

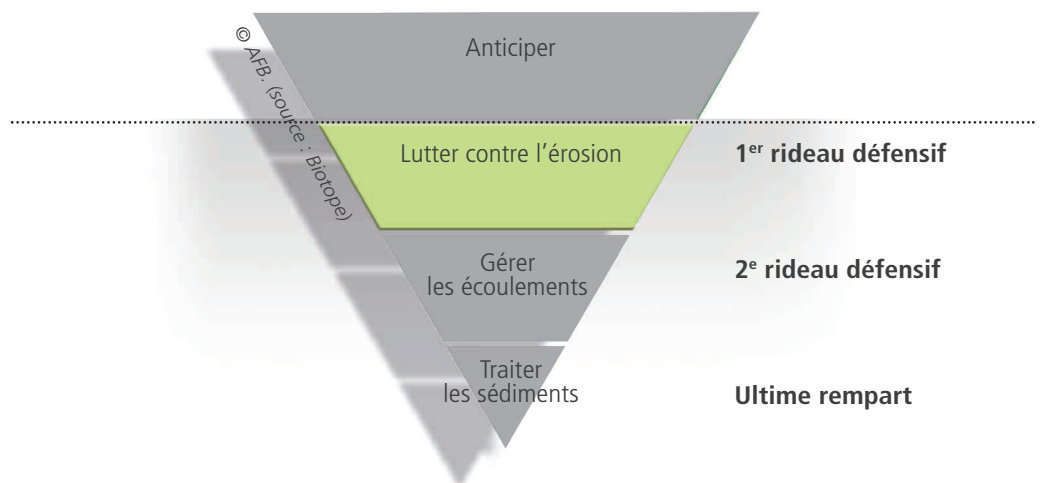
# IV

## Lutter contre l'érosion des sols

L'apport excessif de sédiments engendre de très nombreux impacts sur les composantes physiques et biologiques des milieux aquatiques (chapitre II.1). Il importe de ce fait de lutter contre l'érosion des sols décapés pour les besoins du chantier.

Ceci nécessite avant toute chose :

- de comprendre l'origine des processus d'érosion et ses risques d'impact sur le chantier et les milieux aquatiques adjacents (chapitre II.2) ;
- de définir l'approche multi-barrières à développer sur le chantier, en l'adaptant à chaque cas particulier (fiche Anticiper n°4).



Une fois cette approche multi-barrières définie, il convient de choisir les dispositifs répondant à ses attentes. Dans ce chapitre, des exemples de bonnes pratiques environnementales permettant de lutter contre l'érosion des sols décapés sont présentés, avec leurs objectifs, champs d'application, spécifications, avantages et limites.

- Fiche Lutter n°1. Redan, berme ou banquette
- Fiche Lutter n°2. Microreliefs
- Fiche Lutter n°3. Ensemencement
- Fiche Lutter n°4. Paillage par mulch
- Fiche Lutter n°5. Paillage par géotextile biodégradable
- Fiche Lutter n°6. Protection des dépôts provisoires
- Fiche Lutter n°7. Protection des exutoires (ou points de rejet des eaux)
- Fiche Lutter n°8. Seuil anti-érosion semi-perméable

## Redan, berme ou banquette

### Objectifs

- Lutter contre l'érosion des sols décapés
- Ralentir les écoulements superficiels
- Stabiliser les sols et favoriser leur revégétalisation

### Description

Reliefs accidentés, réalisés sous la forme de décaissements perpendiculaires à la pente et végétalisés : redans, bermes ou banquettes (figure 18)

Ces décaissements :

- ralentissent les écoulements superficiels ;
- et diminuent, de fait, l'emprise des surfaces décapées soumises à l'érosion.

Cette bonne pratique part du constat qu'en milieu naturel, des sols fortement pentus mais couverts d'une végétation pérenne résistent à l'érosion. Il s'agit donc de reproduire sur les chantiers ce qui fonctionne en milieu naturel, en créant des conditions favorables à la reprise végétale, plutôt qu'en utilisant des techniques non végétales (enrochements, gabions ou façade en béton).

Une fois réalisés, ces reliefs évoluent peu à peu, les angles évoluant en forme convexe en crête et concave en pied de talus.

Consultez un géotechnicien et appréhendez les risques de glissement de terrain avant de mettre en place les bonnes pratiques citées ci-dessous.

En effet, les glissements de terrain, coulées boueuses, écoulements ou chutes de blocs peuvent survenir naturellement ou suite à des IOTA d'origine humaine. À ce titre, ce guide ne déroge pas à l'obligation de se prémunir d'une étude géotechnique évaluant les risques de glissement de terrain. La fiche présente des bonnes pratiques permettant d'apporter une stabilité complémentaire à une surface pentue décapée. Néanmoins, elles ne garantissent pas l'absence d'un glissement de terrain et ne remplacent en rien les méthodes de confortement de talus, si des risques d'instabilité se présentent (tirants d'ancrage, par ex.).

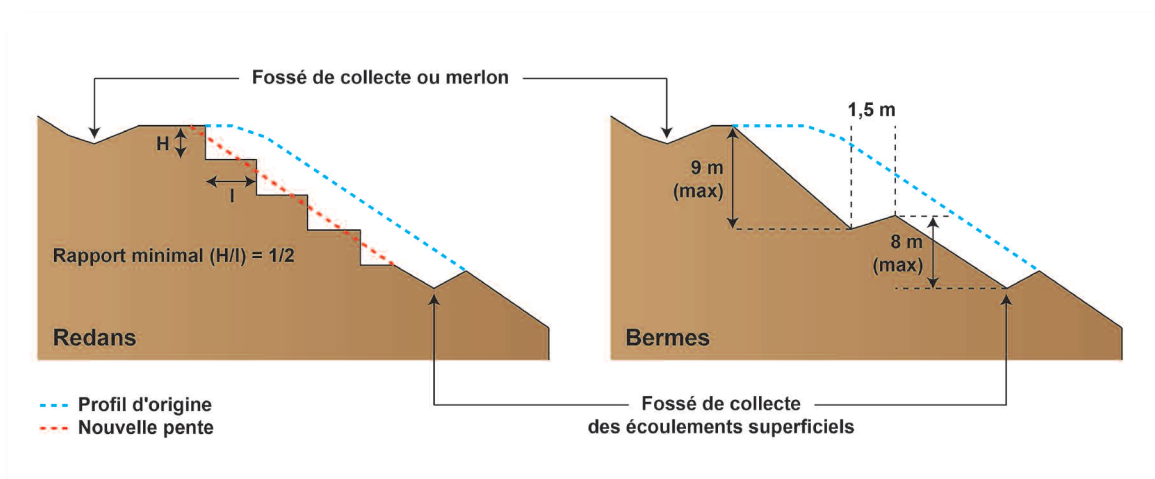


Figure 18. Principe de réalisation des redans et des bermes sur des surfaces décapées pentues. Les rapports de forme indiqués (largeur, profondeur, hauteur) constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas.



Banquette et plantation de saule.



Traitement de talus : en haut de pente l'enrochement d'une rigole dirige l'eau hors pente, et plusieurs banquettes offrent une surface plane pour une implantation végétale.

### Champs d'application

■ Surfaces décapées, soumises à une forte érosion et dont la pente est généralement inférieure à 50 % (2H/1V)

Les redans, bermes ou banquettes sont particulièrement adaptés :

- aux talus issus de déblais ou de remblais ;
- aux surfaces décapées qui, de par leur emprise et leur pente élevées, sont susceptibles d'engendrer des glissements de terrain ou *a minima*, le départ d'importants volumes de sédiments pouvant notamment colmater le fond du lit des cours d'eau en aval des chantiers.

Dans le cas particulier de surfaces très pentues (supérieures

à 50 %), la stabilisation des sols peut être effectuée à l'aide de techniques mixtes, combinant des décaissements :

- à un ensemencement en partie supérieure, et à des enrochements ou à des caissons végétalisés en pied de talus (figure 19). L'utilisation de caissons de bois ou de boudins coco, végétalisés de lits de plançons et de plants, peut efficacement remplacer les enrochements. Les caissons constituent l'armature de soutien, et les plants et plançons stabilisent les sols par leur profond tissu racinaire ;
- à un ensemencement de l'ensemble de la surface pentue, renforcé par des géotextiles ou des « géogrilles » synthétiques (figure 20).

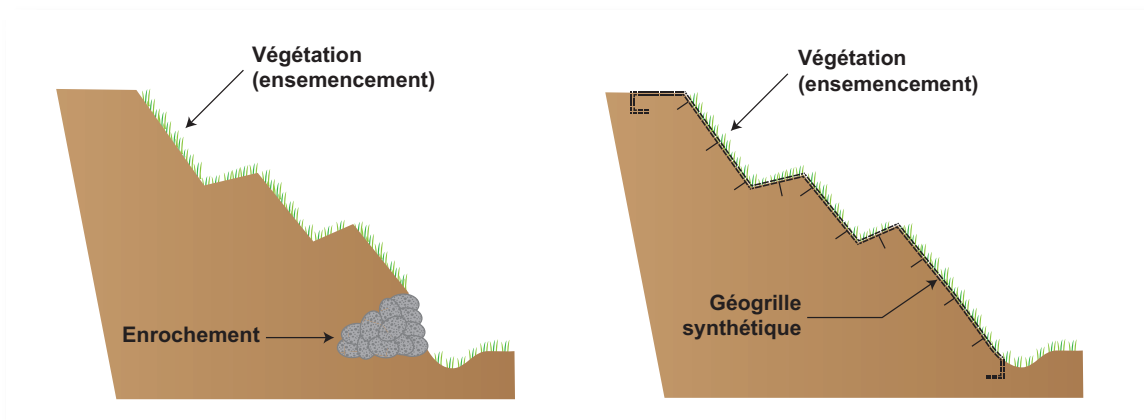


Figure 19. Exemple de bermes stabilisées à l'aide d'ensemencement en partie supérieure de talus et d'un enrochement en pied de talus.

Figure 20. Exemple de bermes stabilisées à l'aide d'un ensemencement complété d'une géogrille synthétique disposée sur la totalité du talus.

## Spécifications

Définir au cas par cas la pente et les dimensions des redans, bermes ou banquettes, en fonction notamment de l'emprise disponible, de la cohésion et de la stabilité des différentes couches de sol

Décaisser les sols avec la lame d'un bulldozer ou le godet d'une pelle pour les grandes surfaces, et avec des outils manuels pour les secteurs difficiles d'accès ou les petites surfaces

Dévier les écoulements superficiels provenant de l'amont à l'aide de merlons, de cunettes ou de drains de pente (chapitre V)

Si la surface décapée présentait initialement une végétation en bon état (sans plantes exotiques envahissantes par exemple), sauvegarder et stocker la terre végétale et éventuellement certains déchets verts. En fin de travaux, reconstituer le sol à l'aide de cette couche de terre. Sur des sols pauvres ou excessivement rocailloux, en particulier au niveau de déblais, la reprise d'une végétation pérenne nécessite généralement l'apport d'une couche de terre végétale supplémentaire.

Lors de la végétalisation, privilégier le choix d'essences se multipliant par drageon, bouturage ou marcottage, telles que les espèces du cortège des saules ou autres essences locales adaptées aux conditions du site.

Privilégier les plantations diversifiées, plus résistantes et résilientes que les plantations homogènes

## Entretien, points de vigilance

Évaluer au préalable les risques d'instabilité des sols à l'aide d'une étude géotechnique

Gérer les écoulements superficiels et les écoulements de subsurface afin de maintenir la stabilité des surfaces décaissées

Dimensionner les décaissements afin de les intégrer dans la topographie existante

## Avantages

- Réduit les coûts comparés à des techniques de renforcement de talus classiques
- Stabilise progressivement les surfaces pentues, au fur et à mesure du développement de la végétation
- Réduit l'érosion et les volumes de sédiments à traiter au point bas des chantiers
- Rend une apparence naturelle aux talus

## Limites

- Inapproprié aux surfaces décapées trop pentues et/ou instables
- Nécessite d'adapter la pente et les dimensions des décaissements à chaque cas particulier
- Demande de sélectionner des essences végétales adaptées, plus particulièrement en haute altitude ou sur des talus exposés au sud et dans un climat sec
- Engendre des contraintes éventuelles en termes d'entretien de la végétation, liées aux accès ou à la forme donnée aux reliefs ainsi créés

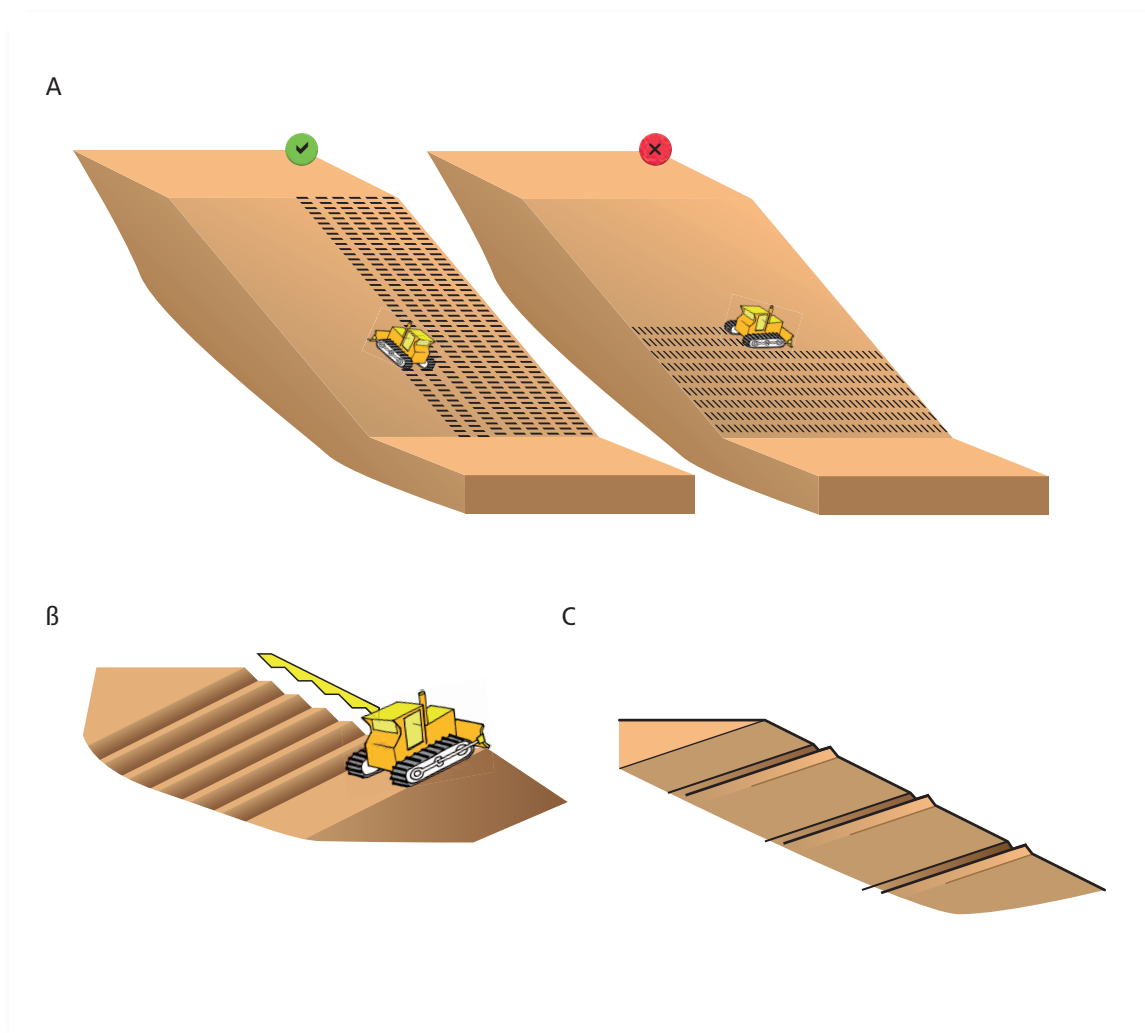
## Microreliefs

### Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Ralentir les écoulements superficiels
- Améliorer l'efficacité de la reprise végétale

### Description

Empreintes, sillons ou marches permettant d'augmenter la rugosité des surfaces décapées, de casser la vitesse des écoulements superficiels, de favoriser l'infiltration, de diminuer la formation des rigoles et des ravines, de réduire l'érosion, de faciliter la germination et de préparer la surface à l'installation de dispositifs complémentaires (figure 21 et tableau 5)



© Biotope pour AFB

Figure 21. Exemples de microreliefs créés perpendiculairement à la pente : (A) empreintes par chenillage des sols ; (B) marches ; (C) sillons. Source : McCullah (2007).

## Champs d'application

■ Ensemble des surfaces décapées, pentues et soumises à l'érosion. Ce traitement est particulièrement adapté :

- aux talus provisoires et définitifs ;
- aux zones de dépôts provisoires ou définitifs de matériaux issus de terrassements ;
- et aux sols destinés à être ensemencés, plantés ou laissés en évolution naturelle.

En revanche, il est inadapté :

- aux sols rocheux ou très sableux ;
- aux sols gorgés d'eau. Dans ce cas, attendre l'assèchement naturel du sol pour pratiquer le traitement ;

- et aux surfaces trop pentues ou aux zones peu accessibles par les engins (tableau 5). Dans le cas de surfaces trop pentues (> 50 %), d'autres bonnes pratiques doivent être envisagées (par ex. : redans, bermes, banquettes, paillage par mulch ou géotextiles, drains de pente, etc.).

La création de microreliefs s'impose d'autant plus lorsque les sols restent décapés sans travaux pendant plusieurs jours.

Tableau 5. Champs d'application et dimensions des microreliefs. Source : McCullah, s.d

Pente	Empreintes par chenillage	Marches	Sillons
Pente		< 50 % (2H/1V)	< 33 % (3H/1V)
Épaisseur de l'enfoncement	≥ 4 cm	Entre 3 cm et 8 cm	≥ 15 cm
Intervalle entre microreliefs	Variable (selon chenilles utilisées, taille et espacement des dents des roues de compactage)	Entre 15 cm et 40 cm	≤ 15 m

Les rapports de forme indiqués (largeur, hauteur) constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas.

© Véronique de Billy - AFB



Lame.

© Biotope



✓



© Wikicommons (2007)

Roue de compactage de type « pied de mouton ».

Traitement de surfaces décapées par chenillage : création d'empreintes régulières perpendiculaires à la pente.

## Spécifications

La création de microreliefs s'inscrit dans une approche multi-barrières et s'utilise en combinaison avec un ensemencement des sols, un paillage ou tout autre dispositif de protection et de végétalisation des sols décapés, de même qu'avec des dispositifs de gestion des écoulements superficiels (merlons, boudins, barrières géotextiles).

Les microreliefs doivent impérativement être créés perpendiculairement à la pente, en suivant les courbes de niveau. Plusieurs types sont possibles et présentent des profondeurs et des intervalles variables (tableau 5 et figure 21). Habituellement réalisés avec des engins à chenilles, les microreliefs peuvent aussi être effectués à l'aide d'un matériel spécifique : roue de compactage, lame, herse, charrue, etc.

Tableau 6. Comparaison de l'effet induit par différents traitements de surface sur l'érosion  
Source : Fifield (2005) et Caltrans (2003)

Traitement de surface	Effet de différents traitements de surfaces pentues sur l'érosion
Compact et lisse	+30 %
Empreintes de chenilles verticales (mauvaise orientation)	+20 %
Surface irrégulière 30 cm de profondeur (ripper/scarification)	-12 %
Empreintes de chenilles horizontales (bonne orientation)	-52 %
Rouleau à empreintes	-54 %

## Entretien, points de vigilance

### Suite à de fortes précipitations

Inspecter les surfaces décapées

Remodeler les microreliefs s'ils ne sont visibles (mais uniquement une fois les sols secs)

### En cas d'apparition de zones d'érosion (rigoles, ravines)

Identifier les entrées d'eau en amont, les collecter, les infiltrer sur place ou les dévier

Réaliser un paillage au plus vite

Comblers les rigoles à l'aide de terre végétale (avec ensemencement si nécessaire afin d'assurer la reprise de la végétation)

Dans le cas de ravines, protéger les points bas des surfaces décapées à l'aide de génie végétal ou d'enrochements afin d'éviter toute propagation du processus d'érosion et de stabiliser les sols

Un seul passage suffit, plusieurs passages finissant par tasser les sols (ce qui réduit ensuite leur perméabilité, limite l'infiltration et ralentit la germination).

La réalisation des microreliefs doit être effective dès que possible, suite au décapage des sols ou aux terrassements temporaires ou définitifs. En effet, une surface décapée et lisse accélère la vitesse des écoulements superficiels et augmente la capacité d'érosion de l'eau (tableau 6).

## Avantages

- Économique
- S'applique rapidement, généralement sans préparation ou installation particulière au préalable (sauf cas particulier, ci-après)
- Réalisable à l'aide de plusieurs types de dispositifs et d'engins
- Réduit la vitesse des écoulements superficiels
- Améliore la rétention et l'infiltration des eaux de ruissellement
- Favorise la reprise végétale

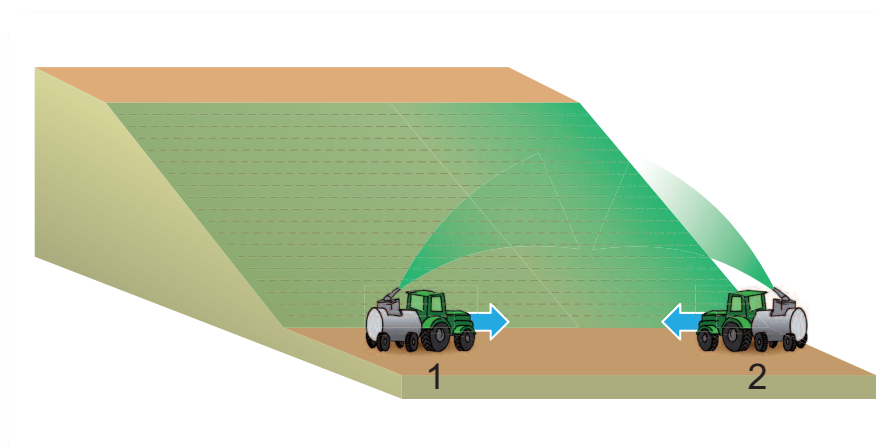
## Limites

- Risque d'altération par écrasement de la végétation située en bordure des surfaces chenillées (au niveau des virages notamment). Dans ce cas, privilégier toujours la préservation de la végétation
- Nécessité d'être accessible par des engins motorisés
- Technique adaptée à des surfaces peu pentues (< 50 %) pour des questions de sécurité
- Risque de tassement des sols et de réduction de la germination si le traitement est appliqué de manière excessive
- Mise en œuvre chronophage dans certains cas particuliers, nécessitant de préparer les surfaces décapées avant de créer les microreliefs (profilage des talus, enlèvement des blocs, etc.)

## E nsemencement

### Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Stabiliser les sols décapés par l'ancrage racinaire des végétaux
- Ralentir les écoulements superficiels et favoriser l'infiltration des écoulements superficiels



© Biotope pour AFB

Figure 22. Ensemencement par projection hydraulique. Deux passages successifs sont effectués sous deux angles différents afin d'obtenir un contact optimal entre les graines et le sol.

### Description

Application de semences sur des sols décapés (figure 22)

La strate herbacée constitue l'un des moyens les plus efficaces pour lutter contre l'érosion des sols (tableau 7 page 52). Elle participe aussi à l'intégration paysagère du projet dans son environnement. Parmi les deux techniques d'ensemencement couramment utilisées, citons :

- l'ensemencement manuel, avec ou sans semoir (dont une large gamme est disponible dans le commerce) ;
- l'ensemencement par projection hydraulique qui consiste à projeter à l'aide d'un canon à eau un mélange d'eau, de graines, d'engrais et d'une émulsion fixatrice (ou « liant cellulosique ») qui génère rapidement une couverture protectrice des sols.

De nombreuses émulsions fixatrices sont disponibles et adaptées à différents types de sols et de sites. Il est recommandé de toujours favoriser l'utilisation de produits biosourcés et biodégradables à même le sol.

### Champs d'application

- Lors d'un arrêt prolongé des travaux, sur une surface présentant un risque important d'érosion
- Lors de la remise en état définitive de sols décapés pour les besoins d'un chantier

Il importe d'éviter toute projection manuelle ou hydraulique de semences dans les cours d'eau ou en zones humides.

L'ensemencement manuel est adapté aux petites surfaces ou aux sites difficilement accessibles par les engins, et qui restent décapés suffisamment longtemps pour qu'une strate herbacée soit utile à la maîtrise de l'érosion. Exemples : berges, talus, noues, merlons, bords de bassin de décantation, etc.



L'ensemencement par projection hydraulique sans hydro-mulch est :

- adapté aux sols riches (eutrophes) ou aux sols pauvres (oligotrophes) préalablement amendés ;
- conseillé sur des surfaces peu à moyennement pentues (< 50 %) : tableau 7 page 52 .

© Biotopie



*Hydroseeding sur surface préalablement traitée (chenillage des sols et mise en place de cunettes). La germination est visible au creux des empreintes.*



© Biotopie

*La même surface deux ans plus tard.*

## Spécifications

Ces spécifications sont données à titre indicatif, le contexte du site déterminant au cas par cas les modalités concrètes de réalisation de l'ensemencement.

### Recommandations communes à toutes les techniques

Loin d'être un simple « accessoire de verdissement », les modalités d'ensemencement des sols décapés doivent faire l'objet d'une étude spécifique comprenant les étapes suivantes.

1. Choisir le mélange de graines à utiliser. À cette fin, prendre en compte :
  - les caractéristiques géologiques et pédologiques des sols décapés ;
  - les caractéristiques bioclimatiques du site (saison,

pluviométrie), afin d'anticiper les besoins en eau et les risques de lessivage ;

- les enjeux écologiques, du fait notamment d'un risque de pollution génétique par les espèces végétales employées dans le mélange de graines ;
- l'utilisation du site après le projet : absence de gestion ou d'entretien, pâturage, broyage épisodique ou fréquent, etc. ;
- la topographie du site (les surfaces pentues au-delà de 50 % devant plutôt bénéficier d'un hydromulch).

Les proportions entre graminées et légumineuses varient en fonction des objectifs de l'ensemencement : pour des applications temporaires, des espèces annuelles à germination rapide sont optimales ; alors que pour des applications pérennes, un cortège d'espèces vivaces sera plus performant.

Selon les cas :

- un mélange de graines concentré en graminées est privilégié, complété le cas échéant par des sur-semis de légumineuses ;
- un premier semis à dominante de trèfles est privilégié (du fait de son pouvoir couvrant et de sa capacité de concurrence avec les espèces végétales exotiques envahissantes), complété par des sur-semis de graminées (ceci afin d'en accroître la richesse et la diversité).

La composition et la provenance du mélange de graines peuvent être réglementées. Le mélange de graines utilisé doit être à la fois adapté à une utilisation provisoire, conforme au CCTP relatif à l'ensemencement définitif, et régulier au regard des éventuelles prescriptions de l'arrêté préfectoral autorisant le projet. Il est recommandé de :

- privilégier le choix d'espèces végétales locales adaptées au climat, à la nature du sol, etc. (voir ci-dessus)<sup>11</sup> ;
- s'informer auprès du Conservatoire botanique national intervenant sur le territoire concerné (ou tout autre établissement spécialisé dans ce domaine) et/ou consulter un expert pour déterminer les besoins particuliers du site (engrais, rhizobium inoculant pour légumineuses par ex.) ;
- vérifier que les semences utilisées sont labellisées « végétal local » (lorsque ce label existe dans le département considéré)<sup>12</sup> ou correspondent à *minima* au département et au type de milieu concerné par le chantier.

**2.** Choisir les zones à ensemercer : il est possible de laisser quelques petites surfaces décapées sans traitement, dès lors que ces dernières sont situées sur des sols plats, présentant peu ou pas de risques d'érosion et permettant une reprise végétale par des espèces locales pionnières (par ex. : pelouses rases, affleurements rocheux).

**3.** Définir le type d'ensemencement à effectuer (manuelle, par projection hydraulique).

**4.** Avant de procéder à l'ensemencement :

- vérifier la qualité de la terre à ensemercer. Si cette dernière s'avère inadaptée, la compléter d'une couche de terre végétale, de compost ou autre mulch permettant d'optimiser la reprise végétale ;
- nettoyer la surface décapée à ensemercer (retirer les déchets, racines, blocs, etc.) ;

- créer des microreliefs (empreintes, sillons, marches : fiche Lutter n°2) afin de piéger les graines et de faciliter la pénétration des racines. À noter que l'hydroseeding a généralement moins besoin de préparation des sols que les autres techniques, dès lors qu'il est couplé à une émulsion fixatrice ;
- installer les dispositifs de gestion des écoulements superficiels en amont et sur la surface à ensemercer (chapitre V). C'est plus particulièrement recommandé lorsque l'ensemencement est effectué en début de période pluvieuse ;
- prévoir et adapter les besoins en eau pour l'arrosage en fonction des caractéristiques du site (exposition, saison, humidité du sol, etc.) ;
- prévoir de réaliser un sur-semis dans le cas où le premier ensemencement répond insuffisamment aux objectifs.

Dans la plupart des cas, il importe d'ensemencer avant d'appliquer le paillage (mulch, géotextile, etc.).

### Recommandations spécifiques aux applications manuelles

Épandre les semences immédiatement après, quand le sol est humide

Utiliser une herse ou tout autre dispositif assurant un contact maximum entre les graines et le sol

Doser 5000 graines/m<sup>2</sup> (correspond à un dosage acceptable selon les espèces concernées)

En l'absence de préparation initiale du sol, cette technique perd de son efficacité sur des surfaces dont la pente dépasse 25 %.

### Recommandations spécifiques à l'ensemencement par projection hydraulique

Trois catégories d'ensemencements par projection hydraulique peuvent être distinguées (tableau 7 page suivante). La couverture des surfaces à ensemercer et les dosages dépendent du type de projection employé (avec ou sans mulch), de la préparation du sol au préalable, de la nature de l'ouvrage, etc.

<sup>11</sup> - Sur certains chantiers, une récolte des graines locales a été mise en place préalablement au démarrage des travaux. Ceci nécessite néanmoins un stockage et un conditionnement spécifiques et doit être envisagé préalablement aux premiers travaux de défrichage.

<sup>12</sup> - Deux types de certification sont possibles : la norme du Service officiel de contrôle et de certification (SOC) qui est couramment utilisée (n° de produit, origine, mélange, etc.) et le label "végétal local", qui se met progressivement en place et n'est pas encore présent dans tous les départements et pour tous les types de milieux. À titre d'exemple : dans certains départements, seuls les végétaux de zones humides sont labellisés.

Tableau 7. Catégories d'ensemencements par projection hydraulique

Catégories	Objectifs	Champs d'application	Exemples
Hydroseeding / hydrosemis / semis hydraulique / ensemencement hydraulique	Établir rapidement une strate herbacée et ligneuse	Terrains faiblement pentus, non nécessairement préparés et présentant une valeur agronomique moyenne à bonne	Pelouses traditionnelles, merlons terreux
Hydromulching	Établir une strate herbacée couplée simultanément à une couverture temporaire et antiérosive des sols	Terrains pentus ou présentant une valeur agronomique médiocre à très faible	Talus déblais ou avec de grands développés, semis en zone tropicale, semis sur substrat argileux, graveleux, sableux
Hydrobouturage (ou Hydrosprigging)	Établir une strate herbacée à partir de boutures ou de stolons par application simultanée d'une matrice fibrillaire destinée à « enrober » la matière végétale permettant de fluidifier le mélange, de limiter les pertes lors de l'application et d'accélérer l'enracinement	Terrains faiblement pentus	Golfs, terrains de foot / rugby, toitures végétalisées

Avant la projection des semences :

- prévoir un accès pour ensemercer les surfaces décapées isolées, la projection hydraulique pouvant être effectuée dans un rayon maximal d'environ 150 m autour de l'engin, en fonction de la pente, de la puissance de la pompe et de la longueur du tuyau ;
  - vérifier la disponibilité en eau à proximité des sols à traiter (tant en termes de quantité que de qualité physico-chimique), la projection hydraulique nécessitant l'utilisation de volumes d'eau conséquents (capacité des cuves dépassant les 15 000 litres) ;
  - préparer le mélange hydraulique en privilégiant le recyclage des eaux de ruissellement du chantier.
- En cas d'impossibilité technique, d'autres sources d'approvisionnement peuvent être envisagées (sous réserve de l'accord des services de l'État).

Le pompage d'eau dans les cours d'eau doit être évité. En cas d'impossibilité technique avérée, prendre l'attache du service de Police de l'eau de la DDT-M afin d'identifier la possibilité et les conditions de réalisation de ces pompages.

Pendant la projection des semences : effectuer les projections en deux temps et sous deux angles différents sur la même surface décapée, ceci afin de couvrir complètement et uniformément le sol

Après la projection des semences : poser le géotextile (si préalablement prévu)

En cas d'ensemencement sur des surfaces très pentues (> 50 %), pauvres en nutriments, fortement soumises à l'érosion ou difficiles à traiter par chenillage : combiner la projection hydraulique de semences à un mulch. Ces derniers assurent en effet une bonne adhésion des graines au sol et les protègent du lessivage et de l'assèchement (fiche Lutter n°4).

Dans le cas d'ensemencements combinés à un mulch ou un géotextile, une ou plusieurs étapes sont nécessaires :

- soit l'hydroseeding est directement additionné au mulch : la projection s'effectue en une seule étape, mais toutes les graines ne sont pas en contact avec le sol (une portion restant piégée dans le mulch). Dans ce cas, la concentration des graines doit être augmentée afin de compenser cette perte ;
- soit l'hydroseeding puis le mulch (ou un géotextile) sont appliqués successivement. Deux étapes sont alors nécessaires mais la quasi-totalité des graines est en contact avec le sol. La concentration en graines utilisée peut être plus faible.

### Entretien, points de vigilance

Anticiper et gérer les écoulements superficiels avant d'ensemencer, ceci afin d'éviter tout processus d'érosion qui retarderait la reprise végétale

Contrôler immédiatement l'ensemencement réalisé sous deux angles différents : depuis le haut et depuis le bas de la surface ensemencée

Inspecter les surfaces ensemencées après chaque épisode pluvieux et réensemencer les zones lessivées

Quelques jours après la projection des graines : identifier les zones n'ayant pas germé et réensemencer manuellement ces surfaces ; le cas échéant, arroser les surfaces ainsi ensemencées

© Biotope



Suite à la germination (en moyenne deux à trois semaines après l'ensemencement normalement) : inspecter régulièrement le site. Prévoir de réensemencer les zones présentant moins de 80 % de couverture végétale

*En milieu difficile d'accès, une petite cuve est installée à l'arrière d'un tracteur pour faciliter l'ensemencement.*

### Avantages

- Réduire les coûts (comparé à d'autres techniques), notamment pour les grands chantiers
- Réduire la vitesse des écoulements superficiels
- Réduire les volumes d'eaux et de sédiments à traiter au point bas du chantier
- Créer potentiellement des habitats favorables à certaines espèces animales
- Répondre aux attentes paysagères

### Limites

- Nécessité de planifier à l'avance l'ensemencement des sols décapés, au fur et à mesure de l'avancement du chantier
- Rapidité d'action variable, le laps de temps entre l'ensemencement et l'établissement d'une couche végétale dépendant des conditions locales
- Résultats potentiellement médiocres (1) en période hivernale ou estivale ; et (2) sur terre minérale ou pauvre en nutriments. Prévoir un paillage des sols, un amendement et/ou un arrosage selon les cas
- Risque de lessivage des semences en l'absence d'un traitement préalable des sols
- Risque de surcoût lors de l'utilisation d'un mélange de semences « sur mesure »

### Cas particulier d'ensemencement par projection hydraulique

- Risque de surcoûts supplémentaires lors d'utilisation ciblée ou ponctuelle
- Nécessité de s'adapter aux conditions d'accès et au climat. Une étroite coordination doit être établie entre les différents acteurs du projet et l'entreprise chargée de l'hydroseeding

## Paillage par mulch

### Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Ralentir les écoulements superficiels
- Amender le sol pour favoriser la germination et la croissance des plantes
- Contrôler le développement d'espèces exotiques envahissantes

© Finn



Exemple d'un paillage en cours.

© Native seeders



Passage de charrue suite à un paillage.



© Nebraska Erosion Control

Paillage puis passage d'une charrue pour fixer la paille au sol.

### Description

Protection temporaire ou permanente des sols décupés, voire contrôle du développement des espèces végétales adventices et exotiques envahissantes (figure 22 page 49)

Le paillage ou « paillis » (en français), aussi dénommé « mulch » (en anglais) désigne une couche de matériaux protectrice du sol. Il englobe une très grande diversité de produits qui se présentent selon les deux catégories suivantes :

- « sec », il est étalé manuellement ou projeté mécaniquement à l'aide d'une souffleuse. Il est généralement constitué de composés organiques : paille, déchets verts, copeaux ou écorces de bois, compost ;
- « humide », il est projeté à l'aide d'une pompe. Une gamme importante de produits dits « hydromulch » existe. Ces derniers sont constitués de compost ou de

dérivés du bois (cellulose, fibres de paille ou de bois traitées) associés à des colles, des colorants et/ou autres adjuvants pour créer, par exemple, des couvertures épaisses ou « matrices » de fibres liées.

De nombreux mulchs sont disponibles et adaptés à différents types de sols et de sites. Aux composés organique sont parfois ajoutés des minéraux, des films/bâches plastiques, de l'asphalte ou autres produits synthétiques. L'utilisation de ces composés non organiques est déconseillée. À l'inverse, l'utilisation de produits biosourcés et biodégradables à même le sol est recommandée.

## Champs d'application

Le paillage est l'une des techniques les plus efficaces pour lutter contre l'érosion. Il s'applique à presque tous les types de surfaces découpées, plus ou moins pentues et soumises à l'érosion. Le contexte spécifique du chantier (topographie, superficie, objectifs, enjeux) détermine le choix du produit à utiliser.

Néanmoins, le paillage est déconseillé sur sols oligotrophes (tourbes, landes, etc.) car il peut modifier la nature de ces écosystèmes sensibles.

Le paillage par application manuelle est recommandé pour le traitement de petites surfaces peu à moyennement pentues (< 50 %). Sur un chantier, cette pratique concerne essentiellement les fibres de paille, les copeaux de bois ou écorces et le compost. Elle n'est plus rentable à grande échelle.

Le paillage par projection mécanique ou hydraulique est recommandé pour le traitement de grandes surfaces découpées et pentues (> 50 %).

## Spécifications

Le paillage s'inscrit dans une approche multi-barrières. Il est généralement combiné à d'autres bonnes pratiques et dispositifs (microreliefs, géotextiles biodégradables, boudins, merlons, cunettes, etc.),

Il peut être utilisé en tant que :

- couverture temporaire de dépôts provisoires de matériaux (remblais/déblais) qui seront traités ultérieurement ;
- couverture temporaire de surfaces découpées pour les besoins du chantier et en attente de la réalisation des travaux sur cette zone. Ceci s'applique à des sols qui ne seront pas remaniés pendant plusieurs mois ;
- couverture permanente d'une zone ensemencée, notamment lors de la remise en état paysagère d'un remblai, d'un déblai ou d'un site remanié pour les besoins du chantier ;
- amendement d'un sol lors d'une revégétalisation, etc.

## Cas des fibres de paille

Les fibres de paille (blé, riz, etc.) sont polyvalentes et s'appliquent autant manuellement que par projection mécanique ou hydraulique. Elles sont efficaces, accessibles et généralement moins coûteuses que les autres types de mulchs. Une botte de paille d'environ 35 kg couvre en moyenne une surface de 100 m<sup>2</sup>.

La projection mécanique est recommandée sur les grands chantiers. Elle peut s'effectuer à un rythme d'environ 20 tonnes/heure mais est limitée à une portée d'environ 45 m (dépendant de l'engin utilisé).

Les fibres de paille étant courtes et légères, il importe de les fixer correctement au sol (notamment lors d'un paillage avec projection). À cette fin, différentes techniques sont possibles :

- sur les grandes surfaces :
  - par le passage d'un engin motorisé après la projection des fibres, permettant la création de microreliefs (figure 23),
  - par l'ajout d'un fixateur (cas sur sols pentus ou présentant un risque élevé d'érosion), dont le dosage est déterminé en fonction de la pente et des constituants du produit ;
- sur les petites surfaces :
  - par le plaquage des fibres à l'aide d'une pelle,
  - par l'installation d'un géotextile biodégradable sur les fibres de paille (en cas de risque élevé d'érosion par le vent ou les écoulements superficiels (fiche Lutter n°5).

L'efficacité des fibres de paille contre l'érosion des sols est de 75 % à 98 % pendant les trois premiers mois (cas d'une paille dosée entre 3,5 et 4,5 tonnes/ha, étalée selon une couche uniforme de 2 cm à 5 cm d'épaisseur et recouvrant 80 % à 100 % du sol). Ce dosage favorise la germination des graines. En revanche, une couche plus épaisse (> 10 cm) réduit la croissance végétale.

© Biotopie pour AFB

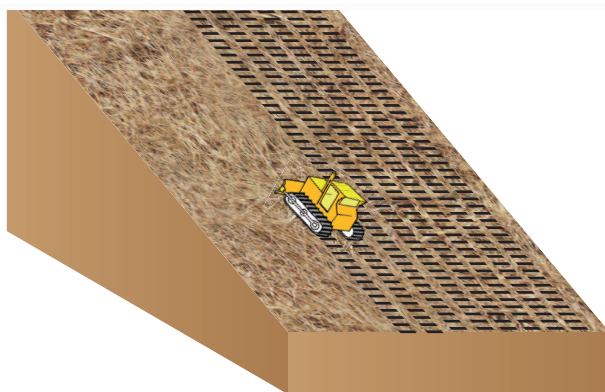


Figure 23. Chenillage de la paille épandue manuellement au sol, pour une meilleure fixation.

### Cas des copeaux ou écorces

Les copeaux ou écorces peuvent être utilisés sur un chantier, en recyclant les boisements défrichés (par broyage) et sous réserve que ces derniers ne contiennent pas d'espèces végétales envahissantes. Ils sont de ce fait rapidement mobilisables et s'appliquent autant manuellement que par projection mécanique. Leur durée de vie est nettement supérieure à celle de la paille (< 3 ans) et varie en fonction des conditions climatiques et des essences végétales utilisées.

Les copeaux ou écorces présentent des risques :

- de lessivage lors d'une pluie (car les copeaux flottent). Il importe de ce fait de préparer au préalable les sols à pailler (fiche Lutter n°2) ;
- de ralentissement de la germination et de la croissance de la couche herbacée (cas particulier de présence d'essences végétales contenant des substances inhibitrices).

L'efficacité de ce type de paillage contre l'érosion des sols est de 60 % à 70 % (cas d'un paillage dosé, étalé selon une couche uniforme de 5 à 7 cm d'épaisseur et recouvrant 80 % à 100 % du sol).

### Cas du compost

Le compost est polyvalent et s'applique autant manuellement que par projection mécanique ou hydraulique. Peu accessible sur les chantiers et potentiellement couteux, il constitue néanmoins l'un des matériaux naturels le plus efficace pour lutter contre l'érosion. Tout ajout d'émulsion fixatrice ou colle est donc inutile lors de son application.

Le compost est pérenne et accélère la reprise végétale. Cette efficacité peut être démultipliée par l'inoculation de « mycorhizes » (racines de champignons). Ces derniers développent un réseau de fils connectés (ou mycelium) qui facilitent la germination des graines préalablement ensemencées et empêchent ou limitent le développement des espèces exotiques envahissantes.

### Cas des mulchs hydrauliques

Ils sont appliqués préalablement, simultanément ou postérieurement à une opération d'ensemencement. Chaque produit présente des caractéristiques et des modalités d'application différentes. Ainsi, leur dosage varie en fonction de la perméabilité de la couche recherchée, de la structure du sol et de la composition du mulch. Il est généralement compris entre 2,2 et 4,5 tonnes/ha.

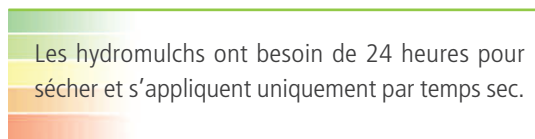
La durée de vie de ces hydromulchs varie, de 1 mois pour la cellulose à 24 mois pour les FGM (mulch de type « Flexible Growth Medium »).

Les hydromulchs ont pour objectifs de :

- maintenir fermement les semences en contact avec le sol ;
- capter et redistribuer l'humidité afin de permettre la germination ;
- limiter l'érosion par les écoulements superficiels ou le vent, le temps que la végétation herbacée se mette en place et prenne le relais.

Avant application d'un hydromulch :

- prévoir un accès pour traiter les surfaces décapées isolées, la projection hydraulique pouvant être effectuée dans un rayon de 150 m autour de l'engin, en fonction du modèle, de la pente et du tuyau ;
- vérifier la disponibilité en eau (tant en termes de quantité que de qualité physico-chimique), la projection hydraulique nécessitant l'utilisation de volumes d'eau conséquents ;
- créer des microreliefs sur la surface décapée (fiche Lutter n°2) ;
- gérer les écoulements superficiels en amont (chapitre V) ;
- tenir compte des conditions météorologiques ;
- ensemercer le sol (le cas échéant).



Pendant l'application :

- ne pas projeter les hydromulchs sur un sol gorgé d'eau ;
- projeter l'hydromulch en deux temps et sous deux angles différents, afin d'obtenir une épaisseur de couche suffisante (variable selon le produit utilisé) et une couverture uniforme de l'ensemble de la surface décapée.

L'efficacité des hydromulchs contre l'érosion des sols varie d'un produit à l'autre. Elle est comprise en moyenne entre 50 % et 60 % pour la cellulose et entre 90 % et 95 % pour les matrices de fibres liées (BFM).

### Entretien, points de vigilance

Risque de lessivage élevé sur des surfaces fortement pentues. Nécessite au préalable de gérer les écoulements superficiels en amont et sur les surfaces à pailler, et de créer des microreliefs

Risque de contamination de certains mulchs par des espèces exotiques envahissantes. Vérifier systématiquement

l'origine des produits utilisés et l'absence de ce type d'espèces lors du recyclage des boisements défrichés

Concernant la paille : efficace sur du court terme uniquement

Concernant les copeaux ou écorces : risque d'acidification du sol lors de l'utilisation d'aiguilles ou d'écorces de résineux. À utiliser uniquement lorsque la nature des sols et le réservoir de graines permettront le développement de plantes tolérantes aux essences présentes dans les copeaux

### Avantages

- Limiter les coûts, notamment à grande échelle
- Combiner fibres ou compost, semences, engrais, colle, conditionneurs et autres adjuvants en une seule application
- S'adapter aux besoins et à chaque type de chantier, du fait de la grande variété de produits disponibles
- S'utiliser sur des surfaces planes à très pentues
- Dans le cas d'une projection mécanique : limiter les risques d'accidents, surtout sur des surfaces pentues où les risques de chute sont élevés

- Protéger efficacement et rapidement contre l'érosion des sols décapés
- Préserver les semences de l'assèchement ou d'un lessivage des sols
- Réduire le risque d'émissions de poussières

### Limites

- Nécessité d'un temps d'application trois à cinq fois plus long qu'un simple ensemencement par projection hydraulique (plusieurs passages nécessaires)
- Risque de lessivage du mulch suite à une pluie ou lors de l'utilisation d'un mélange trop liquide
- Risque d'apports excessifs en nutriments sur des sols naturellement pauvres
- Risque de coûts élevés - à utiliser uniquement sur de grandes surfaces et si les conditions, la réglementation et les enjeux le justifient. Pour les petites surfaces, une application manuelle sera plus économique
- Nécessité d'un accès adapté aux engins motorisés et d'un système de projection adapté (pompe centrifuge, etc.)
- Demande de nettoyer l'équipement utilisé (engins, adjuvants) sur une aire de lavage adaptée et de transporter les déchets hors site (chapitre VII)

A, B, C, D © Biotope



A - Bonne couverture d'hydroseeding de 100 % avec mulch, réalisée sur une surface fortement pentue. La projection a été effectuée depuis le haut et sur le côté afin d'assurer une couverture uniforme.

B - La même surface, trois mois plus tard.

C - Glissement du mulch sur un talus lissé. La préparation de la surface décapée avec des empreintes horizontales (ou autres microreliefs) est nécessaire quand la pente devient importante.

D - Couverture insuffisante d'hydromulch : le sol est visible à travers le mulch.



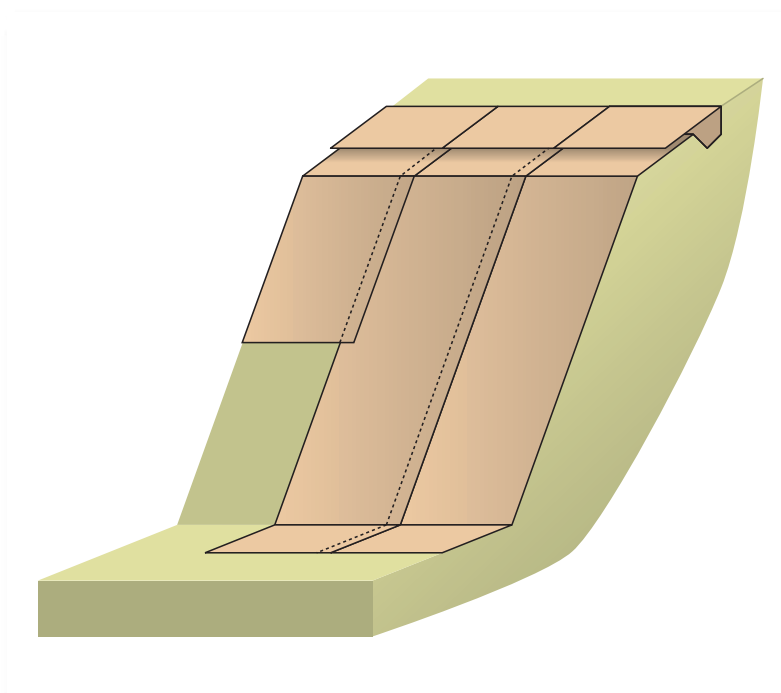
## Paillage par géotextile biodégradable

### Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Stabiliser les surfaces décapées
- Améliorer l'efficacité de la reprise végétale
- Amender le sol

### Description

Filets ou toiles (dits aussi tapis, nattes ou bionattes) fixés au sol (figure 24)



© Biotope pour AFB

Figure 24. Exemple d'installation d'un géotextile sur un talus décapé.

Le paillage par géotextile crée une protection mécanique des surfaces décapées, en ralentissant les écoulements superficiels et en limitant l'érosion. Il stabilise les sols et aide à fixer les graines pour l'ensemencement. Constitué essentiellement de fibres naturelles (coco, paille, jute, coton, fibres de bois ou chanvre), il se présente sous une forme tissée ou non tissée. Il existe une grande variété de produits qui se différencient selon leur poids, leur épaisseur, leur résistance, leur durée de vie, etc.

À noter que certains géotextiles comprennent un maillage synthétique (nylon, polypropylène ou autre matière non-biodégradable) qui renforce leur structure et augmente leur durée de vie. Néanmoins, ces derniers présentent un risque élevé de piégeage de la faune et ne se dégradent pas en phase post-chantier. Ils doivent être démantelés après travaux.

De nombreux géotextiles sont disponibles et adaptés à différents types de sols et de sites. Il est recommandé de favoriser l'utilisation de produits biosourcés et biodégradables à même le sol (à différencier des géotextiles UV-dégradables qui libèrent des petits fragments de plastique lors de leur dégradation).

### Champs d'application

- Toute surface décapée, de pente faible à forte, soumise à l'érosion. Cette bonne pratique est particulièrement recommandée pour des surfaces moyennement à très pentues (pente > 33 %).

Ce dispositif s'inscrit dans une approche multi-barrières. À titre d'exemple, l'installation d'un géotextile biodégradable peut compléter un ensemencement des sols (fiche Lutter n°3).

### Spécifications

De nombreux types de géotextiles sont disponibles, dont l'efficacité et la durée de vie sur un chantier dépendent à la fois de leur composition, de leur grammage, du maillage des filets utilisés et de leurs

modalités d'installation et d'entretien (environ 3 mois pour la toile de jute, jusqu'à 2 ou 3 ans pour la toile coco).

Aussi, il importe de privilégier ceux dont les caractéristiques sont adaptées aux enjeux faunistiques, aux besoins de stabilisation des surfaces et à la durée du chantier. Au regard de la grande diversité de géotextiles désormais disponibles, il est recommandé de consulter un fabricant ou un spécialiste pour choisir le(s) mieux adapté(s) à chaque situation.

© Cirtex



Reprise de talus routier à l'aide d'un géotextile coco.

© Biotope



Infiltrations d'eau sous le filet et déstabilisation de l'ensemble du dispositif.



© Biotope

Ancrage insuffisant du filet en amont.



© TIGF

Piégeage d'une couleuvre au sein d'un géotextile à maillage synthétique.

## Mise en œuvre

Préparer les sols décapés :

- nettoyer la surface à couvrir, qui doit, autant que possible être propre, sans rigoles, ni ravines, ni cailloux, ni débris ou tout autre objet ou structure empêchant le géotextile d'être en contact avec le sol ;
- ensemer (lorsque prévu) les sols décapés avant la pose de la toile ou après la pose du filet (fiche Lutter n°3).

Mettre en place le géotextile :

- sur des surfaces peu pentues (< 25 %) : possibilité de déployer le géotextile en bandes horizontales ou verticales ;
- sur des surfaces moyennement à fortement pentues (> 25 %) : dérouler le géotextile en bandes verticales uniquement (figure 24 page 58) ;
- ancrer les géotextiles (figures 25 ci-dessous et 26 page 62) ;
- en cas de pose de plusieurs lés successifs de géotextiles, superposer les filets sur 10 à 15 cm de long puisagrafer ces chevauchements *a minima* tous les 30 cm ;
- en cas de pose d'un géotextile sur de longues surfaces, ajouter des boudins sur les filets afin d'éviter la formation de rigoles.

Les géotextiles doivent être bien plaqués et adhérer au sol. Ils ne doivent jamais être étirés, décollés ou créer un « pont » à la surface, sous peine de perdre toute efficacité et de réduire la reprise végétale.

Une grande variété de dispositifs d'ancrage existent (pieux ; agrafes en nylon, en métal ou en bois) dont certains sont biodégradables. Ces derniers doivent être suffisamment longs (20 à 50 cm) et plantés au ras du sol pour optimiser l'adhésion des filets au sol.

L'ancrage s'effectue à la fois :

- en crête de pente, en enserrant les filets dans une tranchée de 15 cm x 15 cm, dans laquelle le bord amont de chaque filet est agrafé *a minima* tous les 50 cm puis recouvert de terre compactée (figures 25 ci-dessous et 26 page 62). Cette tranchée doit autant que possible être réalisée à plus de 1 m de la rupture de pente ;
- sur toute la surface déroulée (du haut vers le bas ou dans la direction des écoulements). Le nombre et la profondeur des dispositifs d'ancrage doivent respecter les consignes du fabricant. La fréquence de pose augmente par principe avec la pente (tableau 8) ;
- en bas de pente, dans une tranchée semblable à celle mise en place au sommet. Le cas échéant, intégrer les filets au sein d'un ouvrage de génie écologique.

Tableau 8. Exemple de fréquence de pose des agrafes en fonction de la pente

Pente (P)	P < 33 %	33 % < P < 50 %	P > 50 %
Nombre d'agrafes / m <sup>2</sup>	1	1,5	2

Ces fréquences sont données à titre indicatif et doivent être adaptées au cas par cas.

Les géotextiles biodégradables (paille, coco ou autres fibres végétales) présentent une efficacité comparable à celle de l'hydromulch, comprise entre 80 % et 95 %.

© Biotope pour AFB

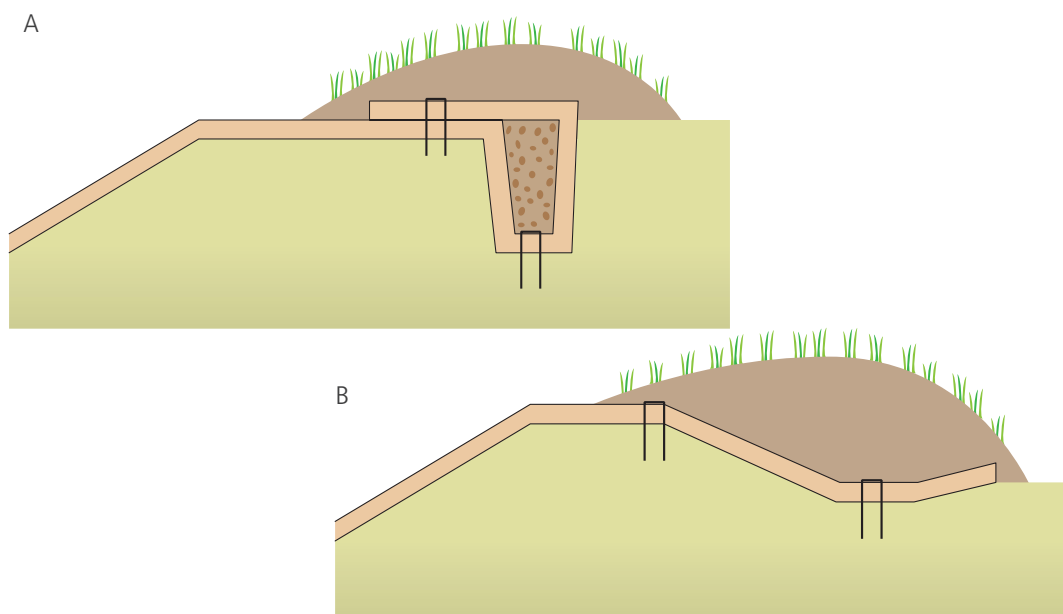


Figure 25. Exemples de tranchées d'ancrage d'un géotextile en crête de pente. A- ancrage complexe, à privilégier sur de grandes surfaces décapées pentues ; B- ancrage simple, à utiliser sur de petites surfaces peu pentues.

## Entretien, points de vigilance

Inspecter régulièrement les filets pour vérifier l'absence de dysfonctionnements (sous-creusement, effet de « pont »), la reprise de la végétation et la stabilité de l'ensemble des ancrages effectués

Gérer les écoulements superficiels provenant de l'amont, le temps que la végétation se développe (chapitre V)

Suite à des crues ou de fortes précipitations, inspecter l'ensemble des filets mis en place, tout dysfonctionnement devant être réparé au plus vite. Attendre néanmoins des conditions propices si la terre est saturée d'eau ou que la nappe affleure



© Zimmerman (2015)

### Approche multi-barrières :

*Du sommet au bas de la surface décapée : géotextile coco + boudins (disposés à intervalles réguliers et perpendiculairement à la pente) + ensemencement par hydroseeding ; En bas de pente : fossé muni d'un géotextile + barrière en géotextile + bande de végétation existante.*

## Avantages

- S'installe simplement et rapidement, notamment dans le cas de l'équipement de petites surfaces accessibles
- Durée de vie comprise entre six mois et plus d'un an pour les géotextiles les plus résistants
- Peut être laissé sur place dès lors qu'il est biodégradable
- Capture et retient des quantités importantes de sédiments grâce au maillage des filets
- Protège les semences du lessivage et maintient un taux d'humidité favorable à leur développement

## Limites

- Coût relativement élevé, notamment dans le cas de grandes surfaces décapées et/ou peu accessibles (risques de chute, linéaire de berge important, etc.)
- Déconseillé pour les sites où un entretien par fauche ou tondeuse mécanique est prévu
- Efficacité limitée à la couche superficielle de sol
- Nécessite l'installation de dispositifs spécifiques dans le cas de surfaces pentues et instables
- Risque de piégeage de la faune par les géotextiles à maillage synthétique. Favoriser l'utilisation de géotextiles biodégradables et biosourcés



© Vinci

*Paillage d'un talus constitutif d'un remblai à l'aide d'un géotextile.*

## Protection des dépôts provisoires

### Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Diminuer les volumes de sédiments à traiter au point bas des chantiers

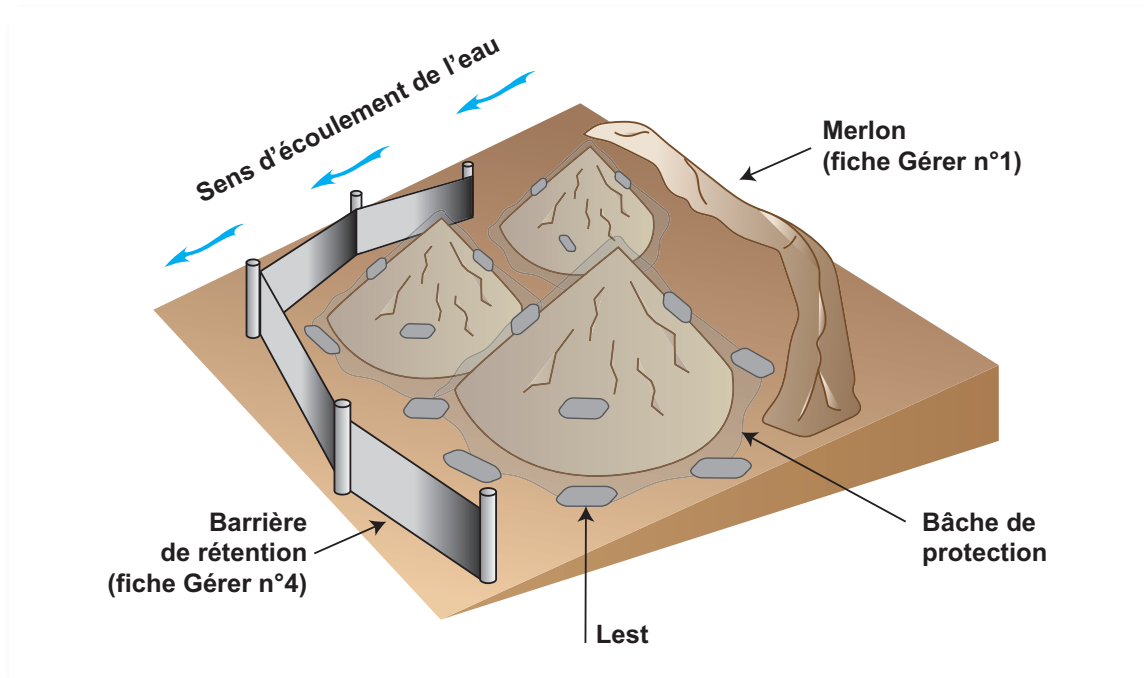
### Description

Comprend deux bonnes pratiques cumulées (figure 26) :

- couverture des dépôts provisoires à l'aide soit de mulch, soit de bâches en polyéthylène souple (dits « polyane ») lestées ;
- encerclement des dépôts provisoires à l'aide :
  - de barrières de rétention empêchant les sédiments de quitter la zone de stockage (merlons en amont, géotextile ou boudin de rétention en aval),

- ou de boudins de rétention dans le cas de petits dépôts provisoires ou de remblais en pied de petit talus (< 5 m).

Le stockage provisoire de dépôts issus des déblais / remblais est nécessaire au cours des terrassements. Non protégés, les matériaux déposés sont soumis à l'érosion et constituent une source potentielle d'émission de poussières par temps de grand vent et de pollution des milieux aquatiques lors d'épisodes pluvieux (les sédiments étant transportés soit vers le milieu aquatique, soit vers les fossés ou bassins de décantation, ajoutant alors un volume supplémentaire de sédiments à traiter).



© Biotope pour AFB

Figure 26. Exemple de protection de dépôts provisoires : merlon de dérivation des écoulements superficiels en amont, barrière de rétention en aval et bâches de protection lestées sur les dépôts. Source : Wellington (2006).

© Biotape



Protection de dépôts provisoires à l'aide de géomembranes.

© Charrier TP



Couverture du dépôt provisoire à l'aide d'un géotextile non tissé.



Contrôle du périmètre coté bas d'un dépôt provisoire à l'aide d'un merlon de copeaux de bois et d'un boudin de rétention.

© McCullah



Couverture du dépôt provisoire à l'aide d'un paillage par mulch et contrôle du périmètre à l'aide d'un boudin de rétention.

### Champs d'application

- Dépôts provisoires de matériaux issus de déblais / remblais ayant besoin d'une protection immédiate contre l'érosion
- Talus, berges ou surfaces décapées nécessitant une protection immédiate contre l'érosion et sur du court terme

Éviter de stocker les matériaux issus des déblais / remblais à proximité de cours d'eau, sur des zones humides, des habitats d'espèces protégées ou autres milieux sensibles au tassement.

## Spécifications

Anticiper la mise en défens des zones écologiquement sensibles et des zones tampons

Anticiper les accès nécessaires aux engins (pour l'ajout ou l'enlèvement de dépôts)

Collecter et dériver hors site les écoulements superficiels arrivant en amont du dépôt (vers une surface végétalisée par exemple) (chapitre V)

Encercler la zone de dépôt à l'aide de merlons, de boudins ou de barrières de rétention en respectant les spécifications des fiches Gérer n°1, n°3 et n°4

### **Pour une protection de dépôts provisoires sur du court ou du moyen terme (de quelques jours à quelques semaines)**

Utiliser des films de polyéthylène souple, traités pour résister aux UV et suffisamment épais pour résister à l'usage. Une épaisseur de 0,15 mm est recommandée.

Installer les films ou les bâches selon des lés successifs se chevauchant sur environ 30 cm. Pour éviter tout dysfonctionnement :

- adapter (autant que possible) le sens de ces chevauchements parallèlement au sens des écoulements et/ou à la direction dominante du vent ;
- lester ou agraffer les films ou les bâches et leurs chevauchements, à l'aide de pneus, parpaings, sacs de sable, etc., selon un intervalle minimum de 3 m. Ce lestage doit être maintenu par un cordage reliant les éléments entre eux (notamment en cas de risque de vent ou d'épisodes pluvieux violents) ;
- lors de l'apport de nouveaux matériaux sur le dépôt, soulever une partie de la couverture afin de laisser l'accès aux engins.

### **Pour une protection de dépôts provisoires sur du long terme (quelques mois)**

Ensemencer les dépôts provisoires à l'aide d'espèces végétales à croissance rapide et les couvrir d'un paillage par mulch (fiches Lutter n°3 et n°4)

## Entretien, points de vigilance

Couvrir complètement et systématiquement les dépôts provisoires en fin de la journée

Installer et vérifier régulièrement le lestage

Anticiper les volumes et la vitesse des écoulements superficiels à gérer dans la zone de dépôt, les films en polyéthylène souple générant 100 % de ruissellement

Inspecter les éventuels déchirures ou déplacements des couvertures mises en place après chaque épisode pluvieux ou venté. Intervenir en conséquence

Inspecter les modalités de circulation de l'eau sur et autour des dépôts, afin de vérifier qu'une érosion n'est pas en train de se créer. Intervenir en conséquence

## Avantages

### **Cas des couvertures à l'aide de films de polyéthylène souple ou de bâches**

- S'installer et se retirer facilement pour des opérations à court terme et sur des surfaces limitées
- Offrir une protection immédiate
- S'adapter au fur et à mesure de l'évolution du dépôt
- Occasionner peu de gêne et permettre aux opérations de terrassement de se poursuivre

### **Cas des couvertures par ensemencement et paillage par mulch** (fiches Lutter n°3 et n°4).

## Limites

### **Cas des couvertures à l'aide de films de polyéthylène souple ou de bâches**

- Peu applicables à de grandes superficies
- Risque de coût élevé, en fonction de la nature de la couverture utilisée, de ses modalités d'installation et d'entretien. À utiliser sur des superficies restreintes
- Risque d'érosion en pied de dépôt et en aval du fait de l'imperméabilisation des surfaces couvertes. À anticiper par l'installation de dispositifs de collecte et de dérivation des eaux
- Sous des bâches noires : risque de forte augmentation de la température et de stérilisation de la terre végétale

## P

### rotection des exutoires (ou points de rejet des eaux)

#### Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Dissiper l'énergie hydraulique en diminuant les vitesses d'écoulement
- Favoriser la dispersion ou l'infiltration de l'eau

#### Description

Tout dispositif anti-érosion susceptible :

- de dissiper l'énergie hydraulique et de protéger les sols, les berges ou le substrat du fond du lit des cours d'eau, en aval d'un exutoire ;
- et de résister lui-même à l'érosion.

Plusieurs types de dispositifs sont disponibles, dont les principes sont basés :

- soit sur la limitation des points de contact entre l'eau et les surfaces à protéger : géotextiles biodégradables à même le sol, géomembranes renforcées ;
- soit sur la diminution de la vitesse du courant :
  - en rehaussant la ligne d'eau à l'aide d'un seuil anti-érosion semi-perméable (fiche Lutter n°8),
  - en ajoutant des dispositifs de dissipation de l'énergie hydraulique : gabions, boudins, tapis de granulats concassés (figure 27A),
  - en étalant la lame d'eau et en créant un écoulement peu turbulent, favorable à la reprise végétale : raquettes de diffusion, tapis laminaires en polyéthylène haute densité (PEHD) (figure 27B).

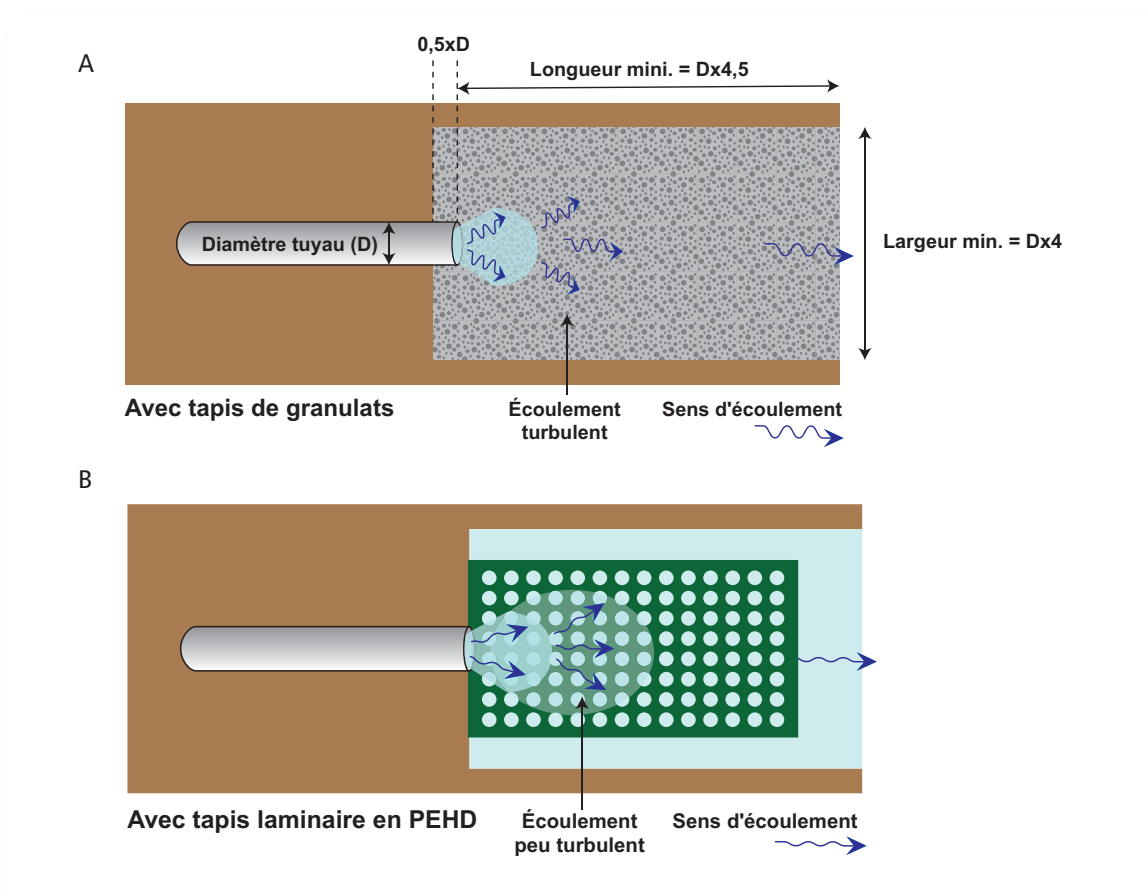


Figure 27. Schémas de principe de dispositifs de protection des exutoires. A - tapis de granulats grossiers ; B - tapis laminaire en PEHD. Les rapports de forme indiqués (diamètre du tuyau, longueur et largeur du dispositif) constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas. Source : Guay et al. (2012).





A, B, C - Dispositifs temporaires de protection des points de rejet à l'aide de tas de graviers et de blocs installés en amont du lit mouillé des cours d'eau. Attention toutefois à ne pas dégrader les berges.



Rejet temporaire au sein d'une dérivation provisoire équipée de blocs dissipant l'énergie hydraulique.



Dispositif temporaire de protection de points de rejet à l'aide d'une plateforme en plats-bords complétée d'un demi-cercle de blocs rocheux de 100 kg à 200 kg. Le choix des dispositifs anti-érosion dépend du débit du point de rejet et des enjeux associés au cours d'eau.



© McCullah



© John McCULLAH

A, B - Protection d'un point de rejet à l'aide d'un tapis laminaire PEHD. Le tapis favorise l'étalement de la lame d'eau et dissipe l'énergie hydraulique. Les faibles turbulences à la surface de l'eau permettent la reprise végétale, protégeant d'autant plus efficacement les sols contre l'érosion.



© Biotope et Artel



© Biotope et Artel

C, D - Exemples de deux dispositifs temporaires de protection des exutoires (utilisés pour quelques jours uniquement). L'option « botte de paille » n'est pas la plus économique ni la plus efficace.



© Biotope



© Biotope

E, F - Bottes de paille insérées dans un gabion et mises en place en aval du point de rejet. La mauvaise installation de ces gabions rend les dispositifs inefficaces voire contre-productifs.



© Biotope

G - Vidange d'un bassin de décantation par infiltration et non rejet des eaux en cours d'eau. Protection du point d'infiltration contre le colmatage, à l'aide d'un filtre constitué d'un géotextile maintenu par des bottes de paille.

## Champs d'application

- Tout point de rejet d'eau en amont d'un fossé ou d'un cours d'eau

Dans le cas de l'installation d'un dispositif anti-érosion du point de rejet directement dans un cours d'eau, veiller à l'utilisation de matériaux à l'efficacité éprouvée et pouvant être facilement et totalement enlevés une fois l'opération terminée.

Les dispositifs anti-érosion sont utilisés provisoirement ou de manière permanente, en aval immédiat de points de rejet :

- sortie de fossé ;
- surverse de merlon ;
- sortie d'une buse, d'un drain de pente, d'un tuyau ;
- point de raccordement aval d'une dérivation provisoire avec le cours d'eau, etc.

## Spécifications

Choisir le dispositif en fonction de leur capacité à résister à l'érosion, du potentiel érosif du sol, du débit, de la pente, des enjeux en aval, de la place disponible et de la durée du rejet

Préférer les tapis de granulats ou les tapis laminaires en PEHD aux seuils étanches, ces derniers étant moins efficaces et pouvant engendrer des processus d'érosion sur les côtés et en aval

Adapter les dimensions et modalités d'installation en fonction du type de dispositif utilisé

## Cas particulier d'un tapis de granulats grossiers

Choisir les granulats en fonction du diamètre du dispositif de rejet et du débit (tableau 9). Veiller à ce qu'ils soient anguleux, résistants à l'eau et de tailles hétérogènes. Ils doivent présenter un pH neutre.

Creuser le chenal au fond duquel les granulats seront déposés. À cette fin :

- définir la largeur et la longueur du chenal en fonction du diamètre du point de rejet et du débit (exemples : figure 27A page 65 et tableau 9) ;
- adapter la profondeur du chenal à l'épaisseur de granulats nécessaire. Celle-ci doit être 1,5 fois supérieure au diamètre maximal des granulats utilisés.

Avant de déposer les matériaux, compacter le sol. Dans le cas d'un dispositif pérenne, le protéger à l'aide d'un géotextile biodégradable

Lors du dépôt des granulats, veiller à aligner la pente du tapis (ou tablier supérieur) avec la pente du terrain naturel, ceci afin de ne pas créer de chute supplémentaire. Si une forte rupture de pente doit être rattrapée, combler cette chute dans la partie amont du tapis (et non dans sa partie aval)

Tableau 9. Exemples de dimensions d'un dispositif anti-érosion constitué d'un tapis de granulats grossiers, en fonction du diamètre du dispositif de rejet et du débit. Source : Caltrans (2003)

Diamètre du dispositif de rejet (cm)	Débit (m³/s)	Longueur maximale du tapis de granulats (m)	Diamètre minimal (D50) des granulats (cm)
30	0,14	3	10
	0,28	4	15
46	0,28	3	15
	0,57	5	20
	0,85	7	30
	1,13	8	41
61	0,85	5	20
	1,13	8	20
	1,41	8	30
	1,70	9	40

### Cas particulier d'un tapis laminaire en PEHD

- Définir la largeur et la longueur du chenal en fonction du diamètre du point de rejet et du débit (cf. exemples : tableau 10)
- Creuser le fond du chenal puis nettoyer et lisser le sol

- Ensemencer le sol puis le protéger à l'aide d'un géotextile biodégradable
- Ancrer solidement les plaques de PEHD constituant le tapis laminaire à l'aide d'agrafes spécifiquement adaptées et déployées dans la configuration proposée par le fabricant (figure 27B page 65)

Tableau 10. Exemples de dimensions d'un dispositif anti-érosion constitué de tapis laminaire en PEHD, en fonction du diamètre du dispositif de rejet et du débit.  
Source : Erosion Tech (2015)

Diamètre du dispositif de rejet (cm)	Débit maximal (m³/s)	Largeur × Longueur du tapis laminaire en plaques PEHD (m)
30	0,23	1,2 × 1,2
61	0,85	1,2 × 2,4
91	2,00	2,4 × 3,7
122	2,83	3,7 × 4,8
152	4,25	3,7 × 6,1

Ces rapports de forme (largeur, longueur) sont donnés à titre indicatif et doivent être adaptés au cas par cas.

### Entretien, points de vigilance

Veiller à aligner la pente des dispositifs sur la pente du terrain naturel, ceci afin de ne pas créer de chutes supplémentaires en aval des dispositifs de dissipation de l'énergie hydraulique

S'assurer que le dispositif et les matériaux utilisés résistent au débit estimé en aval immédiat du point de rejet

Vérifier régulièrement (notamment après les premiers épisodes pluvieux) l'absence d'érosion autour et en aval du dispositif ; si nécessaire, adapter ou compléter le dispositif pour mieux dissiper l'énergie hydraulique

Retirer les sédiments accumulés en aval immédiat du dispositif s'ils créent une nuisance

Consulter un hydraulicien dans le cas d'un dispositif pérenne ou situé en amont d'un milieu naturel sensible ou soumis à de forts débits

### Avantages

- S'installe et se désinstalle relativement facilement et rapidement pour des opérations à court terme
- Peut être laissé sur place si les matériaux sont installés en dehors du lit mineur du cours d'eau, sont biodégradables, ne créent pas de nuisances et sont compatibles avec les enjeux écologiques, l'entretien du site et l'apparence souhaitée
- Participe à la réoxygénation de l'eau et, le cas échéant, à la diminution de sa température (cas d'un tapis de granulats grossiers en aval d'un bassin de décantation)
- Participe à la rétention des particules fines en suspension (cas particulier des raquettes de diffusion ou des tapis laminaires en PEHD préalablement ensemencés)

### Limites

- Perte d'efficacité sur le long terme des dispositifs liée au colmatage. Le cas échéant, remplacer les dispositifs
- Durée de vie et efficacité limitées des bottes de paille et fabrication et entretien relativement coûteux comparés à d'autres dispositifs
- Nécessite une surface d'installation suffisante entre le point de rejet et le cours d'eau
- Ne remplace pas les dispositifs de traitement des sédiments (chapitre V)

## Seuil anti-érosion semi-perméable

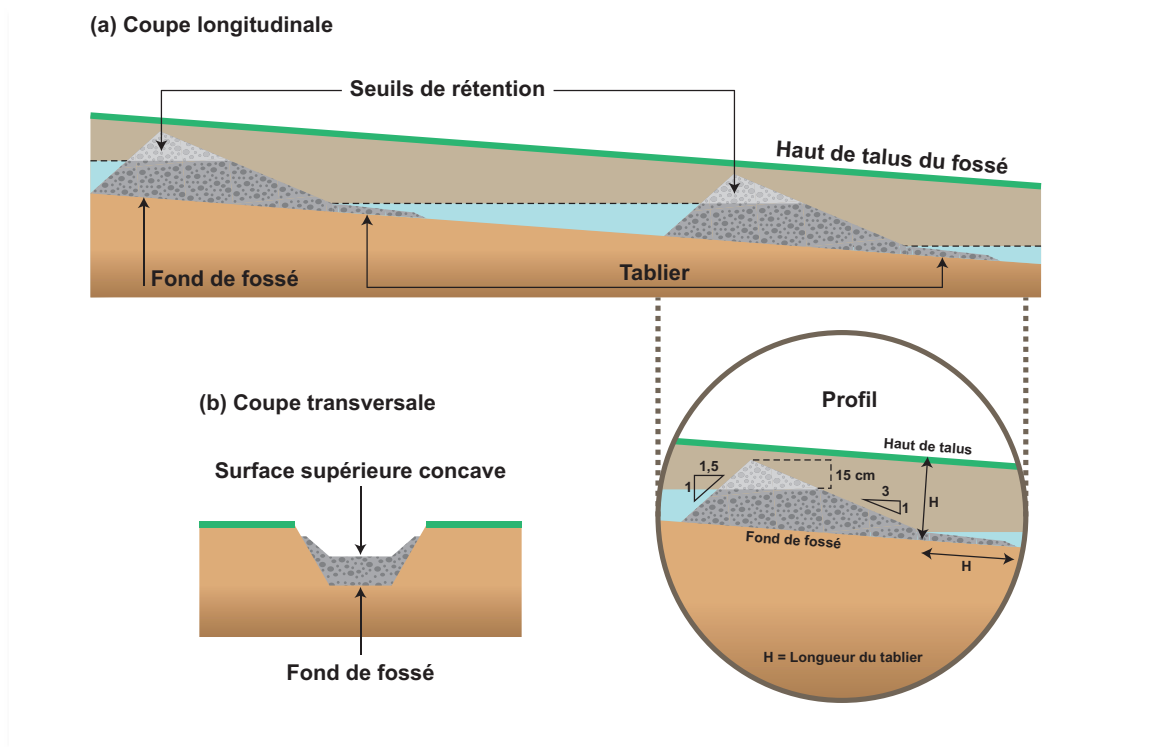
### Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Dissiper l'énergie hydraulique en diminuant les vitesses d'écoulement
- Piéger les sédiments grossiers
- Diminuer les volumes de sédiments à traiter au point bas des chantiers

### Description

Barrage semi-perméable, ralentissant la vitesse d'écoulement de l'eau au fond des fossés ou des noues (figure 28)

Il s'agit de dispositifs temporaires généralement installés en série au fond des fossés provisoires de collecte des écoulements superficiels<sup>13</sup>. Ils sont composés de divers matériaux tels que des granulats concassés, des sacs de sable ou graviers, des boudins, de la paille décompactée ou des dispositifs spécifiquement conçus à cet effet (par ex. : cage de filtration).



© Biotope pour AFB

Figure 28 . Schémas de principe de seuils anti-érosion semi-perméables, constitués de granulats grossiers et concassés. Les rapports de forme (hauteur et pente des talus) sont donnés à titre indicatif et doivent être adaptés au cas par cas. Source : Guay et al. (2012).

L'utilisation de bottes de paille non décompactées ou de barrières en géotextile en guise de seuil anti-érosion est vivement déconseillée. En effet, en créant un barrage étanche autour duquel ou par dessus lequel les eaux cherchent à passer, elles favorisent la création d'encoches d'érosions latérales ou verticales et finissent par être contournées.

13. Des dispositifs permanents existent également. On parle alors de « fossés à redents ».

## Champs d'application

Les seuils anti-érosion semi-perméables sont utiles dès que la vitesse des écoulements superficiels doit être réduite, notamment :

- dans les fossés, où le risque d'érosion est d'autant plus élevé que le linéaire et la pente augmentent. Mais leur usage est plutôt réservé à des fossés présentant de faibles débits ;
- dans des noues en cours de végétalisation afin de permettre la pérennisation de la végétation.

Ils sont aussi utilisés dans des fossés faiblement pentus pour favoriser l'infiltration de l'eau et la rétention des sédiments grossiers.

À noter que ces seuils anti-érosion sont adaptés à des fossés ou des noues drainant des bassins versants de 4 ha maximum. Les seuils anti-érosion ne doivent jamais être installés dans des cours d'eau.

Tableau 11. Exemples d'intervalles entre seuils en fonction de leur hauteur et de la pente du fossé  
Source : Oregon Department of Transportation (2005)

Pente du fossé	Hauteur des seuils		
	15 cm	30 cm	50 cm
2 %	7,5 m	15 m	25 m
3 %	5 m	9 m	15 m
4 %	Déconseillé	7,5 m	12 m
5 %		6 m	9 m
6 %		4,5 m	7,5 m

Ces distances sont données à titre indicatif et doivent être adaptées au cas par cas.

## Spécifications

Les seuils anti-érosion s'inscrivent dans une approche multi-barrières et sont généralement combinés à d'autres bonnes pratiques (géomembranes, tapis laminaires, etc.). Il convient de veiller à :

- les installer immédiatement après avoir réalisé les fossés ou les noues ;
- les positionner en série, en les espaçant à intervalles réguliers définis en fonction de la pente et de leur hauteur (tableau 11).

Pour chaque seuil anti-érosion :

- creuser une tranchée au fond du fossé et sur les talus opposés de 15 cm de profondeur environ ;
- poser un géotextile non-tissé ou une géomembrane (cas notamment de risque d'érosion des matériaux constitutifs du fond du fossé) ;
- réaliser les seuils à l'aide de matériaux perméables pour limiter les risques d'érosion verticale (sous-creusement) ou latérale (contournement). L'eau doit pouvoir passer à travers et au-dessus du dispositif lors d'un débit important ;
- profil en long : favoriser les formes trapézoïdales (figure 29 page 73) ;

- profil en travers :

- adapter la hauteur du seuil au débit à traiter. Celle-ci doit rester inférieure à 1 m,
- prévoir une surverse au centre du seuil (et non sur les côtés) d'environ 10 à 20 cm.

Dans le cas de seuils anti-érosion en granulats grossiers, veiller à l'utilisation de granulats résistants à l'eau et présentant :

- une gamme de tailles hétérogène ( $75 \text{ mm} < \varnothing < 150 \text{ mm}$ ), permettant d'augmenter les points de contact entre les grains (et donc leur cohésion et capacité de résistance à l'érosion). Des granulats plus grossiers doivent être ajoutés dans les fossés aux débits élevés ;
- des formes anguleuses ;
- un pH neutre.

Dans le cas de seuils anti-érosion en sacs de sable ou graviers, veiller à nettoyer préalablement les gravillons. Les sacs constitués en polypropylène, polyamide ou matériaux équivalents doivent être enlevés une fois le chantier terminé. Leur perméabilité étant faible, il convient d'être particulièrement attentif à leur ancrage.

© Gagné (2018)



Fossé avec seuils en série.

© Vinci



Fossé équipé de seuils en série en amont immédiat d'un piège à sédiments.

© Biotope



Seuil anti-érosion constitué de sacs de graviers placés au fond du fossé. Pour éviter un contournement sur les côtés, une surverse au centre aurait amélioré le dispositif.

Dans le cas de seuils anti-érosion en boudins (figure 29) :

- superposer les boudins les uns sur les autres ;
- les ancrer avec des piquets ou des agrafes en « U » enfoncés jusqu'à 20 cm de profondeur minimum ;
- ajouter des piquets en aval immédiat des boudins avec un angle de 45° vers l'amont afin de résister à la pression de l'eau.

© Bictope pour AFB

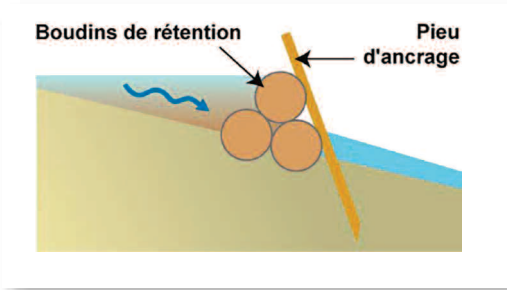


Figure 29. Modalité d'ancrage d'un seuil semi-perméable réalisé à l'aide de boudins de rétention. Source : adapté de Caltrans.

À noter que les boudins sont adaptés à des fossés présentant des écoulements temporaires ou un débit faible et une pente peu élevée ; mais inadaptés à des fossés à angles aigus et des débits élevés pouvant les emporter.

© Nadia Moulin - AFB



© Nadia Moulin - AFB



Boudin installé sur un fossé de collecte des écoulements superficiels, maintenu au sol à l'aide de blocs.



Dans le cas de seuils anti-érosion en **paille décompactée** :

- réaliser la structure à l'aide d'une cage (grillage métallique type gabion ou de maillage plus fin et flexible), d'un cadre en bois ou d'un dispositif hybride comprenant ces deux matériaux. La forme de la structure doit épouser celle du fossé ou de la noue et laisser la possibilité d'une surverse ;
- ancrer la structure au sol avec des piquets. Certains dispositifs préfabriqués peuvent être intégrés dans les

parois d'un fossé « normalisé » et fabriqués de façon à faciliter l'entretien avec une « trappe » sur le dessus ;

- doubler autant que possible les dispositifs afin de pouvoir renouveler la paille sans relarguer les sédiments stockés ;

- remplir la structure de paille décompactée. Veiller surtout à ce que la densité des fibres de paille permette à l'eau de s'infiltrer et ne crée pas une barrière étanche.

© Cerema



© Biotopie

*Paille décompactée dans un cadre métallique :  
A - avec surverse sur le côté  
B - associée à une géomembrane  
Ces dispositifs créent un effet de seuil qui à terme,  
peut pousser les eaux à les contourner en érodant  
les talus sur le côté. Ils perdent alors toute leur  
efficacité.*

### Entretien, points de vigilance

Ne pas réaliser de seuils anti-érosion dans des fossés sujets à de très forts débits risquant de les emporter

Intervenir très rapidement dès qu'un sous-creusement ou un contournement apparaît

Si des seuils en granulats concassés sont emportés suite à une précipitation, augmenter la taille des matériaux

Inspecter les seuils avant et après chaque évènement

pluvieux et retirer les branchages, déchets ou autres objets qui réduisent leur efficacité

Retirer les sédiments stockés quand ils atteignent 1/3 de la hauteur du seuil

Dans le cas particulier d'un seuil en paille décompactée : changer très fréquemment la paille avant qu'elle ne se colmate ou ne se dégrade

Retirer les seuils anti-érosion en fin de chantier, uniquement lorsque les surfaces décapées en amont sont végétalisées et que les dispositifs définitifs de collecte des écoulements superficiels sont opérationnels

### Avantages

- Économique (peu de matériaux à fournir)
- Modulable et réalisable à l'aide d'une grande variété de matériaux disponibles, renouvelables ou recyclables
- Efficace et durable, si conçu et réalisé sous des conditions optimales
- S'installe simplement et rapidement, notamment dans le cas de petites surfaces accessibles
- Réduit efficacement la vitesse des écoulements superficiels
- Capture et retient partiellement les sédiments grossiers
- Peut être laissé sur place si constitué de matériaux naturels ou biodégradables à même le sol (pierres, boudins coco)

### Limites

- Inefficace pour la rétention des sédiments fins
- Risque d'aggravation des processus d'érosion s'ils sont mal entretenus, étanches ou sous-dimensionnés

### Cas particulier des bottes de paille décompactées

- Risque d'accentuation des processus d'érosion latérale ou verticale, notamment lorsque :
  - la densité des fibres de paille est inadaptée, du fait de leur construction artisanale ou manuelle ;
  - la cage ou les gabions ne sont pas parfaitement ajustés au profil en travers du fossé ou de la noue.
- Risque de détérioration rapide de la paille en période pluvieuse
- Risque de relargage des sédiments stockés lors du renouvellement de la paille
- À retirer à la fin des travaux