

# Sciences Eaux & Territoires

La revue d'Irstea

Article hors-série numéro 36

## Évaluation de la réussite de l'ouvrage de protection de berges de la Romanche au barrage de Livet, réalisé à l'aide de techniques de génie végétal

Camille DELAGE, André EVETTE, Nathan DAUMERGUE, Ghislain HUYGHE et Frederick JACOB



© N. Daumergue (Irstea)

[www.set-revue.fr](http://www.set-revue.fr)

### Sciences Eaux & Territoires, la revue d'Irstea

Article hors-série numéro 36 – 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-DRISE-IE

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](mailto:set-revue@irstea.fr)

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

Photo de couverture : © N. Daumergue (Irstea)



## Évaluation de la réussite de l'ouvrage de protection de berges de la Romanche au barrage de Livet, réalisé à l'aide de techniques de génie végétal

À l'interface entre les écosystèmes aquatiques et terrestres, le génie végétal sur les berges de cours d'eau s'inspire et utilise les capacités naturelles des végétaux comme matériel de base à la reconstruction de berges. Cette alternative au génie civil, confère aux écosystèmes une meilleure capacité de retour vers des systèmes plus naturels et surtout plus diversifiés. Toutefois, la restauration écologique et particulièrement les techniques de génie végétal souffrent de l'absence généralisée d'évaluation du succès et de retours d'expérience sur le développement des espèces et la tenue des différentes techniques. Cet article présente la démarche adoptée ainsi que les principaux résultats du suivi du réaménagement des berges de la Romanche au barrage de Livet, réalisé avec des techniques mixtes associant enrochements et différentes techniques de génie végétal.

**D**

ès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la vallée de la Romanche devient, comme la plupart des vallées alpines, un secteur recherché pour l'énergie qu'elle recèle, fournissant de l'électricité à des industries électrochimiques et métallurgiques (carbure de calcium, ferroalliages, fonte, silicium, aluminium, etc.). En 1914, sur la commune de Livet-et-Gavet (Isère) turbinent sept centrales hydroélectriques.

Début 2010, EDF a débuté le chantier de construction de l'aménagement Romanche Gavet situé sur la commune de Livet et Gavet. L'objectif d'EDF est de remplacer six anciennes centrales et cinq barrages par un nouvel aménagement plus sûr, mieux sécurisé et plus respectueux de l'environnement car en partie souterrain. En 2019, cette centrale produira 560 millions de kWh annuels, soit un gain de 30 % par rapport à la production actuelle.

Afin de maintenir globalement le niveau de la biodiversité dans la vallée durant les travaux, EDF s'est engagée à mettre en œuvre des mesures compensatoires concernant les espèces protégées identifiées dans les zones de travaux.

Des propositions de préservation et de réintroduction de la faune, la flore et les milieux naturels, ont été faites par le bureau d'étude KARUM. Parmi elles, le « réaménagement des berges de la Romanche » et la « renaturation de l'emprise du chantier » visent à « [maintenir] voire [améliorer] la diversité actuelle des habitats de ce tronçon » (KARUM, 2011).

Les mesures de réduction d'impact prévues sur le site de la prise d'eau se traduisent par un réaménagement

des berges du tronçon concerné à l'aide de techniques mixtes, associant enrochement en pied de berge à des plantations et des lits de plants et plançons. Les aménagements de génie végétal ont été proposés par le bureau d'étude BIOTEC. En 2014, une convention de recherche a été signée entre Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) et EDF. Cette dernière a pour objectif principal d'élaborer des méthodes de suivi et d'évaluation de l'efficacité des techniques mixtes d'aménagement des berges concernées en vue d'établir un retour d'expérience pour des futurs travaux de renaturation.

### Les aménagements et leur originalité

La revégétalisation des berges de la Romanche s'est matérialisée par la mise en place de lits de plants et plançons au-dessus d'un enrochement de pied de berge (photo 1). Des plantations de boutures et de plants en différentes tâches hétérogènes ont été installées sur la partie supérieure de la berge, puis l'intégralité du géotextile a été ensemencée. L'ensemble des végétaux utilisés (semés ou plantés) ont été récoltés en milieu naturel dans un rayon maximal de 25 km et la majorité des plants ont été directement mis en place sans stockage. Ce choix délibéré d'utiliser des végétaux situés à proximité avait pour objectif de se rapprocher au maximum d'un aménagement respectant les normes du signe de qualité « végétal local ». Au total, 38 espèces ligneuses prélevées dans la vallée par l'entreprise TChassagne ont été mises en place dans les massifs de boutures, de plants et les lits de plants et plançons. Les espèces herbacées ont été récoltées



1 Rangées de lits de plants et plançons sur le site de Livet.

© N. Daumergue (Irstea)

pour certaines manuellement (*Silene vulgaris*, *Echium vulgare*...) et à l'aide d'une moissonneuse batteuse pour d'autres (*Dactylis glomerata*, *Plantago lanceolata*...) par l'entreprise Zygene. Quatre-vingt dix kilos de graines ont été semés manuellement à l'automne 2015 (photo 2), à une densité de 10 à 15 g/m<sup>2</sup> en pied de berge et à environ 3 g/m<sup>2</sup> en haut de berge (dosage à minima faute de disponibilité en graines la première année).

### Évaluation des différentes parties de l'ouvrage

Afin de prendre en compte la variabilité spatiale du site de Gavet, les différentes parties de l'ouvrage ont été étudiées suivant les deux variables abiotiques suivantes :

- la position par rapport au barrage. Les deux modalités « Amont » et « Aval » permettent de prendre en compte la variabilité du niveau de l'eau, qui fluctue différemment en amont et en aval du barrage ;
- la rive. Les modalités « rive gauche » et « rive droite » rencontrent des conditions d'ensoleillement différentes. C'est particulièrement vrai en montagne, où les deux rives sont soumises à des expositions lumineuses différentes (adret et ubac). Ces conditions climatiques particulières peuvent jouer sur la sécheresse subie par la végétation plantée, considérée comme l'un des principaux facteurs limitant le succès des techniques de génie végétal (Lavaine et al., 2009).

### Les espèces ligneuses

Des relevés ont été effectués au sein des massifs de boutures, de plants (photo 3), ainsi que des lits de plants et plançons dont l'évaluation est souvent laissée pour compte dans la littérature et les retours d'expérience. En comptabilisant les individus morts, des taux de reprise ont pu être calculés pour chaque technique végétale.



2 Ensemencement manuel.

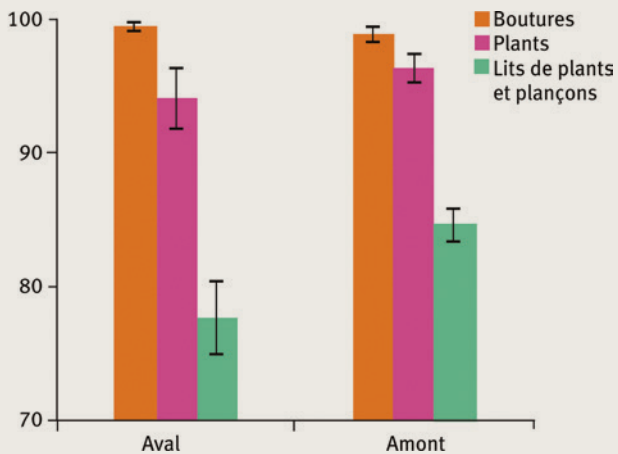
© N. Daumergue (Irstea)



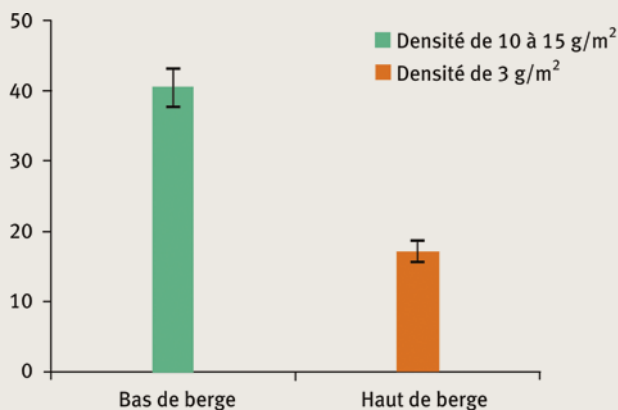
3 Relevés sur un massif de plants.

© N. Daumergue (Irstea)

❶ Taux de reprise des espèces ligneuses (%) en fonction de leur position par rapport au barrage.



❷ Recouvrement estimé de la végétation herbacée (%).



❸ Première rangée de lits de plants et plançons après la crue printanière de 2016.



© A. Evette (Irstea)

Les taux de reprise des espèces ligneuses apparaissent très élevés pour la première année après travaux (proche de 100% pour les boutures, 95% pour les plants et 80% pour les lits de plants et plançons). La pluviométrie particulièrement généreuse du printemps 2016 explique sans doute pour partie ce succès. Des relevés faits en octobre 2016 sur les boutures et les plants confirment ces taux de reprise particulièrement satisfaisants (proche de 100% pour les boutures et 92% pour les plants).

Seul le taux de réussite des lits de plants et plançons varie significativement entre les différents secteurs du site (amont, aval et rive gauche, rive droite).

En aval du barrage, le taux de reprise des lits de plants et plançons est significativement inférieur à celui de l'amont (figure ❶). En effet, en aval, les lits de plants et plançons sont très proches de l'eau (1 mètre en moyenne). Suite à la crue printanière de 2016, ils ont été immergés pendant plus d'un mois, entraînant une forte mortalité des rameaux plantés (photo ❸).

## Les espèces herbacées

### Les relevés de végétation herbacée

Dans le but d'évaluer la réussite de l'ensemencement ainsi que la recolonisation des espèces spontanées, des relevés par points contact (Daget et Poissonnet, 1971) ont été effectués sur des transects linéaires. Le recouvrement de la végétation a également été estimé visuellement au niveau de chaque transect.

Le bas de berge, semé à une densité de 10 à 15 g/m<sup>2</sup>, présente, comme attendu, un couvert végétal plus satisfaisant (40% de recouvrement) que celui de type haut de berge (17% de recouvrement), qui n'a été semé qu'à 3 g/m<sup>2</sup> (figure ❷). Ces faibles recouvrements suggèrent une efficacité non optimale en termes de protection contre l'érosion de surface, surtout en bas de berge. Les références de densité d'ensemencement varient selon les auteurs ; en effet, il est souvent préconisé dans les guides techniques d'épandre le semis à une densité de 5 à 20 g/m<sup>2</sup> (Zeh, 2007), voire de 25 à 30 g/m<sup>2</sup> (Adam *et al.*, 2008) lorsque l'objectif est la stabilisation des sols à court terme. Dans le cadre de ce chantier, l'objectif était de réduire au maximum cette densité compte tenu de l'origine du mélange grainier. En effet, les semences proviennent de récoltes sur des prairies de fauches, composées de nombreuses espèces aux phénologies très différentes et dont les poids de graines peuvent varier de façon importante.

Des relevés de sol sur les berges remaniées ont également révélé la présence d'un substrat sablo-limono-argileux, pauvre en matière organique ainsi qu'en nutriments, des propriétés peu propices à l'installation d'une végétation dense.

### Identification des espèces composant le mélange grainier

Pour distinguer dans les relevés les espèces semées des espèces spontanées, un échantillon du mélange grainier a été mis à germer en laboratoire dans du terreau. Les abondances des espèces germées ont été notées et comparées avec celles des relevés de terrain (tableau ❶). Pour ce faire, nous avons utilisé l'échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet. On attribue la note de 1 aux

individus au recouvrement faible (< 1/20 de la surface) jusqu'à la note de 5, affectée aux individus présentant un fort recouvrement (> 3/4 de la surface). Les individus notés 0,5 sont rares avec un recouvrement très faible.

### Indice de naturalité du milieu

Un indice de naturalité (Huc, 2016) a par la suite été calculé pour illustrer la répartition des espèces spontanées et à terme, leur évolution dans le temps.

$$\text{Indice de naturalité} = \frac{\text{Nombre d'espèces non semées}}{\text{Nombre d'espèces total}}$$

Comme attendu, cet indice reste faible pour la première année de relevés (figure 5). En moyenne, seulement 15 % des espèces relevées sont issues de la recolonisation naturelle. Ce pourcentage est significativement supérieur en aval rive gauche ainsi qu'en amont rive droite.

Les principales espèces spontanées rencontrées (*Tussilago farfara* et *Equisetum arvense*) sont des espèces rudérales et pionnières. Elles possèdent une forte aptitude à la multiplication végétative et proviennent certainement de la banque de propagules du sol remanié. C'est la présence majoritaire de ces deux espèces qui explique un indice de naturalité significativement élevé sur ces deux derniers secteurs (50 % des espèces spontanées en amont rive droite et 60 % en aval rive gauche). Les conditions d'humidité et d'exposition au soleil très différentes entre l'aval rive gauche (zone ombragée et humide) et l'amont rive droite (zone plus ensoleillée et plus sèche) ne semblent pas expliquer la répartition hétérogène de ces deux espèces. Leur expression relève donc plutôt d'une plus forte accumulation de propagules dans le sol remanié sur ces deux secteurs.

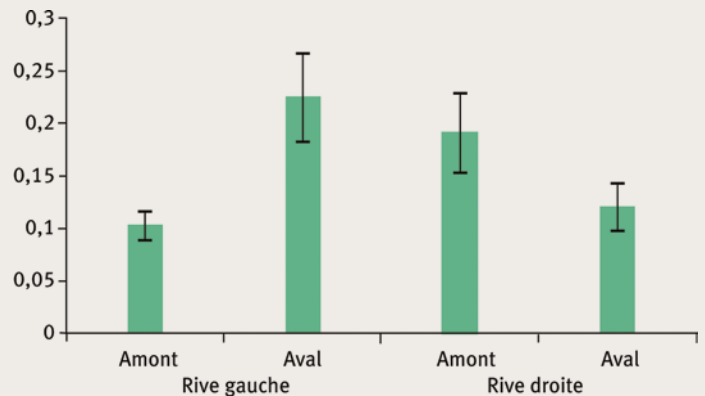
Cet indice de naturalité conserve néanmoins une part de subjectivité. En effet, même si l'on doit se rapprocher fortement de la composition du mélange grainier, il reste illusoire de penser que toutes les espèces collectées puis semées ont été relevées. De plus, il est fort possible que certaines espèces considérées comme semées soient aussi issues de la banque de graine du sol. Ce pourcentage d'espèces spontanées est donc probablement légèrement sous-estimé et est employé afin de dégager des tendances.

### Conclusion

De manière générale, les taux de reprise des boutures, plants et lits de plants et plançons sont très élevés pour la première saison de végétation. Le choix délibéré d'utiliser des espèces sauvages locales semble avoir été judicieux et confère au site une bonne diversité d'essence reflétant la richesse spécifique des forêts alluviales de la Romanche.

Le bilan demeure moins satisfaisant pour les espèces herbacées, dont la densité de semis s'avérait bien initialement insuffisante. En effet, le faible recouvrement du sol permet difficilement aux herbacées de remplir leur fonction de stabilisation du sol de la berge et de ce fait, accentue les risques d'érosion. Toutefois, un nouvel ensemencement a eu lieu en automne 2016, pour pallier ce manque, avec un nouveau mélange de graines locales.

5 Indice de naturalité (% d'espèces spontanées) en fonction de la position des relevés.



1 Abondance (Braun Blanquet) des principales espèces relevées en terreau au laboratoire et sur le terrain.

		Laboratoire	Terrain
Espèces spontanées	<i>Solidago gigantea</i>	0	0,5
	<i>Epilobium hirsutum</i>	0	1
	<i>Agrostis stolonifera</i>	0	1
	<i>Tussilago farfara</i>	0	1
	<i>Trifolium pratense</i>	0	1
	<i>Equisetum arvense</i>	0	1
Espèces semées	<i>Centaurea scabiosa</i>	0,5	0,5
	<i>Daucus carota</i>	0,5	1
	<i>Festuca rubra</i>	1	0
	<i>Salvia pratensis</i>	1	0,5
	<i>Malva moschata</i>	1	0,5
	<i>Prunella vulgaris</i>	1	0,5
	<i>Silene vulgaris</i>	1	0,5
	<i>Holcus lanatus</i>	1	0,5
	<i>Deschampsia cespitosa</i>	1	1
	<i>Anthyllis vulneraria</i>	1	1
	<i>Onobrichys viciifolia</i>	1	1
	<i>Galium mollugo</i>	1	1
	<i>Lolium perenne</i>	1	1
	<i>Echium vulgare</i>	1	1
	<i>Schedonorus arundinaceus</i>	1	1
	<i>Ranunculus repens</i>	2	0,5
	<i>Brachypodium pinnatum</i>	2	1
	<i>Plantago lanceolata</i>	2	2
<i>Bromopsis sp.</i>	2	2	
<i>Dactylis glomerata</i>	3	2	

► Nous avons également pu montrer une influence du niveau d'eau sur la reprise de la végétation au sein des lits de plants et plançons ; les végétaux ayant été immergés ont ainsi connu des taux de reprise plus faibles.

Un renouvellement régulier du suivi dans le cadre des plans de gestion prévus sur quinze ans pourra nous informer de la vitesse de recolonisation des espèces spontanées. Une étude sur la dynamique de succession de la végétation pourrait ainsi être menée en analysant les facteurs biotiques et notamment les interactions intervenant dans les mécanismes d'assemblage de ces communautés. À terme, la dynamique de succession d'un ouvrage restauré à l'aide de végétaux locaux pourra être comparée à celle d'aménagements faisant appel à des végétaux commercialisés.

La réalisation de ce suivi nous démontre l'intérêt de l'utilisation d'espèces locales en génie végétal. Des suivis du même ordre peuvent être envisagés sur d'autres ouvrages, en adaptant le protocole de suivi aux types de végétalisation et de milieu étudiés. ■

### Les auteurs

**Camille DELAGE, André EVETTE et Nathan DAUMERGUE**

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

✉ [camille.delage@irstea.fr](mailto:camille.delage@irstea.fr)

✉ [andre.evette@irstea.fr](mailto:andre.evette@irstea.fr)

✉ [nathan.daumergue@irstea.fr](mailto:nathan.daumergue@irstea.fr)

**Ghislain HUYGHE**

BIOTEC Biologie appliquée, 92 quai Pierre Scize, F-69005 Lyon, France.

✉ [ghislain.huyghe@biotec.fr](mailto:ghislain.huyghe@biotec.fr)

**Frederick JACOB**

Centre d'Ingénierie Hydraulique, Département Développement Durable, Savoie Technolac, F-73373 Le Bourget du Lac Cedex, France.

✉ [frederick.jacob@edf.fr](mailto:frederick.jacob@edf.fr)

### Remerciements

Nous remercions les sociétés Zygene et TChassagne pour les précieux renseignements fournis, le Conservatoire botanique national alpin pour son appui pour les relevés floristiques et les discussions sur les protocoles, ainsi que Gilles Favier pour son aide sur le terrain. Nous remercions également la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du MEEM pour son soutien financier pour les travaux d'évaluation 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*, Paris, Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, La Documentation française, 290 p.
- ▣ DAGET, P., POISSONNET, J., 1971, Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies, *Ann. Agron.*, vol. 22(1), p. 5-41.
- ▣ HUC, S., 2016, Suivi de la végétation après travaux sur deux sites d'EDF (Rochebrune et Espinasse, 05), Conservatoire Botanique National Alpin, 20 p., disponible à cette adresse : [http://cbn-alpin-biblio.fr/GED\\_CBNA/102638092081/BB\\_23866.pdf](http://cbn-alpin-biblio.fr/GED_CBNA/102638092081/BB_23866.pdf)
- ▣ KARUM, 2011, *Dossier CNPN de demande de destruction d'espèces protégées*, EDF – Projet chute de Gavet.
- ▣ LAVAINE, C., EVETTE, A., PIEGAY, H., 2009, *Génie végétal en milieu alpin. Évaluation des capacités de bouturage et de la résistance à la sécheresse de Myricaria germanica*, Rapport scientifique Irstea.
- ▣ ZEH, H., 2007, *Génie biologique, manuel de construction*, Zurich, Société suisse du génie biologique et Fédération Européenne pour le génie biologique, 441 p.

## 1 TESTS DE GERMINATION EN CHAMBRE DE CULTURE

Les graines de certaines espèces récoltées manuellement ont été mises à germer en boîte de Pétri, dans le but d'obtenir leur taux de germination (tableau 2).

### 2 Taux de germination de quelques espèces semées.

Espèces	Taux de germination (%)
<i>Agrimonia eupatoria</i>	0
<i>Anthriscus sylvestris</i>	0
<i>Centaurea jacea</i>	0
<i>Echium vulgare</i>	15
<i>Malva moschata</i>	17
<i>Salvia pratensis</i>	27,3
<i>Verbascum nigrum</i>	33,3
<i>Centaurea scabiosa</i>	37
<i>Silene vulgaris</i>	82,6

Les espèces *Agrimonia eupatoria*, *Anthriscus sylvestris* et *Centaurea jacea* n'ont germé ni en laboratoire ni sur le terrain (tableau 2). Ce résultat peut s'expliquer par une récolte trop précoce ou trop tardive, des individus stériles ou encore des graines encore en dormance.

Les autres espèces ont germé avec des taux très différents en laboratoire, allant de 15 % pour la vipérine (*Echium vulgare*) à plus de 80 % pour le silène enflé (*Silene inflata*).

Toutes ces espèces ont été retrouvées dans les relevés de terrain, sauf *Verbascum nigrum*, dont la germination semble avoir été stoppée par les conditions environnementales du site de Gavet.