Pôle Grenoblois d'Etudes et de Recherche pour la Prévention des Risques Naturels

Programme de recherche 2002
financé par le Conseil Général de l'Isère

Synthèse et bilan critique des réalisations de génie écologique pour la maîtrise de l'érosion dans le département de l'Isère

Rapport final

Freddy REY

Département Gestion des territoires
Unité de recherche Ecosystèmes et paysages montagnards

Groupement de Grenoble
Domaine universitaire - BP 76
38402 St-Martin-d'Hères cedex
Tél. 04 76 76 27 27 - Fax 04 76 51 38 03

Décembre 2003

SOMMAIRE

pages

SOMMAIRE **1**

1. INTRODUCTION **2**
1.1. Programme global d'étude 2
1.2. Contexte et objectifs de la présente étude 3
1.3. Etat de l'art et lacunes 4

2. MÉTHODOLOGIE **6**
2.1. Inventaire et caractérisation des opérations de génie écologique réalisées 6
2.2. Analyse des réussites ou échecs 6
2.3. Fiches techniques et recommandations d'utilisation des ouvrages 6

3. RÉSULTATS **7**
3.1. Inventaire et caractérisation des opérations de génie écologique réalisées 7
3.1.1. Inventaire *7*
3.1.2. Descriptif succinct des ouvrages utilisés en correction torrentielle *7*
3.2. Analyse des réussites ou échecs 9
3.3. Fiches techniques et recommandations d'utilisation des ouvrages 12
3.3.1. Bouturage simple *13*
3.3.2. Cordons de boutures *15*
3.3.1. Fascines *17*
3.3.2. Plantation en plein *19*
3.3.1. Banquettes grillagées + plantations *22*

4. CONCLUSION **24**

BIBLIOGRAPHIE **25**

TABLE DES ILLUSTRATIONS **26**

ANNEXES : Comptes-rendus d'expertises

1. INTRODUCTION

1.1. Programme global d'étude

Il existe actuellement une forte demande des services et des organismes confrontés à des problèmes d'érosion en montagne en France, concernant la réalisation d'outils d'aide à l'utilisation de techniques de génie écologique pour la maîtrise de l'érosion en montagne. Les services concernés sont l'ONF-gestion, l'ONF-RTM, les DIREN, les DRAF et les DDAF, les Conseils Régionaux et Généraux, les Agences de l'eau, les organismes gestionnaires de grands ouvrages tels que EDF ou la CNR, les entreprises privées. Cette demande devrait être croissante dans les années à venir en raison des changements climatiques annoncés, qui devraient mener vers une plus grande érodabilité des sols. Trois domaines d'application sont notamment concernés : la correction torrentielle, les talus et les berges de rivières.

Or, il n'existe quasiment pas aujourd'hui en France de guide concernant le génie écologique contre l'érosion en montagne. De plus, il faut souligner le côté lacunaire des références bibliographiques internationales ou françaises sur le génie écologique en correction torrentielle.

L'objectif général est ainsi de synthétiser les connaissances actuelles dans le domaine de l'utilisation des techniques de génie écologique pour la lutte contre l'érosion en montagne, pour la correction torrentielle et la végétalisation de talus et berges de rivières. Cette synthèse sera restituée sous la forme d'un guide technique et pratique, présentant un certain nombre de réalisations concrètes – expérimentales et opérationnelles – en France et à l'étranger.

Pour cela, un état des lieux est en cours, à partir :

- d'une synthèse bibliographique, notamment internationale : des guides d'utilisation du génie écologique contre l'érosion ont été publiés dans les autres pays européens de l'arc alpin (Suisse, Italie, Autriche) et en Amérique du Nord (Canada, Etats-Unis) ;
- d'un bilan des connaissances et de l'expérience du Cemagref de Grenoble, qui a acquis dans le cadre de ses travaux des compétences fortes et reconnues dans ce domaine, justifiant une synthèse et une diffusion à destination des gestionnaires ;
- d'un inventaire des réalisations concrètes en France, concernant tant les sites expérimentaux que les applications opérationnelles. Les réussites ou échecs des réalisations seront étudiés. En particulier, plusieurs sites expérimentaux et opérationnels font actuellement l'objet d'un suivi. Ces cas concrets seront intégrés dans le guide, notamment à titre d'illustration des techniques.

En plus des fascicules techniques, le guide présentera des éléments de stratégie pour le choix des ouvrages et des espèces végétales, ainsi que des principes de « gestion optimale » des problèmes d'érosion par le génie écologique (objectif « zéro sédiment » avec un minimum d'interventions). A terme, un CD-ROM interactif permettant le diagnostic et le choix des techniques de réhabilitation écologique des milieux dégradés sera réalisé.

La réalisation de ce guide, pilotée par le Cemagref de Grenoble, sera effectuée en étroite collaboration avec les organismes impliqués dans la réalisation des travaux de génie écologique (maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage). Les organismes étrangers à l'origine de la publication d'ouvrages existants dans ce domaine de la lutte contre l'érosion ont également déjà été sollicités.

Par ailleurs, la création d'une Association française pour le génie écologique contre l'érosion est en projet, sur l'initiative du Cemagref qui en assurera éventuellement la coordination. Cette association pourra être intégrée à la Fédération européenne pour le génie biologique (EFIB), d'ores et déjà d'accord sur le principe.

1.2. Contexte et objectifs de la présente étude

La présente étude s'inscrit dans le programme plus large présenté au préalable. Elle a pour objectif de répertorier les sites en Isère où des opérations de lutte contre l'érosion par le génie écologique ont été menées, et d'étudier la réussite ou l'échec de ces réalisations, afin de bénéficier d'un retour d'expérience et de proposer des recommandations pratiques pour une utilisation future.

Le département de l'Isère est particulièrement concerné par les problèmes d'érosion. Plusieurs sites ont ainsi fait l'objet d'opérations de restauration utilisant le génie écologique, en contexte torrentiel, sur talus routiers ou sur berges de rivières (Photo 1).

L'Isère constituerait ainsi un département pilote pour le programme plus large de rédaction d'un guide écologique français pour la maîtrise de l'érosion.

Photo 1 : Le torrent de l'Ebron



1.3. Etat de l'art et lacunes (figure 1)

Concernant les **talus** (routiers essentiellement), un inventaire des sites où des interventions de génie biologique ont été menées dans le département de l'Isère a déjà été réalisé (Dinger et Ballan, 2000 : étude financée par le Pôle Grenoblois).

A partir de cette étude, un guide d'utilisation du génie biologique pour la végétalisation des talus a été réalisé, sous la forme d'un CD-ROM interactif (Pénelon *et al*., 2003).

Concernant les **berges de rivières**, un inventaire à l'échelle nationale a été réalisé (Goetgheber et Jund, 2003).

Les résultats de cette étude ont été utilisés pour réviser un guide de végétalisation des berges de rivières déjà existant (Lachat, 1994). La publication de ce guide révisé est prévue pour 2004. Notons que des guides en anglais existent également (Schiechtl et Stern, 1997 ; Gray et Sottir, 1999).

Concernant la **correction torrentielle**, il n'existait pas d'inventaire des ouvrages de génie biologique réalisés en France, notamment des réalisations récentes (dernières décennies).

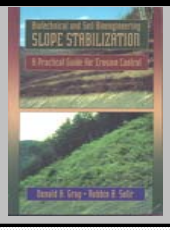
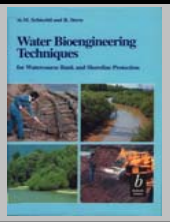
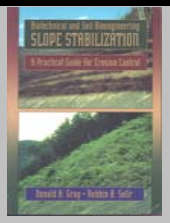
S'il existe des guides d'utilisation du génie biologique en correction torrentielle en anglais (Schiechtl et Stern, 1998 ; Gray et Sottir, 1999), ce genre de guide n'existe pas actuellement en français.

Il existait donc une importante lacune en terme de recensement d'ouvrages (aussi bien dans le département de l'Isère qu'au niveau national), ainsi qu'en terme de guide français.

Le recensement des ouvrages à l'échelle nationale est prévu. Le début de ce recensement a débuté en Isère grâce au financement du Pôle Grenoblois.

Ce premier recensement a permis de dresser des premiers éléments critiques sur l'utilisation des différents types d'ouvrages de génie biologique en correction torrentielle, permettant une ébauche de rédaction d'un guide en français, pour lequel les sites étudiés en Isère peuvent servir de référence.

Figure 1 : Etat de l'art et lacunes concernant le recensement d'ouvrages et l'existence de guides d'utilisation du génie biologique pour la maîtrise de l'érosion (en pointillés : lacunes)

		CORRECTION TORRENTIELLE	BERGES DE RIVIERES	TALUS
GUIDES	Anglais	 	 	?
	Français			
RECENSEMENT	**Isère**		Goetgheber M., Jund M. (coordination). 2003. Retour d'expérience des travaux réalisés en techniques végétales sur les cours d'eau français. Agences de l'eau, 4 fascicules.	F. Dinger, N. Ballan. 2000. *L'utilisation des géotextiles biodégradables en protection des sols contre l'érosion. Typologie des espaces érodés pour l'aide à la décision*. Grenoble : Cemagref, 37 p.
	France			?

2. MÉTHODOLOGIE

L'étude s'est déclinée en 3 parties.

2.1. Inventaire et caractérisation des opérations de génie écologique réalisées en Isère

Concernant les talus et les berges de rivières, les sites de réalisation de travaux de génie écologique contre l'érosion dans le département de l'Isère ont été recensés à partir d'études précédentes : Dinger et Ballan (2000) pour les talus et Goetgheber et Jund (2003) pour les berges de rivières. Ils sont listés dans le tableau 1. Les opérations ont été décrites précisément dans les études de référence citées.

Concernant la correction torrentielle, un inventaire des sites a été réalisé spécifiquement pour cette étude par enquête. Le maître d'œuvre principal pour ce domaine d'application a été le service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) 38. Les opérations réalisées ont été décrites, sur la base des documents écrits sur ces ouvrages (Sommiers de la forêt notamment) et par enquête auprès des agents du service RTM 38.

2.2. Analyse des réussites ou échecs

Concernant les talus et les berges de rivières, les analyses des réussites ou échecs ont été décrites dans les études de référence précédentes. Elles n'ont pas été reportées ici. Notons que ces analyses ont été réalisées sous la forme d'expertises, sans protocole d'étude expérimentale.

Concernant la correction torrentielle, l'analyse des réussites ou échecs a été réalisée pour chaque ouvrage recensé, également sous forme d'expertise. L'analyse comprend un bilan d'érosion après travaux et un bilan sur l'état de la végétation installée. Des quantifications ont été réalisées quand cela était possible. Une note globale est attribuée en fonction de la réussite ou de l'échec de l'ouvrage :

* 0 : bonne couverture végétale et pas d'érosion,
* 1 : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée,
* 2 : érosion de rigoles,
* 3 : érosion de ravines ou érosion généralisée.

L'analyse débouche alors sur une conclusion faisant ressortir les principaux enseignements tirés de l'utilisation des ouvrages de génie biologique.

2.3. Fiches techniques et recommandations d'utilisation des ouvrages

Concernant les talus et les berges de rivières, des fiches techniques existent dans des documents de référence : Pénelon et al. (2003) pour les talus et Lachat (1994) pour les berges de rivières.

Concernant la correction torrentielle, un système de fiches est proposé pour chaque technique, avec prise en compte du retour d'expérience issu des sites étudiés dans le département de l'Isère. Ces fiches seront incluses dans le « guide français de génie écologique » en cours de rédaction.

3. RÉSULTATS

3.1. Inventaire et caractérisation des opérations de génie écologique réalisées

3.1.1. Inventaire

L'ensemble des sites de réalisation de travaux de génie écologique contre l'érosion dans le département de l'Isère a été listé dans le tableau 1.

Tableau 1 :
Sites de réalisation de travaux de génie écologique contre l'érosion dans le département de l'Isère

	TECHNIQUES	COMMUNE	SITE
TALUS	Toile de jute + hydroseeding	Miribel Lanchâtre	
	Toile de jute + hydroseeding	Château Bernard	
	Hydroseeding	Château Bernard	
	Hydroseeding	Roissard	
	Hydroseeding	Roissard	
	Hydroseeding	Treffort	
	Hydroseeding	Lans en Vercors	
	Toile de jute + hydroseeding	Le Touvet	
	Toile de jute + hydroseeding	La Valette	
	Toile de jute + hydroseeding	Oris en Rattier	
	Hydroseeding	Oris en Rattier	
	Toile de jute + hydroseeding	La Motte St Martin	
	Hydroseeding	La Valette	
	Hydroseeding	Ste Luce	
	Hydroseeding	Marcieu	
	Hydroseeding	Huez	
	Hydroseeding	Auris	
	Hydroseeding	Ornon	
	Hydroseeding	Venosc	
	Toile de jute + hydroseeding	Mont de Lans	
	Hydroseeding	St Maurice en Trièves	
	Hydroseeding	Beaufin	
BERGES	Caissons + géotextiles + fascines + garnissages	La Tour du Pin	
	Hélophytes + garnissages + plantations + géotextiles + ensemencement	Charavines	
TORRENTIEL	Banquettes grillagées + bouturage simple	St Christophe en Oisans	1
	Cordons de boutures	Vaujany	2
	Fascines	St Laurent en Beaumont	3
	Banquettes grillagées + plantations	St Laurent en Beaumont	4
	Banquettes grillagées + plantations	St Laurent en Beaumont	5
	Fascines	St Laurent en Beaumont	6
	Plantations en plein	St Laurent en Beaumont	7
	Bouturage simple	Roissard	8
	Cordons de boutures	Roissard	9
	Bouturage simple	Roissard	10
	Banquettes grillagées + plantations	Pellafol	11
	Banquettes grillagées + plantations	Tréminis	12

3.1.2. Descriptif succinct des ouvrages utilisés en correction torrentielle

a/ Bouturage simple

Le bouturage simple consiste à mettre en terre des boutures, isolément ou en groupes, qui rejetteront au contact de la terre pour former un nouveau buisson ou un nouvel arbuste (photo 2).



Photo 2 : Bouturage simple

b/ Cordons de boutures

Les cordons de boutures sont des rangées de boutures, disposées en courbe de niveau, environ tous les 3 m sur la pente, et formant de petites haies continues ou discontinues (photo 3). On parlera ainsi de *cordons* si les boutures sont très rapprochées, et de simple *bouturage* dans le cas où les boutures sont mises en terre individuellement. Dans le cas des cordons, les boutures ont une longueur allant de 0,5 à 1 m. Cette technique est réputée simple, rapide et économique, les ouvrages étant durables car résistants à l'ensevelissement.



Photo 3 : Cordons de boutures

c/ Fascines

Les fascines sont de petites barrières constituées de pieux, vivants ou morts, derrière lesquels des boutures sont empilées sous forme de fagots. Ces ouvrages sont disposés en courbe de niveau. Leur hauteur peut aller jusqu'à 50 cm (photo 4).



Photo 4 : Fascine

d/ Plantations en plein

La plantation est la mise en terre d'un plant, avec son système racinaire, dans une simple fente ou un potet (photo 5). La densité de plantation est très variable et est fonction notamment des exigences de l'espèce plantée : la fourchette va généralement de 1000 à 5000 plants/ha.



Photo 5 : Plantation en plein

e/ Banquettes grillagées + plantations

Une banquette grillagée est un soutènement léger de 40 à 50 cm de hauteur, avec alignement de jambes de force verticales haubanées sur lesquelles est appuyé un grillage métallique de soutien (doublé éventuellement d'un grillage de rétention à mailles fines), replié vers l'amont à la base pour former un bas-volet (photo 6).

La plantation s'effectue sur les banquettes au coup de pioche ou par potets. Les plants sont placés au centre de la banquette, en une ligne continue ; la densité est variable, jusqu'à 5 plants par mètre linéaire. On peut également végétaliser les inter-banquettes ou le pied des banquettes.

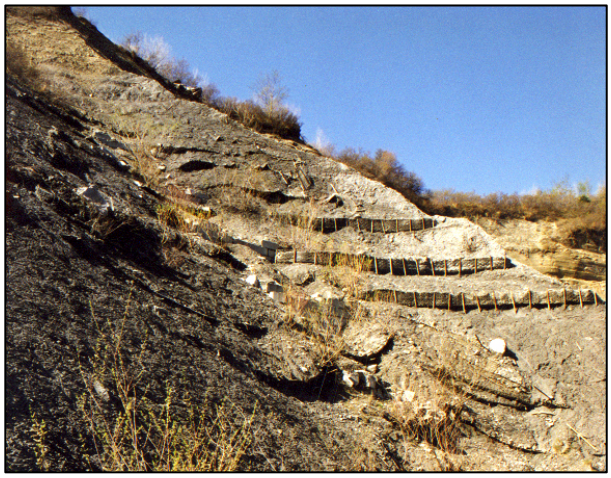


Photo 6 : Banquettes grillagées

3.2. Analyse des réussites ou échecs

Pour chaque site étudié en correction torrentielle, nous reportons ici un résumé et les principales conclusions de l'expertise.

Site n°1 (St Christophe en Oisans) : banquettes grillagées + bouturage simple d'aulne vert, sur versant (moraines), 1998

L'érosion semble bien maîtrisée grâce aux banquettes.

Les banquettes sont bien en place. On observe une reprise très faible des boutures d'aulne (< 5 %). La couverture végétale est donc également très faible.

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ L'aulne vert est inadapté au bouturage. Il est à préférer en plantation où il est très efficace. Le bouturage simple n'a permis de constituer qu'une couverture végétale très peu étendue. Les banquettes montrent leur efficacité pour la stabilisation des sols.

Site n°2 (Vaujany) : cordons de boutures de saule, sur niche d'érosion (moraines), 1998

L'érosion semble bien maîtrisée.

Bonne reprise des boutures de saule (environ 70 %) assurant une bonne couverture du sol.

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ On observe une bonne efficacité des cordons de boutures pour installer une couverture végétale.

Site n°3 (St Laurent en Beaumont) : fascines de saule, sur ravine (alluvions), 1980

L'érosion est largement maîtrisée. On observe tout au plus quelques rigoles peu marquées.

La reprise végétale a été très bonne et on observe une bonne dynamique naturelle. La couverture végétale est en moyenne de 80 %.

→ Note : **0** : bonne couverture végétale et pas d'érosion.

➔ On note une bonne efficacité des fascines pour installer une couverture végétale.

Site n°4 (St Laurent en Beaumont) : banquettes grillagées + plantations, sur ravine (alluvions), 1977

Les banquettes sont plus ou moins restées en place. On observe notamment un déchaussement ou un recouvrement de celles-ci en plusieurs endroits. Il semble que les banquettes ne permettent pas une très bonne stabilisation des sols. On observe en particulier un entraînement vers l'aval de l'extrémité des banquettes lorsque celles-ci sont situées à proximité d'une ravine marquée.

Les plantations ont faiblement repris, mais de toute façon on peut craindre que les plants soient entraînés avec les banquettes.

→ Note : **3** : érosion de ravines ou érosion généralisée.

➔ Pour des ouvrages de type linéaire, il est nécessaire d'ancrer leurs extrémités dans des terrains stables.

Site n°5 (St Laurent en Beaumont) : banquettes grillagées + plantations, sur versant (moraines), 1996

L'érosion est bien maîtrisée mais elle n'était pas réellement déclarée, les ouvrages ayant plus un rôle préventif par rapport à une possible activation d'érosion.

Les banquettes sont bien en place et on n'observe quasiment pas de destruction de ces ouvrages. Les contraintes érosives et hydrologiques ne sont cependant pas très marquées. Les plantations reprennent très bien, les plants bénéficiant de bonnes conditions de stabilité.

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ Les banquettes grillagées sont des ouvrages particulièrement solides et rigides, dont le maintien est assuré dans des conditions de faibles contraintes érosives et hydrologiques.

Site n°6 (St Laurent en Beaumont) : fascines de saule, sur versant (moraines), 1996

L'érosion est bien maîtrisée mais elle n'était pas réellement déclarée, les ouvrages ayant plus un rôle préventif par rapport à une possible activation d'érosion.

Les fascines sont bien en place et on observe peu de destruction de ces ouvrages, hormis un ou deux fagots ayant légèrement basculé à l'aval des pieux. Les boutures ont eu une bonne reprise, même si le recouvrement végétal obtenu grâce à ces reprises n'est pas très important.

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ Les fascines peuvent être très efficaces pour le maintien des sols et leur végétalisation. Elles peuvent notamment être préférées aux banquettes grillagées dans des conditions de faible activité érosive.

Site n°7 (St Laurent en Beaumont) : plantations en plein, sur versant (alluvions), 1980

L'érosion est globalement maîtrisée.

Les plants ont bien repris mais le recouvrement végétal est faible.

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ La plantation en plein peut permettre une végétalisation ponctuelle et lente de terrains érodés.

Site n°8 (Roissard) : bouturage simple de saule, sur niche d'érosion (marnes), 1998

L'érosion n'est pas complètement maîtrisée. Elle se manifeste sous la forme de rigoles plus ou moins marquées mais actives.

Les boutures ont bien repris mais le recouvrement végétal est relativement faible, le nombre de boutures mises en place n'ayant pas été important.

→ Note : 2 : érosion de rigoles.

➔ Le bouturage simple s'apparente à une plantation dans le sens où il n'a pas permis d'utiliser les avantages que peut présenter le bouturage en termes de vitesse de recouvrement d'une zone érodée par une couverture végétale. De plus, il ne permet pas une stabilisation des sols suffisante lorsque l'érosion concentrée est déclarée (rigoles ou ravines).

Site n°9 (Roissard) : fascines de saule, sur ravine (marnes), 2000

On observe une bonne reprise des boutures des fascines. En fait, ce sont essentiellement les pieux des fascines qui ont repris (95 % de taux de reprise), même ceux dont les diamètres atteignent 10 cm. Les boutures des fagots ont également bien repris car ces derniers étaient bien enterrés. Toutefois, l'impact de leur reprise est beaucoup moins important que celui des pieux dans la couverture végétale totale observée aujourd'hui.

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ On observe une bonne efficacité des fascines pour stabiliser les sols et permettre l'installation d'une couverture végétale. L'emploi de boutures pour les pieux est judicieux et il ne faut pas hésiter à utiliser des boutures de diamètre important.

Site n°10 (Roissard) : bouturage simple de saule, sur ravine (marnes), 2000

L'érosion est bien maîtrisée.

La reprise des boutures est de 100 %. La couverture végétale obtenue reste cependant faible, les boutures ayant été espacées d'un mètre en moyenne.

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ Le bouturage simple ne permet pas une colonisation rapide et efficace des sols. Toutefois, il peut être utilisé en alternative à une plantation en raison de son moindre coût.

Site n°11 (Pellafol) : banquettes grillagées + plantations, sur versant (alluvions), 1990

L'érosion est bien maîtrisée.

Les banquettes grillagées sont bien en place. Elles permettent une stabilisation efficace du sol et favorisent ainsi le bon développement des plants.

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ Les banquettes grillagées sont efficaces pour la stabilisation des sols.

Site n°12 (Tréminis) : banquettes grillagées + plantations, sur versant (marno-calcaires), 1991

L'érosion semble bien maîtrisée.

Les banquettes grillagées sont en bon état. On observe simplement quelques déchaussements de banquettes en bordure de versant, au niveau de berges de ravines. Les plants montrent de bonnes reprises mais ne donnent qu'une faible couverture végétale

→ Note : **1** : présence de zones non végétalisées mais sans érosion observée.

➔ Les banquettes grillagées sont efficaces pour la stabilisation des sols. Il faut cependant veiller à ce que leurs extrémités soient ancrées dans des terrains stables. L'utilisation de plants ne permet pas une colonisation rapide des sols.

3.3. Fiches techniques et recommandations d'utilisation des ouvrages

Pour chaque ouvrage de génie biologique utilisé en correction torrentielle, nous indiquons des éléments descriptifs et techniques, ainsi que les principales recommandations issues de la présente étude.

3.3.1. BOUTURAGE SIMPLE

Descriptif

Le bouturage simple consiste à mettre en terre des boutures, isolément ou en groupes, qui rejetteront au contact de la terre pour former un nouveau buisson ou un nouvel arbuste (photo 7).

Photo 7 : Bouturage simple



Technique

Les boutures ont une longueur allant de 0,5 à 1 m. Elles sont enfoncées verticalement ou obliquement. On place 2 à 5 pièces/m².

Pour implanter les boutures, on peut :

- soit creuser un trou avec une barre à mine et y enfoncer les boutures,
- soit enfoncer directement les boutures au coup de pioche.

Les boutures doivent être enfoncées aux ¾ de leur longueur, gros bout en bas.

On peut éventuellement couper l'extrémité des boutures situées à l'air libre si elles sont abîmées. On tasse alors la terre autour des boutures, afin de bien mettre le tout en contact.

Recommandations

Le bouturage simple peut être utilisé efficacement comme une alternative à la plantation, car l'opération de mise en terre de boutures est nettement moins onéreuse qu'une plantation.
Le bouturage simple ne permet cependant pas de tirer réellement profit des avantages que présente habituellement le bouturage, à savoir une colonisation rapide et large des terrains érodés. Son utilisation doit donc être envisagée uniquement comme une opération ponctuelle de végétalisation, mais pas comme une opération de stabilisation des sols.

3.3.2. CORDONS DE BOUTURES

Descriptif

Les cordons de boutures sont des rangées de boutures, disposées en courbe de niveau, environ tous les 3 m sur la pente, et formant de petites haies continues ou discontinues (photo 8). On parlera ainsi de *cordons* si les boutures sont très rapprochées, et de simple *bouturage* dans le cas où les boutures sont mises en terre individuellement. Dans le cas des cordons, les boutures ont une longueur allant de 0,5 à 1 m. Cette technique est réputée simple, rapide et économique, les ouvrages étant durables car résistants à l'ensevelissement.

Photo 8 : Cordons de boutures



Technique

Le travail s'effectue de l'aval vers l'amont, en-dehors de la période de végétation.

On peut installer les boutures en pleine pente, ou bien réaliser un réseau de banquettes : on creuse alors une berme de 0,50 à 1 m de largeur, inclinée de 10 % vers l'intérieur.

Les boutures sont généralement disposées verticalement ou obliquement, pour une meilleure rétention des matériaux à l'amont (Figure 2). Mais elles peuvent également être disposées horizontalement sur les bermes.

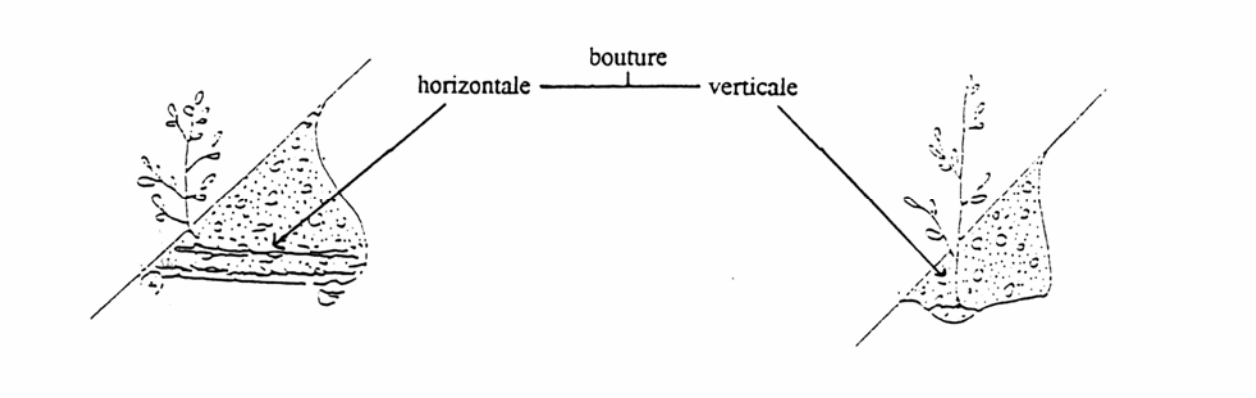


Figure 2 : Cordons de boutures horizontales et verticales (Zuffi, 1989, modifié)

La densité de boutures à installer est variable : on peut implanter 5 à 15 boutures par trou, avec un trou tous les mètres.

Pour implanter les boutures, on peut :

- soit creuser un trou avec une barre à mine et y enfoncer les boutures,
- soit enfoncer directement les boutures au coup de pioche.

Les boutures doivent être enfoncées aux ¾ de leur longueur, gros bout en bas.

On peut éventuellement couper l'extrémité des boutures situées à l'air libre si elles sont abîmées. On tasse alors la terre autour des boutures, afin de bien mettre le tout en contact. Si des banquettes ont été creusées, les remblayer avec la terre de la banquette supérieure.

Cette technique est simple, rapide et économique. Le matériel peut être prélevé à proximité des torrents, ne nécessitant pas de recours auprès de pépiniéristes. Les ouvrages sont durables, car ils sont résistants à l'ensevelissement. De plus, cette technique est applicable aux fortes pentes.

Elle nécessite cependant de trouver beaucoup de matériel végétal, et son application est difficile sur les terrains durs et trop secs.

Les coûts sont relativement faibles ; ils varient avec l'accessibilité du site et la possibilité ou non de trouver du matériel végétal sur place. On peut donner un coût moyen HT de 20 €/m.l.

<u>Recommandations</u>

Les cordons permettent de fixer les terrains grâce aux rejets des boutures qui s'ancrent aux sols, et ils provoquent un atterrissement des matériaux à l'amont, diminuant ainsi la pente d'équilibre. Ils peuvent être utilisés à la fois pour la stabilisation et pour la végétalisation des versants, sur des pentes très fortes et instables.

3.3.3. FASCINES

Descriptif

Les fascines sont de petites barrières constituées de pieux, vivants ou morts, derrière lesquels des boutures sont empilées sous forme de fagots (photo 9). Ces ouvrages sont disposés en courbe de niveau. Leur hauteur peut aller jusqu'à 50 cm.

Photo 9 : Fascine



Technique :

On procède toujours de l'aval vers l'amont, en période de repos végétatif.

On peut éventuellement établir un réseau de banquettes pour l'implantation des ouvrages. Ces banquettes doivent être horizontales et larges de 50 cm. Elles sont disposées tous les 2 à 6 m suivant la pente. La terre déblayée servira de remblai pour la berme située à l'amont.

Les piquets peuvent être des boutures ou bien du bois inerte mais dur (chêne, robinier, mélèze...), d'un diamètre supérieur à 5 cm et de longueur comprise entre 1 et 1,5 m. Ils sont taillés en biseau à une des extrémités (base de la bouture dans le sens de la sève montante). Ils sont soit disposés dans des trous creusés à la barre à mine, soit plantés au coup de masse, tous les 0,5 à 1 mètre, par la face taillée en biseau, par enfoncement d'environ 50 cm.

Les boutures ont des longueurs et des diamètres variables : plus les dimensions sont importantes, meilleurs seront les résultats.

Pour les fagots, les boutures sont liées ensemble avec de la corde, environ tous les mètres, de façon à obtenir des fagots de 20 à 40 cm de diamètre et de 2 à 4 m de longueur. 3 à 5 fagots sont disposés contre les piquets, et la base des boutures est enfoncée dans le talus (figure 3).

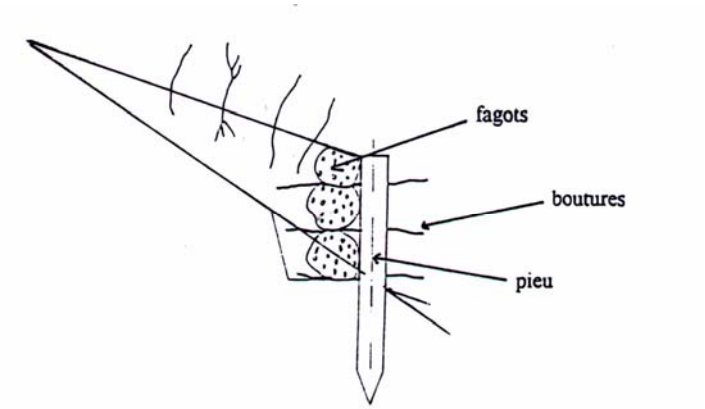


Figure 3 : Détail d'une fascine

Les boutures doivent se recouper nettement sur une même rangée au niveau des raccords, au moins de 50 cm. On peut également implanter des petites boutures supplémentaires à travers les branches, et fixer les branchages aux pieux avec de la corde. On atterrit alors l'ouvrage de manière à ce que les branches soient en contact avec le sol (pour la reprise et contre le dessèchement).

Les coûts moyens sont de 40 €/m.l. Ces coûts sont à multiplier par deux si les conditions d'accès au site sont difficiles (par exemple si l'on a recours à de l'héliportage).

Recommandations

Les fascines peuvent être utilisées principalement de deux manières : installées sur les versants et les berges, perpendiculairement à la pente, elles permettent de lutter contre l'érosion de versant ; disposées transversalement dans le lit même des torrents, elles jouent le rôle de seuils, pour une lutte contre l'érosion concentrée. D'une manière générale, elles permettent de stabiliser les sols grâce à l'enracinement des boutures et de retenir les sédiments érodés, les pieux assurant la solidité et l'ancrage de l'ouvrage au sol. L'utilisation de boutures pour les pieux doit être envisagée quand cela est techniquement possible. Les principaux avantages pour cette technique sont la rigidité, la durabilité et la pérennité de l'ouvrage.

3.3.4. PLANTATION EN PLEIN

Descriptif

La plantation est la mise en terre d'un plant, avec son système racinaire, dans une simple fente ou un potet (photo 10). La densité de plantation est très variable et est fonction notamment des exigences de l'espèce plantée : la fourchette va généralement de 1 000 à 5 000 plants/ha. Les plants sont installés directement sur le sol, soit sur de simples banquettes terrassées, soit sans remodeler la topographie.

Photo 10 : Plantation en plein



Technique

La plantation peut s'effectuer en potet ou en fente.

La plantation en potets

Un potet (ou trou de plantation) est une petite fosse de 25-30 cm de profondeur destinée à accueillir un plant pour un reboisement. Sa forme est fonction de la nature du terrain et des outils utilisés pour le creuser (pioche, bêche, pic ou pelle). La plantation en potet est adaptée et économique : il faut tailler les racines, éviter le dessèchement des radicelles (opérer à l'ombre), planter et placer des pierres autour du plant pour stocker la chaleur et retenir l'humidité.

La technique est la suivante :

- les potets sont ouverts souvent plusieurs mois avant la plantation (laisser passer un hiver), afin de favoriser l'amélioration du sol dans le potet. Ils doivent être creusés sur les emplacements les plus favorables : endroits plats et protégés ; sur pente, le potet sera oblique et le plant aussi ; le creusement d'un potet prend entre 2 et 4 minutes, soit un rendement de 120 à 240 potets/j (ne pas utiliser de barre à mine (compactage du sol et imperméabilisation au passage des racines) ;
- le plant est planté avec son pot, le fond de celui-ci devant être bien en contact avec la terre au fond du potet ;
- les 2 planteurs (différents de celui qui creuse les potets) doivent l'un veiller à ce que le plant soit bien positionné dans le potet et que les racines soient bien étalées, l'autre replacer progressivement (en 3 phases, la meilleure terre étant placée au contact des racines) et bien tasser la terre autour du plant, en laissant un léger bombement recouvrant la partie basse du collet ; les pierres du sol, ou des mottes de gazon retournées, seront disposées en surface (protection thermique du sol) ; si possible, arroser le jeune plant ; la plantation d'un plant prend 5 minutes à un planteur isolé, 2 minutes à une équipe de deux ; le rendement est de 70 à 80 potets/j.

Cette technique présente les avantages de permettre une revégétalisation sur des sols stériles, superficiels et secs, généralement sur inter-banquettes (densités : 2 500 à 5 000 plants/ha).

On distingue :

- *le potet semi-travaillé* :

  - ameublissement du sol (durs) par un potet de 0,20 m3 à 0,30 m3 ;
  - plantation au coup de pioche ;
  - rendement : 300 plants/j/o ; coûts : 0,25 €/potet ;

- *le potet travaillé* :

  - creusement à la pioche d'un trou de 0,20 m3 à 0,30 m3 que l'on vide de sa terre ; mise en place du plant ; recouvrement de terre et tassement ;
  - rendement : 150 plants/j/o ; coûts : 0,75 €/potet ;

- *le potet à l'explosif* :

  - creusement d'un trou à la barre de mine à 1 m - 1,50 m dans le sol, puis on place une charge d'explosif type agricole que l'on fait sauter : on obtient alors un cône de sol ameubli sur un diamètre au sol de 1,50 à 2 m ; on plante alors au coup de pioche ;
  - coûts : > 1,5 € ; résultats moyens.

La plantation en fente

Les plantations en fente ou en T ne sont pas utilisables en altitude (inadaptées aux exigences physiologiques et mécaniques des plants).
On creuse une simple fente dans le sol, avec un outil tranchant (pioche, bêche) dont on remue le manche pour ouvrir la fente. Le terrain doit être meuble, et les plants conditionnés en conteneurs. La technique de plantation est la même que précédemment, ou nécessite l'utilisation d'un plantoir. Le rendement est de 500 à 700 plants/j/o.

Cette technique est rapide et simple, et permet une bonne alimentation du plant en eau par remontées capillaires. Toutefois, les racines sont mal étalées et compressées, il n'y a pas d'élimination de la végétation adventice, et pas de mélange de la terre ; elle est adaptée pour les systèmes racinaires peu volumineux.

Recommandations

La plantation en plein permet d'envisager l'installation d'une couverture végétale efficace à long terme, surtout lorsqu'il s'agit de plants forestiers. Cette garantie de protection à long terme n'est pas toujours assurée par les espèces utilisées en bouturage. La plantation reste donc une technique de génie écologique à utiliser, notamment en complément de techniques de bouturage.
Cependant, elle présente l'inconvénient de la lenteur de développement des plants, avant que ceux-ci ne jouent un rôle important de protection des sols. Le bouturage permet quant à lui une colonisation rapide et importante du sol. De plus, pour que la plantation soit efficace, il faut que les sols soient déjà relativement bien stabilisés, afin que les plants ne soient pas déchaussés.

3.3.5. BANQUETTES GRILLAGÉES + PLANTATIONS

Descriptif :

Une banquette grillagée est un soutènement léger de 40 à 50 cm de hauteur, avec alignement de jambes de force verticales haubanées sur lesquelles est appuyé un grillage métallique de soutien (doublé éventuellement d'un grillage de rétention à mailles fines), replié vers l'amont à la base pour former un bas-volet (photo 11).

Photo 11 : Banquettes grillagées



Technique :

On ouvre une terrasse en courbe de niveau, sur 40 à 60 cm de largeur. On place des jambes de force à la masse sur 40 cm, espacées de 50 cm. On place dles piquets d'ancrage à la masse, un pour 2 ou 3 jambes de force, de 50 cm à 1 m en retrait de l'ouvrage, inclinés de 50 cm vers l'amont. On place un grillage de soutien puis un grillage de rétention, en les déroulant et en les fixant aux jambes de force avec du fil de fer, sans oublier de les replier vers l'amont à la base pour former un bas-volet. On fixe des haubans doubles à la base et au sommet de chaque jambe de force, pas trop tendus.

La plantation s'effectue sur les banquettes au coup de pioche ou par potets. Les plants sont placés au centre de la banquette, en une ligne continue ; la densité est variable, jusqu'à 5 plants par mètre linéaire. On peut également végétaliser les inter-banquettes ou le pied des banquettes.

Recommandations

Les banquettes sont adaptées à la correction des terrains instables en forte pente. Elles permettent en général une très bonne stabilisation des sols. Si possible, on doit corriger une ravine sur toute son étendue, c'est-à-dire jusqu'aux crêtes sur les bordures. Ces remarques sont d'autant plus valables si les terrains en bordure des zones érodées sont stables et végétalisés. Si tel est le cas, il faut établir une continuité de la correction en courbe de niveau, de façon à créer des points d'appui latéraux stables pour les ouvrages de correction. Les plantations sont nécessaires pour envisager une certaine pérennité de la protection contre l'érosion, mais le développement des plants reste souvent lent.
Toutefois, la composition des banquettes grillagées en matériaux inertes ne permet pas réellement d'envisager une pérennité de l'ouvrage. Ainsi, les ouvrages tels que les fascines peuvent être plus efficaces, au vu de leur composition en matériaux vivants. L'ancrage de l'ouvrage grâce aux systèmes racinaires peut en effet augmenter sa stabilisation. La banquette grillagée présente cependant l'avantage, par rapport aux fascines, d'être plus résistante aux contraintes, en particulier l'année de son installation, de par la présence du hauban. Le choix d'utilisation d'une banquette grillagée ou d'une fascine devra donc se faire en fonction de l'importance des contraintes érosives : si on juge qu'une fascine pourra résister à ces contraintes le temps que les développements racinaires aient lieu, on pourra la préférer aux banquettes. Dans le cas contraire, le choix se portera sur la banquette.

4. CONCLUSION

Cette étude a permis de réaliser une synthèse des travaux de génie écologique contre l'érosion réalisés dans le département de l'Isère. Elle a débouché sur un rapport présentant les différentes techniques utilisées en correction torrentielle, leur efficacité constatée et des recommandations d'utilisation. En complément d'autres ouvrages de référence, on dispose ainsi d'un bilan complet des réalisations de génie écologique contre l'érosion en Isère.

Ce projet constitue une première approche pour le programme plus global de rédaction d'un guide français de génie écologique contre l'érosion, avec une synthèse à venir des travaux réalisés à l'échelle nationale. La rédaction du guide est l'occasion de réaliser une synthèse des connaissances scientifiques dans le domaine étudié, aussi bien nationale qu'internationale. Il constituera, accompagné du CD-ROM interactif, un outil d'aide à la décision pour tous les chantiers de réhabilitation écologique de sites dégradés.

Plusieurs sites sélectionnés pourront faire l'objet de suivis expérimentaux poussés, notamment sur l'efficacité durable de la protection contre l'érosion assurée par la végétation, sur la dynamique de cette végétation en lien avec la dynamique érosive, ainsi que sur les opérations d'entretien nécessaires.

L'ensemble des sites étudiés pourra servir de support pratique lors de sessions de formation ou de monitorat régulièrement organisées auprès des services susceptibles d'utiliser ces techniques.

BIBLIOGRAPHIE

Dinger F., Ballan N. 2000. L'utilisation des géotextiles biodégradables en protection des sols contre l'érosion. Typologie des espaces érodés pour l'aide à la décision. Grenoble : Cemagref, 37 p.

Goetgheber M., Jund M. (coordination). 2003. Retour d'expérience des travaux réalisés en techniques végétales sur les cours d'eau français. Agences de l'eau, 4 fascicules.

Gray D.H., Sotir R.B. 1996. Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization : a practical guide for erosion control. New York (USA) : John Wiley & Sons, Inc., 378 p.

Lachat B. 1994. Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. Paris : Ministère de l'Environnement, DIREN Rhône-Alpes, 135 p.

Pénelon L., Dinger F., Rey F., Falcy J.P. 2003. Végétalisation des talus routiers en Isère. Grenoble : Cemagref et Conseil Général de l'Isère, CD-ROM.

Schiechtl H.M., Stern R. 1996. Ground bioengineering techniques for slope protection and erosion control. Oxford (UK) : Blackwell Science, 146 p.

Schiechtl H.M., Stern R. 1997. Water bioengineering techniques for watercourse bank and shoreline protection. Oxford (UK) : Blackwell Science, 186 p.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

pages

FIGURES

Figure 1 : Etat de l'art et lacunes concernant le recensement d'ouvrages et l'existence de guides d'utilisation du génie biologique pour la maîtrise de l'érosion 5
Figure 2 : Cordons de boutures horizontales et verticales 16
Figure 3 : Détail d'une fascine 18

TABLEAUX

Tableau 1 : Sites de réalisation de travaux de génie écologique contre l'érosion dans le département de l'Isère 7

PHOTOS

Photo 1 : Le torrent de l'Ebron 3
Photo 2 : Bouturage simple 8
Photo 3 : Cordons de boutures 8
Photo 4 : Fascine 8
Photo 5 : Plantation en plein 9
Photo 6 : Banquettes grillagées 9
Photo 7 : Bouturage simple 13
Photo 8 : Cordons de boutures 15
Photo 9 : Fascine 17
Photo 10 : Plantation en plein 19
Photo 11 : Banquettes grillagées 22