

> Génie biologique et aménagement de cours d'eau: méthodes de construction

Guide pratique



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

> Génie biologique et aménagement de cours d'eau: méthodes de construction

Guide pratique

Edition révisée 2010

Impressum

Editeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement,
des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteur

Helgard Zeh, Dipl. Ing. Landschaftsplanerin, Worb (BE)

Référence bibliographique

Zeh Helgard 2010: Génie biologique et aménagement de cours d'eau:
méthodes de construction. Guide pratique. Connaissance de l'environnement
no 1004. Office fédéral de l'environnement, Berne: 59 p.

Conseillers OFEV

Otto Naef, division Prévention des dangers
Georg Ledergerber, division Communication

Graphisme, mise en page

Karin Nöthiger, 5443 Niederrohrdorf

Dessins

Peter Geitz, ing. dipl.

Photo couverture

OFEV

Commande de la version imprimée et téléchargement au format PDF

OFCL, Diffusion des publications fédérales, CH-3003 Berne
Tél. +41 (0)31 325 50 50, fax +41 (0)31 325 50 58
Numéro de commande: 810.300.115f
Prix: CHF 10.– (TVA comprise)
www.environnement-suisse.ch/uw-1004-f

Cette publication est également disponible en allemand.

> Table des matières

Abstracts Mots-clés

5
7

1 Méthodes de construction avec des plantes herbacées

	1.1 Ensemencement à sec	8
	1.2 Semis sur paillage	9
	1.3 Semis de fleurs de foin	10
	1.4 Semis hydraulique, semis par projection	11
	1.5 Gazon empierré	12
	1.6 Gazon préfabriqué, mise en place de gazon	13
	1.7 Transplantation	14
	1.8 Plantation de rhizomes, séparation de plantes en touffes	15
	1.9 Mise en terre de chaumes	16
	1.10 Plantation en container et en pot	17

2 Méthodes de construction avec des plantes ligneuses

	2.1 Semis de végétaux ligneux	18
	2.2 Boutures	19
	2.3 Palissades, brosses et peignes vivants	20
	2.4 Tressage	21
	2.5 Tapis de branches à rejets	22
	2.6 Lit de plançons	23
	2.7 Lit de plants	24
	2.8 Lit de plants et plançons	25
	2.9 Plantation en cordon	26
	2.10 Fascine en talus	27
	2.11 Fascine de pied de berge	28
	2.12 Fascines et plançons	29
	2.13 Treillis de branches	30
	2.14 Ouvrage en paquet	31
	2.15 Plantation d'espèces ligneuses	32

	2.16 Plantation de plantes pionnières	33
	2.17 Plantations à rainures	34
	2.18 Boisement	35

3 Méthodes de construction combinées

	3.1 Revêtement végétalisé en pierres, Cône de drainage végétalisé	36
	3.2 Plantation interstitielle, pavement végétalisé	37
	3.3 Mur de pierres sèches végétalisé	38
	3.4 Mur de soutènement végétalisé (en béton)	39
	3.5 Fascine immergée à noyau	40
	3.6 Traverse buissonnante vivante	41
	3.7 Embroussaillement des ravins	42
	3.8 Tapis de branchages	43
	3.9 Arbre en épi	44
	3.10 Epis végétalisés	45
	3.11 Palissade filtrante	46
	3.12 Caisson en bois végétalisé	47
	3.13 Armature en bois	48
	3.14 Clou à terre et à roc (ancrage)	49
	3.15 Grillage en fil de fer, grillage contre les chutes de pierre	50
	3.16 Gabions végétalisés	51
	3.17 Nattes de structure	52
	3.18 Protection de berge par géotextile végétalisé	53
	3.19 Géotextiles végétalisés	54
	3.20 Fascines de pieds de berge en géotextile	55
	3.21 Fascine en matière végétale, rouleaux de roseaux	56

Annexes

Glossaire	57
Adaptation de la terminologie	58
Bibliographie	59

> Abstracts

The updated practical advice for nearnatural hydraulic engineering describes the most common construction methods using plants. The construction methods using herbaceous or woody plants, or a combination, are presented in the form texts, sketches and signs and are intended to help awarding authorities, planners, engineers, site managers and contractors to better integrate their constructions into the landscape. The descriptions include ancient know-how, modern civil engineering techniques and new research results.

Keywords:

Living buildings, plant-based construction materials, near natural construction methods, vegetation development, environmental design, biotechnology

Die aktualisierte Praxishilfe für den naturnahen Wasserbau beschreibt die gebräuchlichsten Bauweisen mit Pflanzen. Die mittels Texten, Skizzen und Signeten dargestellten krautigen, holzigen und kombinierten Bauweisen sollen dazu beitragen, dass Bauherren, Planerinnen, Ingenieure, Bauführerinnen und Ausführende ihre Bauwerke noch besser in die Landschaft eingliedern. Altes Erfahrungswissen, moderne Bautechniken und neue Forschungserkenntnisse sind in die Beschreibungen eingeflossen.

Stichwörter:

Lebende Bauwerke, Pflanzenbaumaterial, naturnahe Bauweisen, Vegetationsentwicklung, Umweltgestaltung, Biotechnik

La version actualisée du guide pratique pour un aménagement de cours d'eau proche de la nature décrit les méthodes de construction les plus courantes utilisant des végétaux. Les méthodes de construction avec des plantes herbacées, avec des plantes ligneuses et les méthodes combinées présentées au moyen de textes, esquisses et remarques d'utilisation ont pour objectif d'aider les maîtres d'ouvrage, les planificateurs, les ingénieurs, les entrepreneurs et les personnes exécutant les travaux à intégrer encore mieux leurs ouvrages dans le paysage. Les expériences passées, les techniques de construction modernes et les nouvelles connaissances issues de la recherche sont prises en compte dans les descriptions.

Mots-clés:

Ouvrages végétaux, matériau de construction végétal, méthodes de construction proches de la nature, développement de la végétation, aménagement de l'environnement, génie biologique

La pratica ambientale aggiornata relativa a un'ingegneria idraulica naturalistica descrive le tecniche di costruzione più comuni che utilizzano la vegetazione. I modi di costruire utilizzando piante erbacee o legnose, oppure una combinazione delle due, sono presentati sotto forma di testi, bozze e insegne e devono contribuire affinché i committenti, gli addetti alla pianificazione, gli ingegneri, i capocantieri e gli esecutori integrino ancora meglio le loro costruzioni nel paesaggio. Le descrizioni includono anche antiche conoscenze basate sull'esperienza, su tecniche di costruzione moderne e su nuove scoperte fatte dalla ricerca.

Parole chiave:

parole chiave: opere vive, materiale di costruzione vegetale, metodi di costruzione seminaturali, sviluppo della vegetazione, configurazione dell'ambiente, biotecnologia

> Avant-propos

Ces dernières décennies, le génie biologique s'est développé pour devenir une discipline à part entière.

- > Le génie biologique traite de l'aménagement de notre environnement à travers des méthodes de construction proches de la nature. Des matériaux provenant directement de la nature alliés à des aides techniques et des matériaux issus de la construction traditionnelle servent à la composition d'ouvrages de génie biologique.
- > Le génie biologique fait partie des méthodes de construction qui utilisent essentiellement des matériaux de construction vivants pour réaliser ses objectifs, c'est-à-dire des semences, des plantes, des parties de végétaux et des associations végétales.
- > Le génie biologique est parfois considéré comme une alternative, mais il doit être vu comme un complément judicieux et indispensable au génie civil classique.
- > Le génie biologique intervient dans tous les domaines de la construction de soutènement et d'aménagement hydraulique, particulièrement dans la stabilisation de versants et de berges ainsi que dans la protection contre l'érosion.
- > Les méthodes de construction du génie biologique peuvent être mises en œuvre partout où les plantes utilisées en tant que matériau de construction vivant peuvent se développer correctement.

Le guide pratique «Génie biologique et aménagement de cours d'eau: méthodes de construction» paraît aujourd'hui dans sa deuxième édition. Lors de la révision du texte, les ouvrages spécialisés sur le thème du génie biologique parus depuis la première édition publiée il y a 16 ans ont été inclus dans la littérature. Les normes VSS de génie biologique sont également sur le point d'être actualisées. En outre, tous les termes touchant au domaine de la construction sont adaptés aux standards internationaux, tels qu'ils apparaissent dans l'ouvrage «Génie biologique – Manuel de construction» (Zeh H. 2007). Ainsi, il est possible de s'entendre et de se comprendre sur la même matière dans sept langues européennes. Evidemment il y a tant de particularités régionales liées aux praticiens dans les méthodes de construction que celles-ci se transcrivent aussi dans la terminologie. Ainsi, les Bernois continueront à parler de «Grotzen», même si l'appellation allemande est «Raubaum». L'ensemble des dessins a été réalisé par M. Peter Geitz, lequel a personnellement mis en œuvre une grande partie de ces méthodes de construction.

Lors de la planification et de la mise en œuvre des mesures d'aménagement hydraulique, il s'agit de choisir la méthode de construction la plus adaptée aux spécificités locales ainsi que la période optimale. Une condition importante est que les méthodes de construction de génie biologique, qui se modifient continuellement, soient utilisées correctement afin de laisser au cours d'eau suffisamment de liberté de mouvement pour remplir ses fonctions écologiques et exprimer sa dynamique.

Andreas Götz
Sous-directeur
de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)

1.1 Ensemencement à sec



Semis à la main



Sol riche en substances nutritives



Sol pauvre en substances nutritives

> Description

Sur des sols grossiers stables mais rendus rugueux, les graines du commerce conformes à la dénomination «herbeux» (couverture végétale annuelle, légumineuses) seront semées manuellement ou à la machine. Pour des érosions en surface, voir d'autres procédures dans ce domaine. Sur les surfaces contenant de l'humus, les graines du commerce seront semées selon les prescriptions des normes VSS.

> Matériaux

Semences conformes à la station, VSS A–G, Nature CH, OH-Flora, -Alpin, -Logro, -Highway, en partie avec des champignons mycorhizes, 5–20 g/m²; engrais 30–50 g/m² seulement comme fumure de départ, autrement enracinement trop peu profond.

> Calendrier

Le plus propice, au commencement de la période de végétation.

> Effets

Pas d'effet immédiat, germination après 2–4 semaines, après seulement le sol sera enraciné à une profondeur de 10–30 cm. Fixation du sol, couverture du sol, consommation d'eau dans les sols humides, réduction du dessèchement des sols secs. Des plantes pionnières favorisent l'activité du sol. Les surfaces qui doivent rester herbeuses seront fauchées afin d'éviter la formation de bosquets.

> Avantages

Simple, rapide, bon marché, efficace sur grandes surfaces.

> Désavantages

Effet protecteur seulement après l'enracinement. Lorsque la protection microclimatique manque sur les sols bruts, les graines germent irrégulièrement, de sorte que de petites surfaces érodées peuvent apparaître.

> Applications

Terrains et talus en pente, rives, cultures préalables, ensemencement intermédiaire pour plantations, végétalisation temporaire de dépôts de matériaux. Ne pas tout ensemençer, laisser les talus stables en autocolonisation.

1.2 Semis sur paillage



Paillage de mulch 5–10 cm



Ramures ou paillage 30–50 cm

> Description

Sur les surfaces dépourvues d'humus, on répand des semis appropriés, engrais, composts, procédés de stabilisation des sols et/ou de stimulation de la croissance. Ensuite, on couvrira par une couche de 10 cm de paillage aux longs chaumes ou treillis de branchages. Dans un deuxième temps, on consolidera la couverture de paille contre les amoncellements avec une colle organique spéciale, par exemple en giclant une émulsion de pâte de bitume et d'eau froide. Tous les travaux peuvent être exécutés à la main ou à la machine. Lorsque la consolidation de la couverture n'est pas atteinte (conditions extrêmes), on la complète avec des pivots ou des pieux («stifteln») ou treillis métalliques selon H. M. Schiechl).

> Matériaux

300–500 g/m² de paille non coupée (foin non coupé, fibre de bois, compost); 40–60 g/m² d'engrais minéral ou 50–100 g/m² d'engrais organique; 10–30 g/m² de semis selon l'emplacement 5–20 g/m²; 1/4 l/m² émulsion de bitume à 25 %, diluée avec la même quantité d'eau, différentes astuces techniques et biologiques; selon l'emplacement, grillages, nattes, piquets, filets de fil de fer ou filets synthétique, paillage.

> Calendrier

Pendant toute la période de végétation.

> Effets

Le paillage (ou ramure) à pour effet une bonne égalisation des extrêmes microclimatiques de la couche d'air à proximité du

sol. Ils protègent les sols et la germination des semis contre les atteintes mécaniques. Les engrais doivent assurer une nourriture suffisante au final, de sorte que seules des plantes aux racines longues et profondes ne subsistent dans les sols selon les principes de sélection et de succession. Le paillage servira de base au développement naturel de l'humus.

> Avantages

Processus de reverdissement simple, rapide, bon marché et efficace, réalisable à la main ou à la machine sur des terrains inexploités. Empêche les tempêtes de sable.

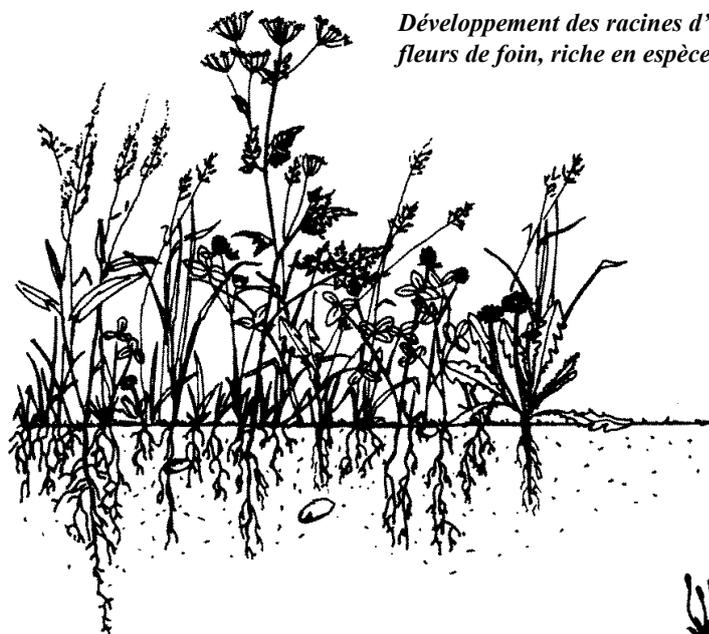
> Désavantages

La possibilité de reverdissement de grandes surfaces conduit à des interventions surdimensionnées, par ex. nivellement de pistes, construction de routes dans les Alpes (longues périodes de régénération)

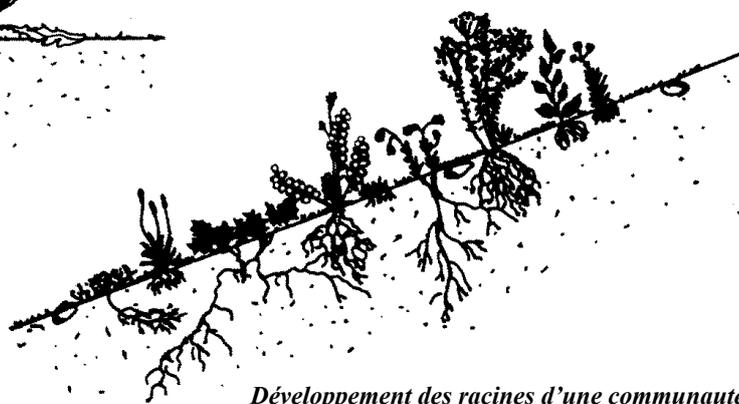
> Applications

Méthode d'enherbement largement utilisée dans les régions alpines où les surfaces menacées d'érosion peuvent ainsi être directement consolidées. Reverdissement de décharges et terrils. Berges, lieux de catastrophes naturelles, lutte contre l'érosion du vent. Avant d'ensemencer, des analyses devraient être entreprises pour savoir si les talus peuvent être nivelés afin de laisser faire l'auto-colonisation.

1.3 Semis de fleurs de foin



Développement des racines d'un semis de fleurs de foin, riche en espèces



Développement des racines d'une communauté pionnière sur un site en pente

> Description

Les reliquats des foins de montagne autochtones, riches en graines que l'on trouve près des chaumes, sont répandus sur quelques cm d'épaisseur. Pour empêcher leur dispersion par le vent, ils doivent être semés sur des sols humides, ou alors ces fleurs de foin doivent être humidifiées.

> Matériaux

0,5–1 kg/m² de fleurs de foin ramassées sur le sol près des meules de foin, ou du foin battu. On peut aussi, à la fin de l'été, faucher les herbes des champs disponibles sur le lieu-même ou sur les surfaces avoisinantes et répandre cette moisson directement sur les surfaces à reverdir.

> Calendrier

Pendant toute la période de végétation, le meilleur moment étant le premier tiers de celle-ci.

> Effets

Les fleurs de foin ont une meilleure efficacité si on tapisse le sol d'une épaisseur suffisante. Elles préservent le sol des nuisances mécaniques et améliorent les conditions microclimatiques. Cette méthode, adaptée aux conditions locales, offre la meilleure protection à long terme.

> Avantages

Les fleurs de foin sont généralement des semences adaptées au site. Il n'y a pas d'altération de la flore. Pour cela, les dépenses importantes sont justifiées.

> Désavantages

Les fleurs de foin existent en quantités peu importantes et doivent seulement être utilisées à proximité des champs de fenaison. Il est pénible et coûteux de récolter les fleurs de foin à la main.

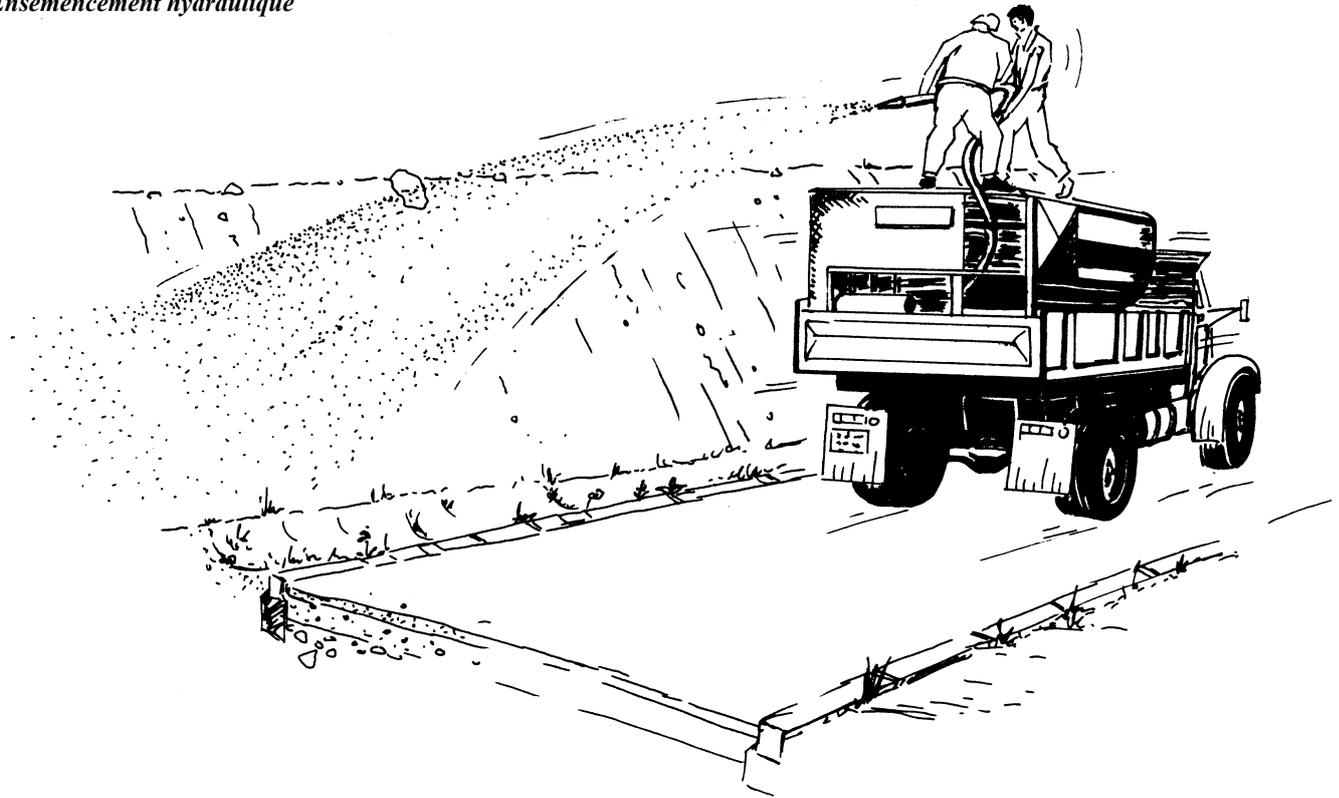
> Applications

Particulièrement dans les lieux situés à la limite supérieure des forêts (régions alpines) où les semences du commerce ne devraient pas être utilisées. Zones vertes permanentes dans les chaînes de montagne, où l'objectif est de conserver la riche variété de la flore. Pour le reverdissement des pistes de ski en combinaison avec un ensemencement sur paillage ou un ensemencement hydraulique. Dans les zones naturelles protégées, seules des graines locales devraient être utilisées.

1.4 Semis hydraulique, semis par projection



Ensemencement hydraulique



> Description

Avec la procédure de semis hydraulique ou le semis par projection, les semences, engrais, matières de revitalisation des sols, mycorhizes, colle et eau sont mélangés dans un agrégat en une sorte de bouillie et dispersés par une pompe sur les surfaces dépourvues d'humus, resp. sur les sols bruts. La composition, l'épaisseur de la couche et le nombre d'aspersions varient selon les recommandations des fournisseurs.

> Matériaux

1–30 l/m² de mélange prêt à l'emploi, comprenant des semences du commerce 10 g/m², paille hâchée 100–200 g/m², engrais, revitalisant des sols, colle et eau. La quantité de matière utilisée dépend du site. Tonneaux avec pompe, hydroseeder, hélicoptère ou avion.

> Calendrier

Sur le plateau, d'avril à octobre. Dans les régions alpines, seulement pendant la période sans neige.

> Effets

Pour la semence, le mélange complémentaire de substances lui donnera une base favorisant la germination. La colle lie la semence, l'engrais et le revitalisant du sol formant ainsi une croûte qui adhère aussi au sous-sol. Il empêche la désintégra-

tion des graines dans la phase germinative et se régénère après un certain temps. Le mélange avec l'eau favorise le gonflement des graines et accélère le verdissement. Les semailles empêcheront pendant des dizaines d'années le développement de communautés de plantes indésirables.

> Avantages

Possibilité de reverdir rapidement des talus rocheux, composés de pierres sèches ou des talus très abrupts et difficiles d'accès.

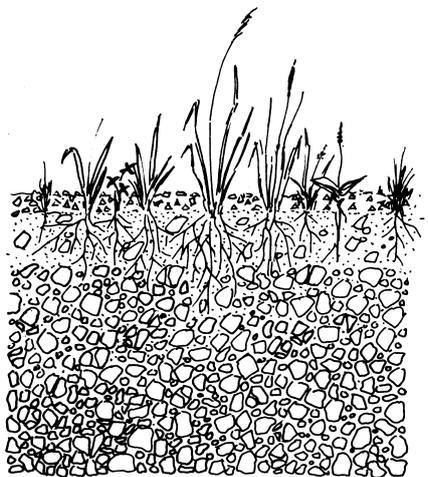
> Désavantages

Le chantier doit être accessible à des véhicules, les frais de machines sont donc élevés. Distance d'emploi avec des tuyaux souples, jusqu'à 300 m; sans tuyaux, 40 m maximum. L'ensemencement hydraulique incite à traiter de grandes surfaces et au nivellement monotone de talus, par ex. des pistes de ski.

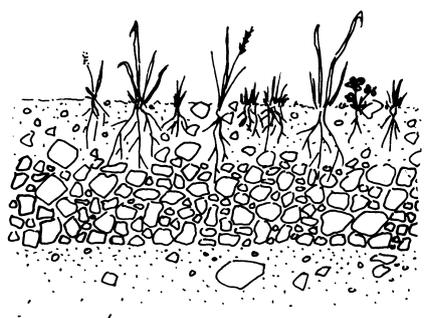
> Applications

Particulièrement pour des talus abrupts, rocheux et pierreux, pour autant qu'ils soient accessibles avec des véhicules. Combinaison avec des semis sur paillage. Les roches stables ou les formations géologiques sont à laisser à la succession.

1.5 Gazon empierré



Construction	Matériaux	Travail
Couverture	3 cm de gravillon 10/16 mm (Jura) 5/7 mm	Cylindrer Étaler à la pelle
Couche de support	Semences: 10–30 g/m ² semence de gazon empierré Engrais: 20 g/m ² dans l'année du semis 10–15 cm d'humus avec des pierres ou: 85 % de gravier 2 et 15 % de terre végétale	Disperser et fixer à la main Étaler sans tasser
Sous-cœvre	Selon le sous-sol: 40–50 cm de pierres concassées 16/25 mm (Jura) ou grave 1	Compacter



Construction	Matériaux	Travail
Couverture	Mélange de graminées pour gazon empierré 10–30 g/m ² épaisseur 10 cm: 80 % de gravier 8 et 20 % de terre végétale	Semer et rouler Mélanger et étaler
Couche de support	15 cm de gravier 16/45 sans particules fines afin de favoriser le drainage, l'enracinement et diminuer les dégâts dus au gel	Disperser
Sous-cœvre	Affleurement de terrain, Terre végétale	Tasser au rouleau, Enlever les pierres

> Description

Sur un sous-sol stable, on pose une couche portante maigre apte à la croissance. En cas de mise en place de géotextiles, cet apport peut être moins important. La semence, riche en espèces, germe dans la couche portante et sera protégée de l'érosion par une couche superficielle de 3 cm d'épaisseur.

> Matériaux

Fondation: 10–50 cm de pierres concassées de granulométrie 16/25 mm, éventuellement un géotextile comme couche de séparation. Couche portante: 10–15 cm, 85 % de gravier 2, +15 % de terre végétale avec 10/30 g/m² de mélange pour gazon empierré. Couche de couverture: 3 cm gravillon de granulométrie 3/16 mm.

> Calendrier

Pendant la période de végétation, sur le Plateau d'avril à octobre.

> Effets

L'association de plantes s'adapte au site et à ses contraintes. Le plus souvent des espèces rares s'établissent. La circulation et le parcage freinent la végétation. Les surfaces traitées ont une meilleure capacité d'infiltration.

> Avantages

Résistant aux charges, carrossable, perméable, couvert de prairies sèches, soins extensifs. Résidus de carburants partiellement dégradés par les plantes.

> Désavantages

Pierres déplacées par les freinages. Il peut se développer des ornières ou des bourniers; précaution particulière en cas de déblaiement de la neige. Pas utilisable dans les zones de protection des nappes phréatiques.

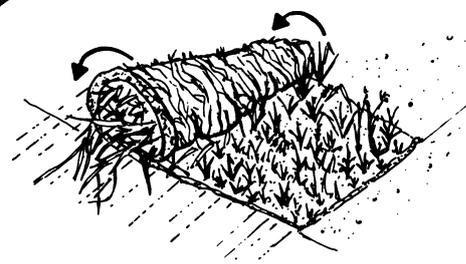
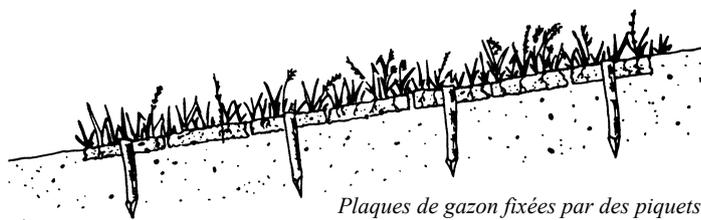
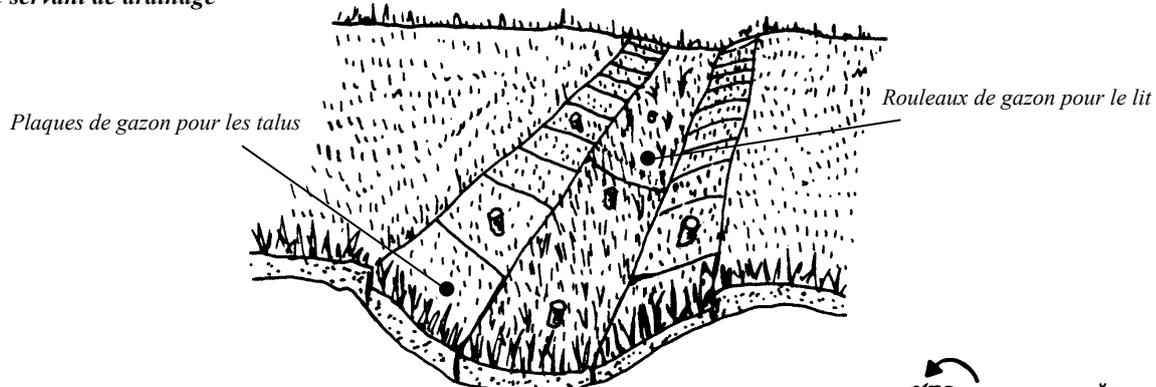
> Applications

Consolidation des bandes médianes, accotements des routes, places de parc utilisées pour de courtes durées, aires de repos, places pour des manifestations, accès pompiers, chemins peu utilisés.

1.6 Gazon préfabriqué, mise en place de gazon



Canal engazonné servant de drainage biotechnique



Mise en place de rouleaux de gazon pré-cultivé ou d'herbes, dans le sens de la pente

> Description

On prélève des pièces de gazon ou d'herbe naturelle d'environ 40 x 40 cm. Elles seront posées sur des sols semblables à ceux des lieux de croissance et sur des terrains abrupts, clouées toutes les 4 ou 5 pièces avec des pieux courts de façon à ce qu'ils ne dépassent pas de la surface. En cas de contraintes d'écoulement d'eau on peut recouvrir de treillis en fil de fer ou de géotextile. Pour les rouleaux de gazon on pose les lignes verticalement, les attache de côté et les fixe avec un pieu toutes les enjambées. Après la pose, le gazon sera tassé ou passé au rouleau.

> Matériaux

Pièces carrées de 40 x 40 cm provenant des prairies et essences herbeuses de 5–10 cm d'épaisseur selon la profondeur d'enracinement. Gazon en rouleau dans des dimensions disponibles dans le commerce (largeur 40 cm, épaisseur 2–4 cm, longueur jusqu'à 3 m). Les prairies couvertes de hautes herbes sont à faucher préalablement. En cas de long stockage, ne construire que des tas de 1 m de largeur sur 60 cm de hauteur. En cas de transport de gazon délicat ou de stockage sur des palettes. Pieux en bois ou lattes à tuiles de 3–5 cm de diamètre, env. 30 cm de longueur; grillage métallique ou géotextile, par ex. nattes à grosses mailles en coco, selon besoin.

> Calendrier

Le mieux, pendant la période de végétation. Lors d'un stockage en hiver, prendre garde aux souris et au pourrissement.

> Effets

Sitôt après la pose, la surface est protégée et après quelques jours, le gazon adhère au sous-sol.

> Avantages

Couverture de végétation dense après la pose; réutilisation d'associations de plantes alpines rares ou de plantes pour terrains humides.

> Désavantages

Seulement pour petites surfaces car il est difficile de produire des plaques de gazon en grandes quantités; pas utilisable lors de mouvements de sols; plus cher que l'ensemencement.

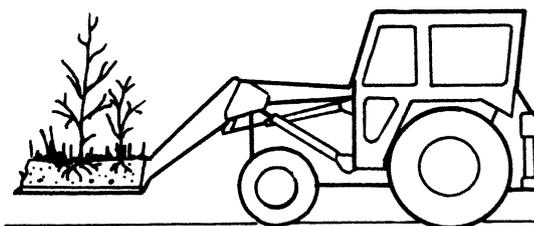
> Applications

Transplantation de gazons alpins au-dessus de la limite supérieure des forêts lors de construction de routes, nivellement de pistes, fronts de coupe artificiels et remblaiements; berges; revêtement de canaux engazonnés, employés comme drainage biotechnique le long des routes, talus humides, drainage des pistes de ski. Des mottes herbeuses peuvent être empilées les unes sur les autres, afin de former une paroi végétale de hauteur réduite, par ex. murs bas en gazon lors de passages de ruisseaux couverts de terre ou parois végétalisées dans des virages routiers à talus raides.

1.7 Transplantation



Découpage manuel de mottes de végétation, dans une zone amphibie



Transport de grandes mottes de végétation avec un tracteur muni d'une fourche élévatrice pour palettes

> Description

Les unités de végétation en état transplantable peuvent être implantées – sur toute la surface, ponctuellement, en rayures ou groupées – dans des sites similaires à ceux où elles ont poussé. Ces plantes seront déterrées à la machine ou à la main, ou désincarnées avec la terre de la couche supérieure contenant les racines. Elles seront déplacées, stockées sur des palettes et si possible posées directement, fixées avec des pieux ou recouvertes de nattes en géotextile, et éventuellement irriguées.

> Matériaux

Mottes de gazon sec, gazon alpin, végétation riveraine, colonies de roseaux, prairies, haies. Surtout des matériaux qui peuvent être prélevés directement sur le chantier ou qui sont difficiles à produire par des ensemencements. Les associations de végétaux à forte croissance seront préalablement taillées. Travaux avec bêches, excavateur, bulldozer; 30x30 cm à la main, 50x100 cm à la machine; tampons, piquets.

> Calendrier

Pendant la période de croissance, afin que les mottes herbacées puissent pousser et se développer tout de suite.

> Effets

Des associations vivantes de plantes vivaces et de micro-organismes (biotope) difficilement disponibles dans la nature sont transférées dans des stations sans vie comme îlots vivants. De cette manière, le développement des sols et la succession de la végétation se feront plus vite qu'avec un ensemencement.

> Avantages

Réutilisation de biotopes riches qui autrement seraient détruits sur les chantiers (par ex. gazon alpin centenaire).

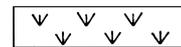
> Désavantages

Etablissement ponctuel de végétation, sur des surfaces sans couverture où l'érosion est possible.

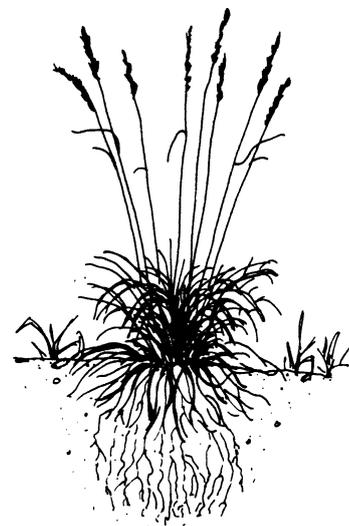
> Applications

Pour la population de populations patrimoniales de plantes; sur les talus ou sur les rives où le développement des sols et des plantes doit être provoqué; transplantation de végétaux ligneux dans les couches supérieures d'empierrement, ou première colonisation de tronçons de cours d'eau nouvellement aménagés avec pièces de végétation qui ont été prélevées en amont ou en aval de l'intervention.

1.8 Plantation de rhizomes, séparation de plantes en touffe



Exemple de site, où l'on peut prélever des plantes capables de se développer



Rhizome fractionnable; par ex. roseau, faux roseau, massette, pétasite, iris



Plante en touffe divisible; par ex. fétuque ovine, laiche, canche gazonnante

> Description

Des parties de plantes herbacées difficilement reproductibles par graines mais en revanche facilement transplantables sont déterrées dans des sites naturels ou dans des pépinières et divisées en petites unités de façon qu'elles puissent se développer: pour les rhizomes, il faut au minimum 1 noeud; pour les touffes au minimum 5 tiges et leurs racines; pour les mottes quelques parties supérieures et racines. Suivant le cas, ces parties seront placées à raison de 3 à 5 pièces/m² dans les cuvettes, plantées dans le sol ou dispersées, 200–500 g/m² et légèrement couvertes de terre (éventuellement collées ou recouvertes de géotextile).

> Matériaux

Pièces de rhizomes de 10–15 cm de longueur (stolon), provenant par exemple de faux roseaux, de fétuques rouges ou d'achillées, herbe ou touffes herbacées, émettant de nombreuses tiges ou qui pourront être hâchées. Les tranches herbeuses sont récoltées en nettoyant des bordures de chemins ou des fossés, par exemple chiendent rampant, tussilage. Les pièces de végétaux doivent contenir au moins un nœud ou un bourgeon. Terre de couverture; év. colle, nattes géotextiles.

> Calendrier

Au début de la période de végétation.

> Effets

Les plants herbacés s'enracinent dans le sol plus rapidement que les semis et enrichissent ainsi la végétation initiale.

> Avantages

Par l'implantation des plants herbeux rapidement enracinés, la phase germinative critique des semis sera évitée. Possibilité d'apporter des plantes adaptées aux sites et non disponibles dans le commerce.

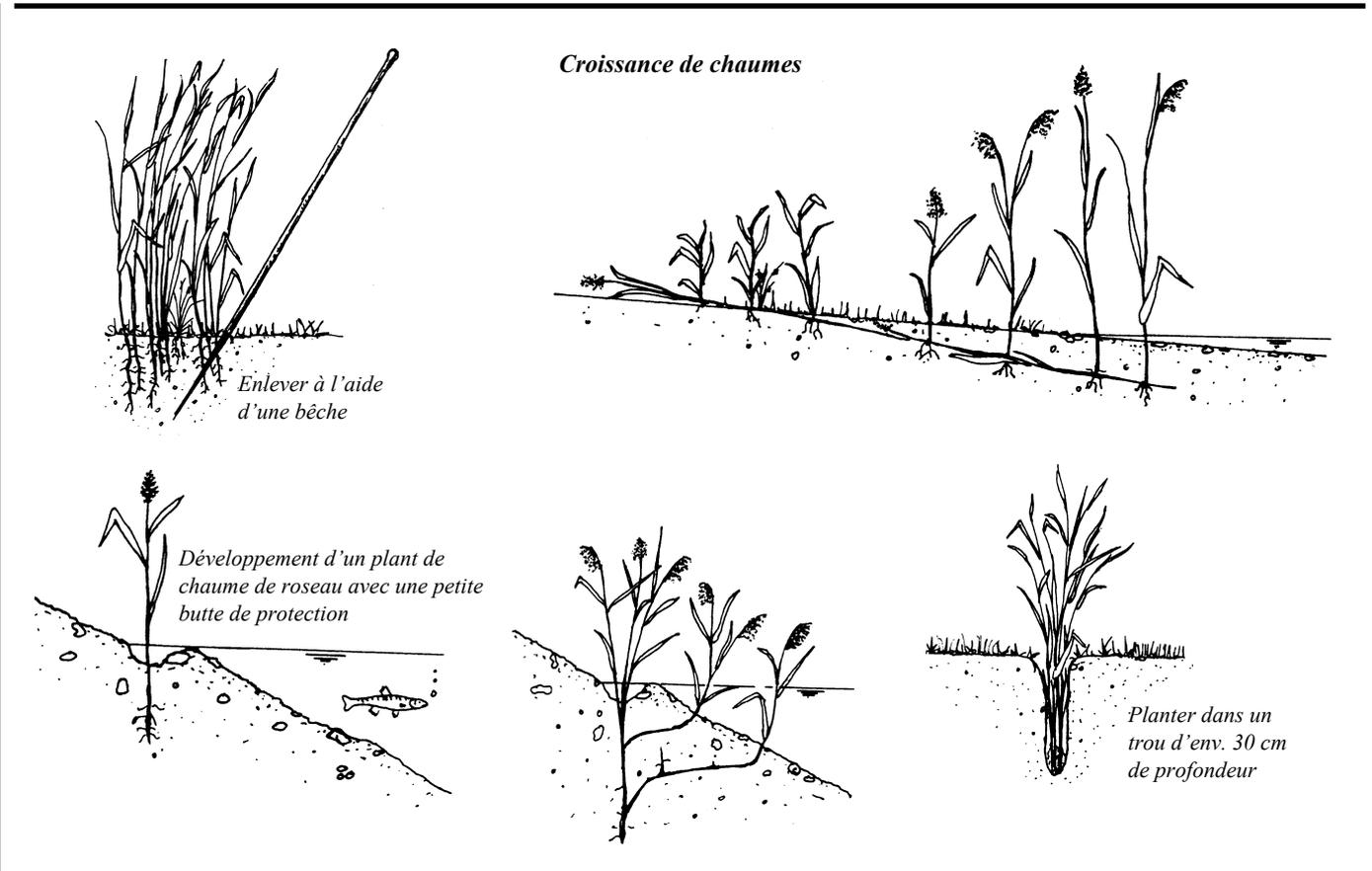
> Désavantages

Matériel coûteux et travaux intensifs. En cas de fort ensablement, la couche supérieure doit être abattue tous les 5–10 ans.

> Applications

Dans les sites extrêmes, là où peu d'espèces peuvent vivre, par ex. les versants alpins avec une courte période végétative; dans les cours d'eau là où des parties de plants herbeux peuvent être réutilisées; dans les régions pauvres en espèces là où des plants doivent être utilisés parce que les semences ne sont pas disponibles, par ex. roseau des sables pour la stabilisation de dunes.

1.9 Mise en terre de chaumes



> Description

De jeunes et résistants chaumes de roseaux d'une longueur de 30–60 cm sont enlevés à la bêche de la surface du sol. Ils doivent avoir si possible 2 à 3 (max. 5) nœuds et un feuillage développé. Les chaumes de roseaux peuvent être recouverts seulement sur une courte durée pour le stockage et le transport. Ils seront rassemblés en groupe de 3–5 et plantés verticalement dans des trous préalablement creusés de 30 cm de profondeur avec une densité de 5–9 touffes au m². Ils peuvent être aussi plantés en rangs dans des fossés à intervalles de 50–100 cm et recouverts de gravier.

> Matériaux

Roseaux (javelle aquatique, faux roseaux), chaumes d'une longueur de 30–60 cm en plantation verticale, chaumes en pleine maturité de 200 cm de longueur sur de grandes étendues de berges. Outils: bêche, barre à mine; étaler du géotextile en cas de risque d'érosion pendant la phase de croissance.

> Calendrier

La plantation de chaumes s'effectue uniquement pendant la floraison des pommiers jusqu'à la récolte du seigle d'hiver (début mai – fin juin); la prolifération des chaumes n'intervient qu'avec des roseaux en pleine maturité (environ août – septembre).

> Effets

Rapide colonisation dans les zones à roseaux, haute capacité d'absorption d'eau: consommation annuelle de 500–1500 litres/m². Les rhizomes et les racines renforcent les sols sur plusieurs étages, entraînant un enracinement pouvant atteindre jusqu'à 2 m de profondeur; favorise la sédimentation et l'épuration des eaux.

> Avantages

Sur des surfaces étendues de berges, on peut en très peu de temps, avec un investissement matériel relativement peu élevé, établir des zones à roseaux.

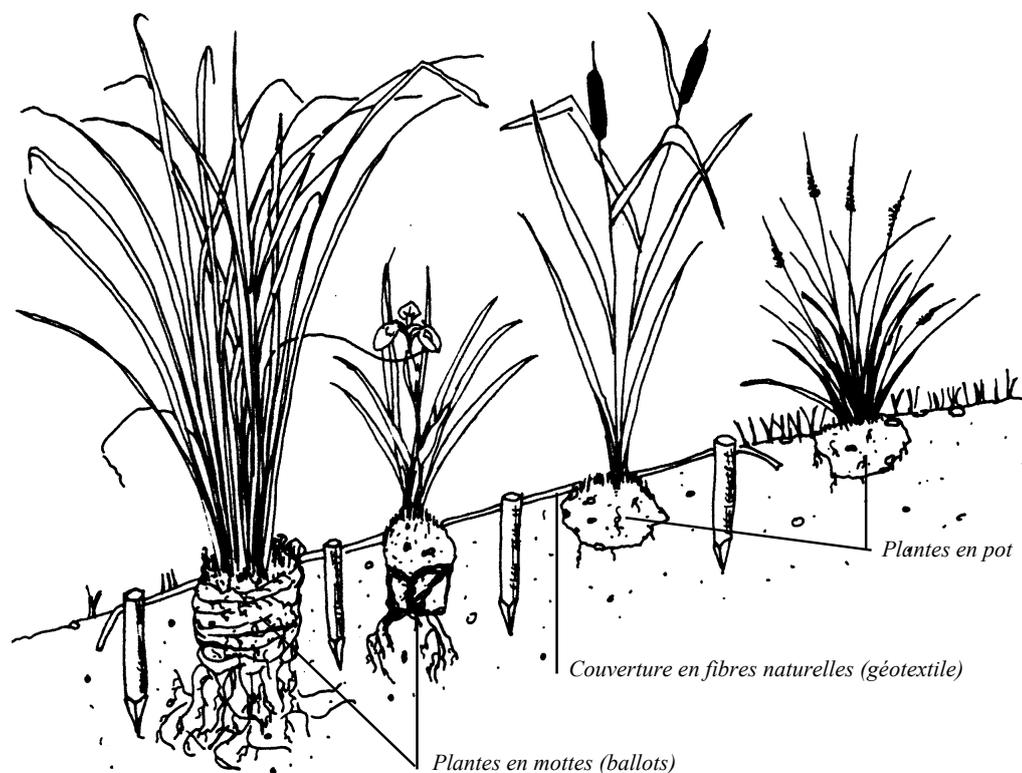
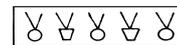
> Désavantages

Effet optimal obtenu seulement après la deuxième année; la sédimentation dans les roseaux sur des berges lisses conduit à un rétrécissement du profil en travers. Seulement en eau stagnante ou cours d'eau à écoulement lent.

> Applications

Sur des rives non consolidées constituées de sable fin ou de vase, dans des zones à roseaux en eau courante ou stagnante, comme drainage biotechnique des talus humides ou des pentes marécageuses. Les plantations de roseaux sont éventuellement à combiner avec des matériaux géotextiles ou avec du gravier.

1.10 Plantation en container et en pot



> Description

Certaines variétés de plantes rares des sites alpins ou marécageux, dont les semences ne sont pas disponibles, sont reproduites dans des serres et plantées en mottes ou en pot sur leurs futurs lieux de croissance, ou bien on prélève des plantes en container dans un peuplement dense sans nuire au site. Au cas où les plantations seraient installées dans une zone subissant l'effet des vagues, il est recommandé d'emballer les mottes dans un tissu géotextile biodégradable et de les fixer au moyen de pieux. Si les plantations en pot devaient être protégées contre l'érosion, elles pourraient être recouvertes de matrices de géotextile. Les plantations doivent se faire dans des sites adéquats selon les espèces.

> Matériaux

Herbes et espèces herbacées des sols stables des régions alpines. Les mottes de massettes, roseaux communs, joncs etc., doivent autant que possible provenir de peuplements naturels et être pré-cultivés dans des containers, pot, root-trainers, à raison de 3-5 pièces/m².

> Calendrier

En plantation directe au début de la période de végétation; les graines sont récoltées en automne, culture préalable en pot dans les jardinières et transplantation au début de la prochaine saison de végétation.

> Effets

Dans les hautes régions montagneuses ayant une courte période de végétation durant 2 à 3 mois, les plantations initiales en pot stabilisent efficacement des sols ouverts. Les plantes pré-cultivées s'étendent rapidement dans le sous-sol et protègent, en tant que peuplement homogène, les berges de l'érosion. Elles possèdent une grande capacité d'épuration biologique et procurent un habitat à beaucoup d'animaux.

> Avantages

La phase critique de germination, respectivement de croissance, sera aisément franchie par la culture préalable. La croissance des mottes est plus rapide dans leur nouveau milieu que les graines ou les plantations de chaumes de roseaux.

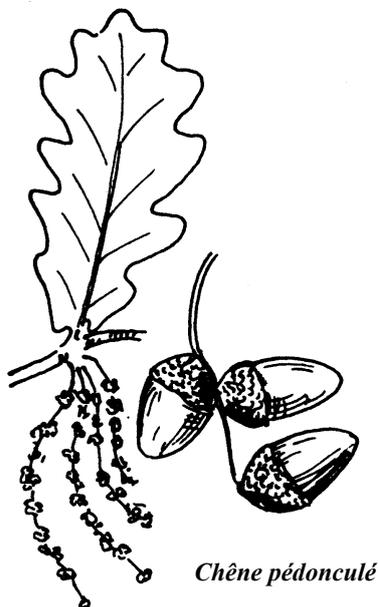
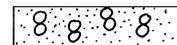
> Désavantages

Ne peut s'envisager que sur de petites surfaces, car l'investissement en travail et en matériel est très important.

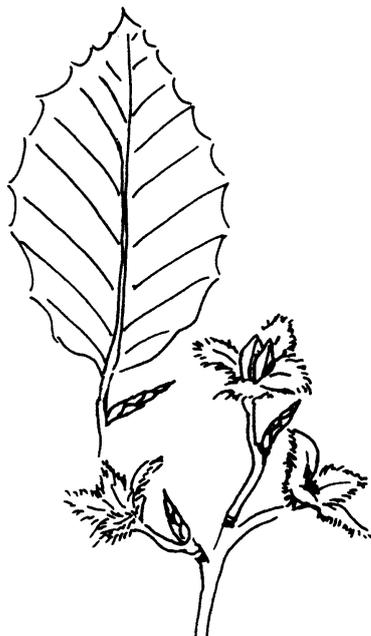
> Applications

Végétaïsation en altitude sur des sites exposés. Zones humides, marécages, zones d'inondation en marge des cours d'eau, repeuplement de colonies de roseaux sur des berges de lacs.

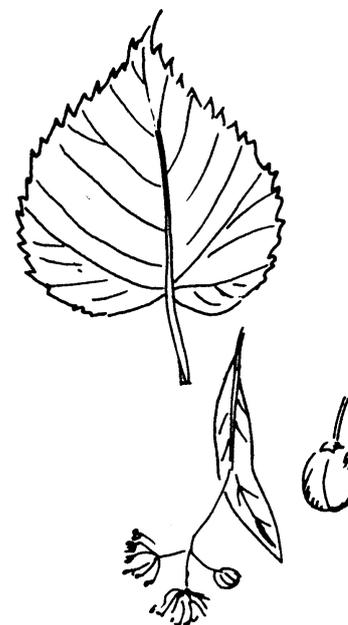
2.1 Semis de végétaux ligneux



Chêne pédonculé



Hêtre



Tilleul à larges feuilles

> Description

Le nombre important d'échecs avec les semis de végétaux ligneux en limite l'emploi. Aujourd'hui on associe de manière appropriée, les semis de végétaux ligneux avec les autres méthodes d'ensemencement, ou alors on aménage des endroits spéciaux ou des sillons dans lesquels on place les graines en vue de leur repiquage ultérieur. Le semis de végétaux ligneux est aussi possible par des méthodes d'ensemencement hydraulique ou en trous. Lorsqu'il s'agit d'ensemencement en trous, 1 à 5 graines seront placées à une profondeur de 10 cm et recouvertes de 2 à 3 cm de terre.

> Matériaux

Faire attention à la région d'origine des graines commercialisées. La quantité de semence de végétaux ligneux dépend de la grosseur des graines (chêne environ 20–40 graines au m²). Avant les semences, les graines doivent être immunisées contre les cultures de mycorhize nuisibles à leur espèce (voir instructions du fournisseur des graines). Produits de paillage, colle.

> Calendrier

Les graines seront semées durant la période de végétation, au début d'une période humide. Elles resteront enfouies sans transformation jusqu'à leur germination. Les graines à enveloppes dures doivent être stratifiées.

> Effets

A l'abri, l'association initiale peut se transformer tranquillement en association forestière conforme à la station. Les formations boisées peuvent s'adapter à leur site spécifique même à l'état de jeunes pousses.

> Avantages

Par ces plantations, on favorise la formation de racines profondes et on limite le risque d'érosion. Méthode unique pour la formation de forêts, sur des versants pierreux, sablonneux, rocheux et sur des talus abrupts.

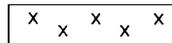
> Désavantages

Très lente croissance et gros risque en comparaison d'une plantation ligneuse. Danger de lessivage avant la germination. Pas d'intervention mécanique sans perte de qualité.

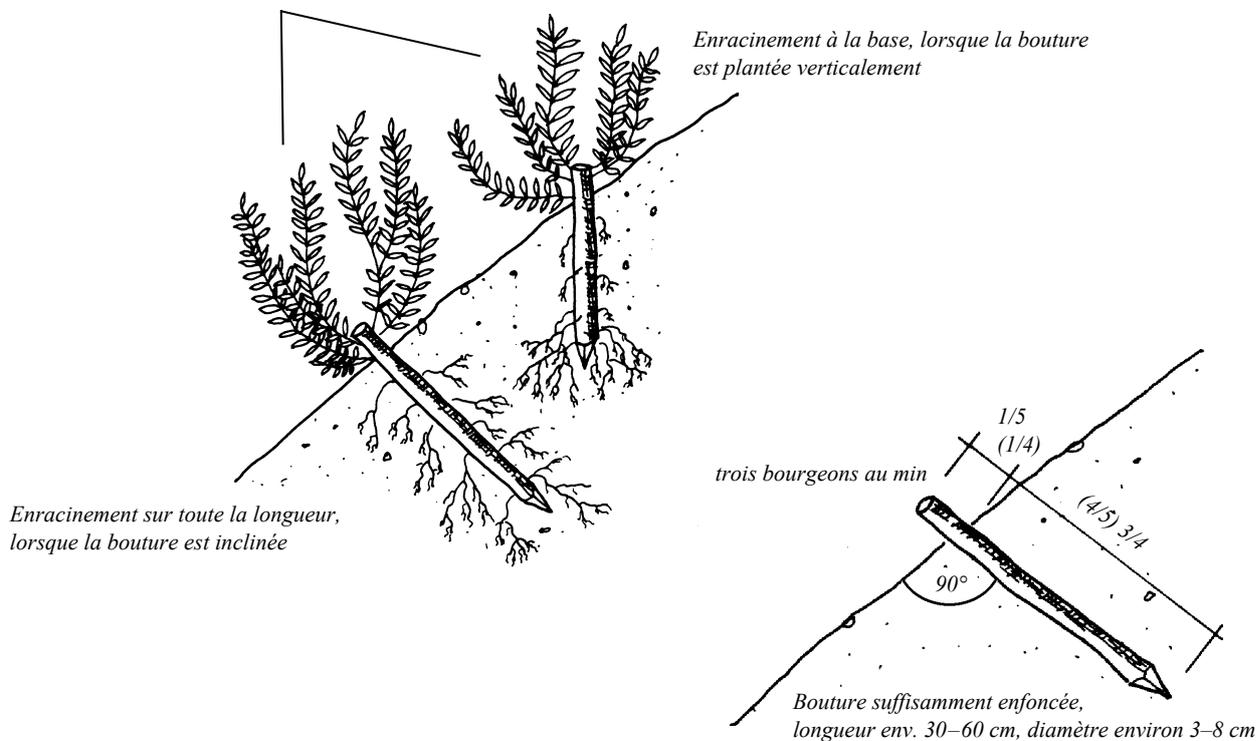
> Applications

Régions extrêmes dont le climax doit être la forêt et qui ne peuvent pas être plantées à cause des risques d'érosion. Pentes abruptes rocheuses, caillouteuses, sablonneuses. Combinaison avec semis sur paillage uniquement avec des petites semences de végétaux ligneux.

2.2 Boutures



Différents enracinements de boutures



> Description

Une branche vivante de saule est plantée dans le sol. En poussant, elle forme un nouveau saule. A l'aide d'une barre à mine on perce 1 à 3 trous par m² de talus avec un angle de 90°. Une fois l'extrémité inférieure, resp. l'extrémité épaisse des boutures de saule coupée en biseau, il faut les introduire dans les trous et tasser la terre autour. Les bourgeons doivent absolument être dirigés vers le haut. Seuls trois bourgeons ou 10 cm de bouture peuvent dépasser le niveau du sol. Entre les boutures on veillera à planter des buissons et des arbres indigènes.

> Matériaux

Pousses saines d'une ou de plusieurs années, sans ramification. Diamètre 3–10 cm et longueur 30–60 cm selon la profondeur à laquelle on les enfonce. Plus la branche est grosse, plus le risque de la voir se dessécher est petit. Toutes les sortes de saules, y compris le *Salix caprea*, se prêtent à ce type d'aménagement. D'autres espèces ligneuses ne donnent que des résultats sporadiques (*Ligustrum vulgare*, *Ribes alpinum*).

> Calendrier

Uniquement pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Formation rapide d'une végétation buissonnante sur les talus. Formation rapide d'humus. Peuplement pionnier le plus simple qui mène à un reboisement. Le sol est stabilisé dès que les racines ont poussé. Drainage efficace du fait que le saule consomme beaucoup d'eau.

> Avantages

Peuplement pionnier ponctuel, facile à réaliser et bon marché, avec un effet de drainage et qui se propage bien après la première phase de croissance.

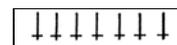
> Désavantages

Au début, la stabilité des talus et la protection de la surface du sol est faible; elle ne dépasse pas la profondeur à laquelle sont enfoncées les boutures; sensible à l'ombrage.

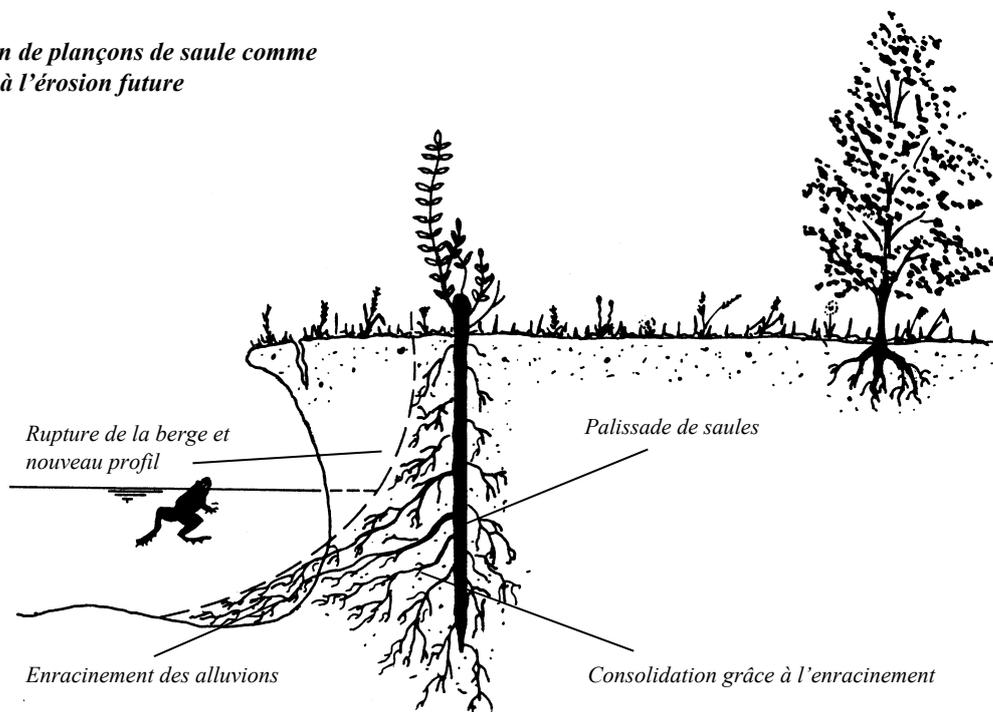
> Applications

Peuplement pionnier de rives et de berges; plantations économiques de pentes humides; action rapide et durable dans la lutte contre l'érosion éolienne; ombrages rapides sur de grandes surfaces. Utiliser des espèces de saules locales.

2.3 Palissades, brosses et peignes vivants



Utilisation de plançons de saule comme frontière à l'érosion future



> Description

On enfonce côte à côte dans le sol, des pieux de saule de forme symétrique si possible, vivants, taillés en pointe à la base et proprement coupés au dessus. Puis on les fixe solidement dans le sol. Dans les talus, on enfonce les palissades fixées les unes contre les autres dans des zones mouillées menacées d'érosion de sorte que les 2/3 de leur longueur soient plantés dans le sol. Sur les berges abruptes, menacées d'éboulement, de solides pieux de taille supérieure sont enfoncés immédiatement derrière le bord de l'éboulement ou encore au sommet du talus dans des trous préalablement percés aux 2/3 de la longueur des pieux. Intervalle des implants 60–100 cm. Pour la formation de brosses ou de peignes vivants, les pieux et les branches capables de rejets seront mis en place en rangs serrés, les uns à côté des autres et de façon à ce que la moitié ressorte. Les peignes doivent approximativement être placés transversalement à la direction d'écoulement, avec un angle d'inclinaison de 10 à 30° contre le courant et avec un espacement d'un mètre entre celle-ci.

> Matériaux

Perches, bois de saules rectilignes de 1–2 m de longueur et de 3–8 cm de diamètre.

> Calendrier

Seulement pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Ponctuels jusqu'à la consolidation linéaire. Les palissades s'enracinent profondément et intensivement dans le sol menacé

d'érosion. Sur les berges abruptes, les palissades protègent contre de nouveaux éboulements. Les brosses et les peignes retiennent les matériaux charriés par le cours d'eau et favorisent ainsi la formation d'un atterrissement au pied de la berge en glissement.

> Avantages

Rapides et simples à monter, aussi dans les sols profonds de loess, dans de la glaise et du limon. Protection préventive des berges. Atterrissement par la force naturelle de l'eau.

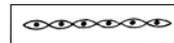
> Désavantages

Sécurité ponctuelle, respectivement linéaire; dans les fonds rocheux seulement sous certaines conditions. Rétrécissement du profil en travers par l'utilisation de brosses vivantes.

> Applications

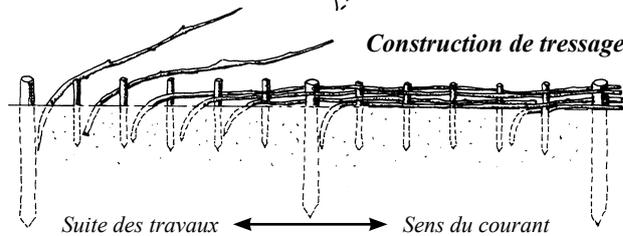
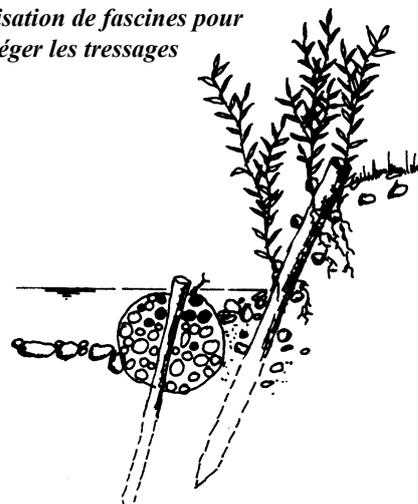
Dans les endroits humides des talus. Pour la plantation de futurs saules têtards. Mise en place de palissades, jouant le rôle de barrières de sécurité, sur les bords de routes raides et s'affaissant. Seule méthode de travail pour seuils transversaux dans des fossés de marais. Dans les zones d'arrachement de berges abruptes, les palissades ne doivent être enfoncées que jusqu'à 1 m au dessous de la ligne moyenne des eaux, sinon elles pourrissent. Dans les zones d'inondation, les bermes, les terrasses alluviales et combes inondées, les peignes conduisent, après atterrissement, à une forêt alluviale suivant la succession naturelle des plantes.

2.4 Tressage



Protection des berges contre les affouillements par l'utilisation de tressages et de lits de plançons

Utilisation de fascines pour protéger les tressages



> Description

De long pieux en bois ou en acier sont enfoncés de biais dans les berges ou les talus à des intervalles de 100–300 cm. Entre deux, on place à des intervalles de 30 cm de courtes boutures vivantes. Ensuite, on prend de longues branches souples de saule aptes à rejeter dont l'extrémité inférieure est plantée dans le sol, puis on les tresse autour des pieux à la façon du vannier. Le tressage doit être recouvert de terre à l'arrière pour que les branches puissent développer leurs racines et former des buissons. Les tressages totalement enfouis dans les sols poussent mieux que ceux qui sortent de terre. Les branches simplement couchées sur le sol se dessèchent et meurent. Les tressages peuvent être dressés en rangs horizontaux, diagonaux ou en nids d'abeilles. Pour les berges, on prévient l'affouillement par une protection du pied avec des lits de plançons ou des fascines.

> Matériaux

Rameaux vivants souples de diverses essences (saule de préférence), longueur 2–4 m, diamètre 2–5 cm; pieux en bois de 30–100 cm, diamètre 8–10 cm ou acier rond d'une longueur de 100 cm, diamètre 14–20 mm; matériel de remplissage derrière les ouvrages.

> Calendrier

Uniquement pendant la période de repos de la végétation; sans importance, si l'on utilise des rameaux sans vie.

> Effets

Consolidation de couches superficielles peu stables selon la nature des sols; peu efficace en profondeur; stabilise le terrain après formation des racines; protection contre les affouillements en utilisant des lits de plançons ou des fascines avec rétention des sols; réseau de racines écologiquement précieux. Pour éviter l'auto-ombrage on incline le tressage vers la pente.

> Avantages

Retient tout de suite le terrain dans les talus par la combinaison possible en escalier, bonne adaptation aux conditions de terrain existantes.

> Désavantages

Faible enracinement pour une utilisation importante de matériaux. Nécessité d'utiliser des rameaux longs et souples. Exige beaucoup de travail. Inutilisable dans des terrains pierreux ou rocheux; rétrécissement des profils en travers, ce qui nécessite de l'entretien.

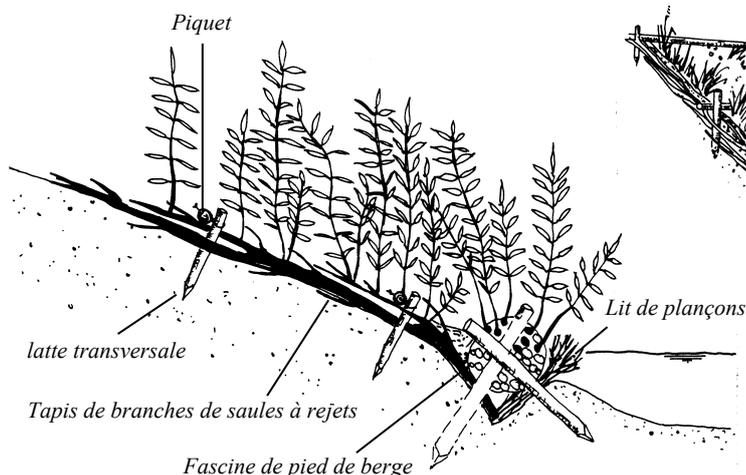
> Applications

Protection du pied de berge le long de petits cours d'eau; pour les petites réfections, peut aussi se mettre en escalier, berges sapeées où le boisement est clairsemé. Utilisable comme protection de pieds de berges en combinaison avec le tapis de branches à rejets. Dans des terrassements, combinaison avec fossés de drainage, fréquemment remplacé par des fascines de pente.

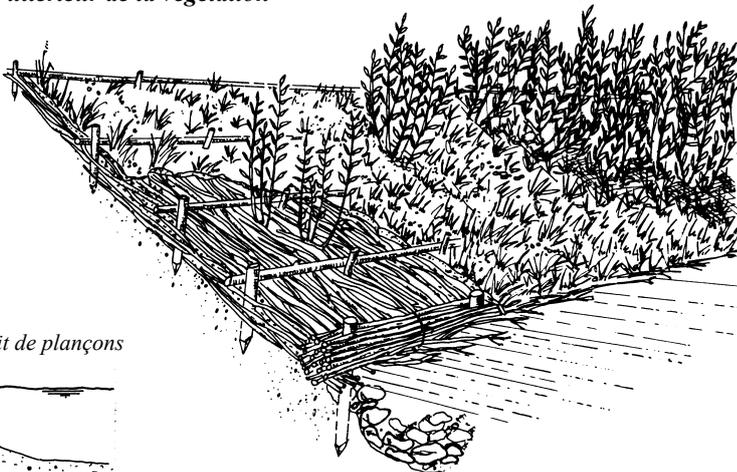
2.5 Tapis de branches à rejets



Tapis de branches à rejets avec fascines de berges et lit de plançons



Tapis de branches à rejets et développement ultérieur de la végétation



> Description

Sur une rive à protéger que l'on aura préalablement nivelée à un rapport 2:3, on dispose des branches vivantes et jusqu'à 50 % de branches mortes capables de faire des rejets en une couche assez épaisse pour recouvrir le sol. L'extrémité inférieure des branches est plantée dans le sol ou éventuellement dans le lit de la rivière. L'extrémité supérieure doit recouvrir la partie inférieure de la prochaine rangée. A une distance de 80–100 cm, on fixe solidement au sol les tapis de branches à l'aide de pieux, de fil de fer, de rameaux disposés transversalement, de fascines ou de tressages. Par ailleurs, avant de disposer les rameaux, il est indiqué d'enfoncer dans le sol (jusqu'à 20 cm) des pieux distants de 50 à 60 cm. Une fois les travaux terminés on recouvre le tout d'une fine couche de terre qui laisse encore apparaître les branches. Par la suite les branches et les rameaux prendront racine dans le sol. On protège le pied de berge afin que le tapis de branches à rejets ne soit pas emporté par le courant.

> Matériaux

Branches et rameaux, si possible longs de plusieurs mètres et droits, aptes à produire des rejets. On veillera à utiliser 10 à 30 branches vigoureuses par mètre de berge. Si le nombre de branches vivantes s'avère insuffisant, il est possible d'ajouter jusqu'à 50 % de branches mortes. Si l'on construit le tapis uniquement avec du matériel mort, on doit planter à travers le tapis de jeunes plantes ligneuses (matériel forestier). Matériaux de consolidation: pieux de longueur 50–150 cm et diamètre 4–8 cm, barres de diamètre 3–6 cm, fil de fer de diamètre 3 mm, matériel de fixation à recouvrir. Consolidation du pied au moyen de poutres, fascines ou empierrement.

> Calendrier

Principalement pendant la période de repos de la végétation. En été, le matériel vivant fait de saule doit être utilisé le même jour que sa récolte.

> Effets

Les tapis de branches à rejets couvrent tout de suite la surface du sol après leur mise en place. Ils protègent de l'érosion provoquée par l'effet des vagues. Plus les racines s'enfonceront profondément dans le sol, plus la stabilisation du terrain en profondeur sera améliorée. Soins par entaillage.

> Avantages

Utilisation de matériaux simples souvent présents sur place: les tapis de branches à rejets sont immédiatement efficaces, ils croissent bien et produisent beaucoup de racines. Le long des cours d'eaux, ils forment une ceinture flexible durable qui représente le stade pionnier du nouveau boisement de la rive.

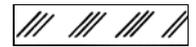
> Désavantages

Ils nécessitent beaucoup de matériel et de travail. Il faut consacrer un temps important à leur entretien, car la croissance des rameaux est dense et les autres plantes risquent de s'étouffer. Tendance à la monoculture de saule.

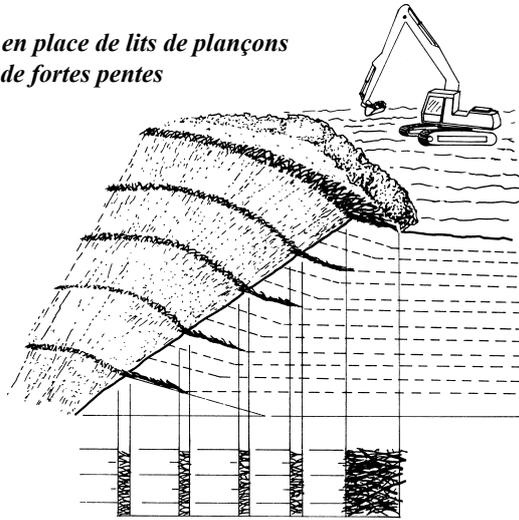
> Applications

Talus de rives menacés par l'eau courante, par principe au dessus de la ligne des eaux moyenne. En combinaison avec le tressage et d'autres moyens de protection des pieds de rives. Berges érodées dont les surfaces doivent être stabilisées. Le tapis de branches à rejets doit être complété par des plantations, afin de se transformer en association durable.

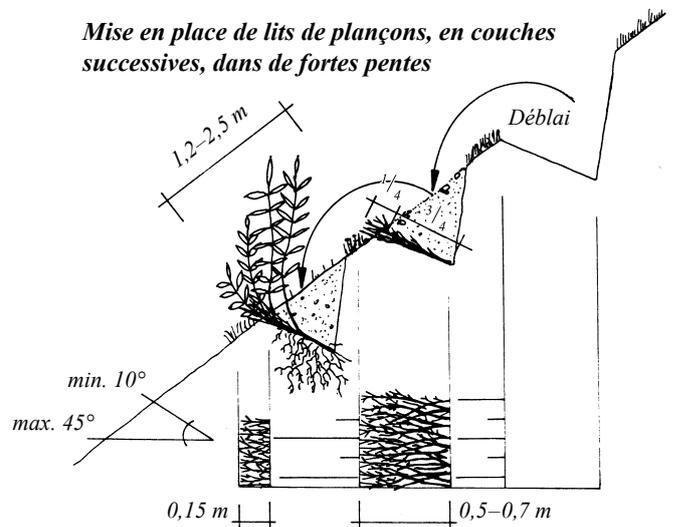
2.6 Lit de plançons



Mise en place de lits de plançons dans de fortes pentes



Mise en place de lits de plançons, en couches successives, dans de fortes pentes



> Description

Pour l'assainissement d'une pente sujette au glissement, des branches de saule seront posées de bas en haut sur de petites bermes, au min. à 50 cm de profondeur, compactées les unes contre les autres en les croisant, avec l'extrémité épaisse pressée dans le sol; elles seront ensuite recouvertes par les matériaux extraits de la prochaine berme supérieure. En remblai, on pose des branches de saule d'une longueur de 2 à 4 m et sur une surface légèrement inclinée vers l'arrière, on laisse dépasser les branches d'environ 10–20 cm. Ensuite on poursuit le remblayage et le compactage jusqu'à la prochaine rangée. L'intervalle entre les rangs est déterminé selon le matériel de remblayage, de la pente, de la stabilité et de la hauteur du remblai, jamais inférieure à 150 cm. Dans les pentes sèches, les rangées sont posées horizontalement, dans les talus humides, on les pose en biais. L'espace entre les lignes peut être boisé.

> Matériaux

Branches d'espèces ligneuses et leur ramilles, aptes à rejeter (le saule étant prédominant), diamètre 2–8 cm. Elles doivent être disposées à raison de 10 à 20 pièces par mètre. La pose des branches se détermine d'après la nature des sols: dans les sols compacts, branches plutôt courtes (env. 60 cm), dans les sols meubles et remblayés, branches plutôt longues (2–4 m). Dans les endroits où la croissance des plantes est particulièrement rapide, on peut utiliser jusqu'à 1/3 de branches mortes.

> Calendrier

Seulement pendant la période de repos de la végétation. En cas de plantation exceptionnelle pendant la période de végétation, les branches de saule seront coupées pendant la période de repos et conservées en entrepôt frigorifique à 5 °C, jusqu'à leur utilisation ou alors elles seront coupées à la fin de l'été, la veille de leur emploi.

> Effets

L'effet en profondeur existant déjà lors de la mise en place augmentera progressivement au cours de l'enracinement. Les matériaux tombés seront retenus par les branches qui s'enracineront à leur tour. Les lits de plançons réduisent la vitesse de l'écoulement des eaux sur les sols et évitent l'érosion par ruissellement. Ils diminuent les mouvements du terrain, l'érosion et l'éboulement. Même les lits de plançons éboulés continuent à croître.

> Avantages

Simple, meilleure méthode pour effet en profondeur efficace; les branches fortement ramifiées sont également utilisables. Encore plus simple et meilleur marché pour les remblais, parce que toutes les étapes de travaux peuvent être réalisées mécaniquement, sauf la pose des branches. Grande capacité de régénération lors de recépage.

> Désavantages

Ne se prête pas pour la retenue des terres végétales, seulement utilisable dans les sols aptes au travail. Facilement malade en monoculture, les saules ne supportent pas l'ombre. Après le recépage, les saules continuent à bourgeonner.

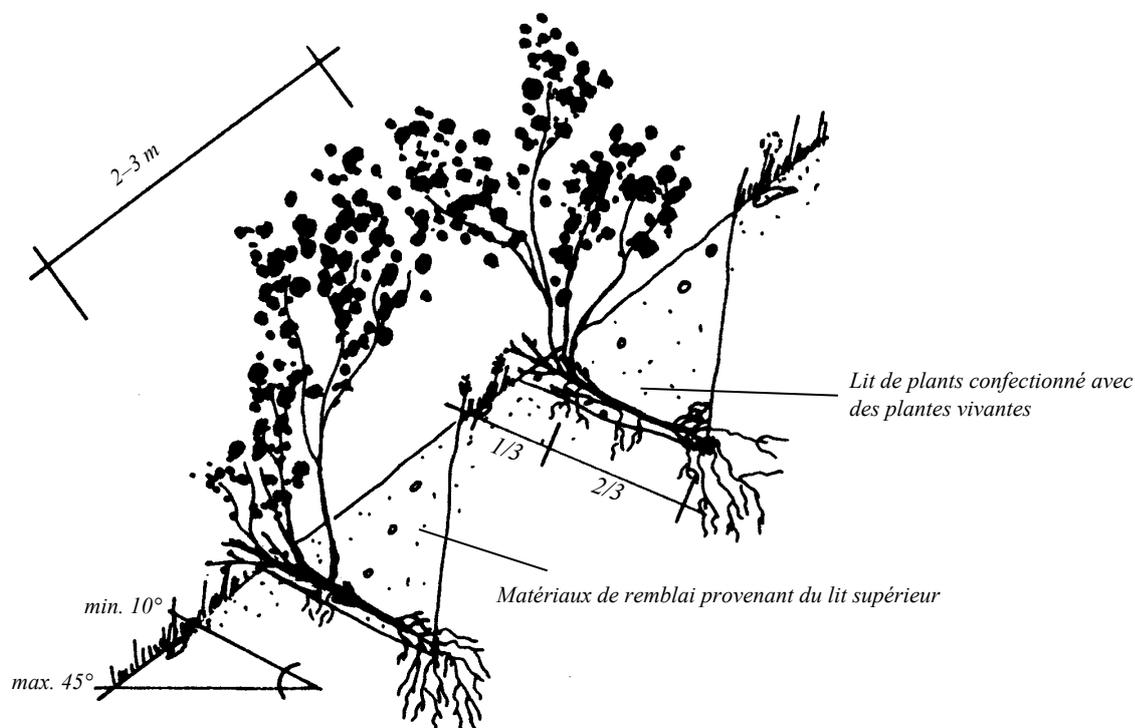
> Applications

La méthode de construction est efficace et une consolidation des sites extrêmes est obtenue rapidement, particulièrement dans les terrains instables, sujets aux chutes de pierres et sensibles à l'érosion. Seule méthode de construction armée pour les digues pendant le remblaiement. Dans l'aménagement de rivières, sert à la protection contre l'affouillement et au renforcement des fascines. Souvent en combinaison avec des moyens techniques auxiliaires. Végétation pionnière pour les communautés de plantes successives.

2.7 Lit de plants



Lits de plants dans les pentes talutées env. 60 cm



> Description

A environ 60 cm de profondeur, on pose en biais, sur des bermes inclinées vers l'arrière, des plants avec racines, serrés les uns contre les autres. Seulement un tiers de la longueur des plants doit sortir de terre. Dans les sols secs et pauvres en nutriments on posera de la paille ou de l'humus sur les plants. Ensuite, on recouvre le lit de plants avec le matériau extrait de la berme supérieure. Les végétaux ligneux sont taillés jusqu'à 10 cm. Dans les terrains secs, les lits de plants seront posés horizontalement et dans les terrains humides en biais, à une distance de 1 à 3 m sur toute la surface.

> Matériaux

Selon l'espèce, on enterre, tous les mètres, 5 à 8 jeunes plants ou embryons de 60–150 cm de longueur, issus de plants de feuillus capables d'enracinement et résistants à l'ensevelissement, par exemple, entre autres: aulne, érable, sorbier des oiseleurs, viorne, noisetier, épine vinette, troènes vulgaires. Accorder les espèces entre elles et d'après le lieu d'implantation.

> Calendrier

Seulement pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Le sol est consolidé tout de suite après la mise en place. Les tiges sont fixées au sol par la formation de racines sur toute leur longueur. Les plantes ombragent, activent, améliorent et raffermissent le sol. Les aulnes avec des nodosités et une décomposition du feuillage rapide ont un degré d'efficacité écologique hors pair. Une grande diversité des espèces et un emplacement correct permettent un peuplement durable.

> Avantages

Possibilité de créer une communauté de feuillus sans culture préalable, meilleur effet en profondeur par rapport à la plantation. Supporte mieux l'ombre que les saules.

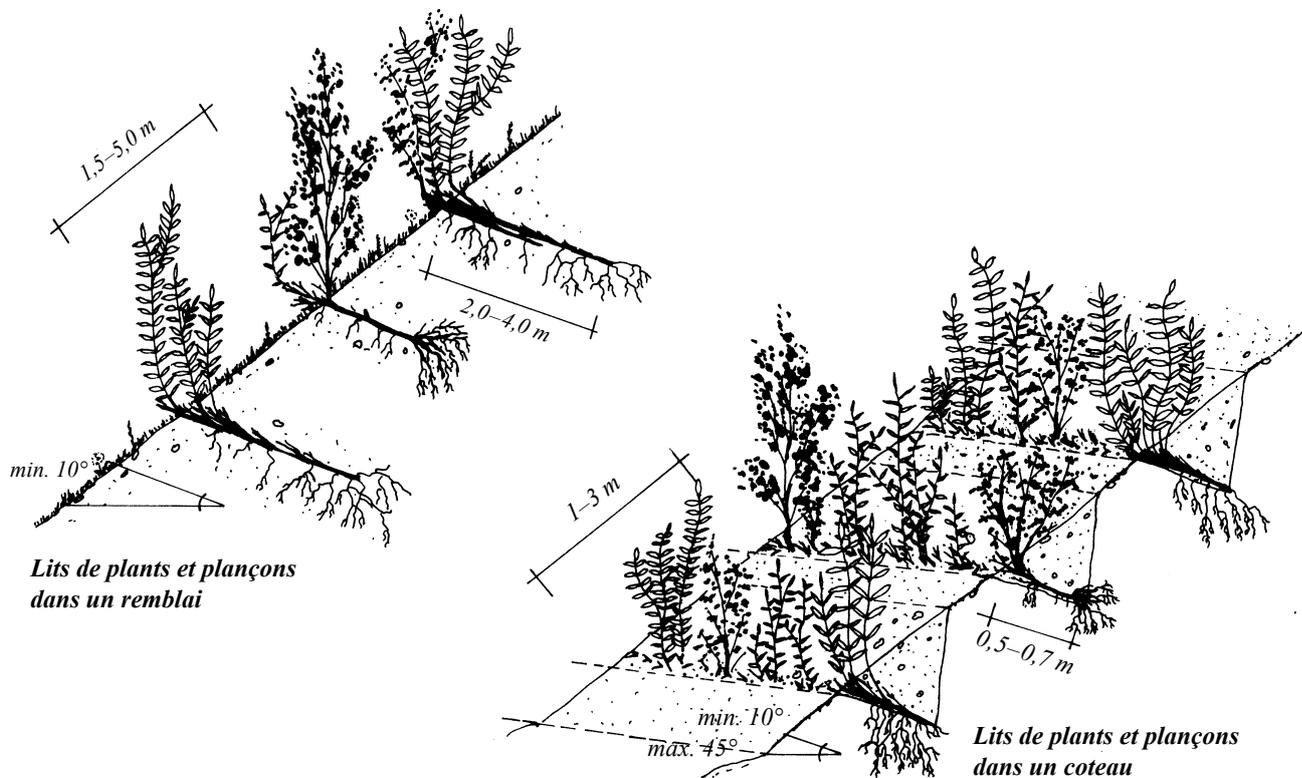
> Désavantages

Besoin élevés de plants, cher, convient seulement dans les sites propices, sur des sols fins, croissance plus lente que les lits de plançons, inapproprié sur des sols rocheux et caillouteux.

> Applications

Sur de bons sols, riches en nutriments, marneux, sablonneux où le stade pionnier par les saules peut être évité; sur des substrats pauvres en calcaire et où, du point de vue phytosociologique, il est hors de question de planter des saules. Souvent remplaçable par des méthodes meilleur marché.

2.8 Lit de plants et plançons



> Description

A flanc de coteau sur les rives présentant une couche de terre suffisante, on pose de bas en haut, sur de petites bermes, des branches de saule (plançons) et des plantes avec racines (plants). Il faut veiller à les mettre en ordre serré les uns à côté des autres, en les croisant; les recouvrir ensuite avec le matériau extrait de la berme supérieure. Sur les remblais, une solution consiste à disposer de longues branches de 2–4 m et un plant avec racines par mètre sur une surface inclinée vers l'arrière. On laisse dépasser les branches d'env. 10–20 cm, puis on continue à remblayer. La distance entre les rangées dépend du matériau de remblai, de la pente, de la stabilité et de la hauteur des talus.

> Matériaux

10 à 20 branches de saule avec ramilles, longueur 70–400 cm, et 1 à 2 jeunes plants ou embryons par mètre courant, longueur 60–150 cm. Les saules peuvent être remplacés par jusqu'à 50 % de branches mortes.

> Calendrier

Uniquement pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Les racines pénètrent rapidement et profondément dans les fonds instables. Cette méthode a un effet drainant, elle empêche l'érosion par ruissellement ainsi que les glissements de terrain. Cet aménagement permet d'obtenir une association de plantes riche en espèces et durable.

> Avantages

Aménagement réalisable à la main ou à l'aide de machines; pénétration profonde des racines. Avec la végétation pionnière, les plantes ligneuses adaptées au site sont introduites, en une seule étape de travail.

> Désavantages

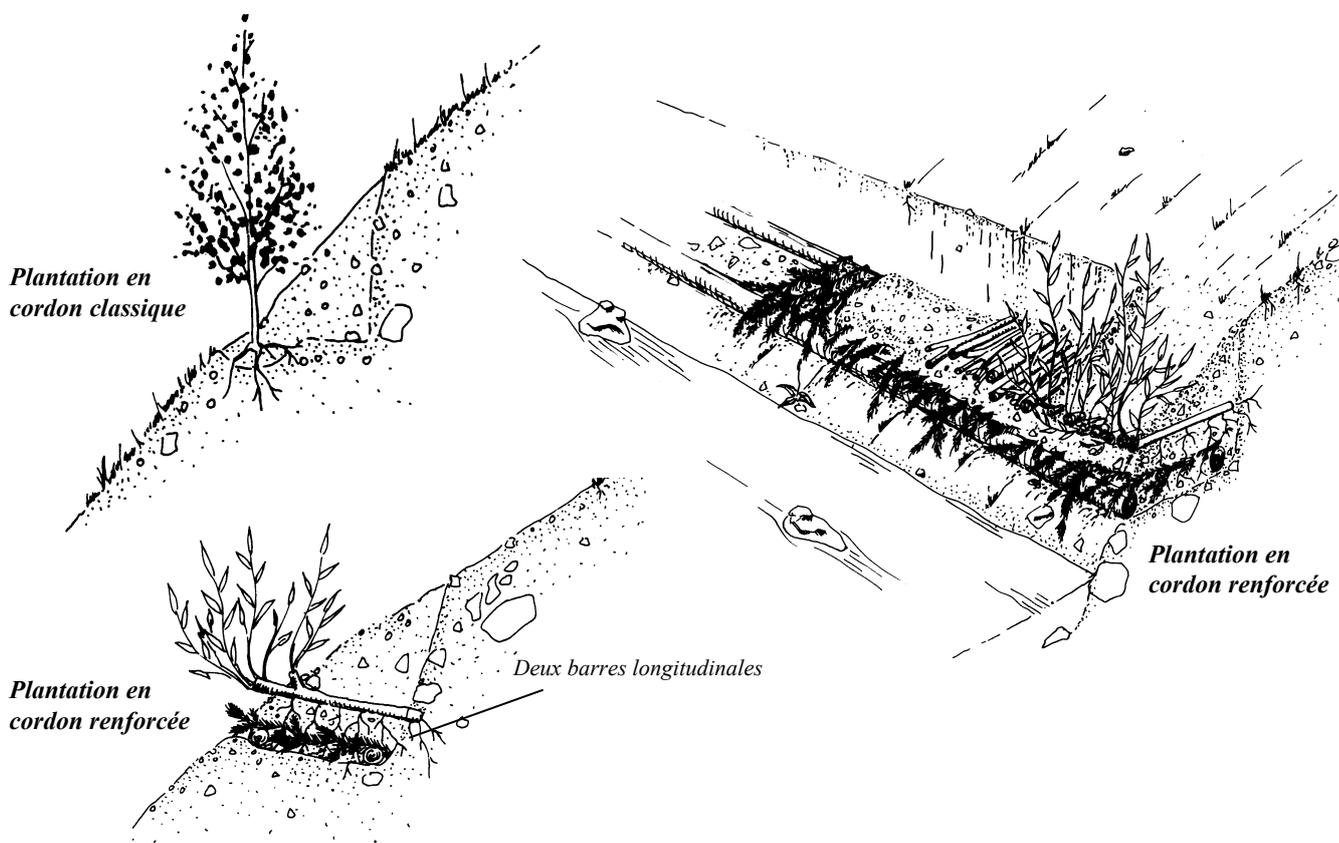
Au début, faible stabilité entre les rangées; les arbres peuvent s'étouffer dans les plançons. Pour empêcher cela, il est plus sûr d'exécuter une plantation entre les rangées.

> Applications

Niches d'arrachement hautes et raides; berges et pentes en terre friable qui nécessitent une stabilisation profonde; talus détrempés et pentes d'éboulement; parties endommagées avec une faible humidité du sol; nouveaux remblais aux endroits secs.

2.9 Plantation en cordon

811 811 811 811



> Description

Dans les plantations en cordon de forme simple, on plante les jeunes pousses dans de petites rigoles que l'on remblaiera par la suite. Dans une plantation en cordon renforcée on pose des longrines sur une banquette transversale recouverte d'un ballast en ramilles. On ajoute par-dessus une couche 10 cm de terre et l'on y pose les boutures de saule, serrées les unes contre les autres, qui croîtront et se développeront après le remblayage. Avancement des travaux, de bas en haut, en rangées horizontales avec un intervalle de 3 m env. L'espace entre les lignes peut être boisé.

> Matériaux

Construction en cordon simple: 2–3 jeunes plants ou jeunes plantes ligneuses tous les mètres; cordons renforcés: 1–2 barres jusqu'à 12 cm de diamètre; branches de résineux à poser, coupées à profondeur d'accotement; 10–25 boutures par mètre, 60 cm de longueur au minimum, une plante ligneuse/m².

> Calendrier

Seulement pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Amélioration du site par la rétention d'eau et par un lit végétal plat en gradin. Stabilisation de pentes instables par une base rigide en ramilles, très bonne consolidation du sol par les racines des boutures. Par la plantation en lignes rangées, celles-ci se protègent mutuellement de l'érosion hydraulique et éolienne. Avec la chute des feuilles, l'espace intermédiaire sera préparé pour les communautés de plantes successives.

> Avantages

Avec l'inclinaison des bermes dans les talus, bonne rétention d'eau dans les endroits secs. Renforcement des terrains sujets aux glissements.

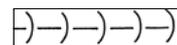
> Désavantages

Attention: l'eau ne doit pas s'accumuler sur les banquettes; les besoins en ramilles ne doivent pas endommager les forêts environnantes.

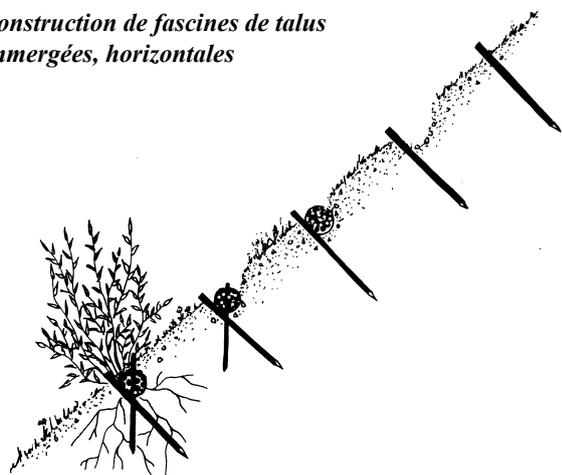
> Applications

Pour le reboisement de zones asséchées; pour la stabilisation des talus humides dans les sols argileux, marneux, schisteux. Intervention de plus en plus remplacée par des méthodes de construction plus rentables et plus efficaces.

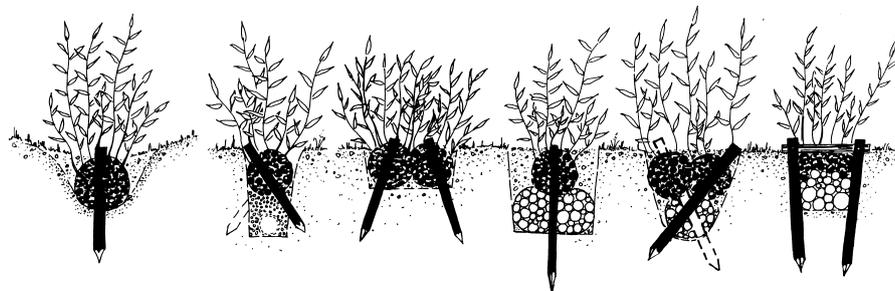
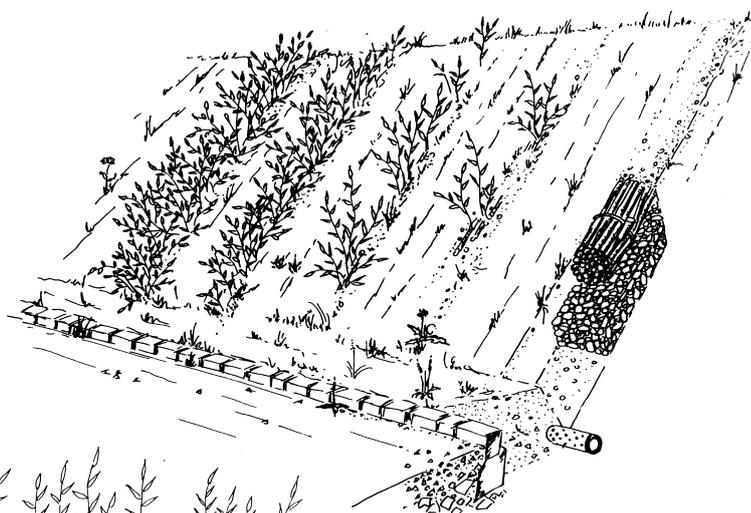
2.10 Fascine en talus



Construction de fascines de talus immergées, horizontales



Drainage biotechnique vertical



Diverses méthodes de construction de fascines vivantes drainantes

> Description

Les fascines de talus sont constituées de branches vivantes et/ou de baguettes mortes, roulées en fagots de 20–40 cm d'épaisseur et liées ensemble. On confectionne des tranchées de 30–50 cm de profondeur et de largeur et on pose les fascines (seules ou à plusieurs) dans les couches aquifères de la pente, horizontalement, en biais, verticalement ou en forme de Y. Les fascines seront attachées à leur extrémité ensemble et fixées au sol par des pieux en bois ou métalliques tous les 80–100 cm, traversant les fascines en biais. On recouvrira légèrement les branches de terre afin de favoriser leur croissance. Les fascines en talus peuvent être renforcées à l'aide d'un câble métallique que l'on fixe à un piquet massif à l'extrémité supérieure de la fascine.

> Matériaux

Branches de saule et jusqu'à 50% de branches mortes, diamètre 2–8 cm, longueur 2–4 m; fil de fer recuit de diamètre 2–3 mm, pas de fils galvanisés ou de rubans en plastique; un pieu de diamètre 3–5 cm tous les mètres, longueur 30–60 cm; ou 1 rond en acier diamètre 14–20 mm de diamètre. Fagotier (chevalet pour les fascines).

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation, év. durant la période de croissance.

> Effets

Les branches placées horizontalement favorisent l'accumulation de l'eau, tandis que placées verticalement ou inclinées, elles ont un effet drainant grâce à la capacité conductrice des branches. La grande consommation d'eau des plantes qui s'enracinent a pour effet de retirer l'eau des sols et ainsi d'éviter l'érosion. Première protection mécanique pour les ensemencements et plantations.

> Avantages

Exécution rapide et simple, drainage immédiat et durable; l'enracinement provoqué empêche une obstruction des drains.

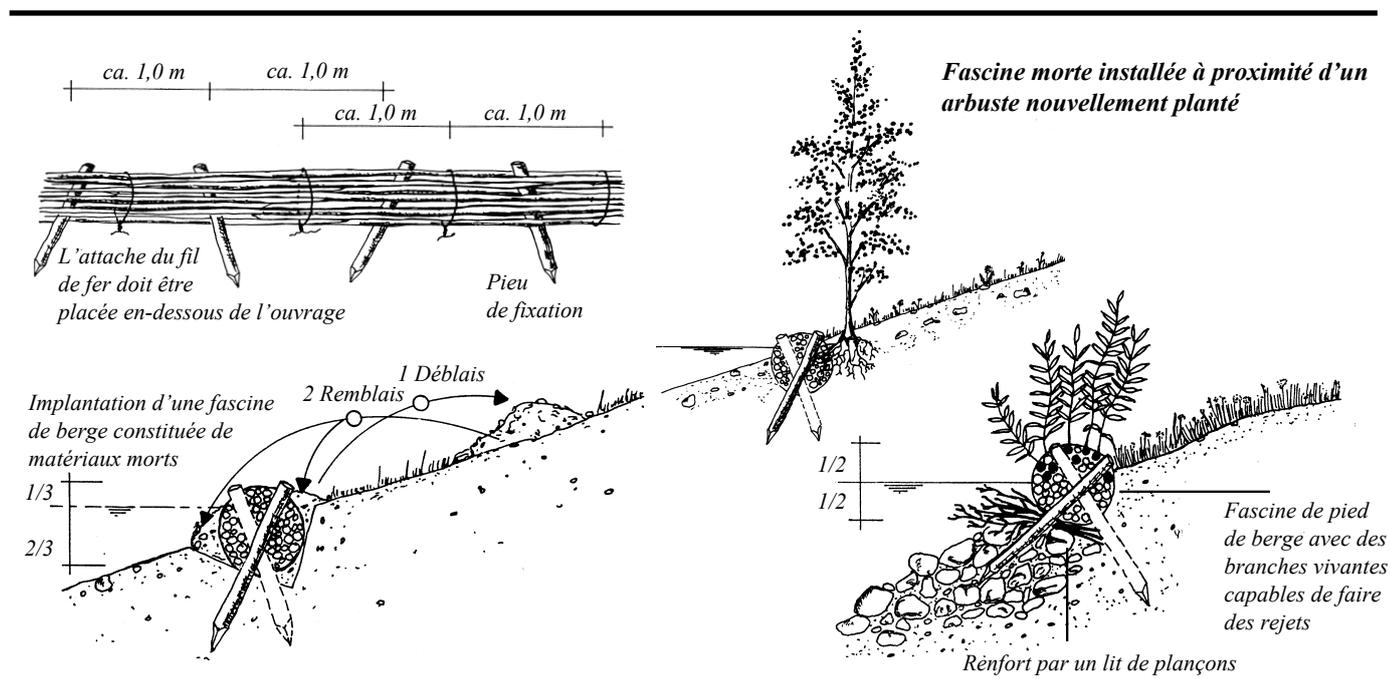
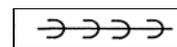
> Désavantages

Effet peu important en profondeur, sensible aux mouvements.

> Applications

Pentes accentuées, en terre meuble, endroits à croissance profonde, drainage peu profond de longs talus. Les fascines en talus peuvent également être utilisées pour la stabilisation des berges. Dans les habitats profonds et imperméables à l'eau, les fascines de talus sont combinées avec des fascines mortes. Branches, fagots de baguettes, gravier ou paquets de pierres ou encore tuyaux de drainage. Au dessus du drainage d'une pente, on doit canaliser les eaux de surface et, en dessous, le drainage des fascines est raccordé à l'émissaire.

2.11 Fascine de pied de berge



> Description

On coupe de longues branches de saule que l'on empile, en alternant, une fois à droite, une fois à gauche la base des tiges, à l'aide d'un fagotier; puis on les lie ensemble au moyen d'une corde (diamètre 20–40 cm). Tous les mètres, on les renforce au moyen d'un fil de fer ou d'une bande métallique. La fascine peut être constituée de 30 à 80 % de branches mortes. Ensuite, au niveau de la ligne des eaux moyennes, on excave de petites cuvettes dans lesquelles les fascines seront imbriquées les unes dans les autres. Selon le sous-sol, les fascines seront fixées tous les mètres, soit avec des pieux de saule, en bois ou métalliques. On remblaie l'arrière des fascines afin qu'elles puissent croître. Dans l'intention de les protéger contre les vagues ou l'affouillement, on peut aussi poser les fascines sur un lit de plançons en tenant compte du fait que les branches doivent dépasser les fascines dans l'eau de 20–50 cm.

> Matériaux

Branches de saule entières de 2 à 6 m de longueur avec ramilles et/ou rameaux d'autres espèces ligneuses capables de rejeter, et jusqu'à 80 % de branches mortes. Pieux en bois, diamètre 4–8 cm et 80–100 cm de longueur ou pieux en fer lorsque le sous-sol est graveleux, diamètre 14–20 mm et longueur 1–1,5 m, fil de fer recuit, diamètre 2–3 mm, ou bandes métalliques; fagotier, pince.

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation, excepté en cas de gel; en été, seulement en cas d'utilisation immédiate du matériel coupé.

> Effets

Protection efficace de la base des berges sur toute leur longueur. La croissance issue des fascines est le stade pionnier de la nouvelle forêt riveraine. Les nombreuses branches, par leur élasticité, réduisent la force du courant et des vagues et empêchent ainsi les dommages aux rives. Après l'enracinement et la croissance, l'effet s'accroît par la formation de rideaux de racines. Par ailleurs, l'enracinement des fascines au pied des berges renforce les talus. Les branches de saule entaillées renforcent l'effet des fascines.

> Avantages

Protection immédiate des berges, rapide et simple à construire; plus longue efficacité que des fascines mortes parce qu'elles s'auto-régénèrent; dans la plupart des cas, le matériel de construction est fourni sur place; bon marché.

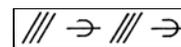
> Désavantages

Dans la plupart des cas, seulement réalisable pendant la période de repos de la végétation, soins intensifs car taille sélective; rétrécissement du profil en travers, de ce fait il faut prévoir plus de place pour l'écoulement des eaux.

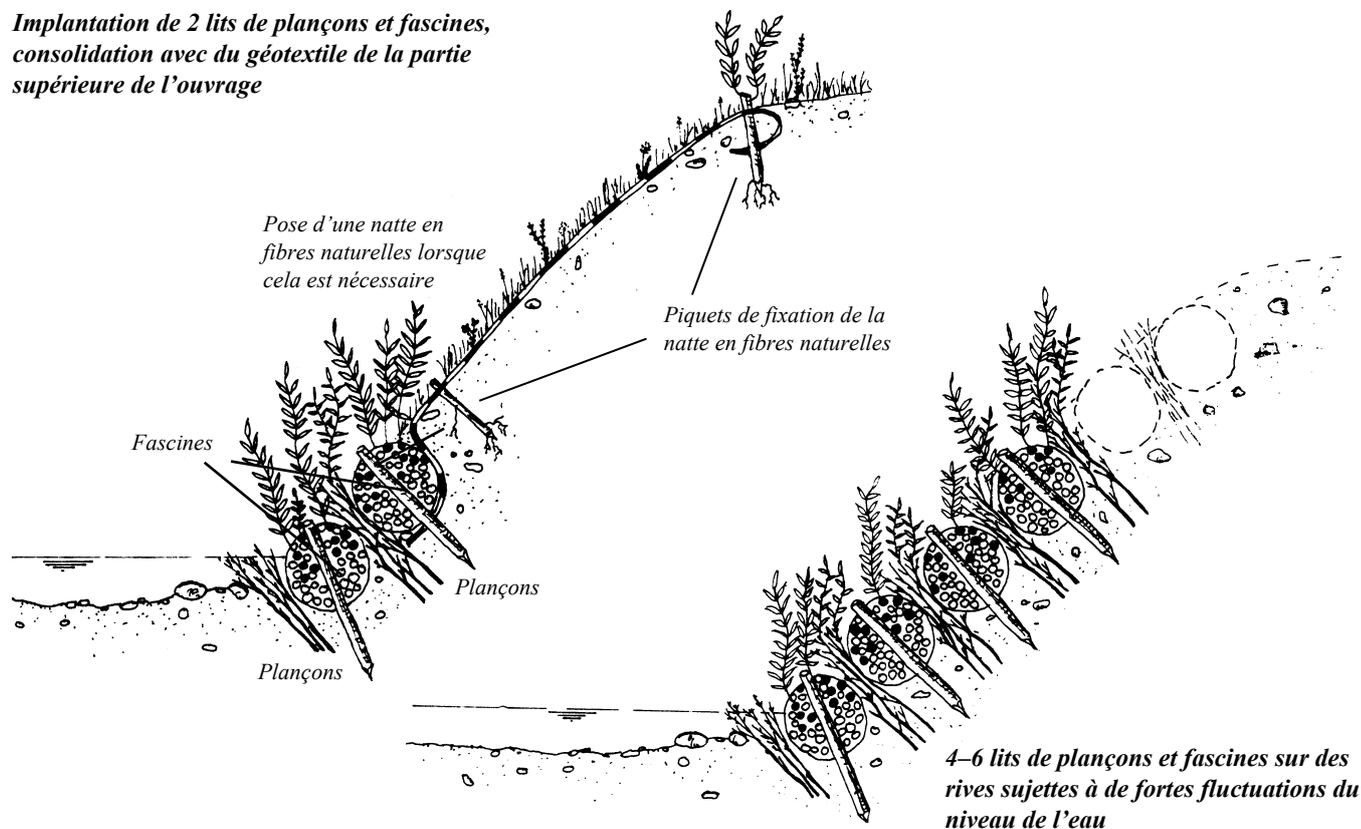
> Applications

Pour le soutien des berges érodées. Protection de rives de cours d'eau qui, pendant trois mois au moins lors de la période de végétation, permettent aux fascines d'être hors de l'eau. Avant tout en combinaison avec d'autres moyens de consolidation des rives: engazonnement, tapis de branches à rejets, tressage, fascines en boudin lestées, fascines mortes, talus protecteurs en herbe, plantation.

2.12 Fascines et plançons



Implantation de 2 lits de plançons et fascines, consolidation avec du géotextile de la partie supérieure de l'ouvrage



> Description

On dispose des plançons faits de branches mortes et vivantes (10–20 cm d'épaisseur) à la base des berges en pente, sur lesquels on fixe par des pieux des fascines que l'on remblaie par derrière. On les alterne les unes sur les autres autant que possible. On pose, profondément dans le sol ou sous l'eau, de nombreuses fascines constituées de branches mortes. Puis, on place des blocs d'enrochement sous la ligne moyenne des eaux au pied de la berge menacées par l'affouillement. Si nécessaire, un géotextile est placé au-dessus et on procède à un boisement.

> Matériaux

Branches de saule et jusqu'à 80 % de branches mortes comportant toutes les branches secondaires, longueur à choix, taillées à profondeur utile; fil de fer recuit d'un diamètre de 2–3 mm, piquets de 60–120 cm de longueur et de 3–8 cm de diamètre; pierres au dessous de la ligne moyenne des eaux; géotextiles, végétaux ligneux.

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

La fascine a la faculté de bouger sur les plançons, elle guide l'eau et évite l'érosion dans le sens longitudinal. Les plançons freine la vitesse du courant et ancre l'ouvrage dans la rive. Ainsi, les protections en saules tiennent par elles-mêmes aux rives concaves, lors de crues.

> Avantages

Bien meilleur marché qu'un ouvrage en dur. Tout de suite efficace, méthode naturelle, offrant résistance aux grandes forces tractives.

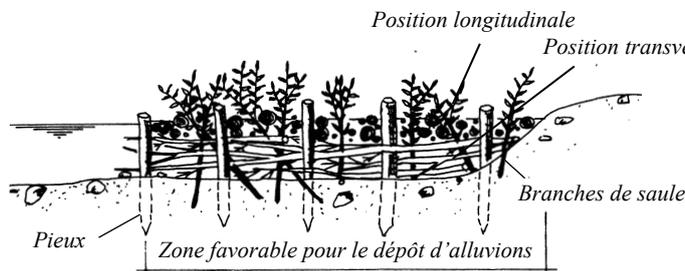
> Désavantages

Travail intensif, seulement réalisable pendant la période de repos de la végétation, grands besoins en saules. Rétrécissement du profil en travers par la végétation.

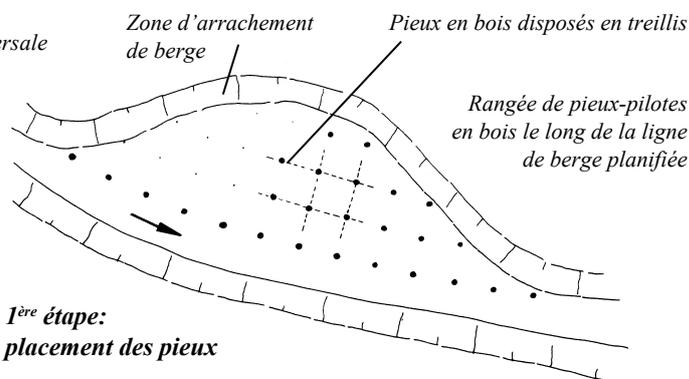
> Applications

Réfection de niches d'arrachement importantes en eau profonde. Afin de renforcer les berges d'affouillement, se combine avec des empierrements, des ouvrages en bois et des fascines à noyaux. Consolidation de talus dont la pente ne peut plus être adoucie ou de futaies de valeur.

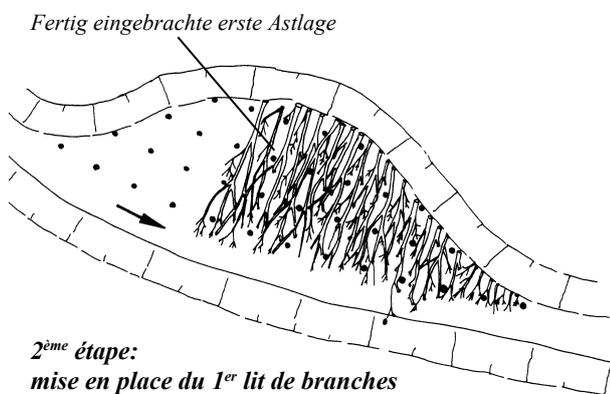
2.13 Treillis de branches



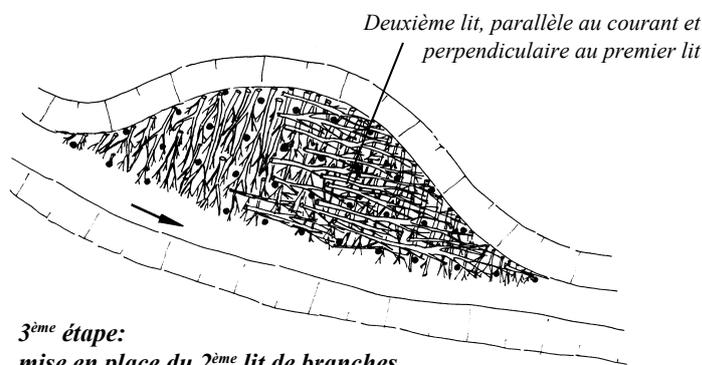
Coupe transversale d'un treillis de branches



1^{ère} étape:
placement des pieux



2^{ème} étape:
mise en place du 1^{er} lit de branches



3^{ème} étape:
mise en place du 2^{ème} lit de branches

> Description

Une rangée de pieux en bois est plantée le long de la berge à aménager. Dans la partie érodée qui se trouve à l'arrière, on dépose des branches mortes et vivantes longitudinalement et transversalement de façon à former une grille. Des branches avec rejets sont plantées dans le sol. La couche de base peut aussi être constituée par des arbres entiers. Si le matériau de remplissage fait défaut, il est indispensable de maintenir les branches par du fil de fer.

> Matériaux

Pieux en bois, 5–10 cm de diamètre et 120–300 cm de longueur, selon la profondeur de l'érosion. Placer 1 pièce par mètre sur la bordure originale de la berge. Matériau buissonnant de tout genre, branches de saule vivantes avec ramilles; éventuellement des pierres ou cailloux servant de lest, ou du fil de fer recuit de 3 mm de diamètre afin d'attacher fermement les ouvrages en branches.

> Calendrier

En toutes saisons; placer les branches de saules pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Les branches posées en travers et en long (tresses) donnent une grille stable et compacte. L'eau qui passe sur cet ouvrage

pendant les crues est ralenti de telle manière que les matériaux en suspension se déposent, comblant peu à peu les parties affouillées. Les saules forment une végétation pionnière, d'autres essences poussent d'elles-mêmes par la suite et stabilisent le terrain par leurs racines.

> Avantages

Mesures rapidement mises en place dans les niches d'arrachement et bon marché. Abris pour les poissons.

> Désavantages

Afin de garder une variété d'habitats différents, il ne faut pas aménager chaque niche d'arrachement. Comme l'ouvrage en branches présente une apparence désordonnée, il n'est pas reconnu en tant que tel et de ce fait, est souvent enlevé ou brûlé.

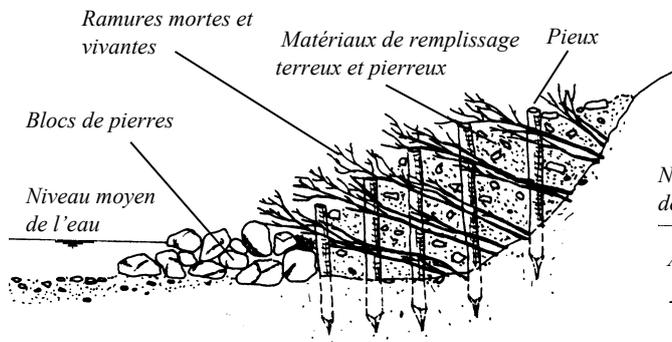
> Applications

D'importantes niches d'arrachement le long de cours d'eau transportant des alluvions peuvent être comblées par la seule action de l'eau et être végétalisées. Pour les plus grandes niches d'arrachement, un treillis en branches suffit au début. En aval, de légères traverses buissonnantes ou des brosses vivantes peuvent être confectionnées. La rangée de pieux pilotes du côté de l'eau peut être protégée par un apport de pierres.

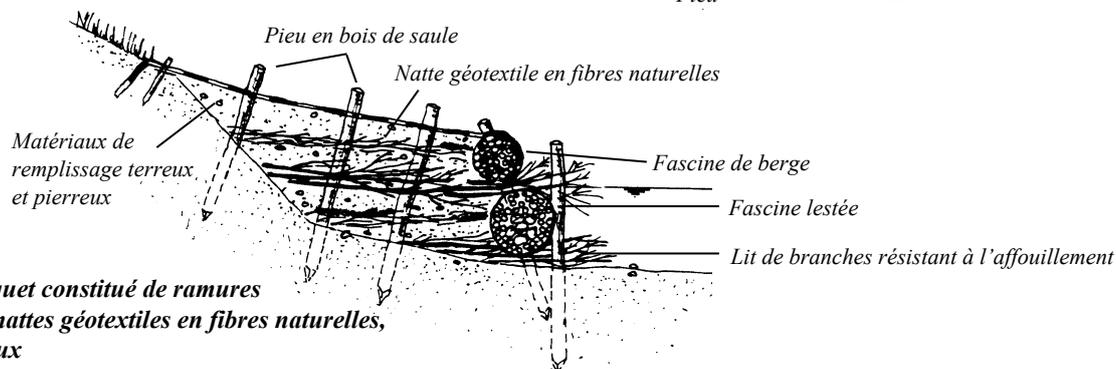
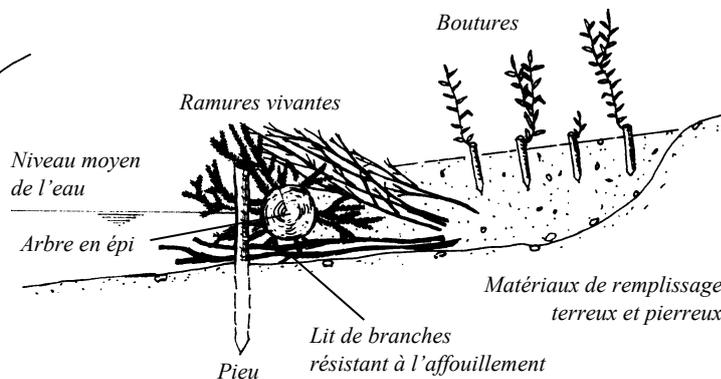
2.14 Ouvrage en paquet



Ouvrage en paquet constitué de ramures vivantes et de matériaux de remplissage, fixé par des pieux



Ouvrage en paquet avec arbre en épi et boutures



Ouvrage en paquet constitué de ramures vivantes et des nattes géotextiles en fibres naturelles, fixé par des pieux

> Description

Le long d'une rive à réaménager on dispose, perpendiculairement à l'écoulement, par couches successives, des branches vivantes et du matériau de remblai. Afin d'éviter qu'ils soient emportés par le courant, les ouvrages en paquet seront fixés à l'aide de pieux. Pour augmenter la rugosité au pied de la berge et ainsi éviter l'affouillement on y pose un arbre en épi, disposé dans le sens du courant. Aussi consolidable avec des fascines et des géotextiles.

> Matériaux

Arbre en épi, arbres abattus de toutes sortes, longueur 3–10 m; treillage de branches diverses (50% saule), longueur 2–4 m avec toutes leurs ramilles; matériaux de remplissage convenant à la rive, pieux pointus, respectivement barres de fer de différentes longueurs et épaisseurs, fascines, filets de coco.

> Calendrier

En tout temps, boutures et branches de saule vivantes pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Les endiguements en paquet freinent fortement la vitesse de l'eau en raison de leur rugosité et permettent ainsi aux

matériaux de se déposer. On peut également obtenir des changements radicaux de la ligne principale du courant. Les saules forment des racines qui renforcent l'endiguement à long terme. Dans les caches et les rideaux de racines qui se forment par la suite, de nombreux animaux aquatiques y trouveront un abri.

> Avantages

Facilite le dépôt de matériaux, efficace contre les niches d'arrachement, élastique, bon marché.

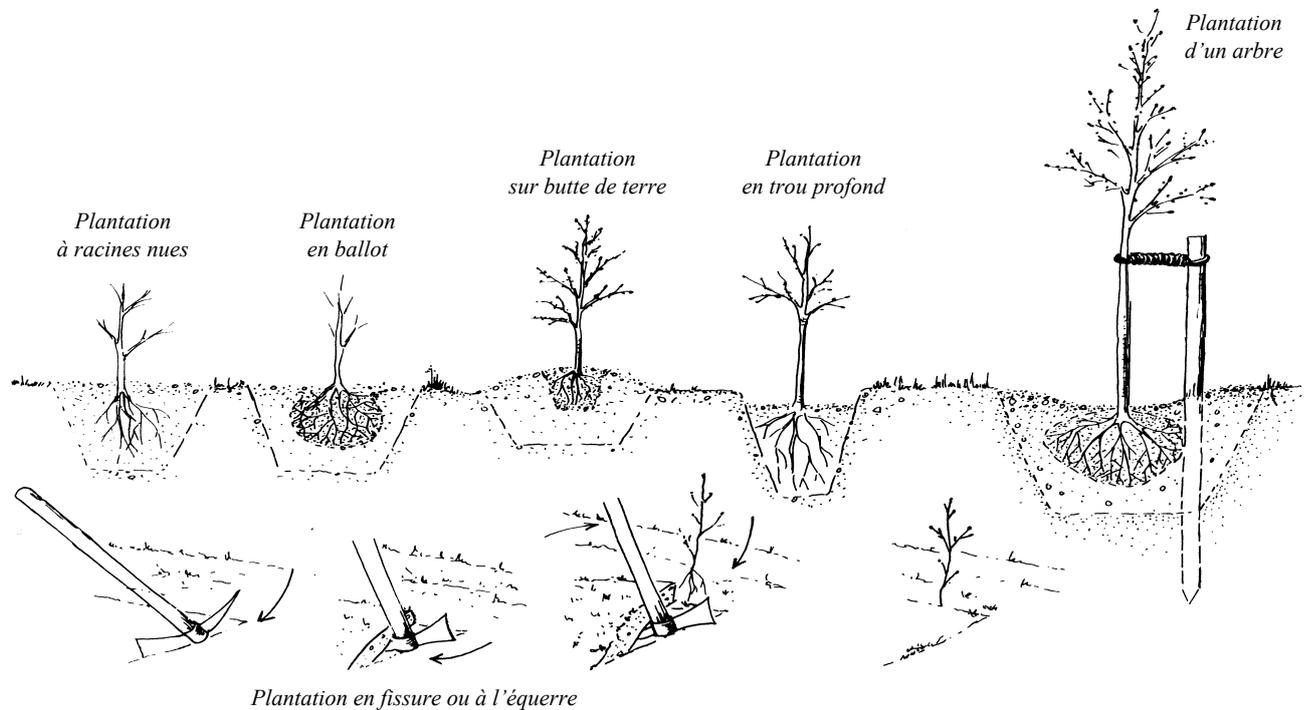
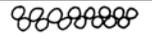
> Désavantages

Sur des berges sapées, l'endiguement ne protégera pas contre l'arrachement pendant la première phase de croissance. Seulement pour les cours d'eau transportant une charge sédimentaire.

> Applications

Type de construction très stable avec effets immédiats pour remblais, affouillements profonds et réfection de berges effondrées. Aussi employé pour les lacs ou rivières comme ouvrages émergents en épi ou palissades filtrantes.

2.15 Plantation d'espèces ligneuses



> Description

Les plants ligneux préalablement cultivés pour la plupart dans des pépinières seront, selon leurs espèces, ainsi que les conditions inhérentes au site, plantés selon les illustrations ci-dessus. La distance entre les plants dépend de leur dimension, mais généralement 1 plant par m². Les plants de grande dimension seront soutenus par un pieu.

> Matériaux

Embryons ou arbustes plusieurs fois transplantés ou arbres indigènes provenant du site même, en général plants forestiers d'une hauteur de 60–100 cm, feuillus à racines nues, plants sensibles en pot ou en container. Outils: pelles ou bèches, éventuellement pics, ciseaux, tuteurs, nattes de coco, mailloche.

> Calendrier

Durant la période de repos de la végétation. Toute l'année en cas de plants en motte ou en container.

> Effets

Initialement, seulement des effets ponctuels; après la formation de la ramure, assure l'ombrage du terrain et amélioration du sol grâce à la chute des feuilles. On peut planter toutes les espèces à racines nues dans les stations sans problème, dans le but d'établir une communauté close. Pour la plantation en ballot, on évitera que les mottes perdent leur humidité spécialement pendant les transports. Par la plantation en bouquets (2–3 plants par trous) on garantit une action contre l'érosion efficace, car au moins un

plant sur trois se développera. Les plantations en pot ou container peuvent intervenir en tout temps dans l'année. Les plantations en fissure et à l'équerre peuvent être rapidement effectuées en grosses quantités avec une pioche de pépiniériste, instrument qui ne blesse que très peu la surface du sol. Pour les plantations en trous, selon la situation de la station on enlève la végétation concurrente, on excave des trous ou on remue le sol. Sur les terrains humides, des trous sur des monticules de terre sont à prévoir tandis que sur les terrains secs et compacts, on creusera des trous en profondeur. Pour la plantation d'arbres, on n'utilise que des espèces cultivées en pépinière.

> Avantages

La plantation d'espèces ligneuses prépare l'association finale. L'objectif est la constitution d'une forêt.

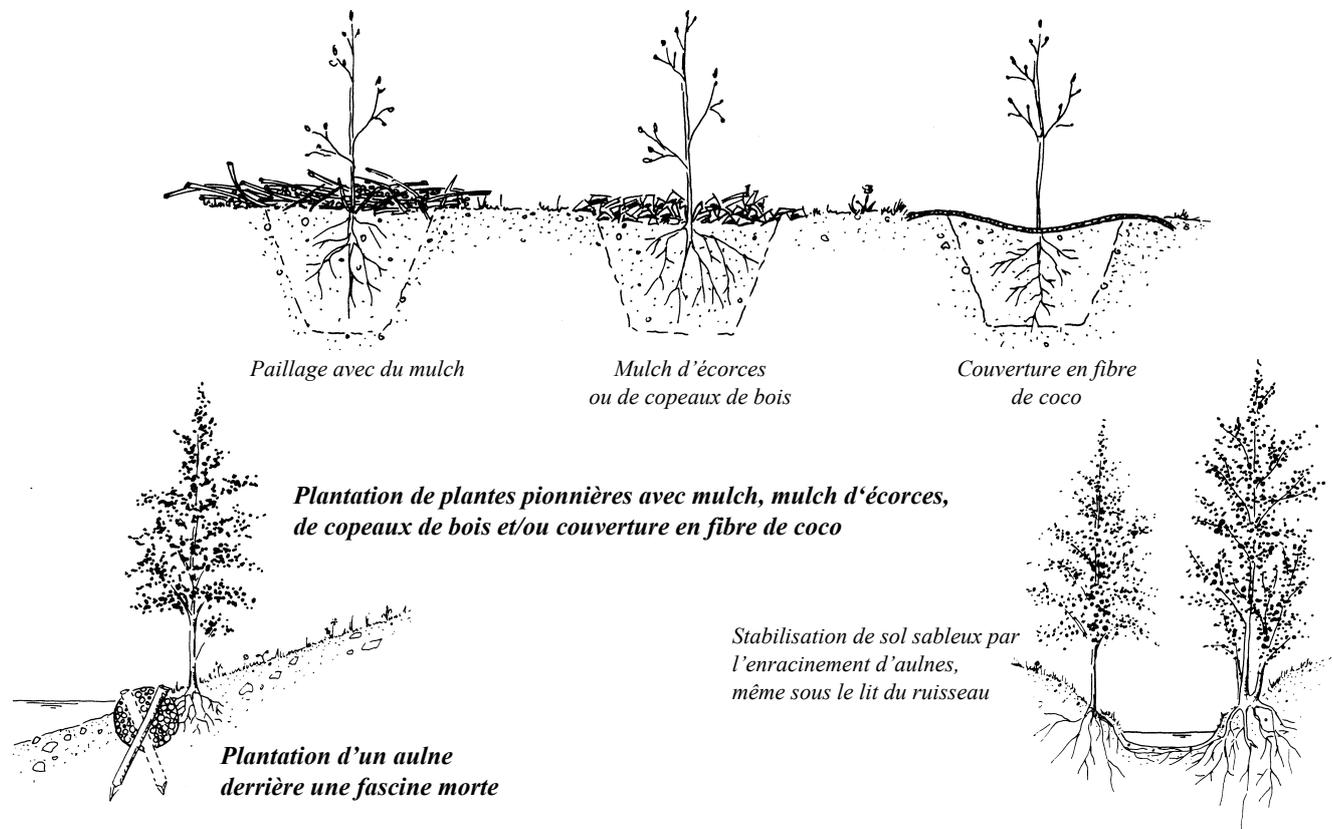
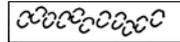
> Désavantages

Par le choix de mauvaises espèces, la succession naturelle peut être interrompue. Technique non adaptée pour des sols bruts et sans humus.

> Applications

Ouvrages complémentaires du génie biologique, venant des communautés pionnières. Plantation dans des situations extrêmes et qui ne peuvent s'arboriser par elles-mêmes. Permet l'aménagement du paysage, l'arborisation des rives, l'intégration des ouvrages.

2.16 Plantation de plantes pionnières



Paillage avec du mulch

*Mulch d'écorces
ou de copeaux de bois*

*Couverture en fibre
de coco*

*Plantation de plantes pionnières avec mulch, mulch d'écorces,
de copeaux de bois et/ou couverture en fibre de coco*

*Plantation d'un aulne
derrière une fascine morte*

*Stabilisation de sol sableux par
l'enracinement d'aulnes,
même sous le lit du ruisseau*

> Description

Sur les sols bruts (sans humus) on plante des espèces ligneuses (espèces pionnières des sols bruts) avec pour fonctions la colonisation primaire et la préparation du sol pour les espèces suivantes. Afin de protéger les plantes (1 par m²) de la sécheresse, on les met dans des trous que l'on remplit de terre, puis on les recouvre de paille humide ou d'autre matériel fait de mulch. Ces matériaux ne doivent pas être en contact avec les racines. Le paillage protège les espèces ligneuses pionnières de l'invasion des mauvaises herbes. Pour faire pousser des végétaux ligneux dans des sols pierreux dans la ligne moyenne des eaux, on les plante derrière une fascine morte arrimée.

> Matériaux

Plants issus de semis d'un à deux ans ou plants des espèces pionnières suivantes: aulnes, saules, bouleaux, peupliers selon les conditions de la station; matériaux de mulch: paillage, roseaux, cellulose, copeaux de bois, manchons en fibre de cocos, couches de paillage; fascines mortes.

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation, le mieux au début de la période de végétation.

> Effets

Les plantations pionnières améliorent le terrain grâce à la chute des feuilles qui enrichissent le sol en substances azotées par l'action des bactéries. Ainsi les conditions de vie pour les futures colonies de plantes sont améliorées. Les aulnes sont les seules espèces ligneuses qui croissent dans les sols sableux et dont les racines s'enchevêtrent au fond des lits des ruisseaux qu'il est alors inutile de fixer.

> Avantages

Le paillage, dans son action de couverture, réduit la croissance de l'herbe, et surtout évite la fauche. Les plants ne doivent pas être attachés à un tuteur.

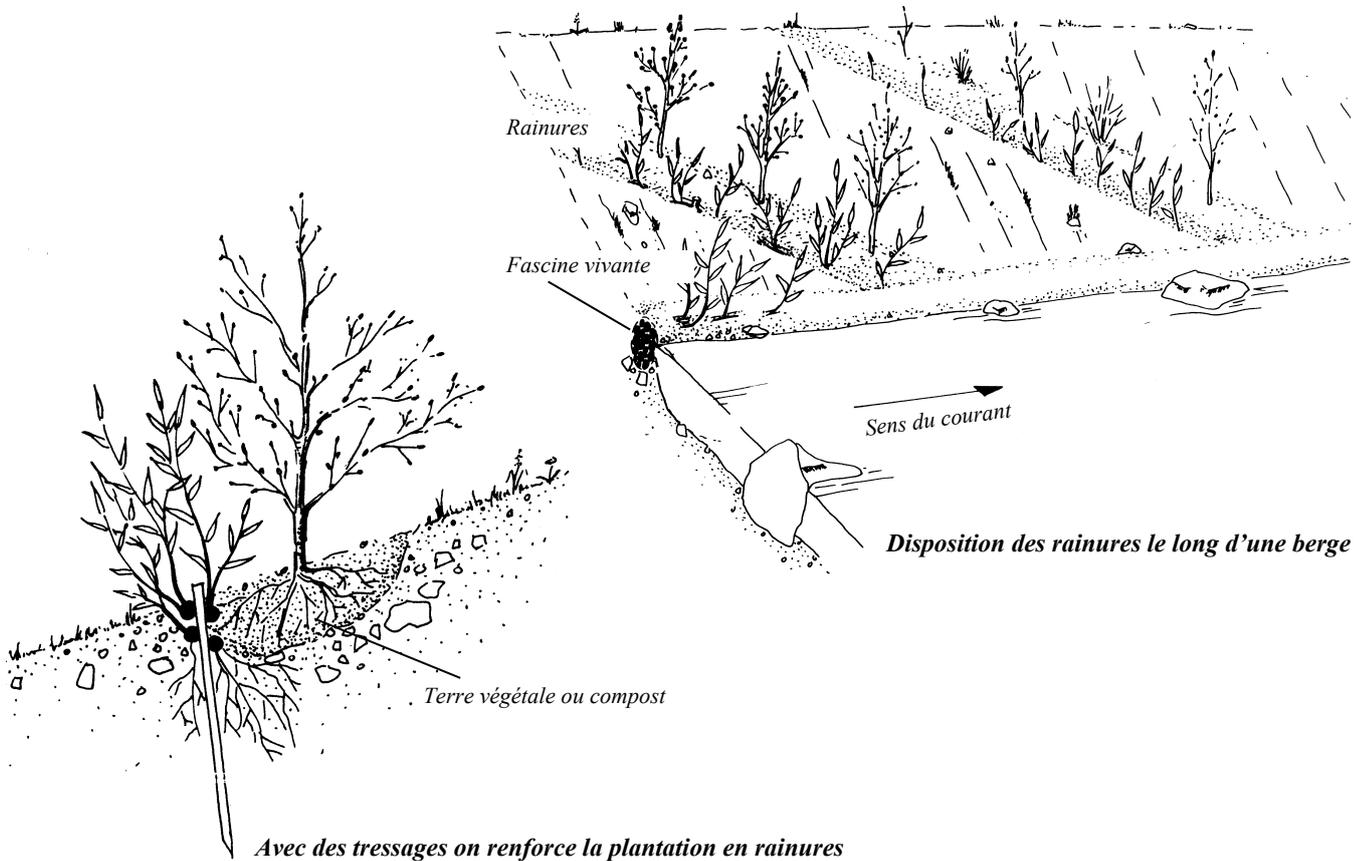
> Désavantages

Technique de consolidation des sols uniquement à utiliser en complément avec d'autres méthodes de construction ou de revitalisation. Prendre garde aux souris!

> Applications

Sur les talus, les remblais, éboulements, berges privées d'humus par exemple, avec des plantations d'aulnes le long de la ligne moyenne des eaux et à 1 m de distance en arrière des fascines mortes. Entre également dans d'autres méthodes de construction, par exemple lit de plançons, semis.

2.17 Plantations à rainures



> Description

Dans les talus à revitaliser, on creuse obliquement dans la pente des tranchées assez larges (30–60 cm), de la profondeur d'une bêche (environ 30 cm). Au fond des excavations, on peut y fixer des fascines ou des tressages de sorte que l'apport d'humus puisse se fixer ultérieurement. On y plante des espèces ligneuses choisies en fonction du site.

> Matériaux

Espèces ligneuses adaptées à la station, de jeunes pousses sylvicoles, 1 à 2 pièces par mètre linéaire. En cas de danger de glissement on ajoutera des fascines ou des tressages, et de la terre végétale, environ 0,05 m³/m².

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation ou au commencement de la période de végétation.

> Effets

Au commencement, les plants ligneux prospèrent mieux dans la terre végétale que dans les sols bruts. La disposition oblique des rangées a un effet drainant et en même temps un effet de retenue de l'eau au fond des fosses. Les fascines en saule renforcent les fosses. En période de hautes eaux, les plants ligneux s'inclinent dans le sens du courant, l'ouvrage buissonneux réduisant la vitesse du courant.

> Avantages

Bonne combinaison de l'irrigation et du drainage, faible apport de terre végétale, car il n'est pas nécessaire de recouvrir toute la surface du talus.

> Désavantages

Technique utilisable seulement sur talus de faible déclivité, non applicable aux talus pierreux.

> Applications

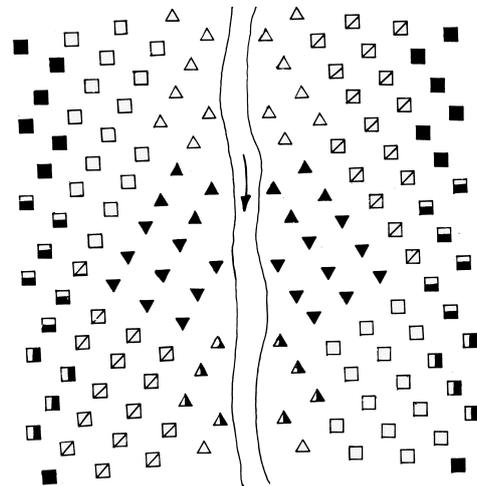
Pour surfaces humides, à faible pente, particulièrement sur les sols profonds menacés par l'érosion; berges en pente, bords de routes.

2.18 Boisement



Schéma de plantation:

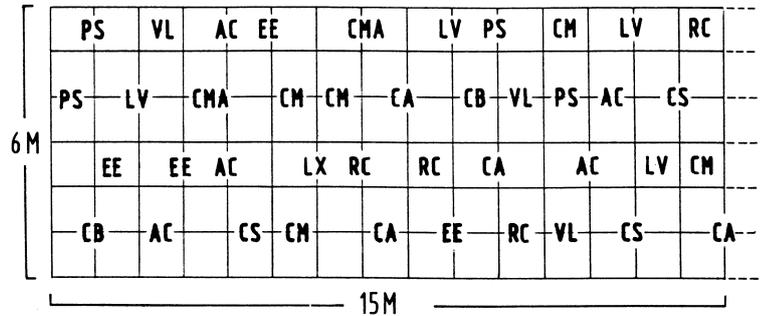
Combinaison des variétés le long d'un cours d'eau



■ Chêne	10 %	△ Viorne	11 %
▣ Cerisier	8 %	▼ Aubépine	12 %
▤ Erable sycomore	6 %	▲ Fusain	5 %
▥ Aulne noir	23 %	▲ Saule pourpre	5 %
□ Saule fragile	20 %		

Schéma de plantation:

Plantation serrée des arbustes



AC	Acer campestre	12 %	LV	Ligustrum vulgare	10 %
CA	Corylus avellana	10 %	LX	Lonicera xylosteum	2 %
CB	Carpinus betulus	5 %	PS	Prunus spinosa	10 %
CMA	Cornus mas	5 %	RC	Rosa canina	10 %
CS	Cornus sanguinea	7 %	VL	Viburnum lantana	7 %
CM	Crataegus monogyna	12 %			
EE	Euonymus europaeus	10 %	CV	Clematis vitalba (en plus)	

> Description

Toute zone de végétation peut se développer en boisement. Pour accélérer le processus de croissance de cette formation, on procédera à la plantation des espèces conformes à la station, sitôt après la stabilisation de la surface. Dans les zones riveraines, on prendra soin de laisser un espace libre suffisant entre la plantation et l'eau.

> Matériaux

Arbustes et arbres indigènes adaptés à la station, prélevés en pépinières, si possibles plants jeunes avec un appareil bourgeonneux robuste, 0,5–1 pièce par m². Arbustes: cornouiller, troène, fusain, chèvrefeuille, noisetier, groseillier, surtout bourdaine, viorne, prunellier, aubépine rosier, saulesbosquets, etc. Arbres: chêne, érable, tilleul, frêne, hêtre, aulne, bouleau, sorbier des oiseaux, cerisier, merisier à grappe, charme, peuplier, mélèze, épicéa, sapin, pin, saule arboricole, etc.

> Calendrier

Seulement pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Croissance rapide de la végétation naturelle potentielle, au début effets ponctuels uniquement, ensuite extension intégrale sur toute la superficie. Au bord de l'eau se forme un rideau de racines qui protégera la berge de l'érosion. Le développement

du feuillage constitue un meilleur ombrage pour l'eau et conduit à une réduction de la température. Ainsi on évitera la croissance de végétation herbacée dans l'eau, sous les arbres et les arbustes.

> Avantages

Rapide évolution vers le stade forestier ou buissons de berges, ombrage du cours d'eau, réduction de la croissance d'herbacées, ce qui rend le fauchage inutile. Abaissement de la température de l'eau pour les poissons.

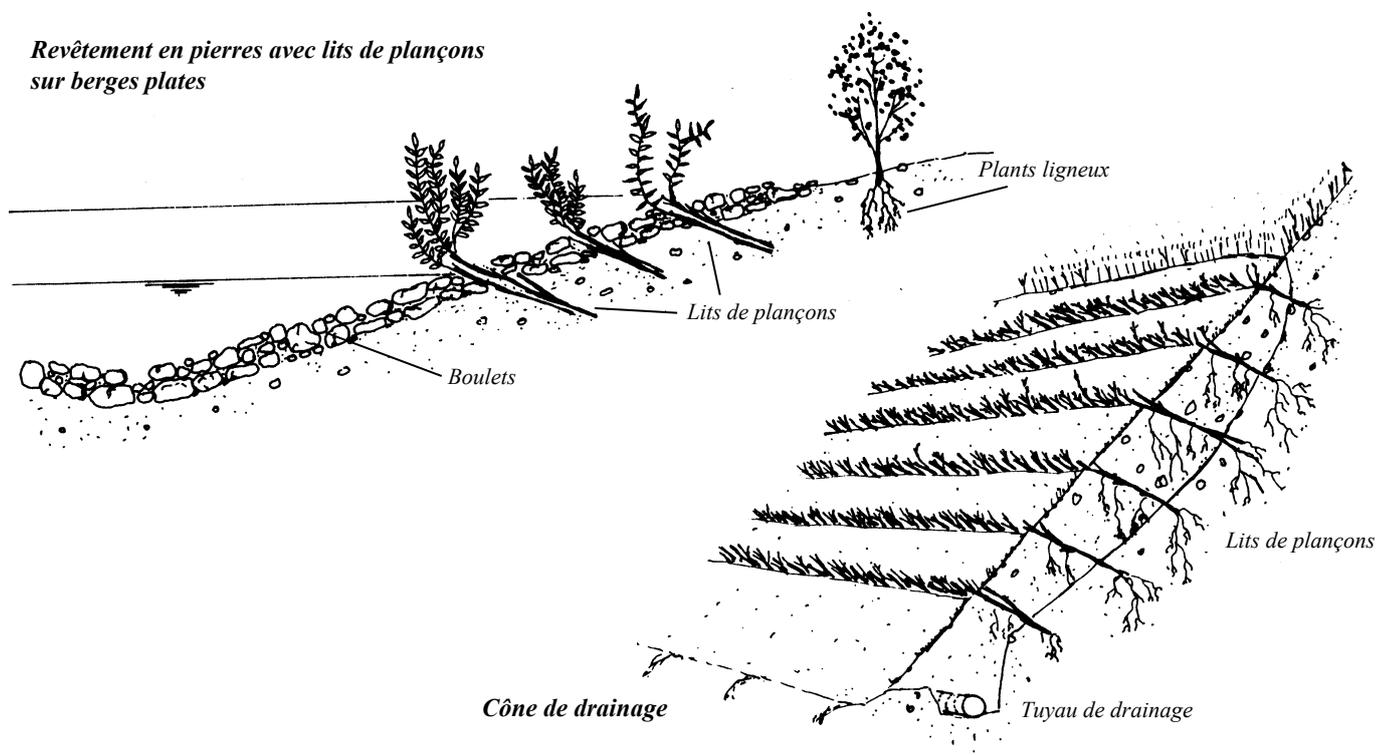
> Désavantages

Croissance trop rapide de la forêt, beaucoup de place pour les buissons de berges. Rétrécissement du profil d'écoulement en cas de lits étroits.

> Applications

Reboisement de surfaces nues après la stabilisation ou après la consolidation de la berge, en-dessus de la ligne moyenne des eaux. Pour des raisons de protection de la nature, il est judicieux de ne pas reboiser toutes les zones arides ou humides. Laisser des surfaces rudérales à la succession naturelle. Il est important de réaliser un manteau végétatif et de transition à la frontière du reboisement.

3.1 Revêtement végétalisé en pierres, Cône de drainage végétalisé



> Description

Sur des terrains finement granuleux sujets à l'érosion, on peut utiliser des pierres ou du gravier pour couvrir et drainer le fond instable. La végétation consolide l'empierrement et lie solidement l'ensemble au sous-sol. On y déverse des matériaux drainants par endroits et on les compacte avec des machines de terrassement standards, si nécessaire avec une protection du pied. La dimension des pierres (granulométrie), l'inclinaison et la résistance du remblai doivent être déterminées par des spécialistes. Une véritable action filtrante doit être garantie. Avec le remblayage, les lits de plançons seront remontés; les ballots de roseaux, les boutures et les plantes ligneuses peuvent être apportés ultérieurement, pour autant que l'enracinement puisse atteindre le sous-sol. La végétation doit obligatoirement être fixée au-dessus du niveau moyen de l'eau.

> Matériaux

Gravier (2–10 cm) et pierres (10–30 cm) doivent correspondre à la géologie du lieu dans lequel la digue sera réalisée ou alors, dans le cas d'une rive, on respectera les caractéristiques géologiques du bassin versant (pas de granit dans le jura). Boutures, lits de plançons, plantes ligneuses, roseaux en ballots, év. tuyau de drainage.

> Calendrier

En tout temps pour empierrements colonisés spontanément. Pendant la période de repos de la végétation pour les boutures, lits de plançons et plantations.

> Effets

Protection contre l'érosion des couches supérieures, soutien immédiat et drainant. Les pierres protègent la croissance des plantes contre l'assaut des vagues. Avec le temps, ces plantes se développeront complètement en travers de la structure. La rugosité de la couche supérieure filtre les matériaux fins charriés par le cours d'eau et favorise l'épanouissement des racines. Environnement convivial pour les colonisateurs des brèches.

> Avantages

Protection immédiate des couches supérieures, qui assure le reverdissement durable.

> Désavantages

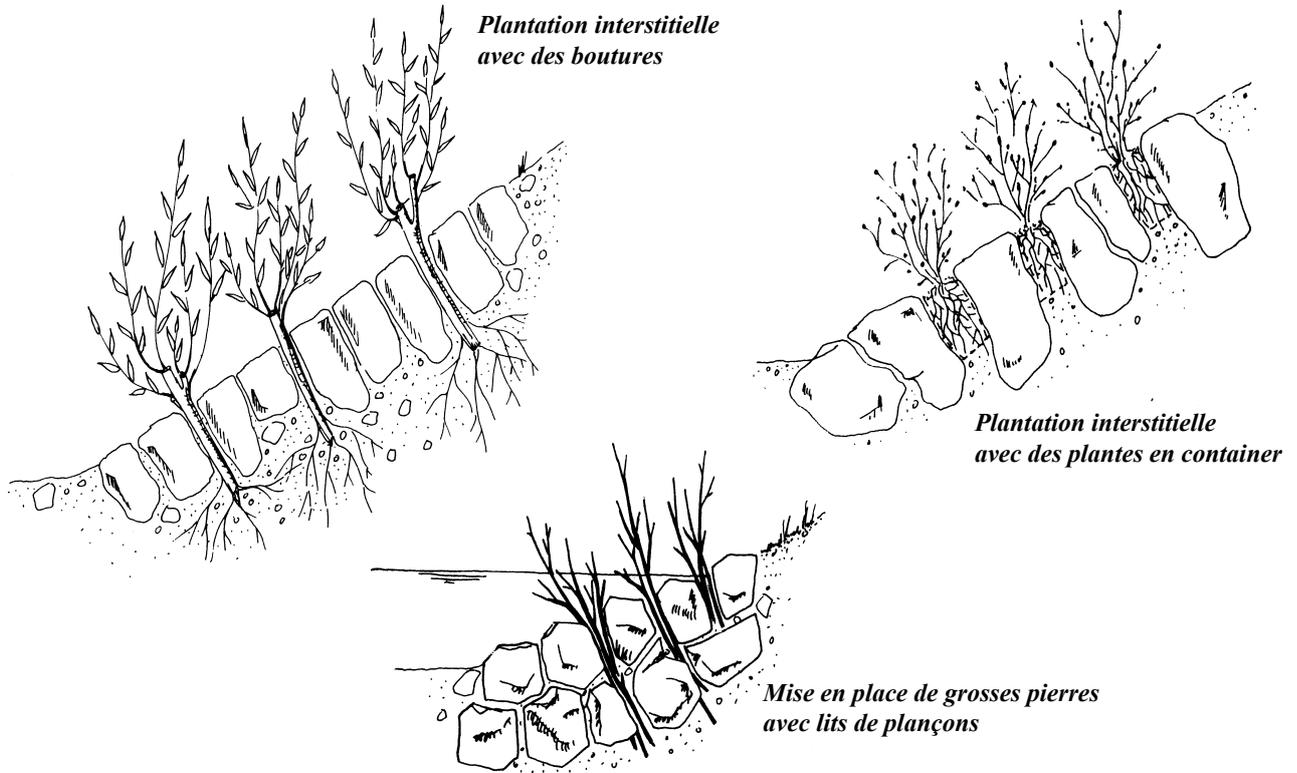
Technique utilisable seulement dans les zones où le gravier et la pierre sont disponibles. Non recommandé pour cours d'eau limoneux.

> Applications

Réaménagement et reverdissement des digues en terre et des berges, glissements concaves, glissements de pente et d'endroits humides au pied des pentes. Les cônes filtrants peuvent avoir une capacité de drainage jusqu'à 3 m pour les grands glissements de terrain.

3.2 Plantation interstitielle, pavement végétalisé

X•O•X•O•X•O•X



> Description

Sur des remblais ayant une pente maximale de 45°, on dispose de bas en haut et de manière irrégulière de gros blocs de pierre. On introduit entre les roches des lits de plançons vivants ou de grosses boutures de manière à ce que les racines puissent atteindre le sol. Les plantes étant amenées les unes après les autres, les trous devront être creusés à l'avance soit à la barre à mine ou au marteau-piqueur. La croissance sera favorisée lorsque les vides entre les blocs seront comblés avec du gravier fin.

> Matériaux

Blocs de pierre naturelle non taillés 0,5–2 t, conforme à la géologie du site. Longues et grosses boutures 1 à 5 pièces/m², lits de plançons morts et vifs, plantes en container 1 pièce/m², matériaux de remplissage fins.

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation. Les pierres doivent être posées en été, lors des basses eaux. La végétation peut être plantée plus tard, soit à l'automne ou au début de l'année suivante.

> Effets

Ouvrage de construction très lourd, protection immédiate, effet ralentissant sur le courant. Avec la croissance, les racines formeront une liaison compacte entre les pierres et le sous-sol.

> Avantages

La rugosité de l'ouvrage permet une action filtrante sur les matériaux fins, les blocs végétalisés ne seront pas déchaussés.

> Désavantages

Corps étrangers. Il ne reste pratiquement aucune place à une revégétatisation spontanée. Pourcentage élevé d'échec (jusqu'à 80%) dans les plantations. Lente transition de la monoculture de saules vers le reboisement diversifiée des rives. L'enracinement dans le sol n'est pas uniforme.

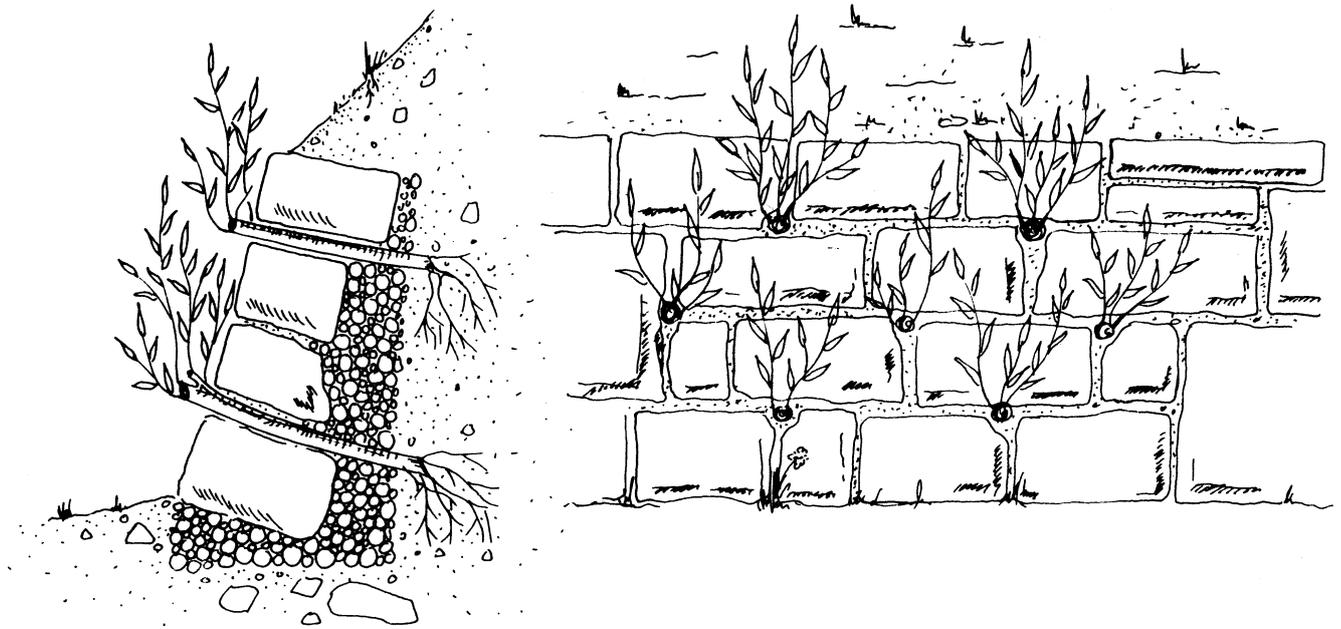
> Applications

Protection de rives abruptes où des techniques plus douces ne peuvent suffire. Consolidation du pied de la berge sous le niveau de l'eau. La partie supérieure au niveau moyen de l'eau est traitée avec d'autres méthodes, telles que: protections en saules (fascines et plançons), caissons en bois végétalisés. Dans le cas où l'espace est restreint, il convient de placer les blocs de manière à aménager des niches réservées à la faune subaquatique. D'autres domaines d'application sont les plantations vivantes en épi; stabilisation des pieds de talus lors des travaux de terrassement et protection contre les avalanches.

3.3 Mur de pierres sèches végétalisé



*Mur de pierres sèches planté de boutures et plaques de gazon
(Coupe et vue de face)*



> Description

Des blocs ou des pierres empilables sont disposés les uns sur les autres à l'aide d'une machine ou à la main. Durant la construction, on intercale des lits de plançons vivants, des plants ligneux en pleine croissance ou encore des plaques épaisses de gazon. Les murs en pierres sèches ne doivent jamais être bétonnés par derrière parce que les plantes doivent pouvoir s'enraciner dans le sol jusqu'à l'âge adulte. Dans les interstices, des matériaux fins devraient favoriser l'enracinement. Les branches doivent émerger au max. à 10 cm du mur.

> Matériaux

Pierres taillées de différentes grandeurs ou blocs empilables, 25–50 kg à la main, 500–1500 kg à l'aide d'une machine, matériel granuleux pour le remplissage; lits de plançons (10 pièces au m²), plantes avec racines d'espèces buissonnantes, 2 à 5 pièces/m² (les racines des arbres détruisent le mur en pierres sèches). Transplants. Plaques de gazon pour les interstices, sol apte à la repousse.

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation pour les plantes ligneuses. En dehors de la période de gel, les plaques de gazon peuvent être utilisées toute l'année. Les semis sur paillage dans les interstices ne peuvent être utilisés que pendant la période de végétation.

> Effets

Stabilisation de tronçons pentus, durable, perméable à l'eau, élastique. Les racines renforcent les joints (interstices) et ont une action drainante.

> Avantages

Flexibilité et esthétique (plus beau que le béton). Abris pour la faune et la flore.

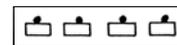
> Désavantages

Hauteur de construction limitée, mur en pierres sèches max. 3 m, mur aggloméré max. 5 m, inclinaison maximale de 80°.

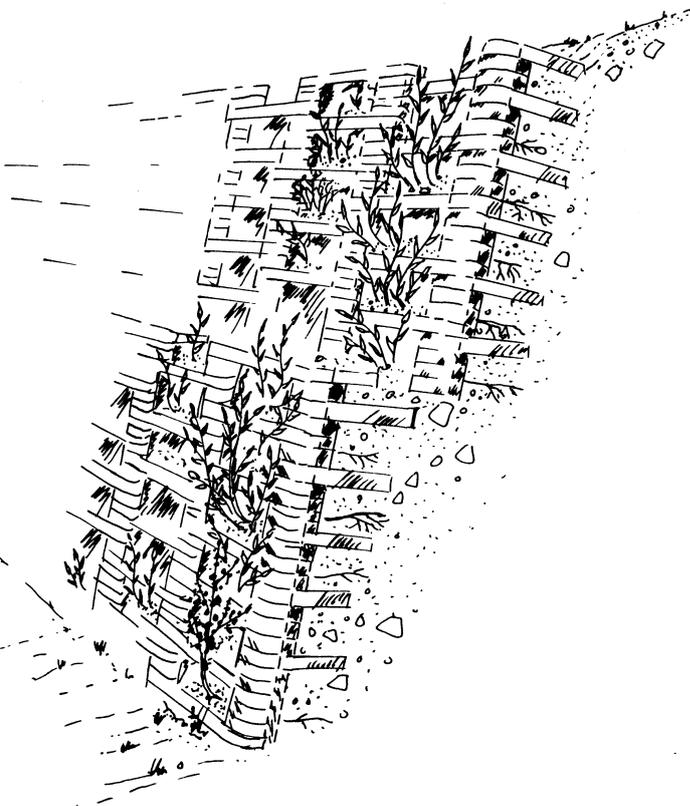
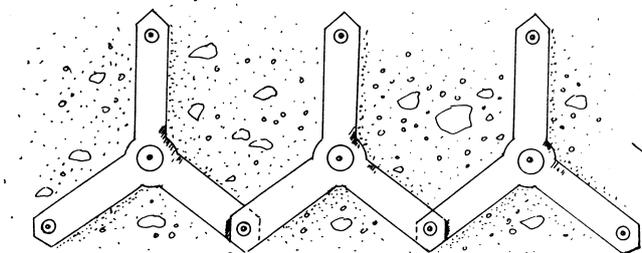
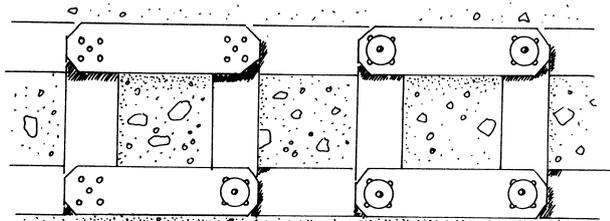
> Applications

Consolidation ponctuelle ou linéaire au pied des pentes, berges, dans les assainissements de ravins. Talus de routes (aussi en région alpine), torrents et construction de paravalanches, biotopes secs de valeur – partout où des pierres naturelles sont disponibles.

3.4 Mur de soutènement végétalisé (en béton)



Éléments en béton préfabriqués pour empierrement artificiel



> Description

Méthode de construction à la limite du génie biologique par laquelle la fonction de soutien est entièrement confiée au béton et les plantes ne sont utilisées que pour retenir la terre entre les éléments. Les éléments préfabriqués en béton, de formes différentes, seront assemblés modulairement. Ils seront remplis de matériaux de remblayage et en même temps, on fixera dans les cavités des lits de plançons ou des plantes ligneuses de façon qu'à travers la masse de remblayage, ceux-ci puissent croître dans le sol riche. Les cavités peuvent également être ensemencées ou fixées avec des plantes grimpantes ou en container.

> Matériaux

Éléments de mur à une ou deux parois en dalles ajourées, vasques en ciment superposables, parois végétalisées en béton, éléments à parois, «Evergreen» ou «Otto», par ex. avec des barres de fer. Matériaux de remplissage à effet ancrant perméables à l'eau et capables de végétaliser, lits de plançons, plantes ligneuses grimpantes, semis, herbacées. Consulter un spécialiste pour une juste combinaison des espèces.

> Calendrier

En tout temps. Remplissage seulement pendant la période de repos de la végétation; graminées et herbes en été.

> Effets

Stabilisation définitive et écologique, remplace les murs uniformes en béton. Drainage actif par la végétation. Lorsque la masse de terre est bien enracinée, l'influence de la charge ponctuelle se répartit sur de plus grandes surfaces.

> Avantages

Stabilité élevée, et tout de même flexible malgré la présence d'éléments en béton, montage rapide et simple.

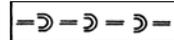
> Désavantages

Inesthétique pour le paysage avant la croissance complète de la végétation, poids relativement élevé des éléments.

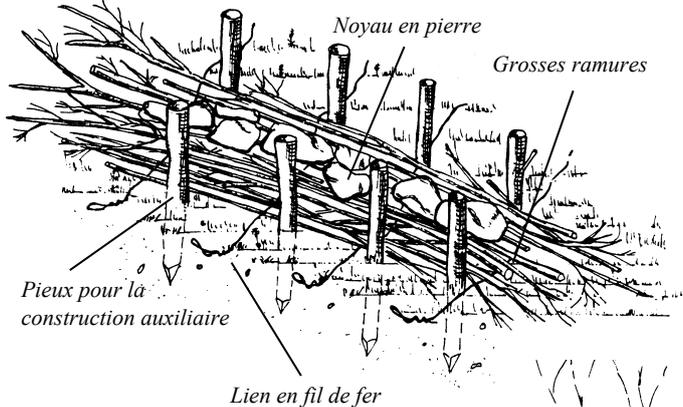
> Applications

Au bord des routes, des voies de chemin de fer, pieds de talus, soutien des berges dans les zones d'habitation, murs de jardin.

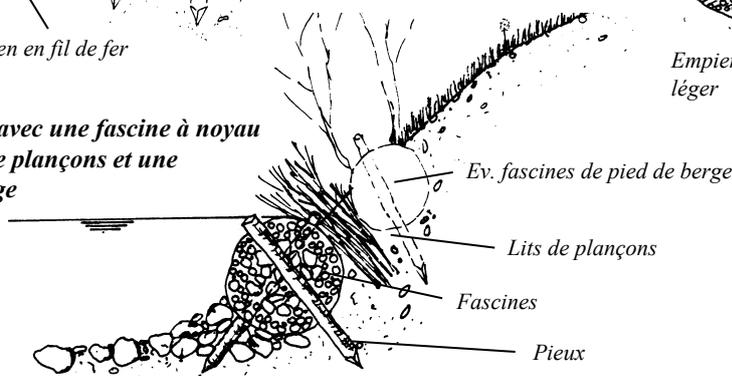
3.5 Fascine immergée à noyau



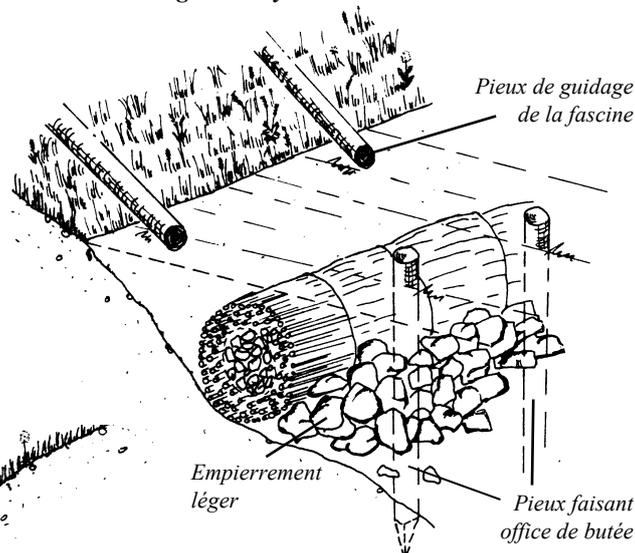
Fabrication d'une fascine à noyau entre une charpente auxiliaire



Consolidation de rive avec une fascine à noyau complétée par un lit de plançons et une fascine de pied de berge



Fascines immergées à noyau



> Description

On prend des branches mortes touffues que l'on assemble en fagots de 3 à 6 m de longueur, lestés au centre par des pierres. Si le diamètre de la fascine dépasse 30 cm, il est préférable de lier la fascine avec du fil de fer, des sangles ou du géotextile. En raison de son poids, la fascine est fabriquée sur place, à terre ou sur un bateau. Elle sera éventuellement entourée de géotextile ou d'un grillage métallique. Elle est fixée en pied de berge par des pieux, légèrement immergée. Quand les niches d'arrachement sont profondes, il est possible de déposer plusieurs de ces fascines les unes sur les autres, en biais. Sur la nouvelle ligne de berge désirée, il est éventuellement possible de fixer une rangée pilote (pieux en bois de 15–20 cm de diamètre, traverses de chemin fer). Dans le cas de niches d'arrachement planes, la fascine immergée à noyau peut servir de protection pour les racines de la végétation ligneuse directement plantée derrière ou les fascines de pied de berge.

> Matériaux

Si possible de longues branches mortes possédant encore toutes leurs ramilles. Selon le sous-sol, pieux de 60–150 cm de longueur ou encore des fers d'armature; fil de fer recuit de 3 mm de diamètre ou une fibre géotextile, grilles métalliques. Matériau de remplissage: si possible, substrat de rive à granulométrie mélangée (chaille, pierres).

> Calendrier

En tout temps.

> Effets

La grande rugosité de l'ouvrage permet de réduire la vitesse du courant, produisant une protection contre l'érosion. La berge reste perméable et offre de bons abris aux petits animaux.

> Avantages

Utilisant peu de matériaux (donc bon marché) et peu de place, cet aménagement protège rapidement et à tout moment contre les affouillements.

> Désavantages

Aménagement non vivant car réalisé sous l'eau. Poids élevé demandant un assemblage sur place.

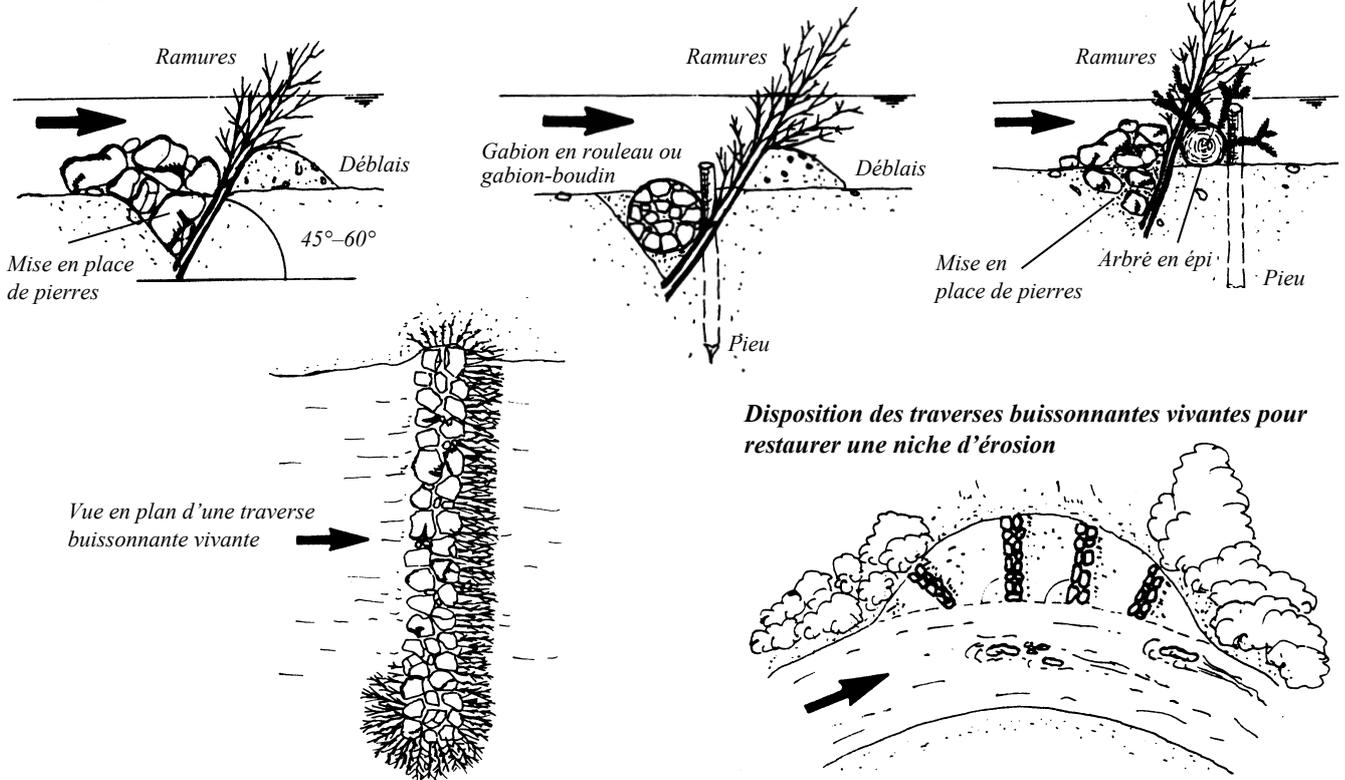
> Applications

Affouillement des eaux en aval, dont la partie supérieure devrait être aménagée en techniques végétales vivantes, en association avec des fascines, des tapis de branches, des lits de plançons. Pour la protection de l'affouillement des rives dans les cours d'eau en plaine.

3.6 Traverse buissonnante vivante



Divers types de traverses buissonnantes vivantes



> Description

Les traverses buissonnantes sont réalisées en périodes de basses eaux, afin de pouvoir garantir un ancrage solide dans le sous-sol. On creuse des fossés d'une profondeur de 30–50 cm et l'on dépose les matériaux immédiatement en aval. Dans les fossés on fixe systématiquement des branches de saule vivantes serrées les unes contre les autres et inclinées vers l'aval de 45–60° de façon à créer une barrière compacte. Ensuite on ancre les branches en les lestant de pierre ou de gabions en rouleaux jusqu'à la ligne moyenne des eaux et on les fixe avec des pieux. La tête de la construction – orientée vers l'eau – doit être exécutée avec des branches de saule disposées en éventail, alors que les extrémités côté racines, doivent être enfoncées plus profondément et reliées à la rive. La distance entre les traverses buissonnantes doit être de 1–1,5 fois leur longueur.

> Matériaux

Branches de saule vivantes de 100–150 cm de longueur, avec ramilles souples, pierres concassées ou gabions en rouleaux; pieux 4–8 cm de diamètre, 60–150 cm de longueur; fil de fer recuit, diamètre 3 mm.

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation, durant les basses eaux.

> Effets

La vitesse du courant est réduite grâce aux nombreuses branches vivantes disposées lors de la construction, ce qui permet le dépôt des matériaux charriés. Cet atterrissement exceptionnel se produit aussi bien lors des hautes eaux que lorsque les eaux sont à leur niveau moyen. La traverse buissonnante croît et forme ainsi un habitat important pour la vie amphibie.

> Avantages

Construction simple, effets rapides.

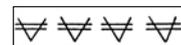
> Désavantages

La technique ne s'adapte pas aux torrents car ils charrient des objets de trop grandes dimensions; réalisable seulement pendant la période de repos de la végétation.

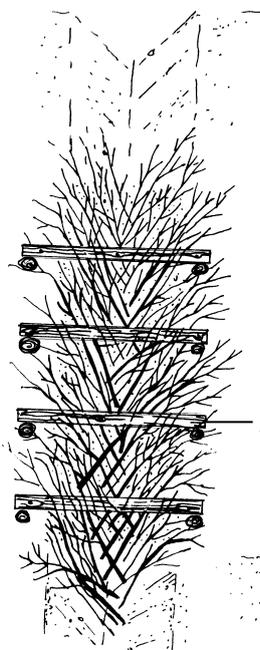
> Applications

Pour l'assainissement des lits de rivières et ruisseaux grâce à un comblement naturel et création d'un profil d'écoulement double. Pour l'alluvionnement entre les basses et moyennes eaux des ruisseaux, rivières et fleuves charriant des matériaux de moyenne importance. Atterrissement dans des niches d'affouillement, combinaison avec constructions en treillage, palissades, peignes vivants, etc.

3.7 Embroussaillement des ravins

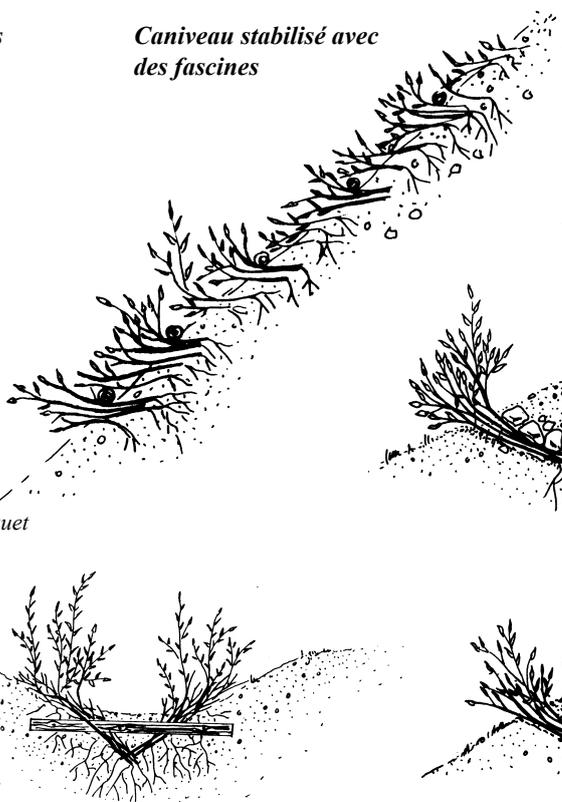


Avec lits de plançons et lattes transversales

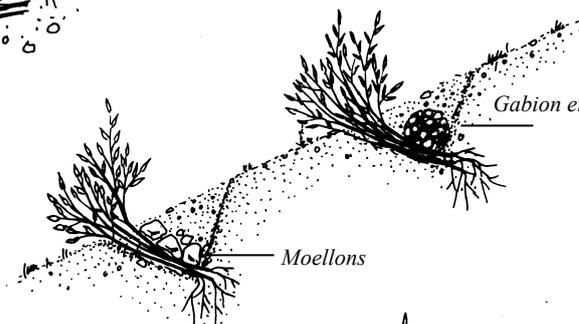


Piquet

Caniveau stabilisé avec des fascines



Seuils vivants

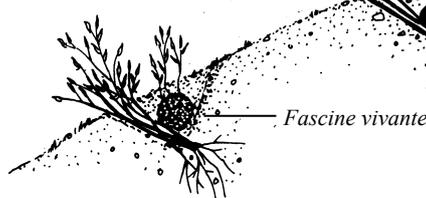


Gabion en rouleau

Moellons



Rondin



Fascine vivante

> Description

Pour consolider les ravins érodés, on pose les branches de façon à provoquer un effet d'alluvionnement. Pour réaliser cette stabilisation, on dispose en couche de 50 cm d'épaisseur des branches mortes et vivantes, en forme d'arêtes de poisson, dans des ravins jusqu'à 3 m de profondeur et 8 m de largeur, de sorte que les pointes des ramilles ressortent dirigées côté montagne. Tous les 1–2 m, elles seront consolidées par des traverses en bois posées perpendiculairement. Les branches doivent être soit plantées à la base dans le sol, soit recouvertes de terre, de façon à ce que l'ouvrage puisse croître. Avec la technique des seuils vivants, les branches sont posées dans des bermes préalablement creusées, la base des tiges étant tournée vers le fond. Elles sont ensuite fixées par des pierres, des gabions en rouleaux ou des fascines.

> Matériaux

Branches de saule et autres, capables de produire des rejets, si possible solides et longues; pieux et traverses vivants ou morts, diamètre des arbres 10–30 cm, selon la largeur du ravin; fil de fer recuit, diamètre 3 mm.

> Calendrier

Seulement pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Grâce à la grande rugosité de l'ouvrage en branches, les matériaux charriés seront retenus et déposés entre les branches. Les saules ne sont pas seulement destinés à piéger les matériaux mais croissent également et relient de façon optimale les fonds des ravins avec l'ensemble des matériaux déposés. Bien entendu, les matériaux ne doivent pas représenter plus du tiers de l'alluvionnement annuel. Le ravin doit occasionnellement guider l'eau.

> Avantages

Dans le cas d'apports peu importants de matériaux, effet de croissance durable du ravin.

> Désavantages

Grand besoin en branches, technique non adaptable en cas de dépôt de matériaux supérieur à 0,5 m par événement.

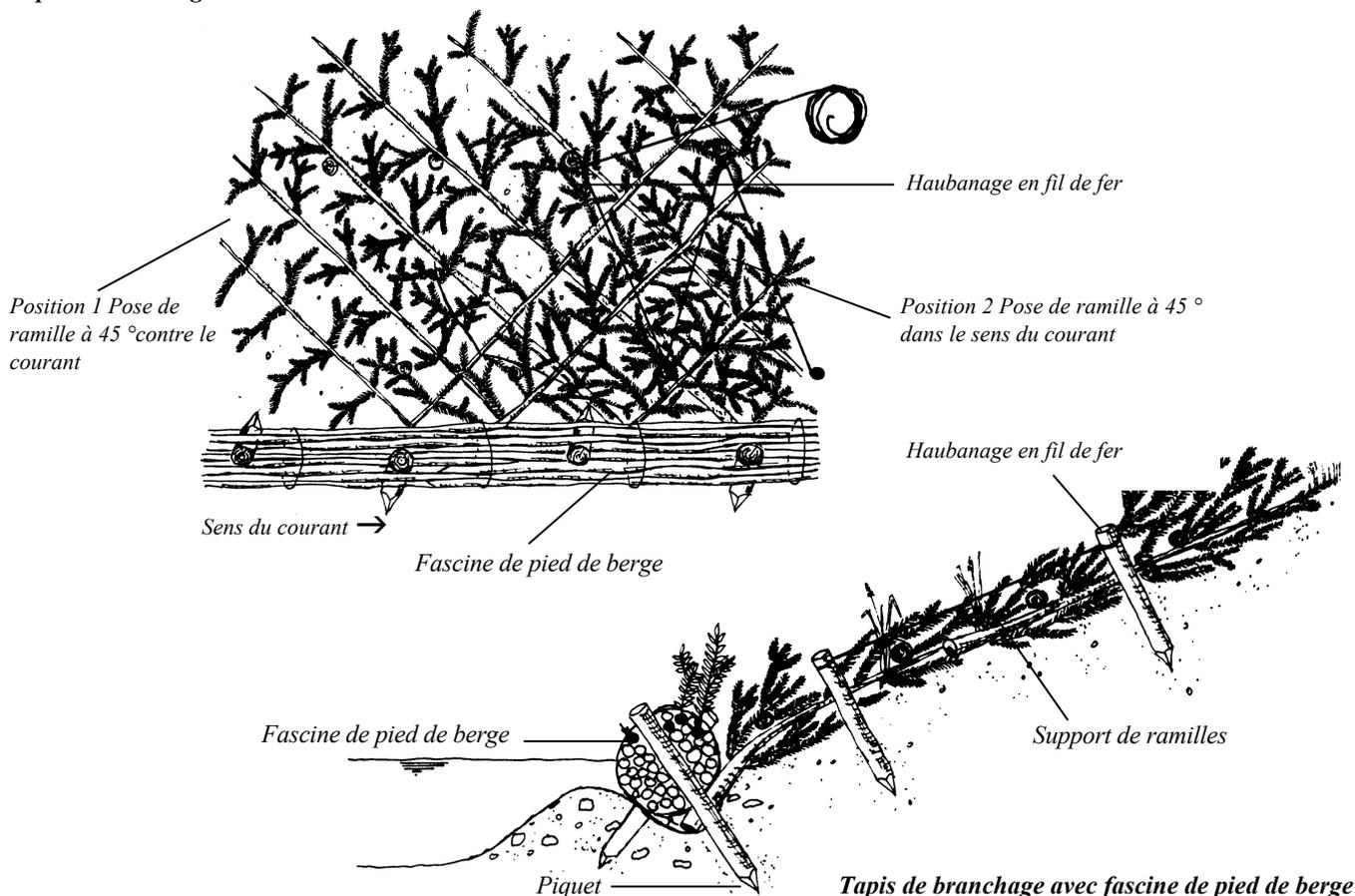
> Applications

Assainissement de ravins érodés avec écoulement d'eau occasionnel, afin d'éviter de nouvelles érosions en profondeur. Favorable en cas d'atterrissements lents et peu importants, transport de matériaux occasionnels, engrèvement progressif par des chutes de pierres, décrochements provenant des flancs. Combinaison avec pierres, gabions en rouleaux, fascines, tressages.

3.8 Tapis de branchages



Tapis de branchage en construction



> Description

Le sol sera recouvert de ramilles mortes (aussi de sapin) et ancré avec des piquets et du fil de fer (semblable à un tapis de branches à rejets). On peut également prendre des arbres entiers disposés en épi avec la pointe tournée vers le bas et fixés par des piquets. A compléter avec des plantes vivantes ou laisser à la succession.

> Matériaux

Branches fraîches non aptes à repousser, ramilles de conifères, fil de fer, piquets, fourches, év. filets.

> Calendrier

En tout temps.

> Effets

Les interstices entre et sous les ramures se remplissent graduellement de matériaux tombés des hauteurs. Protégées par les ramures, les graines qui s'envolent sont retenues et ne seront plus emportées par le vent ou l'eau. Le risque de gel au sol est réduit. L'effet de protection des surfaces est immédiat.

> Avantages

L'enrichissement du contenu organique du sol par la chute et la dégradation successive d'un abondant matériau organique rend superflue toute intervention technique.

> Désavantages

Rapide décomposition des matériaux utilisés, la stabilisation définitive dépend de la croissance végétale.

> Applications

Crevasses dans les talus abrupts, sols sablonneux, protection de dunes, berges dans la partie des hautes eaux, protection provisoire de plantations ligneuses. Combinaison possible avec les semis de fleurs de foin, boutures, plantes ligneuses, etc.

3.9 Arbre en épi



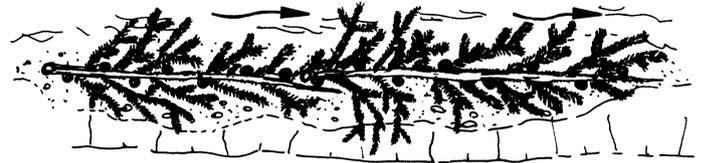
Arbres en épi accroché à la rive à distance



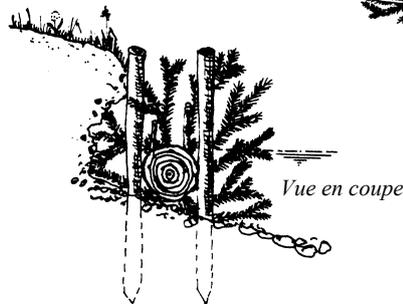
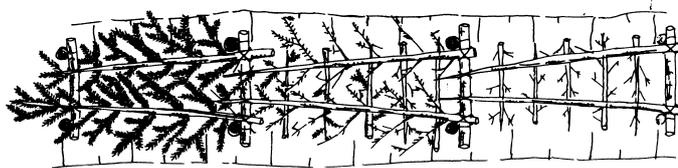
Fixation par ancrage aux pieux

Rangées de pieux alternées pour fixation d'arbres en épi

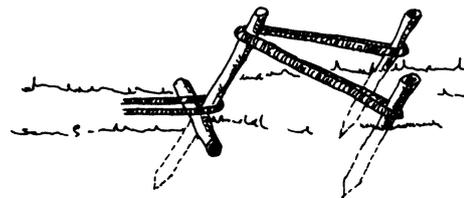
Vue en plan



Disposition d'arbres en épi au fond d'un lit de ruisseau



Vue en coupe



Système d'ancrage pour fixer les arbres en épi à la rive

> Description

Sur des berges érodées et sur lesquelles peuvent se déposer des matériaux fins transportés par l'eau, on ancre le long de la rive, dans le sens du courant, de longs arbres entiers – d'espèce épicéa ou sapin – fraîchement tombés et encore couverts de toutes leurs aiguilles. Selon le type d'ancrage, on place l'arbre parallèlement ou avec un angle de 20° par rapport à la direction du courant. La grandeur du tronc dépendant de la finalité de l'utilisation. Avec un affouillement profond, les arbres devront être immergés et lestés. L'ancrage des arbres est effectué au moyen de fil de fer recuit ou d'un câble en acier fixé à la hauteur du tiers le plus épais et que l'on accroche à un tronc et au pied, par une demi-poutre. Sur la berge, le câble en acier sera attaché avec du mou à un pieux, ou à une rangée de pieux attachés les uns aux autres ou à des pieux disposés en triangle. Une autre possibilité est de coincer l'arbre entre deux rangées de pieux.

> Matériaux

Epicéas ou sapins, longueur 3–10 m, ou houppiers (recyclage d'arbres de Noël!). Pieux en bois, longueur déterminée par la profondeur de l'enfoncement, diamètre 8–15 cm; fil de fer pour attacher, diamètre 3–5 mm, ou câble en acier.

> Calendrier

En tout temps, en particulier après une catastrophe.

> Effets

Les arbres entiers brassent l'eau grâce à leurs ramures et réduisent la vitesse du courant. L'eau se calme et dépose au fond le matériel en suspension ou charrié. La zone érodée, après peu de temps a emmagasiné assez de substances solides et l'on peut commencer à construire avec du matériel vivant (ex: palissades) qui se substituera à la fonction du tronc destiné à se dégrader.

> Avantages

Effets immédiats; la taille des arbres varie selon la profondeur de l'eau; simple et bon marché, montage rapide.

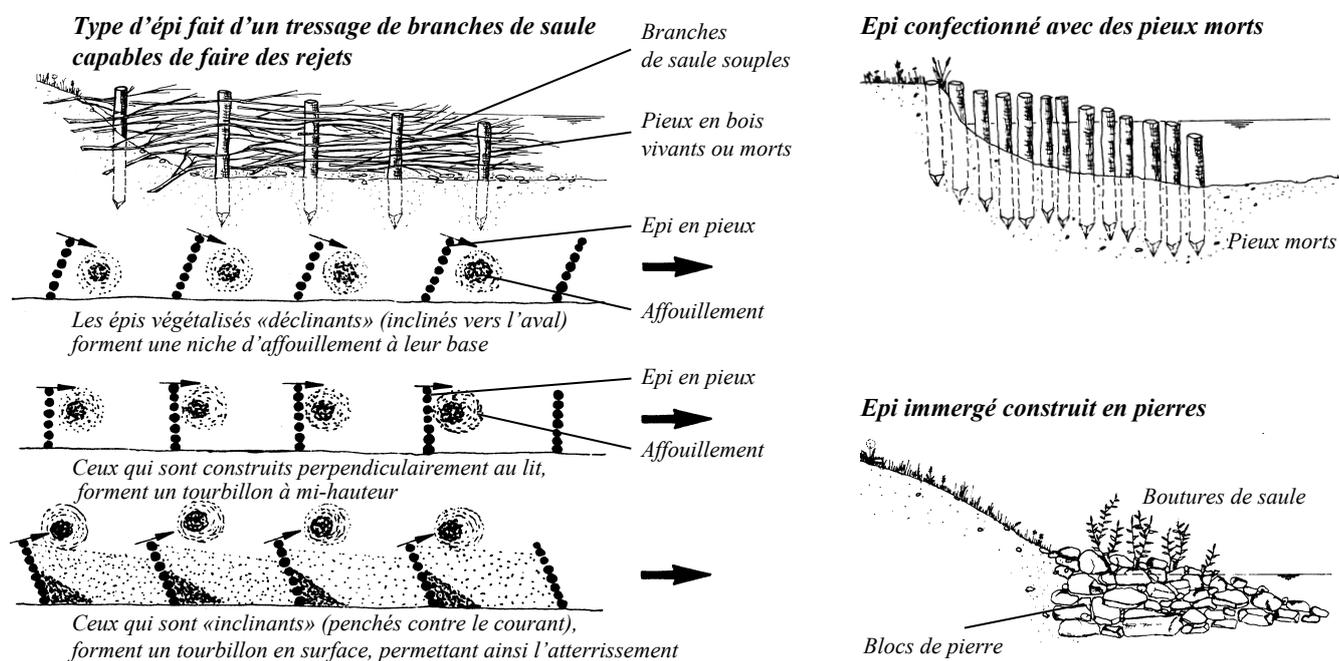
> Désavantages

Ouvrage constitué de matériel mort, qui se désagrège et doit être complété par des matériaux vivants; seulement sur des berges favorables à l'atterrissement; altération rapide.

> Applications

Durant les crues et en présence de berges érodées, affouillements, berges d'alluvionnement quand le lit est assez large, technique également adaptable aux éboulements de talus en forêt, consolidation des pieds de talus, consolidation des pieds de tapis de branches à rejets. Si placée dans le courant, cette méthode a une fonction d'épi. Eaux courantes avec grande force érosive, logistique de catastrophe, endiguement avec des cimes d'épicéa pour les petits affluents dans les régions alpines.

3.10 Epis végétalisés



> Description

Les épis construits en forme de digues, d'une longueur de 0,5 à 15 m, peuvent être érigés de manière oblique contre le courant (inclinant), à angle droit ou encore oblique vers l'aval (déclinant). Les racines des épis doivent être soigneusement plantées dans les berges, tandis que les têtes sont fixées pour limiter les turbulences du courant. La distance entre les épis est à peu près aussi grande que la largeur du cours d'eau, ou 1,5 à 2,5 fois la longueur d'un épi. Pour limiter la largeur du lit, on place les épis vis-à-vis de part et d'autre du ruisseau; au contraire, pour favoriser la formation de méandres, il est nécessaire de les placer en chicanes. L'ordonnancement doit tenir compte de la formation naturelle des méandres (environ 8–12 fois la largeur du cours d'eau). Entre ces ouvrages, la sédimentation prendra place, de sorte que d'autres constructions sur les berges ne seront plus nécessaires. Le bord supérieur des épis sera maintenu au niveau moyen des eaux. Les épis devront s'incliner vers l'eau depuis la berge. Les épis vivants sont confectionnés avec des arbres entiers en épi, clayonnages, ouvrages en paquet, fascines, blocs végétalisés, ailes de palissades en triangle.

> Matériaux

Arbres entiers, épis en clayonnage, ouvrages en paquet, fascines, enrochements végétalisés. Pieux en suffisance, diamètre 5–20 cm, longueur 1–4 m. Dans les grands cours d'eau, des pieux plus épais et plus longs ou des pieux en acier, par exemple des rails de chemin de fer, éventuellement matériel de remplissage graveleux et géotextiles.

> Calendrier

Epis vivants, pendant la période de repos de la végétation; épis morts, en tout temps.

> Effets

Les épis augmentent la rugosité du lit de la rivière, déplacent la ligne principale du courant. Les épis inclinants produisent des affouillements à leurs têtes, tandis que les déclinants les font naître à leurs racines. Les épis augmentent la rugosité du lit de la rivière, déplacent la ligne principale du courant et forment d'excellents habitats naturels.

> Avantages

Avec peu de travail, les épis peuvent être adaptés à la largeur du ruisseau. Ils évitent les ouvrages longitudinaux de protection. Les constructions en épis sont des zones optimales pour la ponte des œufs et le développement des poissons.

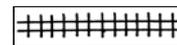
> Désavantages

Supprime les remous, provoque des courants transversaux, affouillements à la tête des épis ou à leur base.

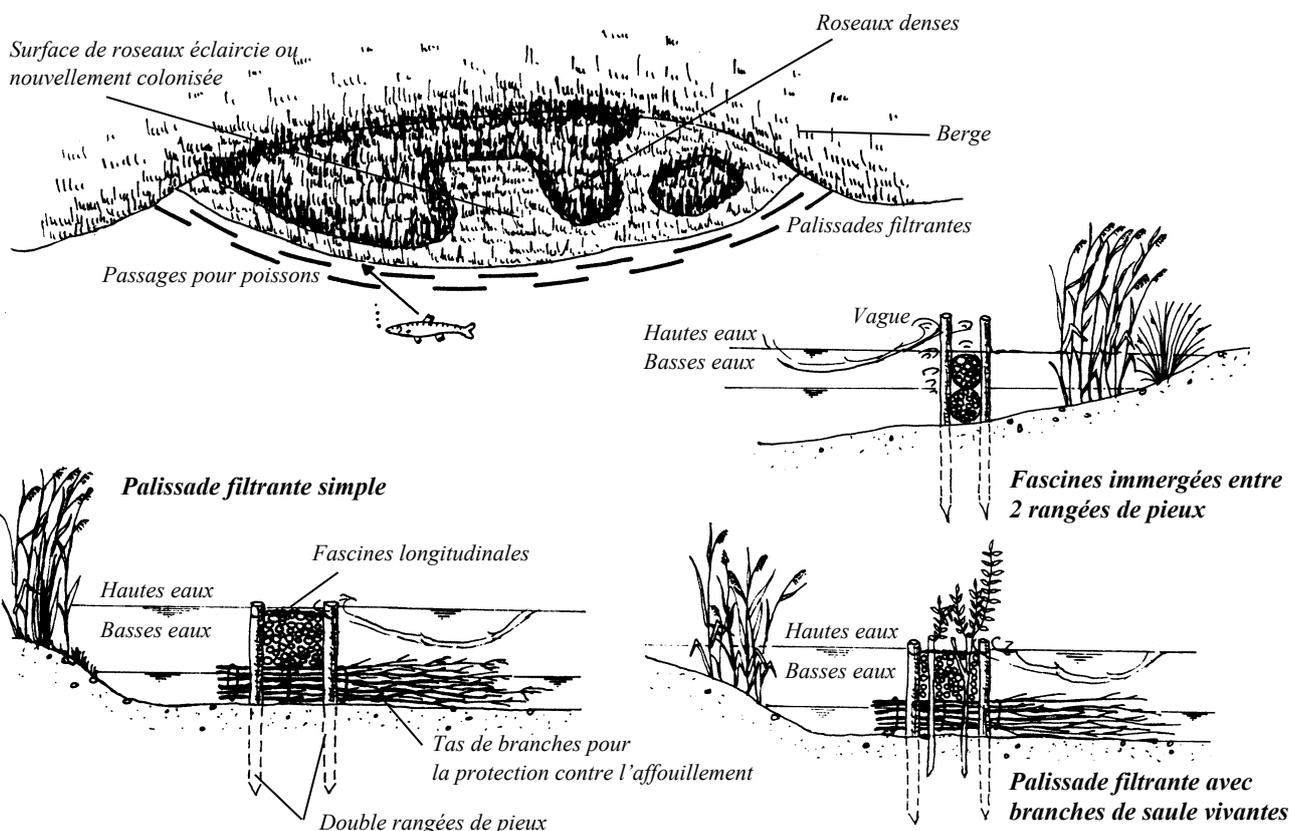
> Applications

Rétrécissement de profils d'écoulement trop larges, revitalisation par la formation de méandres, rives menacées d'érosion et peuplées de vieux arbres, réaménagement de zones érodées pendant les hautes eaux; dans les petits ruisseaux et les cours d'eau moyens, on utilise des épis vivants; dans les cours d'eau importants et les torrents, on les combine avec des rails de chemin de fer ou des pierres.

3.11 Palissade filtrante



Disposition des palissades filtrantes devant une roselière



> Description

A partir d'un ponton, on enfonce deux rangées de pieux jusqu'à la moitié de leur longueur et au niveau des hautes eaux. La distance transversale des pieux est de 0,4–0,65 m; la distance entre les pieux est de 1,5–2,5 m. Entre les rangées de pieux, dans la partie inférieure, on placera en travers des paquets de branches et une ou deux couches de fascines longitudinales. Elles seront attachées entre les pieux avec du fil de fer. Le profil final de l'ouvrage aura une forme trapézoïdale, les têtes de palissades doivent légèrement émerger au-dessus du niveau des hautes eaux. Les palissades peuvent prendre diverses formes (pas trop longues), être orientées contre le courant ou en ligne parallèle avec les berges.

> Matériaux

Poteaux en bois, diamètre 10–20 cm, longueur selon la profondeur de l'eau et les caractéristiques du sous-sol environ 1 à 3 m; ramures vivantes et mortes; fil de fer, diamètre 3 mm; év. matériel de remplissage et géotextile, év. longues boutures.

> Calendrier

Pendant les basses eaux. Avec des palissades vivantes, pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

La dynamique des vagues et du courant sera freinée et régulée. Les palissades permettent de tenir à l'écart des berges les bois flottants et créent ainsi les conditions pour une renaissance des roseaux et des arbres. Côté terrain, la sédimentation des matériaux en suspension permet la régénération des roseaux et leur propagation.

> Avantages

Brise-vagues filtrants, atterrissement. Délimitation de l'espace destiné à la navigation.

> Désavantages

Structure de durée limitée, doit être renouvelée.

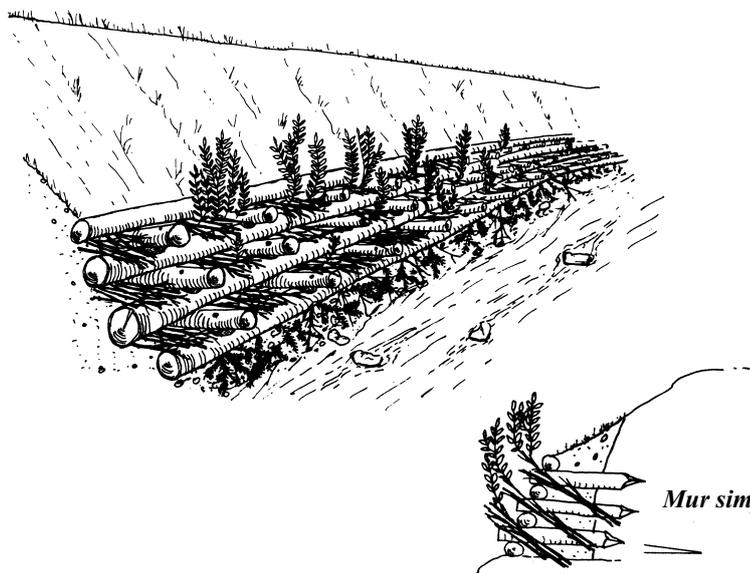
> Applications

Briseurs de vagues pour les roselières et la végétation ligneuse sur les berges dans les lacs et les fleuves s'écoulant lentement. Protection des côtes et des terrains acquis sur le domaine aquatique, pour briser les vagues provoquées par la navigation et le vent. Combinaison avec des ouvrages en paquets, fascines immergées et épis.

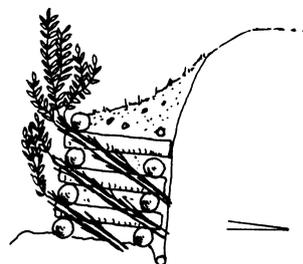
3.12 Caisson en bois végétalisé



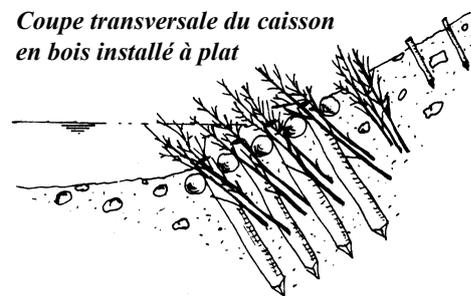
Vue d'un caisson en bois avec un début de développement de la végétation



Mur double (paroi de Krainer)



Coupe transversale du caisson en bois installé à plat



> Description

La technique des caissons en bois nécessite l'utilisation de bois – en tant qu'armature de soutien – et de plantes qui permettront durablement la stabilisation durable des talus. Tout d'abord, on pose 1 à 2 billes de bois dans le sens longitudinal. En-dessus, à une distance d'environ 2 m à angle droit, on pose les croisillons comme attache et on les enfonce partiellement dans le sol. Les interstices seront remplis et renforcés par des lits de plançon, lits de plants ou leur combinaison ainsi que des matériaux terreux. Ensuite, les prochaines billes et croisillons seront posés. On peut construire des parois de 1–4 m de hauteur; au-delà, un palier devrait être mis en place. L'inclinaison ne devrait pas dépasser 60° de façon à ce que les plantes inférieures puissent encore bénéficier de l'eau et de la lumière. Les billes sont fixées ensemble à l'aide de fers d'armature. Les caissons en bois recouverts de terre durent plus longtemps. On peut également utiliser des plaques de gazon entre les billes. Sous l'eau, on laisse la rangée immergée vide comme abris pour les poissons et on assure év. l'arrière avec une fascine.

> Matériaux

Rondins, bois équarris de conifères (robinier, châtaignier), diamètre 10–40 cm; ramures vivantes (10 pièces/mètre linéaire) et/ou formation boisée (jusqu'à 3 pièces/mètre linéaire), év. plantes grimpantes; matériel de remplissage; fers d'armature, diamètre 12–24 mm.

> Calendrier

En tout temps; avec lits de plançons pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Stabilisation immédiate des talus et des berges. Le bois – d'une durée de vie de 20 à 35 ans – protège les plantes dans leur phase de croissance et ensuite les racines remplacent la fonction du bois pourri et drainent le talus. Plus léger que les pierres sur les berges ouvragées, donc moins de charge pour le sous-sol.

> Avantages

Ouvrages de longueur variable, également en courbes, construction légère, adaptable selon les paramètres du terrain, flexible.

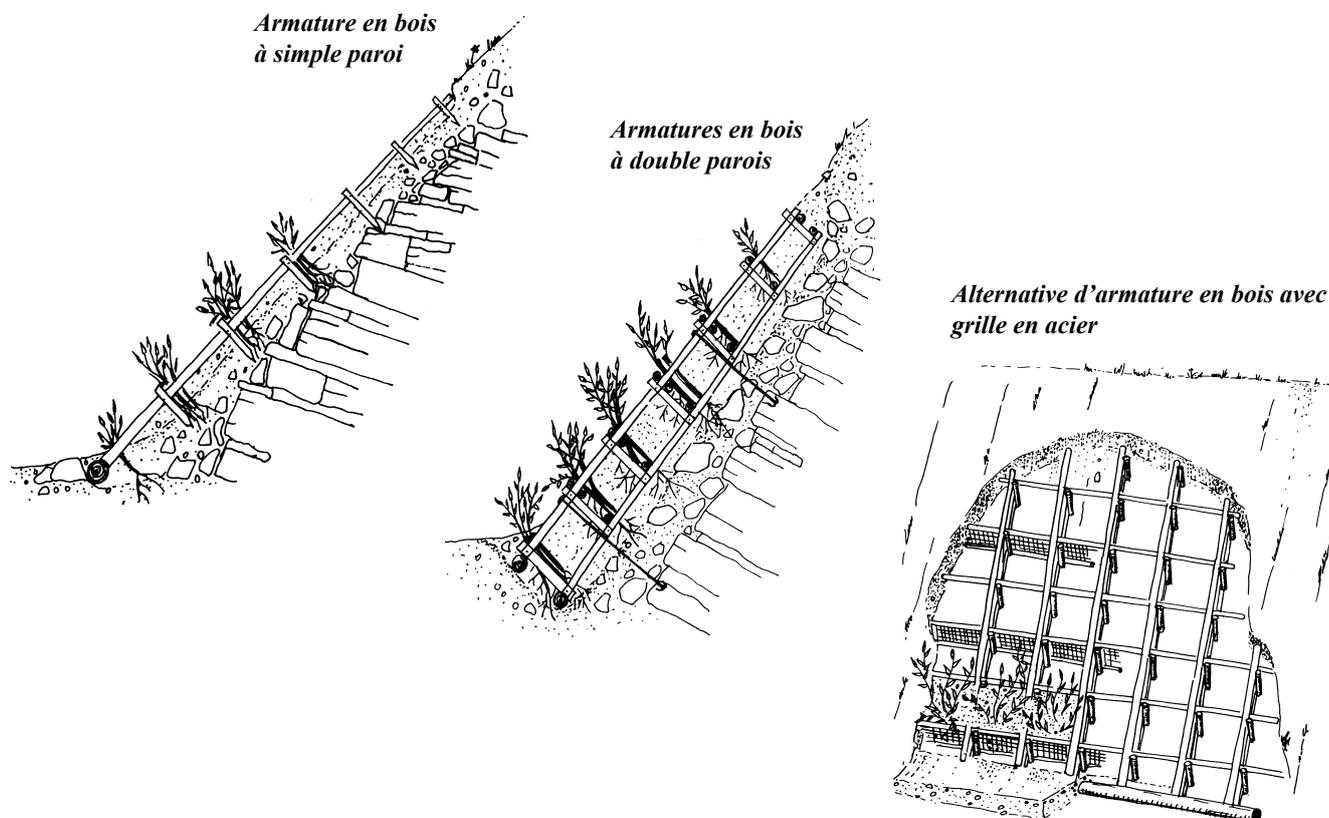
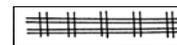
> Désavantages

Le bois mort pourrit avec le temps. Durée de vie raccourcie en cas de choix erroné du bois.

> Applications

Les caissons en bois avec un mur simple ou double stabilisent les terrains instables abrupts et berges pentues. Constructions longitudinales et protection des pieds; dans les ravins comme ouvrage transversal; dans les torrents ombragés, humides et exposés au nord, charriant des sédiments de fine granulométrie comme barrage. Comme soutien de talus et de remblais lors de la construction de routes. Aussi en cas de catastrophes naturelles. Construction compacte en bois pour les rigoles abruptes. Combinaison avec lits de plançons, semis, épis, etc.

3.13 Armature en bois



> Description

L'armature est constituée d'une structure en bois qui est destinée à la protection durable des talus végétalisés. L'armature vivante peut être fabriquée entièrement avec des branches de saule, ou alors en paroi simple ou double avec du bois mort et totalement remplie de plantes. Sur le sol stable, on adosse les bois dans la direction de la ligne de pente et on les fixe aux talus, avec une pente de 55° et une hauteur de 20 m au maximum. Puis, on consolide la première rangée de traverses et on dispose les ramures et les plantes ligneuses que l'on recouvre de matériel favorisant la croissance de la végétation. La prochaine traverse est posée de même, ainsi que les suivantes. Les armatures longues et abruptes doivent être ancrées dans le sol. La couche supérieure peut être renforcée par une toile en coco ou un filet d'armature.

> Matériaux

Bois mort ou vivant sous forme de rondins ou bois équarris (épicéa, spain, robinier, châtaignier), selon le type de construction, diamètre 10–30 cm; fers d'armature, pieux d'ancrage, diamètre 10–20 mm; câbles, le cas échéant treillis d'armature, géotextiles, ancrages; consolidation du pied de berge avec des pierres.

> Calendrier

Pour l'utilisation de bois vivant, boutures et plantes ligneuses, seulement pendant la période de repos de la végétation. Si l'armature est en matériau mort, elle est réalisable en tout temps, mais le remplissage avec des plantes et de la terre se fera pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

La grille tridimensionnelle peut soutenir de grandes surfaces pentues. Les plantes vivantes s'enracinent dans le sol, s'ancrent dans le sous-sol et le drainent.

> Avantages

Soutien des pentes immédiat, beaucoup de variantes, peut être préfabriqué.

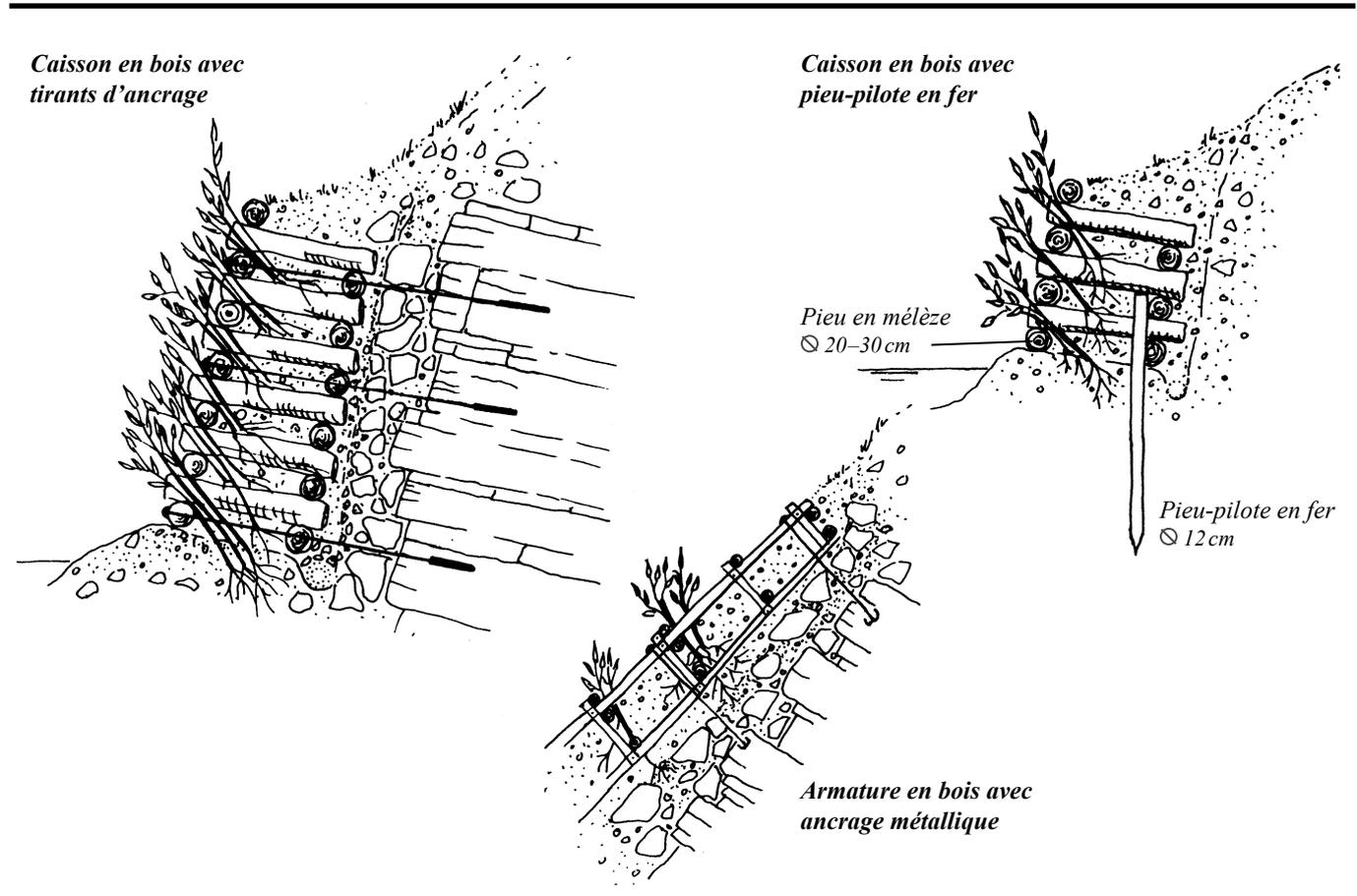
> Désavantages

Le bois pourrit; travail difficile en terrain escarpé.

> Applications

Pour l'assainissement des surfaces très abruptes et qui ne peuvent plus être profilées. Talus de route et de berge à déclivité extrême, versants de ravins. Combinaison avec les protections de pieds, gabions en rouleaux, caissons en bois.

3.14 Clou à terre et à roc (ancrage)



> Description

Les ancrages dans le sous-sol rendent la stabilité aux masses en mouvement. Ainsi, grâce aux plantes, la surface peut être colonisée et fixée. On déblaie tout d'abord, autant que nécessaire, le matériel érodé, puis on fixe les ancrages dans le sous-sol (technique et longueur de l'ancrage selon les études géotechniques exécutées par les spécialistes). Les clous et les ancrages seront introduits par enfoncement, perforation, rinçage, vibration ou injection. Suivant les conditions et la pente des sols, toutes les méthodes du génie biologique peuvent être mises en place.

> Matériaux

Clous de diamètre 20–30 mm et de différentes longueurs, barres en acier, canalisations, ancrages attelés, téléancrage, pieux de perçage d'injection, têtes de clou ou plaques d'ancrage, mortier de ciments. Pour fixer dans le sol les palissades en bois ou en acier. Toutes les méthodes de construction du génie biologique.

> Calendrier

En tout temps, particulièrement après les catastrophes naturelles (glissements); plus tard, pendant la période de repos de la végétation, pour compléter avec des constructions vivantes.

> Effets

Le succès de la protection en profondeur dépend de l'ancrage. Les plantes, grâce à leur enracinement, assurent la stabilisation de la surface du sol.

> Avantages

Seule méthodes de construction permettant la combinaison des techniques de stabilisation en surface et en profondeur.

> Désavantages

Les ancrages sous tension doivent être contrôlés régulièrement. Les têtes d'ancrages en béton sont inesthétiques dans le paysage.

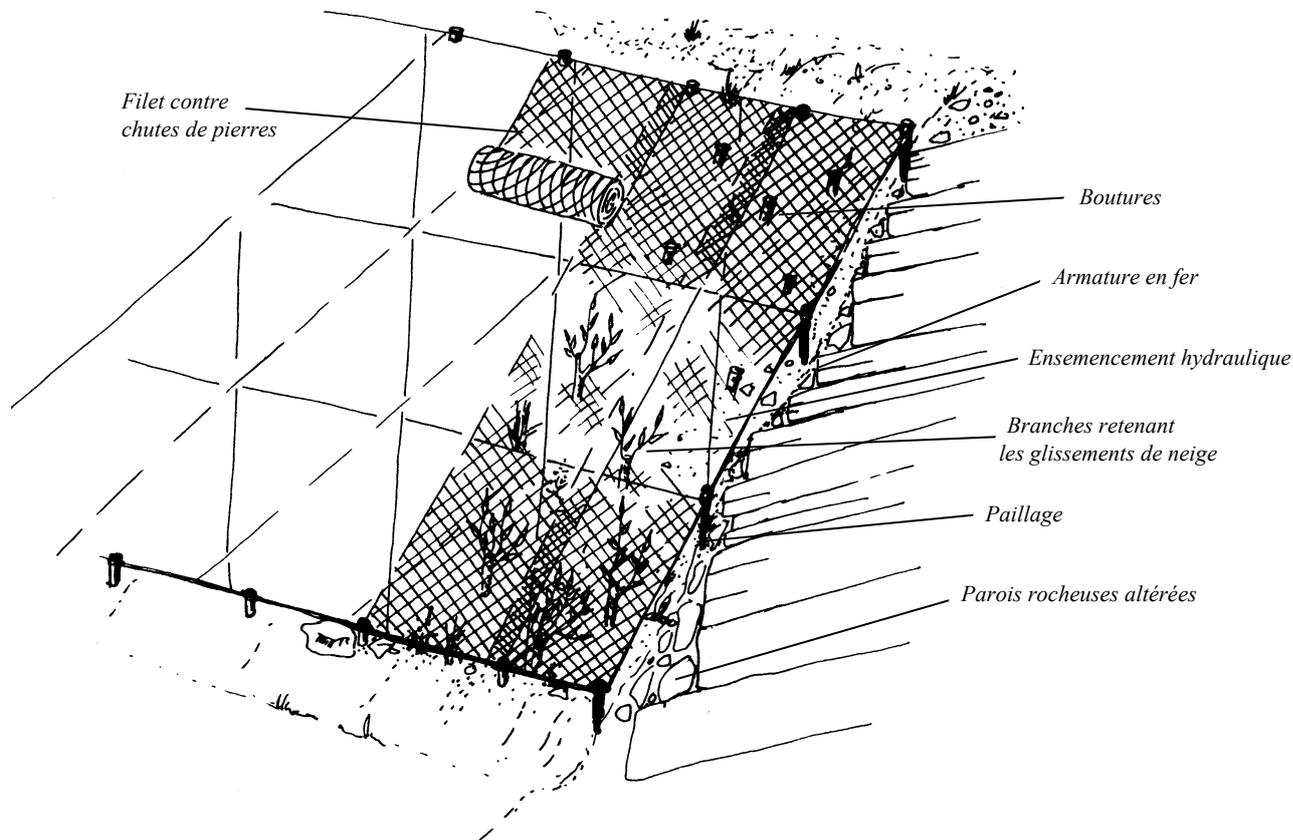
> Applications

Les méthodes combinées d'ancrage peuvent également stabiliser les sols en profondeur. Maîtrise des glissements de terrain. Stabilisation des voies de communication. Construction de routes sur des sols marécageux ou tourbeux. Ancrage de stabilisation de berges en tant que protection du lieu.

3.15 Grillage en fil de fer, grillage contre les chutes de pierre



Grillage métallique comme filet de protection contre les chutes de pierres



> Description

Les grillages en fil de fer empêchent la chute de blocs de pierre détachés des parois rocheuses abruptes et altérées. La végétation retient partiellement les matériaux instables. Les surfaces altérées avec aspérités seront aplanies et recouvertes d'une épaisse couche de paille (mulch). Les grillages seront pressés dans le sol ou posés et ancrés à une distance maximal de 30 cm de la surface des parois rocheuses. Les bords des grillages doivent se superposer ou être attachés sur une largeur de 40 cm. Les grillages en fil de fer doivent retenir les pierres détachées et sont montées horizontalement entre des supports stables.

> Matériaux

Filets de protection contre les chutes de pierres en grillage métallique, matière synthétique, fers d'armature, clous à roche, pieux en acier (toutes les parties doivent être traitées contre la corrosion), mortier de ciment. Boutures, paille non coupée, ensemencement hydraulique.

> Calendrier

En tout temps, semis en été, plantation pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Prévient les ruptures et les chutes de pierres. Long effet de couverture seulement en combinaison avec la végétation, mais celle-ci se développe lentement en raison de l'insuffisance de la couverture du sol. Rôle de paravalanche.

> Avantages

Consolidation et végétalisation de pentes rocheuses. Formation de précieuses stations sèches.

> Désavantages

Développement végétal irrégulier, les plantes à grand développement doivent être taillées.

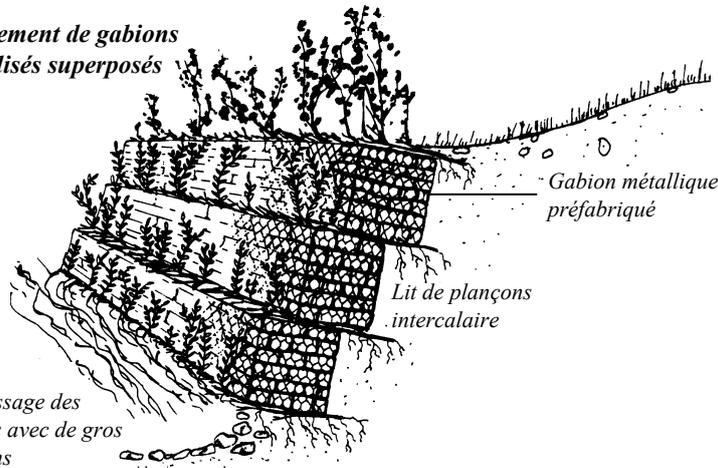
> Applications

Pour la consolidation en surface de parois rocheuses instables sur les talus de routes et les voies de chemin de fer. Dans les pentes très abruptes avec parois rocheuses altérées et avec de grosses pierres, spécialement là où les êtres humains et les biens doivent être protégés contre les chutes de pierres. On ne végétalise pas des parois rocheuses où le danger d'érosion est inexistant.

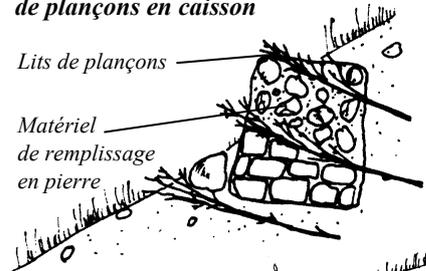
3.16 Gabions végétalisés



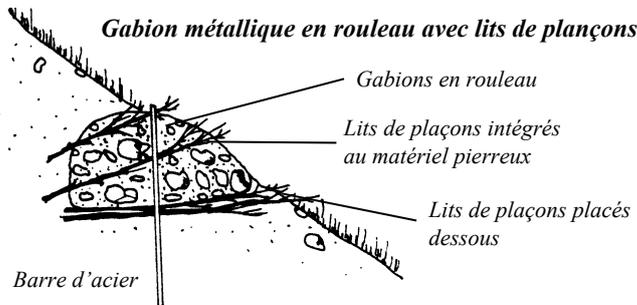
Agencement de gabions végétalisés superposés



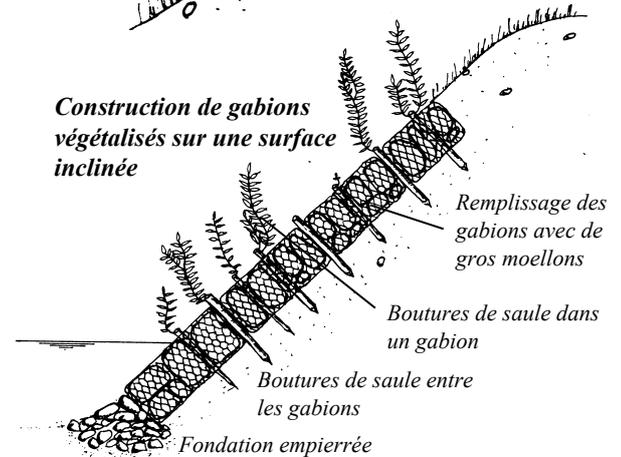
Gabion métallique avec lits de plançons en caisson



Remplissage des gabions avec de gros moellons



Construction de gabions végétalisés sur une surface inclinée



> Description

Un treillis à mailles serrées est posé dans une cuvette et rempli de cailloux, de ramures vivantes et de plantes ligneuses. Ensuite on tire le treillis pour en former un rouleau et on le ferme avec un fil de fer. Eventuellement, on fixe le rouleau dans le sous-sol avec une solide fiche en acier. Sur les berges, on protège les rouleaux contre les affouillements en ayant préalablement disposé des lits de plançons perpendiculairement au courant. Les gabions métalliques préfabriqués ne peuvent être végétalisés que dans les interstices avec des boutures ou lits de plants et plançons, sur une couche avec un sol apte à la repousse. Lorsque l'on utilise de la terre fine, on doit poser un tissu à la base du gabion. Uniquement avec une pente jusqu'à 40°, avec une retenue de 10°.

> Matériaux

Treillis à mailles de 5–8 cm, gabions préfabriqués avec treillis à mailles serrés (quatre ou six côtés); caillasse grossière locale, moellons à arêtes vives; fil de fer recuit; év. pieux en fer; branches de saule, Weidensteckhölzer; jeunes plantes ligneuses, géotextile lorsque l'on utilise de la terre.

> Calendrier

Pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Ouvrages fixes, souples et perméables dans des terrains instables, drainants, sans retenue d'eau. Les saules forment un rideau de racines dans les eaux courantes, jusque devant les rouleaux, et qui, après la corrosion des fils, reprennent la fonction du treillis.

> Avantages

Technique de construction rapide et élastique, protection immédiate allant de pair avec la végétalisation, permet le passage des racines et celui des petits animaux, durée de vie sensiblement supérieure aux fascines mortes.

> Désavantages

Utilisable seulement dans les endroits où des pierres sont à disposition, non-végétalisables par la suite. Les chutes de gravier et de cailloux dégradent rapidement le fil de fer; sujet aux dommages mécaniques; ouvrage limité en hauteur.

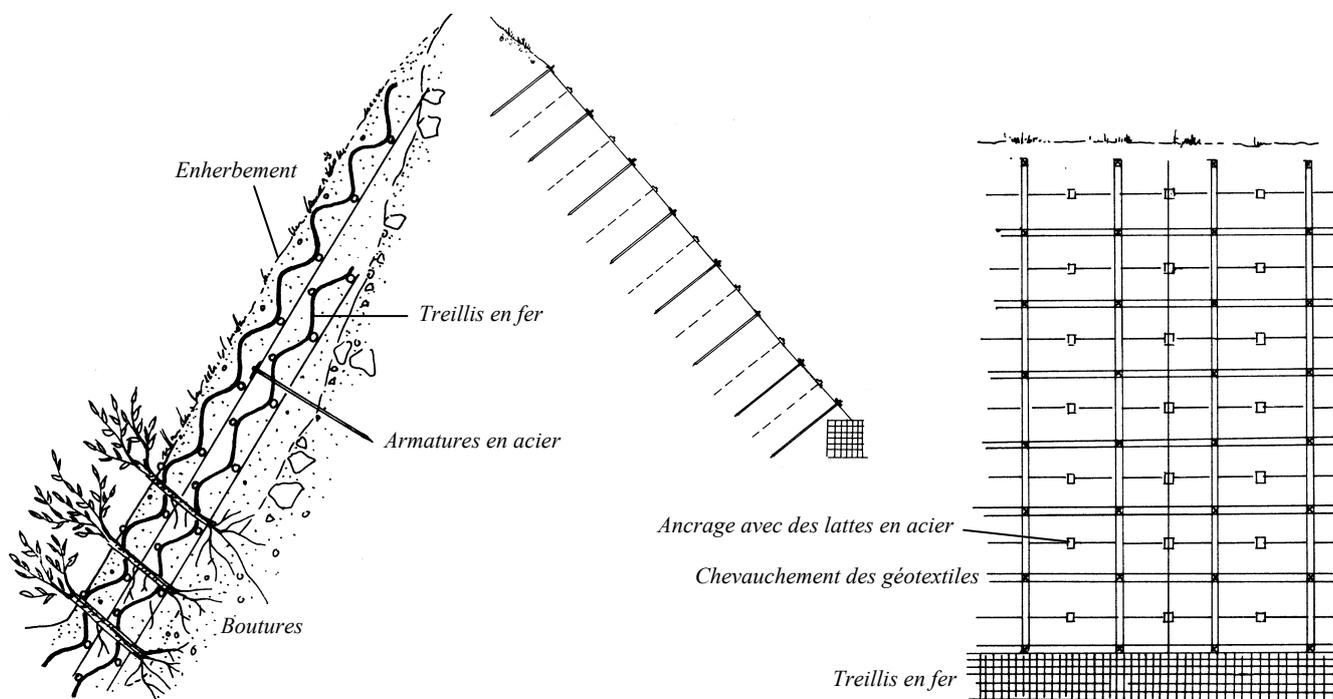
> Applications

Pieds de talus instables et humides, pentes menacées par l'érosion, ravins, berges subissant la pression de l'écoulement des eaux, remplacement de murs de soutènement dans les terrains mouvants. En général plus esthétiques que les murs en pierres non-végétalisés. En ouvrage transversal dans les ruisseaux ne charriant pas de matériaux ou à écoulement d'eau occasionnel. Ouvrages utilisés comme épis ou palissades filtrantes.

3.17 Nattes de structure



Nattes de structure composées d'une grille emboutie ou d'un filet d'armature soudé



> Description

Les glissements et les éboulements peuvent être stabilisés sans soutien de la base, avec entre autres des treillis en fil de fer ondulé. On fixe un ou plusieurs treillis avec ancrage à rocher ou à sédiment, le cas échéant avec des plaques d'ancrage, ou on les place comme armature horizontale. Derrière l'ouvrage, on étalera un géotextile avec de la terre ou de la paille et on végétalisera avec des semis hydrauliques. Si le sol est suffisamment tendre, on peut également y planter des boutures.

> Matériaux

Treillis en fil de fer ondulé, nattes de structure, treillis en acier de construction, éléments de grille renforcée, ancrages à rocher ou à sédiments, plaques d'ancrage, armatures en acier, géotextile par ex. tapis en coco; petites galets ou terre, paille, semis hydrauliques, boutures év. plantes en pot ou container.

> Calendrier

En tout temps, semis et plantes en pot durant la période de végétation; boutures, pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Stabilisation des couches supérieures, bonne consolidation en profondeur. Enracinement rapide du sous-sol. Les forces acti-

ves sont compensées, les premières années par les ancrages et les treillis, ensuite par les plantes elles-mêmes. Stabilise les glissements et laisse pénétrer l'eau. Bonne intégration dans l'environnement.

> Avantages

Ouvrage léger, consolidation immédiate en surface; selon le type d'ancrage, consolidation limitée et variable en profondeur. S'adapte aux conditions du terrain, ouvrage perméable.

> Désavantages

Les structures se désagrègent et l'enracinement doit prendre la relève à temps.

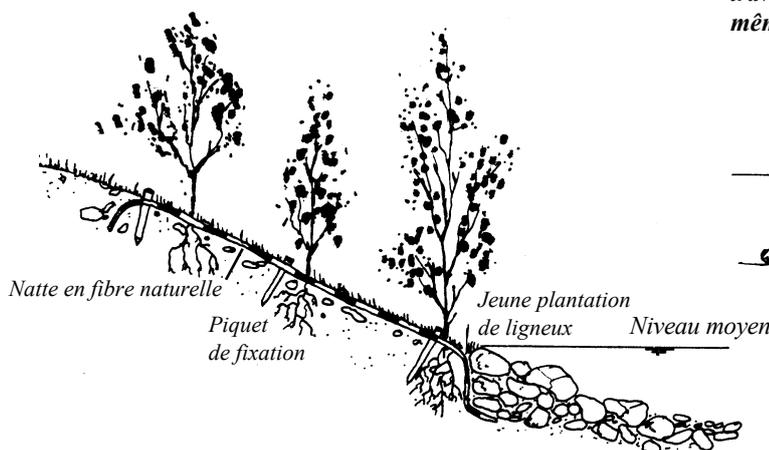
> Applications

Stabilisation de petites surfaces ébouloées (rocher ou sols stables) jusqu'à 45° au maximum; à la place de murs de soutènement, assainissement de pentes détremées ou lors d'éboulements dans des pentes: sans soutien vers le bas, car ancré dans le talus. Combinaison avec la consolidation des pieds, armatures en bois, diverses techniques de végétalisation.

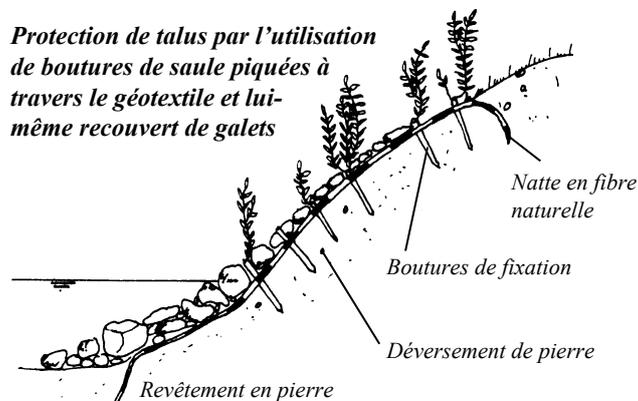
3.18 Protection de berge par géotextile végétalisé



Géotextile et jeune plantation de ligneux

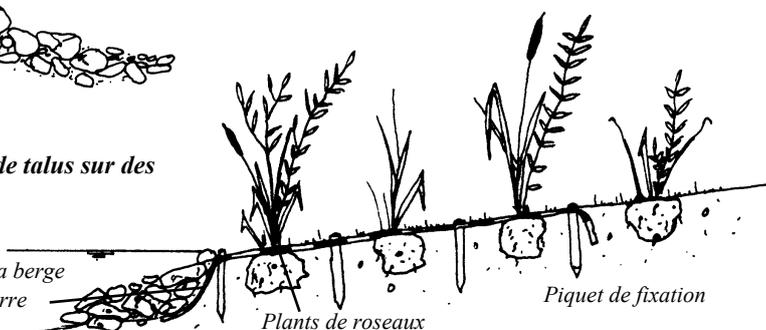


Protection de talus par l'utilisation de boutures de saule piquées à travers le géotextile et lui-même recouvert de galets



Natte de protection de talus sur des plants de roseaux

Protection du pied de la berge par déversement de pierre



> Description

Pour consolider les couches superficielles des talus et des berges, on recouvre les surfaces aplanies avec des nattes de protection en géotextile non-tissé et on les consolide avec des boutures, des lattes à tuiles ou des fers d'armatures. Les bords du géotextile doivent être enterrés à 10–20 cm. Lors de la superposition du textile, l'avancement du travail se fait contre la direction du courant, de l'aval vers l'amont afin que l'eau ne provoque pas d'affouillement. Les géotextiles devraient être recouverts de terre. On peut laisser le reverdissement se faire spontanément, ensemer ou planter dans des trous cruciformes. Lors des transplants, la protection de berge en géotextile sera étalée par après.

> Matériaux

Selon le but recherché, géotextiles en fibres naturelles (coco, jute, chanvre, fibre de bois etc.) avec les mailles en rapport avec la granulométrie; matériel terreux approprié; boutures, pieux, diamètre 2–3 cm, longueur 20–30 cm ou fers d'armature, diamètre 12–16 mm, longueur 30–40 cm, 1 pièce/m²; semis, plantes 1 pièce/m². Transplants.

> Calendrier

En tout temps; les semis pendant la période de végétation; les plantes ligneuses pendant la période de repos.

> Effets

Protection immédiate des couches superficielles, la fonction du géotextile étant de tenir jusqu'à ce que la végétation stabilise les talus. Les géotextiles sont souples et permettent l'enracinement à travers les mailles qui s'adaptent. Ils n'empêchent pas le passage des animaux et, étant perméables, évitent les retenues d'eau. Enfin, ils empêchent les chutes de pierres et les glissements de couches de terre instables.

> Avantages

Protection immédiate des couches supérieures, application facile, totalement biodégradable.

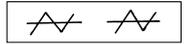
> Désavantages

Courte durée de vie des fibres naturelles: ½ année pour le jute, jusqu'à 8 ans pour le coco.

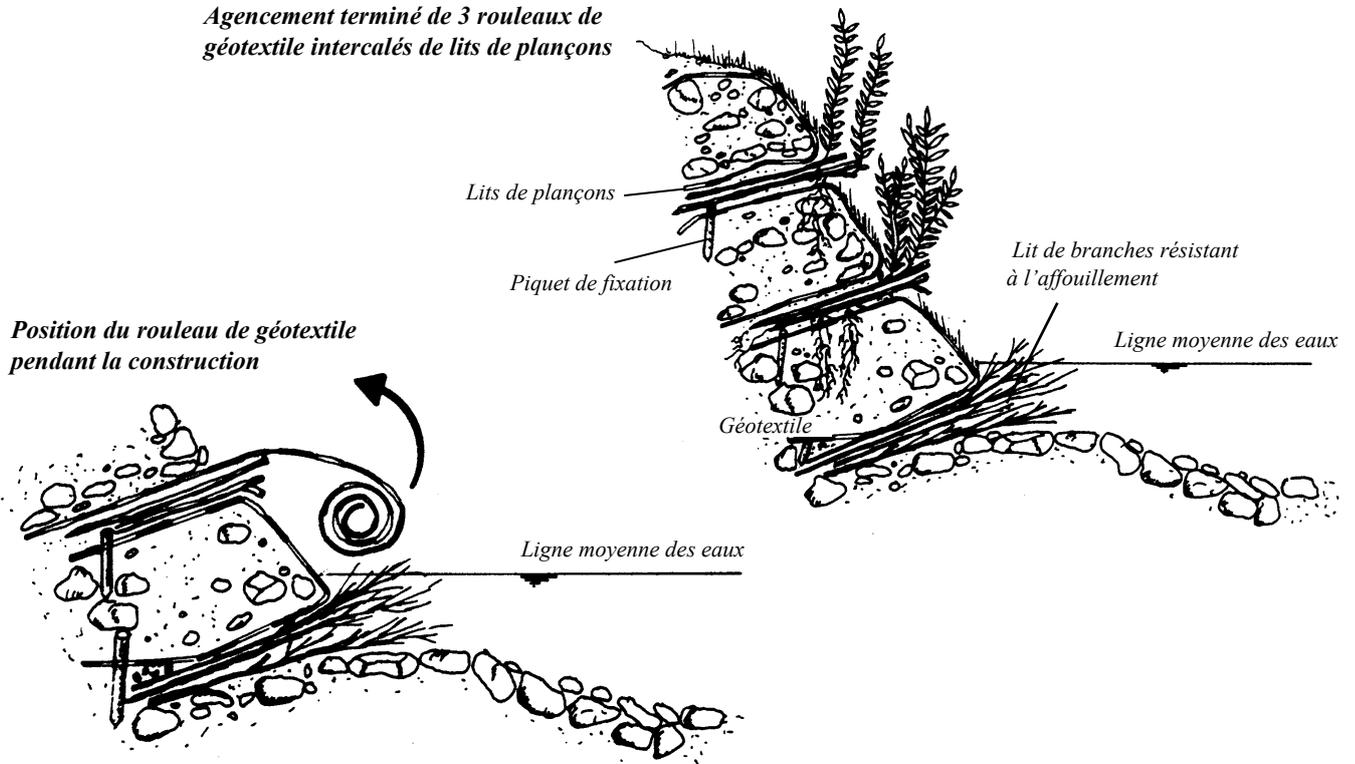
> Applications

Talus de routes, surfaces rocheuses brutes, rives lacustres et fluviales, protection contre les crues temporaire. Sur les berges, combinaison de nattes et de blocs de pierre, de préférence sous l'eau.

3.19 Géotextiles végétalisés



Agencement terminé de 3 rouleaux de géotextile intercalés de lits de plançons



> Description

Dans le but de consolider des talus et des berges instables, on superpose des corps de géotextiles en forme de rouleaux. On pose les géotextiles sur un plan incliné à 10° vers l'arrière. On les remplit de matériaux perméables trouvés sur place jusqu'à une hauteur de 40–80 cm, on les tasse pour finalement leur donner une forme cylindrique. Puis on pose les lits de plançons (10 à 20 pièces par mètre linéaire, ou combinés avec 2 arbustes ou 2 arbres par mètre linéaire). On les recouvre d'une couche de terre végétale d'environ 5 cm d'épaisseur, puis on continue avec le prochain emplacement. Selon le matériel de remplissage utilisé, on peut construire des parois abruptes jusqu'à 60° . Les parois en géotextile peuvent être végétalisées avec des semis hydrauliques. Le dimensionnement résulte des besoins propres au sol.

> Matériaux

Géotextiles en fibre naturelle seulement sous condition. Géotextiles en fibre artificielle avec mailles variables, plus appropriés lorsque l'on recherche une importante résistance à la rupture. Matériaux de consolidation en bois, en acier ou des bandes en plastique. Matériaux de remplissage, boutures, lits de plançons, arbustes.

> Calendrier

En tout temps; les semis pendant la période de végétation; les plantes ligneuses pendant la période de repos.

> Effets

Ouvrage de consolidation, à armature souple, perméable à l'eau et qui augmente la stabilité des talus. Les géotextiles résistants à la rupture permettent des applications dans les talus plus raides que l'angle de frottement ne le permet. Par la suite, toute la structure de la construction sera consolidée par la croissance des plantes.

> Avantages

Construction élastique, utilise tout le déblai de l'excavation. La forme s'adapte au terrain.

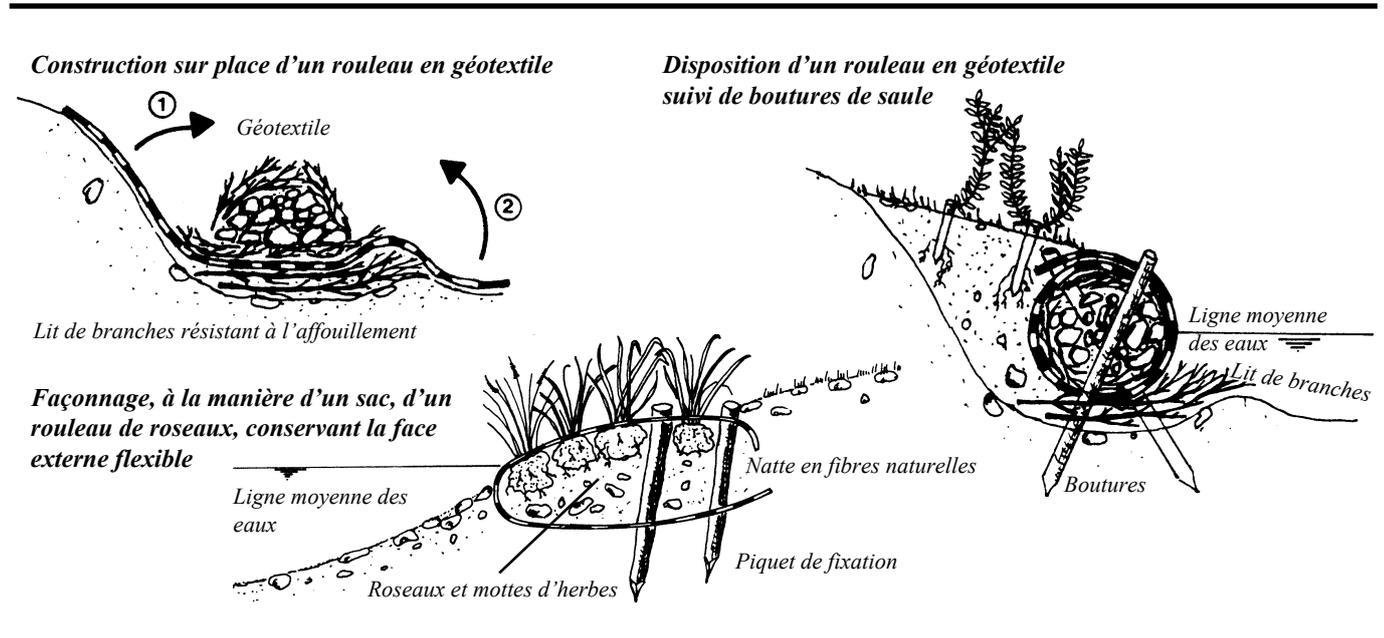
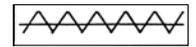
> Désavantages

Les géotextiles artificiels sont difficilement biodégradables; non-végétalisés, ils sont très inesthétiques. Durée de vie limitée. Consolidation sans géotextile impossible.

> Applications

Berges, talus de routes et de voies de chemin de fer, digues, digues de protection contre le bruit, interventions en cas de catastrophes, consolidation de pieds de berges, pentes en glissement. À utiliser en combinaison avec armatures métalliques, bandes d'ancrage, bois, pierres.

3.20 Fascines de pieds de berge en géotextile



> Description

Afin de consolider les pieds de berge, les fascines de pieds de berge et les fascines immergées à noyau sont roulées dans un géotextile. Le géotextile sera placé dans le fond d'une excavation de la berge. On façonne ensuite un rouleau avec des branches vivantes ou mortes, ainsi que du gravier prélevé sur place ou des déblais aptes à la végétalisation. On noue le géotextile avec du fil de fer ou avec des fils précédemment disposés dans le sol. Pour fixer le paquet à la rive, on enfonce en forme de croix des pieux en bois; dans les sols sablonneux on prendra des piquets en acier. Peut être préfabriqué sur un bateau. Afin d'éviter le danger d'affouillement, on place, transversalement par rapport au sens du courant, un lit de branches sous les fascines.

> Matériaux

Géotextiles tissés de longue durée, résistants au déchirement, à larges mailles, largeur de 1–2 cm; selon le diamètre des rouleaux (0,3 à 1 m), tissu d'une largeur de 1 à 4 m. 50% de matériaux de remplissage végétalisable, gravier et pierres, branches mortes et vivantes; pieux de saules, diamètre 8–15 cm, longueur 1–2 m ou piquets en acier, diamètre 16–24 mm, longueur 1–3 m, ou barres de fer à béton 1 pièce par mètre courant; fil de fer diamètre 3 mm ou bandes métalliques.

> Calendrier

Fascines immergées en géotextile avec des branches mortes, toute l'année; fascines de pieds de berge en géotextile avec branches vivantes, pendant la période de repos de la végétation.

> Effets

Protection continue et souple des pieds de berge. La rugosité des branches contenue dans les fascines filtre les matériaux fins

en suspension dans l'eau; elles permettront l'enracinement des saules et des semis immergés. Le géotextile empêche le lessivage pendant la période de croissance et protège la fascine du courant fort, du charriage et de la débâcle. Les plantes assument graduellement la stabilisation des berges. Des niches écologiques pour petits animaux et poissons sont créées.

> Avantages

Structure souple de longueur quelconque, efficace immédiatement, surface plus rugueuse que les ouvrages longitudinaux en bois ou en pierre.

> Désavantages

Les géotextiles sont rapidement dégradables et ne résistent pas au déchirement. Réalisés en matière synthétique, ils sont étrangers à leur environnement et inesthétiques. Bonne pousse uniquement sur la ligne moyenne des eaux.

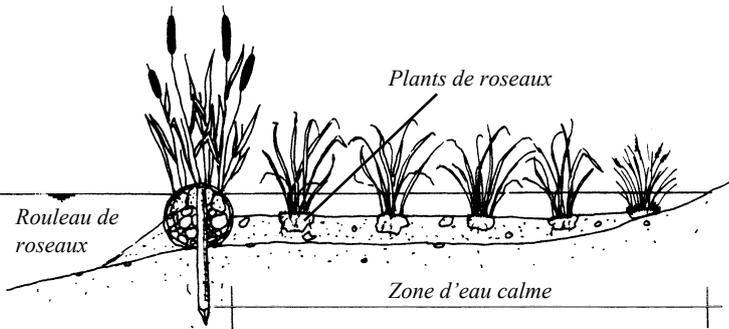
> Applications

Utilisable seulement dans les constructions hydrauliques, dans la zone de variation du niveau d'eau ou sous l'eau; cours d'eau avec fond du lit mobile, pour la protection du pied en cas d'affouillement de rives boisées. Les fascines peuvent également être placées en épis transversalement au courant. Dans les eaux profondes, on enfonce au préalable une rangée de pilotes, avant d'immerger les fascines. Variantes: sacs en géotextile derrière des pieux ou des ballots végétalisés; combinaison avec tapis de branches à rejets, nattes de protection, lits de plançons, fascines de pieds de berge, etc.

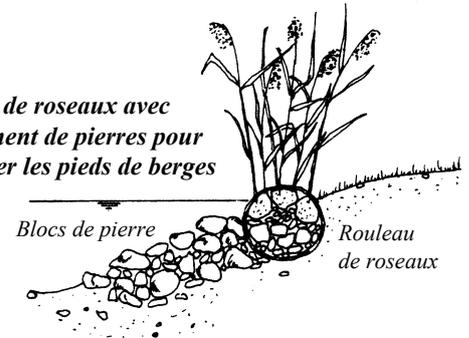
3.21 Fascine en matière végétale, rouleaux de roseaux



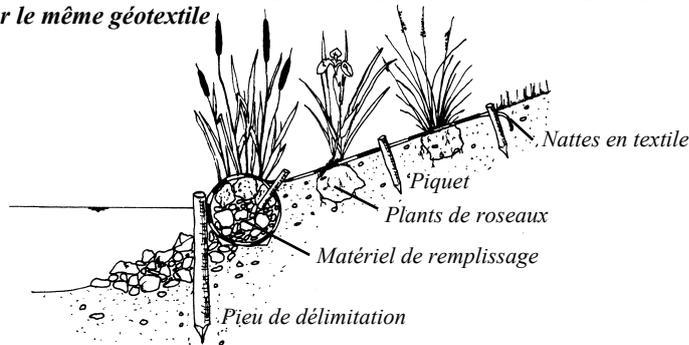
Rouleau de roseaux, formant barrière et protection d'une zone plus calme où l'on peut planter des mottes d'herbes aquatiques



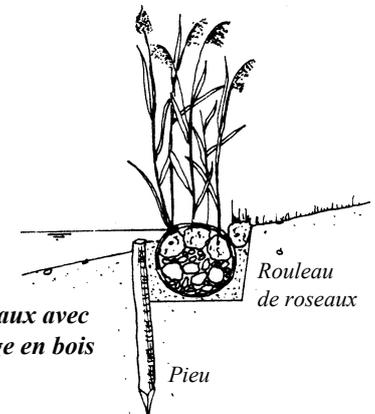
Rouleau de roseaux avec déversement de pierres pour consolider les pieds de berges



Rouleau de roseaux suivi de plantes aquatiques en ballots protégées par le même géotextile



Rouleau de roseaux avec piquets d'ancrage en bois



> Description

Pour la protection et le développement des roselières, on confectionnera des rouleaux en matière végétale (herbacée). Les plantes aquatiques autochtones seront rassemblées dans un géotextile ou un treillis métallique et fixées dans le sol. A 1 m d'intervalle, les pieux d'ancrage en bois seront enfoncés jusqu'au niveau d'eau moyen en période estivale. Derrière, on place le géotextile dans la saignée et on le remplit au fond avec du gravier ou des pierres et par-dessus avec des mottes herbeuses. Le géotextile sera façonné en un rouleau de diamètre 0,3–0,6 m puis attaché. Le tissu restant sera tiré sur la berge, enterré et fixé.

> Matériaux

Géotextile résistant et dégradable (coco; largeur 1 à 4 m), longueur selon besoin, aussi rouleaux de coco; pilots, diamètre 3–10 cm, longueur 0,6–1,5 m. Pieux en bois, diamètre 2–4 cm, longueur 0,3–0,5 m. Matériel de remplissage graveleux végétalisable; plantes à rejets et enracinées tels que roseaux, massette, faux roseau, laïches, joncs, iris, reines-des-prés etc., plantations en pot ou en transplants.

> Calendrier

Au commencement de la période de végétation ou pendant la période de repos, par basses eaux. Temps d'entreposage court.

> Effets

Les ballots retenus ensemble dans les rouleaux seront protégés contre l'érosion. Les rhizomes et les racines souterraines consolident le sol dans la zone de berge.

> Avantages

Protection immédiate des berges dans les zones de roseaux, sédimentation importante et haut pouvoir de nettoyage des eaux.

> Désavantages

Seulement dans les endroits ensoleillés et riches en substances nutritives.

> Applications

Pour la création de roseaux protecteurs sur les berges de cours d'eau plats et de lacs. Dans les zones de roseaux en eaux tranquilles avec faible variation du niveau et un charriage minimal. Convient aux berges peu pentues risquant le déchaussement des roseaux. Dans les cours d'eaux larges, pour consolider les lits mineurs. A combiner avec des paquets de branches, plantes herbacées, colonisation avec des roseaux.

> Glossaire

Adventif

Capacité pour un développement additionnel des racines sur la tige.

Auto-colonisation

Conquête naturelle d'une surface inculte par des plantes.

Berne

Technique de construction en terre pour restaurer des affaissements de plusieurs mètres de profondeur (largeur) dans un talus ou une partie de terrain naturellement accidenté.

Biotechnique

Relatif à l'action mécanique des parties vivantes de la plante produite par les rejets et les racines.

Biotope

Environnement naturel et délimité où les organismes et les communautés trouvent leurs moyens d'existence et ainsi y vivent.

Embryon

Plants ligneux arborescents plusieurs fois transplantés, qui se ramifient déjà sur la tige principale et s'enracinent.

Entailler

Les bois riverains durs, pouvant se régénérer, sont coupés (entaillés) à hauteur des genoux de telle manière à ce qu'ils tiennent encore avec leur écorce et environ 1/10 du bois de cœur.

Flours de foin

Graines, chaumes, restants sur les prés après la fenaison (ne venant pas de ballots pressés) ou semis recueillis dans les prairies naturelles.

Géotextiles

Nattes et tissus en fibres naturelles ou artificielles pouvant être utilisées dans les structures en terre.

Ligne moyenne des eaux

Niveau moyen annuel de l'eau dans le lit d'un cours d'eau.

Matériaux auxiliaires

Moyens techniques non-vivants comme pierres, acier, fils de fer, bois, adhésif ou colle, tout-venant, géotextile.

Mulch

Différentes sortes de couches de fibres de plantes, par ex. chaume ou foin; en guise de couverture, contre la sécheresse ou l'entraînement des sols.

Palissade

Grandes tiges vivantes (boutures), diamètre 5–10 cm, longueur 1–2,5 m, qui plantées dans le sol se développeront par la suite.

Période de végétation

Saison pendant laquelle les plantes poussent, s'enracinent, bourgeonnent, fleurissent et développent leur feuillage.

Pieu

Poteau en bois vivant ou mort, taillé en pointe, qui une fois enfoncé dans le sol, sert de support ou de point d'attache. Longueur supérieure à 50 cm.

Pionnier

Premier colonisateur d'un lieu pauvre en substances nutritives, ouvrant le chemin au développement d'une association de plantes.

Piquet

Court morceau de bois vivant ou mort, taillé en pointe, servant à fixer quelque chose au sol, par ex. géotextile. Longueur comprise entre 20 et 50 cm.

Plante en ballot

Plante repiquée, dont les racines et les bulbes sont enveloppés dans un tissu biodégradable.

Plantes en container

Récipients de différentes grandeurs et en divers matériaux (tourbe compactée et stratifiée, papier mâché, plastique), contenant des semis, ou des plantes repiquées (pot).

Plaqué de gazon

Pièce herbeuse naturelle ou de culture, ayant jusqu'à 1 m² de surface.

Repos de végétation

Saison pendant laquelle les plantes prennent du repos et en règle générale retiennent leur sève dans leur souche.

Rhizome

Tige souterraine, organe de résistance ou de stockage permettant de surmonter des périodes de végétation défavorables.

Rideau de racines

Ensemble important de racines qui se forment dans l'eau, directement au bord des rives surtout pour les saules et les aulnes.

Succession

Remplacement graduel dans le temps ou dans l'espace des associations écologiques, généré par des facteurs de localisation changeant ou par la propre activité vitale des organismes.

V.S.S.

Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute; normes de l'Association suisse des professionnels de la route et des transports.

Végétation initiale

Premier stade du développement de la végétation avec des pionniers. Premier stade d'un développement d'une végétation naturelle ou artificielle.

Zonation

Evolution de la végétation dans l'espace; suite de groupements de végétaux obéissant à un gradient écologique; par exemple: le long d'une rive, passage d'une zone humide à une zone sèche.

> Adaptation de la terminologie

> Adaptation à la nouvelle terminologie internationale

Lors de la première parution de la présente publication de l'OFEV en 1993, les notions des méthodes de construction du génie biologique ont été formulées telles qu'elles étaient alors en usage en Suisse. Entre temps en Europe, les ingénieur(e)s en génie biologique se sont rassemblés et mis d'accord sur des notions harmonisées et traduisibles aussi bien dans la langue allemande que dans la langue italienne, française, espagnole et anglaise. Cette concertation internationale a débouché sur la parution d'un ouvrage intitulé «Génie biologique – Manuel de construction» (Zeh H. 2007), dont les termes sont repris dans cette édition actualisée.

Ancien terme: l'italique est remplacé	Nouveau terme:	Ancien terme: l'italique est remplacé	Nouveau terme:
<i>semis normal ou conventionnel</i>	ensemencement à sec	<i>enrochement végétalisé</i>	plantation interstitielle, pavement végétalisé
semis sur paillage	semis sur paillage	mur de pierres sèches végétalisé	mur de pierres sèches végétalisé
semis de fleurs de foin	semis de fleurs de foin	<i>éléments préfabriqués</i>	mur de soutènement végétalisé (en béton)
<i>semis hydraulique</i>	semis hydraulique, semis par projection	<i>en béton végétalisés</i>	fascine immergée à noyau traverse buissonnante vivante embroussaillement des ravins
gazon empierré	gazon empierré	fascine immergée à noyau	traverse buissonnante vivante
<i>mise en place de gazon</i>	gazon préfabriqué, mise en place de gazon	traverse buissonnante vivante	embroussaillement des ravins
transplantation	transplantation	embroussaillement des ravins	tapis de branchages
<i>plantation d'espèces herbacées</i>	plantation de rhizomes, séparation de plantes en touffe	tapis de branchages	arbre en épi
<i>plantation de chaumes de roseaux</i>	mise en terre de chaumes	arbre en épi	épis végétalisés
<i>plantation en mottes (ballots)</i>	plantation en container et en pot	épis végétalisés	palissade filtrante
<i>et en pots</i>		palissade filtrante	caisson en bois végétalisé
semis de végétaux ligneux	semis de végétaux ligneux	caisson en bois végétalisé	armature en bois
boutures	boutures	armature en bois	<i>ancrage des sols et parois</i>
palissades,	palissades,	<i>ancrage des sols et parois</i>	clou à terre et à roc (ancrage)
brosses/peignes vivants	brosses/peignes vivants	grillage en fil de fer	grillage en fil de fer
tressage	tressage	gabions végétalisés	gabions végétalisés
tapis de branches à rejet	tapis de branches à rejet	treillis ancré	treillis ancré
lit de plançons	lit de plançons	<i>protection de berge par géotextile</i>	protection de berge par géotextile végétalisé
lit de plants	lit de plants	<i>rouleaux en géotextile</i>	géotextile végétalisé
lit de plants et plançons	lit de plants et plançons	fascine de pied de berge	fascine de pied de berge
plantation en cordon	plantation en cordon	en géotextile	en géotextile
fascine en talus	fascine en talus	<i> fascine en matière végétale</i>	fascine en matière végétale, rouleau de roseaux
fascine de pied de berge	fascine de pied de berge		
fascine et plançons	fascine et plançons		
(protection en saules)	(protection en saules)		
treillis de branches	treillis de branches		
ouvrage en paquet	ouvrage en paquet		
plantation d'espèces ligneuses	plantation d'espèces ligneuses		
plantation de plantes pionnières	plantation de plantes pionnières		
plantation à rainure	plantation à rainure		
boisement	boisement		
revêtement végétalisé en pierres	revêtement végétalisé en pierres		
<i>cône de drainage</i>	cône de drainage végétalisé		

> Bibliographie

Adam Ph., Debais N., Gerber F., Lachat B. 2008: Le génie végétal, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, etc., Paris.

Baudirektion des Kantons Bern, Tiefbauamt 1988: Ingenieurbiologische Uferverbauungen, deutsch und französisch, Bern.

Baudirektion des Kantons Bern, Tiefbauamt 1989: Naturnahe Flachufer an Seen, Bern.

Begemann W., Schiechl H.M. 1986: Ingenieurbiologie – Handbuch zum naturnahen Wasser- und Erdbau, Wiesbaden und Berlin.

Blab J. 1986: Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere, Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn – Bad Godesberg.

Böll A., Gerber W., Graf F. und Rickli C. 1999: Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang- und Runsenverbau, Birmensdorf.

Bundesamt für Umweltschutz 1986: Bau durchlässiger und bewachsener Plätze, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 50, Bern.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1992: Schutzwasserbau, Gewässerbetreuung, Ökologie, Wien.

Buser H., Klein A., Mase G. 1988: Gestaltung von Grünflächen an Strassen, Tiefbauamt Kanton Basel-Landschaft, Liestal.

Diez C.: Literaturlistenbank, über 6000 Titel über: www.ingenieurbiologie.ch

Ellenberg H. 1986: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht, Stuttgart.

Florineth F. 2004: Pflanzen statt Beton – Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik, Berlin – Hannover.

Frauendorfer R., Jungwirth M. 1985: Der Zusammenhang zwischen Revitalisierungsmassnahmen und der Biozönose von Fliessgewässern am Beispiel der Fischerei, in: Landschaftswasserbau 5, TU Wien.

Geitz P. 1985: Naturnaher Wasserbau, Hrsg. Ausbildungsförderwerk Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e.V., Bad Honnef.

Gesellschaft für Ingenieurbiologie 1980–1999: Jahrbücher Ingenieurbiologie, Aachen.

Kuonen V. 1983: Wald- und Güterstrassen, Pfaffhausen Zürich.

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

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1991: Umgestaltung der Enz in Pforzheim, Stuttgart.

Lange G., Lecher K. et al. 1989: Gewässerregelung, Gewässerpflanzung, Hamburg und Berlin.

Merian L. 1992: Ingenieurbiologische Bauweisen, eine Entscheidungshilfe (beim Verfasser).

Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg 1993: Handbuch Wasserbau, Naturgemäße Bauweisen, Stuttgart.

Oplatka M. et al. 1996: Wörterbuch Ingenieurbiologie E/D/F/I, vdf Hochschulverlag, Zürich.

Österreichischer Wasserwirtschaftsverband 1984: Leitfaden für den natur- und landschaftsbezogenen Schutzwasserbau an Fliessgewässern, Wien.

Schiechl H.M. 1973: Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau, München.

Schiechl H.M., Stern R. 1992: Handbuch für naturnahen Erdbau, Wien.

Schiechl H.M., Stern R. 1994: Handbuch für naturnahen Wasserbau, Wien.

Schlüter U. 1990: Laubgehölze, Ingenieurbiologische Einsatzmöglichkeiten, Berlin und Hannover.

Schlüter U. 1996: Pflanze als Baustoff – Ingenieurbiologie in Praxis und Umwelt, Berlin und Hannover.

Schweizerischer Verband für Geotextilfachleute 1982: Referate der Geotextiltagung, Zürich.

Stern R. 1990: Ingenieurbiologische Sicherungsmassnahmen in steilen Gerinnen, Landschaftswasserbau 10, Wien.

Verein für Ingenieurbiologie 1989–2009: Mitteilungsblätter Ingenieurbiologie, Horgen und Wädenswil, siehe auch www.ingenieurbiologie.ch.

VSS – Normen, SN 640 680 Ingenieurbiologie, erscheint 2010.

Zeh H. 1982: Verwendung von Geotextilien in der Ingenieurbiologie, Schweizer Baublatt 36, Zürich.

Zeh H. 2007: Ingenieurbiologie – Handbuch Bautypen, vdf Hochschulverlag, Zürich.