

Travaux

d'aménagement
et d'entretien
des zones
naturelles

Règles professionnelles

Travaux de génie végétal

N°: **N.C.1-R0** | Création : février 2015



Préambule

Les règles professionnelles sont la transcription et l'identification du savoir-faire des entreprises du paysage. Elles sont rédigées par des professionnels du paysage : entreprises, donneurs d'ordre, bureaux d'étude, enseignants, fournisseurs, experts.

Elles sont élaborées en tenant compte de l'état des lieux des connaissances au moment de leur rédaction, et des documents existants sur certains sujets spécifiques. Elles constituent ainsi une photographie des « bonnes pratiques » du secteur.

Elles sont toutes organisées selon le même principe. Ainsi, on y trouve :

- une délimitation précise du domaine d'application
- un glossaire détaillé des termes employés dans le document
- des prescriptions techniques organisées selon la logique du déroulement de chantier
- des points de contrôle, qui donnent les moyens de vérifier la bonne exécution du travail
- des annexes techniques pouvant être de différents ordres : compléments techniques spécifiques, exemples de méthodes à mettre en œuvre, etc.

Les règles professionnelles sont applicables à tout acteur concourant à la réalisation et l'entretien d'un ouvrage paysager.

Nota bene : Les règles professionnelles du paysage n'ont pas pour vocation de remplacer le fascicule 35 mais de le compléter et de l'enrichir. Les règles professionnelles du paysage sont bien sûr conformes aux prescriptions générales du fascicule 35 et visent essentiellement à décrire les techniques mises en œuvre et les résultats à obtenir, pouvant notamment s'intégrer dans les CCTP des marchés de travaux.

Avertissement : Les réglementations de chantier et celles relatives à la sécurité des personnes ne sont pas abordées dans ces documents. Il va de soi que toutes les activités décrites doivent être réalisées dans le respect de la législation en vigueur.



Document réalisé sous la direction de l'Unep dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'Unep et le Ministère en charge de l'Agriculture, et dans le cadre de la convention de partenariat signée entre l'Unep et Plante & Cité

Une nomenclature spécifique a été retenue pour les règles professionnelles du paysage. Par exemple, le numéro des règles professionnelles "Travaux des sols, supports de paysage" est le P.C.1-R0. La première lettre de la nomenclature sert à identifier l'axe auquel appartient le sujet (axe 1 - P : plantes / axe 2 - C : constructions paysagères / axe 3 - B : végétalisation de bâtiments / axe 4 - N : zones naturelles / axe 5 - S : sols sportifs). Quant à la seconde lettre, elle permet d'identifier les travaux de création (C) ou d'entretien (E). Le premier chiffre est un numéro d'ordre et la mention "Rchiffre" indique le numéro de révision. Les annexes sont indiquées par la mention "Achiffre", placée avant le numéro de révision.

Les règles professionnelles du paysage sont téléchargeables sur le site de l'Unep à l'adresse suivante : <http://www.entreprisesdupaysage.org/base-documentaire/regles-professionnelles/149-Regles-professionnelles-finalisees/>

Liste des personnes ayant participé à la rédaction

Comité de pilotage

Éric LEQUERTIER (Unep, Président du comité de pilotage des règles professionnelles, Vice-président de Plante & Cité)
Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, membre honoraire)
Christophe GONTHIER (Unep, Président de la Commission technique)
Thierry MULLER (Unep, Vice-président de QualiPaysage)

Comité de rédaction

Yves CROSAZ (AGéBio)
Freddy REY (AGéBio)
François CASSOTTI (Unep)
Manuel DE MATOS (Unep)
Jean-Michel DEHAYE (Unep)
Frédérique CADIERE (Ademe)
Valérie BERT (Ineris)
Ghislain HUYGHE (AGéBio)

Comité de lecture

Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, membre honoraire)
Jean-Marc DEKERVEL (Fournisseur spécialisé)
Damien PROVENDIER (Plante & Cité)
Régis TRIOLLET (DGER)
François GILLER (Hortis)
Sylvie SAGNE (AITF)
Christelle DAVID (FFP)
Cécile DUMAS (Unep)
Marie RUAUD (Unep)

Sommaire

Préambule	2
Liste des personnes ayant participé à la rédaction	2
1. Objet et domaine d'application	6
2. Définitions des termes	6
2.1. Matériels et constituants	6
2.1.1. Agrafe	6
2.1.2. Bactérie	6
2.1.3. Branche	6
2.1.4. Bouture	6
2.1.5. Culture fixée	6
2.1.6. Crampillon	6
2.1.7. Equivalent-habitant	6
2.1.8. Fiche d'ancrage	6
2.1.9. Géofilet	7
2.1.10. Géomembrane	7
2.1.11. Granulats	7
2.1.12. Lé	7
2.1.13. Longrine	7
2.1.14. Moise	7
2.1.15. Mycorhize	7
2.1.16. Pieu	7
2.1.17. Plançon / ramille	7
2.1.18. Plant	7
2.2. Techniques et procédés	7
2.2.1. Semis / ensemencement	7
2.2.2. Bouturage	7
2.2.3. Marcottage	7
2.2.4. Plantation	7
2.2.5. Cordon / lit de plants et plançons	7
2.2.6. Couche de branches à rejets / garnissage	7
2.2.7. Fascine	7
2.2.8. Clayonnage / tressage	7
2.2.9. Palissade	8
2.2.10. Caisson végétalisé	8
2.2.11. Treillage-bois	8
2.2.12. Phytotechnologies	8
2.2.12.1. Phytoépuration	8
2.2.12.2. Phytoassainissement	8
2.2.12.3. Filtre planté	8
2.2.12.4. Phytoextraction	8
2.2.12.5. Phyto / rhizodégradation	8
2.3. Outils et termes spécifiques	9
2.3.1. Amendement	9
2.3.2. Faculté germinative	9
2.3.3. Fertilisant	9
2.3.4. Hélophyte	9
2.3.5. Hydrosemoir	9
2.3.6. Pelade	9
2.3.7. Pureté spécifique	9
2.3.8. Terres ressources	9
2.3.9. Les travaux de parachèvement	9
2.3.10. Les travaux de confortement	9
2.3.11. Plan de gestion	9

3. Description et prescriptions techniques	10
3.1. Prescriptions, choix des techniques, dimensionnement, périodes d'intervention	10
3.1.1. Pose de géofilets	10
3.1.2. Ensemencement	10
3.1.2.1. Mélanges plurispécifiques	10
3.1.2.2. Matières amendantes / fertilisantes	10
3.1.2.3. Obligation de résultats	11
3.1.3. Bouturage	11
3.1.4. Marcottage	11
3.1.5. Plantation	11
3.1.6. Cordon / lit de plants et plançons	11
3.1.7. Couche de branches à rejets / garnissage	12
3.1.8. Fascine	12
3.1.9. Clayonnage / tressage	13
3.1.10. Palissade	14
3.1.11. Caisson végétalisé	14
3.1.12. Treillage bois	15
3.1.13. Phytostabilisation	15
3.1.13.1. Amendements chimiques	15
3.1.13.2. Amendements biologiques	15
3.1.14. Techniques de phytoépuration (filtre planté)	15
3.1.14.1. Agrément	15
3.1.14.2. Description d'un système type de phytoépuration	16
3.1.14.3. Principe de fonctionnement	16
3.1.14.4. Dimensionnement	16
3.1.15. Autres techniques : options	16
3.1.15.1. Branches anti affouillement	16
3.1.15.2. Géofilet en protection mécanique provisoire	16
3.2. Le matériel végétal	16
3.2.1. Semences	17
3.2.1.1. Qualité des lots de semences	17
3.2.1.1.1. Espèces réglementées	17
3.2.1.1.2. Espèces non réglementées	17
3.2.1.2. Origine des lots de semences	17
3.2.2. Boutures et plançons	17
3.2.2.1. Production de boutures	17
3.2.2.2. Prélèvement in situ	17
3.2.2.3. Conditionnement	17
3.2.2.4. Stockage	18
3.2.3. Plants	18
3.2.3.1. Plants mycorhizés	18
3.2.3.2. Hélophytes	18
3.2.3.3. Plants pour la phytoépuration	18
3.3. Les techniques	18
3.3.1. Géofilets	18
3.3.1.1. Mise en place sur berge	18
3.3.1.2. Mise en place sur talus	18
3.3.1.3. Finitions	18
3.3.2. Ensemencement	19
3.3.2.1. Travaux préalables à l'ensemencement	19
Point de contrôle contradictoire	19
3.3.2.1.1. Nettoyage préalable des sols	19
3.3.2.1.2. Décompactage superficiel	19
3.3.2.1.3. Comblement des rigoles	19
3.3.2.1.4. Réception et stockage des constituants du mélange	19
Point de contrôle contradictoire	20
3.3.2.2. Travaux d'ensemencement	20
3.3.2.2.1. Préparation du mélange	20
Point de contrôle contradictoire	20
3.3.2.2.2. Mise en œuvre du mélange	20
Point de contrôle interne	20

3.3.3. Bouturage	20
Point de contrôle interne	20
3.3.4. Marcottage	20
Point de contrôle interne	20
3.3.5. Plantation	20
Point de contrôle interne	21
3.3.6. Cordon / lit de plants et plançons	21
3.3.6.1. Cordon	21
3.3.6.2. Lit de plants et plançons	21
Point de contrôle interne	21
3.3.7. Couche de branches à rejets / garnissage	21
Point de contrôle interne	22
3.3.8. Fascine	22
3.3.8.1. Fascine de ligneux	22
Point de contrôle interne	23
3.3.8.2. Fascine d'hélophytes	23
Point de contrôle interne	23
3.3.9. Clayonnage / tressage	23
Point de contrôle interne	24
3.3.10. Palissade	24
Point de contrôle interne	25
3.3.11. Caisson végétalisé	25
Point de contrôle contradictoire	25
3.3.12. Treillage bois	25
Point de contrôle contradictoire	25
3.3.13. Techniques de phytostabilisation	26
Point de contrôle contradictoire	26
3.3.14. Techniques de phytoépuration (filtre planté)	26
Point de contrôle contradictoire	26
3.3.15. Matériel d'exécution	26
3.3.15.1. Mesures de prévention vis-à-vis de la dégradation des milieux	26
3.3.15.2. Mesures de prévention vis-à-vis de la pollution des milieux	26
3.4. Travaux de parachèvement, travaux de confortement, plan de gestion	26
3.4.1. Travaux de parachèvement	26
3.4.1.1. Hydroensemencement	26
3.4.1.2. Autres techniques	27
3.4.2. Travaux de confortement	27
3.4.2.1. Hydroensemencement	27
3.4.2.2. Autres techniques	27
3.4.3. Plan de gestion	27
4. Bibliographie	28
4.1. Quelques ouvrages de référence	28
4.2. Les espèces et les polluants	28
5. Définitions	29

1. Objet et domaine d'application

Le génie végétal, ou génie biologique, s'entend comme l'ensemble des techniques utilisant les végétaux et leurs propriétés mécaniques et/ou biologiques, pour la gestion des milieux dégradés aux niveaux mécanique, chimique ou biologique, en particulier :

- le contrôle et la stabilisation des sols ;
- l'épuration et la dépollution des sols et des eaux ;
- la restauration (réhabilitation, réaffectation ou renaturation), la création ou la conservation de ces milieux, incluant une intégration paysagère des aménagements.

Dans ces règles professionnelles, sont ainsi développées une quinzaine de techniques :

- pose de géofilets
- ensemencement
- bouturage
- marcottage
- plantation
- cordon / lit de plants et de plançons
- couche de branches à rejets / garnissage
- fascine
- clayonnage / tressage
- palissade
- caisson végétalisé
- treillage bois
- phytostabilisation
- phytoépuration (filtre planté).

Remarques : Au fil du temps et suivant les secteurs géographiques, plusieurs termes ont été utilisés pour désigner des techniques relativement proches. Par exemple, le clayonnage réalisé en montagne et le tressage réalisé en berges correspondent à des techniques très proches.

Il existe des techniques qui viennent en appui des techniques du génie végétal. La stabilisation à court ou plus long terme ne repose effectivement plus dans ce cas sur le matériel végétal seulement mais sur des éléments non vivants, notamment du bois mort (seuil en bois, barrage en bois...) ou du génie civil (enrochement, épi...).

2. Définitions des termes

2.1. Matériels et constituants

2.1.1. Agrafe

Tige métallique en acier galvanisé, d'un diamètre de 2 mm et recourbée en U.

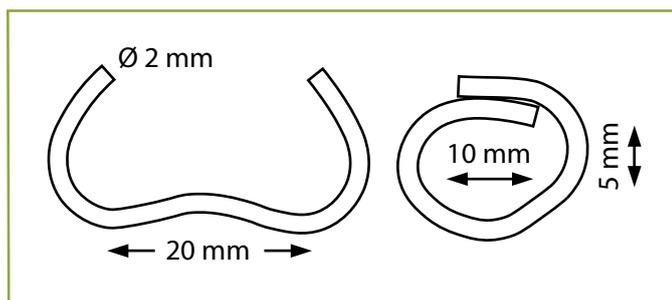


Figure 1 : Exemples d'agrafes

2.1.2. Bactérie

Organisme vivant unicellulaire intervenant notamment dans le traitement de l'eau au niveau des filtres plantés. On distingue deux types de bactéries :

- les bactéries aérobies, qui tolèrent ou exigent la présence d'oxygène libre dans le milieu où elles vivent
- les bactéries anaérobies, qui sont capables de survivre en l'absence d'oxygène.

2.1.3. Branche

Tige secondaire (ou plus) d'un sujet ligneux (arbre ou arbuste), qui se développe à partir du tronc et à partir de laquelle sont prélevées par exemple des boutures ou des plançons.

2.1.4. Bouture

Segment de branche vivante, d'espèce ligneuse ou tige herbacée, ayant une forte capacité de rejet par reproduction végétative et que l'on met en terre en groupe ou de manière isolées. Les sections mises en terre sont alors appelées à former un réseau racinaire et les sections aériennes de nouvelles tiges.

2.1.5. Culture fixée

Bactéries qui vivent fixées sur un support de type granulats.

2.1.6. Crampillon

Tige en acier, parfois galvanisé, recourbée en forme de cavalier, de 2 à 5 mm de diamètre et de 30 à 50 mm de haut.

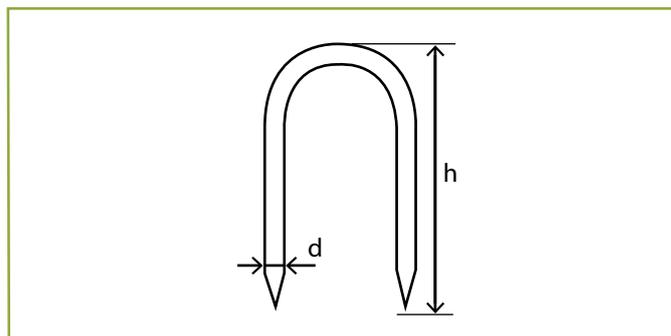


Figure 2 : Crampillon

2.1.7. Equivalent-habitant

Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité de traitement d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.

2.1.8. Fiche d'ancrage

Barre généralement en acier tors, d'un diamètre minimum de 6 mm et d'une longueur comprise entre 10 et 30 cm, dont une des extrémités est recourbée en forme de U.

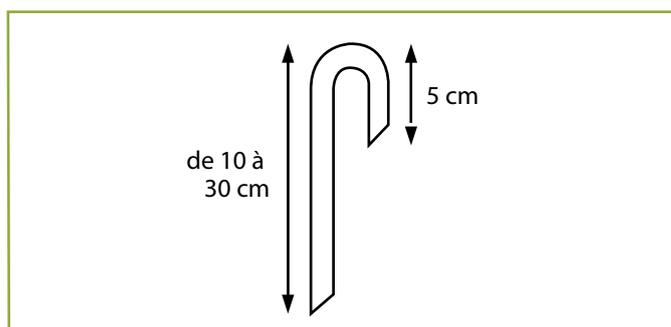


Figure 3 : Schéma de principe d'une fiche d'ancrage

2.1.9. Géofilet

Natte biodégradable tissée ou non, constituée de fibres végétales et, employée à des fins de protection temporaire des sols dans l'attente de la reprise des végétaux installés.

2.1.10. Géomembrane

Membrane d'étanchéité, dont l'épaisseur est supérieure ou égale à 1 mm.

2.1.11. Granulats

Ensemble de matériaux de différents diamètres. Ils peuvent être extraits directement en gravière ou résulter d'un concassage selon un calibre précis. Par exemple, un granulats 0-40 est composé de matériaux dont le diamètre des particules est compris entre 0 et 40 mm.

2.1.12. Lé

Bande constituée d'un entrecroisement de fils de trame, placés dans le sens de la largeur et de fils de chaîne, disposés dans le sens de la longueur. Les fils de chaînes de part et d'autre du lé sont généralement renforcés.

2.1.13. Longrine

Rondin de bois mort constitutif d'un caisson végétalisé, implanté parallèlement au sens du cours d'eau ou en pied de versant de talus.

2.1.14. Moise

Rondin de bois mort constitutif d'un caisson végétalisé, implanté perpendiculairement au sens du cours d'eau ou en pied de versant de talus.

2.1.15. Mycorhize

Association symbiotique entre un champignon et les parties souterraines des plantes.

2.1.16. Pieu

- vivant : boutures de grandes dimensions, tant en longueur qu'en diamètre.
- mort : bois n'ayant plus aucune capacité de rejet par reproduction végétative.

2.1.17. Plançon / ramille

Extrémité de branche vivante de deux ou trois ans, de petit diamètre, généralement ramifiée.

2.1.18. Plant

Individu végétal possédant à la fois un système aérien et un système racinaire.

2.1.19. Hélophyte

Plante herbacée généralement de type « géophyte » (plante à rhizome, bulbe, tubercule...), dont les organes de renouvellement (bourgeons) passent l'hiver dans le sol inondé (vase), alors qu'en période de végétation elle développe un système aérien dépassant de la surface de l'eau.

Exemples : Roseau commun (*Phragmites australis*), Iris faux-acore (*Iris pseudacorus*), Massette à feuilles larges (*Typha latifolia*), etc.

2.2. Techniques et procédés

L'ordre des termes définis dans cette partie est le même que l'ordre retenu pour les descriptions et prescriptions techniques de la partie 3.

2.2.1. Ensemencement / semis

Action de répandre sur le sol, manuellement ou mécaniquement (semoir, hydrosemoir, etc.), des semences d'espèces herbacées ou ligneuses.

2.2.2. Bouturage

Mode de multiplication végétative par lequel une bouture est mise en terre.

2.2.3. Marcottage

Mode de multiplication végétative par lequel une branche souple et vivante est couchée et maintenue au sol, de manière à obtenir une extension de son système racinaire et de ses parties aériennes.

2.2.4. Plantation

Action de mettre en terre un plant.

2.2.5. Cordon / lit de plants et plançons

Ouvrage linéaire, parfois à rôle de butée, constitué d'un alignement de boutures, plançons et/ou plants, disposés selon une ou plusieurs courbes de niveau.

2.2.6. Couche de branches à rejets / garnissage

Ouvrage constitué de matériel végétal de diverses natures (branches, plançons, boutures ou plants), disposé côte à côte à plat, en oblique ou debout, en vue de former une couverture végétale dense. La couche de branches à rejets se distingue du garnissage en fonction de la nature et de la disposition du matériel végétal :

	Branches	Plançons	Boutures	Plants	Disposition
Couche de branches à rejets rectangle	x	x	x	x	A plat
Garnissage					A plat (boutures)
			x	x	ou obliques (boutures)
					ou debout (boutures, plants)

2.2.7. Fascine

- de ligneux : ouvrage linéaire à rôle de butée, constitué d'un assemblage de boutures, de branches ou de plançons en « fagots » (faisceaux de bois et de branchages liés en paquets), ancré grâce à des pieux

- d'hélophytes : ouvrage linéaire à rôle de butée, constitué d'un ou de plusieurs boudins de géofilet biodégradable, remplis sur site de matériaux terreux ou gravelo-terreux, ancrés grâce à des pieux et plantés d'espèces d'hélophytes.

On parle de *fascine préfabriquée* dès lors que les boudins sont remplis hors site avec des fibres de coco et souvent pré-végétalisés.

2.2.8. Clayonnage / tressage

Ouvrage linéaire à rôle de butée, constitué de pieux autour desquels des boutures, des plançons ou des branches vivantes sont tressés ou entrelacés. On parle de *tressage mort* dès lors que l'ouvrage est constitué de pieux morts, autour desquels des constituants non vivants sont tressés ou entrelacés.

2.2.9. Palissade

Ouvrage linéaire à rôle de butée, constitué de pieux espacés derrière lesquels des boutures sont empilées une à une. On parle également de *palissade* lorsque les pieux sont vivants et jointifs. Un tunage désigne un ouvrage linéaire à rôle de butée, constitué de pieux morts souvent jointifs et/ou de planches.

2.2.10. Caisson végétalisé

Ouvrage de soutènement des sols, constitué de rondins de bois assemblés entre eux sur différents étages, rempli de matériaux terreux ou gravo-terreux et dont chaque niveau est végétalisé au moyen de lits de plants et plançons ou de boutures.

2.2.11. Treillage-bois

Ouvrage de confortement de talus, constitué d'un assemblage de rondins de bois entrecroisés formant des casiers unitaires, au sein desquels sont régalés des matériaux terreux ou gravo-terreux.

2.2.12.1. Phytoépuration

Technique utilisant des plantes pour réduire la mobilité des polluants et donc leurs transferts horizontaux et verticaux (réduction du transfert de polluants vers la nappe phréatique par la réduction de la percolation des eaux dans les sols, stabilisation des polluants dans les racines des plantes).

2.2.12.2. Phytoassainissement

Synonyme de phytoépuration.

2.2.12.3. Filtre planté

Bassin composé d'un support de type granulats, de plantes et de cultures fixées, permettant la phytoépuration.



Figure 4 : Schéma de fonctionnement de la phytostabilisation

2.2.12.4. Phytoextraction

Cette technique utilise des plantes qui, en accumulant les éléments traces dans leurs parties aériennes récoltables, permettant ainsi de réduire les concentrations de polluants dans les sols en les exportant. Il s'agit d'une technique de dépollution partielle car la plante n'a accès qu'à la fraction biodisponible des polluants.

Remarque : La phytoextraction étant une technique émergente et dont l'application pratique en est à ses débuts, elle ne fait pas l'objet des présentes règles professionnelles.

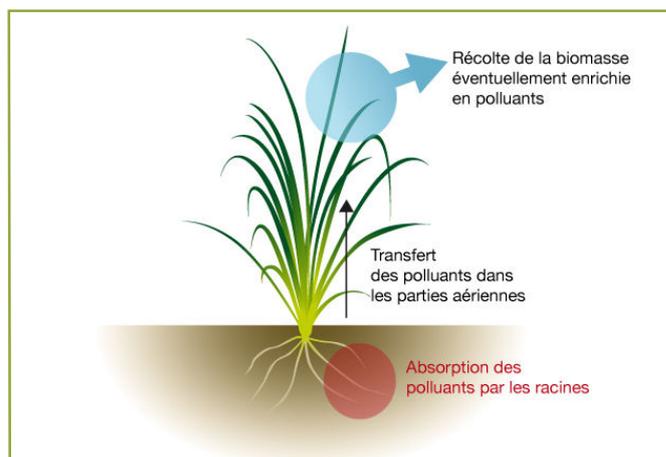


Figure 5 : Schéma de fonctionnement de la phytoextraction

2.2.12.5. Phyto / rhizodégradation

Technique utilisant des plantes (phytodégradation) et des microorganismes (rhizodégradation) pour dégrader des polluants organiques en constituants élémentaires plus simples et moins toxiques (minéralisation). Il s'agit d'une technique de dépollution qui vise à réduire les concentrations en polluants organiques dans les sols.

Remarque : La phyto / rhizodégradation étant une technique émergente et dont l'application pratique en est à ses débuts, elle ne fait pas l'objet des présentes règles professionnelles.

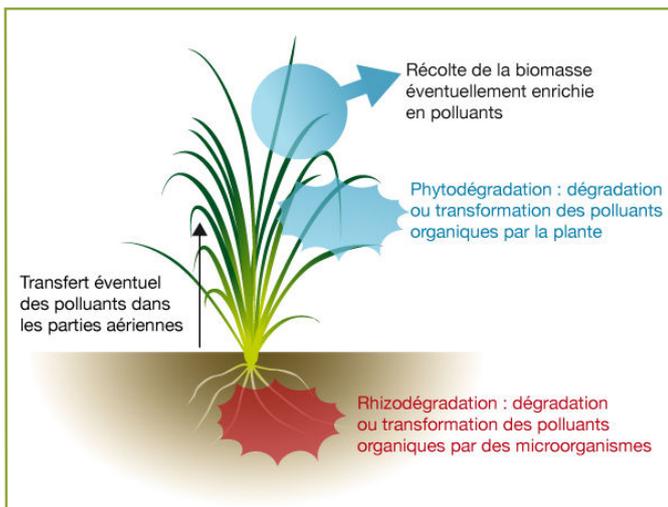


Figure 6 : Schéma de fonctionnement de la phyto et de la rhizodégradation

2.3. Outils et termes spécifiques

2.3.1. Amendement

Matière minérale ou organique employée dans le but de modifier les propriétés physiques, chimiques et biologiques des terrains sur lesquels elle est épanchée et éventuellement incorporée en surface.

Pour en savoir plus, il convient de se reporter aux règles professionnelles P.C.1-R0 « Travaux des sols, supports de paysage ».

2.3.2. Faculté germinative

Capacité à produire un nombre de germes viables obtenus dans un délai de « n » jours (différent selon les espèces) et dans des conditions de température et d'hygrométrie optimales.

2.3.3. Fertilisant

Matière minérale ou organique appliquée au sol ou sur le feuillage, en vue d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition.

Pour en savoir plus, il convient de se reporter aux règles professionnelles P.C.1-R0 « Travaux des sols, supports de paysage ».

2.3.4. Hydrosemoir

Au sens de la norme française NF P 98-798, un hydrosemoir est un matériel destiné à ensemercer hydrauliquement les sols, comportant une cuve portée ou tractée d'une contenance supérieure à 2000 litres, équipée d'un malaxeur et d'une pompe.

2.3.5. Pelade

Surface ensemençée, mais sur laquelle la végétation ne s'est pas développée ou a disparu après germination.

2.3.6. Pureté spécifique

Elle est déterminée grâce à la mesure, dans les lots, de la présence de semences de plantes d'autres espèces, adventices en général. Les résultats sont exprimés en pourcentage du poids des semences pures pour l'espèce indiquée dans le lot concerné.

2.3.7. Terres ressources

Le terme de « terres ressources » désigne les matériaux terreux utilisés pour l'aménagement du paysage, qu'ils soient présents sur le site ou qu'ils proviennent d'apports extérieurs. Ce terme englobe notamment les terres supports et les terres végétales, qui sont définies par la norme NF U44-551.

Ces matériaux sont meubles et offrent une forte proportion d'éléments fins (inférieurs à 2 mm) et une charge plus ou moins importante en éléments grossiers (supérieurs à 2 mm). Pour en savoir plus, il convient de se reporter aux règles professionnelles P.C.1-R0 « Travaux des sols, supports de paysage ».

2.3.8. Travaux de parachèvement

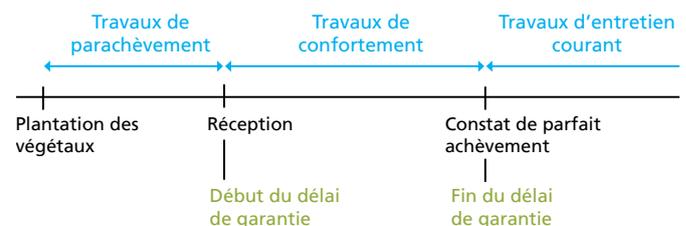
Travaux effectués après la mise en place du matériel végétal, pendant la période s'écoulant jusqu'à la réception des travaux. Ils comprennent les travaux nécessaires à l'installation et au bon développement des végétaux.

2.3.9. Travaux de confortement

Travaux effectués pendant le délai de garantie. Ils sont liés à la mise en place des végétaux et permettent d'éviter le dépérissement des végétaux et d'assurer leur bon développement.

2.3.10. Plan de gestion

Ensemble d'observations et/ou d'interventions mené suivant un calendrier saisonnier défini. Il démarre à l'issue du constat de parfait achèvement du marché travaux.



3. Description et prescriptions techniques

3.1. Prescriptions, choix des techniques, dimensionnement, périodes d'intervention

A l'instar de tout acte de construction, une étude préalable est réalisée. Cette étude, du ressort du maître de l'ouvrage, est préalable à la consultation des entreprises lorsque, dans le cas général, elle est réalisée par un bureau d'étude spécialisé dans le cadre d'une mission d'ingénierie. Fondées sur un diagnostic pluridisciplinaire (écologie, botanique, agronomie, mécanique des sols...), les prescriptions techniques, telles que le choix des techniques et le dimensionnement des ouvrages, sont ainsi du ressort de l'ingénieur-conseil.

Cette étude peut néanmoins être réalisée par l'entrepreneur dans le cadre de son intervention. Elle est alors spécifiquement rémunérée à partir d'un prix identifié au bordereau des prix. Au-delà de la parfaite maîtrise des techniques de génie végétal, il s'agit bien ici d'un travail de conception que l'entrepreneur peut effectivement réaliser s'il possède la compétence d'ingénierie nécessaire en interne, ou bien s'il peut la mobiliser en externe.

Les éléments quantitatifs donnés dans ce document le sont à titre indicatif et doivent être adaptés à chaque projet.

Les périodes d'intervention sont définies en fonction des conditions climatiques régionales, voire locales rencontrées et tiennent compte de la nature du matériel végétal utilisé. Ainsi, il convient d'intervenir :

- aux périodes propices à la croissance végétale, pour les techniques utilisant du matériel végétal autre qu'à rejet ; de très rares exceptions peuvent être envisagées comme par exemple les semis réalisés en fin d'automne en montagne
- aux périodes de repos végétatif, pour les techniques utilisant du matériel végétal à rejet (boutures, branches et plaçons).

Pour certains travaux qui ne s'appuient pas sur l'utilisation de matériel végétal (débroussaillage, pose de géofilet, mise en place de boudin...), il est possible d'intervenir en dehors des périodes favorables à la croissance des végétaux.

3.1.1. Pose de géofilets

Suivant les situations (conditions climatiques, dimensionnement et caractéristiques de l'ouvrage), un dispositif de protection provisoire contre l'érosion superficielle peut être nécessaire. Les géofilets en matières biodégradables (exemple : jute, coco) présentent des propriétés particulièrement indiquées dans le cas de travaux de génie végétal (propriétés mécaniques, biodégradabilité). D'autres matières, tel que le chanvre, sont en cours d'essai.

La mise en œuvre de ces matériaux est préconisée principalement lorsqu'elle favorise l'implantation du couvert végétal, notamment en retenant en place les semences projetées sur les ouvrages fortement pentus (pente d'au moins 3 pour 2 ou 34° ou 67%) ou soumis à des précipitations

potentielles fortes (climat méditerranéen). Les géofilets sont également indiqués dans le cas d'ouvrages très contraints, par exemple du fait du battillage, des marées, etc.

Les matières sont choisies en fonction des contraintes : jute préférentiellement pour les talus et haut de berges sans contact avec le courant, coco préférentiellement pour les berges.

La disposition de lés est fonction de la nature de l'ouvrage et de la nature de la protection recherchée :

- dans le sens de la plus grande pente sur talus : protection principale contre la pluie et le ruissellement
- dans le sens du courant sur berge : protection principale contre le courant et le battillage.

Les géofilets peuvent également être utilisés pour confectionner des boudins :

- qui constituent un élément à part entière de certaines techniques de génie végétal (fascines d'hélophytes, lits de plants et plaçons)
- en protection mécanique provisoire (technique optionnelle qui vient en complément d'autres techniques du génie végétal).

3.1.2. Ensemencement

Les paragraphes qui suivent synthétisent les points essentiels à maîtriser pour aboutir aux prescriptions techniques adaptées à chaque opération d'ensemencement quels que soient les moyens employés (hydroensemencement, semis manuel...).

3.1.2.1. Mélanges plurispécifiques

La nature des espèces végétales entrant dans la composition spécifique d'un mélange est déterminée en fonction de multiples critères, énoncés dans la liste ci-après, non exhaustive et non hiérarchisée :

- objectifs et contraintes d'aménagement
- objectifs et contraintes de gestion ultérieure des surfaces végétalisées
- environnement végétal
- dimensionnement et caractéristiques de l'ouvrage (pente, exposition, nature du terrain)
- propriétés biologiques et physiologiques des végétaux employés :
 - vitesse de croissance
 - mode de reproduction
 - hauteur de la biomasse aérienne
 - résistance aux conditions de milieux (froid/gel, chaud/sec)
- disponibilité commerciale des semences.

La proportion relative d'une espèce au sein du mélange plurispécifique est établie en densité d'individus par unité de surface, en fonction du rôle dévolu à cette espèce, de ses aptitudes intrinsèques et de son comportement en communauté (compétition interspécifique).

Dans le cahier des charges, la composition du mélange plurispécifique est donnée en proportion relative en masse (kg/ha ou g/m²), afin de faciliter la fabrication du mélange et le contrôle de sa composition.

3.1.2.2. Matières amendantes / fertilisantes

Le programme d'amendement / fertilisation est défini en fonction des besoins de la palette végétale retenue et des

caractéristiques agronomiques du sol support. Ce dernier fait l'objet d'autant d'analyses agronomiques qu'il convient (l'échantillonnage et les prélèvements sont menés dans les règles de l'art ; voir les règles professionnelles P.C.1-R0 « Travaux des sols, supports de paysage ») afin notamment de vérifier son aptitude au bon développement d'un couvert végétal et d'identifier, le cas échéant, les éventuelles carences nutritives et la présence d'éléments polluants dans le cas de la phytostabilisation.

Les matières peuvent être des amendements (conformes aux normes NF U44-051 et / ou NF U44-095 suivants l'origine des matières) ou des engrais minéraux.

3.1.2.3. Obligation de résultats

Les objectifs de résultats attendus lors des différentes étapes clé du marché sont définis, ainsi que la méthode d'évaluation des critères retenus :

- à la réception des travaux
 - lors des constats pendant le délai de garantie
 - à l'issue du marché (constat de parfait achèvement).
- Deux critères sont généralement proposés car ils sont facilement quantifiables :
- le taux minimal de recouvrement du sol par le couvert végétal implanté (en %)
 - la surface maximale tolérée de pelade (en m²).

On peut envisager d'autres objectifs de résultats, qu'il faut néanmoins savoir évaluer. On peut citer par exemple la présence obligatoire de telle espèce ou de tous les constituants du mélange, l'état sanitaire du couvert végétal, l'absence d'espèces indésirables...

3.1.3. Bouturage

Les boutures sont mises en terre isolément ou en groupe. De longueurs et de diamètres parfois variables suivant la compacité du terrain, la résistance de la bouture et les réserves, elles sont enfoncées aux $\frac{3}{4}$ environ de leur longueur, verticalement, horizontalement ou obliquement selon la pente du terrain, à des densités variables. Il est conseillé de respecter la polarité, les bourgeons étant dirigés vers le haut (le plus gros diamètre devant être enfoncé dans le sol).

3.1.4. Marcottage

La branche, d'un diamètre inférieur à 3 cm, est pliée et plaquée au sol sur une surface relativement large. Généralement recouverte d'une fine couche de matériaux terreux, elle est maintenue au moyen d'une fiche d'ancrage, ou fourche en bois. Les marcottes d'un ou deux ans peuvent être ensuite coupées proprement en amont de la partie enterrée, permettant ainsi de donner un pied fille tout en conservant le pied mère.

3.1.5. Plantation

Les règles professionnelles P.C.2-R1 « Travaux de plantation des arbres et des arbustes » et P.C.3-R0 « Travaux de plantation des massifs » détaillent les prescriptions de plantation des arbres et arbustes, ainsi que les plantations en massif.

A proximité de l'eau (talus de berges), la bonne position altimétrique des végétaux par rapport aux variations des niveaux d'eau et à l'humidité des sols est très importante sur le long terme, car elle conditionne la reprise ou la mort des plants, en rapport avec l'alimentation en eau / asphyxie des végétaux.

Suivant la topographie des ouvrages, l'ancrage des plants peut être amélioré par l'emploi d'un géofilet.

3.1.6. Cordon / lit de plants et plançons

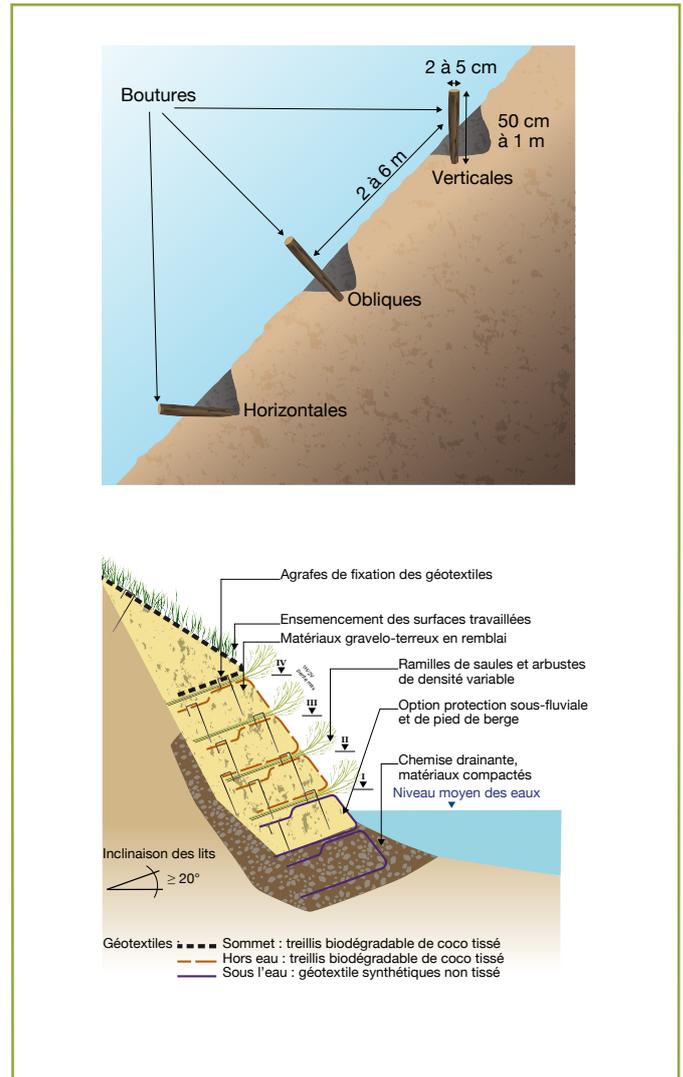


Figure 7 : Schémas de principe des cordons (haut) et lits de plants et plançons (bas)

Cordon : sur une ou plusieurs rangées, des boutures sont disposées en situation de versant ou de lit de ravine, perpendiculairement au sens d'écoulement. Les rangées sont espacées de 2 à 6 m en distance, en fonction de la pente. Les boutures ont un diamètre de 2 à 5 cm et une longueur de 50 cm à 1 m. Elles peuvent être disposées horizontalement, verticalement ou le plus souvent en oblique. Elles sont espacées une à une de 5 cm au minimum, en fonction de leurs diamètres.

Pour le détail des prescriptions de mise en terre des boutures, se reporter à la section 3.1.3. Bouturage.

Lit de plants et plançons : sur une saignée de 80 cm de profondeur préalablement réalisée et inclinée d'au minimum 20°, une ou plusieurs rangées de plants et plançons sont disposées en oblique en situation de versant, perpendiculairement au sens d'écoulement des eaux. Les lits sont espacés de 0,8 à 1,5 m en distance, en fonction de la pente. Les matériels végétaux ont un diamètre de 1 à 3 cm et une longueur supérieure à 80 cm. Ils sont espacés un à un de 10 cm au minimum.

En option, le lit de plants et plançons peut être éventuellement recouvert d'un lé de géofilet de coco, déroulé parallèlement à la pente du talus et lesté de matériaux terreux ou gravelo-terreux, compacté, refermé, fixé au moyen d'agrafes métalliques, et ensemencé.

3.1.7. Couche de branches à rejets / garnissage

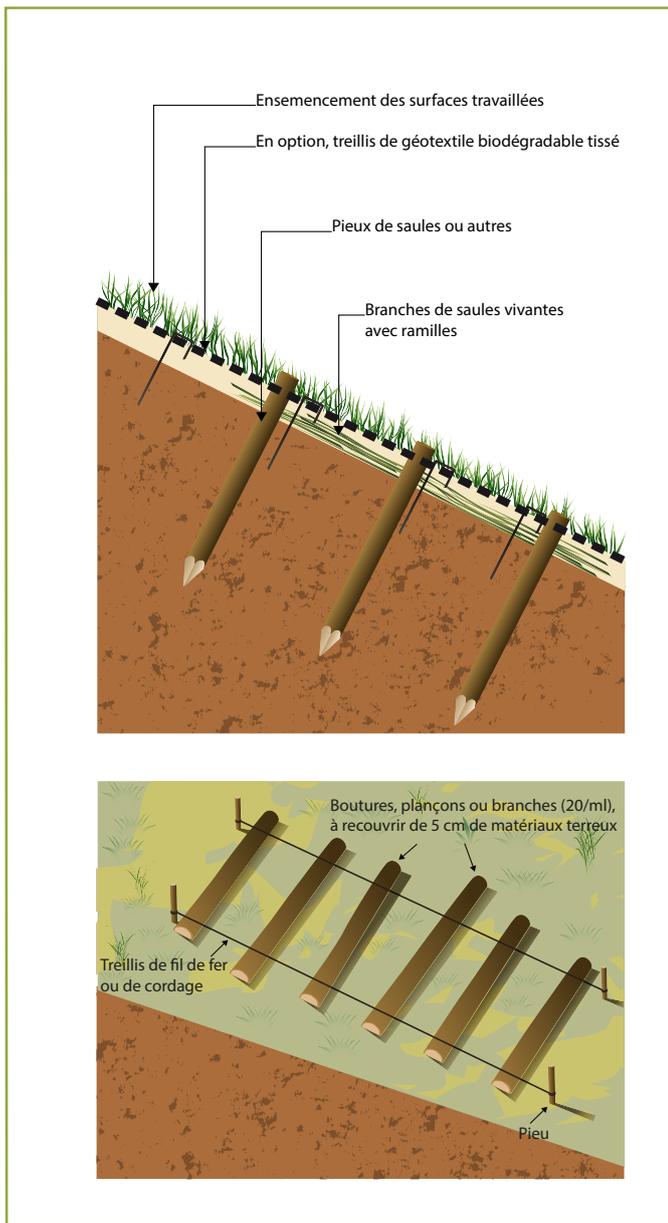


Figure 8 : Schémas de principe des couches de branches à rejets (haut) et des garnissages (bas)

Couche de branches à rejets : en pied de berges ou de versant, les branches ou plançons sont disposés côte à côte en couches successives, parallèlement au profil de pente et avec une polarité respectée (le plus gros diamètre vers le bas), sur sol légèrement décaissé, nettoyé et aplani de manière à obtenir un parfait plaquage au sol. Les matériels végétaux ont un diamètre de 1 à 3 cm et une longueur supérieure à 2 m. On compte entre 30 et 40 pièces par mètre linéaire, selon leurs diamètres. Le tout est fixé, plaqué et maintenu au sol par un treillis de fils de fer recuit de 3 mm de diamètre, ou de cordage, lui-même fixé à des pieux battus en bois. L'ensemble est recouvert d'une fine couche

de matériaux terreux d'environ 5 cm. Ce tapis de branches est parfois associé à un géofilet.

Garnissage : technique similaire utilisant indépendamment branches, plançons, boutures ou plants. Elle peut être utilisée aussi bien en pied de berge que sur versant et dans le lit de ravines, en appui sur des ouvrages de stabilisation dans ce dernier cas.

Dans le cas d'une utilisation de boutures, ces dernières peuvent être plaquées parallèlement au sol, enfoncées obliquement voire verticalement, parallèlement au sens d'écoulement, le plus gros diamètre vers l'aval piqué dans la terre (polarité respectée), en tapis jointif épais (20 à 50 boutures par mètre linéaire).

Dans le cas d'une utilisation de plants, ces derniers sont installés debout de manière rapprochée, afin de constituer rapidement un tapis vivant dense.

3.1.8. Fascine

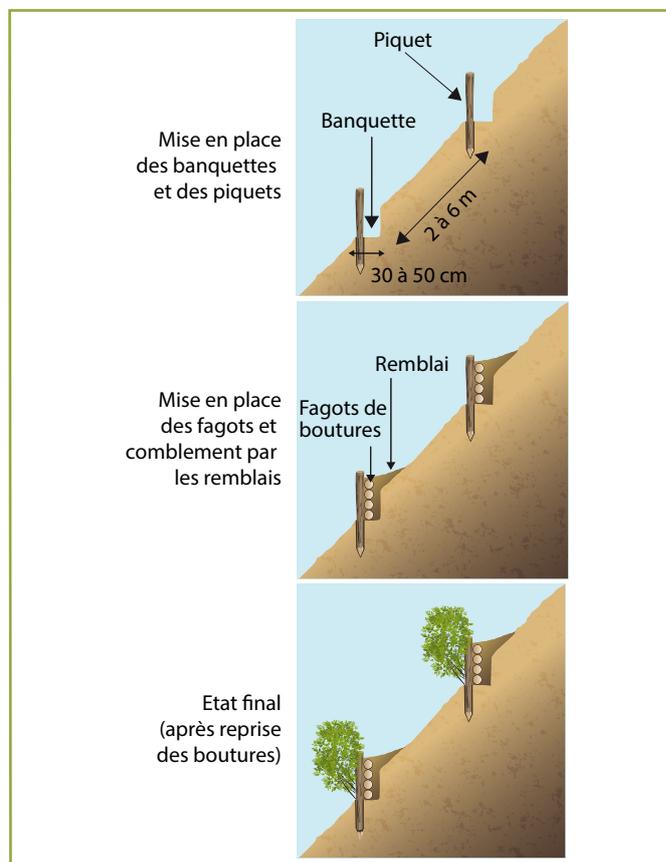


Figure 9 : Schémas de principe des couches de branches à rejets (haut) et des garnissages (bas)

Fascine de ligneux : sur une assise préalablement réalisée, horizontale et large de 30 à 50 cm, les boutures, branches ou plançons fagotés entre eux sont disposés en couches, lestés avec des matériaux terreux compactés. Les matériels végétaux ont un diamètre de 2 à 5 cm et une longueur de 0,5 à 2 m. Les fagots ont un diamètre de 20 à 40 cm et une longueur égale à celle des matériels végétaux. Le nombre de pièces du fagot dépend ainsi de leurs diamètres et de l'importance de leurs ramifications.

En situation de pied de berge, les fagots sont placés parallèlement au sens d'écoulement, entre deux rangées de pieux, distants de 30 à 40 cm, idéalement en quinconce. Les pieux de 1 à 1,5 m sont enfoncés d'au moins 50 cm.

En situation de versant ou de lit de ravine, les fagots sont placés perpendiculairement au sens d'écoulement, à l'appui d'une seule rangée de pieux. Le nombre de fagots varie de 2 à 5, en fonction de leur diamètre et de la hauteur de l'ouvrage. Les pieux sont en bois, d'un diamètre compris entre 5 et 12 cm, espacés de 50 à 80 cm sur la rangée et d'une longueur supérieure à 70 cm. Ils sont battus mécaniquement et enfoncés d'au moins 20 à 30 cm. Lorsque des boutures sont utilisées pour constituer les pieux, la polarité est respectée (le plus gros diamètre est enfoncé dans le sol). La hauteur de l'ouvrage fini est de 30 à 40 cm, jusqu'à 50 cm.

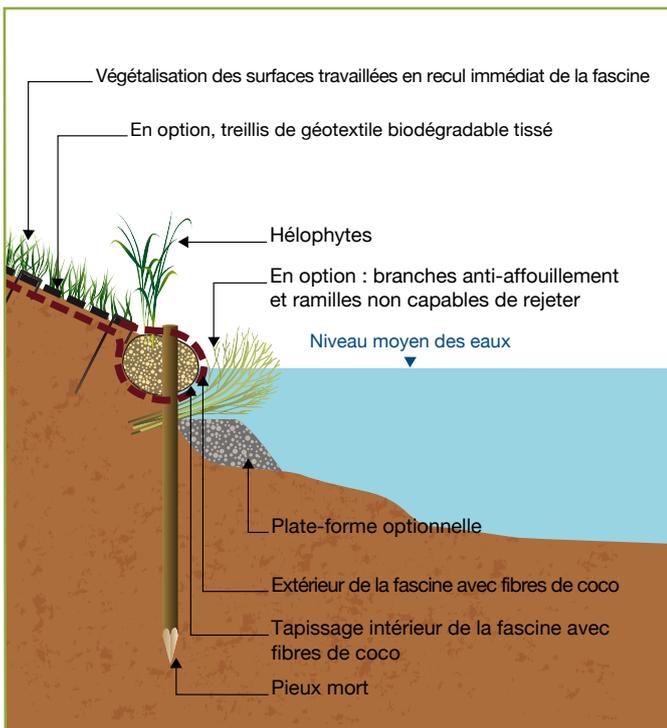


Figure 10 : Fascine d'hélophyte en pied de berge

Fascine d'hélophytes : sur une assise préalablement réalisée, les lés de géofilet sont déroulés perpendiculairement à la pente du talus (dans le sens du courant), lestés de matériaux terreux et refermés de sorte de constituer un boudin, plantés de mottes d'hélophytes (souvent 5 à 6 mottes par mètre linéaire, avec 8 à 10 espèces minimum pour l'ensemble du chantier) et maintenus en place par une rangée de pieux. Les boudins ont un diamètre de 40 cm environ et une longueur variable selon la nécessité. Les pieux sont en bois, d'un diamètre compris entre 8 et 12 cm, de longueur supérieure à 2 m. Ils sont espacés de 50 cm et battus mécaniquement. La hauteur de l'ouvrage fini est de 30 à 40 cm, jusqu'à 50 cm.

En pied de berge, une ou deux rangées de pieux encadrent le matériel végétal.

3.1.9. Clayonnage / tressage

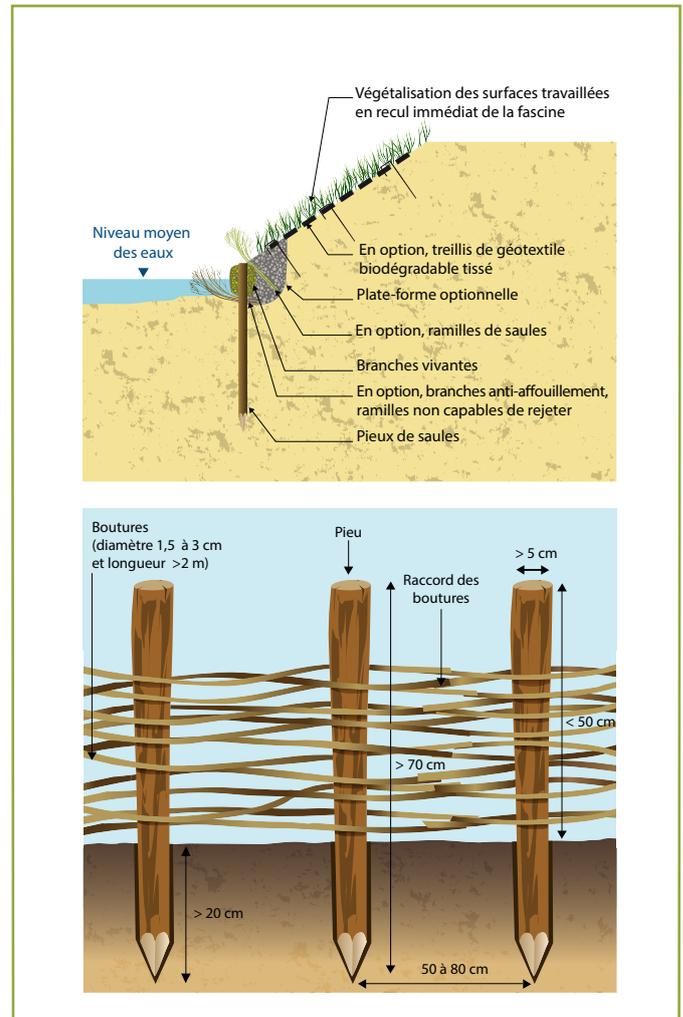


Figure 11 : Schémas de principe du clayonnage (haut) et du tressage (bas)

Sur une assise préalablement réalisée, le plus souvent horizontale et large de 30 à 50 cm, les boutures, branches ou plançons sont tressés autour d'une seule rangée de pieux, en alternant intérieur et extérieur. Les matériels végétaux ont un diamètre de 1,5 à 3 cm et une longueur de plus de 2 m.

En situation de pied de versant ou de berge, les tressages sont placés parallèlement au sens d'écoulement du cours d'eau. En situation de lit de ravine, les clayonnages sont placés perpendiculairement au sens d'écoulement du cours d'eau. La hauteur de l'ouvrage fini est de 30 à 40 cm, jusqu'à 50 cm.

Le nombre d'éléments végétaux utilisés dépend de leur diamètre.

Les pieux sont en bois, d'un diamètre compris entre 5 et 10 cm, de longueur supérieure à 1 m. Ils sont espacés de 50 à 80 cm et battus mécaniquement. Ils doivent être enfoncés d'au moins 80-100 cm dans le sol.

Lorsque des boutures sont utilisées pour constituer les pieux, il faut bien respecter leur polarité, le plus gros diamètre devant être enfoncé dans le sol.

3.1.10. Palissade

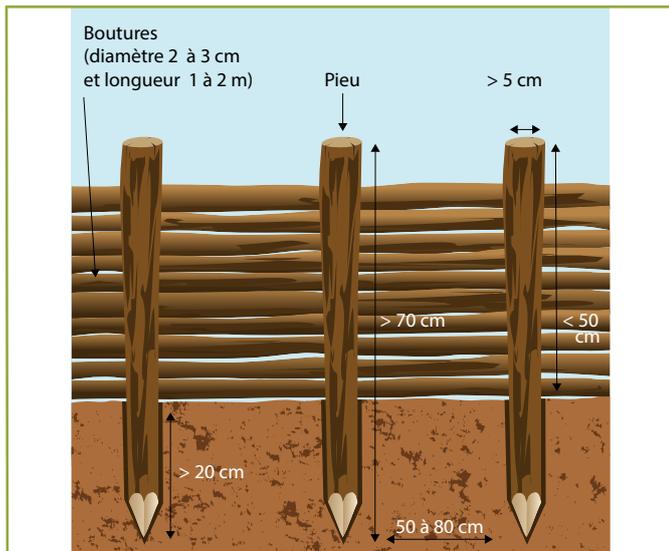


Figure 12 : Schémas de principe d'une palissade

Sur une assise préalablement réalisée, horizontale et large de 30 à 50 cm, les boutures sont successivement empilées sur une à deux rangées à l'amont et contre les pieux. Un remplissage de terre est assuré en fines couches de 1 à 2 cm entre chaque bouture. Les boutures ont un diamètre de 2 à 4 cm et une longueur de 1 à 2 m.

En situation de pied de berge ou de versant, les palissades sont placées parallèlement au sens d'écoulement du cours d'eau.

En situation de lit de ravine, elles sont placées perpendiculairement au sens d'écoulement du cours d'eau. La hauteur de l'ouvrage fini est de 30 à 40 cm, jusqu'à 50 cm. Le nombre de boutures utilisées dépend de leur diamètre. Les pieux sont en bois, d'un diamètre compris entre 5 et 10 cm, de longueur supérieure à 1 m. Ils sont espacés de 50 à 80 cm et battus mécaniquement. Ils doivent être enfoncés d'au moins 20 cm dans le sol.

3.1.11. Caisson végétalisé

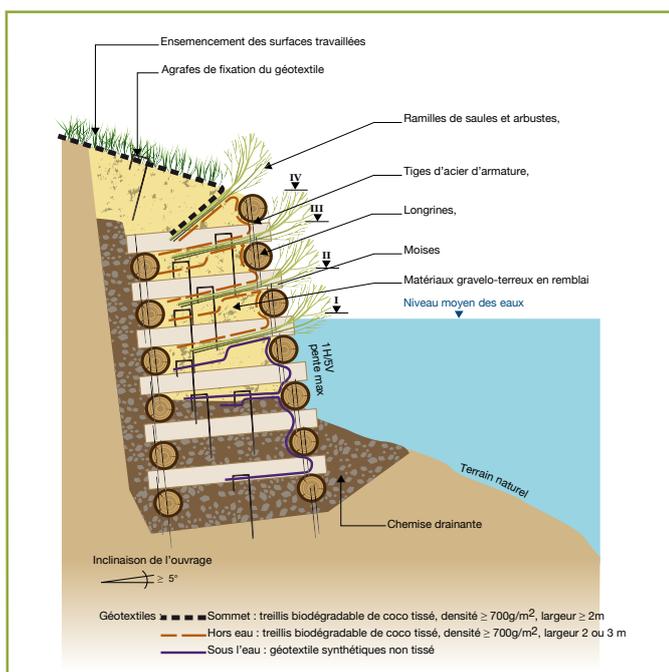


Figure 13 : Schéma en coupe d'un caisson végétalisé en pied de berge

L'implantation altimétrique de l'ouvrage est établie avec précision afin de garantir une protection du pied et du parement de berge ou du pied de versant de talus.

Lorsque le caisson végétalisé est un ouvrage de soutènement, l'intervention d'un géotechnicien, éventuellement associé à un hydraulicien, est nécessaire afin de dimensionner l'ouvrage (production des notes de calcul). Lorsque le caisson végétalisé est mis en place en rivière en protection de berge, le dimensionnement peut être réalisé sur place en fonction des caractéristiques du site.

La qualité de l'assise (fondations) du caisson est un élément fondamental à la stabilité de l'ouvrage dans le temps. Pour ce, le régime hydraulique de la rivière doit être connu et appréhendé afin de déterminer la nature des fondations.

Les fondations sont constituées de matériaux adaptés au régime hydraulique du cours d'eau : tout venant compacté, enrochements, gabions ou matelas gabions. Les fondations de type enrochement ou gabions sont nécessaires dans le cas de régime hydraulique sévère, tel qu'un régime torrentiel, afin de limiter les risques d'affouillement. Quel que soit le type de fondation retenu, les branches anti-affouillement sont systématiquement disposées entre la fondation et le fond du caisson, à raison de 25 à 40 unités par mètre linéaire.

Les essences de bois utilisées sont des essences naturellement résistantes et durables en milieu aquatique (par exemple, le mélèze, le douglas, le châtaignier, le robinier ou le chêne). À l'inverse, l'épicéa est proscrit.

Le caisson bois est un ouvrage de type mur poids. Le drainage en face arrière de l'ouvrage est alors impératif afin de drainer les eaux résiduelles et de protéger l'ouvrage contre les risques de mise en charge. Différentes solutions sont possibles telles que la constitution d'une chemise drainante en matériaux concassés ou galets enrobés de géofilet ou un matériau drainant posé sur la face arrière de l'ouvrage. Dans tous les cas, ces dispositifs de drainage sont raccordés à un drain collecteur situé en pied d'ouvrage et relié à un exutoire.

Un fruit minimum doit être respecté lors de la construction du caisson : les moises supérieures sont plus courtes que les moises inférieures afin d'assurer une bonne stabilité de l'ouvrage et de favoriser la croissance des végétaux situés notamment en partie basse de l'ouvrage.

Le front du caisson est végétalisé afin de consolider l'ensemble de l'ouvrage, de protéger les bois à l'air libre contre les agressions des UV et d'intégrer l'ouvrage dans son milieu. Les espèces pionnières à fort pouvoir d'enracinement sont à privilégier, afin que le système racinaire crée un maillage à l'intérieur du caisson (comme le ferrailage dans un ouvrage béton).

3.1.12. Treillage bois

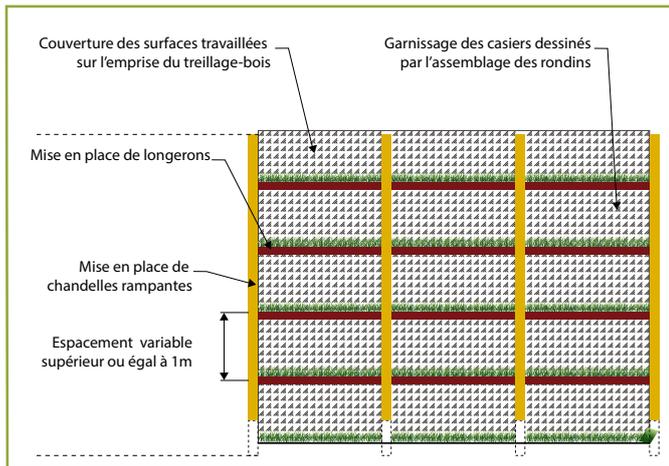


Figure 14 : Schéma de principe d'un treillage bois vu de face

Sur une assise stable, les « chandelles rampantes » (rondins de bois mort disposés verticalement le long de la pente exposée) sont plaquées contre la pente et juxtaposées. Les « longerons » (rondins de bois mort disposés parallèlement au front de l'ouvrage), préalablement découpés selon des coupes de mi-bois pour un meilleur positionnement, sont disposés et fixés aux chandelles au moyen de tiges métalliques, formant ainsi des casiers eux-mêmes remplis de matériaux gravo-terreux d'apports avant végétalisation. Un géofilet peut être mis en place pour protéger le substrat fraîchement mis en œuvre et faciliter le départ de la végétation. Il est également possible de coupler la confection de treillage bois à la constitution de lits de plants et plançons (cf. section 3.1.6. Cordons / Lit de plants et plançons).

3.1.13. Phytostabilisation

Elle est utilisable pour la gestion des sols pollués par les éléments traces mais peut également être appliquée sur les polluants organiques. Cette technique ne permet pas de dépolluer les sols mais constitue un mode de gestion destiné à maîtriser les risques présentés par les sols pollués, via la stabilisation des éléments traces du sol. La mise en œuvre combinée d'espèces végétales avec des amendements est nommée phytostabilisation aidée.

Cette technique permet de valoriser des sites qui n'ont pas ou plus d'usage. Cette valorisation peut notamment prendre la forme d'un aménagement paysager ou d'une production de biomasse.

Afin de pouvoir caractériser le site, il est nécessaire de réaliser un diagnostic de la pollution, sur la base d'un échantillonnage à des profondeurs différentes de sol et selon le référentiel réglementaire en vigueur. En fonction des activités historiques sur le site, les polluants recherchés sont inorganiques (éléments traces, cyanure, sulfates, etc.) ou organiques (HAP, PCB, pesticides, halogénoclorés, etc.).

Les polluants susceptibles d'être immobilisés sont les métaux (exemples : zinc, cadmium, plomb, cuivre, chrome, etc.) et les métalloïdes (arsenic), regroupés sous la terminologie d'éléments traces.

Les espèces végétales utilisées pour la phytostabilisation doivent posséder deux principales caractéristiques :

- ne pas ou peu transférer les polluants vers les parties aériennes
- résister aux polluants présents (nature et concentration).

De manière générale, les plantes de la famille des Poacées présentent les deux caractéristiques précitées.

Par ailleurs, les plantes doivent être de préférence :

- des espèces locales, adaptées aux conditions climatiques du site
- vivaces, de façon à ce que le sol soit recouvert par les végétaux, quelle que soit la saison.

Parmi les espèces disponibles commercialement, il est préférable de choisir celles dont le système racinaire est dense et profond, afin d'augmenter le contact avec les particules du sol et les polluants. Les espèces végétales sont généralement des plantes herbacées, plus rarement des arbustes ou des arbres. Lorsque le choix se porte sur des arbustes ou des arbres, il est préconisé de mettre en place une couverture du sol (géofilet, paillis, semis d'espèces herbacées).

Le rôle des amendements est d'immobiliser les métaux et métalloïdes dans le sol en réduisant leur mobilité. L'immobilisation peut être obtenue par incorporation d'amendements chimiques ou biologiques.

3.1.13.1. Amendements chimiques

Le choix de l'amendement chimique dépend du type de polluants présents sur le site. Un sol étant rarement pollué par un seul polluant, il convient de sélectionner l'amendement en fonction du (des) polluant(s) majoritaire(s), du(des) polluant(s) le(s) plus toxique(s) ou mobile(s).

Remarques : Dans le guide de l'ADEME et de l'INERIS, 2012, « Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués. Etat de l'art et guide de mise en œuvre », le tableau 3.2 au paragraphe 3.2.1.2 présente quelques exemples de préconisations d'amendement en fonction de la nature du polluant.

3.1.13.2. Amendements biologiques.

Les bactéries et les champignons mycorhiziens ont la capacité de séquestrer les métaux et métalloïdes ou de les adsorber à leur surface, par des mécanismes actifs ou passifs. Ces microorganismes peuvent également produire des molécules capables de se lier avec les polluants. Par ces différents mécanismes, ils diminuent la mobilité des polluants.

Il est préférable d'utiliser des microorganismes endogènes pré-adaptés aux conditions du sol à phytostabiliser (tolérance aux polluants et aux conditions pédo-agronomiques du sol). Dans le cas où la phytostabilisation concerne une surface significative de sol, le choix des amendements est en grande partie contraint par leur disponibilité commerciale.

3.1.14. Phytoépuration (filtre planté)

3.1.14.1. Agrément

Seuls les dispositifs de traitement agréés peuvent être installés. La liste des dispositifs de filtres plantés agréés est disponible sur le site Internet du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE) dédié à l'assainissement non collectif : <http://www.assainissement-non-collectif.developpement-durable.gouv.fr/dispositifs-de-traitement-agrees-r92.html>.

3.1.14.2. Description

Un système type de phytoépuration se compose d'une fosse toutes eaux et de deux filtres. Le premier filtre, dont l'écoulement des eaux est vertical, se trouve à la sortie de la fosse toutes eaux. Sa profondeur est de 80 cm. Ce filtre est composé :

- d'une géomembrane EPDM de 1 mm d'épaisseur
- de granulats 20/40 non calcaires sur 20 cm de hauteur
- du tuyau de drainage, recouvert sur 20 cm de granulats 20/40 non calcaires et du tuyau de ventilation qui relie le tuyau de drainage à la surface du bassin
- de granulats 10/20 sur 10 cm de hauteur
- de billes de pouzzolane sur 20 cm de hauteur
- de 20 cm de compost
- d'un tuyau perforé en surface du bassin, partant de l'alimentation d'arrivée de la fosse
- des végétaux.

L'alimentation du second filtre, dont l'écoulement des eaux est horizontal, se fait gravitairement par le tuyau de drainage du premier filtre, situé 80 cm plus haut. La composition du filtre est quasiment la même que celle du premier filtre (absence de tuyau de drainage notamment). L'évacuation de l'eau épurée se fait en fond de filtre. L'eau peut être rejetée dans une mare, un fossé ou un ruisseau.

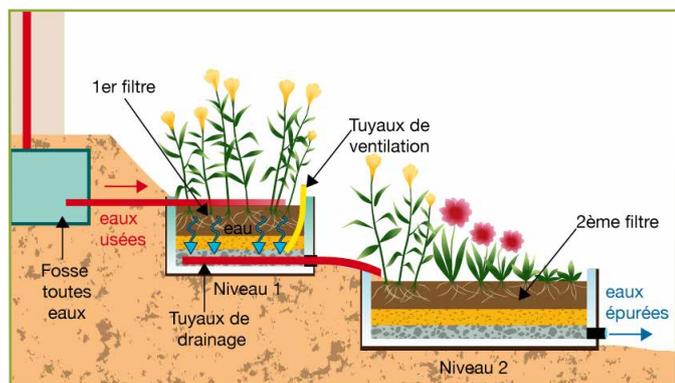


Figure 15 : Schéma de principe de la composition d'un filtre planté

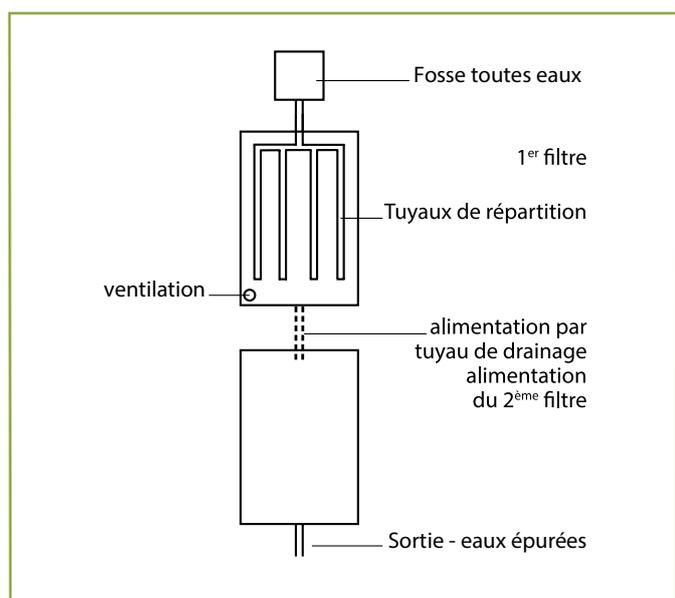


Figure 16 : Schéma de principe du fonctionnement d'un filtre planté

3.1.14.3. Principe de fonctionnement

Le traitement de l'eau commence dans le filtre à écoulement vertical (premier filtre) en milieu aérobie, puis se poursuit dans le filtre planté à écoulement horizontal (second filtre). Dans le premier filtre, les eaux usées sont réparties de façon homogène grâce au tuyau perforé en surface de bassin. Dans le second filtre, les eaux circulent horizontalement par effet piston, à la manière d'une nappe phréatique, sous la surface du substrat. De ce fait, y est présente une mosaïque de zones aérobies et anaérobies. Une dégradation lente permet la finition du traitement des matières organiques en solution. Le second bassin se vide par trop plein, et est donc toujours rempli d'eau sans que celle-ci ne soit affleurante. Les espèces plantées dans le second bassin absorbent pour leur métabolisme une partie des nitrates et des phosphates.

Les plantes empêchent le colmatage en agissant sur la couche de dépôts grâce aux tiges et rhizomes.

Les installations fonctionnent même en période hivernale, car les plantes n'ont pas de rôle direct dans l'épuration des eaux. Ce sont en effet les bactéries et la faune du sol qui sont responsables de la minéralisation de la matière organique des eaux usées.

Les chaumes des plantes permettent aux plantes d'être protégées du froid l'hiver. Les plantes évitent le dessèchement de la couche de dépôt l'été grâce à leur feuillage.

3.1.14.4. Dimensionnement

Il faut prévoir une surface totale de 8 à 10 m² par équivalent – habitant (chaque filtre représentant 50% de la surface totale).

3.1.15. Autres techniques : options

3.1.15.1. Branches anti affouillement

Pour les ouvrages réalisés en cours d'eau (fascines, clayonnage/tressage, caissons végétalisés), des branches anti-affouillement peuvent être implantées à l'interface eau/ouvrage, afin d'assurer une protection mécanique provisoire de l'ouvrage.

3.1.15.2. Géofilet en protection mécanique provisoire

En situation de pied de berge, un géofilet, disposé à l'interface entre l'ouvrage et la berge, est éventuellement posé une fois le tressage réalisé. En profitant de l'assise réalisée au préalable, on dispose le géofilet de sorte à recouvrir à la fois son fond, un côté du tressage et le bas talus.

3.2. Le matériel végétal

La production et la commercialisation du matériel végétal sont les domaines des fournisseurs (producteurs et commerçants). De nombreux entrepreneurs du paysage ont néanmoins développé leur propre pépinière de production de plants, plançons, boutures ou branches. En outre, ils sont aussi parfois amenés à approvisionner les chantiers en boutures par prélèvements sur site (ou milieu proche).

Dans tous les cas, les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont à proscrire.

3.2.1. Semences

3.2.1.1. Qualité des lots de semences

3.2.1.1.1. Espèces réglementées

Le commerce de certaines espèces végétales employées en génie végétal est encadré par une réglementation européenne et/ou française. Les textes fixent des seuils qualitatifs à respecter pour que les lots de semences soient commercialisables. Les espèces sont réparties en trois groupes :

- les « semences certifiées »
- les « semences commerciales »
- les « semences » en fonction des normes technologiques et des tolérances que les lots de semences doivent respecter. Ces normes concernent la faculté germinative minimale, la pureté minimale spécifique et la teneur maximale en semences d'autres espèces de plantes (en % du poids ou en nombre dans l'échantillon soumis à l'analyse).

Quelques exemples d'espèces végétales de la catégorie « semences certifiées » :

Dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata*), Fétuque élevée (*Festuca arundinacea*), Fétuque ovine (*Festuca ovina*), Fléole des près (*Phleum pratense*), Lotier corniculé (*Lotus corniculatus*), Luzerne cultivée (*Medicago sativa*), Sainfoin cultivé (*Onobrychis viciifolia*), Trèfle blanc (*Trifolium repens*), etc.

Liste des espèces végétales de la catégorie « semences » :

Brachypodium de Phénicie (*Brachypodium phænicoides*), Anthyllide vulnéraire (*Anthyllis vulneraria*), Trèfle souterrain (*Trifolium subterraneum*), Achillée millefeuille (*Achillea millefolium*), Coronille variée (*Coronilla varia*), Marguerite commune (*Leucanthemum vulgare*), Plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), Petite Pimprenelle (*Sanguisorba minor*), Saponaire de Montpellier (*Saponaria ocymoides*). Liste extraite de l'arrêté du 7 décembre 2001, modifiant l'arrêté du 15 septembre 1982 relatif au commerce des semences de plantes fourragères.

3.2.1.1.2. Espèces non réglementées

Il existe de nombreuses autres espèces végétales qui ne sont soumises à aucune réglementation quant à la qualité des lots de semences et pour lesquelles il convient donc d'être très vigilant, notamment en obtenant les garanties utiles de la part des producteurs.

Quelques exemples : Bleuets (*Centaurea cyanus*), Centranthe rouge (*Centranthus ruber*), Lavande à toupet (*Lavandula stoechas*), Mauve musquée (*Malva moschata*), Immortelle des sables (*Helichrysum stoechas*), Houlque laineuse (*Holcus lanatus*), Baldingère faux-roseau (*Phalaris arundinacea*), Psoralée bitumeuse (*Psoralea bituminosa*), Orpin des rochers (*Sedum reflexum*), etc.

Dans les cas où les semences utilisées proviennent de collectes préalablement réalisées sur les sites, les critères de qualité technologique des semences collectées ne peuvent plus rentrer en ligne de compte, aux risques et périls du donneur d'ordres, quant au résultat de l'ensemencement (homogénéité, diversité et densité du couvert végétal).

Remarques : Le label **Végétal local** a été créé à l'initiative de la Fédération des conservatoires botaniques nationaux, Plante & Cité et l'AFAC-Agroforesteries. Professionnels et scientifiques du génie végétal ont été consultés pour valider des règles techniques de la collecte et production de végétaux indigènes.

Le label **Végétal local** garantit pour les semences, les plantes, les arbres et les arbustes sauvages bénéficiaires :

- leur provenance locale, au regard d'une carte des 11 régions biogéographiques métropolitaines (et des régions biogéographiques d'outre-mer), avec une traçabilité complète
- une large diversité génétique dans les lots de plantes et d'arbres porteurs du signe de qualité
- une conservation de la ressource (plantes et arbres mères) dans le milieu naturel, malgré les collectes.

Le système de contrôle et la traçabilité se basent sur un cahier des charges précis et rigoureux. Ce projet a été cofinancé par le Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, l'Interprofession de l'Horticulture (Val'Hor), le Réseau de transport d'électricité (RTE), Total infrastructures Gaz de France (TIGF), l'Union Nationale des producteurs de granulats (UNPG), et GRT Gaz.

3.2.1.2. Origine des lots de semences

Le marché des semences est international. Les productions françaises sont peu nombreuses et de nombreux lots proviennent des quatre coins du globe : Europe de l'Est, Australie, Amérique du Nord, Amérique du Sud, Nouvelle-Zélande, Canada, etc.

L'origine fait référence à la fois :

- au lieu de production du lot de semences, qui peut avoir un impact fort sur la diversité végétale implantée par l'intermédiaire de la présence des semences d'autres espèces que celle du lot considéré
- au lieu originel de la population mère en termes de pool génétique.

Par exemple, le cultivar "Argeles" de Trèfle souterrain est issu de composants dont les populations mères sont originaires de Corse et de Languedoc-Roussillon, et dont les semences sont produites en Australie. Le matériel végétal est bien génétiquement d'origine méditerranéenne mais les lots produits en Australie peuvent contenir des semences d'espèces de la flore australienne.

3.2.2. Boutures et plançons

3.2.2.1. Production de boutures

Quelques fournisseurs sont spécialisés dans la production de boutures, à partir de pieds mères issus de matériel végétal prélevé dans la nature et cultivés en pépinière.

3.2.2.2. Prélèvement in situ

Lorsque cela est possible, le prélèvement de matériel végétal (ex. : bouture de saule, *Salix sp.*) en milieu naturel à proximité du chantier permet de garantir :

- un respect de l'indigénat génétique, à condition toutefois de rester sur le même grand bassin versant
- une bonne adaptation aux conditions du site traité
- une réduction du temps de transport et de stockage, donc généralement un meilleur taux de reprise.

Cela impose de trouver des zones où il y a suffisamment de pieds mères, ainsi que de la (ou des) espèce(s) considérée(s) et ayant un port se prêtant aux techniques que l'on souhaite mettre en œuvre. Il faut ensuite obtenir les autorisations nécessaires aux prélèvements et que ces derniers s'intègrent dans les orientations de gestion et de préservation des formations végétales présentes.

A noter que pour des raisons sanitaires, il faut éviter de prélever dans des secteurs touchés par certaines pathologies

très contagieuses telles que la maladie de l'aulne, la charalrose du frêne, la peste de l'écrevisse, le chancre coloré, etc.

3.2.2.3. Conditionnement

Les boutures sont de diamètres et de longueurs très divers en fonction des espèces et des besoins pour les travaux de génie végétal. Elles peuvent être conditionnées en fagots, selon leurs dimensions et le mode de stockage et de transport. Le fournisseur pourra apposer des marques de couleurs différentes pour faciliter leur identification si plusieurs espèces sont livrées simultanément (même si une vérification des stocks reste impérative). En outre, une marque colorée indique la partie basale des boutures (polarité à respecter lors de la mise en place).

La partie basale peut être épointée pour faciliter la mise en place.

3.2.2.4. Stockage

Sur site, dès la réception des boutures sur le chantier, l'entrepreneur est chargé de les stocker immédiatement à l'abri de la lumière et de la chaleur. Une fois sorties du lieu de stockage, les boutures en attente de mise en place (48 heures maximum) sont impérativement placées dans des endroits ombragés. Les boutures doivent être partiellement immergées dans un éventuel cours d'eau (ou éventuellement un tas de sable humide) situé à proximité du chantier, avant leur mise en terre.

3.2.3. Plants

Les règles professionnelles P.C.2-R1 « Travaux de plantation des arbres et des arbustes » et P.C.3-R0 « Travaux de plantation des massifs » détaillent les prescriptions de plantation des arbres et arbustes, ainsi que les plantations en massif.

3.2.3.1. Plants mycorhizés

Les végétaux sont parfois implantés dans des terrains difficiles qui ne présentent pas des propriétés agronomiques suffisantes pour une bonne croissance, notamment caractérisés par des faibles niveaux de fertilité.

Afin d'améliorer les performances des jeunes plants et d'augmenter fortement leurs taux de reprise, ils font l'objet en pépinière d'une mycorhization contrôlée avec des souches de champignons sélectionnés. L'association symbiotique qui en résulte aide la plante à explorer un volume accru de sol et à accéder à des endroits inaccessibles pour les racines. Le champignon permet ainsi à la plante d'améliorer sa nutrition en apportant principalement de l'eau, du phosphore et de l'azote (accessoirement, la colonisation des racines par des champignons mycorhiziens permet de protéger celles-ci contre les attaques d'organismes pathogènes).

De nombreuses espèces d'arbres, feuillus ou résineux, et d'arbustes mycorhizés en pépinière sont aujourd'hui disponibles (érable : *Acer sp.*, aulne : *Alnus sp.*, peuplier : *Populus sp.*, chêne : *Quercus sp.*, pin : *Pinus sp.*, etc.).

3.2.3.2. Hélophytes

La disponibilité commerciale des hélophytes d'origine française est variable et amène à importer des productions venant de pays étrangers. Une attention particulière doit être portée sur l'origine et la qualité des plants d'hélophytes.

3.2.3.3. Plants pour la phytoépuration

Voici quelques exemples de plants utilisés en phytoépuration en fonction de la nature du filtre.

Plantes absorbant les charges polluantes (pour le premier filtre à écoulement vertical)	Plantes semi-aquatiques (pour le deuxième filtre à écoulement horizontal)
Les bambous (<i>Phyllostachys sp.</i>)	Salicaire commune (<i>Lythrum salicaria</i>)
Massette à feuilles étroites (<i>Thypha angustifolia</i>)	Iris des marais (<i>Iris ensata</i>)
Iris des marais (<i>Iris ensata</i>)	Renouée polymorphe (<i>Persicaria polymorpha</i>)
Roseau commun (<i>Phragmite australis</i>)	Renouée ornementale (<i>Persicaria amplexicaulis</i>)

3.3. Les techniques

Chaque type de matériel végétal a son propre mode d'installation :

- les semences : l'ensemencement
- les boutures : le bouturage
- les plants : la plantation.

Concrètement, ces trois modes d'installation peuvent ainsi être mis en place de manière simple ou plus complexe, voire combinée.

3.3.1. Pose de géofilets

Avant tout travail de pose de géofilet, il est essentiel de procéder à un nettoyage préalable de la surface à traiter, en éliminant la végétation et les éventuels obstacles présents (débroussaillage, terrassement léger, évacuation des blocs et/ou branches, racines...). Un comblement des trous peut être également nécessaire avec du matériel gravo-terreux.

3.3.1.1. Mise en place sur berge

Sur berge, la mise en place du géofilet doit toujours débiter dans le sens longitudinal, de l'amont vers l'aval du cours d'eau et dans le sens transversal, du bas vers le haut de la berge.

Les lés sont disposés avec un recouvrement du lé suivant sur le lé précédent d'environ 40 cm, maintenus au plus près du sol par des fiches d'ancrage. Celles-ci sont implantées perpendiculairement au plan de la pente, en moyenne tous les 50 cm sur les zones de recouvrement et éventuellement en pleine bande en fonction de la situation rencontrée (nature du terrain, pente...), avec des fiches d'ancrage ayant des dimensions spécifiques (40 cm de large). Les fiches d'ancrage sont implantées de sorte que la partie visible soit dans le sens du courant. On compte en moyenne une fiche par m². Il est possible d'utiliser plus de fiches d'ancrage afin que le géofilet soit bien en contact avec le terrain.

3.3.1.2. Mise en place sur talus

Sur talus, les lés sont posés dans le sens de la plus grande pente. Ils sont fixés entre eux par agrafage des fils de chaîne renforcés à raison d'une agrafe tous les 15 cm, sans recouvrement des lés entre eux.

Le géofilet est fixé au sol, au niveau des zones d'agrafage, par des fiches d'ancrage implantées perpendiculairement au plan de la pente, en moyenne tous les 50 cm et éventuellement en pleine bande, en fonction de la situation rencontrée (nature du terrain, pente...). On compte en moyenne une fiche par m². Il est possible d'utiliser plus de fiches d'ancrage afin que le géofilet soit bien en contact avec le terrain.

Si le géofilet ne présente pas de renforcement des fils de chaîne sur les côtés, les lés sont alors disposés avec un recouvrement du lé suivant sur le lé précédent d'environ 20 cm, maintenus au plus près du sol par des fiches d'ancrage.

3.3.1.3. Finitions

En bordure de la zone recouverte, l'arrêt du géofilet est net, les fils sont coupés et glissés sous le géofilet. La fixation des lés est renforcée à raison d'une fiche d'ancrage tous les 25/30 cm.

Dans les cas de très fortes contraintes, en crête d'ouvrage (et pied lorsqu'il s'agit d'un talus), le géofilet peut être enfoui dans une petite tranchée de 20 centimètres de profondeur. Il est ancré par des fiches d'ancrage au fond de la tranchée, tous les 50 cm. La tranchée est rebouchée et compactée jusqu'à fleur du terrain.

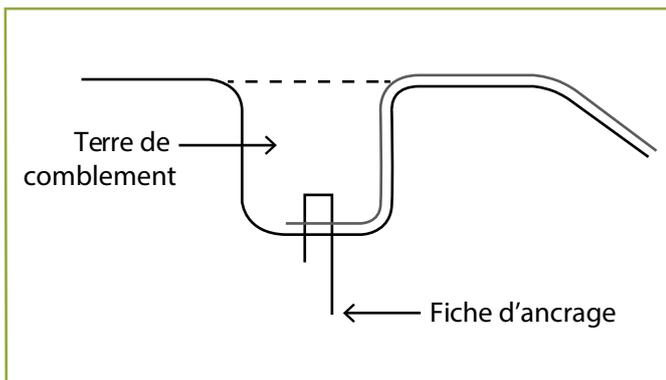


Figure 17 : Schéma de finition du géotextile en crête d'ouvrage

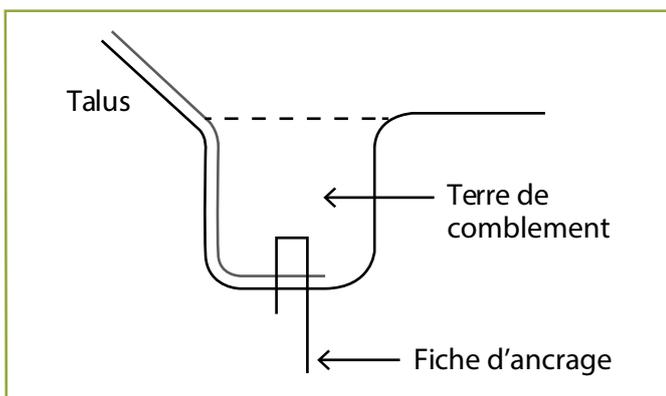


Figure 18 : Schéma de finition du géotextile en pied de talus

En présence d'ouvrage spécifique, par exemple un fossé béton, le géofilet est mis en place jusqu'au ras de l'ouvrage, en faisant descendre une longueur de géofilet de 20 à 30 cm le long de la paroi de l'ouvrage.

3.3.2. Ensemencement

L'ensemencement peut être réalisé de deux façons principales, dont le choix dépend notamment du contexte du chantier et des conditions d'intervention (superficie, accès routier, sensibilité et portance du terrain...) :

- hydroensemencement, au moyen d'un matériel spécifiquement conçu pour cela : l'hydrosemoir ; c'est le moyen le plus couramment employé. Un autre matériel spécifique a été conçu pour les chantiers inaccessibles en montagne : le semis est réalisé à l'hélicoptère (les fournitures tombent au sol par gravité)
- ensemencement manuel, au moyen d'un semoir manuel ou directement à la main

Pour mémoire, lorsque le contexte le permet, notamment la topographie du site, l'ensemencement peut être réalisé par enfouissement mécanique au moyen d'un semoir agricole.

Les paragraphes suivants concernent l'ensemencement par projection hydraulique. Certains points sont néanmoins applicables au semis manuel.

3.3.2.1. Travaux préalables à l'ensemencement

Le semis peut être effectué sur sol brut inorganique ou revêtu de terre.

L'état du terrain avant l'ensemencement conditionne en grande partie la qualité de la levée et le devenir du couvert végétal. Par conséquent, les travaux d'ensemencement ne sont engagés que lorsque les terrains sont effectivement considérés aptes à l'être (voir à minima, les trois critères ci-dessous).

Point de contrôle contradictoire

Avant de réaliser le semis, il faut vérifier : que

- l'ampleur de la couverture végétale adventice est faible, caractérisée par la proportion de surface éventuellement déjà occupée par des végétaux et la hauteur de ces végétaux
- l'intensité du compactage est faible
- le sol ne présente pas de signes d'érosion (griffes, ravines, rigoles)

3.3.2.1.1. Nettoyage préalable des sols

La couverture végétale adventice éventuellement présente doit être retirée dès lors qu'elle entrave l'homogénéité du semis, le bon contact entre les semences projetées et le terrain et qu'elle représente une concurrence trop importante à la levée. Les travaux de nettoyage sont en général déclenchés dès que la couverture adventice occupe plus de 20 % de la surface totale, avec des plantes de plus de 30 cm de haut réparties de manière homogène ou avec des plantes de plus petites tailles (10 cm) mais constituant des plaques denses de plus de 10 m².

En outre, les éléments grossiers (blocs, branches, racines...) susceptibles d'entraver l'entretien ultérieur des terrains doivent être retirés.

Le nettoyage préalable peut être évité si l'ensemencement intervient rapidement après la fin de la réalisation de l'ouvrage ou des terrassements.

3.3.2.1.2. Décompactage superficiel

En cas de nécessité et si l'ouvrage est accessible aux engins utiles, un ameublissement superficiel d'un terrain compacté est réalisé sur les 5 à 10 premiers centimètres du sol par griffage ou hersage effectué dans le sens perpendiculaire au sens de la plus grande pente de l'ouvrage.

3.3.2.1.3. Comblement des rigoles

Si le terrain montre des signes d'érosion superficielle trop importants, et dans tous les cas si ces derniers sont incompatibles avec l'atteinte des objectifs de résultats fixés au cahier des charges, des travaux de terrassement visant à combler les rigoles sont nécessairement menés en préalable de l'ensemencement ou de la mise en place de géofilet.

3.3.2.1.4. Réception et stockage des constituants du mélange

En principe, aucun constituant du mélange hydraulique n'est stocké sur la zone de chantier même. En attendant leur malaxage, les fournitures qui ne peuvent pas être mises sur la plate-forme de l'hydrosemoir doivent être stockées dans des conditions de parfaite conservation, notamment à l'abri de l'humidité et de tout parasite :

- véhicule fermé/bâché pour un temps de conservation de quelques jours
- local sec et fermé pour un temps de conservation de plusieurs semaines.

Point de contrôle contradictoire

Tous les justificatifs relatifs au contrôle de la provenance et/ou de la qualité des fournitures livrées doivent être fournis (bons de commande, bons de livraison, étiquettes réglementaires du Service Officiel de Contrôle ou d'autres organismes, fiches techniques, etc.).

Un échantillon du mélange de semences, éventuellement du ou des lots de semences livré(s) en lot(s) pur(s), conformes aux prescriptions du cahier des charges, si tel est le cas, doit être conservé.

3.3.2.2. Travaux d'ensemencement

3.3.2.2.1. Préparation du mélange

En même temps que le remplissage en eau de l'hydrosemoir, l'ensemble des constituants du mélange hydraulique est introduit dans la cuve. Le mélange hydraulique est homogénéisé grâce au fonctionnement du malaxeur et du retour de pompe.

Point de contrôle contradictoire

L'eau doit être compatible avec un usage agricole.

3.3.2.2.2. Mise en œuvre du mélange

Le semis initial est réalisé en un seul passage.

Au démarrage de chaque campagne de travaux, l'entrepreneur procède à l'étalonnage de l'application, dans le but d'ajuster la vitesse d'avancement de l'hydrosemoir à la surface à traiter pour respecter les dosages prescrits. La méthode d'étalonnage est la suivante :

- métrage d'une zone du chantier (au moins 1000 m²) et calcul du volume théorique de mélange hydraulique nécessaire (en principe 1m³ pour 1000 m²)
- application du mélange hydraulique sur cette surface
- vérification de la quantité réelle de mélange hydraulique appliquée

- vérification de la concordance entre quantité théorique et réelle ; en cas de discordance, réétalonnage sur une nouvelle surface et complément d'application sur la première surface en cas de déficit de dosage.

Le mélange préparé dans la cuve est impérativement appliqué dans la journée. Dans le cas contraire, il est détruit sans que les fournitures soient comptabilisées au titre des travaux effectués.

La projection doit être bien régulière, uniforme, homogène et réalisée par un passage croisé en vérifiant la portée et la largeur du jet.

Point de contrôle interne

Il faut surveiller :

- la bonne coordination entre le chauffeur (vitesse d'avancée de l'engin) et le semeur (surfaces traitées)
- la régularité et l'homogénéité de l'application (un passage trop lent peut générer des phénomènes de lessivage ou des différences de densité de semis entre les différentes surfaces ensemencées)
- la tenue d'un compte-rendu journalier des travaux réalisés ; ce document consigne les éléments suivants : identification du chantier, date de réalisation, conditions climatiques d'intervention (ensoleillement, précipitations, températures, vent), surfaces traitées, nombre de cuves réalisées, natures et quantités des produits mis en œuvre

3.3.3. Bouturage

La mise en terre des boutures se fait soit en les enfonçant directement à la massette, soit en creusant préalablement un trou dans le sol et en enfonçant ensuite les boutures.

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

Point de contrôle interne

Il faut surveiller :

- l'absence de bourgeon ayant débouffé avant leur mise en terre
- absence de bouture ayant déjà produit des racines avant leur mise en terre
- le tassement suffisant de la terre autour des boutures (le contact entre le sol et la partie enfoncée de la bouture est primordial)
- la proportion enterrée de la bouture (3/4 minimum) : on vérifie en tirant au hasard quelques boutures

3.3.4. Marcottage

Pas de consigne de construction particulière.

Point de contrôle interne

Il faut surveiller :

- l'absence de branche cassée
- le bon contact entre la branche et le terrain

Point de contrôle interne

Il faut vérifier :

- le bon ancrage des plants
- l'absence d'hélophyte flétrie
- le bon positionnement altimétrique des hélophytes

3.3.6. Cordon / lit de plants et plançons

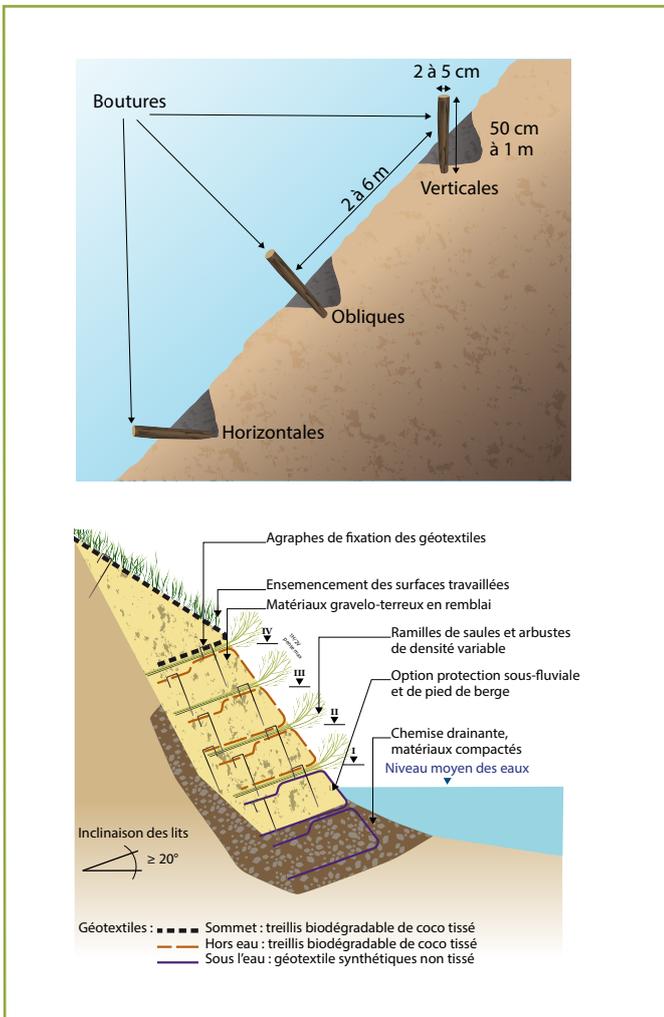


Figure 19 : Schéma de principe du cordon (haut) et du lit de plants et plançons (bas)

Le travail s'effectue en dehors de la période de végétation.

3.3.6.1. Cordon

Sur le versant ou dans le lit de ravine, on établit le réseau d'assises (banquettes ou ouvrages de stabilisation) pour l'implantation des boutures. La terre déblayée sert de remblai pour l'atterrissement en contrebas du cordon en construction. La réalisation de ce réseau n'est pas systématique et on peut planter les boutures directement à la masse ou en creusant un pré-trou à la barre à mine.

Les boutures sont alors disposées horizontalement, verticalement ou le plus souvent en oblique. L'extrémité des boutures située à l'air libre est proprement découpée. La terre remblayée autour des boutures est légèrement tassée.

Leur mise en terre peut se faire soit par enfoncement à l'aide d'une masse, soit sur une tranchée préalablement réalisée, de 50 cm à 1 m de largeur, inclinée de 10 % minimum vers l'intérieur et sur laquelle elles doivent être déposées à plat.

3.3.6.2. Lit de plants et plançons

En pied de berge (ou de talus), une assise est établie pour l'implantation du matériel végétal.

Les plants et plançons sont alors disposés côte à côte en oblique sur l'assise, pied au plus bas et au fond de la tranchée.

Lorsque l'installation du lit de plants et plançons est accompagnée de la mise en place d'un géofilet, qui prend la forme d'un boudin dont la largeur est suffisante et pouvant se situer sous le lit ou au-dessus afin de réaliser une succession de lits de plant et plançons, le dernier lit de plants et plançons est recouvert par le géofilet, dont la partie non enterrée vient recouvrir le talus à plat après remblaiement de la terre pour former le haut de la berge.

Les plants et plançons doivent être parfaitement en contact avec le géofilet. Le matériau gravo-terreux est disposé en fine couche d'environ 5 cm en fond de tranchée et sur le lit avant la pose du géofilet.

Le remblaiement avec du matériau gravo-terreux et l'installation du géofilet doivent être réalisés de manière à éviter toute formation de cavités, et les boudins doivent se succéder afin de respecter le profil de la berge.

Point de contrôle interne

Pour les cordons, le point de contrôle identique à celui de la technique du bouturage

Pour les lits de plants et plançons, le point de contrôle est identique aux techniques du bouturage et plantation. Il convient en outre de vérifier le bon tassement des matériaux terreux au sein des boudins.

3.3.7. Couche de branches à rejets / garnissage

Le terrain est tout d'abord légèrement décaissé, nettoyé et aplani. Les pieux sont enfoncés partiellement à la masse ou battus mécaniquement.

Les matériels végétaux sont ensuite mis en place en tapis jointif épais. Ils sont plaqués et maintenus au sol avec le treillage de fils de fer, de corde ou de géofilet et reliés aux pieux enfoncés sur toute la surface du tapis. Le fil de fer constituant le treillage est maintenu sur les pieux avec un crampillon. Les pieux sont reliés entre eux.

Le tout est recouvert par une fine couche de matériaux terreux, de façon à ce que l'on ne voit presque plus les matériels végétaux. Elle doit bien remplir les interstices des branches.

Une fois le treillis de fils de fer recuit ou de cordage en place, les pieux sont battus une deuxième fois.

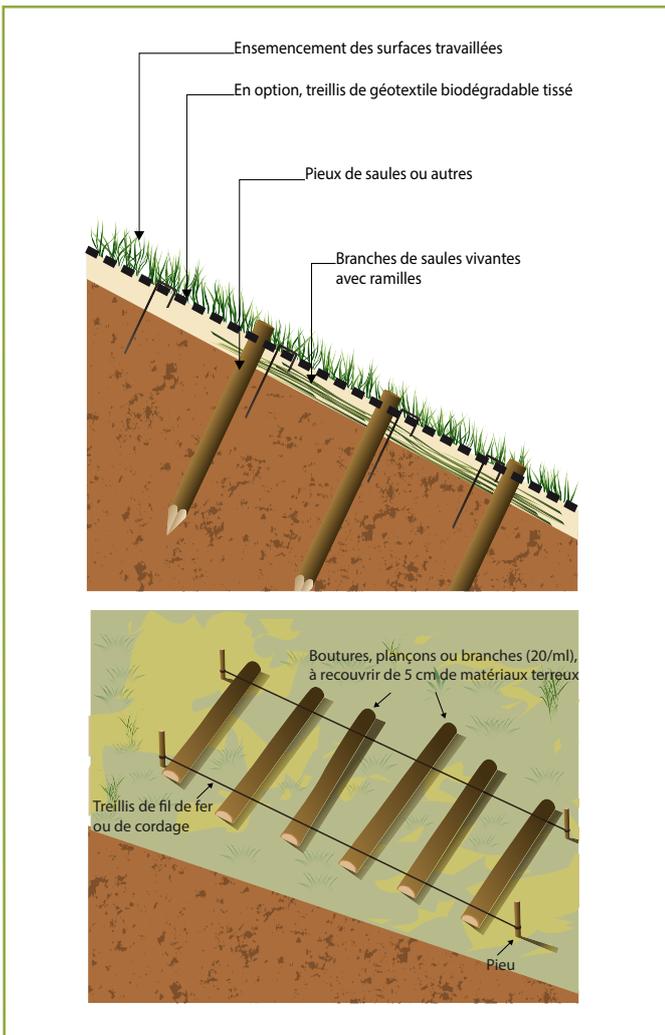


Figure 20 : Schéma de principe d'une couche de branche (haut) et d'un garnissage de boutures (bas)

Point de contrôle interne

Il faut vérifier :

- le bon contact du matériel végétal avec la terre
- la fixation correcte des éléments constitutifs de l'ouvrage (pieux, branches, fils de fer)
- le remplissage homogène des interstices entre les branches

3.3.8. Fascine

3.3.8.1. Fascine de ligneux

En pied de berge, sur le versant ou dans le lit de ravine, on établit les assises (banquettes) pour l'implantation des fascines.

Les pieux sont taillés en biseau à la base et disposés à l'extrémité aval des banquettes, soit dans des trous creusés à la barre à mine ou à la perforatrice, soit plantés à la masse ou battus mécaniquement.

Les matériels végétaux sont liés ensemble avec de la corde, environ tous les mètres, de façon à constituer les fagots. Lors de la mise en place des fagots, ces derniers doivent se recouper au maximum sur une même rangée. Les deux

rangées de pieux peuvent être rendues solidaires. Les fagots sont maintenus entre les deux rangées de pieux par un treillis de fils de fer fixés sur les pieux par un crampillon. On recouvre alors l'ouvrage de terre de manière à ce que les matériels végétaux soient en contact avec le sol.

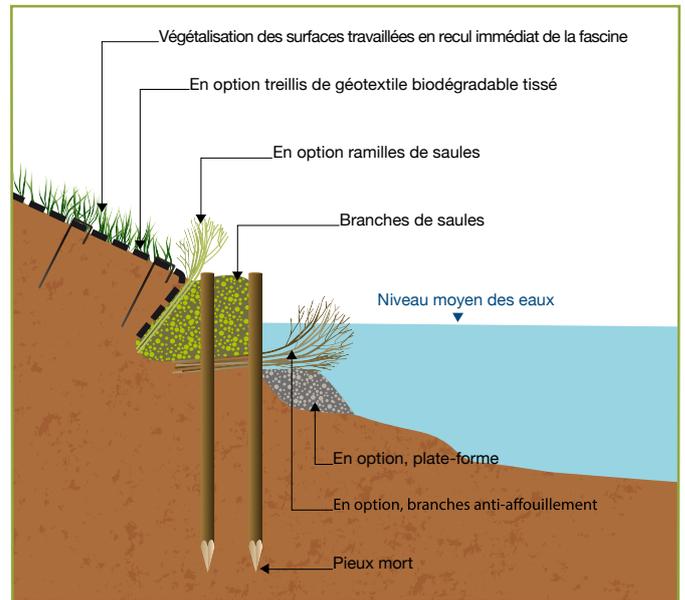


Figure 21 : Fascine en pied de berge

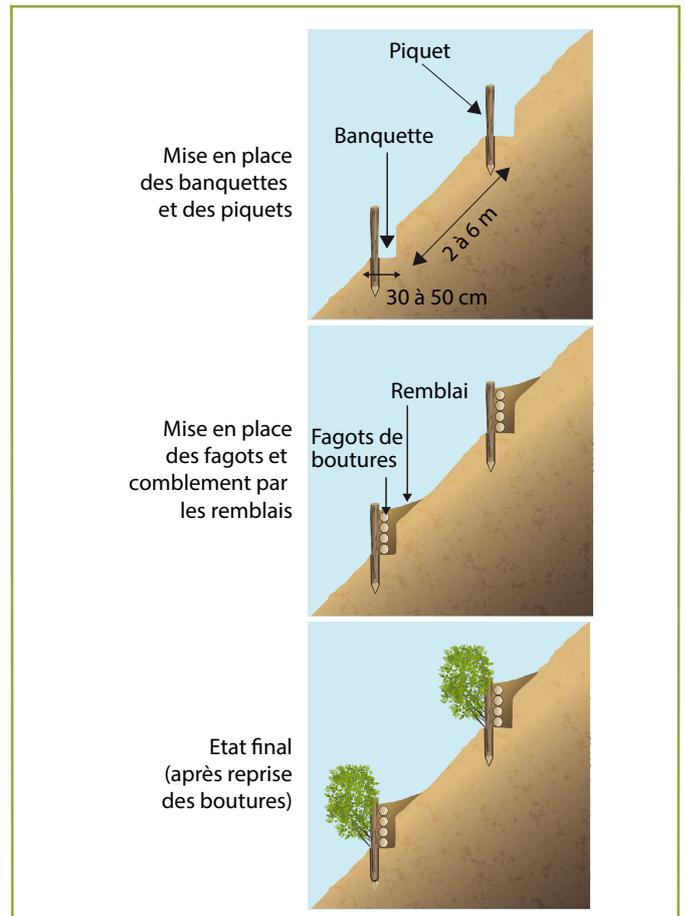


Figure 22 : Fascine de ligneux de versant

Point de contrôle interne

Il faut vérifier :

- la bonne continuité des rangées au niveau des raccords
- l'absence de vide entre le matériel végétal et la terre
- le bon serrage / placage des éléments du matériel végétal entre eux

3.3.8.2. Fascine d'hélophytes :

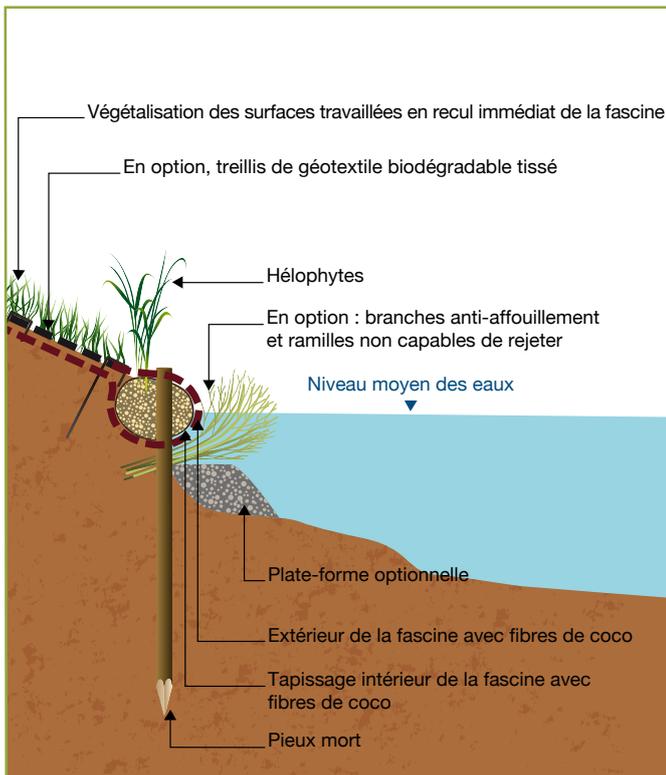


Figure 23 : Schéma de principe d'une fascine d'hélophytes

En pied de berge, on réalise l'assise pour l'implantation des ouvrages, manuellement ou mécaniquement. Le positionnement de l'assise doit être judicieux en fonction du niveau de l'eau, afin que le matériel végétal soit positionné à la bonne altitude par rapport au niveau de l'eau et de ses fluctuations.

Les pieux sont disposés sur un ou deux rangs et de préférence en quinconce entre les deux rangs. Au préalable, il est préférable d'effectuer un piquetage de sorte à matérialiser le(s) rang(s) et les espacements à l'aide de fers à béton et de cordeaux. Ces pieux sont taillés en biseau à la base et disposés soit dans des trous creusés au préalable à la barre à mine, soit plantés directement à la masse ou battus mécaniquement.

Dans le cas où la fascine est réalisée sur chantier, un lé de géofilet non-tissé est déroulé parallèlement à la pente, de sorte de recouvrir le fond de l'assise et de déborder au-dessus du ou des rangs de pieux et/ou sur la berge. Les matériaux terreux sont ensuite disposés délicatement sur le géofilet entre les pieux, ou entre les pieux et le bord de la berge. Un volume de terre égal est disposé sur toute la longueur et tous les cailloux

de grande dimension pouvant endommager le géofilet sont éliminés.

Une fois la terre disposée, on forme le boudin en recouvrant en premier les matériaux avec le bord du géofilet non-tissé côté berge par-dessus la terre. Le bord du géofilet peut être maintenu à l'aide de fiches d'ancrage de type fers à béton en forme de U. On recouvre ensuite avec le deuxième bord, de sorte à fermer le boudin et en évitant soigneusement la formation de plis. Le géofilet est également maintenu sur le boudin à l'aide de fiches d'ancrage. En cas de nécessité et si l'installation est réalisée avec deux rangées de pieux, le boudin fermé est maintenu entre les pieux à l'aide d'un réseau de fils de fer, reliés entre les pieux et maintenus à l'aide de crampillons aux pieux. Les pieux sont alors battus en phase finale, de façon à maintenir parfaitement le boudin sur le fond de l'assise. Dans le cas d'une seule rangée ou de deux rangées non reliées, les sommets des pieux sont recoupés proprement.

Afin de conforter l'ouvrage, un second géofilet tissé peut être enroulé autour du boudin formé par le géofilet non-tissé. Ce second géofilet plus large sera disposé en premier au fond de la fouille et son excédent viendra recouvrir le pied de berge. Il sera maintenu autour du boudin et sur la berge à l'aide de fiches d'ancrage.

Les plantations sont ensuite réalisées soit en écartant les mailles du géofilet tissé et/ou en réalisant une légère incision dans le géofilet non-tissé à l'aide d'un plantoir. Une fois le plant déposé au fond du trou de plantation, le géofilet est resserré autour du plant. L'espace entre la berge naturelle et le boudin est comblé avec des matériaux terreux, afin de réaliser une pente homogène jusqu'à la fascine.

Point de contrôle interne

Il faut vérifier :

- le bon état général des plantes
- la bonne vigueur des racines, qui doivent avoir traversé le boudin (boudins préfabriqués).

3.3.9. Clayonnage / tressage

En pied de berge, sur le versant ou dans le lit de ravine, on établit les assises (banquettes) pour l'implantation des clayonnages/tressages.

Les pieux sont taillés en biseau à la base et disposés à l'extrémité aval des banquettes, soit dans des trous creusés à la barre à mine ou à la perforatrice, soit plantés à la masse ou battus mécaniquement.

On procède de l'aval vers l'amont.

Les matériels végétaux sont alors tressés un à un autour des pieux. L'extrémité du matériel végétal doit être située vers l'aval (si cours d'eau) et doit être à l'intérieur au démarrage du tressage.

Les points de démarrage (« culs de branche ») doivent être décalés d'un niveau à l'autre, de manière à ce que la structure soit la plus homogène possible. Les éléments végétaux tressés doivent être soigneusement serrés les uns

sur les autres. Les dernières branches peuvent également être fixées à l'aide de crampillons métalliques sur les pieux, afin d'éviter le desserrement de l'ensemble.

On répète l'opération de façon à obtenir plusieurs paires de rangées, avec un sens de tressage inversé sur un même pieu, sur la totalité de sa hauteur, les rangées étant les plus serrées possible et la rangée du bas plaquée au sol. Les matériaux végétaux doivent se recouper sur une même rangée.

On recouvre alors l'ouvrage de matériaux terreux, de manière à ce que les matériaux végétaux soient en contact avec du sol.

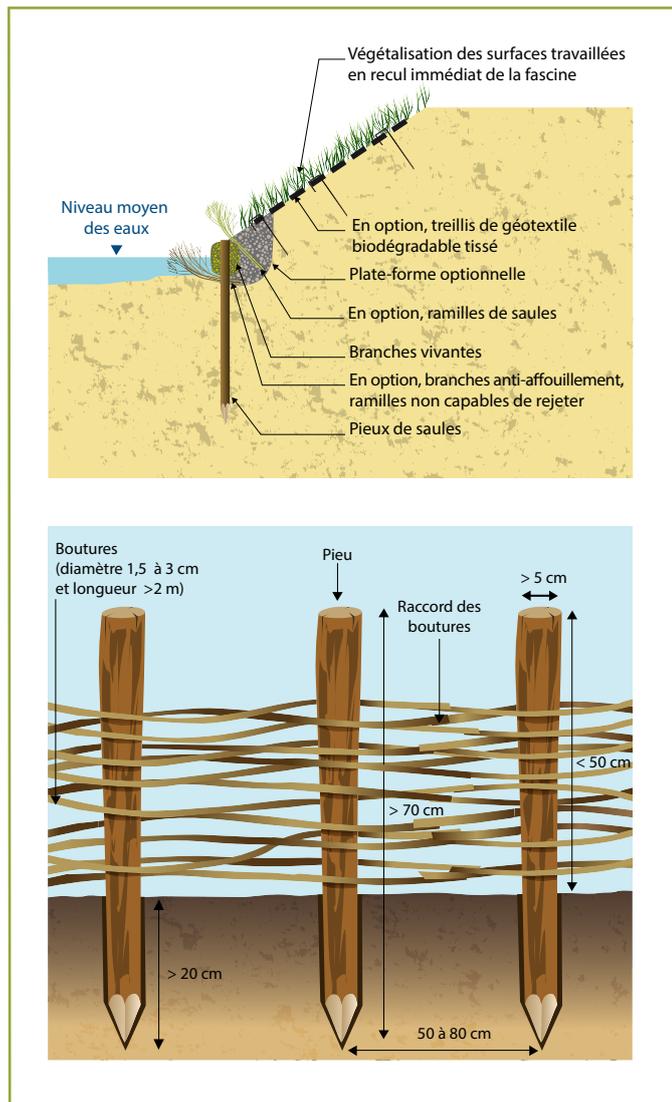


Figure 24 : Schéma de principe d'un clayonnage (haut) et d'un tressage (bas)

Point de contrôle interne

Le point de contrôle est identique à celui de la technique « fascine de ligneux ».

3.3.10. Palissade

En pied de berge, sur le versant ou dans le lit de ravine, on établit les assises (banquettes) pour l'implantation des palissades.

Les pieux sont taillés en biseau à la base et disposés à l'extrémité aval des banquettes, soit dans des trous creusés à la barre à mine ou à la perforatrice, soit plantés à la masse ou battus mécaniquement.

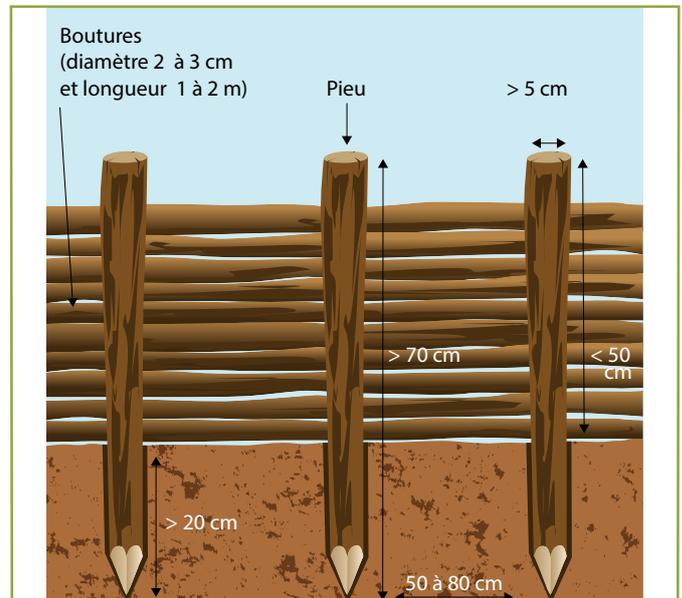


Figure 25 : Schéma de principe d'une palissade

On procède de l'aval vers l'amont.

Les boutures sont alors empilées une à une, couchées horizontalement contre les pieux. On répète l'opération de façon à obtenir une ou deux rangées verticales de boutures, sur une hauteur allant jusqu'à 50 cm, les rangées étant les plus serrées possible et la rangée du bas plaquée au sol. Les matériaux végétaux doivent se recouper sur une même rangée.

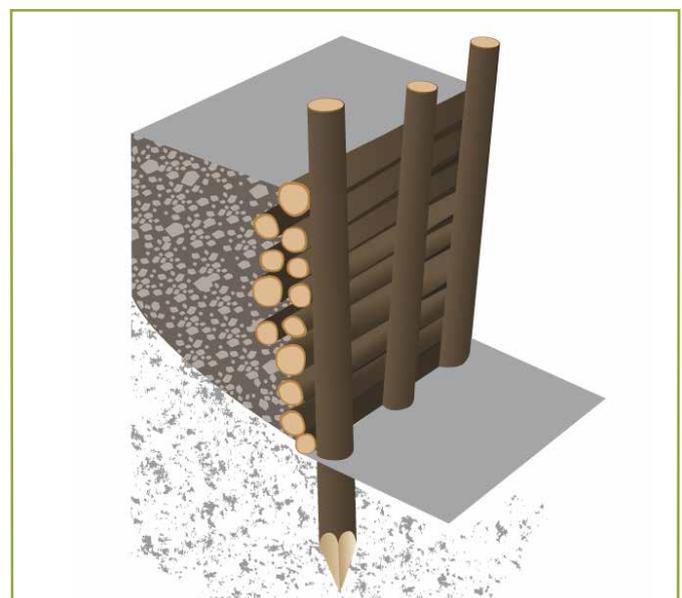


Figure 26 : Réalisation de palissade

Les boutures de la rangée verticale la plus à l'aval sont plaquées contre les pieux, avec au moins 1 cm de terre entre chaque bouture, pour ne les laisser apparaître à l'air libre que du côté aval de la palissade. Les boutures de la rangée verticale la plus à l'amont sont complètement enterrées, avec au moins 1 cm de terre entre chaque bouture. Les deux rangées verticales de boutures sont parallèles et séparées par 1 cm de terre.

On recouvre alors l'ouvrage de matériaux terreux, de manière à ce que les matériels végétaux soient en contact avec du sol. Le comblement à l'amont se fait ici au fur et à mesure de la mise en place des boutures.

Point de contrôle interne

Le point de contrôle est identique à celui de la technique « fascine de ligneux ».

3.3.11. Caisson végétalisé

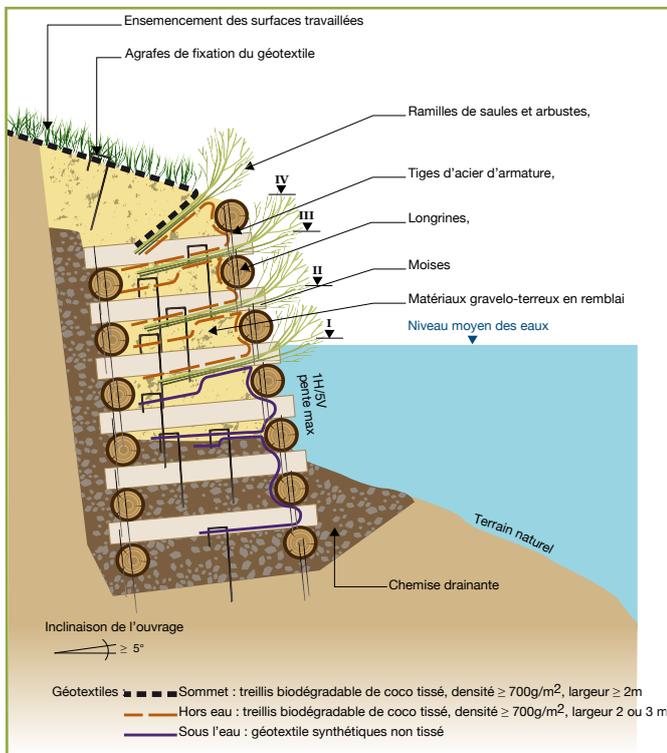


Figure 27 : Schéma de principe d'un caisson végétalisé

Sur un terrain préalablement préparé (assise stable et plate, talus nettoyé...), des rangées de longrines sont disposées en alternance avec des rangées de moises, fixées entre elles 3 par 3 au moyen de tiges d'acier filetées aux deux bouts pour un serrage avec des écrous.

En cas de dimensionnement du caisson sur place, les longrines (3 mètres minimum) et les moises (de 1 à 4 mètres, tous les 1,5 mètres) sont adaptées à la topographie du terrain.

Les caissons sont remplis de matériaux gravo-terreux au sein d'un géo-filet biodégradable de coco. Le matériau est uniquement pierreux pour les premières couches si la base de l'ouvrage est en contact direct avec l'eau. A chaque

passage de moise, le géo-filet est refermé.

La base du caisson est légèrement inclinée vers le talus d'environ 5 degrés.

Le caisson est végétalisé au moyen de plançons et de plants (cf. § 3.3.6. Cordon / Lit de plants et plançons).

Si plusieurs caissons se succèdent le long du cours d'eau, ils sont fixés les uns aux autres par l'assemblage bout à bout des longrines. Celles-ci sont entaillées de la moitié de leur diamètre sur environ 20 cm de longueur et assemblées par des clous.

Point de contrôle contradictoire

Il faut vérifier :

- le bon clouage des caissons entre eux
- l'absence de jeu entre les longrines et les moises
- le bon remplissage de l'ouvrage
- les critères énoncés au 3.3.6.

3.3.12. Treillage bois

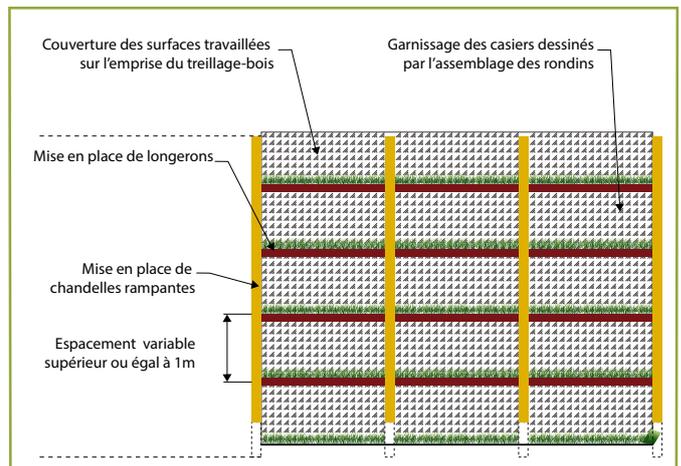


Figure 28 : Schéma de principe d'un treillage bois vu de face

Pour une meilleure stabilité de l'ouvrage au sol, des pieux en bois morts peuvent être implantés dans les angles des deux coins supérieurs du cadre et fixés à celui-ci.

Cette technique est aujourd'hui peu usitée en bordure de cours d'eau, mais plutôt en milieu sec, ou lors d'opérations de stabilisation de versant.

Point de contrôle contradictoire

Il faut vérifier :

- le bon placage des constituants en bois sur le terrain
- le bon remplissage de l'ouvrage avec les matériaux gravo-terreux d'apport.

3.3.13. Techniques de phytostabilisation

Dans le cas de la phytostabilisation, les étapes de la préparation du terrain peuvent comporter tout ou partie des actions suivantes :

- défrichage / déboisement
- désherbage
- aplanissement du terrain
- décompactage
- ajout d'amendement
- pose de bâche horticole

S'ensuivent alors la plantation ou du semis de la végétation.

Dans le cas de la phytostabilisation aidée, la préparation du terrain est suivie de l'épandage de l'amendement, du fraissage du sol puis de la plantation ou du semis de la végétation.

Les techniques de plantation ou de semis de la végétation sont les mêmes que celles des autres travaux de génie végétal. Il s'agit notamment d'ensemencement par projection hydraulique (cf. § 3.3.2), plantation (cf. § 3.3.6) ou bouturage (cf. 3.3.4).

Les chantiers de phytostabilisation nécessitent de respecter les pratiques des professionnels des sols pollués, afin d'assurer la sécurité du personnel et d'éviter le déplacement de la pollution via le personnel et/ou les engins du chantier. Aussi, il est nécessaire de prévoir des vêtements à usage unique ou dédiés au chantier et d'équiper le personnel de gants et de masques anti-poussières. Par ailleurs, les engins et tous les outils en contact avec le terrain doivent être nettoyés avant que les engins ne quittent le chantier.

En la matière, l'entrepreneur doit se conformer aux prescriptions du coordinateur « sécurité et protection de la santé » (cf. loi n°93-1418 du 31/12/1993, décret n°94-1159 du 26/12/1994 et décret n°2003-968 du 24/01/2003).

Point de contrôle contradictoire

Le point de contrôle est identique à celui des techniques « ensemencement », « plantation » et « bouturage »

3.3.14. Techniques de phytoépuration (filtre planté)

Les consignes du cahier des charges du dispositif de traitement doivent scrupuleusement être respectées.

Point de contrôle contradictoire

Il est impératif de fournir au client et au service public de l'assainissement dont dépend le client, un livret de chantier, comprenant notamment des photos prises à chaque étape entre le piquetage du dispositif de traitement et la plantation des végétaux

La bonne qualité de l'eau à la sortie du dispositif de traitement doit être vérifiée.

3.3.15. Matériel d'exécution

La majorité des travaux de génie végétal est réalisée dans des milieux sensibles : bords de cours d'eau, zones humides,

milieux protégés... Or les engins de chantiers et/ou de petits matériels thermiques présentent des risques de dégradation et/ou de pollution (tassement du sol, transport de matériel végétal indésirable, fuite d'hydrocarbure...). Il est donc nécessaire de mettre en place des mesures de prévention dès le démarrage des travaux.

3.3.15.1. Mesures de prévention vis-à-vis de la dégradation des milieux

- des itinéraires de circulation pour les engins et véhicules sont balisés
- les dimensions et poids des engins sont strictement adaptés aux travaux, afin d'éviter tout tassement du terrain ou effet d'ornièrage
- les engins équipés de chenilles sont recommandés pour les interventions sur des ouvrages en pente ou en cas de faible portance du sol, la portance pouvant fluctuer en fonction des conditions météorologiques.

3.3.15.2. Mesures de prévention vis-à-vis de la pollution des milieux

- les engins de chantier utilisés sont exempts de fuite d'hydrocarbures et de matériel végétal potentiellement contaminants (rhizomes, semences, tiges...)
- un contrôle systématique et quotidien de l'ensemble des circuits hydrauliques peut être mis en place et consigné dans un carnet de bord
- en cas de fuite accidentelle, l'engin est immédiatement évacué de la zone de travail vers une zone étanche afin d'effectuer les réparations
- les opérations de ravitaillement d'hydrocarbures se font en dehors des zones de travail et idéalement sur des surfaces étanches, où est également stocké l'ensemble des hydrocarbures. Leur stockage se fait dans des cuves à double paroi
- des kits anti-pollution spécifiques, comprenant des absorbeurs d'hydrocarbures, sont disponibles en quantité suffisante sur le chantier, afin d'éviter toute dispersion de polluants en cas de fuite
- l'utilisation des graisses et/ou fluides, qui présentent des propriétés de moindre impact sur l'environnement, est privilégiée (écolabel français (NF Environnement), écolabels européens...).

3.4. Travaux de parachèvement, travaux de confortement, plan de gestion

Les techniques de génie végétal, qui utilisent les végétaux comme éléments constitutifs des ouvrages, nécessitent la mise en œuvre de travaux complémentaires, réalisés dans les mois qui suivent les travaux initiaux :

- les travaux de parachèvement définis comme intervenant avant la réception des travaux,
- les travaux de confortement définis comme intervenant après la réception des travaux.

3.4.1. Travaux de parachèvement

Pour l'ensemble des techniques de génie végétal, les travaux de parachèvement sont des prestations rémunérées à l'intervention et de manière spécifique.

3.4.1.1. Hydroensemencement

Classiquement, il s'agit d'un complément de semis accompagné ou non d'une fertilisation ou simplement d'une fertilisation de parachèvement.

Les modalités de mise en œuvre et de point de contrôle sont identiques à celles relatives à la première intervention (travaux initiaux).

3.4.1.2. Autres techniques

Il s'agit surtout d'interventions dont le but est de consolider l'ouvrage, si besoin : remplacement de géofilet, religaturage... Des travaux de désherbage ou d'arrosage peuvent également être préconisés.

3.4.2. Travaux de confortement

Pour l'ensemble des techniques de génie végétal, les travaux de confortement sont des prestations rémunérées à l'intervention et de manière spécifique.

3.4.2.1. Hydroensemencement

Il s'agit généralement d'une deuxième ou troisième intervention supplémentaire pour épandre des matières fertilisantes, notamment dans le cas d'ensemencement sur sol brut non revêtu de terre. On parle alors de fertilisation de confortement. Une opération de fauchage peut également être réalisée. Le cas échéant, ils ne se confondent pas avec les travaux d'entretien, qui font l'objet d'un marché spécifique. Les modalités de mise en œuvre et point de contrôle sont identiques à celles relatives à la première intervention.

3.4.2.2. Autres techniques

Il peut s'agir de remplacer des boutures non reprises ou les plants morts, de recéper les boutures ou d'étêter les plants dans le but de diversifier les strates et les formes.

3.4.3. Plan de gestion

Au-delà du parfait achèvement et de la fin du marché travaux, les réalisations issues de l'ingénierie et du génie végétal nécessitent une surveillance plus régulière pendant les 5 à 10 ans qui suivent, voire des interventions, afin notamment d'accompagner le développement des végétaux. Il s'agira, par exemples, d'ausculter la bonne tenue de tous les éléments en bois mort ou de surveiller l'apparition éventuelle d'espèces indésirables, telles que les espèces invasives.

En ce qui concerne les techniques de phytostabilisation, la biomasse produite sur un site phytostabilisé contient peu de polluants car les plantes sélectionnées excluent les polluants ou présentent un transfert limité de polluants dans leurs parties aériennes (tiges et feuilles).

4. Bibliographie

4.1. Quelques ouvrages de référence

ADAM Ph., DEBAIS N., GERBER F. LACHAT B., 2008, Le génie végétal, Un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques, La documentation Française, Paris, 290 p.

ADEME, 2007, Végétalisation des anciennes décharges et autres fonciers dégradés en Languedoc-Roussillon, Cahier technique, Avril 2007, ADEME, Montpellier, 89 p.

BERT V., HADJ-SAHRAOUI A., LEYVAL C., FONTAINE J., OUVRARD S., 2012, Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués, Etat de l'art et guide de mise en œuvre, Paris : EDP Sciences, 86 p.

DINGER F., 1997, Végétalisation des espaces dégradés en altitude, Irstéa Editions, Antony, 144 p.

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

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT, 1999, Cahier des clauses techniques générales – Fascicule spécial n°35 – Aménagements paysagers, Aires de sports et de loisirs de plein air, avril 1999, Direction des journaux officiels, Paris, 375 p.

REY F., 2011, Génie biologique contre l'érosion torrentielle, Editions Quae, Paris, 100 p.

SNEEP – UNEP, 2008, Erosion, végétalisation, environnement - Agissons ensemble pour les générations futures !, Edition UNEP, Paris, 88 p.

4.2. Les espèces et les polluants

Tableau de correspondance donnant les listes des espèces végétales qui ont une action sur les polluants : Tableau 1.1 page 6 et 7 de l'ouvrage BERT V. (coord.), 2012, Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués, Etat de l'art et guide de mise en œuvre, ADEME et INERIS, Angers, 86 p.

5. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires

	Description	Qui effectue le point de contrôle ?	Matérialisation du point de contrôle
Point de contrôle niveau 1 = Point de contrôle interne	Il correspond à la vérification de la bonne exécution des travaux au fur et à mesure de l'avancement du chantier, et plus spécifiquement quand une tâche est achevée.	Le chef d'équipe, le chef de chantier ou le conducteur de travaux. Le maître d'œuvre peut être impliqué s'il en a manifesté le souhait.	Consignation facultative sur un document interne et spécifique au chantier ou sur une fiche de journée. > Ce type de point de contrôle ne débouche pas systématiquement sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.
Point de contrôle niveau 2 = Point de contrôle contradictoire	Il correspond : - à la formalisation d'un accord entre l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage - à un changement de tâche, notamment lorsqu'une tâche a des conséquences sur la suivante ou lorsqu'elle a des conséquences irréversibles - à la réception des travaux. <i>Chaque règle professionnelle ne doit pas comporter plus de 5 points de contrôle contradictoires.</i>	- Le chef de chantier, le conducteur de travaux ou le dirigeant de l'entreprise du paysage, en présence du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage. - Une entreprise tierce (exemple : mesure de la portance).	- Consignation au niveau du compte-rendu de chantier, cosigné par l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage. - Un document réalisé par une entreprise tierce. > Ce type de point de contrôle doit déboucher sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.

Les points de contrôle contradictoires constituent des **points d'arrêt**. Ces arrêts obligatoires sont contractuels. Ils interdisent de continuer la phase suivante de la tâche jusqu'à ce que les points d'arrêt soient levés. La levée des points d'arrêt a lieu dès que les contrôles contradictoires ont donné satisfaction. La phase suivante du travail peut alors reprendre de façon formelle avec toutes les garanties de bonne exécution de la ou des tâches précédentes.

Il existe par ailleurs deux types de points de contrôle contradictoires particuliers :

- les points de contrôle relatifs aux approvisionnements
- les points de contrôle relatifs à la réception du support.

Chaque approvisionnement et chaque réception de support doit automatiquement déboucher sur un point de contrôle contradictoire entre l'entreprise de paysage et le fournisseur dans le premier cas et entre l'entreprise de paysage et l'entreprise ayant réalisé le support dans le second cas.

Le cas particulier de la clientèle particulière sans maîtrise d'œuvre :

Parce que la clientèle particulière n'est pas « sachante » en termes d'aménagements paysagers, les points de contrôle pour ce type de clientèle sont principalement des points de contrôle internes.

Il est fortement recommandé de formaliser les étapes de validation des plantes et des matériaux à mettre en œuvre et de réception des travaux avec la clientèle particulière. De même, il est fortement recommandé que chaque modification de la commande initiale du client débouche sur la rédaction d'un nouveau devis, la signature par le client particulier du nouveau devis prouvant son accord.

Edité par les Editions de Bionnay

SARL d'édition de presse au capital de 140 800 euros - RCS Lyon 401 325 436

Les Editions de Bionnay - route du Château de Bionnay - 69640 Lacenas

Gérant - Directeur de publication : Erick Roizard

Tél. 04 74 02 25 25 - Fax. 04 37 55 08 11 - E-mail : leseditionsdebionnay@orange.fr



Dépôt légal à parution - ISBN : 978-2-917465-23-3 - Imprimerie Chirat (42540).

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon.

Seules sont autorisées les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 Mai 1957 - articles 40 et 41 et Code pénal en son article 425).

L'UNEP étant titulaire des droits d'auteur, en aucun cas, les Editions de Bionnay ne pourraient être tenues pour responsables de toute omission d'une donnée ou d'une information, ou de toute erreur ou lacune dans les règles professionnelles.

