à Saint-Hugon :
1 avant les travaux,
2 pendant les travaux,
3 après les travaux.



© A. Evette (Irstea)



© A. Matringe



© A. Evette (Irstea)



© P.-A. Frossard



© P.-A. Frossard

courant. Deux épis ainsi que deux seuils en blocs complètent l'aménagement et permettent la stabilisation du profil longitudinal, protégeant ainsi les ouvrages d'un affouillement du pied de berge. Le chantier s'est terminé mi-novembre 2012, juste avant les premières chutes de neige. Le développement de la végétation n'a aucunement souffert des conditions climatiques rudes et après bientôt quatre ans, le degré de naturalité que présente cet aménagement est déjà remarquable.

Stabilisation d'un talus érodé d'une hauteur supérieure à dix mètres

Sur le même cours d'eau 300 mètres en amont, un glissement de terrain en berge menace la route communale (photo 4). Le sommet du glissement se situe 13 mètres au-dessus du lit mineur et sur la moitié du tronçon aménagé, la pente de la berge dépasse les 100%. Sur cette partie particulièrement exposée, la berge a été reconstituée à l'aide de caissons et treillages en rondins, végétalisés (photo 5). Ces structures bois se sont révélées nécessaires pour une stabilité immédiate des matériaux terreux, avant végétalisation. Le pied de berge est également protégé avec un caisson végétalisé. Un deuxième tronçon dont la pente est légèrement inférieure à 100% a été protégé plus simplement avec des lits de plants et plançons associés à un enrochement de pied de berge. Les travaux se sont terminés mi-novembre 2012 et malgré une exposition nord-ouest dans un fond de vallée encaissé, le développement végétal est bon (photo 6). La tenue de la berge ne présente à ce jour aucune défaillance.

Photographies de l'ouvrage de génie végétal Gén'i'Alp sur l'Avançon d'Anzeindaz à La Benjamine : 4 avant les travaux, 5 pendant les travaux, 6 après les travaux.



© A. Evette (Irstea)

❶ Principales caractéristiques des ouvrages de génie végétal du projet Génie'Alp avec l'estimation des valeurs de résistance mécanique auxquelles ils ont résisté lors des crues maximales rencontrées depuis leur mise en place.

Cours d'eau et ouvrage	Type de technique	Coût hors taxe	Commune	Coordonnées GPS	Débit instantané maximal estimé (m ³ /s)	Vitesse d'écoulement maximale estimée (m/s)	Contrainte tractrice estimée (N/m ²)
Le Bens à Saint-Hugon	Caisson végétalisé, lits de plants et plançons et enrochement de pied de berge	34 113 euros	Arvillard (France)	45°23'20"N ; 06°10'46"E	5,4	1,3	280
Le Bens à Saint-Hugon	Couche de branches à rejets et enrochement de pied de berge	9 846 euros	Arvillard (France)	45°23'11"N ; 06°10'50"E	5,4	1,2	270
Le Pamphiot à Anthy sur Léman	Fascine, lit de plants et plançons, caisson végétalisé	35 320 euros	Anthy sur Léman (France)	46°21'40"N ; 06°26'44"E	8,5	2,5	150
L'Avançon d'Anzeindaz à Cergnement	Lit de plants et plançons, couches de branches à rejets, épis végétalisés et enrochement de pied de berge	116 750 euros	Bex et Gryon (Suisse)	46°16'56"N ; 07°06'55"E	6,5	1,9	210
L'Avançon d'Anzeindaz à La Benjamine	Lit de plants et plançons, caisson végétalisé, treillage bois et enrochement de pied de berge	142 708 euros	Bex et Gryon (Suisse)	46°16'59"N ; 07°07'05"E	6,5	1,9	200
Petite Gryonne	Lit de plants et plançons, caisson végétalisé, fascine et enrochement de pied de berge	81 238 euros	Ollon (Suisse)	46°18'20"N ; 07°03'33"E	1	1,4	170

Traitement d'un glissement argileux sur un haut talus avec érosion de pied de berge

Le Pamphiot se jette dans le lac Léman à Anthy-sur-Léman (Haute-Savoie). Il est fortement encaissé, et des érosions et glissements en terrain argileux entraînent les talus, menaçant des constructions situées au-dessus. Ce cours d'eau a une pente de profil en long de 3 à 4% pour un débit de crue centennale estimé à 13 m³/s. C'est un ouvrage qui associe fascines et boutures de saules, lits de plants et plançons et caisson en rondins végétalisés.

Sur la partie amont, il n'y a pas de fascine et les lits de plants et plançons démarrent directement en pied de berge, sans protection de pied, ce qui est original. Ainsi, ce chantier présente un intérêt particulier car les ouvrages de protection de berge mis en place sont en techniques purement végétales, alors que la pente du profil en long est importante.

Cinq ans après sa mise en place l'ouvrage résiste, y compris le lit de plançons situé directement en pied de berge. La végétation est bien développée et le glissement stabilisé.

Quels enseignements ?

Le choix des techniques végétales utilisées pour aménager les berges de cours d'eau répond généralement à un savoir d'experts construit sur une approche empirique. Les éléments de dimensionnement restent fragmentaires et cela constitue l'un des principaux freins au développement de ces techniques, notamment en contexte torrentiel. La mise en place des chantiers expérimentaux dans le cadre du projet Génie'Alp, testant des techniques de génie végétal dans des niveaux

de contrainte inédits (torrents de pentes de 3 à 12%) a permis de définir de nouvelles valeurs de résistance à la contrainte mécanique. On a ainsi évalué les valeurs de contraintes liées aux crues observées depuis leur mise en place et notamment lors des pluies importantes de mai 2015 (tableau ❶).

La mise en place d'ouvrages sur des cours d'eau à forte pente et la présence de crues importantes peu de temps après leur mise en place a permis de définir de nouvelles valeurs limites de résistance mécanique. Ainsi les lits de plants et plançons implantés en pied de berge sur le Pamphiot ont pu résister à des contraintes respectives de 108, 134 et 150 N/m², la première saison de végétation, deux ans et deux ans et demi après leur réalisation. Or jusque-là, les valeurs renseignées pour ce type de technique étaient de 20 N/m² juste après la réalisation. Ces résultats montrent ainsi que des lits de plants et plançons bien conçus peuvent résister à des contraintes bien supérieures dès leur mise en place. De même, dès la première année, la fascine imposante installée en pied de berge de la Petite Gryonne a résisté à une contrainte tractrice de 140 N/m², alors que ce type d'ouvrage était juste âgé d'un an. De même, deux ans et demi après leur mise en place, la fascine et les lits de plants et plançons qui la surmontent ont résisté à une contrainte de 170 N/m² alors que la résistance maximale observée jusque-là pour les lits de plants et plançons était de 160 N/m².

Ces différents résultats montrent le potentiel du génie végétal pur et des techniques mixtes pour protéger des berges sur des rivières à forte pente. En effet, il est généralement reconnu que les ouvrages de génie végétal se fortifient avec le temps et le développement de parties racinaires des végétaux. S'ils ont pu ainsi résister à des

► crues importantes les premières années après leur réalisation, ils devraient être en mesure de résister à des crues bien plus importantes par la suite.

Il faut néanmoins garder à l'esprit que les choix qui ont été faits pour calculer ces valeurs de contrainte tractrice génèrent une part d'incertitude liée à une série d'approximations. Il paraît important de rappeler que ces valeurs ne sont donc à prendre qu'à titre indicatif.

Ces chantiers ont vu la mise en œuvre d'espèces locales adaptées à ces milieux fortement contraints. Cinq ans après, la majorité des espèces sont toujours là et on voit apparaître d'autres espèces autochtones qui recolonisent ces milieux.

En dépit des courts créneaux temporels d'intervention au printemps et à l'automne, les chantiers réalisés en altitude ont pu être menés à bien, notons toutefois que l'un s'est terminé sous la neige, et que pour un autre, l'accès au site n'a pu être dégagé qu'après le démarrage de la végétation. Les chantiers pilotes ont donc permis de démontrer la capacité des techniques végétales à résister sur des rivières de montagne, associant contraintes climatiques, végétation et hydrologie particulières, avec d'importantes contraintes physiques liées à l'eau et au transport solide, dans des conditions inédites. 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, pour un budget de 79 279 euros hors taxe pour les chantiers français présentés dans ce document et 340 787 francs suisses du côté suisse, ces chantiers constituent d'excellentes vitrines pour le développement du génie végétal dans nos pays. ■

Les auteurs

André EVETTE

Université Grenoble Alpes, Irstea, UR EMGR,
Centre de Grenoble,
F-38402 St-Martin-d'Hères, France.

✉ andre.evette@irstea.fr

Pierre-André FROSSARD

Hepia Genève, Filière Gestion de la nature,
Route de Presinge 150, CH-1254 Jussy, Suisse.

✉ pierre-andre.frossard@hesge.ch

Nicolas VALÉ

Association Rivière Rhône Alpes Auvergne (ARRA³),
7 rue Alphonse Terray, F-38000 Grenoble, France.

✉ nicolas.vale@riviererrhonealpes.org

Solange LEBLOIS

École polytechnique Fédérale de Lausanne,
section science et ingénierie de l'environnement
Route Cantonale, CH-1015 Lausanne, Suisse.

✉ solange.leblois@epfl.ch

Alain RECKING

Université Grenoble Alpes, Irstea, UR ETGR,
Centre de Grenoble,
F-38402 St-Martin-d'Hères, France.

✉ alain.recking@irstea.fr

Remerciements

Nous remercions l'Agence Française pour la Biodiversité de son soutien financier pour la réalisation des travaux décrits dans l'article.

EN SAVOIR PLUS...

📖 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, Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, La Documentation française, Paris, 290 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 de berges et ouvrage bois, Grenoble, 321 p., <http://www.geni-alp.org/ouvrage/>

📖 LEBLOIS, S., EVETTE, A., RECKING, A., FAVIER, G., 2016,

Amélioration des méthodes de dimensionnement des ouvrages de génie végétal en berges de cours d'eau par une approche empirique, *Sciences Eaux & Territoires*, Hors Série, 7 p.,

<http://www.set-revue.fr/amelioration-des-methodes-de-dimensionnement-des-ouvrages-de-genie-vegetal-en-berges-de-cours-deau>