

LES ETUDES DES AGENCES DE L'EAU



**RETOUR D'EXPERIENCE DES TRAVAUX REALISES
EN TECHNIQUES VEGETALES
SUR LES COURS D'EAU FRANCAIS**

GUIDE TECHNIQUE

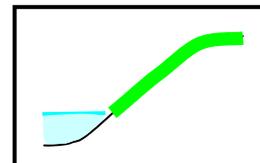
FICHES TECHNIQUES

- Fiche n° 1 : Ensemencement**
- Fiche n° 2 : Plantations**
- Fiche n° 3 : Bouturage**
- Fiche n° 4 : Tressage**
- Fiche n° 5 : Fascine de saule**
- Fiche n° 6 : Fascine d'hélophytes**
- Fiche n° 7 : Lits de plants et plançons ou Lits de branches**
- Fiche n° 8 : Boudins végétalisés**
- Fiche n° 9 : Caisson végétalisé**
- Fiche n° 10 : Couches de branches ou Tapis de branches**
- Fiche n° 11 : Peigne**
- Fiche n° 12 : Enrochement (ouvrage complémentaire aux techniques végétales)**

1. ENSEMENCEMENT

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|---|---|
| 2. Plantation | 8. Boudin végétalisé |
| 3. Bouturage | 9. Caisson végétalisé |
| 4. Tressage | 10. Couches de branches
ou tapis de branches |
| 5. Fascine de saules | 11. Peigne |
| 6. Fascine d'hélophytes | 12. Enrochements |
| 7. Lit de plants et plançons
ou lits de branches | |



Utilisation simple
du végétal

Description

L'ensemencement est une technique de stabilisation en surface de l'ensemble de la berge, par dispersion de graines d'espèces herbacées, réalisée manuellement ou hydrauliquement.

Cette technique est surtout utilisée pour limiter l'érosion superficielle notamment par ravinement. Elle permet également de limiter le développement spontané d'essences indésirables. En général, l'ensemencement est une mesure d'accompagnement d'autres techniques, destinée à assurer une protection rapide et à court terme, avant que la végétation ligneuse soit pleinement développée. Mais dans des endroits peu sollicités par les contraintes érosives, un ensemencement peut constituer un aménagement à part entière.

Remarque

L'ensemencement est souvent associé à la pose d'un géotextile biodégradable sur des berges terrassées, de manière à limiter l'érosion superficielle avant le développement complet des herbacées.

Domaines d'application et Recommandations

- Technique de stabilisation rapide et efficace sur des cours d'eau à faibles contraintes érosives.
- Presque toujours utilisé comme mesure d'accompagnement à une ou plusieurs autres techniques. Destiné à améliorer et compléter l'efficacité générale de la protection de berge.
- L'ensemencement permet le maintien d'un milieu ouvert ou semi-ouvert.
- Préconisé pour limiter le développement d'espèces indésirables (renouées, orties, balsamines, ronces, etc.) ou d'espèces herbacées à développement vertical important susceptible de trop concurrencer des plantations par exemple.

- Technique de végétalisation pouvant être réalisée toute l'année, toutefois on évitera généralement sous nos latitudes les mois de juillet et août.

Mise en œuvre

- L'ensemencement sur la berge est réalisé soit manuellement, soit par projection hydraulique selon des densités variant généralement de 10 à 30 g/m². Si nécessaire, reprofiler la berge et décompacter le sol avant l'ensemencement.
- L'ensemencement à sec est généralement plus lent à lever et son adhérence au sol moins bonne. De ce fait, il doit être uniquement réalisé dans des périodes très favorables pour lesquelles la germination des graines sera rapide (on limitera de ce fait les pertes par ravinement des eaux).

Choix des mélanges

- Le mélange grainier, souvent essentiellement composé de graminées, doit néanmoins comporter une proportion de 3 à 10% de légumineuses surtout lorsqu'un effet stabilisateur important est attendu. Les graminées et les légumineuses présentent une excellente complémentarité au niveau de l'utilisation de l'espace aérien et souterrain. Les mélanges comportant une part de légumineuses présentent une meilleure tolérance face à la sécheresse.
- Le mélange grainier doit comporter une grande diversité d'espèces (variation des besoins physiologiques entre les espèces), compte tenu que les conditions de croissance sont souvent hétérogènes sur une berge (variation de l'approvisionnement hydrique entre le sommet et le pied de berge par exemple). Une couverture herbeuse diversifiée présente également une valeur écologique supérieure.
- Les espèces suivantes sont particulièrement intéressantes pour les berges de cours d'eau :

<u>Graminées</u> :	<i>Agrostis stolonifera</i>
	<i>Deschampsia caespitosa</i>
	<i>Festuca arundinacea</i>
	<i>Festuca rubra</i>
	<i>Lolium perenne</i>
	<i>Phalaris arundinacea</i>
	<i>Phleum pratense</i>
	<i>Poa trivialis</i>
<u>Légumineuses</u> :	<i>Lotus corniculatus</i>
	<i>Medicago lupulina</i>
	<i>Trifolium repens</i>

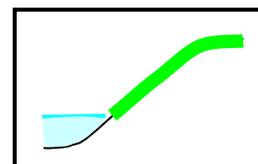
Prix moyen au m² (fourniture et mise en place)

0.50 - 1.50 €HT/m²

2. PLANTATION

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|---|---|
| 1. Ensemencement | 8. Boudin végétalisé |
| 3. Bouturage | 9. Caisson végétalisé |
| 4. Tressage | 10. Couches de branches
ou tapis de branches |
| 5. Fascine de saules | 11. Peigne |
| 6. Fascine d'hélophytes | 12. Enrochements |
| 7. Lit de plants et plançons
ou lits de branches | |



Utilisation simple
du végétal

Description

La plantation est une technique simple de protection de la berge par la mise en terre de végétaux enracinés.

En général, cette technique est appliquée pour des espèces ligneuses ou des plantes hélophytes, en accompagnement d'autres techniques.

Remarque La plantation de végétaux ligneux sur une berge érodée nécessite dans de nombreux cas un reprofilage de la berge et des mesures complémentaires de protection (ensemencement, ouvrage de protection, géotextile biodégradable, etc.).

Domaines d'application et Recommandations

- Technique de stabilisation lente pour les espèces ligneuses, mais rapide pour les végétaux hélophytes (limités au pied de berge). Adaptée à des cours d'eau à faibles contraintes érosives.
- De même que l'ensemencement, la plantation est surtout utilisée en association avec d'autres techniques, de manière à améliorer et compléter l'efficacité générale de la protection de berge et à reconstituer un cordon boisé complet.
- Permet d'apporter ou de compléter la diversité des espèces végétales en complément d'ouvrages à base de saules (fascine, tressage, tapis de branches, etc.).

Choix des espèces

Les espèces suivantes sont particulièrement adaptées aux berges de cours d'eau. Elles constituent une liste de base (non exhaustive) qui est destinée à être adaptée et complétée en fonction des particularités propres à chaque cours d'eau et à chaque situation. Il est nécessaire de respecter l'ordre naturel des successions végétales sur la berge, la distribution géographique et spatiale de chaque espèce, les besoins physiologiques de chaque espèce, etc.

Le choix des espèces doit se faire parmi les essences autochtones (régions, types de substrat, altitude, etc.). Les espèces exotiques et ornementales sont à exclure, de même que les résineux, les acacias et les peupliers de culture.

	Nom commun	Nom latin	Bas de berge	Mi-berge	Sommet de berge
ARBRES	Erable champêtre	<i>Acer campestre</i>			X
	Erable sycomore	<i>Acer pseudoplatanus</i>			X
	Aulne noir	<i>Alnus glutinosa</i>	X	X	
	Frêne	<i>Fraxinus excelsior</i>		X	X
	Merisier	<i>Prunus avium</i>			X
	Pommier sauvage	<i>Pyrus malus</i>		X	X
	Saule blanc	<i>Salix alba</i>	X	X	X
	Saule fragile	<i>Salix fragilis</i>	X	X	
	Tilleul à grandes feuilles	<i>Tilia platyphyllos</i>			X
ARBUSTES	Cornouiller sanguin	<i>Cornus sanguinea</i>		X	X
	Noisetier	<i>Corylus avellana</i>		X	X
	Aubépine épineuse	<i>Crataegus monogyna</i>			X
	Fusain d'Europe	<i>Evonymus europaeus</i>	X	X	X
	Troène	<i>Ligustrum vulgare</i>		X	X
	Merisier à grappes	<i>Prunus padus</i>	X	X	
	Saule pourpre	<i>Salix purpurea</i>	X	X	X
	Saule amandier	<i>Salix triandra</i>	X	X	
	Saule des vanniers	<i>Salix viminalis</i>	X	X	
	Sureau noir	<i>Sambucus nigra</i>		X	X
	Viorne lantane	<i>Viburnum lantana</i>		X	X
	Viorne obier	<i>Viburnum opulus</i>	X	X	X
HELOPHYTES	Laîches	<i>Carex spp.</i>	X		
	Joncs	<i>Juncus spp.</i>	X		
	Grande glycérie	<i>Glyceria maxima</i>	X		
	Iris jaune	<i>Iris pseudoacorus</i>	X		
	Baldingère	<i>Phalaris arundinacea</i>	X		
	Acore	<i>Acorus calamus</i>	X		
	Rubaniers	<i>Sparganium spp.</i>	X		
	Salicaire	<i>Lythrum salicaria</i>	X		
	Roseau	<i>Phragmites australis</i>	X		
	Lysimaque	<i>Lysimachia vulgaris</i>	X		

Qualité des plants

Il est recommandé d'utiliser des végétaux à racines nues plutôt qu'en pots, godets ou conteneurs, pour éviter les situations de stress au niveau des racines lorsque les plants sont installés dans un nouveau substrat. La qualité des végétaux la plus souvent utilisée est les jeunes plants.

Mise en œuvre

- Creuser un trou plus ou moins important selon le volume racinaire du sujet à planter. Les racines de la plante ne doivent pas être comprimées dans le trou de plantation. Tailler éventuellement le bout des racines tout en conservant le chevelu racinaire.
- Placer la plante dans le trou de manière à ce que le collet (limite entre la partie aérienne et le réseau racinaire) soit juste au niveau de la surface.
- Remblayer le trou de plantation et bien tasser afin d'éviter tout vide pour garantir une bonne reprise.
- Arroser après la plantation.

Remarque Les baliveaux supérieurs à 150 cm doivent être tuteurés.

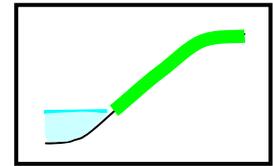
Les végétaux plantés dans des zones à forte pression animale (cervidés, bovins, rats, ...) doivent être protégés (protection individuelle, clôture, ...).

Prix moyen plantation ligneuse (fourniture et mise en place) 6 €HT/u
plantation hélophyte (fourniture et mise en place) 3 €HT/u

3. BOUTURAGE

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|---|---|
| 1. Ensemencement | 8. Boudin végétalisé |
| 2. Plantation | 9. Caisson végétalisé |
| 4. Tressage | 10. Couches de branches
ou tapis de branches |
| 5. Fascine de saules | 11. Peigne |
| 6. Fascine d'hélophytes | 12. Enrochements |
| 7. Lit de plants et plançons
ou lits de branches | |



Utilisation simple du végétal

Description

Le bouturage est une technique simple de protection de la berge qui consiste à reproduire une plante à partir d'un segment de branche mis en terre, appelé bouture.

Cette technique utilise la capacité qu'ont certains végétaux (principalement les saules) de développer des racines adventives à partir d'un morceau de branche séparé de la plante mère.

Le bouturage constitue une technique économique et simple pour la stabilisation des berges de cours d'eau.

Remarque Le bouturage peut également avantageusement être suivi après 1 à 3 années de développement, d'un marcottage qui permet de densifier et renforcer la stabilisation de la berge.

Domaines d'application et Recommandations

- Technique adaptée à des berges peu soumises à l'érosion.
- Permet une revégétalisation rapide des berges, mais nécessite de bonnes conditions hydriques du sol (implantation des boutures souvent limitée au bas de la berge).
- La mise en place de boutures à travers un géotextile biodégradable est possible sans découpe préalable, par écartement des mailles, contrairement aux travaux de plantation.

Choix des espèces

D'une manière générale, les saules à feuilles allongées seront préférés, parce qu'ils présentent une capacité de reprise supérieure aux espèces à feuilles larges. Le choix des essences doit tenir compte des facteurs stationnels et des exigences propres à chaque espèce.

Principales espèces de saules préconisées pour le bouturage

Espèces à développement buissonnant et arbustif (pied de berge)	Saule pourpre	<i>Salix purpurea</i>
	Saule à trois étamines	<i>Salix triandra</i>
	Saule des vanniers	<i>Salix viminalis</i>
Espèces à développement arborescent (haut de berge)	Saule blanc	<i>Salix alba</i>
	Saule fragile	<i>Salix fragilis</i>
	Saule hybride (<i>blanc fragile</i>)	<i>Salix rubens</i>
	Saule blanc à bois jaune	<i>Salix alba vitellina</i>

Cette liste est non exhaustive et doit être adaptée et complétée pour chaque cours d'eau et pour chaque situation.

Mise en œuvre

- L'extrémité de la bouture (longueur 60 à 100 cm, diamètre 2 à 5 cm) destinée à être mise en terre est taillée en biseau. La polarité de la tige doit être respectée.
- En terrain meuble (par exemple remblais), la bouture est directement battue dans le sol, perpendiculairement à la pente.
- En terrain dur, il est nécessaire d'effectuer préalablement un trou, avant de battre la bouture. On veillera à ce que l'outil utilisé pour faire le trou soit d'un diamètre légèrement inférieur au diamètre moyen des boutures, afin que ces dernières ne « flottent » pas dans le sol.
- La bouture est enfoncée au $\frac{3}{4}$ de sa longueur.
- Une fois la bouture enfoncée, son extrémité, abîmée par le battage, est sectionnée.
- Tassement éventuel autour de la bouture, en terrain meuble.
- Arrosage, surtout si les boutures ont été effectuées en fin d'hiver (et pour faciliter le tassement).
- La densité de plantation peut varier de 1 à 5 pièces par m² selon la fonction stabilisatrice recherchée.

Remarque

Dans le cas de la présence d'herbacées vivaces (orties, ...), un travail du sol est nécessaire pour éliminer la strate racinaire.

Exemple de réalisation

Repousse d'une bouture de *Salix purpurea*



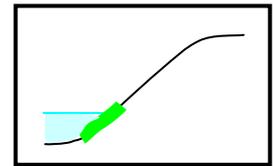
Prix moyen par bouture (fourniture et mise en place)

1.5 €HT/u

4. TRESSAGE

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|--|--|
| 1. Ensemencement | 8. Boudin végétalisé |
| 2. Plantation | 10. Couches de branches ou tapis de branches |
| 3. Bouturage | 11. Peigne |
| 7. Lit de plants et plançons ou lits de branches | |

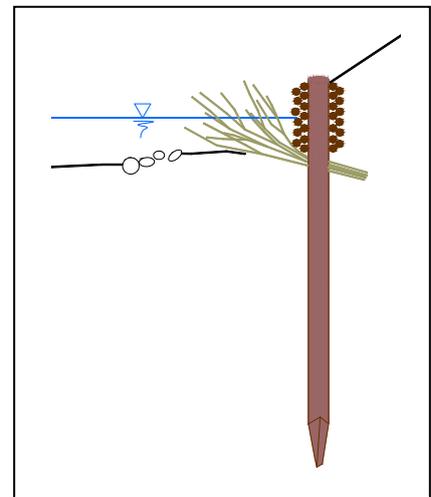


Ouvrage de construction

Description

Le tressage est une protection du pied de berge de faible hauteur (maximum 35 cm), réalisée avec des branches de saules vivantes entrelacées autour de pieux battus mécaniquement.

C'est une technique efficace, qui apporte une protection mécanique immédiate, capable de résister à de fortes contraintes hydrauliques.



Domaines d'application et Recommandations

- Technique particulièrement adaptée aux petits cours d'eau du fait de sa grande souplesse dans la mise en œuvre qui permet une très bonne adaptation aux variations du terrain.
- Sur des cours d'eau érosifs, il est recommandé de combiner cette technique avec un lit de branches anti-affouillement placé sous le tressage et perpendiculairement au sens d'écoulement des eaux.
- Technique relativement facile à mettre en œuvre, plus rapide et moins onéreuse que la fascine de saules.
- Le tressage nécessite une combinaison avec d'autres techniques pour la protection du haut de la berge.

Remarque

Cette technique peut aussi dans certains rares cas être utilisée pour la stabilisation de l'ensemble de la berge, par applications successives sur le talus (disposition en escaliers).

Mise en œuvre

- Enfoncer, par battage mécanique, des pieux d'une longueur ≈ 150 cm et d'un diamètre de 7 à 10 cm, espacés tous les 60 à 80 cm.
- Tresser des branches de saules vivants (longueur ≥ 200 cm, diamètre 2 à 4 cm) sur une hauteur maximale de 35 cm. L'extrémité inférieure des branches doit être enfoncée dans le substrat de pied de berge. Au fur et à mesure du tressage, les branches doivent être pressées vers le bas pour obtenir un ouvrage compact.
- Il est important de remblayer l'espace situé entre le tressage et le pied de berge avec des matériaux terreux de manière à éviter le dessèchement des branches et à favoriser leur enracinement.
- Lorsque le tressage est réalisé, battre une seconde fois les pieux puis couper leur extrémité dépassant au-dessus de l'ouvrage. Compléter la fixation éventuelle des branches aux pieux avec du fil de fer galvanisé ou de la ficelle agricole.

Exemple de réalisation



A la fin des travaux



6 mois après les travaux

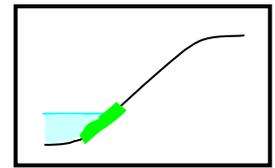
Prix moyen au ml (fourniture et mise en place)

55 €HT/ml

5. FASCINE DE SAULES

Combinaison possible avec d'autres techniques

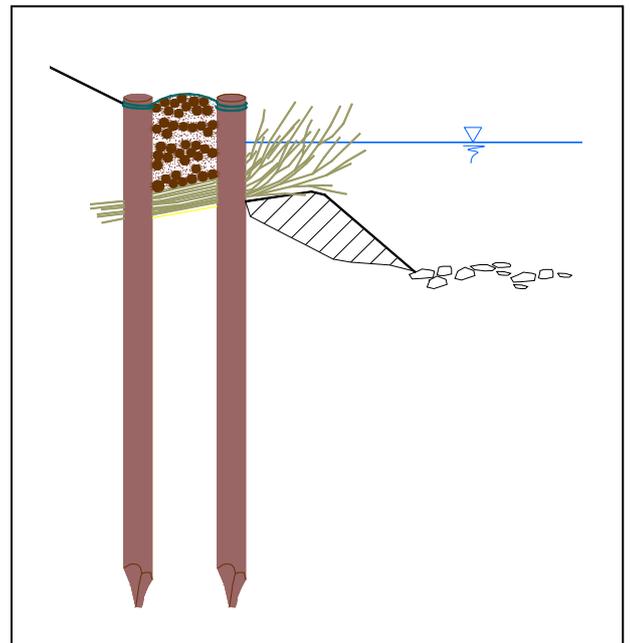
- | | |
|---|---|
| 1. Ensemencement | 8. Boudin végétalisé |
| 2. Plantation | 10. Couches de branches
ou tapis de branches |
| 3. Bouturage | 11. Peigne |
| 7. Lit de plants et plançons
ou lits de branches | |



Ouvrage de construction

Description

La fascine de saules est une protection du pied de berge réalisée avec des branches de saules vivants, assemblées en fagots et fixées par une rangée de pieux (fascine simple) ou disposées par couches successives entre deux rangées de pieux (fascine à double rangée de pieux). Cette deuxième solution sera préférée à la première, parce qu'elle apporte une protection plus efficace et garantit une meilleure reprise de la végétation. La présente fiche se limite ainsi à la fascine de saules à double rangée de pieux. Comme le tressage, c'est une technique efficace qui apporte une protection mécanique immédiate, capable de résister à de fortes contraintes hydrauliques.



Domaines d'application et Recommandations

- Technique particulièrement adaptée aux berges soumises aux affouillements de pied.
- Il est également recommandé de combiner cette technique avec un lit de branches anti-affouillement placé sous la fascine et perpendiculairement au sens d'écoulement des eaux.
- Technique plus onéreuse que le tressage et qui nécessite de grandes quantités de matière végétale (pieux et branches de saules).
- Technique à préférer au tressage, lorsque l'on ne dispose pas de branches de saules de grandes longueurs.
- Technique plus appropriée que le tressage sur de grands cours d'eau.

Mise en œuvre

- La confection de la fascine doit être précédée d'une préparation du terrain qui consiste à réaliser une petite plate-forme (léger terrassement du pied de berge) en guise d'assise à l'ouvrage.
- Enfoncez, par battage mécanique, deux rangées parallèles de pieux d'une longueur ≥ 200 cm et d'un diamètre de 10 à 15 cm, espacés tous les 80 à 100 cm. Les deux rangées de pieux doivent être distantes l'une de l'autre de 30 à 50 cm.
- Disposer et presser les branches de saules vivants (longueur ≥ 150 cm et diamètre de 1 à 4 cm) entre les deux rangées de pieux, par couches successives mélangées avec des matériaux terreux.
- Fixer les branches de saules en reliant les deux rangées de pieux à l'aide de fil de fer galvanisé.
- Battre une seconde fois les pieux pour bien compacter l'ouvrage et couper leur extrémité dépassant au-dessus de la fascine.
- Recouvrir la dernière couche de branches de saules avec une fine couche de matériaux terreux, ainsi que l'arrière de la fascine pour éviter le dessèchement des branches et favoriser leur enracinement.

Exemples de réalisation



3 mois après les travaux



2 ans après les travaux

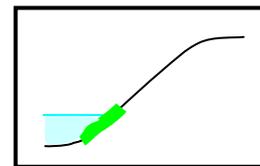
Prix moyen au ml (fourniture et mise en place)

65 €HT/ml

6. FASCINE D'HELOPHYTES

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|---|---|
| 1. Ensemencement | 8. Boudin végétalisé |
| 2. Plantation | 10. Couches de branches
ou tapis de branches |
| 3. Bouturage | 11. Peigne |
| 7. Lit de plants et plançons
ou lits de branches | |

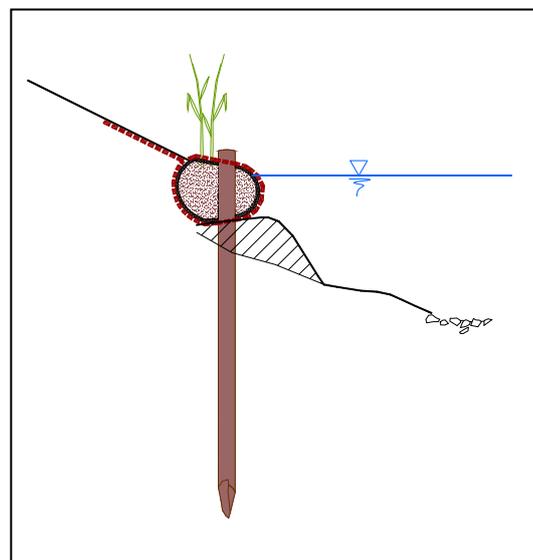


Ouvrage de construction

Description

La fascine d'hélophytes est une protection du pied de berge réalisée avec des végétaux hélophytes (semi-aquatiques) plantés dans un boudin de géotextile rempli de matériaux terreux et fixé par une ou deux rangées de pieux.

Le développement rapide de la végétation semi-humide confère un aspect fini à l'ouvrage dès la première année et garantit une protection efficace.



Domaines d'application et Recommandations

- Technique appropriée aux cours d'eau à faible pente et à faible transport solide.
- La fascine d'hélophytes constitue une alternative intéressante aux techniques de protection du pied de berge utilisant de la végétation ligneuse (tressage et fascine de saules). Elle permet de préserver un milieu ouvert (sans écran végétal) souvent recherché en milieu urbain ou canalisé.
- Cette technique, du fait d'un développement végétal limité (comparé à la végétation ligneuse), est très intéressante pour les cours d'eau à faible gabarit hydraulique (entretien limité).
- Technique particulièrement adaptée aux cours d'eau navigables soumis au batillage.

Mise en œuvre

- Avant la confection de la fascine, réaliser une petite plate-forme (léger terrassement du pied de berge) en guise d'assise à l'ouvrage.
- Disposer parallèlement au cours d'eau un treillis de coco, type H2M5, 740 g/m².
- Tapisser l'intérieur du treillis avec un feutre de coco non tissé, 1'050 g/m², épaisseur 2 cm.
- Replier le treillis de manière à former un boudin, après l'avoir rempli de matériaux terreux. Refermer le boudin et ficeler les deux couches de géotextile.
- Enfoncer mécaniquement à travers le boudin fini une rangée de pieux non vivants (diamètre 7 à 10 cm, longueur ≥ 150 cm) espacés tous les 60 à 100 cm, après avoir pris soin de découper le treillis de coco pour éviter tout risque de déchirure lors du battage des pieux.
- Attacher le boudin aux pieux avec du fil de fer galvanisé et des crampons, puis battre une seconde fois les pieux pour plaquer l'ouvrage au sol.
- Mettre en place environ 4-5 mottes par mètre linéaire de plantes hélrophytes, en faisant une légère découpe dans le treillis et le feutre de coco. Après plantation, refermer le boudin au moyen d'agrafes ou en attachant le treillis avec de la ficelle agricole.
- Remblayer éventuellement l'arrière de l'ouvrage avec des matériaux terreux.

Remarque

Il est également possible de réaliser une fascine d'hélrophytes avec une double rangée de pieux. Cette variante est un peu plus onéreuse, mais facilite la mise en œuvre du boudin de géotextile.

Exemples de réalisation



Détail de réalisation à la fin des travaux



6 mois après les travaux

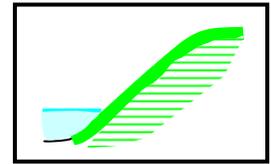
Prix moyen au ml (fourniture et mise en place)

60 €HT/ml

7. LITS DE PLANTS ET PLANÇONS OU LITS DE BRANCHES

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Ensemencement | 6. Fascine d'hélophytes |
| 2. Plantation | 8. Boudin végétalisé |
| 3. Bouturage | 9. Caisson végétalisé |
| 4. Tressage | 12. Enrochements |
| 5. Fascine de saules | |



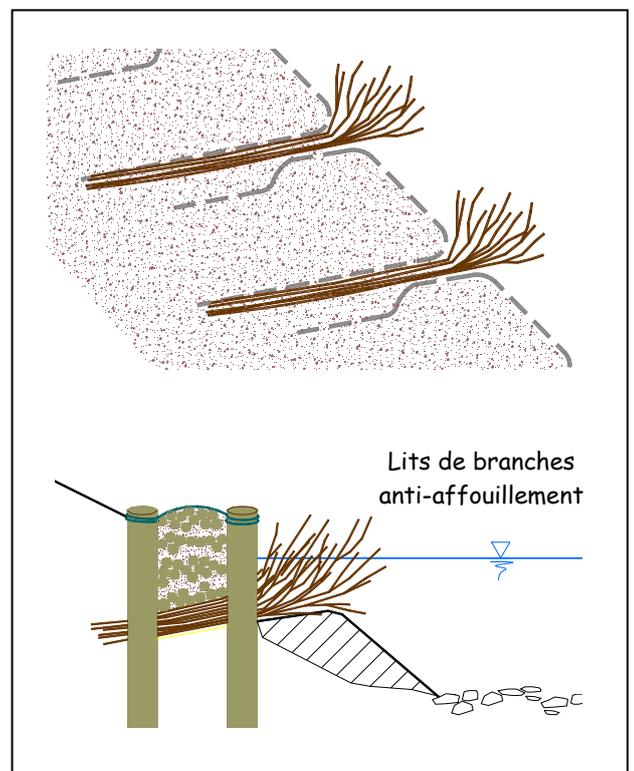
Ouvrage de construction

Description

Le lit de plants et plançons ou lit de branches constitue une protection de berge par la mise en œuvre côte à côte de ramilles de saules et/ou plants enracinés disposés perpendiculairement au lit de la rivière.

Ce lit peut être placé sous un ouvrage de protection du pied de berge (tressage et fascines) comme ouvrage anti-affouillement ou mis en œuvre sur plusieurs niveaux sur le talus pour protéger l'ensemble de la berge. Dans ce cas, il est généralement associé au boudin végétalisé (technique n°8).

Cet ouvrage offre une protection mécanique immédiatement après réalisation (effet de peigne).



Domaines d'application et Recommandations

- Technique particulièrement recommandée en combinaison avec le boudin végétalisé pour la construction d'ouvrages de protection en remblai.
- Le lit de branches permet de renforcer un ouvrage de protection du pied de berge en limitant les risques d'affouillement.
- Cette technique offre une très bonne garantie de reprise des végétaux (enracinement profond et rapide dans la berge)
- Adaptée à des pentes raides et sujettes au glissement.

Mise en œuvre

- Au niveau de la protection souhaitée, former une plate-forme parallèle au sens du cours d'eau, avec une pente transversale oblique (inclinaison de 10°) orientée côté rive.
- Coucher les unes à côté des autres, des branches de saules vivants à raison d'au moins 20 branches par mètre linéaire. La base des branches est dirigée côté rive et elles ne doivent pas dépasser le front de la berge de plus du tiers de leur longueur.
- Des plants à racines nues peuvent également être couchés et intercalés entre les branches de saules à raison de 1 à 5 plants par mètre linéaire.
- Une fois couverte de branches, la plate-forme est remblayée avec le matériel excavé ou avec des matériaux terreux rapportés, puis compactée pour éviter les vides et pour que les branches soient en contact avec la terre sur toute la longueur enfouie.

Remarque

Plusieurs lits peuvent être superposés au-dessus des autres et les matériaux entre les lits peuvent être renforcés par un géotextile (cf. boudin végétalisé - technique n°8).

Exemples de réalisation



1 mois après les travaux



1 an après les travaux

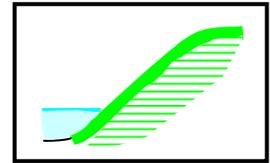
Prix moyen au ml (fourniture et mise en place)

25 €HT/ml

8. BOUDIN VEGETALISE

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|----------------------|---|
| 1. Ensemencement | 6. Fascine d'hélophytes |
| 2. Plantation | 7. Lit de plants et plançons
ou lits de branches |
| 3. Bouturage | 12. Enrochements |
| 4. Tressage | |
| 5. Fascine de saules | |

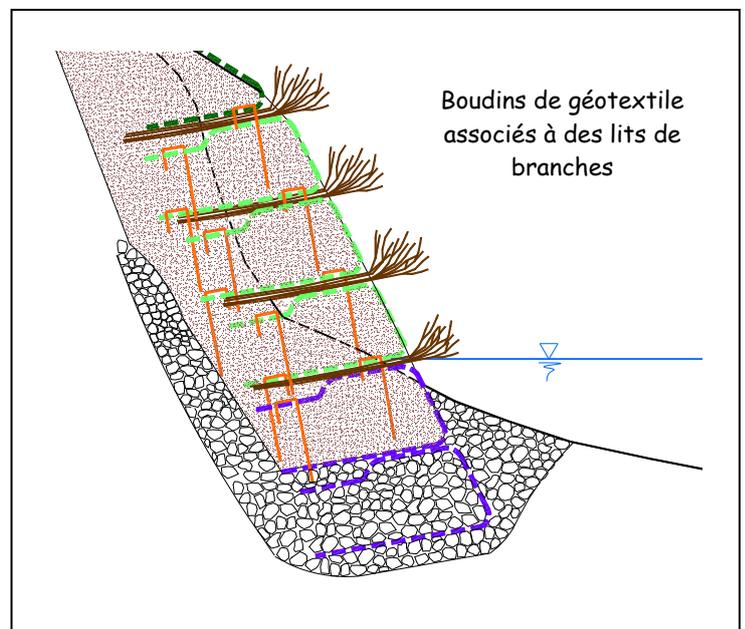


Ouvrage de construction

Description

Le boudin végétalisé constitue une protection de berge par la réalisation d'une superposition de plusieurs boudins de matériaux terreux, renforcés par du géotextile et végétalisés.

La végétalisation du boudin peut se limiter à un simple enherbement. Selon le niveau d'implantation, des hélophytes peuvent également être plantées à travers le boudin ou disposées entre deux boudins, tout comme le lit de plants et plançons, technique à laquelle le boudin est souvent associé.



Domaines d'application et Recommandations

- Technique particulièrement adaptée pour la construction d'ouvrages de protection en remblai.
- Le boudin végétalisé constitue un ouvrage en «terre armée», recommandé pour reconstituer des berges raides.
- Cette technique permet l'implantation d'une végétation variée (herbacées, hélophytes, ligneux).

Mise en œuvre

- Avant la réalisation du premier boudin, former une plate-forme parallèle au sens du cours d'eau avec une pente transversale oblique (inclinaison de 10°) orientée côté rive.
- Placer sur cette plate-forme, un treillis de coco tissé, type H2M5, 740 g/m², déroulé parallèlement au cours d'eau (largeur du treillis ≥ 2 fois la largeur de la plate-forme).
- Remblayer la plate-forme à l'aide de matériaux terreux d'apport ou provenant des terrassements sur une hauteur de 30 à 50 cm et compacter les matériaux.
- Replier le géotextile vers l'intérieur de la berge et l'agrafer.
- Renouveler éventuellement les opérations ci-dessus jusqu'au niveau souhaité en conservant une inclinaison de 10° pour chaque boudin et en intercalant généralement des lits de plants et plançons.
- Ensemencer hydrauliquement après réalisation de l'ensemble des boudins.

Exemples de réalisation



1 mois après les travaux



18 mois après les travaux

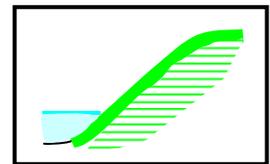
Prix moyen au ml (fourniture et mise en place)

40 €HT/ml/niveau

9. CAISSON VEGETALISE

Combinaisons possibles avec d'autres techniques

1. Ensemencement
2. Plantation
3. Bouturage
12. Enrochements

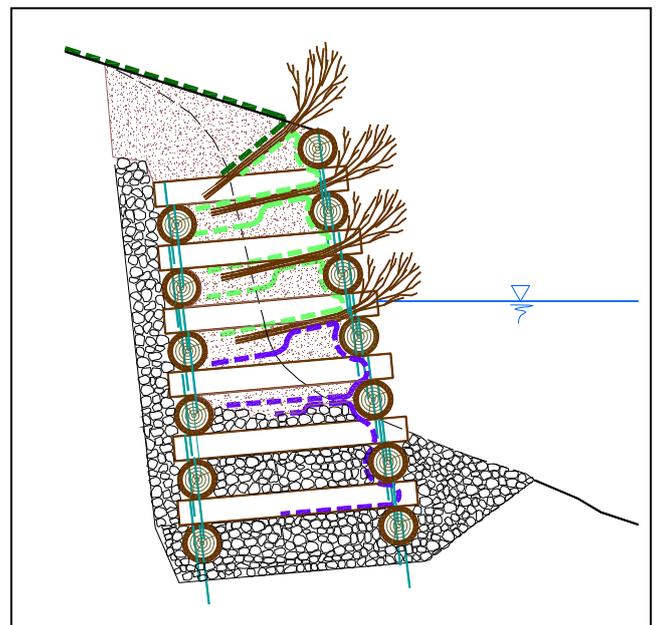


Ouvrage de construction

Description

Le caisson végétalisé est une protection de l'ensemble de la berge constituée d'une structure étagée en rondins de bois entrecroisés, formant un caisson rempli de matériaux terreux, éventuellement renforcés par un géotextile. Des branches de saules et/ou plants enracinés sont couchés en rang serré entre les différents étages.

De par sa structure en bois, le caisson végétalisé offre une protection mécanique immédiate. Les végétaux reprennent petit à petit la fonction de stabilisation (assurée par le caisson en bois) au fur et à mesure du développement du réseau racinaire et de la lente décomposition du bois.



Domaines d'application et Recommandations

- Technique particulièrement adaptée pour la construction d'ouvrages en remblai et de soutènement.
- Le caisson végétalisé permet la réalisation d'une protection sur des berges en pente raide.
- Technique végétale la plus onéreuse, elle constitue néanmoins une alternative intéressante à des ouvrages traditionnels issus du génie civil (mur de soutènement, gabions et enrochements).
- Le caisson constitue un ouvrage rigide, qui nécessite une assise solide ne devant pas subir de déformations.

Mise en œuvre

- Avant la réalisation du caisson végétalisé, préparer une assise en compactant le sol en place s'il présente une bonne stabilité, sinon prévoir un apport de tout-venant, voire même de blocs en enrochements. L'assise doit présenter une pente de 10° orientée côté berge.
- Disposer sur l'assise deux rangées parallèles de longrines (diamètre 20-30 cm, longueur ≥ 4 m) espacées de 1,0 à 2 mètres sur lesquelles sont fixées des moises (diamètre 15-25 cm, longueur 1,0 à 2 m) perpendiculairement aux longrines à l'aide de tiges d'acier d'armature. Ces éléments constituent la base et le premier étage de l'ouvrage, qui se poursuit de la même manière jusqu'à la hauteur souhaitée.
- Au fur et à mesure de la construction, le caisson est rempli de matériaux terreux dans sa partie frontale, compactés et éventuellement renforcés par un treillis de coco, type H2M5, 740 g/m². A l'arrière, il est préférable de mettre en œuvre des matériaux graveleux, pour constituer une chemise drainante.
- Des branches de saules vivantes (diamètre 2 à 4 cm, longueur ≥ 80 cm, densité ≥ 30 branches par m.l.) sont couchées en rang serré entre deux étages de longrines (des plants enracinés peuvent également être mis en œuvre). Il est indispensable pour la bonne reprise de la végétation que les matériaux terreux soient compactés afin d'éviter des vides et un dessèchement des végétaux.
- Le dessus de l'ouvrage doit être reprofilé en pente douce et éventuellement renforcé par un treillis de coco type H2M5, 740 g/m², et ensemencé.

Exemples de réalisation



Pendant les travaux



A la fin des travaux



6 mois après les travaux

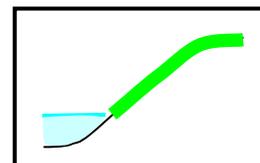
Prix moyen au m³ d'ouvrage
(fourniture et mise en place)

130 €HT/m³ d'ouvrage
ou **380 €HT/m³ de bois**

10. COUCHES DE BRANCHES OU TAPIS DE BRANCHES

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|----------------------|---|
| 1. Ensemencement | 6. Fascine d'hélophytes |
| 2. Plantation | 7. Lit de plants et plançons
ou lits de branches |
| 3. Bouturage | 12. Enrochements |
| 4. Tressage | |
| 5. Fascine de saules | |



Ouvrage de construction

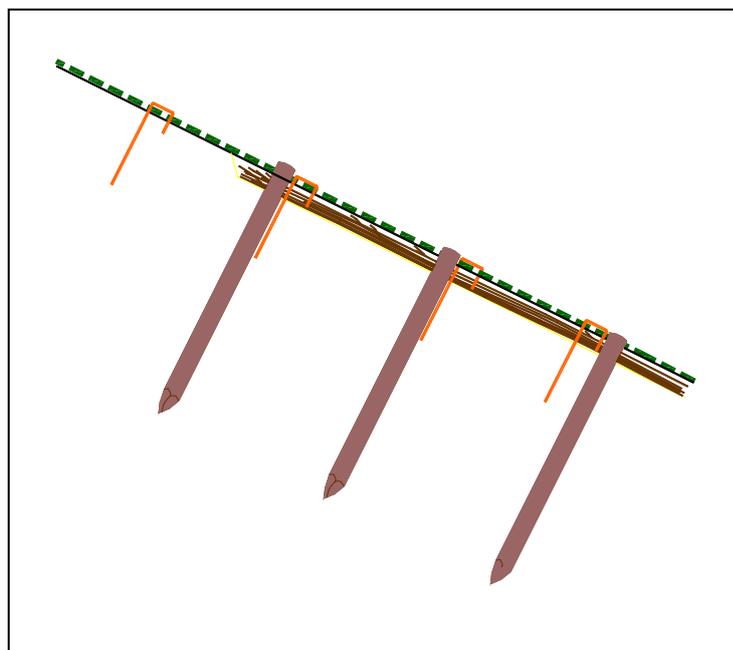
Description

La couche de branches ou tapis de branches est une protection de la berge par couverture du sol avec des branches de saules vivants.

Les branches sont plaquées au sol et maintenues par des pieux reliés entre eux.

C'est une technique efficace qui protège immédiatement la surface de la berge. Elle est généralement associée à une technique de protection du pied de berge (fascines, tressage).

Généralement, le tapis de branches est accompagné d'un géotextile biodégradable en couverture.



Domaines d'application et Recommandations

- Technique adaptée aux berges soumises à de fortes contraintes érosives.
- Nécessite de bons sols (matériaux terreux) pour une reprise et un développement optimum.
- La couche de branches permet la formation rapide de saulaies denses et résistantes sur la berge.

Mise en œuvre

- Terrasser la berge afin d'obtenir une surface la plus régulière possible. Si le substrat n'est pas favorable à la croissance de la végétation, il est nécessaire d'apporter un minimum de matériaux terreux (environ 20 cm d'épaisseur) avant la mise en œuvre des branches.
- Disposer 20 à 30 branches de saule vivant (longueur ≥ 2 m, diamètre 2 à 4 cm) par mètre linéaire de berge et dans le sens de la pente, côte à côte de manière à bien recouvrir le sol. La base des branches doit être au contact de l'eau.
- Enfoncer sur la berge des rangées de pieux (longueur ≥ 100 cm, diamètre 6 à 10 cm) perpendiculairement aux branches et espacées d'environ 100 cm les unes des autres. La rangée inférieure doit être placée à environ 20 cm de la base des branches.
- Fixer et plaquer les couches de branches au sol en reliant les pieux entre eux avec du fil de fer galvanisé. Après fixation, enfoncer une seconde fois les pieux afin de bien comprimer les branches sur la berge.
- Recouvrir le lit de branches de 2 à 3 cm d'épaisseur de terre végétale, au maximum, de manière à laisser encore apparaître les branches.
- Pour les ouvrages soumis à de fortes contraintes érosives, il est recommandé de recouvrir les couches de branches avec un treillis de coco, type H2M5, 740 g/m², avant la mise en place des pieux et des attaches en fil de fer.

Remarque

Il est souvent nécessaire de procéder à un bouturage complémentaire sur la partie basse de la couche de branches (faible développement végétal en pied de berge).

Exemples de réalisation



A la fin des travaux



15 mois après les travaux

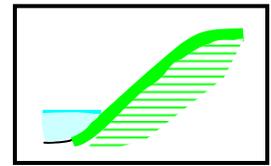
Prix moyen au ml (fourniture et mise en place)

**60 €HT/ml
ou 25 €HT/m²**

11. PEIGNE

Combinaison possible avec d'autres techniques

1. Ensemencement
2. Plantation
3. Bouturage
4. Tressage
5. Fascine de saules
6. Fascine d'hélophytes

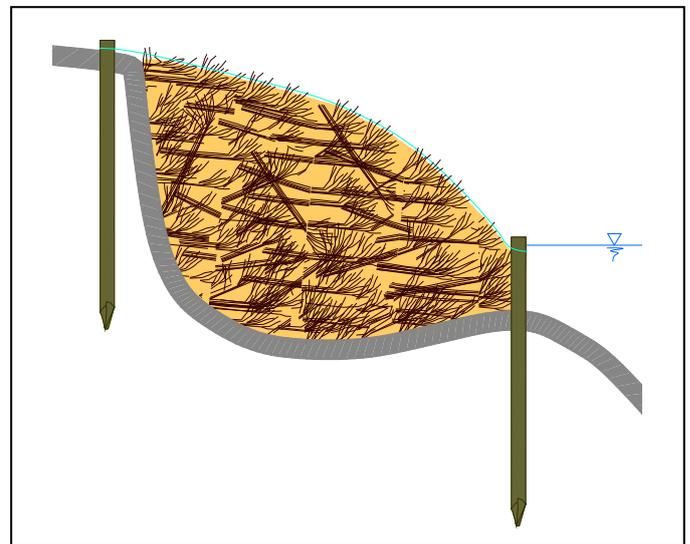


Ouvrage de construction

Description

Le peigne est une protection de l'ensemble de la berge réalisée par accumulation de végétaux grossiers vivants ou non, capables de piéger les éléments fins en transport par les eaux.

Cette technique est facile à mettre en œuvre et offre une protection immédiate, applicable en toute saison.



Domaines d'application et Recommandations

- Technique uniquement adaptée aux cours d'eau qui transportent beaucoup d'alluvions fines lors des crues.
- Le peigne convient pour stabiliser de petites anses ou niches d'érosion, mais pas pour stabiliser un extrados de méandre.
- Ne pas créer d'ouvrages en saillie sur le cours d'eau, le peigne doit uniquement combler un "trou" en berge.
- La mise en place d'un peigne n'est pas judicieuse dans un milieu à forte contrainte hydraulique car son remplissage naturel par sédimentation est rendu difficile, et son arrachage est favorisé.

Mise en œuvre

- Enfoncer, par battage mécanique, des pieux (longueur \geq 200 cm, diamètre 10 à 15 cm) distants les uns des autres d'environ 100 cm à l'endroit où la reconstitution du pied de berge est souhaitée.
- Entasser des grosses branches et des arbres (saules vivants de préférence) dans le sens du courant, entre les pieux et la berge. Afin d'accélérer la revégétalisation du peigne, il peut être utile d'ajouter des matériaux terreux entre les branches.
- Enfoncer en rive des pieux (longueur \geq 150 cm, diamètre 7 à 10 cm).
- Fixer l'ensemble des branches en reliant à l'aide de fil de fer galvanisé (ou câble d'acier) les pieux de la rive à ceux enfoncés en pied de berge. Après fixation, battre une seconde fois tous les pieux pour bien compacter l'ouvrage.

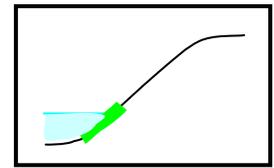
Prix moyen au ml (fourniture et mise en place)

50 €HT/ml

12. ENROCHEMENT

Combinaison possible avec d'autres techniques

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Ensemencement | 7. Lit de plants et plançons ou lits de branches |
| 2. Plantation | 8. Boudin végétalisé |
| 3. Bouturage | 9. Caisson végétalisé |
| 4. Tressage | 10. Couches de branches ou tapis de branches |
| 5. Fascine de saules | 11. Peigne |
| 6. Fascine d'hélophytes | |



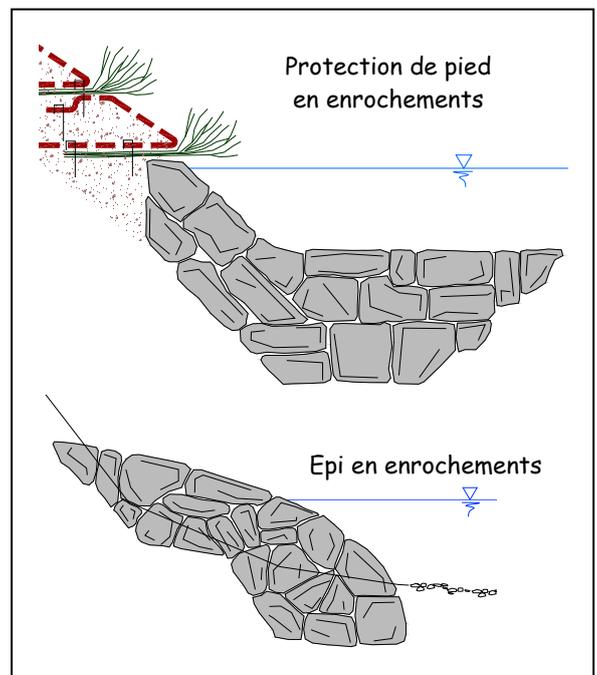
Ouvrage de construction

Avertissement L'enrochement est traité dans la présente fiche uniquement en tant qu'ouvrage complémentaire aux techniques végétales (ouvrage mixte).

Description

L'enrochement est une technique de protection du pied de berge réalisée avec des blocs de roche non gélive disposés les uns à côté des autres et éventuellement sur plusieurs couches successives.

L'enrochement peut également être mis en œuvre pour la réalisation d'épis destinés à protéger de façon indirecte le pied de la berge (réduction des forces érosives sur la berge). Dans ce cas, cette technique est généralement combinée avec un autre ouvrage de protection du pied de berge (fascine, tressage).



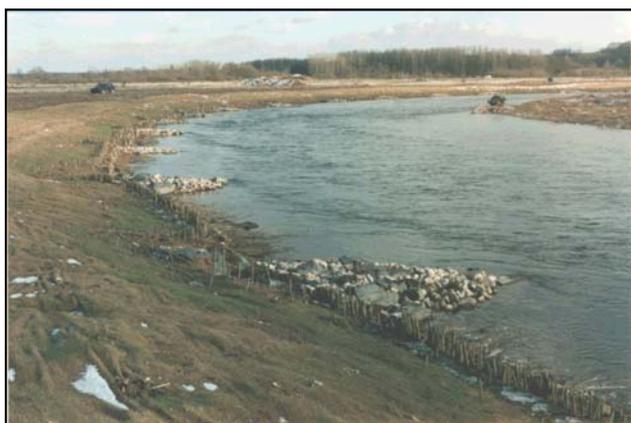
Domaines d'application et Recommandations

- Technique recommandée sur les cours d'eau à très fortes contraintes érosives (forces tractrices supérieures à 30 kg/m^2), où la profondeur d'affouillement est supérieure à 1 mètre au pied de la berge, sur les cours d'eau à forte mobilité (modification importante du profil en long) et à fort transport solide, ainsi que dans certains cas sur les cours d'eau à fonds rocheux.
- Technique généralement utilisée en combinaison avec d'autres techniques végétales (ouvrages mixtes).
- Présente un intérêt sur les cours d'eau fortement artificialisés et à forte pression anthropique (zones portuaires, berges fortement fréquentées, milieu urbain, ...).

Mise en œuvre

- Les caractéristiques des blocs varient selon les contraintes liées au site et la nature des ouvrages à réaliser. De manière générale, ils ne devront pas être gélifs, la densité de la roche sera supérieure à 2,2 tonnes/m³ et leur forme sera relativement homogène, tétraédrique et à angles marqués.
- Pour la réalisation d'une protection du pied de berge ou d'un épi, la mise en œuvre des blocs doit être précédée d'un terrassement du fond du lit ou du pied de la berge pour créer une bêche de calage afin de constituer une assise à l'ouvrage. La profondeur de cette bêche dépendra de la nature du fond du lit et des processus érosifs (1 à 3 mètres).
- Les blocs seront positionnés soigneusement un par un et en 2 ou 3 couches, de manière à obtenir une surface la plus homogène possible et à réduire au maximum les interstices entre les blocs.
- Les vides entre les blocs seront comblés par de plus petits éléments ou des déchets de carrière (brut de minage).
- Un feutre de géotextile synthétique non tissé sera placé sous les enrochements sur les sols présentant une faible cohésion, afin d'éviter le lessivage des particules fines.
- La crête d'un ouvrage de protection du pied de berge en enrochements devra être régulière et la plus plane possible, afin de constituer une bonne assise pour les ouvrages de stabilisation du haut de la berge (boudins de géotextiles, lits de branches, ...).

Exemples de réalisation



Ouvrage mixte (fascine de saules et épis en blocs de roche), 3 mois après les travaux



Même site, 2 ans après les travaux

Prix moyen au m³ d'ouvrage
(fourniture et mise en place)

60 €HT/m³ de roche