



HAL
open science

Utilisation innovante du génie végétal pour le contrôle de l'érosion et de la sédimentation à l'échelle du territoire de la Durance

F. Rey, S. Labonne, Vincent Breton, S. Louis, N. Talaska, A. Erktan, A.
Dumas, M. Burylo, L. Dangla, G. Lavandier

► To cite this version:

F. Rey, S. Labonne, Vincent Breton, S. Louis, N. Talaska, et al.. Utilisation innovante du génie végétal pour le contrôle de l'érosion et de la sédimentation à l'échelle du territoire de la Durance. *Sciences Eaux & Territoires*, 2015, 16, pp.28-35. 10.14758/SET-REVUE.2015.16.06 . hal-01181391

HAL Id: hal-01181391

<https://hal.science/hal-01181391v1>

Submitted on 30 Jul 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation innovante du génie végétal pour le contrôle de l'érosion et de la sédimentation à l'échelle du territoire de la Durance

En milieu montagnard, l'érosion et la sédimentation sont des phénomènes qui augmentent les risques d'inondation dans les vallées. Pour lutter contre ces processus, des méthodes inspirées de l'ingénierie écologique font leur preuve aujourd'hui en France, notamment dans le bassin versant de la Durance, où l'utilisation innovante d'ouvrages de génie végétal dans les lits des ravines érodées permet le développement d'obstacles végétaux efficaces pour piéger et retenir les sédiments.

Les premiers objectifs du Plan Durance multi-usages et du Contrat de rivière Durance sont d'augmenter la sécurité face au risque d'inondation. Ce risque est en grande partie lié à la surcharge en matériaux fins de la rivière, provoquant d'importants dépôts de sédiments à l'aval et se traduisant par endroits par un exhaussement du lit de la basse Durance (figure 1) (Balland *et al.*, 2002). Ces sédiments sont également responsables d'autres problèmes tels que l'invasement des retenues hydro-électriques et de l'Étang de Berre, le colmatage de frayères ou encore le bouchage de buses. Ces matériaux proviennent en partie de l'érosion des ravines torrentielles inscrites dans des marnes du bassin versant de la Durance, sous climat montagnard et méditerranéen (photo 1).

Pour lutter contre ces problèmes, une solution économique consiste à retenir les sédiments dans les bassins versants à l'amont, en installant des pièges à sédiments à l'aval des zones érodées. Aux contraintes écologiques et techniques de cette gestion s'ajoute également aujourd'hui une contrainte économique, qui impose aux gestionnaires de définir des stratégies minimales d'intervention, permettant de diminuer l'érosion et l'exportation de sédiments fins dans les cours d'eau avec le moins possible d'interventions (Dutoit et Rey [coord.], 2009). Pour cela, l'ingénierie écologique, définie comme la conception de projets par et/ou pour le vivant (Chocat [coord.], 2013), peut constituer une solution intéressante et durable pour réduire, à moindre coût, la mobilisation et l'accumulation de sédiments marneux érodés.

Depuis 1998, afin de mieux définir les règles d'ingénierie à entreprendre sur ces milieux, nous avons cherché à accroître les connaissances sur le rôle de la végétation et l'efficacité des techniques de génie végétal sur les processus d'érosion et de sédimentation, spécifiquement dans les bassins versants torrentiels sous climat montagnard et méditerranéen des Alpes du Sud françaises. Les résultats ont alors été traduits sous forme de recommandations, de simulations et d'un plan d'intervention par génie végétal à l'échelle du territoire de la Durance.

Une stratégie innovante de génie végétal proposée pour mettre en œuvre l'action de la végétation dans la rétention durable des sédiments fins

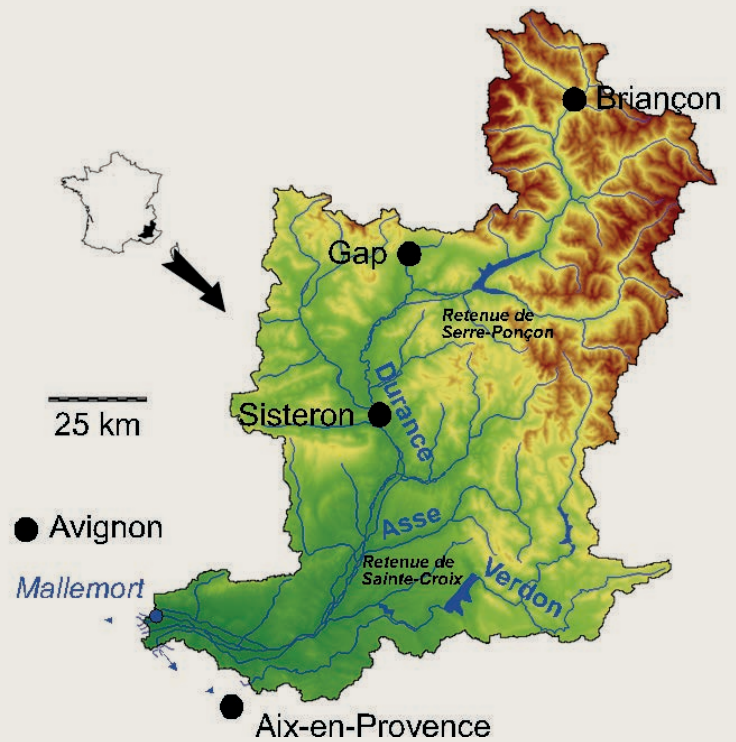
Pour garantir une protection des enjeux sociaux, économiques et écologiques cités avec le moins d'interventions possibles, nous affirmons qu'il n'est pas nécessaire d'installer une couverture végétale totale sur un bassin versant pour stopper la production sédimentaire à son exutoire. En effet, la végétation peut exercer, outre un rôle de protection des sols par couverture et fixation, une action de piégeage et de rétention des sédiments à l'amont de barrières végétales (Thornes [ed.], 1990), permettant de stopper les matériaux érodés avant qu'ils n'atteignent les rivières. À l'échelle de petits bassins versants de l'ordre de l'hectare, appelés des « ravines », la répartition spatiale de la végétation devient alors primordiale pour la réduction du transit sédimentaire à leur exutoire.

Pour mettre en œuvre cette action « passive » de la végétation dans le contrôle de l'érosion et de la sédimentation sur ce type de terrains, on doit utiliser des ouvrages de génie végétal (Adam *et al.*, 2008) spécifiques au contexte torrentiel. Ces ouvrages sont à base essentiellement de boutures, qui sont des parties ligneuses de végétaux sans feuillage ni racine. L'utilisation de plants est également possible et parfois opportune. Sur la base du savoir-faire existant en ingénierie, deux types d'ouvrages ont été proposés sur les terrains nous intéressant (figure 2 et photo 2) :

- les cordons sur seuil en bois (figure 2a) sont composés d'un seuil en bois mort, d'une hauteur de 50 cm, confectionné avec des troncs de pin noir d'Autriche ou de pin sylvestre prélevés sur place. Les boutures des cordons ont un diamètre de 2 à 3 cm pour une longueur totale de 50 cm, 20 cm dépassant de la surface du sol. Le nombre moyen de boutures par ouvrage est de 20, soit un espacement moyen entre elles d'environ 6 cm ;
- les cordons avec garnissages sur seuil en bois (figure 2b) sont constitués de boutures pour les cordons et les garnissages, de 50 cm de longueur et de 2 à 3 cm de diamètre, qui dépassent la surface du sol de 20 cm. Les cordons comportent 20 boutures et les garnissages en comptent 40, ces dernières étant réparties sur environ 2 m².

Le cordon et le garnissage permettent de créer un « réservoir » sur le seuil, afin de piéger et recueillir les matériaux érodés plus à l'amont. Ces ouvrages sont disposés en cascade dans le lit des ravines, afin d'une part de diminuer l'énergie des crues grâce aux seuils, d'autre part de multiplier la capacité totale du dispositif pour le piégeage des sédiments. L'encadré 1 présente le scénario de fonctionnement des ouvrages de génie végétal et de la végétation dans le piégeage et la rétention des sédiments au sein d'une ravine marneuse érodée.

1 Carte du bassin versant de la Durance (illustration : E. Sauquet – Irstea).



1 Bassin versant composé de plusieurs ravines incisées dans des marnes noires, dans les Alpes du sud françaises. Une ravine est composée d'un lit et de ses versants.



② Cordon avec garnissage sur seuil en bois, en haut : avant reprise des boutures et en bas : après reprise des boutures.



© F. Rey (Irstea)

Les recherches

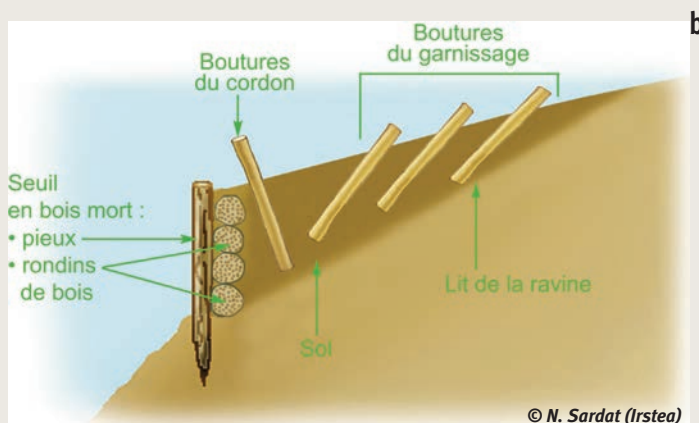
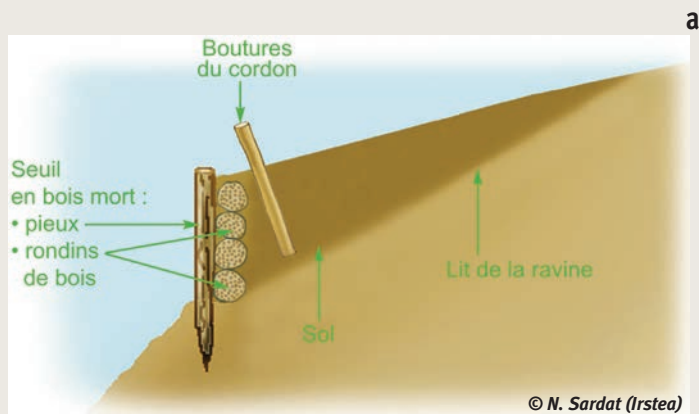
Plusieurs expérimentations-tests grandeur nature

Une première phase de recherches, menée entre 1998 et 2002, a tout d'abord fait apparaître un taux de couverture végétale de 20%, nécessaire mais suffisant, pour stopper quasi-intégralement la production sédimentaire d'une ravine de l'ordre de l'hectare. La végétation doit alors être composée d'arbustes et d'herbacées et être localisée en aval et dans le lit de la ravine (encadré ①, diapo n° 6).

À partir de 2002, plusieurs expérimentations-tests grandeur nature de génie végétal ont été menées dans les Alpes-de-Haute-Provence, à diverses échelles spatiales, du lit de ravine au grand bassin versant, de la plante au paysage. Elles ont porté sur un total de près de deux mille ouvrages présentés précédemment, répartis dans plus de deux cents ravines. Au niveau de plusieurs centaines de ces ouvrages, on a étudié :

- leur résistance et celle de la végétation aux crues, en particulier lors d'épisodes pluvieux extrêmes, dans des ravines de tailles comprises entre 0,1 à 3 ha ;
- la dynamique de la végétation, à travers d'une part l'aptitude de boutures de diverses espèces à rejeter et survivre sous ce climat contraignant, d'autre part l'installation d'une végétation spontanée sur les ouvrages ;

② a) Cordon sur seuil en bois. b) Cordon avec garnissage sur seuil en bois.



- la capacité de la végétation à piéger et fixer les sédiments marneux, en montrant notamment l'augmentation et la durabilité dans le temps de ces processus.

Résistance des ouvrages et de la végétation aux crues

Au sujet de la résistance des ouvrages et de la végétation aux crues, installés dans les lits de ravines d'une superficie allant jusqu'à 3 ha, les recherches ont montré que celle-ci dépendait d'une part de la présence de végétation sur leurs versants, d'autre part de la superficie des ravines. Ainsi, lorsque les versants des ravines sont partiellement végétalisés, quelle que soit leur taille, les ouvrages résistent aux contraintes hydrologiques lors de fortes pluies. Certaines intensités de pluie observées pendant les recherches ont atteint 70 mm/h, ce qui correspond à une fréquence de retour quasi centennale. Par contre, lorsque les versants ne sont pas végétalisés, les ouvrages subissent des dégâts dus à leur contournement, y compris pour des pluies moyennement intenses. Ce phénomène s'estompe au-delà de 2 ha drainés, en raison de l'élargissement des lits résultant en des crues plus diffuses. Toutefois, dans ces mêmes ravines, les ouvrages peuvent subir des ensevelissements par de grandes quantités de sédiments, alors potentiellement préjudiciables aux boutures si ces dernières ont tout juste émis leurs rejets.

Dynamique de la végétation

Lorsque les ouvrages ne sont pas endommagés, les espèces installées aptes à reprendre et survivre, lorsqu'elles sont utilisées sous forme de boutures au sein des ouvrages sur marnes et sous un tel climat (y compris lors d'années très sèches et/ou très chaudes comme en 2003, 2004 et 2005), sont le Saule pourpre (*Salix purpurea*), le Saule drapé (*Salix incana* ou *eleagnos*) et le Peuplier noir (*Populus nigra*). Les boutures nécessitent trois ans pour devenir autonomes et survivre. Leur survie est potentiellement conditionnée par l'exposition, le peuplier étant plus vigoureux que les saules en exposition sud. La présence de végétation sur les versants influence positivement la reprise, certainement en raison de l'ombrage qu'elle offre aux boutures. Une installation au printemps apparaît plus favorable qu'à l'automne. Enfin, les reprises peuvent être avantageusement favorisées par l'adjonction de matière organique, sous forme de bois raméal fragmenté (BRF) qui présente l'avantage de bien tenir en place, y compris sur de fortes pentes.

Les espèces spontanées se développant sur les atterrissements à l'amont de ces ouvrages sont nombreuses (environ cinquante espèces dès la première année), mais assez faibles en recouvrement après plusieurs années. Elles s'installent uniquement lorsque les versants situés

1 SCÉNARIO DE FONCTIONNEMENT DES OUVRAGES DE GÉNIE VÉGÉTAL ET DE LA VÉGÉTATION DANS LE PIÉGEAGE ET LA RÉTENTION DE SÉDIMENTS AU SEIN D'UNE RAVINE ÉRODÉE



1. Les ravines « végétalisables » d'un bassin versant donné sont choisies lorsqu'elles répondent aux critères de réussite des ouvrages.
2. Les ouvrages (ici des cordons de boutures sur seuil en bois mort) sont construits en cascade dans le lit de la ravine, selon un espacement déterminé.
3. Les boutures reprennent et émettent des rejets. Une dynamique naturelle potentielle permet l'installation spontanée de jeunes plants de diverses espèces à l'amont des ouvrages.
4. Lors des fortes pluies, les matériaux marneux érodés sur les versants sont transportés par l'écoulement, puis ralentis et filtrés par les obstacles végétaux, provoquant un dépôt de sédiments marneux.
5. À chaque crue, de nouveaux dépôts se produisent, faisant remonter l'atterrissement de sédiments et passer le profil en travers de la ravine de V en U.
6. Après plusieurs années, la croissance des boutures et de leurs rejets, ainsi que celle de la végétation naturelle, permet le développement d'un tapis végétal dense et diversifié, véritable piège à sédiments dont l'efficacité croît avec le temps.

► immédiatement à l'amont du lit sont végétalisés. Parmi celles-ci, seules certaines ont montré une aptitude à résister aux contraintes de crue. Ainsi, les plantes présentant un élancement de la racine pivotante, un pourcentage important de racines fines et une topologie développée du système racinaire, sont les plus efficaces pour résister aux contraintes de déracinement. Celles présentant une grande flexibilité morphologique sont quant à elles les plus aptes à supporter un ensevelissement sous des sédiments marneux.

Efficacité de la végétation pour le piégeage et la fixation des sédiments

Concernant les espèces installées, les études réalisées ont permis de montrer l'effet « réservoir » offert par les cordons et les garnissages de boutures. Celui-ci n'est significatif que dans les portions de lit de ravines présentant une pente inférieure à 40%. Il est effectif immédiatement après la construction des ouvrages et à peu près continu dans le temps, grâce d'abord au bois des boutures, puis au bout de trois ans à leurs rejets. À cette échéance, le diamètre des rejets dépasse 6 mm, les rendant alors capables de retenir des sédiments. Dans le cas de crues de forte intensité, les rejets de saules sont d'autant plus efficaces pour retenir des sédiments marneux que leur diamètre est élevé. Tout ceci permet une remontée progressive et continue du niveau du lit des ravines, au fil du développement des rejets et au gré des crues régulières (encadré ①, diapos n° 4 et 5). La hauteur de stockage moyenne annuelle observée varie selon les sites expérimentaux (encadré ②) et les années d'observation. La hauteur optimale sur trois années, observée sur le site du Saignon sur quelques dizaines d'ouvrages, est de 9,5 cm/an. Sur huit ans, sur ce même échantillon, elle est de 6,5 cm/an, sachant qu'elle intègre des années faiblement pluvieuses pour lesquelles l'érosion des versants a été faible (inférieure à 1 cm, qui est la valeur moyenne annuelle pour des années normalement pluvieuses). Sur un autre site comprenant plusieurs centaines d'ouvrages (Bouinenc), la hauteur moyenne annuelle mesurée sur deux à quatre ans est de 7,5 cm environ. En moyenne, pour les ouvrages ayant effectivement piégé des sédiments, les quantités retenues par les barrières sont, selon les sites, par année et dès la première année, de 0,21 à 0,25 m³ pour un cordon avec garnissage sur seuil en bois et de 0,18 m³ pour un cordon sur seuil en bois. Ces chiffres sont renouvelés et augmentés d'environ 10% chaque année. Le volume piégé dépend fortement du profil en long du lit de la ravine, certains ouvrages pouvant piéger plus d'un mètre cube de sédiments par an dans les lits les moins pentus.

D'autres recherches ont permis de déterminer, parmi les espèces spontanées et résistantes, celles pouvant assurer un rôle efficace de piégeage de sédiments et/ou de fixation des sédiments piégés. Trois traits des plantes, à savoir la forme du feuillage, la densité du feuillage et la surface foliaire, ont été reliés à leur efficacité pour ce piégeage. Une barrière monospécifique composée d'une espèce très performante peut être particulièrement efficace. Inversement, lorsque le développement de plusieurs espèces amène à des barrières végétales plurispécifiques, aux morphologies contrastées, il apparaît que la diversité morphologique perturbe l'écoulement, créant des zones

où celui-ci se concentre, ce qui diminue globalement la capacité de la barrière à retenir des sédiments. En ce qui concerne la performance des végétaux à fixer les sédiments piégés, deux traits racinaires, à savoir le diamètre des racines et le pourcentage de racines fines, ont été reliés à l'efficacité des plantes pour ce processus de fixation. La stabilité de ces sédiments piégés est quant à elle influencée par la teneur en matière organique dans les atterrissements de sédiments, ainsi que par le pourcentage de racines fines et la diversité morphologique des racines des végétaux présents, généralement associés à une diversité des plantes.

Conception d'outils d'ingénierie écologique basés sur les résultats des recherches

Les résultats des recherches ont été utilisés pour concevoir des outils d'ingénierie écologique permettant d'envisager une application du projet à l'échelle du territoire du grand bassin de la Durance. Ils ont ainsi été traduits sous forme de recommandations pour une utilisation innovante du génie végétal pour le contrôle de l'érosion et de la sédimentation dans des bassins versants torrentiels marneux.

Deux types d'ouvrages sont préconisés, à savoir les cordons sur seuil en bois et les cordons avec garnissages sur seuil en bois. Les espèces conseillées pour les boutures sont, par ordre de préférence et selon les disponibilités en approvisionnement, le Saule pourpre, le Saule drapé et le Peuplier noir. Ce dernier doit toutefois être préféré dans les ravines exposées au sud. Les cordons sur seuil en bois peuvent être avantageusement installés dans les ravines présentant un couvert végétal sur les versants (plus de 30% de couverture végétale) : la dynamique végétale naturelle, qui devrait s'opérer dans ce cas sur les atterrissements de sédiments, doit permettre d'économiser l'installation d'un garnissage. Ailleurs, les cordons avec garnissages sur seuil en bois pourront être préférés. Par ailleurs, dans ce second cas, des compléments aux ouvrages sont à envisager, afin d'éviter leur contournement. Il s'agit de rajouter un renfort en bois sur les côtés du seuil, au niveau du cordon de boutures, remontant de 50 cm sur les versants de part et d'autre du seuil. De plus, là où les versants le permettent, il est vivement conseillé de réaliser une plantation de trois arbustes, alignés dans la continuité du renfort et sur 50 cm de haut. Le versant au-dessus du garnissage de boutures pourra également être recouvert d'un garnissage de plants sur une hauteur de 1 m, de part et d'autre du seuil et à raison de 20 plants/m². Si disponible gratuitement ou à très faible surcoût, un apport de BRF sur les versants pourra être réalisé en complément des plantations.

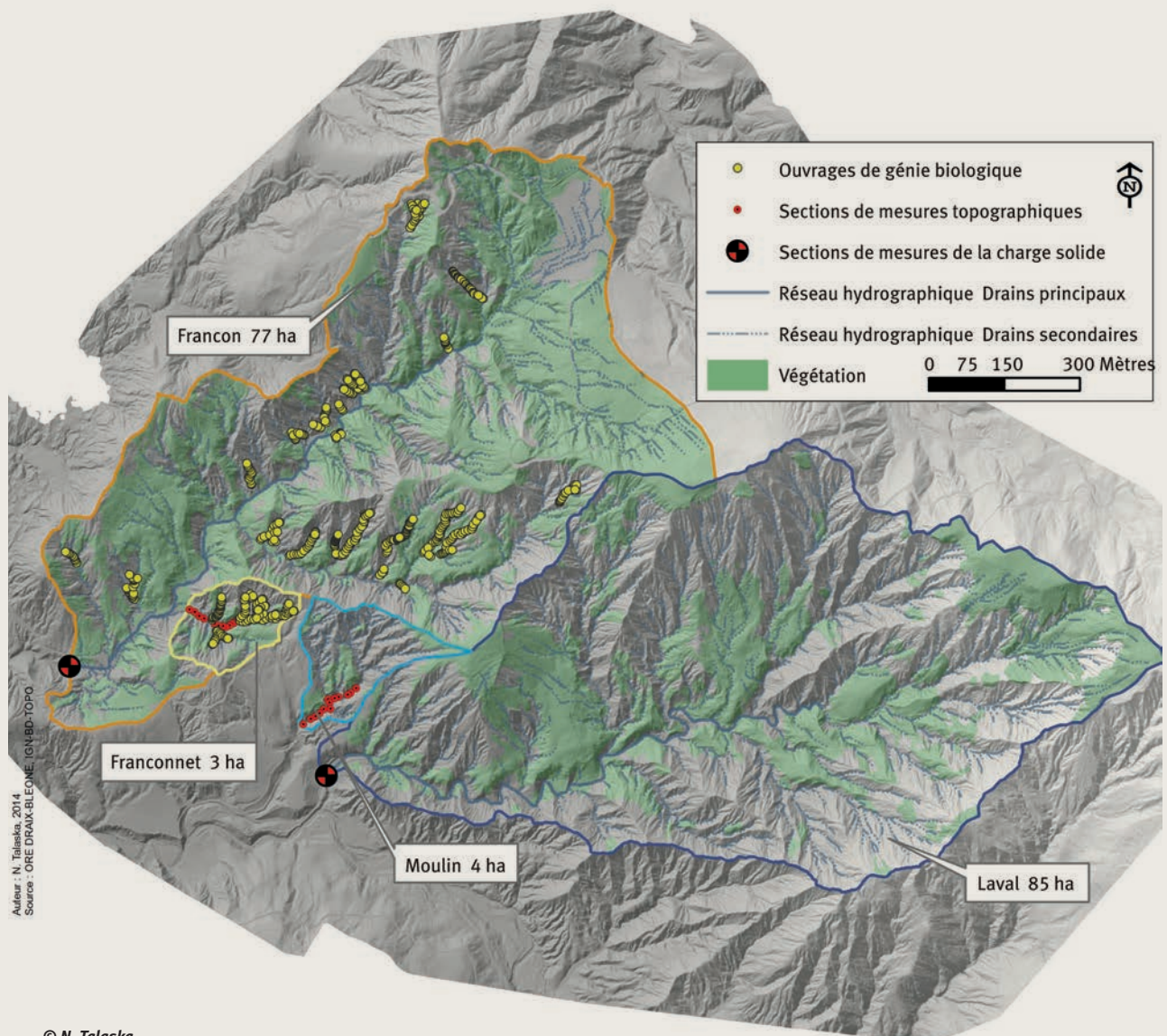
Ces ouvrages ne seront installés que dans les lits des ravines de surface inférieure à 3 ha, lorsque la pente du lit est inférieure à 40%. Dans le cas particulier des ravines dont la superficie est comprise entre 2 et 3 ha, et où des cordons avec garnissages sur seuil en bois seront installés, il conviendra d'espacer dans le temps (un à trois ans) la pose du cordon et celle du garnissage, afin d'éviter l'ensevelissement trop rapide des boutures du garnissage les premières années. La construction des seuils pourra être avantageusement réalisée l'été et plus globalement lorsque les sols sont secs. La mise en place

2 DES OUVRAGES AUX BASSINS VERSANTS, DES TESTS « GRANDEUR NATURE » DE GÉNIE VÉGÉTAL

Plusieurs expérimentations ont pour but de déterminer l'effet d'un ouvrage sur le piégeage de sédiments, puis l'impact d'un ensemble d'ouvrages sur ce piégeage, et par conséquent sur les quantités de matériaux érodés atteignant l'aval des bassins versants, jusqu'à la rivière Durance. Il s'agit alors de vérifier que l'effet cumulé de plusieurs ouvrages se traduit bien par une réduction significative des apports sédimentaires au débouché des systèmes aménagés.

Pour cela, deux bassins de tailles différentes sont observés régulièrement depuis plusieurs années : un bassin élémentaire d'environ 3 ha (le Franconnet) depuis 2012 et un bassin d'ordre kilométrique (le Francon, 77 ha, incluant le Franconnet) depuis 2009, dans lequel 700 ouvrages ont été construits en 2008. L'objectif est de quantifier les productions sédimentaires de ces deux bassins pour les comparer avec celles de deux bassins similaires et proches, mais érodés et non aménagés (le Moulin et le Laval).

Enfin, une expérimentation de grande ampleur a été mise en place en 2011 et 2012 dans le bassin versant du Bouinenc (Alpes-de-Haute-Provence), d'environ 40 km², incluant le Francon. Plus de 900 nouveaux ouvrages ont été construits dans près de 160 ravines. L'objectif est de mieux connaître leur impact sur les flux de sédiments marneux, à une échelle plurikilométrique. Le bassin versant du Bouinenc représente à lui seul 5 % des terres érodées du bassin de la Durance. L'étude de sa végétalisation constitue ainsi une étape intermédiaire pour l'élaboration d'une stratégie plus globale de contrôle de l'érosion et de la sédimentation par génie végétal à une échelle régionale.



des boutures et des plants sera préférentiellement réalisée au printemps (avant la montée de sève) et si nécessaire à l'automne (après la descente de sève), lorsque les sols sont humides.

Ces interventions dans les ravines sont les seules envisagées, c'est-à-dire qu'hormis de possibles entretiens ponctuels nécessaires les années suivantes (réparation d'ouvrages, bouturage pour combler les échecs locaux), il ne devrait y avoir ni nouvelle intervention, ni intervention sur le reste de la ravine. Bien entendu, la réussite des ouvrages, tant en reprise de végétaux que de piégeage des sédiments, reste dépendante des conditions climatiques. Certains événements extrêmes (sécheresse ou pluie très intense) peuvent conduire à une diminution de leur efficacité, voire à des échecs plus ou moins ponctuels.

Conclusion : vers l'application du projet à l'échelle du territoire de la Durance

L'application de ces nouveaux savoirs et savoir-faire a permis de déboucher sur l'établissement d'un plan d'application à moindres coûts du génie végétal, établi à l'échelle du territoire de la Durance, pour une rétention durable des sédiments dans les bassins versants marneux érodés. Ainsi, sur les quelques 40 000 ha de terrains marneux érodés aujourd'hui présents dans le grand bassin de la Durance (en considérant uniquement l'aval de Serre-Ponçon), on a pu établir une première typologie permettant de caractériser les ravines érodées à végétaliser. Les résultats apparaissent sur le tableau 1. Environ 26 300 ravines ont été ciblées pour une intervention par génie végétal, car elles répondent aux critères de pente du lit (< 40%), de taille (< 3 ha), de lithologie (marnes noires et autres marnes) et de couverture végétale (marnes nues ou marnes avec couvert végétal hétérogène). Cela correspond à un linéaire de lit de plus de 1 000 km. Par ailleurs, une méthode de hiérarchisation des terrains érodés en zones d'interventions prioritaires (ZIP) a été formalisée à l'échelle du bassin versant de la Durance.

Plusieurs scénarii d'opérations de génie végétal ont d'ores et déjà été simulés à cette échelle, grâce à l'utilisation du modèle Simulfascine. Cet outil interactif, développé à l'attention des praticiens, gestionnaires et décideurs, permet de déterminer la solution la plus rentable économiquement (rapports coûts-avantages) pour un piégeage efficace et durable de sédiments. De

manière générale, en prenant en compte une hauteur moyenne annuelle de stockage de sédiments dans les ouvrages de 9,5 cm, les scénarii apparaissent optimisés pour une durée de quinze ans. Ces opérations seraient largement positives en termes de volume total piégé et de rapport coûts/bénéfices, pour les ravines allant jusqu'à 2 ha. D'après nos premières estimations, elles conduiraient en effet à une réduction moyenne des apports de matériaux fins marneux dans la Durance d'environ 30%, ce qui apparaît comme un objectif significatif pour les gestionnaires. Il serait environ dix fois plus avantageux économiquement d'intervenir par du génie végétal à l'amont plutôt que de curer régulièrement des retenues de barrages à l'aval. Au niveau des chantiers expérimentaux grandeur nature précédemment cités, les recherches se poursuivent afin de vérifier expérimentalement ces chiffres, à l'échelle de bassins versants de l'ordre de l'hectare (3 ha), kilométrique (1 km²) et plurikilométrique (40 km²) (encadré 2). ■

Les auteurs

Freddy REY, Sophie LABONNE, Vincent BRETON, Séverine LOUIS, Nicolas TALASKA, Amandine ERKTAN, Agathe DUMAS, Mélanie BURYLO, Laure DANGLA et Géraud LAVANDIER

Irstea – UR EMGR – Écosystèmes montagnards
BP 76 – F-38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex – France

✉ freddy.rey@irstea.fr
✉ sophie.labonne@irstea.fr
✉ vincent.breton@irstea.fr
✉ louis.severine@gmail.com
✉ nicolas.talaska@geopeka.com
✉ amandine.erkтан@cirad.fr
✉ laure.dangla@yahoo.fr
✉ geraud.lavandier@onf.fr

Remerciements

Les auteurs remercient Électricité de France, l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, la Région Provence Alpes Côte-d'Azur et l'Union européenne (programme FEDER « L'Europe s'engage en PACA avec le Fonds européen de développement régional ») pour le financement de l'ensemble de ce projet.

1 Caractéristiques des ravines marneuses érodées végétalisables du bassin de la Durance.

Ravines dont la pente est inférieures à 40 %												
Taille	< 1 ha				Entre 1 et 2 ha				Entre 2 et 3 ha			
	Lithologie		Lithologie		Lithologie		Lithologie		Lithologie		Lithologie	
Couverture végétale	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
	Nombre	10 665	4 462	5 636	2 730	1 205	504	611	269	75	56	59
15 127		8 366		1 709		880		131		65		
23 493				2 589				196				
26 278												



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*, La documentation française, Paris, 290 p.
- ▣ BALLAND, P., HUET, P., LAFONT, E., LETEURTROIS, J.-P., PIERRON, P., 2002, *Rapport sur la Durance – Propositions de simplification et de modernisation du dispositif d'intervention de l'État sur la gestion des eaux et du lit de la Durance – Contribution à un plan Durance*, MEDD, MAAPAR, METLTM, 93 p.
- ▣ CHOCAT, B. (coord.), 2013, *Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques : Pourquoi ? Comment ?* ASTEE, 357 p.
- ▣ DUTOIT, T., REY, F. (coord.), 2009, *Écologie de la restauration et ingénierie écologique : enjeux, convergences, applications*, *Ingénieries EAT*, n° spécial, 171 p.
- ▣ THORNES, J.-B. (ed.), 1990, *Vegetation and erosion: processes and environments*, John Wiley & Sons Ltd, 518 p.