

Bonnes pratiques environnementales

Protection des milieux aquatiques en phase chantier

Anticipation des risques

Gestion des sédiments et autres sources potentielles
de pollution chimique des eaux





Avertissement

Ce guide a pour principal objectif de présenter les bonnes pratiques environnementales permettant d'anticiper et de réduire certains impacts prévisibles des chantiers sur les cours d'eau et les zones humides.

Seules les bonnes pratiques environnementales ayant un usage **provisoire** sont abordées. Elles sont uniquement adaptées aux zones de chantier situées **en dehors des cours d'eau ou des zones humides**.

Conformément au principe de proportionnalité, **le choix des dispositifs doit être adapté au cas par cas, en fonction des spécificités propres à chaque chantier**. Ceci nécessite concrètement :

- de caractériser en phase d'instruction du projet, les risques d'impact du chantier sur les milieux aquatiques ;
- puis d'adopter une **approche multi-barrières** en adaptant les bonnes pratiques à mettre en œuvre en fonction :
 - de la nature et de l'ampleur des installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) envisagés ;
 - de la topographie, de la nature des sols, du couvert végétal, de la pluviométrie et des risques hydrauliques associés, etc. ;
 - et des enjeux écologiques associés aux cours d'eau et aux zones humides situés au droit du chantier ou à proximité.

Bonnes pratiques environnementales

Protection des milieux aquatiques en phase chantier

Anticipation des risques

**Gestion des sédiments et autres sources potentielles
de pollution chimique des eaux**

Daniel Mc Donald, Véronique de Billy et Nicolas Georges



Auteurs et contributeurs

Rédaction

- Daniel McDONALD, Ingénieur écologue, bureaux d'étude Biotope et Grena Consultant
- Véronique de BILLY, Agence française pour la biodiversité (AFB)
- Nicolas GEORGES, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema)

Contributions

- Benoît KLEIN, Julien PERRIN, Vincent HAMONET, Sarah DOMERGUE et Eve OLYMPIE, Syndicat professionnel des terrassiers de France
- Patrice LEBRUN, réseau Autoroutes du Sud de la France (ASF – Vinci-autoroutes)
- Marc GIGLEUX et Christophe BLANLOEIL, Cerema
- Pierre BOYER, Michel BRAMARD, Mikael Le BIHAN, Jean-François LUQUET, Nadia MOULIN et Olivier PERCEVAL, AFB

Coordination, animation

- Véronique de BILLY, AFB
- Jean-Michel CARDON, Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema)

Remerciements

Les auteurs se sont aussi appuyés sur les retours d'expériences, le soutien et les conseils avisés de très nombreux collaborateurs en France, aux États-Unis et au Canada. Toutes leurs remarques ont été considérées avec attention. Nous remercions plus particulièrement John McCULLAH (Shasta College, USA), qui a généreusement mis à disposition son expertise et ses propres supports techniques issus de son « laboratoire de chantier ».

Comité de pilotage

- Benoît KLEIN, Julien PERRIN et Vincent HAMONET, Syndicat professionnel des terrassiers de France
- Philippe RAVACHE, Fédération nationale des travaux publics (FNTP)
- Valérie VALLIN et Jean-Christophe FRUHAUF, DREAL Occitanie, Service maîtrise d'ouvrage routes nationales
- Patrice LEBRUN et Philippe CHAVAREN, réseau Autoroutes du Sud de la France (ASF – Vinci-autoroutes)
- Mickael HAMON et Maxime GOMBART, SNCF Réseau
- Thomas AULLO, TIGF
- Matthieu DORY, Célestine GRIE, Faouzi BEN ACHOUR, Jean PIERRON, RTE (Réseau de transport d'électricité) France et RTE Toulouse
- Bernard DESTOMBES, GRTgaz
- Pascale MERCIER, Office national des forêts (ONF)
- Florence PORTELETTE, Association française des sociétés d'autoroutes (ASFA)
- Gilles DESCAMPS et Christophe BOURNET, DREAL Occitanie, Service maîtrise d'œuvre routes nationales
- Matthieu MAURICE, Sylvain MACE et Lionel DUFAU, Association « Demain Deux Berges », représentée par le Syndicat mixte du bassin versant de l'Hers-Girou et le Syndicat mixte du pays de la vallée de la Dordogne
- Marc LANSIART, MTES, CGDD
- Maxime COSSON, Sébastien DUROT, Thomas LUZZATO et Damien USTER, bureau d'étude Biotope

Financements

Agence française pour la biodiversité (AFB), Direction du contrôle des usages, Département « Appui technique » Ministère la Transition Écologique et solidaire (MTES), Commissariat général au développement durable (CGDD)

Résumé et mots clés

Lors de la réalisation d'un projet, la phase de chantier présente des risques particuliers pour les milieux naturels, de la phase préalable de défrichage à celle de la remise en état de ces milieux. À ce titre, les milieux aquatiques (dont les cours d'eau et les zones humides font partie), en tant que milieux récepteurs des écoulements superficiels et de subsurface, sont plus particulièrement susceptibles d'être impactés.

En France comme à l'international, le renforcement de la réglementation relative à la préservation de ces milieux a incité les maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises de travaux publics (TP) à développer de nouvelles approches ou dispositifs (dits « bonnes pratiques environnementales »), dont certains ciblent plus particulièrement la préservation des cours d'eau et des zones humides en phase chantier.

L'objectif de ce guide technique est de porter à connaissance ces bonnes pratiques environnementales, en capitalisant les nombreux retours d'expériences désormais disponibles à ce sujet. Parmi les thématiques plus particulièrement abordées, citons les modalités :

- d'anticipation des risques des chantiers sur les milieux aquatiques (plan de respect de l'environnement, schéma d'installation environnementale et phasage du chantier, approche multi-barrières) ;
- de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments ;
- et de gestion des hydrocarbures, bétons et autres sources potentielles de pollutions physico-chimiques.

Pour chacune de ces thématiques, le guide présente :

- les critères de choix de ces bonnes pratiques environnementales ;
- les dispositifs disponibles, dont leurs champs d'application potentiels, leurs spécifications (dont méthodes de dimensionnement), les modalités d'entretien ou points de vigilance spécifiques, leurs avantages et leurs limites.

Ce guide technique s'adresse à tous les acteurs intervenant sur un chantier (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises de TP, syndicats de rivière, services instructeurs de l'État, établissements publics en charge des contrôles, etc.), qui souhaitent :

- d'une part, mieux appréhender les risques spécifiques aux milieux aquatiques lors de la réalisation des travaux ;
- et d'autre part, connaître les bonnes pratiques environnementales éprouvées permettant de les anticiper ou de les réduire de manière efficace.

Mots clés

Érosion, sédiments, chantier, cours d'eau, bonnes pratiques, ruissellements, pollutions



Sommaire

6	INTRODUCTION
10	I. IDENTIFIER UN « MILIEU AQUATIQUE » SUR UN CHANTIER
	I.1 Cas des cours d'eau
	I.2 Cas des zones humides
14	II. CONNAITRE LES RISQUES D'IMPACTS D'UN CHANTIER SUR LES MILIEUX AQUATIQUES
	II.1 Exemples d'impacts des chantiers sur les milieux aquatiques
	II.2 Cas particulier de l'érosion des sols
	II.3 Exemples d'impacts économiques
26	III. ANTICIPER LES RISQUES D'IMPACTS D'UN CHANTIER SUR LES MILIEUX AQUATIQUES LIÉS AU REJET ACCIDENTEL DE SÉDIMENTS OU DE PRODUITS POLLUANTS
27	Fiche Anticiper n°1. Documents de planification environnementale des travaux
30	Fiche Anticiper n°2. Schéma d'installation environnementale du chantier
34	Fiche Anticiper n°3. Phasage chantier et planning
36	Fiche Anticiper n°4. Approche multi-barrières au droit des zones terrassées
42	IV. LUTTER CONTRE L'ÉROSION DES SOLS
43	Fiche Lutter n°1. Redan, berme ou banquette
46	Fiche Lutter n°2. Microreliefs
49	Fiche Lutter n°3. Ensemencement
54	Fiche Lutter n°4. Paillage par mulch
58	Fiche Lutter n°5. Paillage par géotextile biodégradable
62	Fiche Lutter n°6. Protection des dépôts provisoires
65	Fiche Lutter n°7. Protection des exutoires (ou points de rejet des eaux)
70	Fiche Lutter n°8. Seuil anti-érosion semi-perméable

76	V. GÉRER LES ÉCOULEMENTS SUPERFICIELS
77	Fiche Gérer n°1. Merlon, cunette et fossé provisoires
81	Fiche Gérer n°2. Entretien d'un fossé provisoire – Technique du tiers inférieur
84	Fiche Gérer n°3. Boudin de rétention provisoire
88	Fiche Gérer n°4. Barrière de rétention (ou de clôture) provisoire
93	Fiche Gérer n°5. Descente d'eau et drain de pente provisoires
96	VI. TRAITER LES SÉDIMENTS
97	Fiche Traiter n°1. Piège à sédiments provisoire
100	Fiche Traiter n°2. Bassin de décantation provisoire
119	Fiche Traiter n°3. Vidangeur passif flottant (dit « skimmer ») associé aux bassins de décantation provisoires
122	Fiche Traiter n°4. Sac filtrant à sédiments
124	Fiche Traiter n°5. Floculants
128	Fiche Traiter n°6. Protection des bouches d'égout, avaloirs, regards
132	Fiche Traiter n°7. Aménagement des accès au chantier
135	VII. GÉRER LES HYDROCARBURES, LES LAITANCES BÉTON ET LES AUTRES SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTION CHIMIQUE
	Pourquoi s'intéresser aux substances polluantes ?
	Pourquoi s'intéresser au pH de l'eau en particulier ?
139	Fiche Gérer les autres sources de pollutions n°1. Stockage, confinement, entretien et ravitaillement des produits ou matériaux potentiellement polluants
144	Fiche Gérer les autres sources de pollutions n°2. Traitement des sauts de pH
146	BIBLIOGRAPHIE

Introduction

Dans un double contexte de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau et d'extinction massive de la biodiversité (UICN, 2016), il convient d'allier désormais le développement des activités économiques de la France avec la préservation des ressources naturelles et des services qu'elles rendent à la société, ceci dans l'intérêt des générations actuelles et futures. À ce titre, l'État français s'est engagé au niveau européen :

- à ne pas dégrader l'état chimique et écologique des masses d'eaux¹ :
 - directive cadre européenne sur l'eau (DCE, 2000),
 - directives européennes « maîtrise et prévention des pollutions » (1996 et 2008) ;
- et à maintenir les espèces protégées en bon état de conservation :
 - directives européennes oiseaux (1979),
 - et directive habitat/faune/flore (DHFF, 1992).

Le respect de ces obligations de résultat se traduit concrètement par un **renforcement de la réglementation nationale** relative aux modalités de réalisation des installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA). Celle-ci vise désormais la conception et la réalisation de projets à « faible empreinte environnementale » (loi Grenelle I du 3 août 2009), qui garantissent le maintien en bon état des milieux naturels et des espèces animales et végétales qui en dépendent, via la mise en œuvre de mesures d'évitement, de réduction ou, à défaut, de compensation.

Concernant les milieux aquatiques, la réglementation impose la **non-dégradation supplémentaire de l'état chimique et écologique des masses d'eaux**² (article R. 212-13 du code de l'environnement). Or, les IOTA nécessaires à la réalisation d'un projet, dont ceux spécifiques au chantier (création des pistes d'accès, défrichage, décapage des sols, terrassements, dépôt de matériaux, plateforme technique, base de vie, etc.) présentent des risques non négligeables d'altération ou de dégradation provisoire, voire de destruction définitive, des milieux aquatiques.

Afin d'y remédier, ces risques doivent être préalablement identifiés par les maîtres d'ouvrage en phase de conception puis d'instruction, et les solutions techniques à y apporter doivent être pré-listées dans leurs dossiers « loi sur l'eau » pour être ensuite reprises et complétées le cas échéant, par le service instructeur dans les actes administratifs autorisant ces projets.

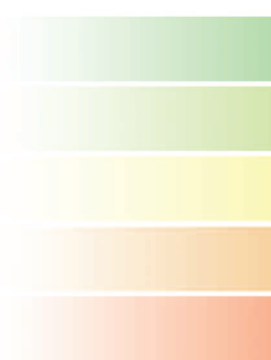
Ces risques propres aux chantiers varient en fonction :

- de la nature et de l'ampleur du projet (lotissement, barrage, canalisation, route, etc.) ;
- des caractéristiques du site concerné par le projet :
 - topographie (pente),
 - pédologie (composition, structure et stabilité des sols),
 - pluviométrie,
 - hydrographie et risques hydrauliques associés,
 - végétation, présence / absence de milieux naturels pouvant jouer le rôle de zone tampon (ripisylve, végétation rivulaire) ;

1 - Une masse d'eau dite « de surface » correspond à un tronçon de cours d'eau cohérent, présentant des caractéristiques physiques et des usages anthropiques homogènes et pour lequel on peut définir un même objectif d'état chimique et écologique à atteindre.

2 - Pour les milieux aquatiques : « Normes de qualité environnementale applicables aux eaux de surfaces » (2008) ; article L. 211-1 « Gestion équilibrée et durable ressource en eau », article L. 214-1 « Eau et milieux aquatiques », article L. 214-3, dispositions du chapitre unique du titre VIII du livre Ier et article R. 214-32 (déclaration), article R. 212-13 rappelant l'objectif de non-dégradation supplémentaire de l'état des eaux, arrêtés ministériels de janvier 2010 sur le bon état des eaux, article R. 211-6 et arrêtés (inter)ministériels de prescriptions générales (APG) du code de l'environnement ; SDAGE, SAGE, etc. ;

Pour les espèces protégées : articles L. 411-1 et L. 411-2, arrêté ministériel du 19 février 2007 (art.2 et 4), articles L. 414-4 « Natura 2000 » et R. 414-23 (§.III et §.IV), articles L. 432-1 et R. 432-1 « Frayères des espèces aquatiques » du code de l'environnement.

- 
- de la vulnérabilité et des enjeux écologiques associés aux milieux aquatiques concernés par le chantier :
 - distance séparant le chantier des milieux aquatiques,
 - statut de protection de ces milieux et objectifs de conservation ou de gestion associés,
 - présence d'habitats d'intérêt communautaire,
 - présence d'espèces animales ou végétales polluo-sensibles, protégées ou à très forte valeur patrimoniale (SETRA, 2007 a et b).

Aussi, afin d'éviter ou de réduire ces risques d'impact, ce guide présente :

- les différents dispositifs désormais disponibles (dits « bonnes pratiques » dans le reste du guide), en détaillant leurs champs d'application, leurs modalités d'installation, leurs spécifications, leurs avantages et leurs inconvénients (figure 1 et tableau 1 pages 8 et 9) ;
- et les méthodes de choix au cas par cas de ces bonnes pratiques via une **approche multi-barrières**.

Les thématiques plus particulièrement abordées concernent les modalités de gestion des sédiments (via le contrôle de l'érosion, la gestion des écoulements superficiels et le traitement des sédiments) et des autres sources potentielles de pollutions.

Le respect de cette approche et l'utilisation à bon escient de ces dispositifs dans les règles de l'art sont de nature à anticiper et à réduire les risques de pollution et à veiller à la réalisation des projets en conformité avec la réglementation. Le non-respect des obligations de moyen ou de résultat³ expose le maître d'ouvrage et/ou le concessionnaire exploitant, voire les maîtres d'œuvre et entreprises de TP, à des sanctions de toute nature (pénale, administrative, contractuelle). Ces dernières sont proportionnées à la gravité des dommages (ou aux risques de dommages) affectant les milieux naturels. Elles peuvent atteindre plusieurs centaines de milliers d'euros ou prendre la forme d'interdictions d'exercice professionnel (dans un souci de dissuasion des pratiques à risques). Ceci peut s'imposer, en complément de l'obligation de remise en état des milieux impactés ou de mise en conformité des dispositifs, mais ces actions sont généralement plus coûteuses lorsqu'elles sont réalisées *a posteriori*.

Plus que jamais, **la prévention « à la source » des dommages à l'environnement constitue le comportement le plus rationnel, tant sur le plan économique qu'écologique.**

Ce guide peut être utilisé tant en phase de conception et d'instruction d'un projet, que lors de la phase chantier. Il s'adresse à l'ensemble de la chaîne d'acteurs intervenant sur un chantier, des entreprises de TP, aux maîtres d'œuvre, aux écologues et aux maîtres d'ouvrage, aux services de l'État et aux établissements en charge des contrôles, etc. En effet, tous ont un rôle à jouer pour garantir un chantier à « faible empreinte environnementale ».

³ - Ces obligations de moyen et/ou de résultat émanent soit des engagements pris par le maître d'ouvrage dans son dossier « loi sur l'eau » (ou d'autorisation unique), soit de prescriptions administratives complémentaires prises dans le cadre des actes administratifs autorisant le projet.

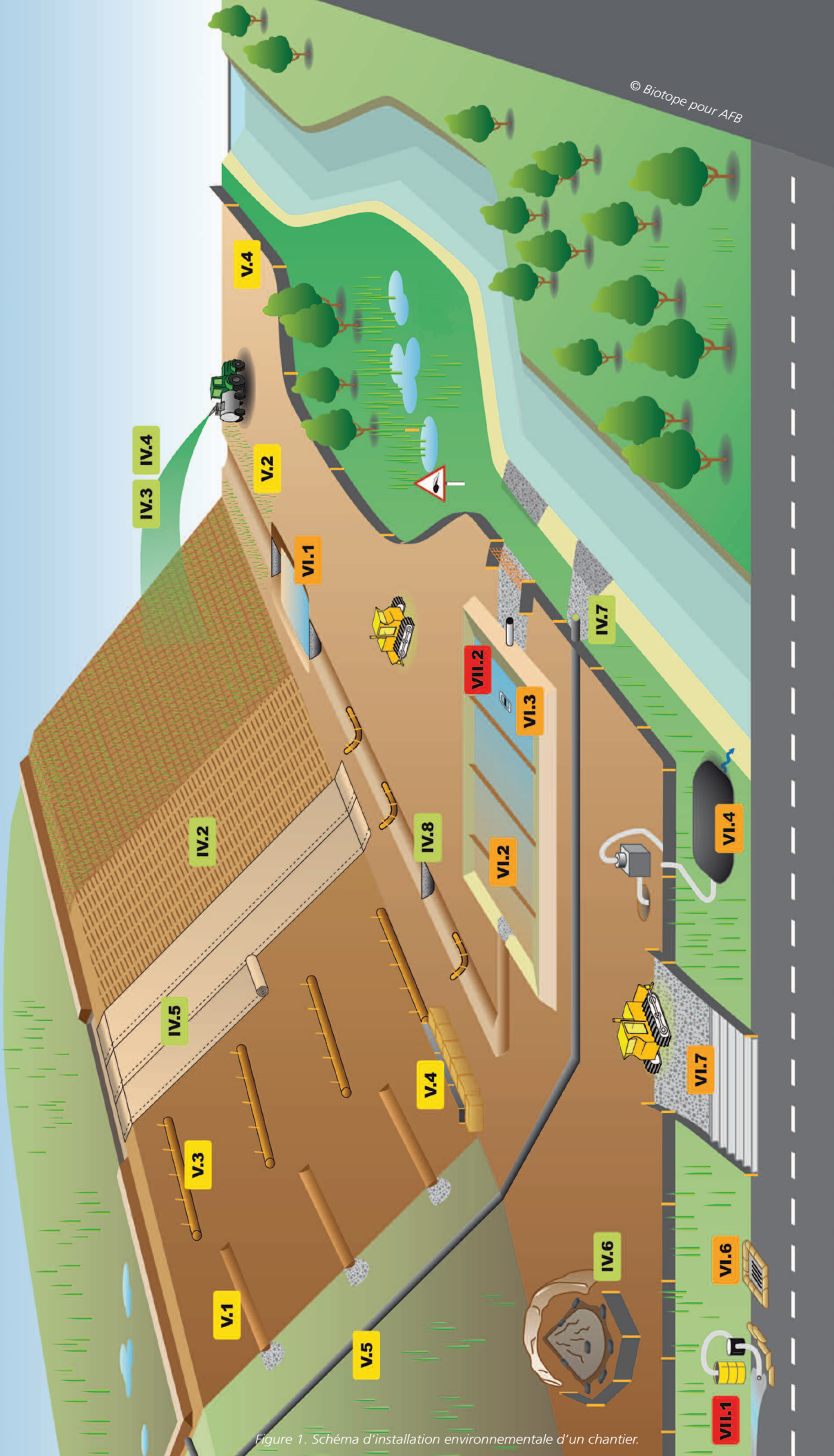


Figure 1. Schéma d'installation environnementale d'un chantier.

Tableau 1. Liste des bonnes pratiques environnementales recommandées dans ce guide, par type d'installations, ouvrages, travaux ou activités (IOTA)

Chapitre	Fiches techniques	Types de IOTA										pages	
		Temporaire (T) / Permanent (P)	Accéder au chantier	Dégager des emprises	Mettre en défens des sites sensibles	Décaper une surface pente	Décaper une surface plane	Gérer les écoulements superficiels	Traiter les sédiments	Gérer des matériaux issus de l'emprise chantier	Gérer des matériaux importés, extérieurs au chantier		
Chapitre III	Anticiper les risques	1. Documents de planification environnementale des travaux	T/P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	27
		2. Schéma d'installation environnementale du chantier	T	X	X	X	X	X	X	X	X	X	30
		3. Phasage chantier et planning	T	X	X	X	X	X	X	X	X	X	34
		4. Approche multi-barrières au droit des zones terrassées	T/P				X				X	X	36
Chapitre IV	Lutter contre l'érosion	1. Redan, berme ou banquette	T	X			X				X	X	43
		2. Microreliefs	T/P				X	X	X		X	X	46
		3. Ensemencement	T/P				X	X	X		X	X	49
		4. Paillage par mulch	T/P				X		X		X	X	54
		5. Paillage par géotextile biodégradable	T		X		X	X			X	X	58
		6. Protection des dépôts provisoires	T/P				X	X	X				62
		7. Protection des exutoires (ou points de rejet des eaux)	T	X	X		X		X	X			65
		8. Seuil anti-érosion semi-perméable	T/P	X	X		X	X			X	X	70
Chapitre V	Gérer les écoulements superficiels	1. Merlon, cunette et fossé provisoires	T/P	X	X		X	X			X	X	77
		2. Entretien d'un fossé provisoire – technique du tiers inférieur	T/P	X	X		X	X	X	X	X	X	81
		3. Boudin de rétention provisoire	T	X	X	X	X	X		X	X	X	84
		4. Barrière de rétention (ou de clôture) provisoire	T/P				X						88
		5. Descente d'eau et drain de pente provisoires	T	X	X		X	X		X	X	X	93
Chapitre VI	Traiter les sédiments	1. Piège à sédiments provisoire	T				X	X	X	X			97
		2. Bassin de décantation provisoire	T/P				X	X	X	X			100
		3. Vidangeur passif flottant (skimmer)	T				X	X		X			119
		4. Sac filtrant à sédiments	T					X		X			122
		5. Floculants	T	X	X		X	X		X	X	X	124
		6. Protection des bouches d'égout, avaloirs, regards	T	X	X					X	X	X	128
		7. Aménagement des accès au chantier	T/P		X					X		X	132
Chapitre VII	Gérer les sources de pollutions chimiques	1. Stockage, entretien et ravitaillement	T		X	X					X	139	
		2. Traitement des sauts de pH											144

I

Identifier un « milieu aquatique » sur un chantier

1.1 Cas des cours d'eau

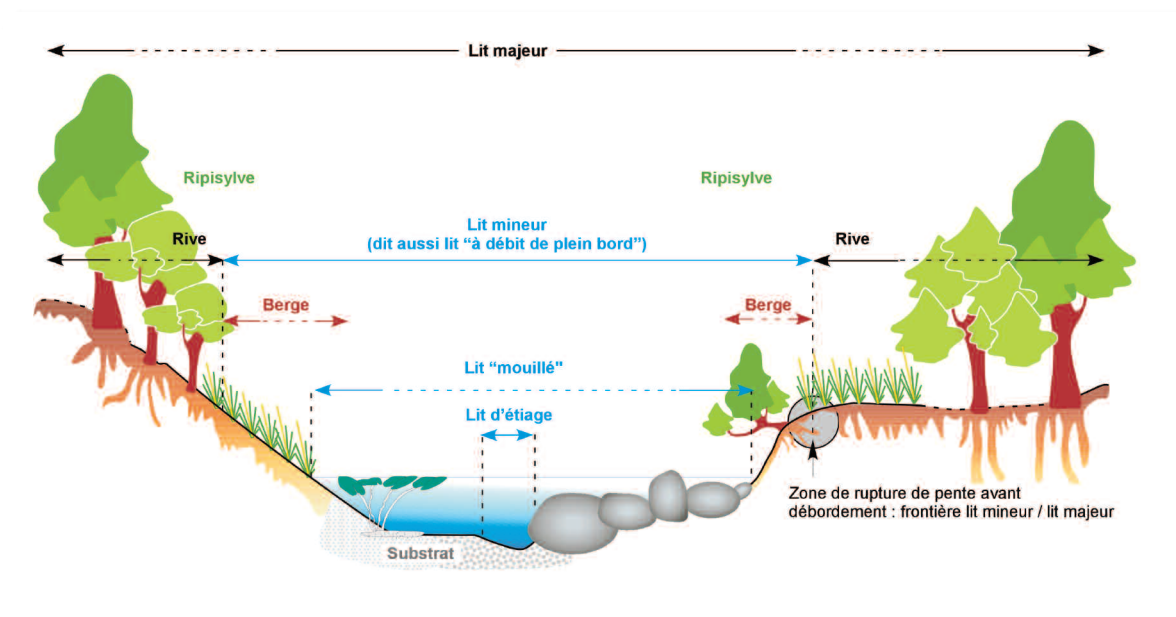
Définition

Les cours d'eau se définissent comme un ensemble de chenaux superficiels d'origine naturelle, conducteurs d'écoulements d'eaux permanentes ou temporaires. Ce sont des systèmes qui recueillent et transportent les eaux issues des ruissellements de surface, des résurgences ou des nappes souterraines d'un même bassin versant. Ils se composent (figure 2) :

- d'un lit mouillé qui correspond au « lit en eau pendant l'opération » (arrêté ministériel en date du 30 septembre 2014 de prescriptions générales et relatif à la rubrique 3.1.5.0.)⁴ ;
- d'un lit mineur qui correspond à « l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement » (article R. 214-1 du code de l'environnement) ;
- d'un lit majeur qui correspond à « la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure » (article R. 214-1 du code de l'environnement).

Figure 2. Critères de délimitation du lit d'étiage, du lit mouillé, du lit mineur et du lit majeur d'un cours d'eau.

Dans le cas de cours d'eau dont les composantes physiques (débit, pente, sinuosité, profils en long et en travers, etc.) ont été modifiées voire artificialisées par l'homme, les critères de délimitation du lit mineur deviennent moins visibles sur le terrain (disparition de la rupture de pente avant débordement, suppression de la végétation rivulaire, augmentation de la section hydraulique, etc.).



4 - Arrêté du 30 septembre 2014 fixant les prescriptions techniques générales applicables aux IOTA soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.5.0. de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement. NOR : DEVL1404546A.

Paramètres à connaître lors de la mise en place de IOTA provisoires à proximité d'un cours d'eau

Lors de la mise en place de IOTA à proximité de cours d'eau, certaines de leur composantes physiques et biologiques doivent être caractérisées. Mais conformément au principe de proportionnalité, le niveau de détail demandé varie au cas par cas :

- en fonction de la nature et de l'ampleur des IOTA d'une part ;
- et des risques hydrauliques et des enjeux écologiques associés à chaque cours d'eau concerné par le projet d'autre part (arrêtés ministériels de prescriptions générales relatifs aux IOTA de la nomenclature « loi sur l'eau »).

Sur le chantier, bien distinguer le « lit mineur » (espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement), du « lit mouillé » (lit en eau pendant le chantier) et du « lit d'étiage » (espace recouvert par les eaux en période de bas débit).

Dans le cas particulier de IOTA provisoires à proximité d'un cours d'eau, il importe *a minima* de caractériser :

- les limites (ou périmètre) du **lit mineur** (ou lit à débit de plein bord) ;
- les risques hydrauliques potentiels, en fonction notamment de la période de réalisation du chantier et du réseau hydrographique ;
- **les enjeux écologiques** associés au cours d'eau, dont la présence/absence ou le transit d'espèces végétales ou animales protégées ou à forte valeur patrimoniale ;
- la présence/absence de **zones tampons** d'origine naturelle ou artificielle à maintenir pendant le chantier (ripisylve, végétation rivulaire, bande enherbée) (figures 2 ci-contre et 12 page 31) ;
- et les composantes physiques des milieux situés à proximité du cours d'eau (dont les rives) et risquant d'être modifiées par ces IOTA provisoires (pente, nature et cohésion des sols, végétation, etc.).

L'ensemble de ces informations participent en effet au choix et au dimensionnement des bonnes pratiques environnementales à déployer sur le chantier à proximité des cours d'eau.

À noter que le même niveau d'information peut être demandé pour des IOTA provisoires que pour des IOTA définitifs dès lors que la nature et l'ampleur du chantier, les risques hydrauliques ou les enjeux écologiques le justifient.

Dans le cas particulier de IOTA provisoires ou définitifs **en cours d'eau** : il est recommandé de cibler son attention sur les composantes physiques et biologiques de ces cours d'eau **qui risquent d'être modifiées**.

I.2 Cas des zones humides

Définition

Les zones humides « sont des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par les plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » (article L. 211-1 du code de l'environnement).

À ce jour, aucun inventaire exhaustif des zones humides n'est disponible en France mais des recensements ont parfois été effectués localement. De nombreux documents ou cartes peuvent ainsi être consultés.

La réglementation a défini les modalités de caractérisation et de délimitation des zones humides (article R. 211-108 du code de l'environnement et arrêté du 24 juin 2008⁵ modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009⁶), à l'aide de protocoles précisés dans la circulaire du 18 janvier 2010⁷. Les critères retenus sont relatifs :

- au degré d'hydromorphie des sols, lié à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle. Les sols de zones humides peuvent être noirs et fibreux (aspect de « tourbe »), uniformément gris ou présenter des couleurs ocre et/ou bleu-gris données par le fer en fonction de la présence ou de l'absence d'oxygène due à la présence d'eau stagnante ;
- et à la présence éventuelle de plantes hygrophiles : joncs, roseaux, iris des marais ou iris jaune, grandes laïches (*Carex*), etc.

À noter qu'en l'absence de végétation hygrophile spontanée, la nature des sols suffit à définir une zone humide. En outre, ces critères de caractérisation et de délimitation des zones humides ne sont pas applicables aux cours d'eau, plans d'eau et canaux, ainsi qu'aux infrastructures créées en vue du traitement des eaux usées ou des eaux pluviales.

Paramètres à connaître lors de la mise en place de IOTA provisoires à proximité d'une zone humide

La présence habituelle de l'eau dans le sol est le dénominateur commun à toutes les zones humides. Dans les milieux continentaux, il peut s'agir d'une nappe d'eau stagnante à la surface du sol ou d'une nappe souterraine baignant le sol à quelques dizaines de centimètres de profondeur durant une partie de l'année. Certains sites sont à l'évidence des zones humides (tourbières, marais, etc.) ; d'autres sont plus difficiles à reconnaître à première vue (prairies plus ou moins humides ou mise en culture, par exemple).

Dans le cas particulier de IOTA provisoires situés à proximité d'une zone humide, il convient d'identifier *a minima* avant le démarrage des travaux :

- le **périmètre de la zone humide**, afin d'être sûr de bien la contourner ;
- la topographie et les modalités d'alimentation, de circulation et de restitution de l'eau au sein de cette zone humide, ceci afin **d'éviter tout impact du chantier sur son fonctionnement hydrologique** ;

5 - Arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement

6 - Arrêté du 1er octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement.

7 - Circulaire du 18 janvier 2010 relative à la délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement, précisant les modalités de mise en œuvre de l'arrêté du 24 juin 2008, modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009, qui explicite les critères de définition et de délimitation des zones humides.

- les enjeux écologiques associés à chaque zone humide : présence/absence d'habitats d'intérêt communautaire ou d'espèces végétales ou animales protégées ;
- et les composantes du bassin versant amont risquant d'être modifiées durablement : végétation, sols, modalités de circulation de l'eau, etc.

Dans le cas particulier de IOTA provisoires ou définitifs en **zones humides** : il est recommandé de cibler son attention sur les composantes physiques et biologiques de ces milieux qui **risquent d'être modifiées**, dont plus particulièrement les modalités d'alimentation, de circulation et de restitution de l'eau (Roecklin *et al.*, 2014).



© Jean-Pierre Mercier - AFB



© Mélanie Tuel - AFB



© Jean-Pierre Mercier - AFB

II

Connaître les risques d'impacts d'un chantier sur les milieux aquatiques

II.1 Exemples d'impacts des chantiers sur les milieux aquatiques

Les cours d'eau et les zones humides, en tant que milieux récepteurs des eaux de ruissellement du chantier, sont particulièrement exposés lors des travaux.

Parmi les divers IOTA provisoires risquant d'impacter les milieux aquatiques, citons à titre d'exemples :

- la préparation de l'emprise du chantier et de ses accès : défrichage, dessouchage, décapage, tassement voire imperméabilisation des sols, etc. ;
- la modification de la topographie : terrassements (déblais/remblais), emprunt ou dépôt de matériaux issus de l'emprise du chantier ou importés ;
- la modification des écoulements superficiels ou subsurfaceux :
 - drainage,
 - captage des sources,
 - collecte des écoulements superficiels issus des bassins versants amont ou de l'emprise chantier puis concentration et rejet en aval ;
- le franchissement ou le passage à proximité de cours d'eau :
 - arasement de la ripisylve et de la végétation rivulaire,
 - remblai en lit majeur,
 - rescindement ou dérivation des lits mineurs,
 - consolidation des berges,
 - mise en place d'ouvrages de franchissement hydraulique provisoires ;
- la traversée de zones humides : décapage et tassement des sols humides, déblai, remblai, etc. ;
- le prélèvement d'eaux nécessaires à la réalisation des travaux : arrosage des pistes, alimentation des plateformes techniques, nettoyage des engins, etc. ;
- l'import ou le recyclage à proximité des milieux aquatiques, de matériaux contaminés par des espèces végétales exotiques envahissantes.

À cela, s'ajoutent les risques de pollutions physico-chimiques, liés notamment :

- au rejet accidentel de substances ou de matériaux toxiques (accident, renversement de véhicules, défaut d'entretien des engins de chantier, dysfonctionnement d'une fosse étanche, etc.). *A priori* ponctuel mais potentiellement très nocif, ce type de pollution est traité en urgence sur les chantiers ;



© Patrick Hecala - AFB

Rejet de sédiments fins dans un cours d'eau en aval d'un chantier.

■ à l'utilisation de matériaux ou de produits modifiant les caractéristiques physico-chimiques initiales de l'eau, et ce tant au niveau des écoulements superficiels que souterrains. Ce type de pollution, parfois insidieux, peut s'avérer pérenne et nécessiter un changement de matériaux ou un traitement chronique spécifique, tant en phase chantier qu'après la mise en service du projet d'aménagement ;

■ à la modification de l'environnement situé aux abords des milieux aquatiques (par ex. : arasement de la ripisylve ou de la végétation rivulaire, perte d'ombrage), qui altère indirectement les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (augmentation de la température de l'eau) et engendre des déséquilibres écologiques (prolifération algale, étouffement du fond du lit des cours d'eau, forte diminution de la concentration en oxygène, etc.).




Parmi les produits ou matériaux potentiellement toxiques, citons les émulsions de bitumes, les graves bitumineuses, les explosifs (à base d'ammonitrates), la chaux, la bentonite, le ciment, le béton et les adjuvants associés (huiles végétales de décoffrage, plastifiants réducteurs d'eau), la laitance béton, le mortier, les graves de recyclage (laitiers sidérurgiques, mâchefer, etc.), les peintures, les émulsions fixatrices, les colles, les floculats (résidus de floculant), etc.

Des exemples d'impacts des IOTA en phase chantier sur les composantes physiques, chimiques et biologiques des cours d'eau ou des zones humides, sont présentés en tableau 2 pages 18 et 19.

Dans le cas particulier des cours d'eau, la mortalité de poissons parfois observée au droit ou en aval de chantiers est la conséquence visible et immédiate d'un rejet excessif de sédiments ou d'un produit toxique, engendrant une modification brutale du pH, une baisse de la concentration en oxygène dissous, l'asphyxie de la flore et de la faune aquatique, etc. (Wood et Armitage, 1997 ; Birtwell, 1999 ; Kemp *et al.*, 2011) (figure 3 page suivante).

Ces perturbations constituent la « partie visible de l'iceberg ». D'autres types d'impacts sont plus difficiles à visualiser ou moins immédiats. Ainsi : ■ lors d'apports excessifs de sédiments dans les cours d'eau : ces derniers ne se diluent pas mais migrent peu à peu vers l'aval, continuant de colmater des lieux de vie privilégiés pour la flore et la faune aquatique, d'asphyxier les œufs, etc. ;

Vous retrouverez ces pictogrammes sur les photos dans la suite du guide.

-  Mauvaise pratique
-  Pratique à améliorer
-  Bonne pratique

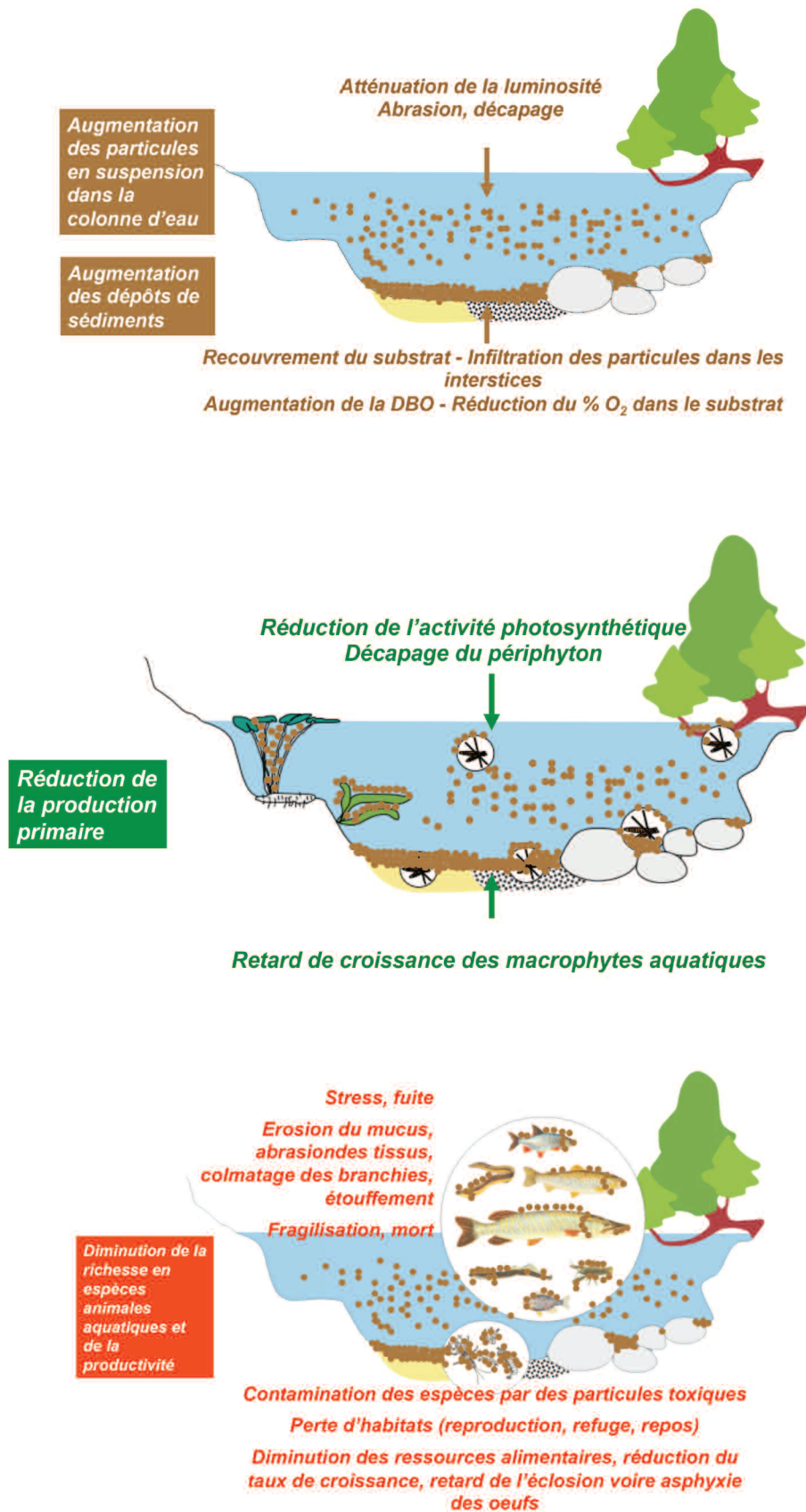


Figure 3. Effets d'un rejet excessif de sédiments sur les composantes physico-chimiques et biologiques d'un cours d'eau.
MES : matières en suspension. D'après Kemp et al. (2011).

- lors de la modification de la topographie, de l'occupation des sols, des modalités de circulation de l'eau, de la morphologie et du régime des cours d'eau, etc. : les dysfonctionnements ou désordres hydromorphologiques apparaissent plusieurs semaines voire plusieurs mois après la fin du chantier, généralement après une crue dite « morphogène » (prolifération algale, déstabilisation des berges, incision du lit mineur, érosion, rupture de continuité, etc.) ;

- lors de la modification brutale des conditions d'habitats, de pH, de température ou de lumière, des barrières chimiques, thermiques ou lumineuses se créent, qui s'ajoutent aux barrières physiques plus visibles telles que les chutes d'eau en aval immédiat des ouvrages de franchissement des cours d'eau.

À noter qu'une relation étroite existe entre la concentration en matières en suspension dans l'eau et la turbidité. Aussi, les conséquences d'un rejet de sédiments sur les espèces aquatiques sont souvent évaluées par le suivi de la turbidité (figure 4). Néanmoins, cette relation entre concentration en matières en suspension et turbidité de l'eau variant entre cours d'eau, il importe d'effectuer au préalable une courbe de tarage entre ces deux paramètres (encadré 1, page 24).

Dans le cas particulier des zones humides, les impacts des chantiers sont sensiblement équivalents voire supérieurs à ceux observés pour les cours d'eau, car souvent difficiles voire impossibles à supprimer du fait des difficultés d'accès ou du caractère irréversible des perturbations engendrées.

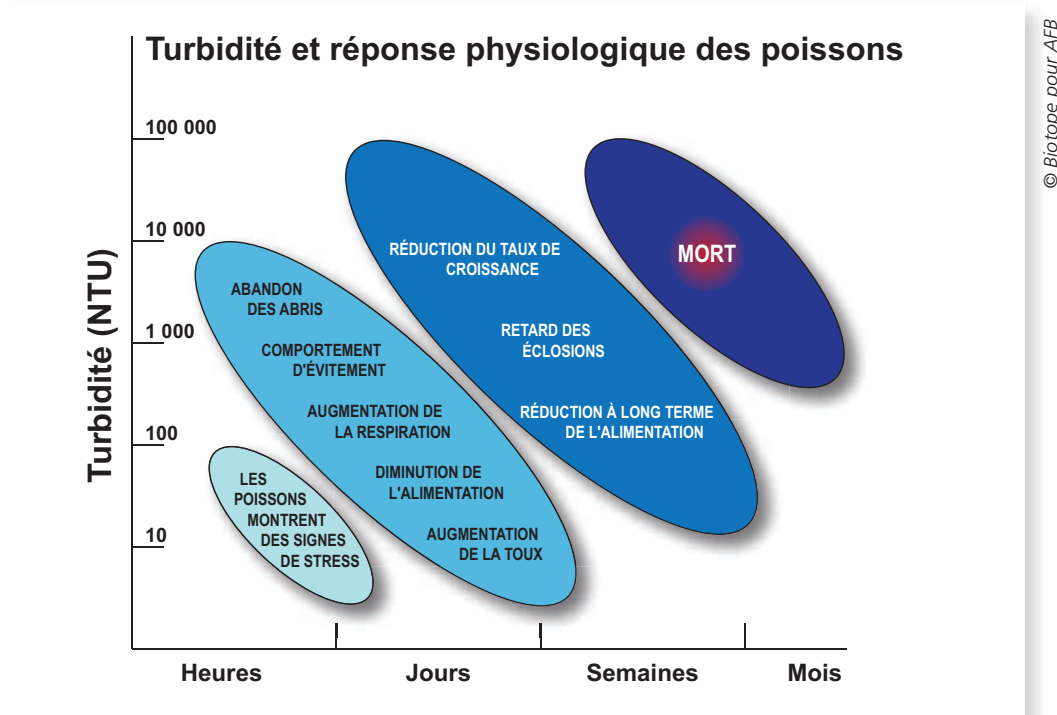


Figure 4. Effets de la turbidité sur les poissons (effets observés en moyenne sur plusieurs espèces). La vulnérabilité des poissons face à une pollution varie d'une espèce à l'autre (truite fario, carpe, alose, anguille, etc.) et en fonction du stade de développement des individus au sein d'une espèce donnée (œuf, alevin, adulte). Source : Lloyd (1987) et Lloyd et al. (1987) in Alaska water quality standards.

Tableau 2. Exemples d'impacts des IOTA spécifiques aux chantiers⁹, sur les composantes physiques et biologiques des cours d'eau et des zones humides (Setra, 2004, 2005 et 2007 a, b et c ; Kemp et al. , 2011 ; Sarat et al., 2015 ; Cerema, 2015)

Composantes concernées	Sources d'impacts	Impacts physiques
Qualité de l'eau	<p>Décapage des sols</p> <p>Absence ou inefficacité des dispositifs de stabilisation ou de remise en état des sols décapés ou remaniés</p> <p>Utilisation de produits potentiellement polluants : explosifs, hydrocarbures, laitance ou adjuvants béton, huiles de décoffrage, laitiers sidérurgiques, graves bitumineuses, peintures, plastifiants, floculants, etc.</p> <p>Rejet d'eaux usées</p> <p>Rejet issus d'un réseau de drainage (ou de purges)</p> <p>Perte de zones ombragées</p>	<p>Augmentation du taux d'érosion des sols</p> <p>Augmentation de la concentration en sédiments dans les eaux de ruissellement souterraines et superficielles</p> <p>Rejet de polluants dans le cours d'eau</p> <p>Altération de la qualité physico-chimique de l'eau (saut de pH ; diminution de la concentration ou du taux de saturation en oxygène dissous ; augmentation de la concentration en sédiments fins, en nitrates, en métaux lourds, en hydrocarbures, en bactéries, etc.)</p> <p>Augmentation de la température de l'eau</p> <p>Modification de la luminosité</p>
Quantité d'eau	<p>Interception, collecte et concentration des écoulements superficiels et souterrains</p> <p>Pompage pour les besoins en eau du chantier</p> <p>Déblai/remblai en lit majeur (ou « zone inondable »)</p> <p>Drainage, tassement voire imperméabilisation des zones humides</p>	<p>Modification des modalités d'alimentation, de circulation et de restitution de l'eau en amont, au droit et en aval des zones humides et des cours d'eau</p> <p>Modification localisée du débit des cours d'eau</p> <p>Accélération des temps de transfert de l'eau entre l'amont et l'aval des bassins versants (intensification des pics de crue et des étiages)</p>
Habitats aquatiques ou humides	<p>Décapage des sols (dont rives et berges)</p> <p>Remblai en lit majeur (ou « zone inondable »)</p> <p>Modification des profils en long et en travers des cours d'eau</p> <p>Déplacement ou curage du substrat constitutif du fond du lit des cours d'eau</p> <p>Imperméabilisation du fond du lit des cours d'eau</p> <p>Consolidation des berges</p> <p>Recouvrement du cours d'eau</p> <p>Drainage, tassement voire imperméabilisation des zones humides</p>	<p>Perte sèche de linéaire de cours d'eau et de leurs fonctions associées</p> <p>Perte sèche de surface en zones humides et de leurs fonctions associées</p> <p>Diminution provisoire ou définitive du champ d'expansion des crues</p> <p>Augmentation des processus d'érosion (au droit du projet) et de dépôt de sédiments (en aval)</p> <p>Déstabilisation des berges situées en aval des berges consolidées</p> <p>Incision du fond du lit des cours d'eau, dégradation ou disparition des radiers et uniformisation du substrat</p> <p>Homogénéisation des profils en long et en travers des cours d'eau, des vitesses d'écoulement, des faciès, de la granulométrie, de la structure des berges, etc.</p> <p>Passage brutal de l'ombre à la lumière (au niveau des ouvrages de franchissement des cours d'eau)</p> <p>Diminution du degré d'hydromorphie des sols, voire assèchement partiel ou total de zones humides</p> <p>Minéralisation des sols à dominante organique (tourbières)</p>
Ripisylve	<p>Défrichement, dessouchage et/ou décapage de la végétation</p> <p>Tassement et/ou drainage des sols (purges)</p> <p>Traitement des sols (soude, produits phytosanitaires, etc.) limitant la reprise végétale</p> <p>Absence ou inefficacité des dispositifs de stabilisation ou de remise en état des sols remaniés</p> <p>Absence ou inefficacité des plantations effectuées une fois le chantier terminé</p>	<p>Perte sèche de zones tampons entre le bassin versant et le cours d'eau (altération des fonctions de la ripisylve en termes de filtre et d'interception des nutriments)</p> <p>Modification des modalités de circulation de l'eau</p> <p>Perte de racinaire et déstabilisation des berges</p> <p>Augmentation des processus d'érosion (au droit du projet) et de dépôt de sédiments (en aval)</p> <p>Modification des conditions de luminosité : perte de zones ombragées et augmentation de la température de l'eau</p> <p>Accélération des temps de transfert de l'eau entre l'amont et l'aval des bassins versants (intensification des pics de crue et des étiages)</p> <p>Assèchement</p> <p>Banalisation ou dégradation du milieu</p>
Espèces végétales exotiques envahissantes	<p>Modification des conditions de luminosité</p> <p>Évacuation ou stockage de déblais/remblais constitués de matériaux contaminés par des graines ou des boutures d'espèces végétales exotiques envahissantes</p> <p>Réutilisation des engins et outils d'un chantier à l'autre sans nettoyage préalable</p>	<p>Création d'habitats favorables aux espèces végétales exotiques envahissantes</p> <p>Propagation des espèces végétales exotiques envahissantes</p> <p>Modification des températures, luminosité, pH, oxygène dissous</p> <p>Modification des écoulements et de la sédimentation</p> <p>Fragilisation des berges</p>

Impacts biologiques

Développement excessif de certaines plantes aquatiques au détriment d'autres espèces végétales et animales
Colmatage des frayères et étouffement de la végétation aquatique
Altération voire destruction de la végétation herbacée hygrophile ; étouffement de la végétation arbustive et arborée dans certains cas particuliers de coulées de boue
Dérangement des individus, trouble du comportement, fuite ou mortalité des adultes (amphibiens, poissons, écrevisses, mammifères aquatiques, etc.)
Asphyxie et mortalité des œufs, des larves et des juvéniles (insectes, amphibiens, poissons, mollusques, etc.)
Abrasion des tissus de certaines espèces animales aquatiques, infections cutanées
Réduction des ressources alimentaires pour la faune et altération de leur taux de croissance
Contamination bactériologique avec risques pour la santé humaine
Augmentation des risques écotoxicologiques (cancer, perturbations hormonales)

Altération ou destruction d'habitats privilégiés pour la faune et la flore (zones de sources, habitats humides, ripisylve, berges, fond du lit des cours d'eau)
Fragilisation, régression, déplacement voire disparition « localisée » de certaines espèces végétales et animales adaptées à ces milieux particuliers

Altération, perturbation ou disparition du réseau hydrographique constituant ou alimentant des habitats privilégiés pour la faune et la flore aquatique
Dérangement, fuite ou disparition « localisée » d'espèces aquatiques
Diminution ou modification de la richesse spécifique (simplification des écosystèmes)
Modification des conditions de productivité du cours d'eau ou de la zone humide
Création d'obstacles infranchissables (impact sur la migration, la reproduction, l'alimentation, les habitats de repos, etc.)
Destruction d'habitats nécessaires au déroulement du cycle de vie de certaines espèces animales inféodées aux zones humides dont beaucoup sont protégées au niveau national et européen
Fragilisation d'espèces d'amphibiens, de reptiles, d'oiseaux, de chauve-souris et autres petits mammifères semi-aquatiques qui s'alimentent, se réfugient, se reposent ou se reproduisent uniquement dans ce type de milieux humides

Altération, perturbation ou destruction d'habitats (souches, branches, sous-berges, etc.) nécessaires au déroulement du cycle de vie de la faune aquatique et semi-aquatique (reproduction, alimentation, refuge, repos, migration)
Réduction des ressources alimentaires (insectes, feuilles ou autres débris, etc.)
Diminution ou modification de la richesse spécifique (simplification des écosystèmes)
Interruption de couloirs de déplacement de la faune semi-aquatique (petits mammifères, amphibiens, etc.)
Création de milieux « ouverts » favorables au développement d'espèces végétales exotiques envahissantes
Création de milieux inhospitaliers ou inaccessibles pour certaines espèces animales
Augmentation de la pression de prédation
Isolement et fragilisation des populations animales entre elles

Création d'habitats favorables aux espèces végétales exotiques envahissantes
Propagation des espèces végétales exotiques envahissantes
Déplacement et compétition des espèces végétales exotiques envahissantes avec la flore indigène
Création d'habitats inhospitaliers aux espèces végétales indigènes mais favorables aux espèces végétales exotiques envahissantes
Banalisation des habitats et perte des écosystèmes diversifiés et fragiles

8- Exemples : dessouchage et décapage des sols en amont ou au droit des cours d'eau (comprenant les rives, les berges voire le fond du lit des cours d'eau) et des zones humides ; terrassements ; pompage, captage de sources ; rejet ; déblai ou remblai en lit majeur, stockage provisoire ou définitif de matériaux ; travaux en eau (dérivation, rescindement, franchissement provisoire ou définitif de cours d'eau, etc.) ; modification des conditions de luminosité ; consolidation des berges ; traversée provisoire ou définitive de zone humide ; entretien et réparations des dispositifs, d'engins motorisés ; plantations (remise en état, génie végétal) ; pistes d'accès, de roulement.

II.2 Cas particulier de l'érosion des sols

Au regard des impacts élevés du rejet de sédiments sur les composantes physiques et biologiques des milieux aquatiques (figure 4 page 17), il importe de bien identifier sur un chantier les risques potentiels liés à cette problématique, afin d'être en mesure de les traiter.

Définitions

L'érosion des sols est un processus naturel de détachement et de déplacement de particules de sol, initié par l'action de l'eau mais aussi par le vent et le gel. Les sols sont plus ou moins sensibles à ce processus, selon leur nature, leur composition et leur structure (figure 5). Les sédiments, résultats de cette érosion, sont constitués de particules dissociées du sol, transportées par l'air ou l'eau puis déposées au gré du vent ou des courants hydrauliques.

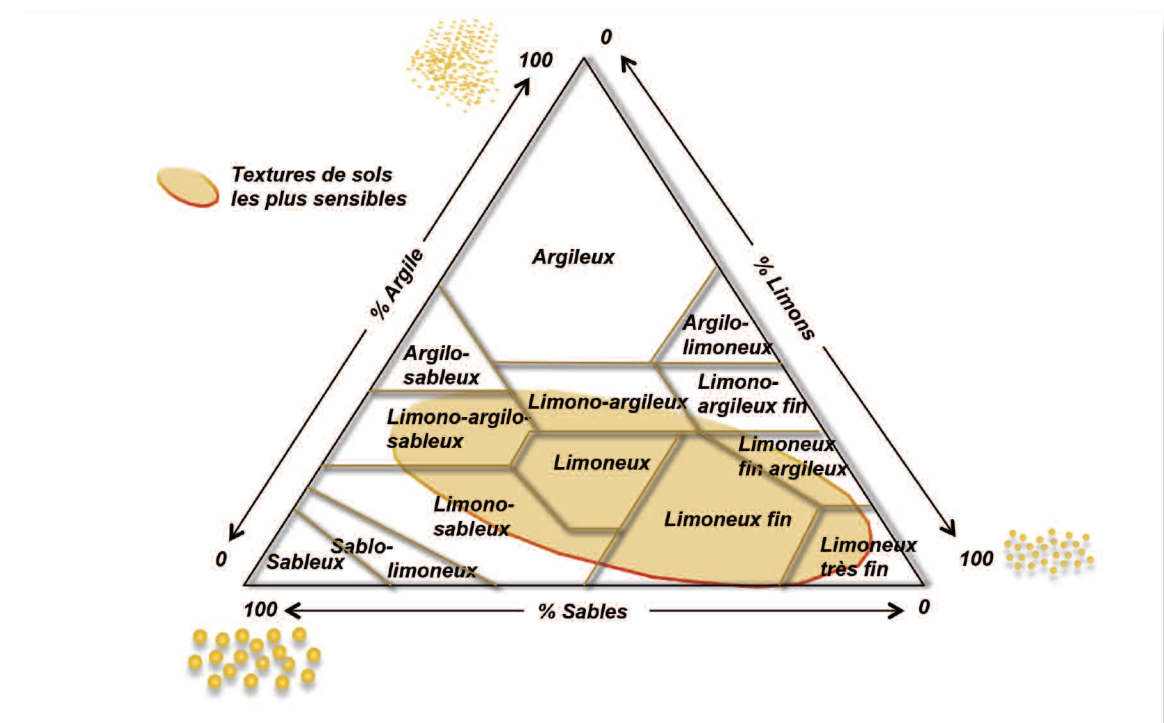
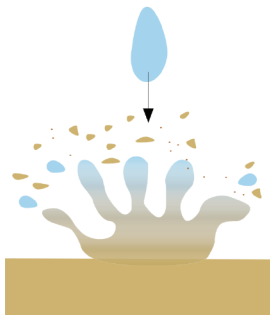


Figure 5. Potentiel érosif des sols en fonction de leur texture. Les sols les plus érosifs sont entourés. Source : Inra.

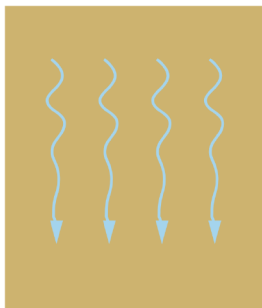
Sur un chantier, l'érosion initiée par l'eau peut prendre plusieurs formes.

■ **Érosion pluviale** (ou « splash ») : sur une surface décapée, l'impact des gouttes de pluie détache des particules de terre qui sont transportées dans l'air. La majorité de cette « éclaboussure » (et donc du transport solide) est dirigée vers le bas du versant (figure 6). Le sol finit par se détruire : seuls les cailloux grossiers restent à la surface ou bien une « croûte de battance » se forme, réduisant l'infiltration et la germination, aggravant encore les phénomènes de ruissellement superficiel et d'érosion.

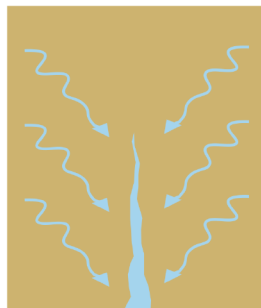
Érosion pluviale ("splash")



Érosion en nappe



Érosion concentrée



© Véronique de Billy - AFB

Figure 6. Types d'érosion : pluviale, en nappe (ou diffuse) et concentrée (création de rigoles puis de ravines).

■ **Érosion en nappe** (ou diffuse) : ce phénomène est prépondérant dans ses effets, mais peu visible. Il se produit par la création d'une fine pellicule d'eau qui ruisselle et emporte avec elle les particules de terre de façon uniforme (figure 6). Plus la surface du sol est rugueuse, moins l'érosion en nappe est importante.

■ **Érosion concentrée** (rigoles et ravines) : l'eau issue de l'érosion en nappe finit par se rassembler en petites rigoles, lui donnant alors plus de force et de vitesse (figure 6). Ces dernières créent de nombreuses entailles dans les sols, dont la profondeur varie en fonction de la nature et de la cohésion des sols concernés. Les rigoles peuvent aller jusqu'à 10 cm environ de profondeur.

© Geocaching



Formation de rigoles sur une surface récemment décapée.

© Biotope



Ravine sur sol récemment décapé.

© Véronique de Billy - AFB



Début de formation d'une ravine.

Lorsque les rigoles se concentrent sur une surface sans obstacle, des ravines se forment et peuvent atteindre jusqu'à 1 m de profondeur. Une fois installées, elles deviennent difficiles à éradiquer car elles s'élargissent rapidement. L'érosion se traduit ici par des processus à la fois verticaux (incision) et longitudinaux (en remontant de l'aval vers l'amont - érosion régressive - et en descendant de l'amont vers l'aval - érosion progressive).



Glissement de terrain en cours.

Les volumes de terre déplacés par les rigoles ou les ravines sont proportionnels à la longueur et à la profondeur de l'incision. Plus la ravine est longue et le terrain pentu, plus la vitesse de l'eau et donc sa capacité d'érosion augmentent.

Doubler la vitesse de l'eau augmente :

■ de 4 fois la puissance érosive ;

■ de 32 fois la masse de sédiments transportés ;

■ de 64 fois la taille des particules transportées (Craul, 1999).

Paramètres de contrôle de l'érosion des sols

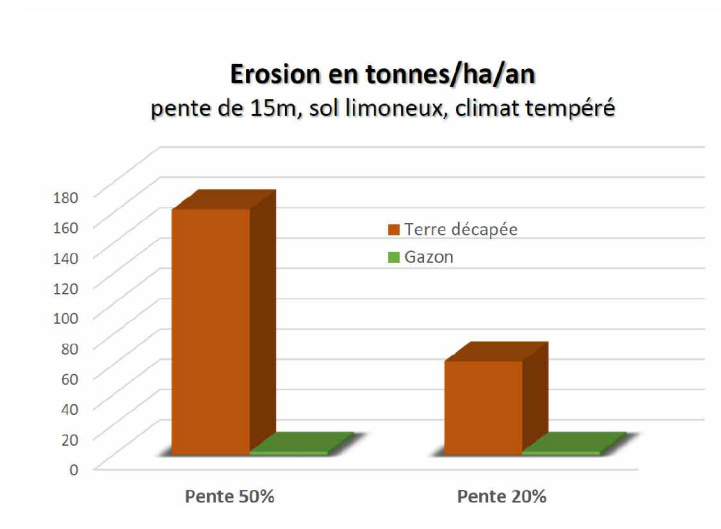
Les processus d'érosion précités dépendent des quatre facteurs suivants :

■ **la pluviométrie** (saisonnalité, fréquence et intensité des épisodes pluvieux), qui conditionne le risque d'érosion. Ainsi, une pluie intense de courte durée a une capacité érosive plus importante qu'une pluie douce de longue durée ;

■ **la pédologie**, qui caractérise le potentiel érosif du sol. Les paramètres comme la nature, la composition (dont le taux de matière organique), la structure ou la perméabilité influencent la capacité d'érosion des sols ;

■ **la topographie**, qui influence la longueur et la profondeur des incisions. Plus les surfaces sont décapées sur de longues distances et plus les pentes sont élevées, plus la capacité d'érosion des sols par les eaux de ruissellement augmente (figure 7) ;

■ **et le couvert végétal**, qui intercepte les gouttes de pluie, freine les écoulements superficiels et empêche la concentration de l'eau en un seul endroit (figure 8). Il limite ainsi la formation des rigoles, augmente le taux d'infiltration et maintient la structure du sol en place grâce au système racinaire.



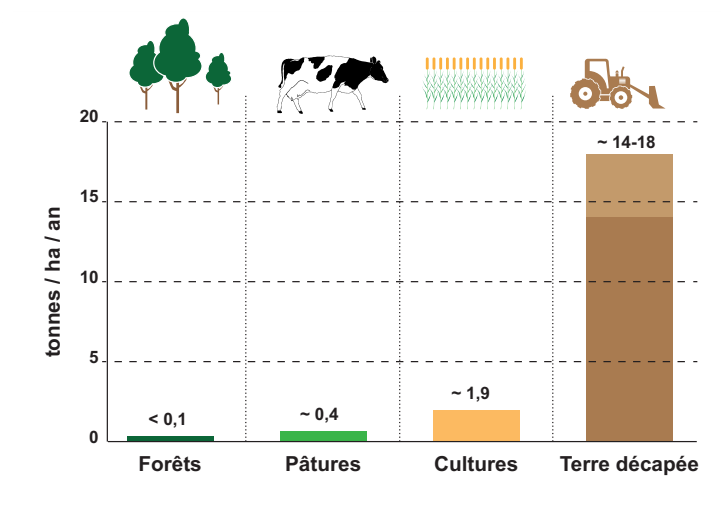
© Biotope pour AFB

Figure 7. Taux moyen d'érosion des sols selon la pente et la nature des surfaces concernées. Tests réalisés sur des surfaces pentues de 15 m de long, des sols limoneux et sous un climat tempéré. Source : McCaleb et al. (2008).

Sur un chantier : comment caractériser les risques pour les cours d'eau liés à l'érosion ?

La concentration en MES et la turbidité constituent deux paramètres distincts et complémentaires de l'analyse des caractéristiques physico-chimiques de l'eau (encadré 1 page suivante), qui permettent de **vérifier l'efficacité des bonnes pratiques environnementales** mises en œuvre sur un chantier et l'absence de rejet excessif de sédiments dans un cours d'eau (suite à un décapage localisé des sols ou à un dysfonctionnement des bonnes pratiques mises en œuvre sur le chantier par exemple).

C'est pourquoi, des différences de concentration en MES à ne pas dépasser entre l'amont et l'aval des chantiers sont régulièrement fixées, soit dans le dossier « loi sur l'eau » (ou d'autorisation unique) du maître d'ouvrage, soit dans l'arrêté préfectoral autorisant le projet⁹ (Cerema, 2015). Ceci nécessite la mise en place, pendant le chantier, de mesures ponctuelles ou en continu de l'un ou l'autre de ces deux paramètres.



© Biotope pour AFB

Figure 8. Taux moyen d'érosion des sols selon l'occupation des sols. Source : Tetra Tech.

9- Ces valeurs seuils de concentration en MES peuvent varier d'un projet à l'autre en fonction de la vulnérabilité et des enjeux écologiques associés aux cours d'eau concernés par le chantier.

En phase chantier, la concentration en sédiments dans les cours d'eau peut être mesurée à l'aide des matières en suspension (MES) et de la turbidité.

Matières en suspension (MES) - Taille des particules :] 1 µm – 1 cm] – Unité : mg/l

Les MES regroupent l'ensemble des substances non dissoutes contenues en suspension dans les eaux de ruissellement. Elles sont représentées par toutes les formes de minéraux, de sables, de boues, de limons, d'argiles, de matières organiques ou autres, dont la taille est comprise entre 1 µm et 1 cm environ. Les particules colloïdales (comprises entre 10 nm et 1 µm) et les particules dissoutes (< 10 nm) ne sont pas comprises dans les MES. La concentration en MES dans l'eau est exprimée en mg/L. Elle peut être mesurée soit directement sur le terrain à l'aide d'une sonde spécifique (MES-mètre portable) ; soit en laboratoire, à l'aide d'un échantillon d'eau (de 500 ml minimum), qui est séché puis pesé. Dans ce dernier cas, le temps d'attente des résultats peut être long (environ une semaine), ce qui s'avère parfois incompatible avec la fréquence de mesures demandée pour suivre la qualité d'un rejet ou d'une pollution en particulier.

Turbidité (unité de turbidité néphélométrique - NTU)

La turbidité correspond à la mesure de l'ensemble des particules présentes dans l'eau (y compris les MES), qui absorbent, réfléchissent ou diffusent la lumière. La fraction organique, telle que les micro-organismes, peut avoir un effet important sur la turbidité de l'eau. Celle-ci est exprimée en unité de turbidité néphélométrique (NTU). Elle peut être mesurée directement sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Un échantillon de quelques millilitres suffit et le résultat est quasi-immédiat.



© Lakeville (2013)

Turbidité (NTU) croissante d'un cours d'eau pendant travaux.

Sachant que la concentration en MES et la turbidité dépendent de la nature géologique des sols, des conditions climatiques, de la topographie, etc., elles peuvent naturellement varier entre cours d'eau d'un même bassin versant, voire entre tronçons d'un même cours d'eau, sans pour autant que cela traduise une pollution. Aussi, les conditions de mesure de ces deux paramètres nécessitent de s'adapter à chaque tronçon de cours d'eau concerné par le projet. Il est notamment recommandé :

- **en phase d'instruction** : d'identifier, pour chaque tronçon de cours d'eau concerné par le projet, deux stations de mesures situées en amont et en aval immédiat du chantier (dites respectivement station « témoin » et station « impact »). Ceci dans le but d'avoir des éléments de comparaison fiables et d'éviter tout biais lié à d'autres sources de pollutions éventuelles indépendantes du chantier ;

- **avant le démarrage des premiers travaux** : de réaliser, pour chacune de ces stations, **une courbe de tarage entre la turbidité et la concentration en MES** (les coefficients de corrélation variant entre chaque cours d'eau pour ces deux paramètres). Utiliser à cet effet des échantillons d'eau prélevés au droit de chaque station ;
- **pendant le chantier** : de mesurer, ponctuellement (lors d'épisodes pluvieux notamment) ou en continu, la turbidité de l'eau au droit de ces deux stations amont/aval et d'en déduire la concentration en MES. Ceci permet d'intervenir très rapidement sur le chantier dès lors qu'une non-conformité des rejets est constatée au regard du seuil fixé dans l'arrêté préfectoral, et de vérifier l'efficacité des nouveaux dispositifs de lutte contre l'érosion mis en œuvre.

Conformément au principe de proportionnalité, le suivi en continu de la turbidité est recommandé pour des cours d'eau à très forts enjeux écologiques. La réalisation de mesures ponctuelles est recommandée pour les autres cours d'eau, en ciblant notamment les épisodes pluvieux.

II.3 Exemples d'impacts économiques

Les différents impacts engendrés par les IOTA en phase chantier sur les milieux aquatiques peuvent aussi avoir des conséquences sur les aspects économiques, à l'échelle locale comme à celle d'un bassin versant. Citons notamment les surcoûts liés :

- au colmatage et donc à l'entretien des dispositifs mis en place sur les chantiers (fossés de collecte des écoulements superficiels, bassins de décantation, buses hydrauliques, etc.) ;
- à l'adaptation, après constats de pollutions, des bonnes pratiques mises en œuvre et notamment des dispositifs nécessaires à la lutte contre l'érosion, à la gestion des écoulements superficiels et au traitement efficace de l'eau ;
- à la réparation des dommages engendrés par les pollutions voire aux arrêts de chantier et au suivi des procédures administratives ou judiciaires qui en découlent ;
- à la perte de fertilité des sols nécessitant le développement de techniques plus coûteuses pour les remettre en état et favoriser la reprise végétale ;
- à l'altération de la capacité hydraulique des cours d'eau et à l'augmentation du risque d'inondation des terrains contigus ;
- à l'accélération du colmatage des barrages transversaux (seuils, chausées de moulin, centrales hydroélectriques) et à la diminution de leur volume utile ;
- etc.

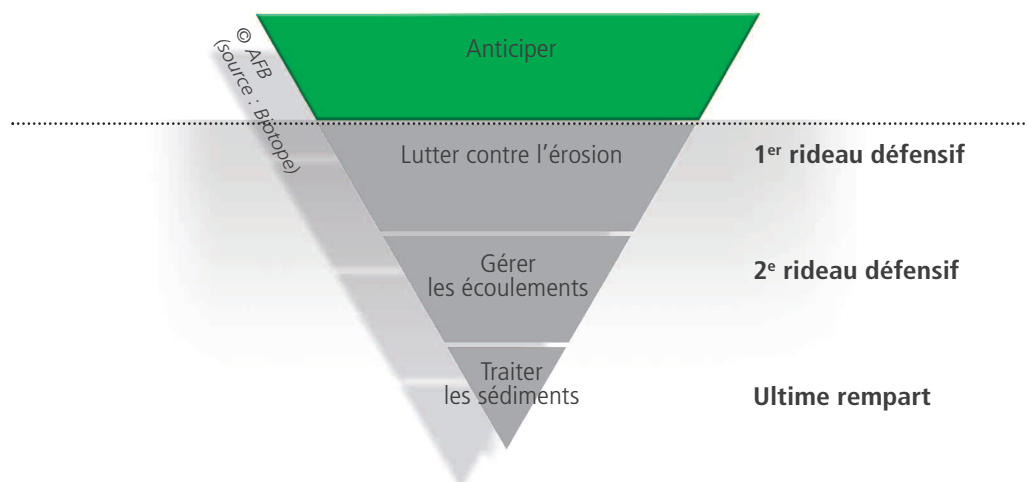
III

Anticiper les risques d'impacts d'un chantier sur les milieux aquatiques liés au rejet accidentel de sédiments ou de produits polluants

Les risques d'impacts d'un chantier sur les cours d'eau et les zones humides sont multiples (chapitre II). Mais leur nature et leur intensité varient au cas par cas, selon l'emprise du projet, la nature des IOTA provisoires et définitifs réalisés, le climat, la période de réalisation des travaux, la topographie, la nature pédologique des sols, les risques hydrauliques, les enjeux écologiques associés aux milieux aquatiques, etc.

Aussi, le **choix des bonnes pratiques environnementales à mettre en œuvre sur un chantier doit être adapté au contexte local**, ceci permettant notamment d'éviter des surcoûts notables à court comme à moyen terme. À cette fin, il est recommandé :

- d'identifier le plus en amont possible, et dans tous les cas avant de commencer les premiers travaux de défrichage, de dessouchage et de décapage des sols, les sources potentielles d'impacts du chantier sur les cours d'eau et les zones humides ;
- d'élaborer préalablement au démarrage des travaux, les documents cadres permettant d'anticiper et de limiter ces risques (notice de respect de l'environnement, plan de respect de l'environnement, etc.).



Ces éléments sont abordés dans les quatre fiches techniques suivantes.

- **Fiche Anticiper n°1.** Documents de planification environnementale des travaux
- **Fiche Anticiper n° 2.** Schéma d'installation environnementale du chantier
- **Fiche Anticiper n°3.** Phasage chantier et planning
- **Fiche Anticiper n° 4.** Approche multi-barrières au droit des zones terrassées

Documents de planification environnementale des travaux

Objectifs

- Identifier les enjeux environnementaux sur le chantier
- Préciser les modalités concrètes de mise en œuvre des bonnes pratiques environnementales
- Limiter les incertitudes et anticiper les risques d'impacts d'un chantier sur les cours d'eau et les zones humides
- Respecter les engagements pris par le maître d'ouvrage dans son dossier « loi sur l'eau » et les prescriptions des arrêtés préfectoraux

Description

Documents indiquant qui, où, quand et comment agir pour maîtriser les risques d'impacts d'un chantier sur l'environnement, dont les cours d'eau et les zones humides (figure 9 ; Cerema, sous presse). Ils se présentent sous la forme :

- de notice de respect de l'environnement (NRE) ;
- de schéma d'organisation de la protection et du respect de l'environnement (SOPRE) ;
- de plan de respect de l'environnement (PRE) ou de plan d'assurance environnement (PAE).

Élaborés avant le démarrage des premiers travaux, ces documents cadres (NRE, PRE/PAE ou SOPRE) comprennent divers éléments définis en fonction de l'ampleur du projet, des risques pour les biens et les personnes, des enjeux écologiques, des risques hydrauliques, etc., dont à titre d'exemples :

- une description succincte et une cartographie générale du projet ;
- un rappel des prescriptions de l'arrêté préfectoral autorisant le projet, spécifiques aux modalités de réalisation du chantier (obligations de moyen) et des obligations de résultat associées le cas échéant ;
- un rappel de l'organisation de l'ensemble de la chaîne de réalisation du projet, comprenant les modalités d'autocontrôle et les pénalités par types d'infractions ou de problèmes constatés ;
- une cartographie des milieux environnants, des risques hydrauliques et des enjeux écologiques ;
- un schéma d'installation environnementale du chantier (fiche Anticiper n°2) ;
- un planning (ou phasage des travaux) (fiche Anticiper n°3) ;
- une présentation des bonnes pratiques environnementales envisagées sur le chantier pour limiter les risques d'impacts, comprenant leurs modalités de dimensionnement, d'installation, de suivi et d'entretien pendant toute la durée du chantier (chapitres IV, V, VI et VII) ;
- les modalités de traitement des déchets, comprenant un schéma de l'organisation de la gestion et de l'élimination des déchets de chantier (SOGED) ;
- les modalités de démantèlement des installations et ouvrages provisoires puis de remise en état des milieux naturels remaniés pour les besoins du chantier.

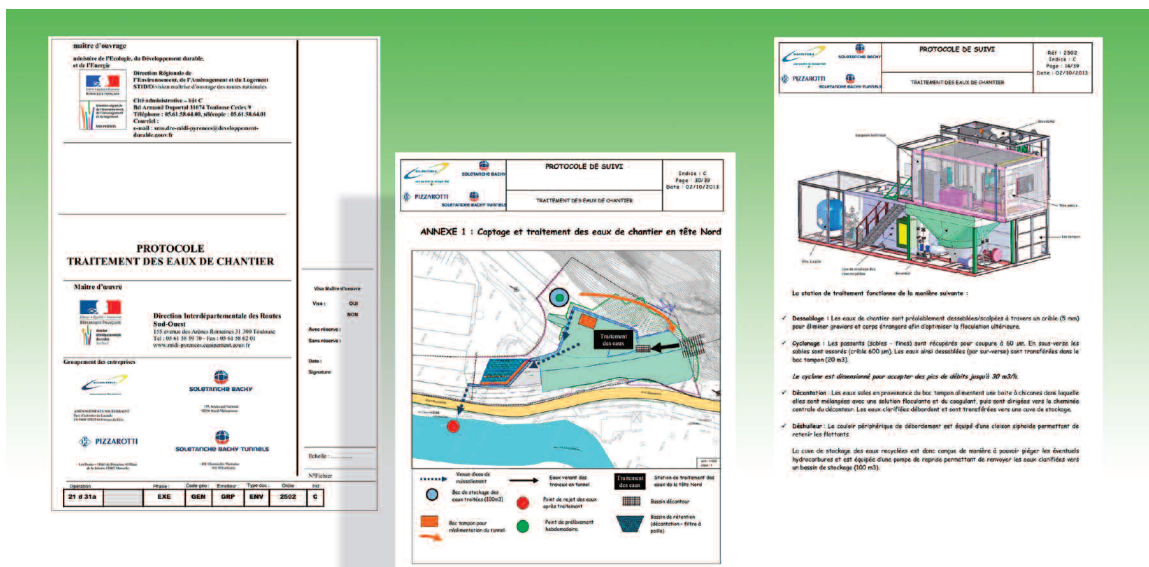


Figure 9. Exemple d'un plan de respect de l'environnement du chantier. Source : DREAL Occitanie.

Champs d'application

■ Tous les projets pour lesquels le chantier peut impacter directement ou indirectement des cours d'eau, des zones humides, des habitats d'espèces protégées et autres milieux naturels écologiquement sensibles

■ Les PRE et PAE s'imposent lorsque le chantier nécessite la mise en défens de milieux naturels, l'utilisation de dispositifs de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments, l'usage de produits chimiques potentiellement toxiques, etc.

Spécifications

L'ensemble de la chaîne de réalisation du projet, du maître d'ouvrage au(x) maître(s) d'œuvre et aux entreprises est concerné, chacun selon ses prérogatives et niveaux d'intervention par la détermination et l'anticipation des risques. Il convient :

- aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre de joindre au dossier de consultation des entreprises (DCE), un cahier de prescriptions environnementales et un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) précisant *a minima* la nature des dispositifs à mettre en place et leur(s) méthode(s) de dimensionnement. Dans la mesure du possible, leurs situations sur le chantier, dimensions, quantités et modalités concrètes d'installation et d'entretien doivent aussi être précisées ;
- aux entreprises d'intégrer et d'adapter le cas échéant ces bonnes pratiques dans leur plan de respect de l'environnement (PRE), en précisant leurs modalités d'entretien puis de démantèlement une fois le chantier terminé. Les plans d'exécution (EXE) doivent indiquer ces bonnes pratiques environnementales au même titre que les IOTA définitifs nécessaires à la réalisation du projet.

C'est l'objet des NRE et des PRE/PAE, qui doivent être adaptés au cas par cas selon :

- la nature et des dimensions des IOTA spécifiques à chaque chantier (tels que pompage et rejet, bétonnage, forage, minage, peinture, nettoyage, etc.) ;
- les conditions de réalisation du chantier, elles-mêmes dépendantes du climat, de la nature pédologique des sols, de la topographie, des risques hydrauliques, etc. ;
- les enjeux écologiques et des usages associés aux milieux naturels concernés par le projet ;
- et la durée des travaux.

Ils doivent valoriser les connaissances issues des études environnementales préalables au projet.

Notice de respect de l'environnement (NRE)

La NRE fait office de cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) « environnement ». Établie par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, il s'agit d'un document à destination des entreprises remis au DCE lors de la phase de consultation. La NRE permet de prévoir les modalités techniques de réalisation des travaux et de chiffrer précisément les mesures à prendre et dispositifs à mettre en œuvre. Elle spécifie notamment :

- le contexte environnemental du projet et les secteurs à risques ou à enjeux particuliers (informations issues des études environnementales menées en phase de conception et d'instruction du projet) ;
- la situation géographique de ces zones à risques ou à enjeux ;
- les exigences du maître d'ouvrage et du projet auprès de l'entreprise ;
- les mesures attendues et leurs définitions ;
- l'ensemble des prescriptions réglementaires applicables au projet (arrêtés d'autorisation notamment).

À ce stade du projet, il est d'autant plus important que les méthodes et les techniques concernant l'assainissement provisoire soient anticipées par les maîtres d'ouvrage, dans la mesure où celles-ci peuvent générer des besoins d'emprises nécessaires à sa mise en œuvre en phase travaux.

Schéma organisationnel du plan de respect de l'environnement (SOPRE)

Le SOPRE est demandé aux entreprises lors de la phase de consultation. Il définit les principes du plan de respect de l'environnement (PRE) qui sera établi en phase travaux en cas d'attribution du marché (modalités de mise en œuvre, mesures envisagées, management de l'entreprise, etc.). Une fois le marché attribué, le SOPRE devient contractuel et sert de base à l'élaboration du PRE.

Plan de respect de l'environnement (PRE) ou plan d'assurance environnement (PAE)

Le PRE et le PAE sont sensiblement les mêmes documents intitulés différemment. Opérationnel, le PRE est demandé en phase chantier aux entreprises en réponse à la NRE. Il reprend et complète en les adaptant le cas échéant, les éléments du SOPRE

(organisation de l'entreprise pour mettre en place les mesures de protection de l'environnement attendues, définition de ces mesures, modalités d'entretien et de suivi).

Il évalue les risques du chantier sur les milieux naturels et espèces associées et leurs évolutions, en fonction des différentes phases de réalisation des travaux ; et adapte les bonnes pratiques environnementales en fonction de leurs impacts potentiels.

Avant le démarrage des travaux, le PRE/PAE doit être présenté au maître d'ouvrage et au maître d'œuvre afin d'en vérifier la régularité avec le récépissé de déclaration ou l'arrêté préfectoral autorisant le projet, de même qu'aux équipes en charge de la réalisation des travaux.

Il doit pouvoir être **révisé au fur et à mesure de l'avancement des travaux**, ceci afin de refléter la réalité de terrain et d'adapter les bonnes pratiques environnementales aux questions techniques soulevées et aux nouveaux risques découlant de l'évolution du chantier. En effet, plusieurs étapes s'enchaînent pendant le chantier et présentent des risques d'impacts différents pour les milieux aquatiques.

Il importe donc d'adapter, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, les bonnes pratiques environnementales utilisées. À titre d'exemples :

- au début du chantier, le point de vigilance majeur concerne la protection des sols dénudés, la rétention des sédiments et la gestion des écoulements superficiels ;
- en milieu et en fin de chantier, le point de vigilance majeur cible la maîtrise de l'érosion via la végétalisation des terres décapées.

Toute modification notable du projet ou de ses méthodes de réalisation sur le chantier, modifiant la teneur des actes administratifs autorisant le projet, doivent faire l'objet d'un « porté à connaissance » à soumettre pour validation aux services de l'État et à présenter à l'ensemble des entreprises. Ces nouveaux choix techniques peuvent faire l'objet de prescriptions complémentaires par l'État (via un nouvel arrêté préfectoral par exemple).

Avantages

- Permettre d'anticiper les risques d'impacts du chantier sur les milieux naturels
- Préciser et clarifier les modalités de mise en place des bonnes pratiques en amont du démarrage des travaux
- Permettre une budgétisation claire des bonnes pratiques environnementales à déployer (installation et entretien)
- Participer à la maîtrise des coûts (par ex. : éviter l'achat de dispositifs inadaptés)
- Limiter les risques de pollutions ou de destruction de milieux naturels sensibles et donc de procédures administratives ou juridiques (rappel à la loi, amendes, arrêté de mise en demeure, etc.), de publicité négative, de plainte des riverains et des communes affectées par le projet, etc., en protégeant efficacement les cours d'eau, les zones humides et autres zones sensibles conformément à la réglementation

Limites

- Nécessité de définir les modalités techniques de réalisation des travaux en amont du démarrage du chantier
- Demande d'intégrer dans le NRE :
 - les éléments suffisants définissant la sensibilité du milieu et les enjeux afin que le SOPRE puis le PRE/PAE s'adaptent aux réels enjeux du chantier ;
 - une anticipation et une adaptation des plannings d'exécution au regard de certains enjeux environnementaux imposant des périodes spécifiques de réalisation des travaux.
- Nécessité de s'assurer que ces documents intègrent les retards éventuels de réalisation de certains IOTA sur le chantier (ou toute autre forme d'aléas) et permettent de s'ajuster au fur et à mesure du déroulement des travaux
- Non reproductibilité d'un chantier à l'autre. Les bonnes pratiques environnementales doivent être adaptées au cas par cas, en fonction des conditions topographiques, pédologiques, climatiques, hydrauliques, écologiques, etc.
- Limités à la phase chantier, ils ne comprennent pas les modalités de gestion environnementale du projet une fois les travaux terminés et la mise en service commencée (exemples : modalités d'entretien des bassins définitifs de traitement des eaux, des ouvrages de franchissement des cours d'eau, etc.). Ces dernières doivent être indiquées dans le cahier des prescriptions environnementales de l'exploitant.

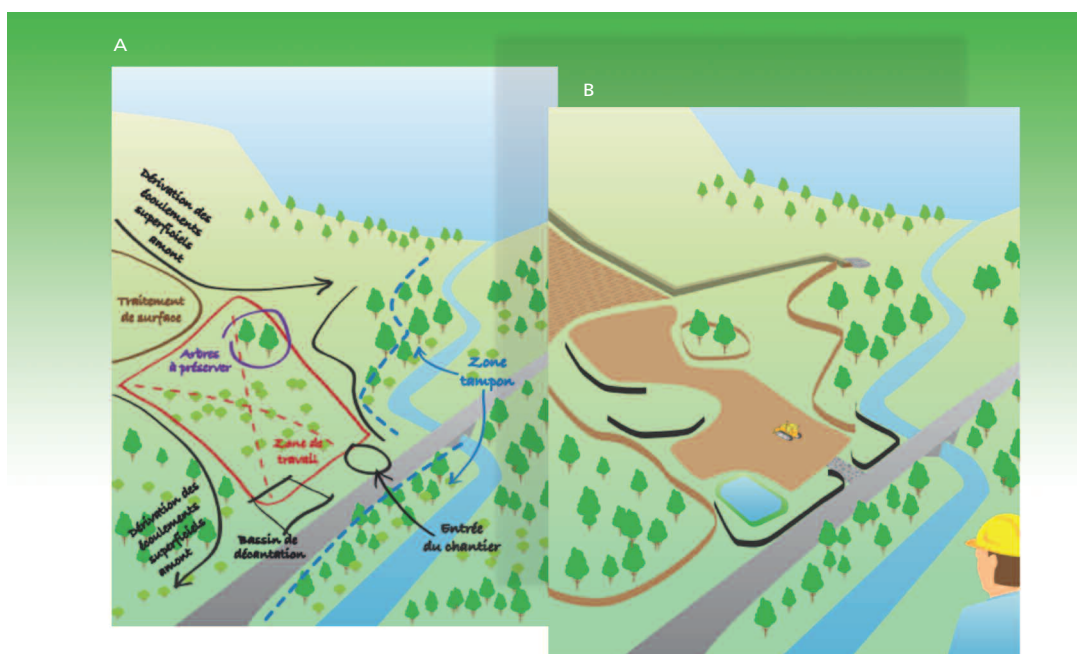
Schéma d'installation environnementale du chantier

Objectifs

- Localiser les bonnes pratiques environnementales à mettre provisoirement en place sur le chantier (en complément des installations ou ouvrages définitifs)
- Optimiser le choix des bonnes pratiques environnementales et veiller à leur fonctionnalité
- Anticiper les risques d'altération, de dégradation voire de destruction des milieux naturels
- Veiller à la disponibilité des emprises foncières nécessaires à l'installation de certains dispositifs

Description

Plan ou schéma annexé au plan de respect de l'environnement, au PAE ou au SOPRE (figures 10 et 11)



© Biotope pour AFB

Figure 10. Schéma d'installation environnementale du chantier. (A) étape préalable comprenant une cartographie des milieux naturels à préserver et des bonnes pratiques environnementales à mettre en œuvre sur le chantier (zones tampons, fossés de collecte des eaux de ruissellement superficiel, bassins de décantation, etc.). (B) étape finale superposant les IOTA spécifiques au chantier (terrassements, pistes d'accès, etc.) avec les bonnes pratiques environnementales associées (milieux naturels mis en défens, bassin de décantation, etc.). Source : Tetra Tech.

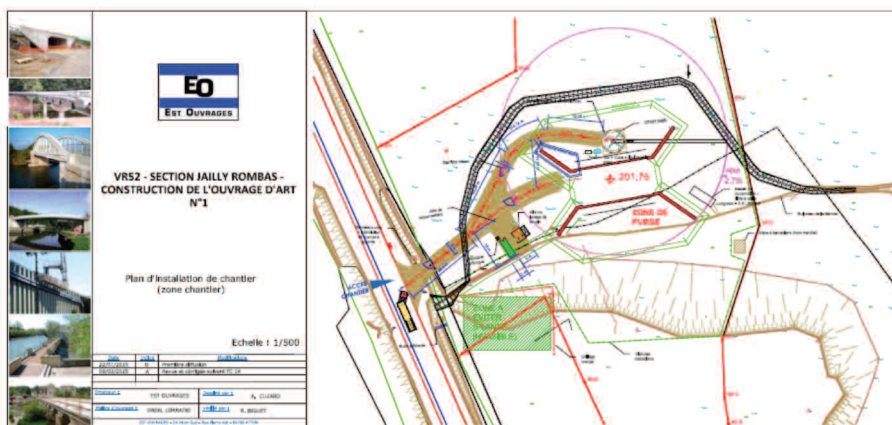
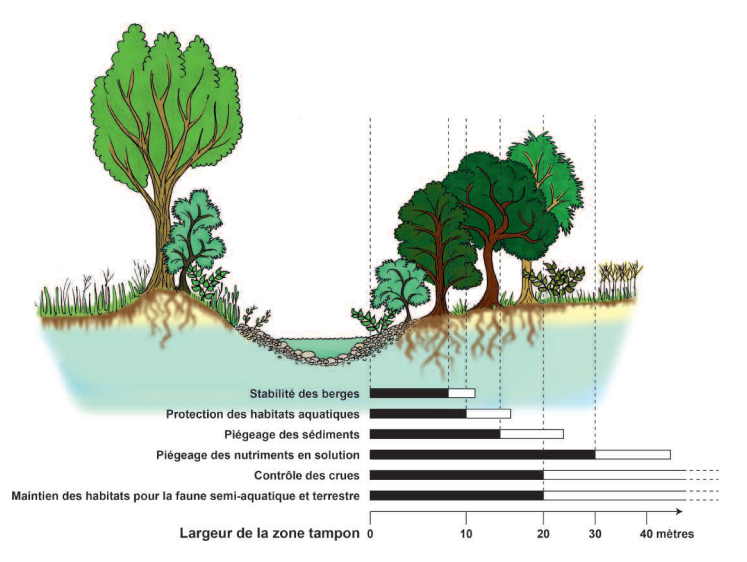


Figure 11. Exemple d'un schéma d'installation environnementale d'un chantier - Avant terrassement (notes, courbes de niveau, réseau hydrographique, etc.). Source : Cerema.

Réalisé avant le démarrage des travaux puis actualisé au fur et à mesure du déroulement du chantier, le schéma d'installation environnementale du chantier consiste à superposer sur une carte :

- les zones à risque hydraulique ou à forts enjeux environnementaux, dont les zones tampons à mettre en défens (figure 12) ;

- les installations et ouvrages définitifs ;
- les IOTA provisoires nécessaires à la réalisation du chantier, dont les bases de chantier, les pistes d'accès, les parkings, les zones terrassées, les zones de dépôts provisoires, etc. ;
- les bonnes pratiques environnementales associées à ces IOTA provisoires et définitifs.



© Biotope pour AFB

Figure 12. Ordre de grandeur des différentes zones tampons associées aux berges et rives d'un cours d'eau. Source : Décamps et Décamps (2002).

Champs d'application

- Ensemble de l'emprise du chantier

Spécifications

Identifier sur le terrain puis cartographier les zones sensibles ou à haut risque, dont :

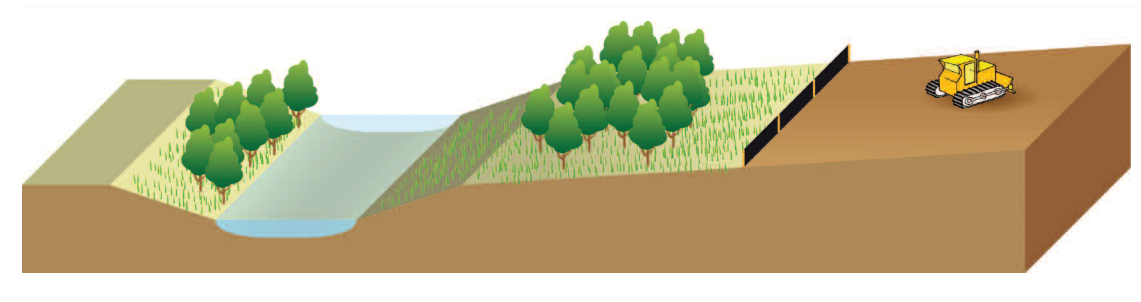
- les points bas où seront installés les pièges à sédiments et les bassins de décantation ;
- les surfaces pentues et décapées qui seront plus particulièrement sujettes à érosion ;
- les bases de chantier, zones de stockage des produits, aires d'entretien des engins, etc. ;
- les milieux naturels à protéger du fait de leurs enjeux écologiques ou de leur rôle tampon (plantes ou habitats d'espèces animales protégées, zones humides, sources, cours d'eau, zones inondables, ripisylves, périmètres de protection de zones de captage des eaux, etc.) (figure 12) ;
- les réseaux d'assainissement public, etc. ;
- les points d'accès, de franchissement provisoire des cours d'eau, etc.

Définir l'implantation des IOTA provisoires et définitifs en optimisant leurs emprises (figure 10) :

- définir le contournement des zones sensibles mises en défens. En cas d'absence d'alternative technique,

la réduction de l'emprise des IOTA sur ces milieux doit rester une priorité ;

- prévoir la mise en place de zones tampons (de 5 à 10 m de large selon les cas), soit entre le chantier et les cours d'eau (comprenant la ripisylve et la végétation rivulaire), soit entre le chantier et les zones humides (figure 13 page suivante). Même si ces zones sont terrassées ultérieurement, il importe de les préserver jusqu'au dernier moment, ces dernières participant naturellement à la gestion des écoulements superficiels et au traitement des sédiments ;
- réduire la largeur des pistes provisoires en favorisant le passage d'un seul engin, notamment sur les milieux naturels à forts enjeux et lors du franchissement des cours d'eau ;
- veiller à conjuguer ces bonnes pratiques environnementales avec celles spécifiques au maintien de la sécurité du personnel et des riverains sur le chantier (risque de noyade dans un bassin de décantation par ex.).



© Biotope pour AFB

Figure 13. Exemple de mise en défens de la végétation rivulaire le long d'un cours d'eau. Les largeurs habituellement préconisées de zone tampon à maintenir entre le lit mineur et le chantier varient entre 5 et 10 m selon les cas.

Finaliser l'implantation des bonnes pratiques environnementales, en anticipant leur évolution sur le chantier (figure 11, page 30). Identifier notamment :

- les zones de travaux ou d'activités provisoires à protéger/stabiliser temporairement ;
- les zones pour lesquelles les travaux sont terminés et qu'il convient de protéger/stabiliser définitivement.

Maintenir la couverture végétale et des zones tampons constitue le moyen le plus efficace de lutter contre l'érosion, de gérer les écoulements superficiels et de traiter les sédiments. Les dispositifs déployés sur les chantiers pour lutter contre l'érosion (paillage, bassin de décantation, etc.) ne font que reproduire partiellement les filtres naturels que constitue la végétation.

Cette adaptation de la nature et de la disposition des bonnes pratiques pendant les travaux peut s'effectuer au cours des trois étapes successives détaillées en tableau 3.

Points de vigilance

Optimiser l'emprise d'un chantier nécessite une **concertation continue**, avant le démarrage des travaux et pendant toute la durée du chantier, entre les différentes équipes « projet » (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprises de TP, écologues, services de l'État, etc.)

Veiller à la lisibilité du schéma à l'aide d'une légende claire différenciant les bonnes pratiques environnementales provisoirement installées sur le chantier, des autres installations, ouvrages et activités

Dans le cas de la mise en défens temporaire de zones tampons (ou autres milieux naturels), ces dernières peuvent jouer un rôle attractif pour la faune qui vient s'y réfugier (effet « puits ») voire s'y reproduire (effet « source »). Il convient d'adopter une gestion adaptée

de ces milieux, voire de prévoir des campagnes de sauvegarde des espèces ainsi attirées, avant toute destruction de ces milieux.

Avantages

- Identifier clairement sur une carte ou un plan les zones à « forts enjeux » à mettre en défens (ce qui évite les situations de « non-retour »)
- Offrir une vision globale du déploiement des bonnes pratiques environnementales sur le chantier
- Veiller à l'efficacité des bonnes pratiques environnementales en fonction de leur position sur le chantier, de la topographie, etc.
- Limiter les coûts liés à l'achat et à la mise en œuvre de dispositifs adaptés
- Réduire l'emprise chantier et donc les linéaires de cours d'eau ou les surfaces en zones humides à compenser

Limites

- Nécessité d'anticiper les modalités techniques de réalisation des travaux en amont du démarrage du chantier
- Demande une bonne coordination entre les intervenants afin de réaliser des schémas adaptés au contexte local et au chantier

Tableau 3. Exemples d'éléments à figurer au sein des schémas d'installation environnementale du chantier en fonction de l'état d'avancement des travaux

Étapes	Constats	Exemples d'éléments à préciser
Défrichage, dessouchage et création des pistes d'accès avant les premiers terrassements	<p>La couverture végétale, encore présente sur l'emprise du futur chantier, limite naturellement les processus d'érosion</p> <p>Aussi, les premiers travaux effectués nécessitent surtout de déployer des dispositifs provisoires de collecte des eaux issues du bassin versant amont et de les infiltrer ou de les rejeter directement en aval</p>	<p>Emprise du projet</p> <p>Parcelles avoisinantes</p> <p>Topographie (courbes de niveau), bassin(s) versant(s)</p> <p>Milieux naturels sensibles et zones tampons à mettre en défens</p> <p>Piste(s) d'accès</p> <p>Emplacement des dispositifs de collecte et de rejet des eaux de ruissellement issues du bassin versant amont</p>
Pendant les terrassements	<p>La perte soudaine de couverture végétale augmente les risques d'érosion et de transport des sédiments</p> <p>Il convient d'activer l'ensemble des dispositifs de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments</p> <p>Leur mise en place rapide sur le chantier réduit progressivement les volumes à traiter d'eaux chargées en sédiments</p>	<p>Emprise du projet (dont limites des terrassements)</p> <p>Parcelles avoisinantes</p> <p>Nouvelle topographie du site compte tenu du projet (déblais/remblais, dépôts provisoires, etc.)</p> <p>Milieux naturels sensibles et zones tampons à mettre en défens</p> <p>Emplacement des piste(s) d'accès, des zones de stockage des matériaux ou des produits toxiques, des zones d'entretien, des talus, etc. Les bassins provisoires de décantation doivent être mis en œuvre avant la réalisation des terrassements</p> <p>Emplacement de l'ensemble des installations et ouvrages définitifs</p> <p>Emplacement des bonnes pratiques environnementales, dont réseaux séparatifs de collecte des écoulements superficiels (issues de l'amont et du chantier) avec points de rejets, dispositifs de lutte contre l'érosion et de traitement des sédiments, etc.</p> <p>Modalités et fréquence d'inspection et d'entretien</p>
En fin de chantier	<p>Les bonnes pratiques environnementales peuvent être enlevées uniquement après la mise en œuvre opérationnelle des ouvrages définitifs de gestion des écoulements et de traitement des sédiments (et autres sources potentielles de pollutions)</p>	<p>Emprise définitive du projet (dont limites des terrassements)</p> <p>Parcelles avoisinantes</p> <p>Topographie définitive du site compte tenu du projet</p> <p>Réseau hydrographique (dont nouveaux fossés)</p> <p>Emplacement des installations et ouvrages définitifs, des voiries, des pistes d'entretien, etc.</p> <p>Emplacement des bonnes pratiques environnementales à retirer ou à laisser (en fonction du développement de la végétation notamment)</p> <p>Procédures de suivi, de démantèlement ou d'entretien de ces dispositifs (zonesensemencées, réseaux définitifs de collecte des eaux de ruissellement et points de rejet, bassins définitifs, etc.)</p>

P hasage chantier et planning

Objectifs

- Planifier l'installation des bonnes pratiques environnementales, au même titre que la mise en place des IOTA nécessaires au chantier
- Vérifier l'adéquation du phasage des travaux avec celle de la mise en place des bonnes pratiques environnementales
- Anticiper les risques d'érosion (et autres sources de pollution)
- Adapter et compléter les bonnes pratiques au fur et à mesure du déroulement du chantier

Description

Planning annexé au DCE ou au PRE/PAE. Il identifie :

- les phases de risques majeurs pour les cours d'eau ;
- les zones humides, les habitats d'espèces protégées ou patrimoniales et autres milieux naturels à préserver ;
- les bonnes pratiques à déployer à chaque étape de réalisation du projet, dont :
 - les fouilles archéologiques¹⁰,
 - le dégagement des emprises et les travaux forestiers associés (dont déboisement),
 - les premiers terrassements incluant la réalisation des accès au chantier, le dessouchage et le décapage des sols,
 - l'installation des dispositifs provisoires,
 - la réalisation des installations et ouvrages définitifs,
 - le démantèlement des plateformes techniques et autres dispositifs provisoires et la remise en état des milieux naturels.

Parallèlement à ces différentes étapes, la mise en œuvre des mesures de compensation prévues dans le cadre de la réalisation du chantier, doit aussi être programmée et planifiée.

Les conventions passées entre les maîtres d'ouvrage des projets et l'INRAP doivent reprendre les obligations réglementaires relatives à la préservation de l'environnement et préciser les modalités de réalisation des travaux spécifiques aux fouilles archéologiques (phasage, maintien *a minima* des zones tampons naturelles à proximité des milieux aquatiques, mises en défens de milieux à forts enjeux écologiques, optimisation des layons, gestion des écoulements superficiels, remise en état des sols remaniés, etc.).

Champs d'application

- Ensemble du déroulement du chantier, des fouilles archéologiques à la mise en service du projet

Spécifications

Adapter le phasage des travaux aux conditions météorologiques et au calendrier de protection des espèces protégées (dossier d'instruction du projet ou arrêté préfectoral autorisant le projet)

Réduire la durée pendant laquelle les sols sont décapés et sensibles à l'érosion

Favoriser la réalisation des dessouchages, des décapages et des terrassements des sols au fur et à mesure de l'avancement du chantier (par secteurs ou tronçons par exemple), en cohérence avec les impératifs calendaires pour la faune sensible. Les objectifs sont de :

- limiter la quantité de surfaces décapées à gérer, pour lesquelles il faut prévoir l'installation de dispositifs de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments sur de longues périodes. Dans le cas particulier de projets avec tranchées linéaires importantes (par ex. : gazoducs, lignes électriques), réduire autant que possible le linéaire de tranchée ouverte et stabiliser les sols aussitôt la tranchée fermée ;
- réduire les risques de pollution et les coûts associés à la mise en œuvre et à l'entretien de ces bonnes pratiques environnementales ;
- préserver le plus longtemps possible les zones tampons (ripisylve et végétation rivulaire au bord des cours d'eau notamment) (figures 12 et 13 pages 31 et 32). **Leur décapage, si nécessaire, doit être envisagé au tout dernier moment ;**
- traiter, protéger et/ou revégétaliser les surfaces décapées dès les terrassements terminés, c'est-à-dire au fur et à mesure de l'avancement des travaux (et non en toute fin de chantier ou lors d'une saison donnée en particulier). Dans le cas d'un ensemencement des sols en période estivale, prévoir un arrosage spécifique

Anticiper l'évolution de l'occupation des IOTA sur le chantier

Prendre en compte la saison lors de la végétalisation définitive des surfaces, etc.

10 - Il s'agit de fouilles réalisées dans le cadre de l'archéologie préventive. À distinguer des diagnostics archéologiques pour lesquels l'INRAP est maître d'ouvrage. À noter que le respect de la réglementation environnementale s'impose autant à ces travaux qu'aux autres IOTA nécessaires à la réalisation du projet.

Points de vigilance

Contrôler régulièrement que les modalités d'installation des bonnes pratiques suivent bien le planning prévisionnel

Adapter le phasage des travaux si le projet est modifié, ceci afin d'assurer une efficacité optimale des bonnes pratiques environnementales mises en place tout au long du chantier

Prévoir un suivi fréquent (hebdomadaire voire journalier) des conditions météorologiques, associé à :

- une adaptation temporaire des bonnes pratiques déployées sur le chantier en cas de prévision de précipitations importantes ;
- une visite et un entretien de ces mêmes bonnes pratiques à la fin de chaque épisode pluvieux.

Avantages

- Anticiper les risques d'impacts
- Veiller à l'efficacité des bonnes pratiques environnementales au fur et à mesure de leur déploiement sur le chantier
- Optimiser l'utilisation des dispositifs en les déployant au moment voulu, en fonction de l'évolution du chantier
- Permettre de maîtriser les coûts liés à la gestion environnementale du chantier
- Permettre de s'approvisionner avec les matériaux ou dispositifs nécessaires en temps voulu
- Limiter les risques de procédures administratives ou juridiques (rappel à la loi, amende, arrêté de mise en demeure, etc.), de publicité négative, de plaintes

Limites

- Nécessité d'anticiper autant que possible et très en amont du démarrage du chantier, les modalités techniques de réalisation des travaux
- Demande d'adapter le phasage chantier au cas par cas et autant que possible au fur et à mesure du déroulement des travaux, en fonction des caractéristiques et de la sensibilité du terrain, de la période de plus forte vulnérabilité des espèces protégées, etc.
- Risque de surcoût engendré par la réalisation des terrassements, de la revégétalisation et autres bonnes pratiques au fur et à mesure de l'avancement du chantier (et pas tout en même temps)
- Approche par phasage successif des travaux parfois inadaptée à certains chantiers

Le chantier doit être envisagé, autant que possible, en dehors :

- des périodes pluvieuses présentant un risque élevé d'inondation et d'effet érosif ;
- des phases de reproduction des espèces animales protégées.

Cela engendre parfois un décalage temporel de plusieurs mois entre le déboisement (coupe à blanc) et le dessouchage et le décapage des sols (correspondant aux premières phases de terrassement à proprement parler). Ainsi, certains arrêtés de dérogation « espèces protégées », dès lors qu'ils concernent certaines espèces d'oiseaux ou de chiroptères, prévoient le défrichement à l'automne/hiver, alors que la période propice aux terrassements se situe plutôt au printemps/été. Cela peut conduire à procéder en deux temps : coupe des arbres en hiver et dessouchage repoussé au dernier moment avant le début des terrassements à la fin du printemps. Ce défrichement préalable au chantier, en dehors de la période de reproduction de ces oiseaux ou chiroptères par exemple, vise à rendre le site défavorable à la fréquentation par la faune lors du démarrage des terrassements.

Ceci ne génère pas, *a priori*, de risques supplémentaires pour les milieux aquatiques (exception faite de la perte d'ombrage et des risques de pollution par les tanins), tant qu'il n'y a pas de dessouchage ni de décapage et que les boisements sont emportés hors emprise au fur et à mesure de la réalisation des travaux de défrichement.

Approche multi-barrières au droit des zones terrassées

Objectifs

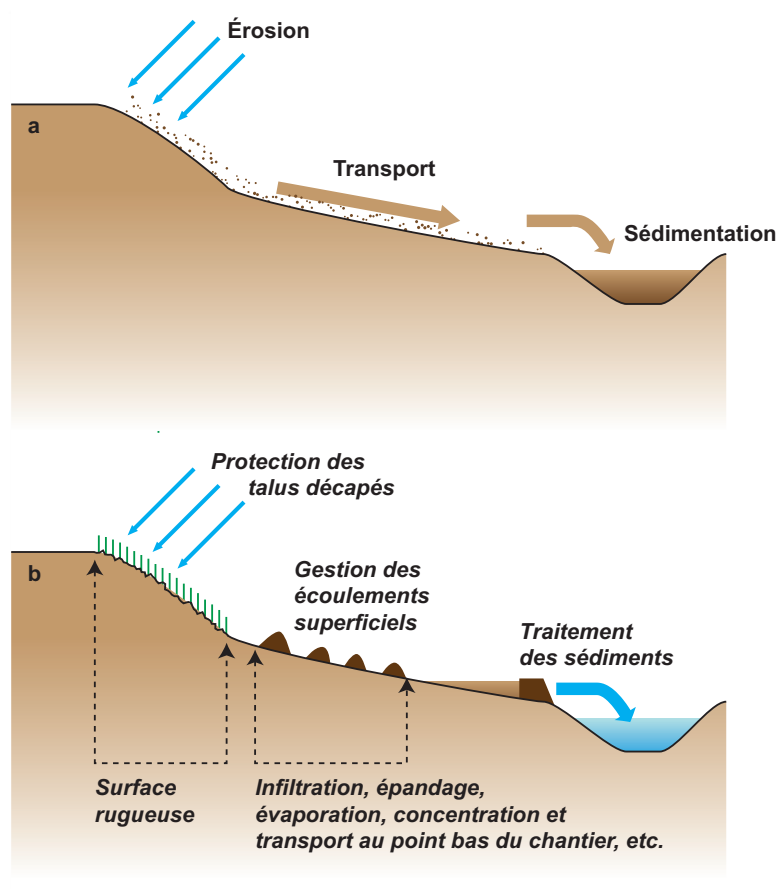
- Contrôler à la source les risques d'érosion des sols décapés
- Limiter les volumes d'eau et de sédiments à traiter au point bas des chantiers
- Respecter l'obligation réglementaire de non dégradation supplémentaire de l'état des eaux

« La totalité est plus que la somme des parties »
(Blandin, 2007).

Description

Combiner entre elles différentes bonnes pratiques environnementales sur les zones terrassées du chantier, en favorisant les techniques préventives avant les dispositifs curatifs (figure 14)

Les bonnes pratiques environnementales utilisées indépendamment ne suffisent généralement pas à lutter contre l'érosion, à gérer les écoulements superficiels ou à traiter les sédiments. En revanche, leur efficacité se démultiplie dès lors qu'elles sont utilisées simultanément.



© Biotope pour AFB

Figure 14. Processus « érosion/transport/sédimentation » : (a) cas d'un chantier ne bénéficiant d'aucune protection des sols décapés ; (b) cas d'un chantier comprenant une approche multi-barrières. Source : Zimmerman (s.d.).



Approche multi-barrières appliquée à un talus découpé : lutte contre l'érosion par chenillage des sols, infiltration des écoulements superficiels à l'aide de boudins de rétention en série, maintien d'une zone tampon entre le chantier et le cours d'eau par mise en défens de la ripisylve

Spécifications

Sachant que la plupart des projets sont uniques, du fait de leurs spécificités techniques et des caractéristiques propres au milieu naturel (topographie, pédologie, hydrologie, pluviométrie, enjeux écologiques, etc.), **les bonnes pratiques environnementales à déployer varient au cas par cas, en fonction des spécificités propres à chaque chantier.**

Au total, quatre grands types de bonnes pratiques sont associés à l'approche multi-barrières (figure 15 page 38). Il s'agit :

- **d'anticiper les risques d'érosion** des sols découpés pour les besoins du chantier : en favorisant la réalisation des travaux en dehors des périodes pluvieuses et en veillant à une gestion adaptée de l'emprise du chantier (par ex. : maintien d'une strate herbacée ou de zones « tampon » entre le chantier et les cours d'eau ou les zones humides) (fiches Anticiper n°2 et n°3) ;
- **de lutter contre l'érosion** de ces sols découpés : en limitant autant que possible le départ de sédiments par un traitement ou une protection adaptée à chaque type de sols découpés (chapitre IV) ;

- **de gérer les écoulements superficiels** : en interceptant, en ralentissant, en dispersant ou en redirigeant les écoulements superficiels afin d'éviter toute aggravation ou concentration des risques liés à l'érosion des sols (chapitre V). Les bonnes pratiques consistent par exemple :

- à collecter séparément les eaux claires issues du bassin versant en amont du chantier de celles issues de l'emprise chantier,
- à rejeter ces eaux claires directement en aval hydraulique du chantier avant qu'elles ne soient polluées,
- à gérer les eaux issues du chantier par infiltration ou concentration avant traitement ;

- **et de traiter les sédiments** en les piégeant avant leur rejet dans les cours d'eau à l'aide de différentes techniques dont la filtration, la déshydratation, la décantation ou la floculation (chapitre VI).

Principes communs à tous les chantiers

Prévoir l'emprise foncière nécessaire à la mise en place des bonnes pratiques environnementales (cas des pièges à sédiments et des bassins provisoires de décantation par exemple)

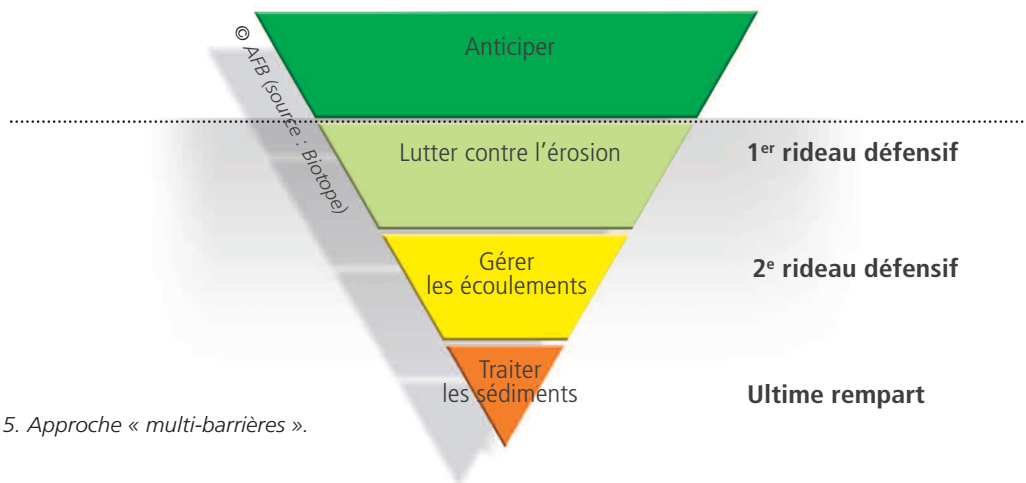


Figure 15. Approche « multi-barrières ».

Anticiper le risque de déclenchement du processus « érosion/transport/dépôt » des sédiments avant le dessouchage de la végétation et le décapage des sols. En l'absence de quoi, une quantité importante de terre peut être érodée par la pluie sur les chantiers (figures 6 et 7 pages 21 et 23)

Limiter les volumes d'eaux à traiter au point bas du chantier en collectant les eaux issues du bassin versant amont et en les rejetant directement en aval du chantier (avant qu'elles ne soient polluées)

Prévoir des dispositifs favorisant l'infiltration des eaux de ruissellement issues du chantier (lorsque c'est possible) plutôt que de les concentrer et de les envoyer pour traitement dans des bassins de décantation

Favoriser l'utilisation de dispositifs biosourcés et biodégradables à même le sol

Multiplier les dispositifs de collecte des écoulements superficiels, de dissipation de leur énergie hydraulique et de traitement des sédiments sur toute l'emprise du chantier

Dimensionner et équiper les bassins ou fossés de décantation en fonction de la durée du chantier, de la surface de bassin versant drainée, etc.

Inspecter et entretenir les dispositifs après chaque épisode pluvieux

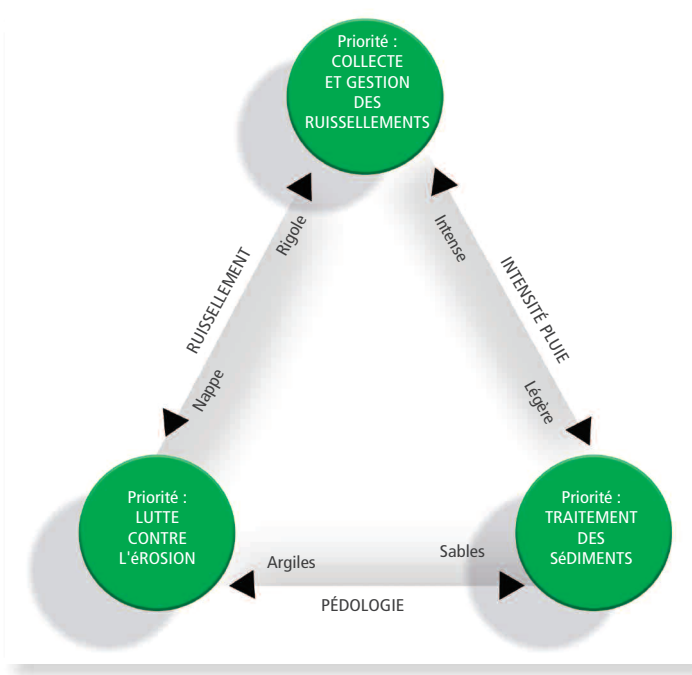
Modalités de choix des bonnes pratiques environnementales au cas par cas

Afin de savoir quelles bonnes pratiques choisir en fonction des chantiers, il importe avant toute chose de connaître pour chaque projet :

- les spécificités locales du site : altitude, pluviométrie, topographie, composition et cohésion des sols, couvert végétal maintenu pendant le chantier et ensoleillement, hydrographie et régime hydrologique des cours d'eau, etc. ;
- les enjeux écologiques associés aux cours d'eau et aux zones humides situés au droit de l'emprise du chantier ou à proximité immédiate :
 - statut de protection et objectifs de conservation ou de gestion associés,
 - présence d'habitats d'intérêt communautaire,
 - présence d'espèces animales ou végétales polluo-sensibles, protégées ou à très forte valeur patrimoniale, etc. ;
- les modalités de conception et de réalisation des IOTA provisoires et définitifs, les risques de pollution des milieux aquatiques (notamment par le déclenchement du processus « érosion/transport/dépôt ») variant en fonction de la nature même des matériaux ou des produits utilisés sur le chantier, de l'emprise et de la durée du chantier, de l'ampleur des terrassements à effectuer, de la période de réalisation des travaux, des ouvrages utilisés, des activités déployées, etc.

Une fois le site caractérisé et le projet connu, il est alors possible d'anticiper les risques et de choisir les dispositifs les mieux adaptés au chantier, en **les combinant simultanément** conformément à l'approche multi-barrières précitée (figure 16).

L'approche multi-barrières est efficace uniquement si l'ensemble de l'emprise du chantier et le bassin versant amont sont pris en compte.



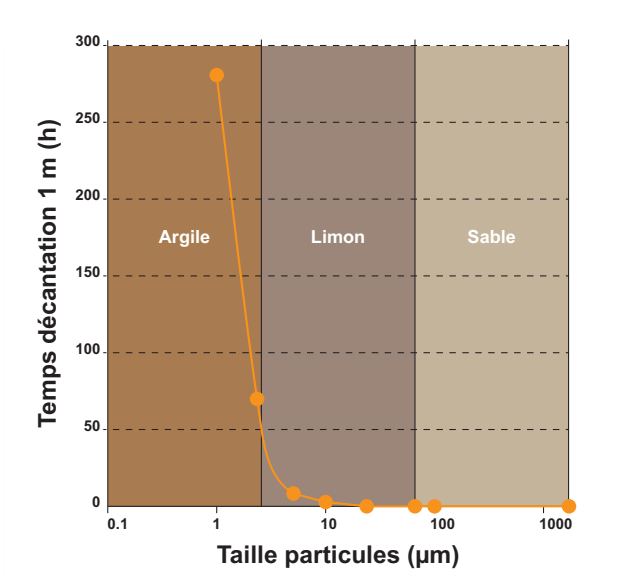
© Biotopie pour AFB

Figure 16. Modalités de priorisation des bonnes pratiques à mettre en place en fonction du site. Source : Local Government Association of Queensland (2006)

À titre d'exemple, et compte tenu du temps de décantation variable des particules en fonction de leur taille (figure 17), il importe de prévoir des bonnes pratiques adaptées à la composition des sols et à la topographie (tableau 4 page 40) :

- pour les sols argileux, les bonnes pratiques réduisant l'érosion des sols sont recommandées ;
- pour les sols sableux, le traitement des sédiments est recommandé.

Un dispositif qui lutte contre l'érosion des sols permet de réduire aussi le volume des sédiments à traiter en aval. En revanche, un dispositif qui traite les sédiments n'a aucun effet sur l'érosion amont.



© Biotopie pour AFB

Figure 17. Temps de décantation des particules argileuses à sableuses, en fonction de leur taille. Source : McLaughlin (s.d.).

Tableau 4. Besoins de mise en place de dispositifs de lutte contre l'érosion des sols en fonction de leur composition et de la pente
Source : Tetra Tech

Pente	Constats		
	Sols argileux	Sols limoneux	Sols sableux
Très pentue ($\geq 2H/1V$)	Risque d'érosion très élevé Vigilance maximale	Risque d'érosion élevé Vigilance importante	Risque d'érosion élevé Vigilance importante
Pentue (entre 2H/1V et 4H/1V)	Risque d'érosion très élevé Vigilance maximale	Risque d'érosion élevé Vigilance importante	Risque d'érosion modéré Vigilance moyenne
Moyennement pentue (entre 5H/1V et 10H/1V)	Risque d'érosion élevé Vigilance importante	Risque d'érosion modéré Vigilance moyenne	Risque d'érosion modéré Vigilance moyenne
Peu pentue (entre 10H/1V et 20H/1V)	Risque d'érosion modéré Vigilance moyenne	Risque d'érosion modéré Vigilance moyenne	Risque d'érosion faible Vigilance moyenne

Encadré n°2

Exemples d'adaptation des bonnes pratiques environnementales

1. Cas particulier de sols argileux dominants : favoriser la lutte contre l'érosion. En effet, ces sols contiennent des particules très fines difficiles à traiter sur les chantiers. Une fois mises en suspension, elles mettent beaucoup de temps à sédimenter (figure 17 page 39) et les dispositifs de traitement des sédiments (pièges à sédiments, bassins ou fossés de décantation) sont inefficaces pour les faire décanter, le temps de rétention des eaux étant insuffisant. Dans ce cas, les bonnes pratiques recommandées sont :

- maintenir la couverture végétale le plus longtemps possible (fiche Anticiper n°3) ;
- traiter les sols décapés (chenillage, création de sillons, etc.) et les protéger dès que possible (paillage par mulch, hydroseeding, géotextile, etc.) (chapitre IV) ;
- optimiser la performance des bassins de décantation en augmentant le temps de rétention de l'eau et en réduisant les turbulences (fiches Traiter n°2 et n°3).

2. Dans le cas particulier de risque élevé de formation de rigoles voire de ravines sur des surfaces décapées pentues ou suite à de fortes précipitations : favoriser la gestion des écoulements superficiels. Ceci signifie :

- collecter les écoulements superficiels issus du bassin versant en amont du chantier à l'aide de fossés collecteurs, de merlons ou de drains et diriger l'eau propre vers un milieu végétalisé ou la restituer directement dans le cours d'eau en aval hydraulique ;
- réduire la vitesse d'écoulement de l'eau en traitant les surfaces décapées (chenillage des sols, création de sillons, etc.) ou en installant des barrières semi-perméables perpendiculairement à la pente (boudins, barrières géotextiles, etc.).

Avantages

- Apporter une garantie élevée de gestion efficace des sédiments et de réussite environnementale du chantier, l'efficacité de cette approche ayant été testée et prouvée sur de très nombreux chantiers en France comme à l'étranger (*Greater Golden Horseshoe Area Conservation Authorities, 2006*)
- Obliger à appréhender le chantier et la gestion des risques de manière globale et hiérarchisée

- Optimiser l'utilisation des dispositifs, qui peuvent servir à la fois à ralentir les écoulements superficiels, à décanter les sédiments, à infiltrer les eaux, etc.
- Réduire les risques de pollution liés à une panne ou au dysfonctionnement d'un dispositif en particulier, du fait de l'utilisation combinée et simultanée de plusieurs autres dispositifs complémentaires

Limites

- Difficulté à connaître et à anticiper tous les risques à l'avance
- Travail nécessaire à la préparation du chantier (avant le démarrage des premiers terrassements) potentiellement chronophage. À prévoir à l'avance dans le phasage du projet, afin de veiller au choix des meilleures pratiques environnementales
- Sous-estimation des moyens nécessaires au déploiement et à une mise en place optimale des bonnes pratiques environnementales (en personnel et en temps de préparation, d'entretien, de suivi et de démantèlement)
- Obligation d'adapter sur le terrain les bonnes pratiques environnementales initialement prévues, du fait de contraintes physiques méconnues ou sous-estimées (topographiques, hydrauliques, foncières, etc.)
- Impossibilité de garantir le risque zéro (même avec l'utilisation des meilleurs dispositifs possibles)



© Patrick Hacala - AFB



© Patrick Hacala - AFB

Écoulements superficiels sur sols décapés non protégés contre l'érosion.

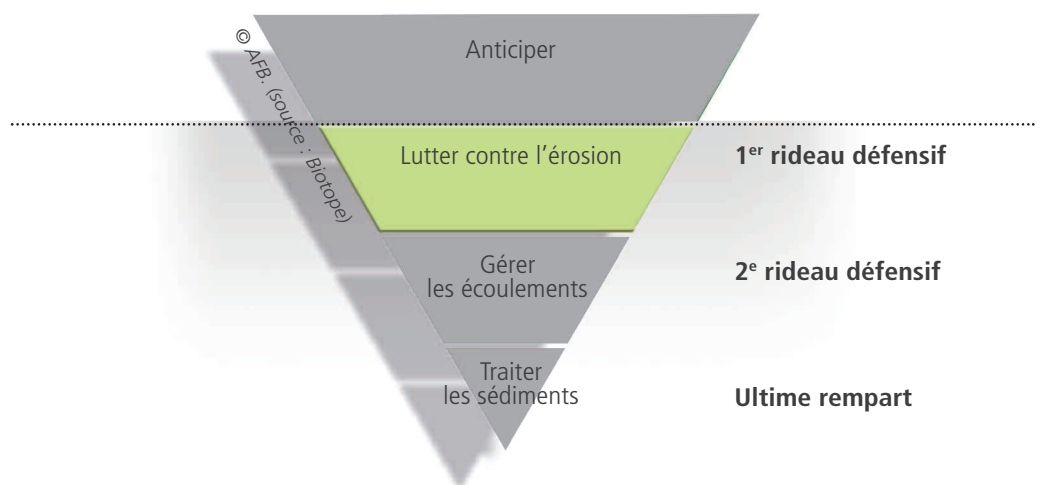
IV

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.

- Consulter un géotechnicien et appréhender 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.).

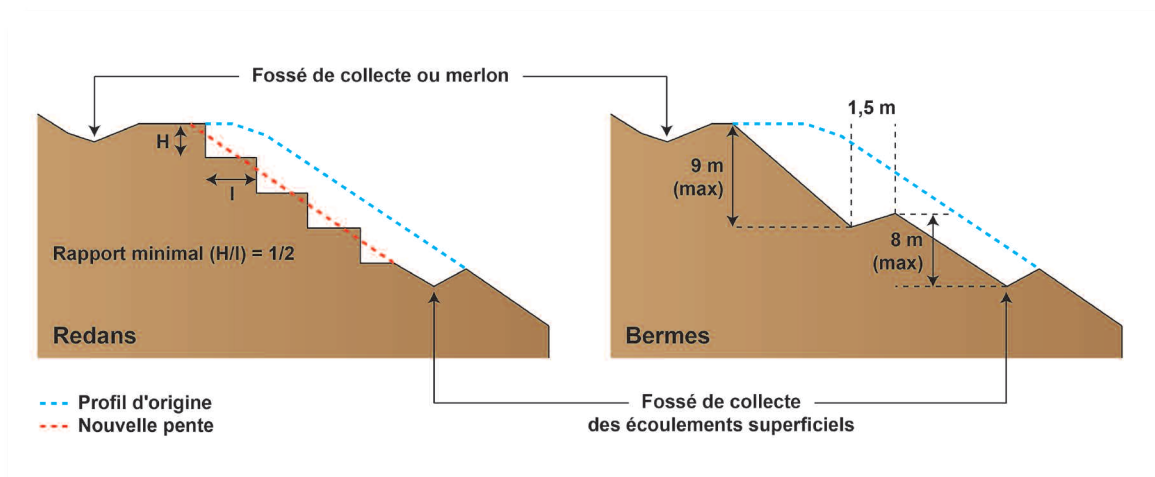


Figure 18. Principe de réalisation des redans et des bermes sur des surfaces décapées pentues. Les rapports de forme indiqués (largeur, profondeur, hauteur) constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas.



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).

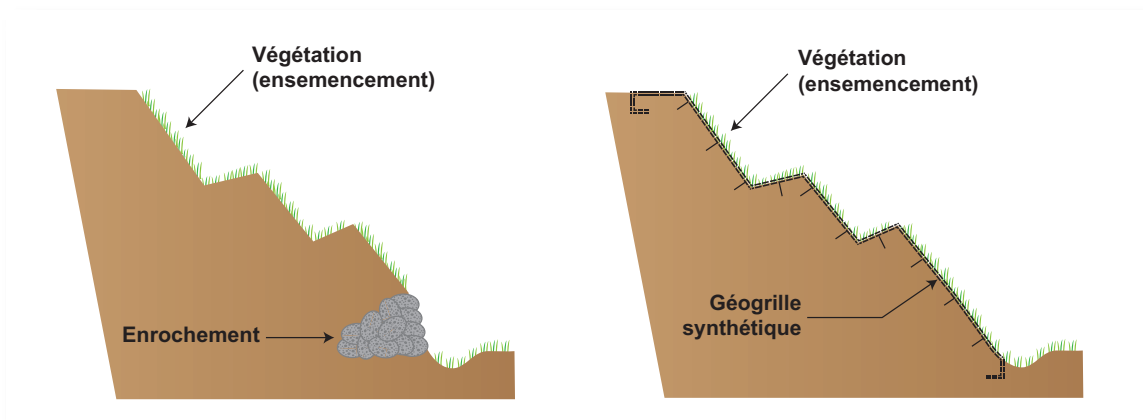


Figure 19. Exemple de bermes stabilisées à l'aide d'ensemencement en partie supérieure de talus et d'un enrochement en pied de talus.

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 rocailleux, 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

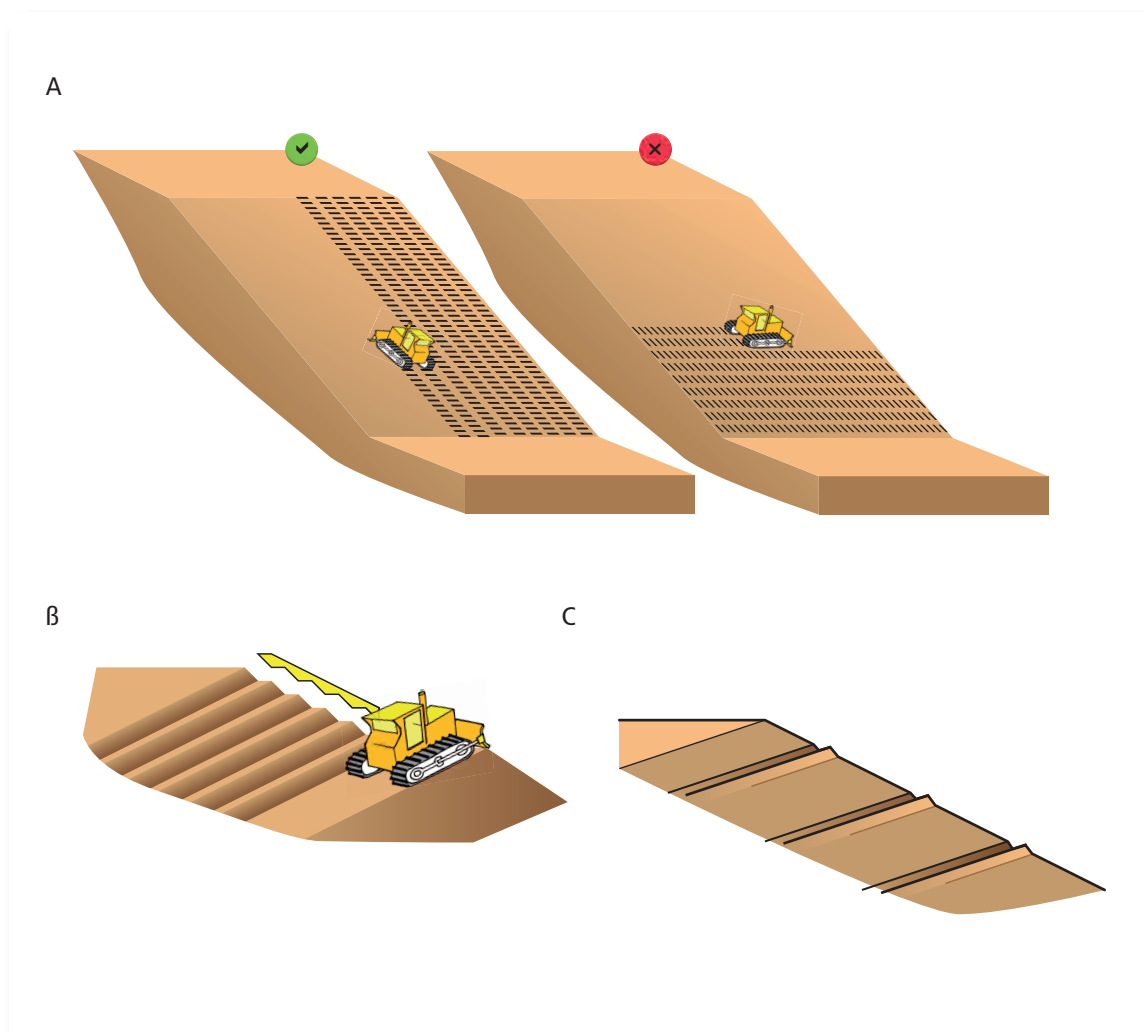
Microreliefs

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

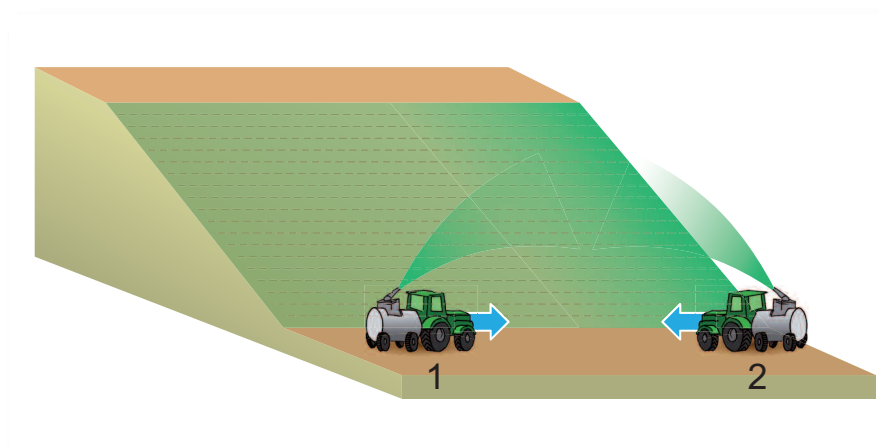
Limites

- 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.)

Ensemencement

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)¹¹ ;
- 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)¹² 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/m² (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.

¹¹ - 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.

¹² - 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 m².

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

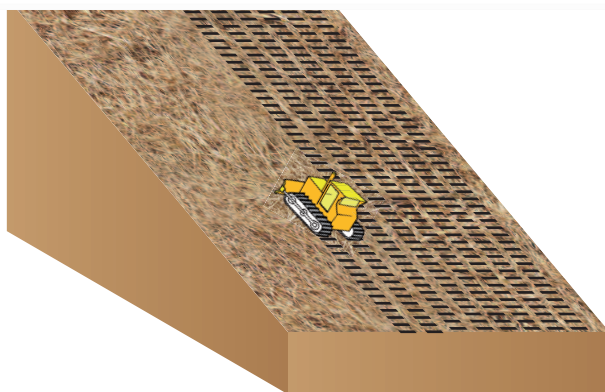


Figure 23. Chenillage de la paille épandue manuellement au sol, pour une meilleure fixation.

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.

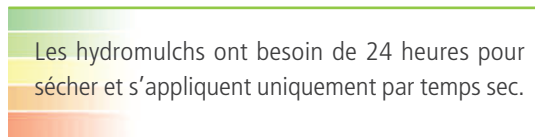
La durée de vie de ces hydromulchs varie, de 1 mois pour la cellulose à 24 mois pour les FGM (mulch de type « Flexible Growth Medium »).

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.

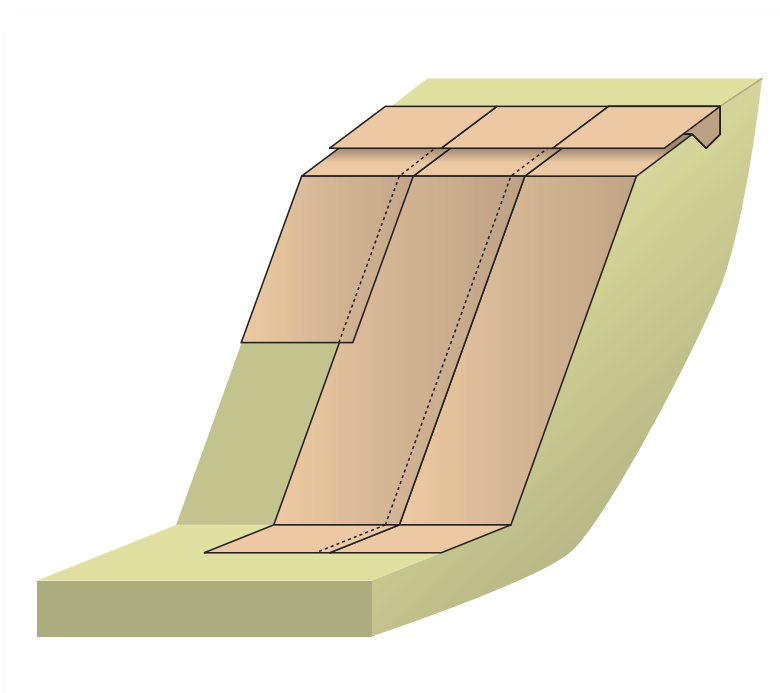
Paillage par géotextile biodégradable

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 ²	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

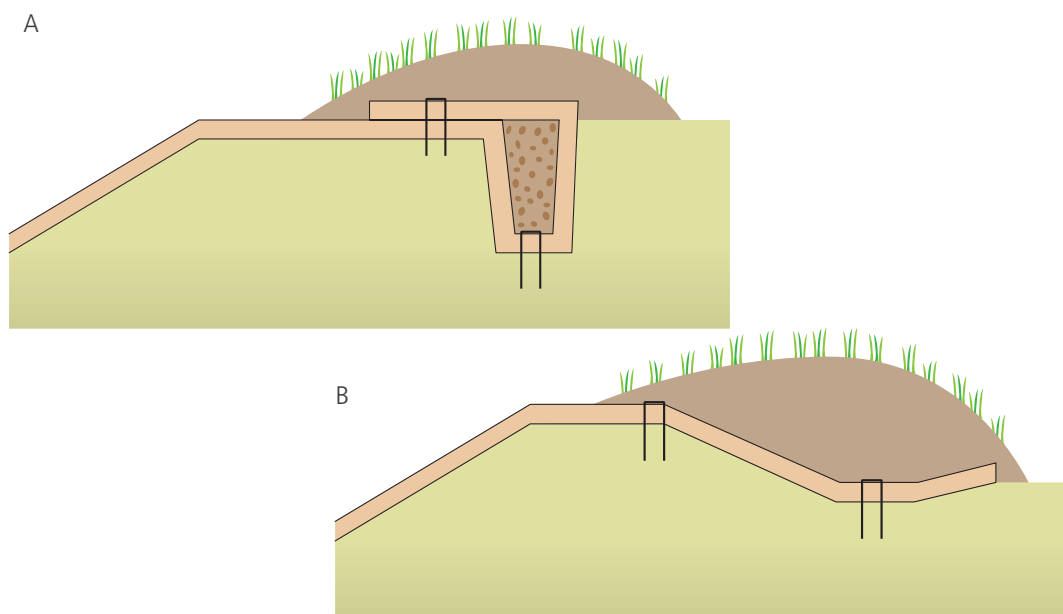


Figure 25. Exemples de tranchées d'ancrage d'un géotextile en crête de pente. A- ancrage complexe, à privilégier sur de grandes surfaces décapées pentues ; B- ancrage simple, à utiliser sur de petites surfaces peu pentues.

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

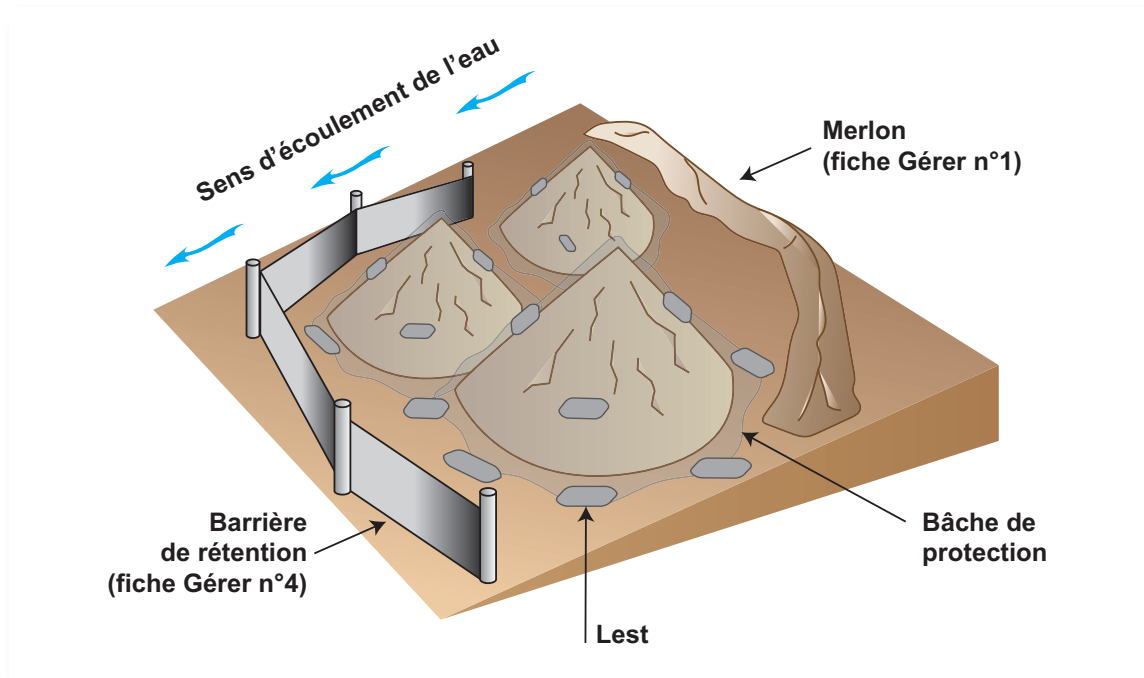
Description

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).

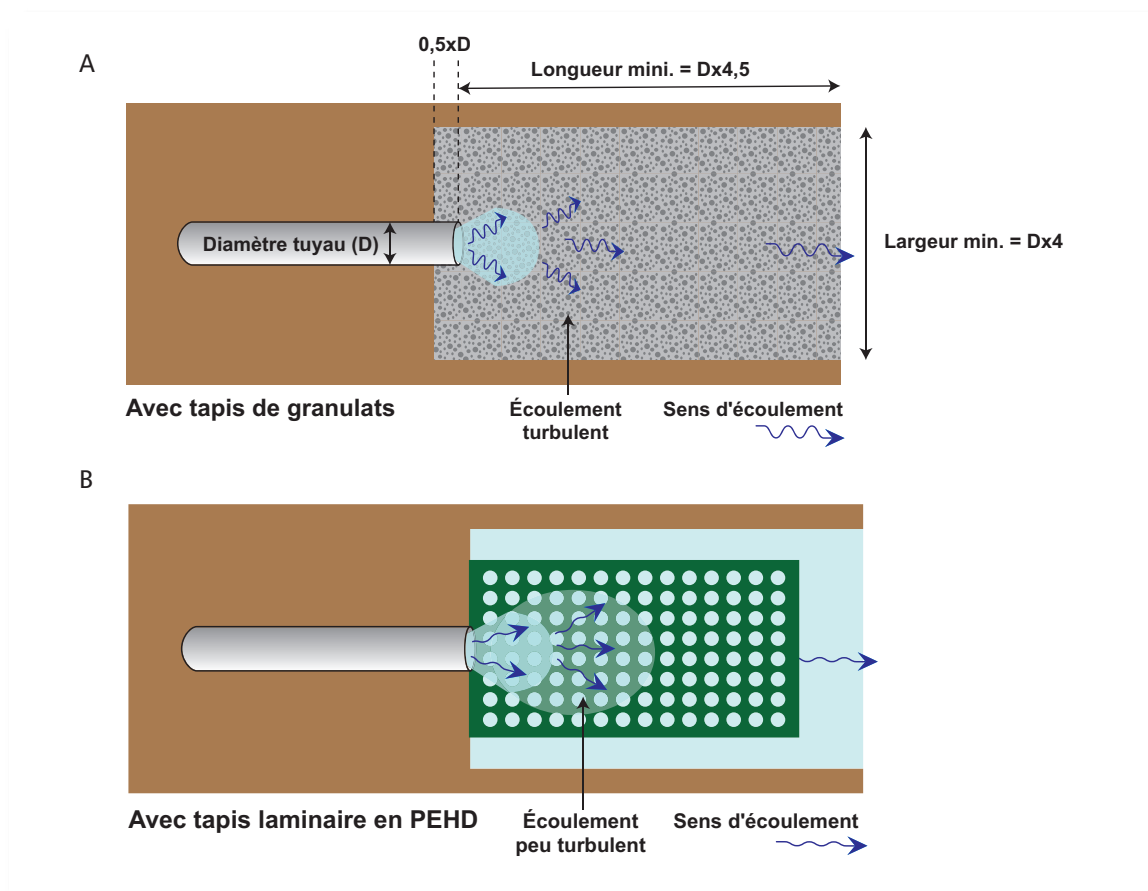


Figure 27. Schémas de principe de dispositifs de protection des exutoires. A - tapis de granulats grossiers ; B - tapis laminaire en PEHD. Les rapports de forme indiqués (diamètre du tuyau, longueur et largeur du dispositif) constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas. Source : Guay et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

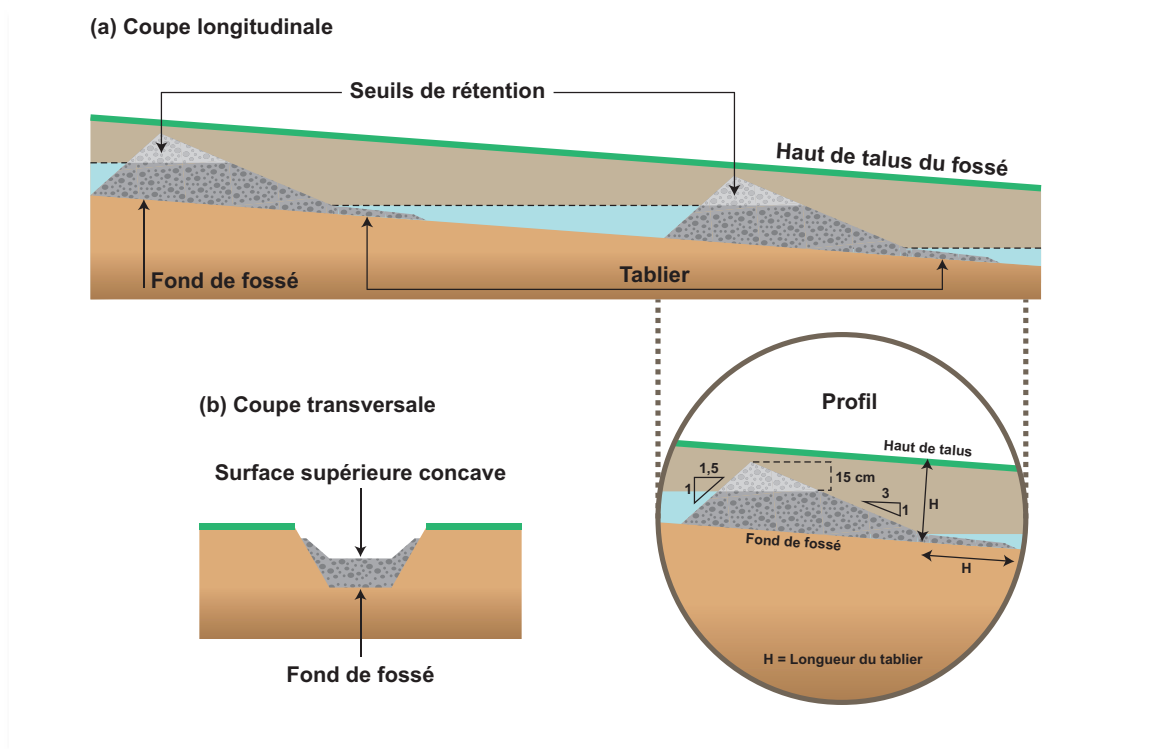
Objectifs

- 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 superficiels¹³. 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

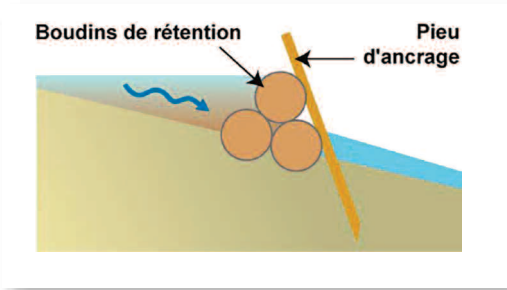


Figure 29. Modalité d'ancrage d'un seuil semi-perméable réalisé à l'aide de boudins de rétention. Source : adapté de Caltrans.

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

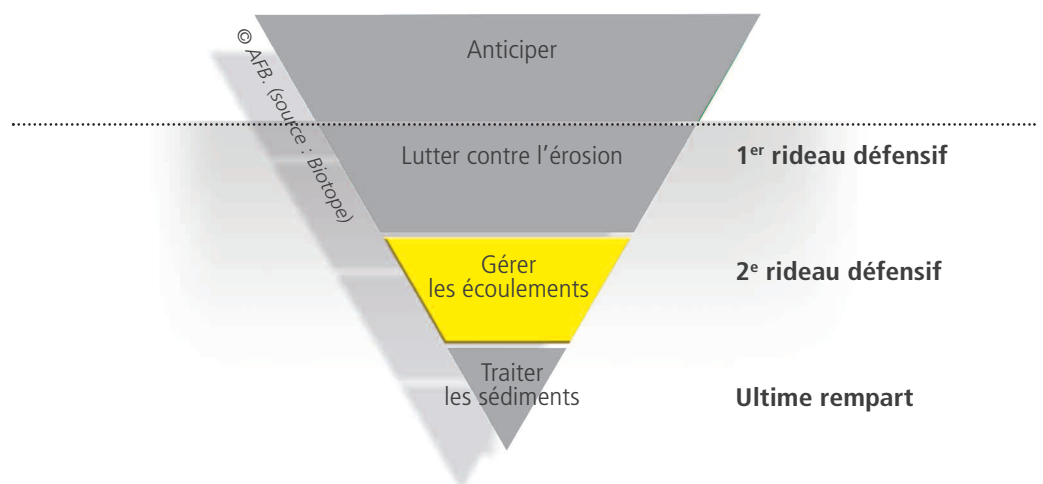
Cas particulier des bottes de paille décompactées

- 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

V

Gérer les écoulements superficiels

En complément de la lutte contre l'érosion (chapitre IV), la gestion des écoulements superficiels en amont et au droit de l'emprise du chantier constitue un des facteurs de réussite majeur de la préservation des milieux aquatiques.



À ce titre, le chapitre suivant présente les bonnes pratiques environnementales disponibles, avec leurs objectifs, leurs champs d'application, leurs spécifications, leurs avantages et leurs limites.

- Fiche Gérer n°1. Merlon, cunette et fossé provisoires
- Fiche Gérer n°2. Entretien de fossé – Technique du tiers inférieur
- Fiche Gérer n°3. Boudin de rétention provisoire
- Fiche Gérer n°4. Barrière de rétention (ou de clôture) provisoire
- Fiche Gérer n° 5. Descente d'eau provisoire et drain de pente provisoires

Merlon, cunette et fossé provisoires

Objectifs

- Isoler le chantier des écoulements superficiels issus du bassin versant amont
- Intercepter et réduire les écoulements superficiels sur le chantier
- Diminuer les volumes d'eau à traiter aux points bas du chantier
- Protéger une zone sensible

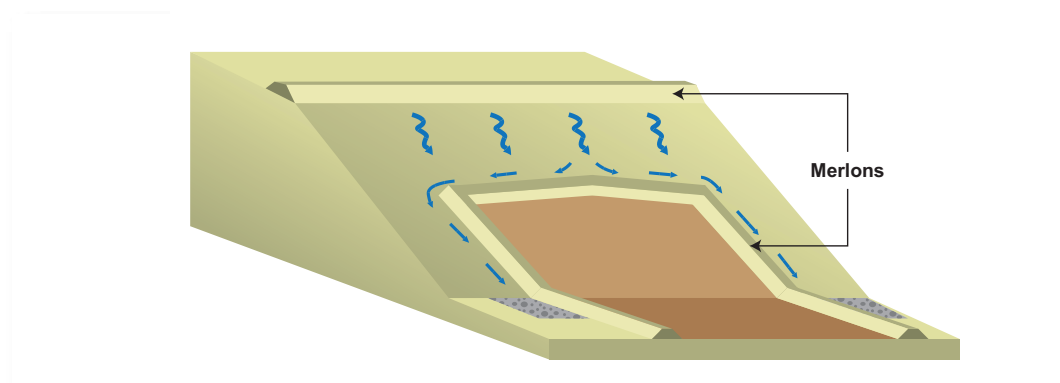
Description

Levée de terre compactée (merlon, bourrelet) ou tranchée de collecte (fossé, cunette) permettant d'intercepter et de dévier temporairement les écoulements superficiels

pour les diriger en dehors du chantier ou vers des dispositifs de traitement des sédiments (figures 30 et 31).

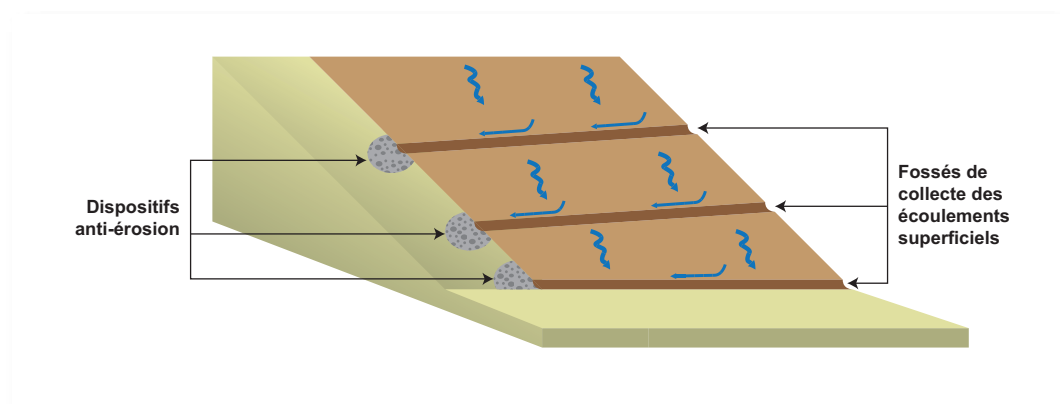
Installés individuellement ou en série, ces dispositifs permettent :

- soit de retenir l'eau provisoirement, afin d'éviter l'érosion ou le dépôt de sédiments sur un secteur sensible (cours d'eau, zone humide, etc.) ;
- soit de limiter au maximum les risques d'érosion sur les surfaces décapées et de diminuer les volumes d'eau à traiter aux points bas des chantiers. Dans ce cas, les écoulements superficiels sont déviés et guidés vers une surface végétalisée ou vers des dispositifs de collecte, de concentration ou de traitement (fossé, drain de pente, piège à sédiment, bassin de décantation).



© Biotope pour AFB

Figure 30. Collecte puis dérivation des écoulements superficiels issus du bassin versant amont à l'aide d'un merlon. L'exutoire aboutit à un dispositif anti-érosion (fiche Lutter n°7) avant rejet de l'eau dans le milieu naturel.



© Biotope pour AFB

Figure 31. Collecte puis dérivation des écoulements superficiels issus du chantier à l'aide de fossés en série aboutissant à des dispositifs anti-érosion (fiches Lutter n°7 et n°8). Les eaux ainsi concentrées sont soit infiltrées soit transportées vers un dispositif de traitement des sédiments.

Champs d'application

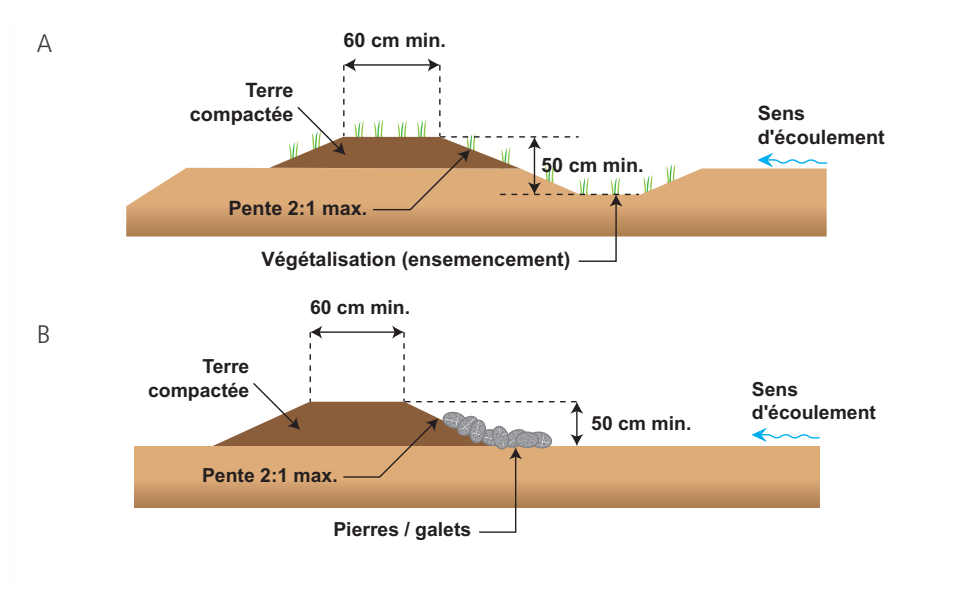
■ Ensemble de l'emprise chantier

Les merlons ou fossés provisoires sont généralement réalisés :

- à la périphérie de l'emprise chantier ;
- en haut et en pied de talus ;
- sur des surfaces décapées (talus, pistes, etc.) ;
- autour des zones de dépôts provisoires, etc.

Ils sont inadaptés aux terrains très rocailleux ou constitués d'une dense végétation.

Dans le cas d'une circulation fréquente d'engins sur une piste munie de merlons, consulter les responsables de la circulation afin de déterminer les dimensions appropriées pour assurer la sécurité du personnel. Une circulation par engins à chenilles oblige à entretenir régulièrement les merlons, surtout en période pluvieuse.



Merlon en bas de pente, équipé d'une surverse (identifiée en orange). Il protège une berge défrichée et dirige l'eau vers un milieu végétalisé



Merlon en bas de pente, associé à une barrière de rétention provisoire en géomembrane et équipé d'une surverse (dans le prolongement de la géomembrane). Il protège une zone humide et un cours d'eau longeant le chantier.



Fossé de collecte des écoulements superficiels.

Spécifications

Les merlons ou fossés s'inscrivent dans une approche multi-barrières et sont généralement combinés à d'autres bonnes pratiques (ensemencement, paillages, barrières géotextiles, etc.). Lors de leur réalisation sur les chantiers, veiller à :

- les réaliser rapidement, après le défrichage ou immédiatement après le décapage des surfaces, ou dès lors qu'une zone nécessite d'être protégée des écoulements superficiels issus de l'amont ;
- les protéger, renforcer ou stabiliser, surtout lorsqu'ils restent sur le chantier plusieurs mois, et ce à l'aide d'un ensemencement (fiche Lutter n°3), d'un paillage par géotextiles biodégradables (fiche Lutter n°5) ou

de seuils anti-érosion semi-perméables (fiche Lutter n°8). À noter qu'une couverture végétale d'environ 75 % assure une résistance suffisante à l'érosion ;

- prévoir une surverse protégée contre l'érosion et éloignée des zones sensibles (fiche Lutter n°7).

Dans le cas d'équipement d'une piste ou d'un talus décapé (figure 31 page 77) :

- réaliser les merlons ou les fossés en série et à intervalles réguliers sur l'ensemble de la surface et au point bas ;
- adapter le nombre de séries à réaliser en fonction de la pente, des risques hydrauliques et des enjeux écologiques (tableau 12).

Tableau 12. Exemples d'intervalles entre séries de fossés ou merlons en fonction de la pente

Pente	< 5 %	5 - 10 %	10 - 20 %	> 20 %
Distance entre chaque merlon (ou fossé)	100 m	60 m	30 m	10 m

Il s'agit d'ordres de grandeur à adapter au cas par cas en fonction de la nature des sols, des risques hydrauliques et des enjeux écologiques.

Cas des merlons (ou bourrelets)

Compacter solidement les matériaux utilisés, en vérifiant l'absence de débris qui pourraient créer des points faibles et faciliter l'érosion

Protéger le point de rejet des eaux (ou la zone de surverse) contre l'érosion, notamment lors de l'utilisation des merlons comme retenue d'eau temporaire (fiche Lutter n°7)

Dimensionner les merlons selon les principes suivants (figure 32 A et B ci-contre) :

- hauteur comprise entre 30 cm et 50 cm (pour une efficacité optimale) ;
- profil en travers :
 - forme trapézoïdale ou arrondie ;
 - pente des côtés < 50 % ;
- profil en long légèrement pentu, quasi-perpendiculaire au sens des écoulements superficiels, ceci afin d'éviter toute stagnation ou débordement de l'eau, ou des mises en vitesses favorisant l'érosion.

Cas des fossés

Dimensionner les fossés selon les principes suivants :

- profil en travers : éviter les parois verticales, favoriser les formes trapézoïdales, arrondies ou évasées, ces dernières permettant d'insérer plus facilement des dispositifs anti-érosion de type seuils (fiche Lutter n°8) ;
- profil en long légèrement pentu, quasi-perpendiculaire au sens des écoulements superficiels ;
- dans le cas particulier de sols humides ou d'un fossé pentu, ajouter des dispositifs de protection des sols (géotextiles) et/ou anti-érosion (seuils, enrochements) ;
- protéger le point de rejet du fossé contre l'érosion (fiche Lutter n°7) et le raccorder à un(des) piège(s) à sédiments disposé(s) en série si nécessaire.

Dans le cas d'un chantier de longue durée (plusieurs mois voire années) : entretenir les fossés selon les modalités définies dans la fiche Gérer n°2



Cunettes successives, sur une piste provisoire de circulation des engins, collectant les écoulements superficiels et les dirigeant vers une zone végétalisée située de part et d'autre de l'emprise du chantier. Les points de rejet sont munis de dispositifs anti-érosion.

Entretien / Points de vigilance

Veiller à l'absence de rigoles, de ravines, de renards ou d'écoulements contournant les merlons ou les fossés, signes d'un entretien insuffisant, d'un sous-dimensionnement ou d'un défaut de conception ou de réalisation des dispositifs

Inspecter les merlons et fossés tous les jours en période de pluie puis après chaque épisode pluvieux ; ou toutes les deux semaines pendant une période d'inactivité du chantier, pour détecter des traces d'érosion ou de dépôts de sédiments qui pourraient altérer l'efficacité de dispositifs

En cas de surfaces décapées instables, traiter les sols par ensemencement et paillage en complément de la réalisation des merlons ou fossés

Avantages

- Économique (peu ou pas de matériaux à fournir)
- Efficace et durable si conçu et réalisé sous des conditions optimales
- Modulable et polyvalent
- Réduit la surface des sols à traiter quand les merlons ou fossés sont disposés en série
- Compatible avec un ensemencement hydraulique (sur les merlons par exemple)
- Peut être laissé sur place une fois le chantier terminé, si pas d'inconvénient pour les usagers du site

Limites

- Risque de dérangement de la circulation des engins et piétons. Informer les propriétaires avant de quitter le chantier
- Inadapté aux terrains très rocailleux ou constitués d'une végétation dense
- Nécessite une surveillance et un entretien très régulier

Entretien d'un fossé provisoire – Technique du tiers inférieur

Objectifs

- Maintenir la capacité d'évacuation de l'eau
- Réduire l'érosion des talus et le dépôt de sédiments en aval
- Préserver les milieux récepteurs
- Réduire la fréquence et les coûts d'entretien

Description

Entretien le fossé en curant uniquement le tiers inférieur de la profondeur totale du fossé et en préservant la végétation des talus (figure 33)

Cette technique est plus particulièrement adaptée aux fossés provisoires réalisés dans le cadre de chantiers de longue durée (plusieurs mois voire années) ou aux fossés permanents (des Touches & Anras, 2005).

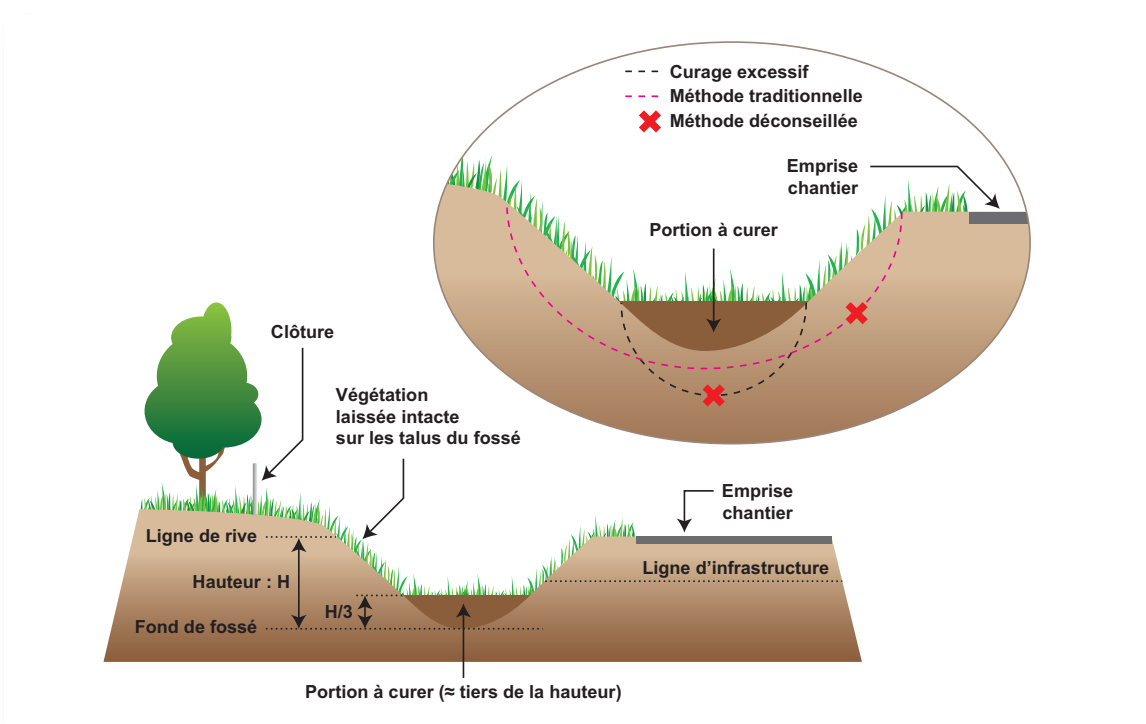


Figure 33. Modalités d'entretien des fossés par la technique du tiers inférieur : schéma de principe et ordre de grandeur des rapports de forme recommandés. Source : Guay et al (2012).



Fossé creusé selon la méthode du tiers inférieur.



Méthode traditionnelle.



A- Résultat de la méthode de gestion des fossés à l'aide du tiers inférieur. Quelques mois après l'entretien, le fond du fossé est intact et garde toute sa capacité d'évacuation des eaux.

B- Résultat de la méthode traditionnelle de gestion des fossés. Quelques mois après l'entretien, la reprise végétale est faible, des rigoles d'érosion se sont formées sur les talus et le fond du fossé est colmaté.

Champs d'application

Ensemble des fossés collecteurs du chantier (dont plus particulièrement ceux situés à proximité des milieux aquatiques)

Spécifications

Avant le démarrage des travaux d'entretien

Veiller au choix d'un matériel adapté :

- taille de pelleteuse permettant à l'opérateur de voir le fond du fossé ;
- godet sans dents, de dimension adaptée au gabarit du fond du fossé ;
- système de guidage laser permettant de contrôler et de respecter la pente du fossé.

Inspecter le linéaire du fossé et marquer les sorties de drains, embâcles ou problèmes d'écoulement

Identifier les linéaires nécessitant un curage du fond du fossé et/ou un entretien des talus (pour lesquels la végétation est trop développée et constitue un danger, un risque d'embâcle ou un obstacle à l'écoulement)

Pendant les travaux

Intervenir uniquement lorsque nécessaire. Eviter de curer si seul un débroussaillage des talus est requis

Procéder en descendant de l'amont vers l'aval afin de permettre aux linéaires non nettoyés de filtrer les débris ou sédiments issus des travaux amont

Marquer d'une simple entaille horizontale et à l'aide du bord du godet, la limite entre le tiers inférieur et les deux tiers supérieurs du talus. Réaliser cette entaille sur le talus situé côté pelleteuse uniquement

Curer ensuite le fond du fossé, en allant soit (1) du talus opposé à la piste jusqu'à l'entaille horizontale effectuée coté pelleteuse ; soit (2) dans le sens de la pente longitudinale du fossé (cas de l'utilisation d'un bras articulé/déporté). Cette dernière technique évite la création de surlargeurs et garantit le maintien de la végétation sur les talus du fossé

Veiller à préserver la végétation dans les 2/3 supérieurs des deux talus

Évacuer les débris et résidus de curage afin d'éviter qu'ils ne retombent au fond du fossé

Pour toute recommandation spécifique à l'entretien des fossés permanents consulter des Touches & Anras, 2005

Entretien, points de vigilance

Procéder par temps sec

Protéger le point de raccordement du fossé avec le milieu récepteur (fiches Lutter n°7 et n°8)

Dans le cas de fossés très pentus (pente > 5 %) et incisés, ajouter :

- des seuils anti-érosion en séries (fiche Lutter n°8) ;
- des pièges à sédiments (fiche Traiter n°1).

Dans le cas de talus instables : les végétaliser à l'aide de techniques de génie végétal traditionnelles

Vérifier, après une forte pluie, si l'eau s'écoule librement et repérer les encoches d'érosion. Les stabiliser

En cas d'enjeux écologiques (floristiques ou faunistiques) au sein du milieu récepteur en aval immédiat du fossé : laisser intact le dernier linéaire compris entre 20 m et 50 m, sauf en cas de risque à la sécurité ou de présence d'obstacles à l'écoulement

Avantages

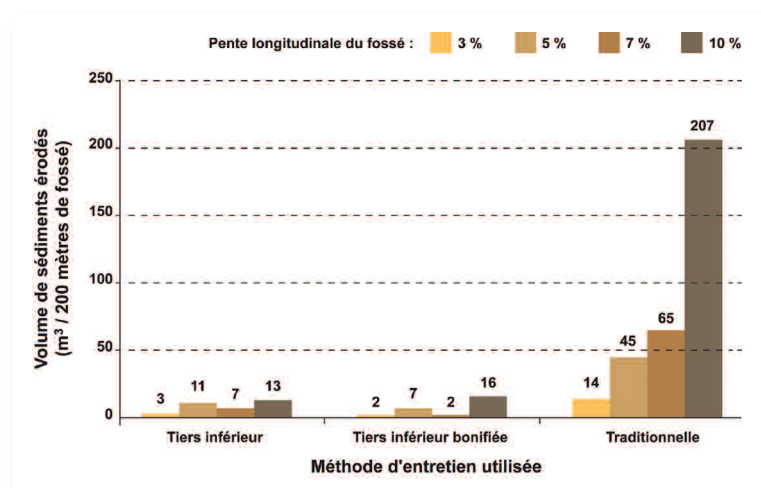
- Économique (réduction du coût d'environ 40 % comparé aux méthodes traditionnelles) (tableau 13)
- Réduit le temps consacré à l'entretien des fossés, tant en termes de fréquence que de durée des travaux de curage
- Réduit la quantité de résidus de curage à gérer d'environ 60 % (figure 34)
- Maintien des fonctions d'évacuation hydraulique des fossés
- Maintien des fonctions protectrices et épuratrices de la végétation
- Maintien de la capacité d'accueil des fossés pour la faune et la flore

Limite

- Inadapté aux fossés trop incisés ou obstrués demandant un reprofilage complet

Tableau 13. Comparaison du coût d'entretien de fossés entre les méthodes traditionnelles et du tiers inférieur
 Source : Gagné (2008) In Ministère des transports du Québec (2012)

	Méthode traditionnelle	Technique du tiers inférieur
Curage		
Temps moyen	4 h 39 min	2 h 49 min
Taux horaire	90 \$	90 \$
Coût total – section de 200 m	418,5 \$	253,8 \$
Chargement camion de 15 tonnes – distance parcourue 20 km		
Nombre moyen de chargement	14,6	4,9
Quantité totale chargée	219 tonnes	73,5 tonnes
Coût unitaire – chargement (/km)	8,88 \$	8,88 \$
Coût total – curage + chargement – section de 200 m	2 362,34 \$	652,39 \$
Coût total par km de fossé curé	11 811,7 \$	906,2 \$



© Biotope pour AFB

Figure 34. Comparaison du volume de sédiments curé entre trois types de curage de fossés. Source : Monast Robineau (2008) In Ministère des transports du Québec (2012).

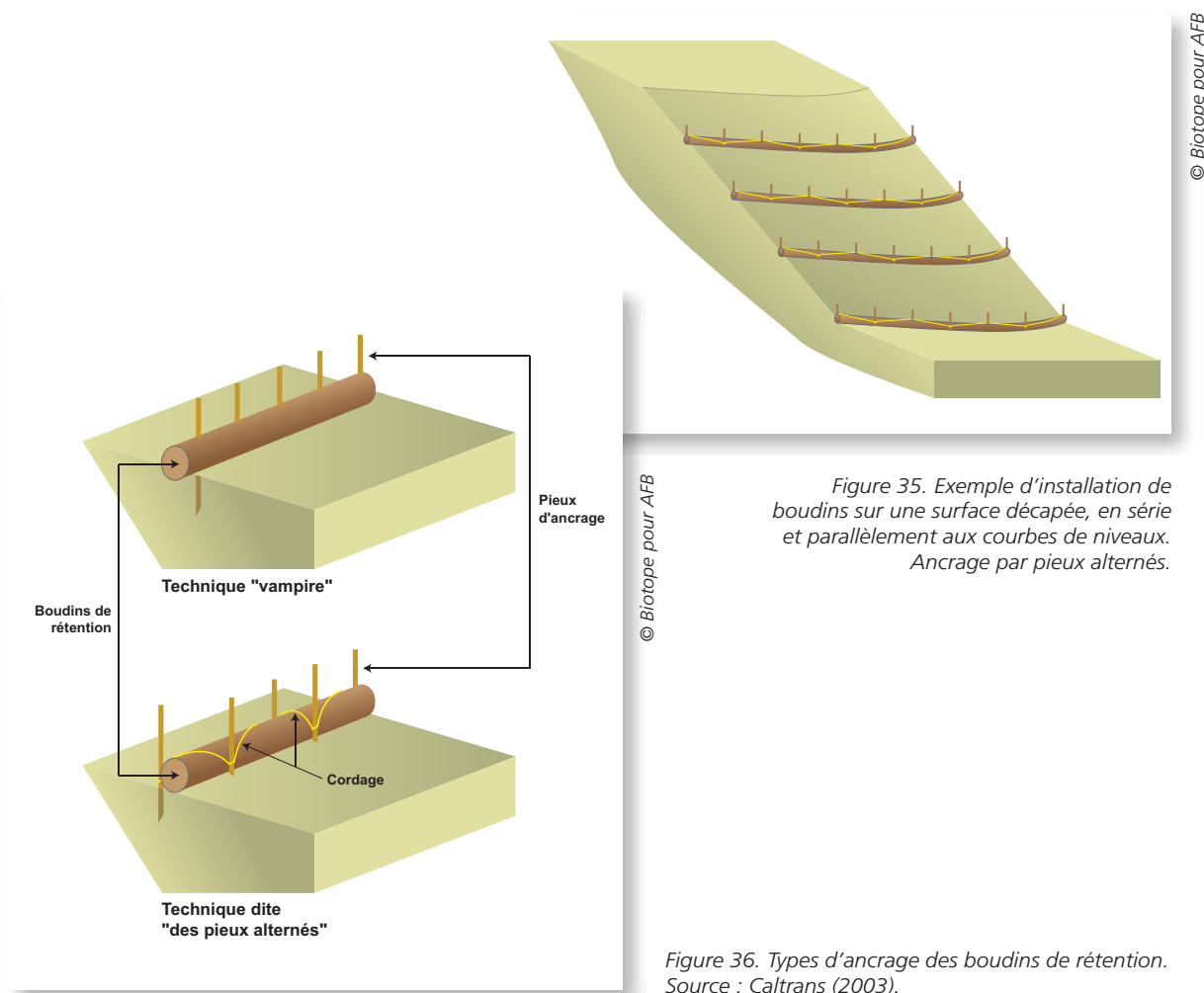
Boudin de rétention provisoire

Objectifs

- Intercepter et ralentir les écoulements superficiels
- Favoriser l'infiltration de l'eau
- Piéger les sédiments (dont les MES)
- Diminuer les volumes d'eau et de sédiments à traiter au point bas des chantiers

Description

Tubes tissés et ancrés au sol à l'aide de piquets ou d'agrafes (figure 35)



Les boudins comprennent un maillage synthétique ou biodégradable à même le sol, et un rembourrage constitué de divers matériaux (sciure, copeaux, paille, fibres coco, fibres synthétiques, compost, etc.). Ils présentent différents diamètres ($\varnothing \geq 20$ cm) et longueurs (de 2 m à

50 m). Leur densité varie en fonction des fibres et de la procédure de fabrication utilisées. Ainsi, les boudins issus de paillage soufflé sont moins denses que ceux remplis par vis sans fin. Les boudins les plus denses sont plus résistants contre l'érosion mais plus difficiles à manier.

Des boudins « maison » peuvent aussi être fabriqués sur le chantier avec des toiles de géotextile roulées.

Très polyvalents, les boudins sont utilisés pour :

- participer à la stabilisation de surfaces décapées pentues ;
- protéger les milieux aquatiques ou autres zones sensibles, les avaloirs, les bouches d'égout ou les regards contre l'apport de sédiments grossiers (fiche Traiter n°6) ;
- créer des seuils anti-érosion successifs (fiche Lutter n°8) ;
- accélérer la reprise végétale lors de la remise en état de berges ou de talus, etc. Dans ce cas, l'utilisation de boudins pré-germés est recommandée.

Champs d'application

■ Ensemble de l'emprise du chantier

Les boudins peuvent être utilisés dans de multiples situations et configurations :

- à la périphérie du chantier, pour délimiter les emprises et dévier les écoulements superficiels issus du bassin versant amont ;
- sur une grande surface décapée pentue, en série et parallèlement aux courbes de niveau, afin de démultiplier les zones de rétention ;
- au sein d'un fossé ou d'une noue, afin de créer des seuils successifs de dissipation de l'énergie hydraulique ;
- au point bas d'un talus ou autour d'un dépôt provisoire pour freiner et décanter les sédiments grossiers ;
- en amont ou en aval immédiat d'un bassin de décantation ou d'un exutoire (drain, buse, etc.) ;
- le long d'un fossé ou autour d'une bouche d'égout ou d'un avaloir ;
- le long d'un cours d'eau, afin de protéger la ripisylve ou la végétation herbacée du chantier ;
- en fascine le long d'une berge ou d'un talus, etc.

Les boudins devant toujours être en contact avec le sol sur toute leur longueur, ils sont inefficaces sur de la roche mère ou sur une surface non décapée et végétalisée.

© Véronique de Billy - AFB



Boudins avec maillage plastique et rembourrage en fibre de paille, ancrés par pieux alternés (A) ou selon la technique "vampire" (B).

Ne jamais utiliser de boudins :

- au fond du lit d'un cours d'eau ;
- sur une surface décapée saturée d'eau et présentant un risque élevé de glissement de terrain. Ils augmentent en effet l'infiltration et peuvent contribuer à l'instabilité du sol.

Spécifications

Les boudins s'intègrent dans une approche multi-barrières associant création de microreliefs, ensemencement, paillage par mulch ou géotextile biodégradable, etc.

Les écoulements superficiels doivent passer au travers ou par-dessus le boudin et non autour ou en-dessous.

L'efficacité de l'installation dépend donc de la qualité de l'ancrage effectué, qui doit maintenir **un contact continu entre le boudin et le sol sur toute la longueur**. À cette fin :

- réaliser au préalable une tranchée de 5 à 10 cm de profondeur (soit un tiers environ du diamètre du boudin) ;
- ancrer les boudins à l'aide de pieux en bois plantés aux extrémités et à intervalles réguliers (tous les 120 cm environ). Ces pieux présentent une épaisseur de 2 x 2 cm environ et une hauteur de 60 cm. Deux méthodes d'ancrage sont possibles (figure 36) :
 - technique « vampire » : enfoncement des pieux au cœur du boudin,
 - technique des « pieux alternés » : enfoncement des pieux en quinconce (de part et d'autre du boudin) reliés entre eux par un cordage.



© Véronique de Billy - AFB

Cas particulier de protection de surfaces décapées

Les boudins sont généralement installés en séries régulières, parallèlement aux courbes de niveau avec un léger retour aux extrémités (en « J », « demi-lune » ou « quartier de lune »). Plus la pente est élevée, plus le nombre de séries de boudins augmente (tableau 14).

Tableau 14. Exemples d'intervalles à respecter entre boudins en fonction de la pente. Source : Oregon Department of Transportation (2005)

Pente de la surface décapée	Intervalles
< 25 %	tous les 5 à 6 m
de 25 à 50 %	tous les 4,5 m
> 50 %	tous les 3 m

Ces intervalles sont donnés à titre indicatif et doivent être adaptés au cas par cas.

Si la traversée d'une surface décapée demande l'installation de plusieurs boudins successifs sur une même ligne, ceux-ci doivent se chevaucher à leurs extrémités (et non être mis bout à bout).

Ils peuvent aussi être installés sur des géotextiles biodégradables, afin de les maintenir plaqués au sol et réduire les risques d'érosion. Dans cette configuration, ils sont installés sans tranchée.

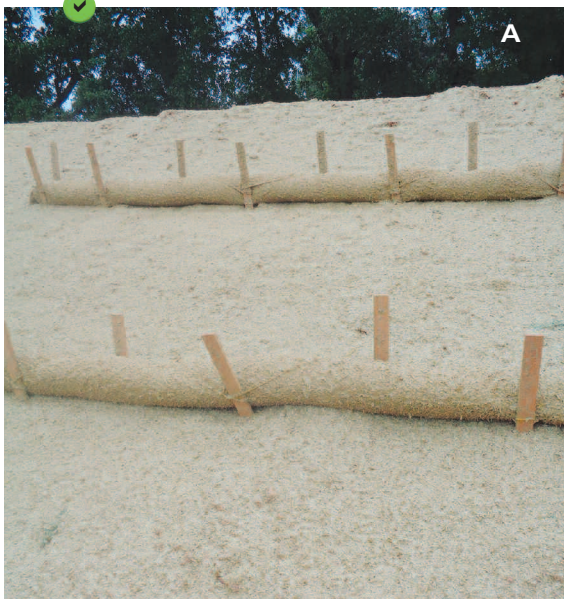
A- Boudins en série, ancrés par pieux alternés et recouverts d'un paillage par mulch.

B- Boudins en maillage et rembourrage coco, installés en série sur une toile coco tendue. Les boudins sont ancrés à l'aide d'agrafes en U et de pieux aval. Ils sont recouverts à droite à l'aide d'un paillage par mulch.

C - Boudin ancré selon la technique des pieux alternés, présentant un léger retour à l'extrémité (en « J » ou quartier de lune).

D - Protection d'un pied de talus à l'aide de fascines en boudins recouverts d'un paillage par mulch et plantés de pieds de saules.

© Véronique de Billy - AFB



© Nadia Moulin - AFB

© Véronique de Billy - AFB



© Véronique de Billy - AFB

Cas de protection des dépôts provisoires (fiche Lutter n°6)

Cas de seuils semi-perméables (fiche Lutter n°8)

Cas de protection d'avaloirs (ou bouches d'égouts) (fiche Traiter n°6)

Entretien, points de vigilance

Après l'ancrage des boudins, vérifier systématiquement qu'ils sont bien en contact avec le sol sur toute leur longueur. Ils peuvent en effet être entraînés par le courant s'ils sont mal fixés ou soumis à des débits trop élevés

Inspecter l'installation tous les jours pendant une période pluvieuse et une fois toutes les deux semaines pendant une période d'inactivité du chantier et intervenir rapidement en cas de dysfonctionnement. La formation de rigoles, de sous-creusements (renards) ou de contournements indique un entretien insuffisant, un sous-dimensionnement ou une mauvaise installation.

Réparer ou remplacer les boudins déchirés, colmatés ou sous-dimensionnés. Le cas échéant, de la paille ou des morceaux de géotextile peuvent combler les petits espaces entre le boudin et le sol.

Certains maillages et rembourrages permettent le traitement chimique des eaux pour les métaux-lourds, les hydrocarbures, les sauts de pH, les MES, etc. L'ajout de flocculants sur le maillage des boudins est à étudier rigoureusement : les dosages sont difficiles à établir et l'innocuité des molécules dans le milieu naturel n'est pas formellement démontrée. Le rapport coût/bénéfice reste à définir et le respect du principe de précaution constitue une priorité (fiche Traiter n°5).

Avantages

- Économique
- Flexible, disponible et modulable
- S'installe et se retire facilement, même sur des surfaces difficiles d'accès ou constituées de sols peu profonds
- Épouse la forme du relief
- Capte les graines, feuilles, sédiments, etc. et favorise la création de micro-habitats propices à la germination et à la reprise végétale
- Peut être laissé sur place dès lors qu'il est biodégradable. Il conserve sa fonctionnalité jusqu'à 5 ans (en moyenne), aidant à la reprise végétale des berges, talus, etc.
- Utile en génie végétal, permet une approche paysagère

Limites

- Ne jamais utiliser seul mais obligatoirement en combinaison avec d'autres bonnes pratiques environnementales
- Inadapté aux sols rocailloux
- Risque de submersion des boudins de faible diamètre
- Efficace seulement pour des apports en sédiments limités
- Difficile à retirer une fois installé et saturé d'eau. Favoriser l'utilisation d'un maillage et rembourrage biodégradables à même le sol, afin de pouvoir le laisser sur place à la fin du chantier

B

Barrière de rétention (ou de clôture) provisoire

Objectifs

- Interceptor et ralentir les écoulements superficiels
- Favoriser l'infiltration des écoulements superficiels
- Piéger les sédiments grossiers
- Diminuer les volumes d'eau et de sédiments à traiter au point bas des chantiers

Description

Géotextile tissé ou non tissé, constituant une barrière verticale semi-perméable, au travers de laquelle l'eau percole lentement à travers la porosité du tissu (figures 37 et 38)

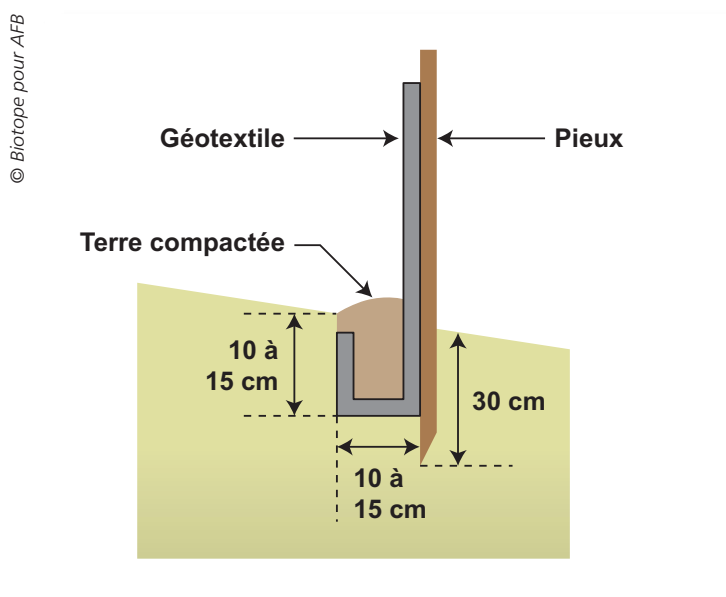


Figure 37. Schéma de principe de l'installation d'une barrière de rétention. Le géotextile est tendu verticalement à l'aide de piquets et enterré dans une tranchée de terre compactée (bourrelet). Les rapports de forme (hauteur, largeur) sont donnés à titre indicatif et doivent être adaptés au cas par cas. Source : Tetra Tech.

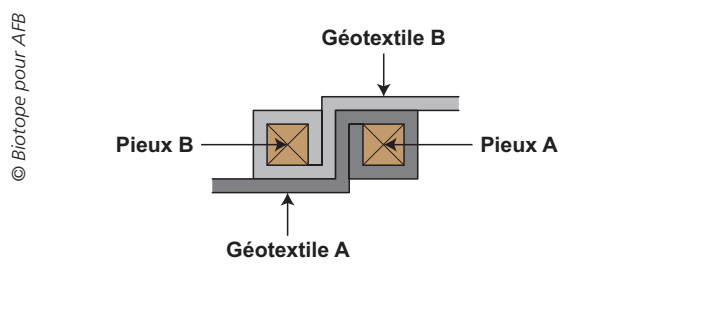


Figure 38. Lors d'un chevauchement de deux barrières, enrouler le géotextile autour des piquets avant de les planter. Ceci assure une continuité sans interstice entre les deux sections. Source : Tetra Tech.

Tendues verticalement avec des piquets, les barrières de rétention sont enterrées dans le sol sous des bourrelets. Elles font environ 60 cm de haut et peuvent aller jusqu'à 40 m de long maximum (au-delà, l'accumulation d'eau engendre des risques élevés de rupture du dispositif).

Très polyvalentes, elles sont utilisées pour :

- participer à la stabilisation de surfaces décapées pentues ;
- contenir les sédiments grossiers au sein d'une zone localisée ;
- protéger les milieux aquatiques ou autres zones sensibles du reste du chantier.

L'eau doit passer au travers du géotextile et non autour, ni en-dessous ou par-dessus.

© Véronique de Billy - AFB



Dispositif d'installation automatique des barrières de rétention.



Solide ancrage au sol de la barrière de rétention.

© Véronique de Billy - AFB

© Eiffage



Barrière de rétention longeant un cours d'eau.

© Biotopie



Double barrières de rétention installées à la périphérie de l'emprise du chantier et conjuguées à des boudins en fibres de paille maintenus au sol par des sacs de graviers.

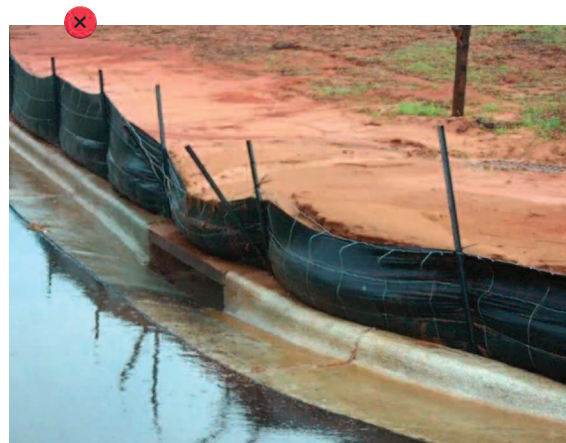
© McClain



Ne pas installer de barrières de rétention en travers des cours d'eau.



© McClain



La pose de barrières de rétention n'est pas une mesure suffisante pour lutter contre l'érosion des sols, gérer les écoulements superficiels et traiter les sédiments. Il importe d'adopter une approche multi-barrières combinant simultanément plusieurs bonnes pratiques environnementales.

Champs d'application

■ Ensemble de l'emprise du chantier

Les barrières de rétention peuvent être utilisées dans de multiples situations et configurations :

- soit sur une surface décapée, en série et parallèlement aux courbes de niveau afin de démultiplier les zones de rétention ;
- soit au point bas d'un talus pour freiner et décanter les sédiments grossiers ;
- soit autour d'un dépôt provisoire de déblais/remblais ou à la périphérie de l'emprise du chantier ;
- soit le long d'un cours d'eau, afin de protéger la ripisylve ou la végétation herbacée du chantier.

Les barrières géotextiles sont déconseillées sur des surfaces pentues (> 50 %) ou instables et dans les cours d'eau.

Spécifications

Les barrières de rétention s'intègrent dans une approche multi-barrières associant création de microreliefs, ensemencement, paillages par mulch ou géotextile biodégradable, merlons, cunettes ou boudins, etc.

Il importe de bien sélectionner l'emplacement des barrières géotextiles, tout comme leur configuration et installation, ces derniers points participant à l'efficacité du dispositif.

Choisir un géotextile adapté aux objectifs fixés car de nombreux modèles existent pour assurer une performance optimale. À titre indicatif :

- certaines barrières peuvent être composées d'un géotextile synthétique tissé, directement agrafé sur des piquets avec la partie inférieure du géotextile en « jupe » afin de permettre son enfouissement dans une tranchée ;
- les modèles non tissés sont parfois utilisés sur les chantiers car ils ne s'effilochent pas. Il convient néanmoins de vérifier au préalable leur porosité, leur résistance au déchirement, aux UV, etc. ;
- en installation très provisoire, un géotextile biodégradable peut être utilisé en lieu et place d'autres géotextiles, ceci afin de limiter la production de déchets. Mais la durée de vie de la barrière sera limitée.

Installer les barrières de rétention immédiatement après le défrichage et dans tous les cas avant le décapage des sols. Veiller à adapter cette implantation au fur et à mesure de l'avancement des travaux

Creuser au préalable une tranchée d'environ 15 cm x 15 cm (sauf dans le cas d'utilisation d'un dispositif d'installation automatique)

Positionner le géotextile en laissant un rabat de 20 cm environ à sa base

Maintenir verticalement le géotextile à l'aide de piquets (en bois ou en métal), espacés à intervalles réguliers de 2 m maximum et enfoncés dans le sol sur un minimum de 30 cm de profondeur. Le géotextile est placé en amont de ces piquets

Placer le géotextile au fond de la tranchée

Comblant la tranchée de terre puis la compacter, afin d'enterrer solidement le géotextile

Des systèmes de pose et d'ancrage automatiques des barrières géotextiles existent, à l'aide d'un tracteur équipé du soc d'une charrue et d'un matériel de tractage spécifique.

Dans le cas d'équipement d'une surface décapée pentue

Prévoir l'installation de séries successives positionnées à intervalles réguliers à définir en fonction de la pente

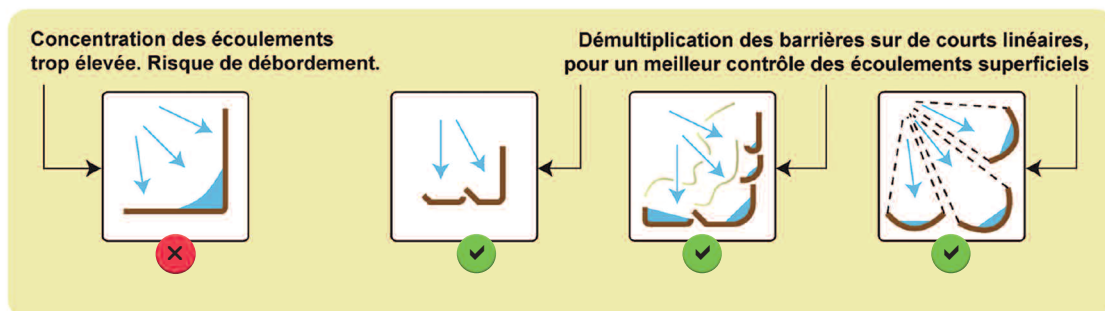
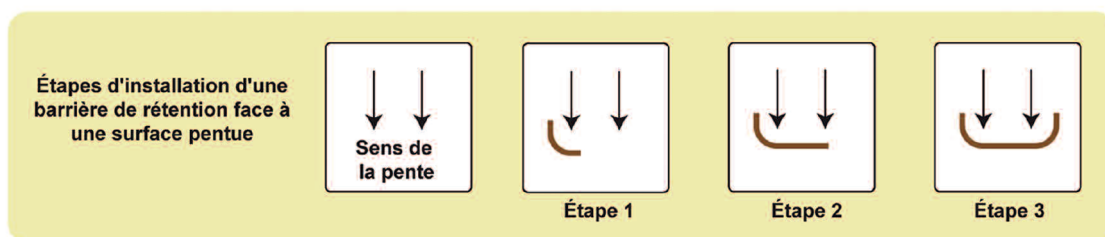
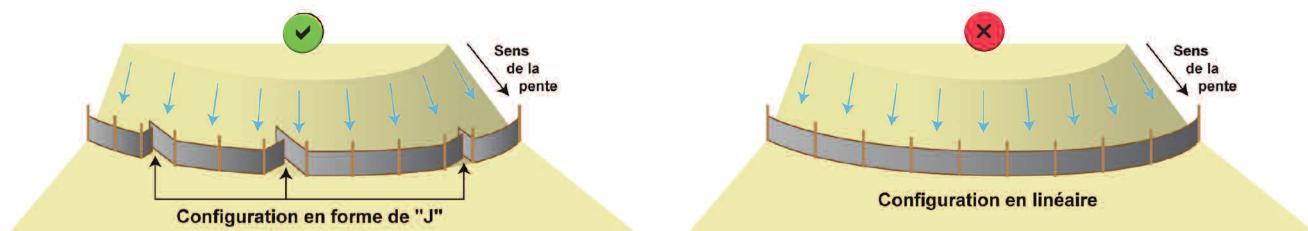
Installer les barrières parallèlement aux courbes de niveau, mais avec un retour en forme de « J » (dit « smiley »), afin d'éviter le contournement du dispositif par l'eau et d'optimiser le piégeage des sédiments (figure 39)

Dans le cas de protection d'un pied de talus ou d'un dépôt provisoire

Installer les barrières à 1 m de distance de la zone à protéger

Épouser la forme de la zone

Figure 39. Principes d'installation de barrières de rétention : en série et en « J ». Source : McCullah (2007).



© Biotope pour AFB

Entretien, points de vigilance

Après l'installation, vérifier systématiquement l'ancrage au sol des barrières de rétention sur toute leur longueur

Inspecter l'installation tous les jours pendant une période pluvieuse et une fois toute les deux semaines pendant une période d'inactivité du chantier et intervenir rapidement en cas de dysfonctionnement. La formation de rigoles, de sous-creusements (renards) ou de contournements indique un entretien insuffisant ou une mauvaise installation.

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

Réparer ou remplacer les barrières déchirées, colmatées ou effondrées

Laisser les barrières en place jusqu'à ce que les travaux soient terminés et/ou que les surfaces décapées en amont soient stabilisées avec une végétation pérenne ; puis les retirer complètement du site

Remettre en état les sols une fois les barrières de rétention enlevées

Avantages

- Efficace et durable si installée dans les conditions optimales
- Modulable et polyvalente
- Épouse facilement la forme du relief
- Compatible avec un ensemencement hydraulique
- Complète le génie végétal en protégeant les milieux naturels restaurés
- Peut être laissée sur place le temps que la végétation s'implante

Limites

- Nécessite une grande rigueur lors de son implantation et de son installation
- Incompatible avec un terrain rocailleux ou une végétation dense existante
- Demande un entretien régulier parfois difficile à mettre en place en période pluvieuse
- Nécessite de prévoir un accès pour l'évacuation des sédiments curés
- Risque de déchirement et de dispersion du géotextile, voire de colmatage du fond du lit des cours d'eau
- Nécessite d'être retirée à la fin des travaux et constitue un déchet supplémentaire à gérer lors du démantèlement

D

Descente d'eau et drain de pente provisoires

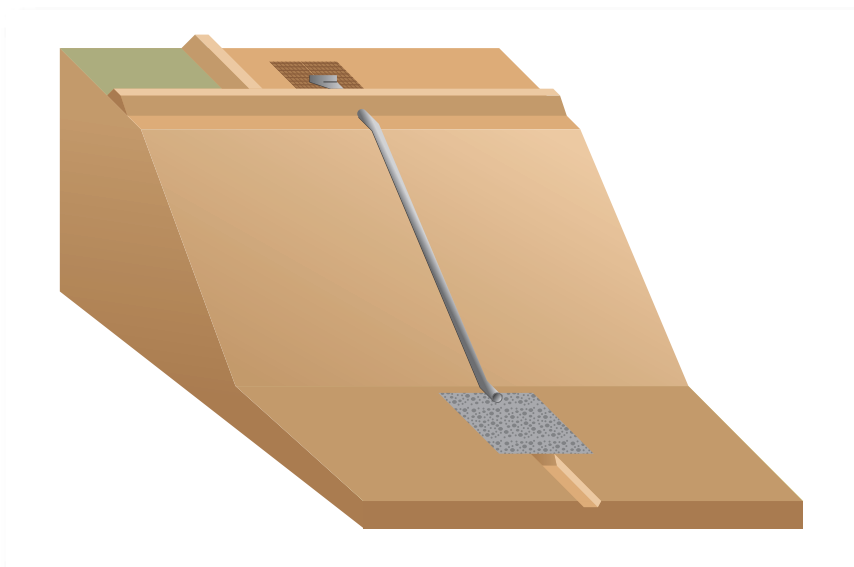
Objectifs

- Éviter la création de rigoles ou de ravines sur les talus décapés de grande hauteur (déblais, remblais)
- Isoler le chantier des écoulements superficiels issus du bassin versant amont
- Intercepter et réduire des écoulements superficiels au sein même du chantier
- Acheminer l'eau vers une surface stabilisée ou un dispositif de traitement des sédiments
- Protéger une zone sensible

Description

Drain ou conduite (composés d'un tuyau souple ou rigide de type gouttière, tuyau annelé PVC, buse, gaine ou drain fixé avec des pierres) ou descente d'eau (en géotextile ou en bâche de type polyane/géomembrane), à choisir en fonction des besoins et contraintes (diamètre, flexibilité, résistance à la charge hydraulique, etc.) (figure 40).

Ils interceptent temporairement les écoulements superficiels en leur faisant traverser par gravité un talus, une surface décapée ou un milieu naturel sensible sans créer de nuisance. Ces écoulements sont ensuite infiltrés ou rejetés dans un dispositif ou sur un site prévu à cet effet (surface végétalisée hors emprise chantier, fossé, bassin de décantation, cours d'eau, etc.).



© Biotope pour AFB

Figure 40. Schéma de principe d'installation d'un drain de pente sur une surface décapée pentue.

Champs d'application

- Talus pentus, redans, bermes, remblais, dépôts provisoires de matériaux, etc.

Spécifications

Les descentes d'eau provisoires ou drains de pente s'intègrent dans une approche multi-barrières associant microreliefs, ensemencement, paillages par mulch ou géotextile biodégradable, merlons, cunettes ou boudins, etc. Leur utilisation est recommandée pour :

- intercepter les eaux propres issues du bassin versant en amont du chantier et les restituer au milieu aquatique aval, ceci afin de limiter les processus d'érosion et de diminuer les volumes d'eaux à gérer et de sédiments à traiter au sein de la zone de travaux ;
- limiter l'apport d'eau dans une zone active de travaux ;
- maîtriser les écoulements superficiels collectés sur une plate-forme située en crête de talus et éviter la formation de rigoles ou ravines.

Lors de leur installation, dimensionner la section hydraulique de la descente d'eau ou du drain de pente en fonction du débit anticipé. Ce diamètre doit être *a minima* proportionnel à la superficie du bassin versant drainé (tableau 15).

Tableau 15. Diamètre minimal de la descente d'eau ou du drain de pente en fonction de la superficie du bassin versant drainé. Source : Oregon Department of Transportation (2005)

Superficie du bassin versant	Diamètre du drain de pente
0.05 ha	150 mm
0.2 ha	300 mm
0.6 ha	450 mm
1.4 ha	600 mm

Un sous-dimensionnement de la section hydraulique du drain de pente peut entraîner des dégâts matériaux ou des risques à la sécurité du personnel.

À l'entrée amont de la descente d'eau ou du drain de pente

Compacter le sol sous le point d'entrée de l'eau dans le dispositif et protéger les abords à l'aide d'un géotextile ancré au sol

Acheminer l'eau vers l'entrée du dispositif à l'aide d'un merlon. Ce dernier l'englobe et le dépasse d'au moins 20 cm de haut pour éviter tout débordement.

Équiper le cas échéant l'entrée du dispositif d'une bride évitant le sous creusement ($\emptyset > 300$ mm) ; à défaut, disposer temporairement des sacs de sable ancrés autour de l'entrée

Retirer les sédiments accumulés à l'entrée du dispositif dès qu'ils colmatent plus du tiers de son gabarit

Le long de la descente d'eau ou du drain de pente

Positionner le dispositif perpendiculairement aux courbes de niveau

L'enterrer ou le poser à la surface du sol, en fonction des besoins ou du contexte

L'ancrer au sol tous les 2 ou 3 m à l'aide de pierres (ou d'encrochements pour des débits plus élevés)

Si plusieurs sections de gaines ou de buses sont utilisées successivement, ajuster les joints pour éviter les fuites

Au point de rejet aval de la descente d'eau ou du drain de pente

Positionner le point de rejet en bas de pente – ne jamais rejeter l'eau en milieu de pente pour ne pas générer de processus d'érosion annulant tous les efforts développés en amont

Aménager la zone de rejet à l'aide de dispositifs anti-érosion proportionnels au volume et à la vitesse du courant (fiche Lutter n°7)

Entretien, points de vigilance

Les dysfonctionnements couramment observés sur ces dispositifs sont liés à la création de processus d'érosion à l'entrée et tout le long de la conduite. Afin de les éviter :

- lors du premier épisode pluvieux après l'installation du dispositif :
 - inspecter les merlons ou cunettes chargées de transporter les écoulements superficiels amont vers le drain de pente. Vérifier le dimensionnement et l'absence d'érosion ou d'accumulation de sédiments,
 - contrôler rigoureusement la conduite et ses points d'entrée et de rejet, ceci pour s'assurer de l'absence de zones de rétention d'eau qui présenteraient un risque soit pour la circulation des engins soit de création d'une zone d'érosion ou de dépôt de sédiments ;
- puis inspecter l'ensemble de ces dispositifs après chaque épisode pluvieux important ;
- inspecter l'aval des points de rejet et suivre les écoulements pour s'assurer que l'eau ne crée pas de nuisance.

Si le dispositif est enterré sous une piste de roulement, s'assurer que la profondeur et les matériaux sont conformes aux règles de l'art (adéquation des matériaux au trafic et au type d'engin) et qu'il n'y a pas de pente inversée

En fin de chantier, retirer les drains de pente et stabiliser le sol pour éviter la création d'un point faible sensible à l'érosion

Avantages

- Réduire rapidement les nuisances créées par des écoulements superficiels ponctuels
- Séparer les eaux « propres » issues du bassin versant amont, de celles issues du chantier et réduire les volumes d'eau à traiter sur le chantier (dans le cas de la mise en place d'un réseau de collecte séparatif)
- Éviter l'érosion des surfaces décapées en attendant qu'elles soient végétalisées ou stabilisées de manière pérenne
- Limiter le réchauffement des écoulements superficiels (dans le cas de conduites fermées)

Limites

- Installation temporaire adaptée à de faibles débits
- Nécessite de veiller au bon emplacement des dispositifs, en fonction de la topographie, des écoulements amont et de l'avancement des travaux
- Demande un contrôle et un entretien réguliers
- En cas de dysfonctionnement, risque d'inondation de la zone de travail aval

© Environment Waikato Regional Council



Demi-gaine HDPP sur une surface décapée mais ensemencée et paillée, avec équipement du point de rejet d'un dispositif anti-érosion.



Gaine HDPP contournant une zone de chantier active.

© Tahoe Regional Planning Agency



Drain de pente.

© Eiffage



© Eiffage

© Eiffage



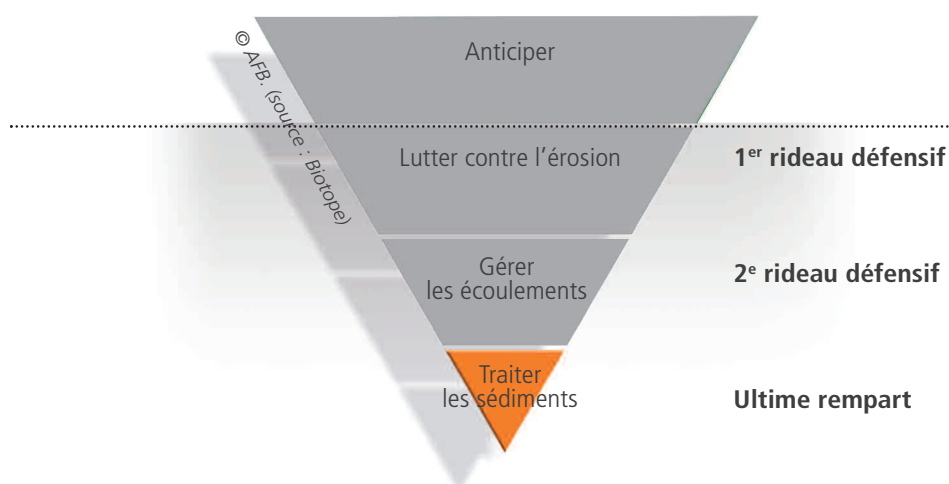
Descente d'eau provisoire sur remblai de grande hauteur, avec passage au travers d'une cage de filtration (en amont) et d'un dispositif anti-érosion (en aval).

Descente d'eau provisoire sur remblai de grande hauteur, associé à un piège à sédiments. En cas de risque élevé de réchauffement de l'eau, prévoir si possible une ré-infiltration de ces écoulements en aval.

VI

Traiter les sédiments

En complément de la lutte contre l'érosion et de la gestion des écoulements superficiels (chapitres IV et V), les bonnes pratiques environnementales spécifiques au traitement des sédiments constituent la dernière ligne de défense des milieux aquatiques.



À ce titre, le chapitre suivant présente les bonnes pratiques environnementales disponibles, avec leurs objectifs, leurs champs d'application, leurs spécifications, leurs avantages et leurs limites.

- **Fiche Traiter n°1.** Piège à sédiments provisoire
- **Fiche Traiter n°2.** Bassin de décantation provisoire
- **Fiche Traiter n°3.** Vidangeur passif flottant (dit « skimmer ») associé aux bassins de décantation provisoires
- **Fiche Traiter n°4.** Sac filtrant à sédiments
- **Fiche Traiter n°5.** Floculants
- **Fiche Traiter n°6.** Protection des bouches d'égout, avaloirs, regards
- **Fiche Traiter n°7.** Aménagement des accès au chantier

Piège à sédiments provisoire

Objectifs

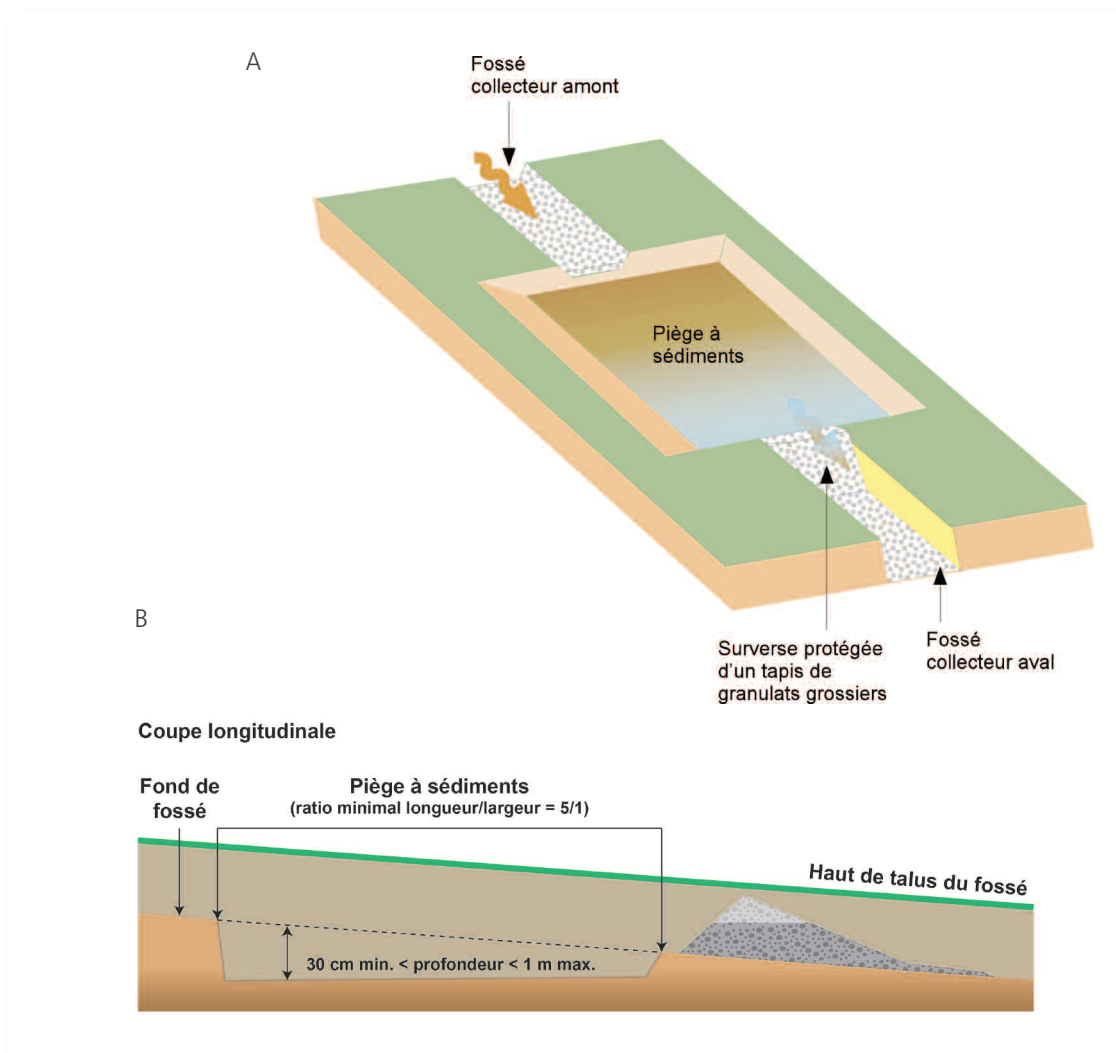
- Intercepter et ralentir les écoulements superficiels
- Piéger les sédiments grossiers

Description

Dispositif temporaire de décantation des sédiments grossiers (figure 41)

Constitué d'une simple excavation (fosse) ou de merlons/digues hors-sol formant un enclos de petite taille, ils reçoivent les eaux chargées de sédiments dès le démarrage des travaux pour un stockage et une décantation de courte durée. Les particules grossières sédimentent par gravité lorsque le courant est suffisamment lent.

Les pièges à sédiments constituent l'avant dernière ligne de défense contre les sédiments grossiers, après les boudins de rétention, les seuils anti-érosion ou les barrières de clôture, et avant les bassins de décantation.



© Biotope pour AFB

Figure 41. Schémas de principe (A) et coupe longitudinale (B) d'un piège à sédiments. Les rapports de forme indiqués constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas. Source : Alberta government (2011).



Piège à sédiments avec berges végétalisées.



Piège à sédiments positionné en bas de pente avec fosse de récupération des écoulements.



Dispositif de surverse à gabion de paille.



Piège à sédiments hors-sol : rapport longueur/largeur adapté, mais absence d'un dispositif de surverse.



Piège à sédiments de forme ronde, inadaptée à la décantation des sédiments.

Champs d'application

- Ensemble de l'emprise du chantier, dont plus particulièrement :
 - en série sur un réseau de fossés de collecte des écoulements superficiels ;
 - en aval d'une descente d'eau provisoire, d'un drain de pente, de fossés ou de merlons, etc. ;
 - en amont d'un bassin de décantation, en particulier à proximité d'une zone sensible ;
 - comme dispositif ponctuel, le temps de construire un

bassin de décantation provisoire ou définitif correctement dimensionné et équipé ; etc.

L'implantation des pièges à sédiments dépend des modalités de circulation des eaux superficielles et du réseau de merlons ou de fossés collecteurs, de l'emprise disponible et des besoins.

Positionner les pièges à sédiments à plus de 10 m ou 20 m des cours d'eau ou des zones humides (selon leurs enjeux écologiques). Ne jamais les implanter en zone sensible, dans un cours d'eau ou sur une zone humide.

Ne pas réaliser de pièges à sédiments en excavation sur un sol déjà saturé d'eau. Éviter cette zone, sinon à défaut, construire un piège hors-sol.

Spécifications

Les pièges à sédiments s'inscrivent dans une approche multi-barrières, en complément de dispositifs de gestion des écoulements superficiels, de protection des exutoires, de décantation des sédiments, etc.

Planter et réaliser chaque piège à sédiments en fonction de ses objectifs, de la topographie, des risques d'érosion et des enjeux écologiques en aval

Adapter le nombre de pièges à sédiments en fonction des surfaces amont drainées, en sachant que la surface maximale drainée est généralement fixée à 2 ha. Comme pour les bassins de décantation, l'avis d'un hydraulicien peut s'avérer utile.

Construire les pièges à sédiments après le défrichage de l'emprise du chantier mais avant le décapage des sols (autant que possible) puis au fur et à mesure du déroulement du chantier

Excaver une cavité respectant les rapports de forme ci-dessous :

- forme rectangulaire. Éviter impérativement les formes rondes ou carrées qui limitent la décantation des sédiments ;
- ratio longueur/largeur de 5/1 (ou plus selon le débit) ;
- profondeur comprise entre 30 cm et 1 m maximum ;
- fond plat (ou légèrement incliné à contre-pente).

Positionner l'entrée et l'exutoire le plus loin possible les uns des autres et les **équiper de seuils anti-érosion** (fiche Lutter n°8). Le cas échéant, ajouter un dispositif de vidange passive (de type « skimmer ») (fiche Traiter n°3)

Diriger autant que possible la surverse vers une zone d'infiltration végétalisée ou non sensible

Dans le cas particulier d'une construction hors-sol

Placer les digues formant l'enceinte du piège sur une surface décapée afin de réduire le risque de sous-creusement et d'assurer la stabilité de l'ensemble du dispositif

Constituer les merlons de couches de terres minérales humides compactées dans les règles de l'art

Limiter la pente des merlons à 50 % et le cas échéant, les végétaliser ou les couvrir d'un géotextile conformément à la réglementation

Entretien, points de vigilance

Maintenir un accès pendant la durée du chantier pour un curage ponctuel des sédiments quand ils atteignent 1/3 du niveau du piège. Prévoir un système pour mesurer l'épaisseur des sédiments

Si le dispositif représente un piège potentiel pour la faune, y installer une branche, une corde (ou dispositif équivalent) afin d'éviter les mortalités accidentelles : consulter un écologue

Mesurer régulièrement la qualité de l'eau entrante et sortante. Le cas échéant, identifier les sources amonts d'apports en sédiments et ajouter des bonnes pratiques spécifiques

Sécuriser le dispositif vis-à-vis du personnel fréquentant le chantier : panneaux, balisage, clôtures, rampes

Suite à de fortes précipitations

Inspecter le piège à sédiment (dont l'état des dispositifs de protection de l'entrée et de la sortie d'eau)

Vérifier l'absence d'érosion autour ou au sein du piège (sous-creusements, renards de contournement, affaissements ou instabilité des talus)

Réparer tout dysfonctionnement avant le prochain épisode pluvieux. De nombreux guides préconisent d'anticiper son entretien quand la pluviométrie dépasse un seuil donné. Celui-ci varie selon les pays et la nature des sols entre 6 mm et 30 mm sur 24h (par ex. : Shead *et al.*, non daté ; McLaughlin, 2012)

En fin de chantier

Attendre la revégétalisation des talus et autres surfaces décapées avant de démanteler le piège à sédiments

Avantages

- Économique
- S'installe rapidement
- Se remblaie ou se conserve en l'état en fonction de l'évolution des terrassements et des besoins du chantier
- Efficace si correctement conçu et réalisé, puis régulièrement entretenu

Limite

- Inefficace pour piéger les particules fines (argiles) car temps de rétention insuffisant

Bassin de décantation provisoire

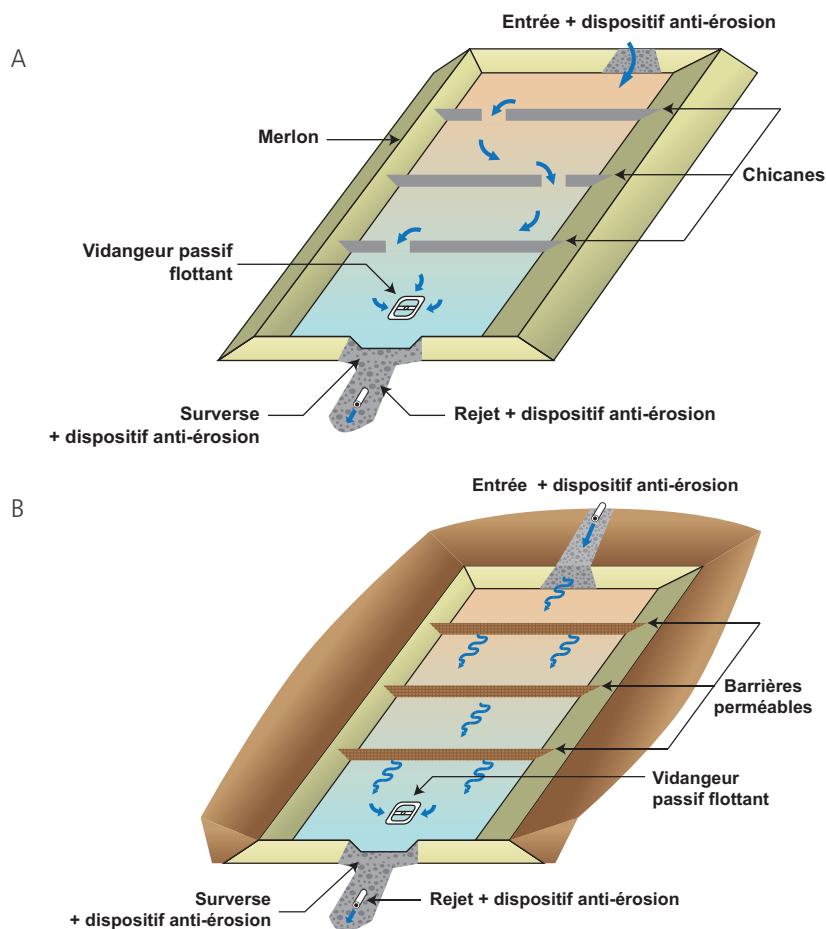
Objectifs

- Piéger les sédiments fins et grossiers
- Rejeter une eau de qualité physico-chimique conforme aux prescriptions réglementaires

Description

Bassin temporaire destiné à piéger les sédiments fins et grossiers issus des écoulements superficiels collectés sur l'emprise chantier (figures 42, 43 et 44)

Les bassins de décantation provisoires constituent la dernière ligne de défense de l'approche multi-barrières. Si des dispositifs amont de lutte contre l'érosion, de diminution des volumes d'eau à traiter et de sédimentation intermédiaire ne sont pas mis en œuvre, le bassin de décantation est inopérant car ses capacités de traitement sont rapidement dépassées.



© Biotope pour AFB

Figure 42. Schéma de principe d'un bassin de décantation hors sol (A) ou enterré (B), équipé de chicanes, d'un vidangeur passif flottant de type « skimmer » et d'une surverse. Source : Water Environment Services (2008).

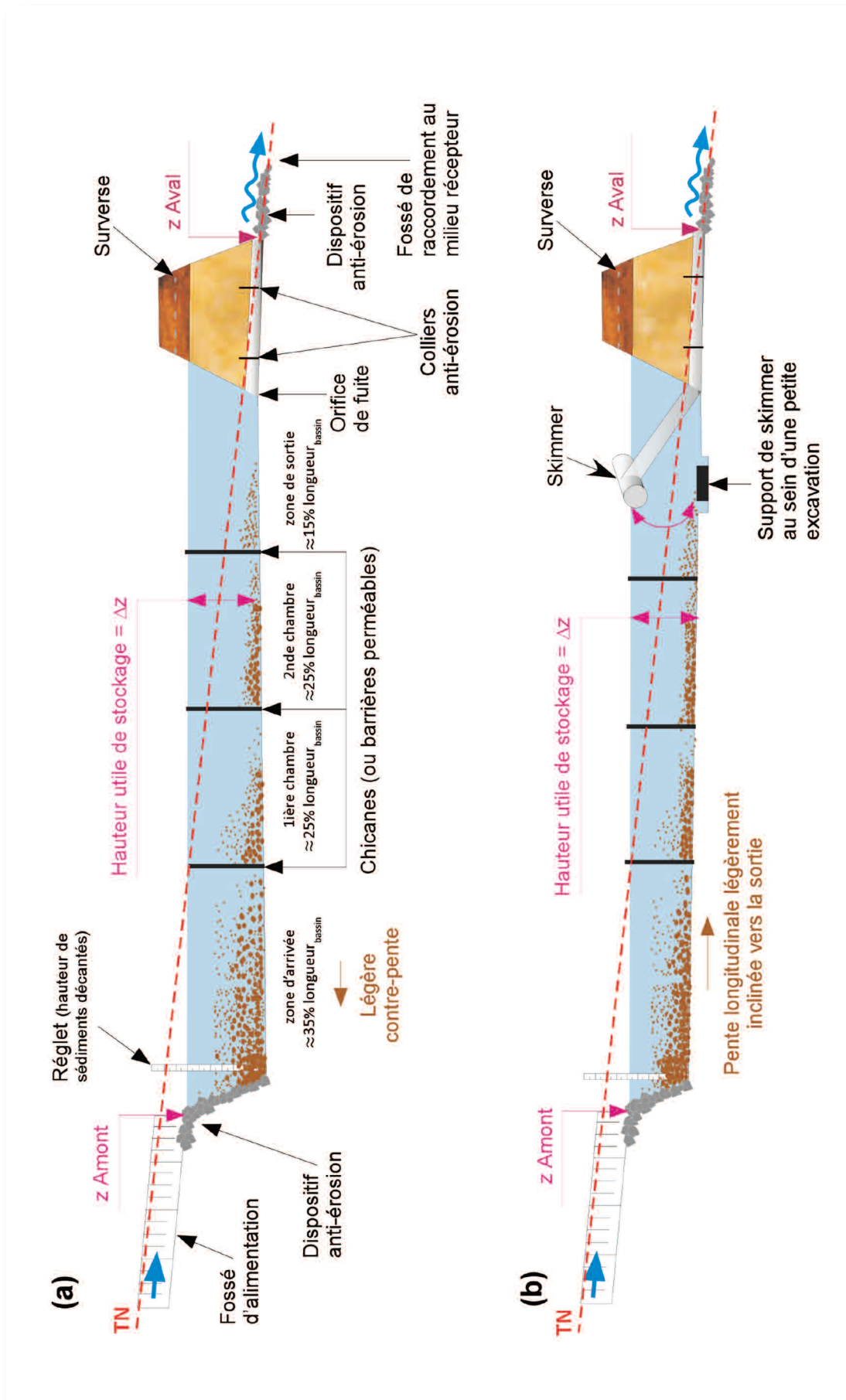


Figure 43. Coupe longitudinale d'un bassin de décantation sans volume mort, non équipé (a) ou équipé (b) d'un vidangeur passif flottant (skimmer).

Une des manières de piéger les sédiments en suspension consiste à les faire décanter. C'est l'objectif de ces bassins qui ralentissent les écoulements superficiels, réduisent les turbulences hydrauliques et stockent les eaux le plus longtemps possible afin de laisser le temps aux particules maintenues en suspension de sédimenter.

Les bassins sont donc nécessaires pour le traitement ultime des eaux de ruissellement collectées sur le chantier avant rejet vers le milieu naturel, dès lors que l'approche multi-barrières est exploitée au maximum des possibilités et en tenant compte des emprises disponibles.

Les bassins de décantation sont adaptés au traitement des sédiments fins (MES) qui ont un temps de sédimentation long, **exception faite des argiles < 20 µm.**

Champs d'application

■ Ensemble de l'emprise du chantier, dont plus particulièrement :

- points bas du chantier ;
- points intermédiaires répartis sur l'ensemble de la zone de travaux (en ciblant notamment l'aval immédiat des surfaces pentues et décapées) ;

- le long d'un périmètre prédéfini ou sur les bas-côtés (cas notamment de chantiers linéaires) ;
- en aval immédiat d'un rejet issu de pompage.

Ne jamais installer de bassins de décantation en zone sensible, dans un cours d'eau ou sur une zone humide

Ne pas réaliser de bassins de décantation en excavation sur un sol déjà saturé en eau. Éviter cette zone, sinon à défaut, construire un piège hors-sol

Spécifications

La conception des bassins est un facteur important de réussite. Sur les chantiers, l'emplacement des bassins provisoires, leur dimensionnement, forme et équipement sont bien souvent le résultat d'un compromis entre les principes théoriques et la réalité de terrain.

Plus que tout autre dispositif, les bassins de décantation s'intègrent dans une approche multi-barrières associant des dispositifs amont de protection des surfaces décapées, de collecte et de gestion séparative des eaux de ruissellement et de piégeage des sédiments.

© ASP Entreprises



Bassin de décantation équipé de barrières perméables. L'abattement de la turbidité est visible. Attention néanmoins à ce que le niveau d'eau ne dépasse pas celui des barrières perméables.

Bassin de décantation aux berges végétalisées et équipé de barrières perméables en toile coco.



© McClain

© McClain



Bassin de décantation équipé de barrières perméables. Une fois le bassin vidangé, les sédiments sont prêts à être curés.

© Eiffage



Bassin de décantation constitué de trois sous bassins successifs.

© Biotope



Bassin de décantation inefficace : forme inadaptée ne diminuant pas suffisamment la vitesse du courant et les turbulences hydrauliques.

© Biotope



Fossé de décantation inefficace : sur sols très argileux, les particules les plus « fines » ne décantent pas.

Les paramètres qui influencent la performance d'un bassin de décantation sont complexes (intensité de la pluie, couvert végétal, nature géologique des sols et capacité d'érosion, forme et volume utile du bassin, turbulence, etc.). Leur efficacité à décanter les particules fines dépend plus particulièrement :

- de leur implantation au regard de la topographie et de l'emprise chantier ;
- de leur forme (rapport longueur / largeur) ;
- de leur équipement (notamment au sein et à la sortie du bassin) ;
- du linéaire à parcourir par les eaux au sein du bassin et donc du temps de rétention des eaux ;
- de leurs modalités de suivi et d'entretien.

Aussi, il importe d'être d'autant plus vigilant lorsque la concentration en argile des sols augmente, que les risques hydrauliques ou les enjeux écologiques associés au milieu récepteur sont élevés, que le chantier dure longtemps (plus de 3 mois) ou se déroule en période particulièrement pluvieuse, que l'emprise foncière disponible est inférieure à ce qui était initialement prévu, etc.

Ce guide ne traite pas d'une manière exhaustive ce sujet et ne remplace pas l'obligation de respecter la réglementation en vigueur (notamment en termes de qualité des rejets).

Nombre de bassins

Prévoir la mise en place d'un bassin de décantation, généralement à partir de chantiers de plus de 1 ha, en fonction de la topographie, de la proximité avec des milieux aquatiques, etc. (McCullah, 2016)

Adapter le nombre de bassins en fonction des surfaces amont drainées, en sachant que la surface drainée maximale est généralement fixée à 2 ha (McCullah, 2016)

Voir la possibilité, selon les cas, de construire plusieurs petits bassins successifs plutôt qu'un seul grand bassin, en les connectant entre eux à l'aide d'une surverse ou d'un fossé protégé contre l'érosion (couverture en géotextile ; tapis de granulats)

Implantation

À positionner aux points bas de l'emprise du chantier, mais à une distance minimale des cours d'eau de façon à ce que les points de rejet aval des bassins de décantation soient situés à plus de 10 ou 20 m des

berges. Cette distance minimale dépend des risques hydrauliques et des enjeux écologiques et permet le cas échéant, d'ajouter des dispositifs de dissipation de l'énergie hydraulique, de traitement du pH, de ré-oxygénation ou de diminution de la température de l'eau (tableau 16 Pages 108 et 109). Les berges doivent rester végétalisées ou en cas d'impossibilité technique, être protégées contre l'érosion.

Positionnement à adapter au regard de la topographie, du réseau hydrographique et du réseau de collecte des écoulements superficiels mis en place (merlons, fossés), de l'emprise disponible et des besoins (par ex. : traitement d'eaux ayant ruisselé sur un sol décapé, issues de pompage ou accidentellement polluées ; etc.)

Par souci d'optimisation des terrassements, il est parfois recommandé de positionner les bassins provisoires au droit des futurs bassins définitifs. Ceci n'est toutefois pas toujours réalisable, les bassins définitifs étant positionnés à des cotes calées sur le fil d'eau du projet définitif, cote rarement adaptée à la collecte des eaux en phase chantier (microrelief). De même, ce principe nécessite la réalisation d'une purge des matériaux gorgés d'eau, rendus impropres à l'assise et à la construction de bassins définitifs.

Dimensionnement du volume utile (ou surface miroir)

Plusieurs méthodes de dimensionnement du volume utile ou de la surface miroir des bassins de décantation provisoires existent et leur présentation détaillée pourrait faire l'objet d'un guide à part entière. Cette fiche présente deux méthodes jugées opérationnelles, dont une méthode « surfacique » et une méthode basée sur les débits de pointes et de fuite et sur la vitesse de sédimentation des particules à traiter au droit du chantier.

Le volume utile d'un bassin de décantation dépend du contexte du site et de la différence de niveau qu'il est possible d'obtenir entre le fil d'eau amont et le fil d'eau aval des bassins (dite « hauteur utile ») (figure 44). Il n'est donc pas dimensionné avec la méthode n°2 présentée ci-contre, mais il peut être optimisé en fonction du contexte afin d'accroître la fonction de stockage et d'écèlement du bassin (la profondeur recommandée variant entre 0,9 m et 1,5 m – voir le paragraphe « forme du bassin » page 107).

La surface « miroir » d'un bassin de décantation correspond :

- à la surface du fond du bassin, pour les bassins de décantation sans volume mort ;

- à la surface de l'eau comprise entre le volume utile et le volume mort, pour les bassins de décantation avec volume mort.

Un exemple de dimensionnement d'un bassin de décantation provisoire, effectué sur la base des deux méthodes présentées ci-dessous, est disponible au sein de l'annexe associée à cette fiche (page 112).

1. Méthode dite « surfacique » (McCullah, 2016)

Objectif	Calculer le volume utile du bassin de décantation
Principe	Le volume utile du bassin de décantation est proportionnel à la surface totale de l'impluvium (bassin versant drainé en amont par le bassin de décantation)
Formule	<p>Calcul du volume utile basé sur un ratio variant de 100 m³ à 250 m³ par hectare d'impluvium drainé par le bassin de décantation. Le choix du ratio (entre 100 et 250) dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • des enjeux écologiques associés au milieu récepteur en aval du bassin • des risques hydrauliques (liés notamment à la pluviométrie) • de la taille des particules à traiter (plus les particules sont fines, plus le ratio doit être augmenté), etc.
Avantages	Adaptation du volume utile du bassin à l'impluvium drainé en amont, et donc au volume d'eau à traiter Méthode pragmatique, peu de données nécessaires au calcul
Limites	Modalité de choix du ratio non précisée. À définir au cas par cas, en fonction des critères précités Méthode indépendante de la pluviométrie et de la vitesse de sédimentation des particules à traiter Méthode ne garantissant pas le respect des objectifs fixés en termes d'abattement des MES

2. Méthode dite « des débits de pointe et de fuite » (SETRA, 2006)

Objectif	<p>Calculer la surface miroir du bassin de décantation</p> <p>Obtenir une vitesse de l'eau dans le bassin suffisamment faible pour laisser le temps aux particules les plus fines de décanter</p>
Principe	<p>La vitesse de l'eau dans le bassin résulte d'une interaction entre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le débit de pointe qui arrive dans le bassin pour une fréquence et une durée de pluie donnée • le débit de fuite calibré par l'orifice de sortie • la section mouillée
Formule	<p>$S_b = [(0,8 \times Q_p) - Q_f] / [V_s \times \ln(0,8 \times Q_p / Q_f)]$</p> <ul style="list-style-type: none"> • S_b : surface miroir minimale du bassin en eau (m²) • Q_p : débit de pointe pour une pluie de référence donnée (m³/s) • Q_f : débit de fuite du bassin, qui dépend de la hauteur utile et du diamètre de l'orifice (m³/s) • V_s : vitesse de sédimentation des particules du site (m/s)
Avantages	<p>Adaptation des dimensions du bassin de décantation à l'impluvium drainé en amont, et donc au volume d'eau à traiter, de même qu'à la composition des sols et au débit de fuite</p> <p>Géométrie de bassin adaptable aux emprises disponibles et à l'évolution d'un chantier en l'absence des contraintes issues du dimensionnement volumique, la profondeur minimale du bassin de décantation étant néanmoins fixée à 0,90 m (« forme du bassin » page 107)</p> <p>Dimensionnement du bassin visant l'abattement de particules d'une taille donnée</p>
Limite	Données nécessaires au calcul (vitesses d'écoulement, coefficients de Montana, etc.) parfois difficiles à obtenir et dont la pertinence sur le terrain varie au cas par cas

Trois autres méthodes utilisées sur les chantiers pour dimensionner les bassins de décantation provisoires ne sont pas présentées dans ce guide. Il s'agit de :

- la méthode du « débit de pointe » qui dimensionne la surface miroir des bassins en fonction de la vitesse de sédimentation des particules du site, de la surface de l'impluvium amont et du débit qui arrive dans le bassin de décantation pour une fréquence de pluie décennale et une durée de pluie de 6 heures (McCullah, 2016). Cette méthode, assez pragmatique, est très utilisée à l'international. Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux des méthodes « surfacique » et « des débits de pointe et de fuite » lorsque l'impluvium drainé en amont présente de faibles pentes et un écoulement en nappe. En revanche, les résultats diffèrent lorsque les pentes augmentent et que l'écoulement est concentré ;
- la méthode du « débit de fuite », qui dimensionne les bassins en fonction du débit de fuite (qui dépend de la hauteur utile et du diamètre de l'orifice de sortie) et de la vitesse de sédimentation des particules. Cette méthode présente des risques de sous-dimensionnement et donc de débordement et d'inefficacité des bassins dès lors que le débit d'entrée (ou de pointe) dans le bassin dépasse le débit de fuite (ce qui arrive rapidement lors d'épisodes pluvieux) ;
- la méthode « pluviométrique », qui dimensionne les bassins en fonction du volume d'eau à contenir pour une fréquence de pluie (semestrielle, annuelle, biennale, quinquennale, décennale) et une durée donnée (2 heures, 4 heures, etc.). Ces critères sont généralement définis en fonction de la durée du chantier et des enjeux associés aux milieux récepteurs. Cette méthode cible plus l'écroulement des crues que la décantation des particules. Ce type de dimensionnement génère des bassins aux volumes utiles très importants, souvent irréalisables sur l'emprise chantier au regard de l'espace disponible. En outre, seul l'aspect quantitatif étant pris en compte (débit à écarter), l'efficacité des bassins à décanter les particules fines en suspension n'est pas garantie.

Volume mort

La réalisation d'un volume mort en complément du volume utile permet de stocker des volumes d'eau et de sédiments supplémentaires et participe à l'inertie du bassin (figure 44). Il est adapté aux bassins présentant un double objectif de stockage des sédiments d'une part et de mise à disposition d'un volume d'eau nécessaire aux besoins en eau du chantier d'autre part.

Néanmoins, ce volume mort n'améliore pas l'efficacité des bassins à piéger les particules fines. Il ralentit le séchage des sédiments stockés et tend à les remettre en suspension à chaque nouvelle arrivée d'eau. Aussi, la réalisation d'un volume mort est déconseillée dans le cas de bassins équipés d'un vidangeur passif flottant.

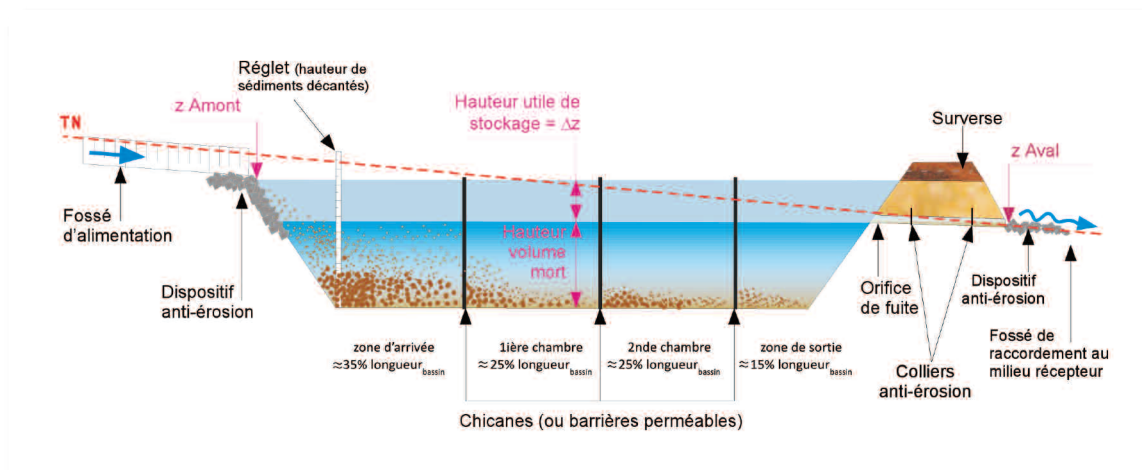


Figure 44. Coupe longitudinale d'un bassin de décantation avec volume mort.

Forme du bassin / calepinage

À partir du volume utile ou de la surface miroir calculés à l'aide d'une des deux méthodes précitées, il convient de positionner et de calepiner le bassin sur le chantier, en fonction de :

- la surface miroir dimensionnée ;
- la hauteur utile (ou différence d'altitude amont/aval) considérée pour le débit de fuite considéré ;
- l'espace disponible sur le chantier (longueur, largeur) ;
- la définition du coefficient de forme *a minima* à respecter.

À ce titre, éviter impérativement les formes carrées ou rondes qui limitent la décantation des sédiments fins. Les formes rectangulaires longilignes sont recommandées.

Respecter les rapports longueur/largeur suivants :

- ratio compris entre 3/1 et 6/1 pour des bassins non équipés d'un vidangeur passif flottant et de barrières perméables (ou de chicanes) ;
- ratio pouvant être légèrement inférieur (jusqu'à 2/1), dès lors que le bassin est équipé d'un vidangeur passif flottant et de chicanes ou de barrières perméables installées dans les règles de l'art.

Définir autant que possible la profondeur de volume utile entre 0,9 m et 1,5 m. Selon la topographie, il est parfois impossible d'obtenir une hauteur utile aussi profonde (sauf utilisation d'un vidangeur passif flottant).

Prévoir un fond plat ou légèrement incliné, avec dans ce cas :

- soit une légère contre-pente (s'il n'est pas équipé d'un vidangeur passif flottant) ;
- soit à l'inverse, une légère inclinaison vers la sortie s'il est équipé d'un vidangeur passif flottant (skimmer) (figures 43 page 101 et 44 page 106).

Équipements

En dépit d'un dimensionnement correct du volume utile et du rapport longueur/largeur des bassins de décantation, l'efficacité à décanter les particules fines en suspension n'est pas systématique. En outre, des zones de fragilité doivent être protégées de l'érosion, notamment les points d'entrée et de sortie de l'eau (figures 43 et 44). Il importe de ce fait d'équiper le bassin de décantation :

- de dispositifs anti-érosion d'une part ;
- et de dispositifs d'augmentation du temps de rétention de l'eau d'autre part (tableau 16).

L'efficacité des bassins de décantation dépend fortement du temps de rétention des particules, qui varie en fonction de la distance à parcourir sans turbulence au sein du bassin.

© McLaughlin



Les barrières perméables en géotextile ne sont pas tendues jusqu'aux talus du bassin de décantation.



© Vinci

Barrière perméable réalisée à l'aide d'un tas de granulats grossiers.

Tableau 16. Récapitulatif des équipements à prévoir en entrée, au sein et à la sortie des bassins de décantation

Dispositifs	Objectifs
Amont bassin (fossé d'alimentation du bassin)	
Seuil anti-érosion semi-perméable	Dissiper l'énergie hydraulique Éviter tout apport supplémentaire de sédiments
Floculants	Accélérer la sédimentation des particules les plus fines
Point d'entrée des eaux collectées dans le bassin	
Dispositif anti-érosion : tapis de granulats concassés, sacs de sable, boudins	Dissiper l'énergie hydraulique Éviter tout apport supplémentaire de sédiments
Chicanes (en géotextile synthétique, parfois en granulats ou matériaux rocheux, gabion, botte de paille ou sac de sable) avec ouvertures en quinconce	Augmenter la distance parcourue par les eaux au sein du bassin Réduire le niveau de turbulence hydraulique Concentrer les sédiments à traiter dans les deux premiers sous-bassins amont
Barrières perméables : toile grossière ou tissu tendus (filet coco, géotextile synthétique), dont le vide de maille est adapté à la taille des particules à traiter	Réduire les turbulences hydrauliques Accélérer la décantation des sédiments fins Concentrer les sédiments à traiter dans les deux premiers sous-bassins amont
Protection des talus et de la digue	Empêcher tout départ de sédiments supplémentaires à ceux issus du chantier amont
Dispositif de traitement des sauts de pH	Tamponner les eaux à pH neutre
Point de rejet des eaux du bassin	
Surverse	Évacuer le trop-plein (en complément des vidanges passives)
Dispositif anti-érosion sur la surverse : couverture en géotextile, tapis de granulats concassés, sacs de sable, boudins	Protéger/stabiliser la digue Dissiper l'énergie hydraulique Empêcher tout départ de sédiments qui viendrait contaminer les eaux traitées
Vidangeur flottant de type « skimmer »	Libérer le volume utile du bassin, tout en assurant une durée de rétention des eaux suffisante à la décantation des sédiments fins Rejeter les eaux les plus claires Faciliter le curage des sédiments stockés
Aval bassin (fossé de raccordement du bassin avec le milieu aquatique récepteur)	
Protection de l'exutoire	Dissiper l'énergie hydraulique Éviter la contamination des eaux précédemment traitées Rafraichir et réoxygéner les eaux issues du bassin
Seuil anti-érosion semi-perméable	Dissiper l'énergie hydraulique Rafraichir et réoxygéner les eaux issues du bassin

Facultatif

À adapter en fonction de la configuration du site et de la nature géologique des sols
(fiche Lutter n°8)

Facultatif

À utiliser uniquement dans le cas de sols présentant une forte concentration en argiles et sous réserve de respecter leurs conditions d'utilisation (fiche Traiter n°5)

Recommandé

Forme et matériaux à adapter aux modalités d'arrivée d'eau dans le bassin
(pente du fossé collecteur amont, vitesse du courant, nature des sols, etc.)
(fiches Lutter n°7 et n°8)

Recommandé (en l'absence de barrières perméables)

Prévoir un nombre suffisant de chicanes permettant d'obliger les particules à parcourir une distance au minimum 5 fois supérieure à la largeur du bassin de décantation (figure 43)
Réaliser un cheminement de l'eau en zigzag en faisant alterner les ouvertures sur les chicanes d'un côté à l'autre du bassin
À installer avant la mise en eau du bassin

Recommandé (à défaut, mettre des chicanes)

Prévoir un minimum de 3 barrières perméables par bassin (figure 44)
À installer avant la mise en eau du bassin, sans ouverture et traversant la totalité de la section hydraulique
Enterrer les toiles ou tissus en épousant étroitement le fond du bassin et les parois
Placer des sacs de sable ou des blocs le long de la toile pour optimiser son ancrage au fond. Attention lors du curage à ne pas les abîmer
Fixer la toile avec des agrafes ou du fil de fer sur des piquets (en fer ou en bois) espacés tous les 1,5 m et disposés en aval de la toile
Vérifier que la hauteur des barrières reste bien supérieure au niveau d'eau maximal dans le bassin. Si l'eau passe par-dessus ces barrières, le dispositif n'est plus efficace.

Facultatif ou recommandé (selon durée du chantier et nature géologique des sols)

Si le bassin est en place pour quelques semaines seulement : couvrir les talus du bassin à l'aide d'un géotextile
Si le bassin est en place pour plusieurs saisons : ensemercer les bords du bassin afin de les stabiliser et de limiter l'érosion
Ne jamais couvrir le fond du bassin d'un géotextile, car ce dernier ne pourra pas être récupéré une fois le chantier terminé

Facultatif

À prévoir lors d'utilisation de produits ou de matériaux acides ou basiques sur lesquels les eaux de chantier sont susceptibles de ruisseler
(laitance béton, chaux, grave bitumineuse, etc.) (fiche Gérer les autres sources de pollutions n°2)

Obligatoire

Dimensionner afin d'évacuer les eaux en cas de fortes précipitations uniquement.
Positionner la surverse le plus loin possible de l'entrée d'eau
Caler la surverse à au moins 15 cm en-dessous du niveau supérieur des merlons
Protéger contre l'érosion

Obligatoire

Forme et matériaux à adapter aux modalités de sortie d'eau au niveau de la digue (hauteur de la digue, distance au fossé collecteur, vitesse du courant, nature des sols, etc.)
(fiches Lutter n°7 et n°8)

Recommandé

(fiche Traiter n°3)

Recommandé

(fiche Lutter n°7)

Facultatif

À adapter en fonction de la configuration du rejet et de la nature géologique des sols
(fiche Lutter n°8)



La mauvaise disposition des barrières entraîne des contournements et des processus d'érosion des talus.



Fixation correcte des barrières géotextile.



L'eau ne doit pas passer par-dessus les barrières.



Bassin de décantation dont les talus sont décaissés et végétalisés. Équipement : chicanes en toile de jute fixée à des piquets en acier et vidangeur flottant de type « skimmer ».

Digues (cas des bassins « hors-sol »)

Les digues qui forment les talus du bassin doivent être réalisées sur une surface décapée ou une assise stable, afin de garantir la pérennité de l'ensemble du dispositif et réduire les risques de sous-creusement.

Elles sont compactées dans les règles de l'art.

La pente des côtés est comprise entre 33 % et 50 %. Tenir compte de l'emprise au sol des digues qui impacte la surface du bassin

Dans le cas de la construction d'un bassin de décantation provisoire sur un site pentu, comprenant une digue ou merlon aval d'une hauteur supérieure à 2 mètres, veiller au respect de la réglementation en vigueur

Mise en œuvre

Préserver une zone tampon entre le point de rejet aval du futur bassin de décantation et le cours d'eau récepteur. Lors de la définition des emprises du chantier, prévoir de maintenir (autant que possible) la ripisylve et la végétation en berge situées en aval des bassins

Construire le bassin de décantation et l'équiper après le défrichage mais avant le décapage des sols et de préférence avant un épisode pluvieux

Excaver une cavité ou construire le bassin hors sol en respectant les rapports de forme exposés ci-dessus

Entretien, points de vigilance

Remplir le bassin d'eau collectée au sein de l'emprise chantier uniquement. Les eaux claires et/ou ne provenant pas du chantier doivent être infiltrées ou dirigées vers l'extérieur du chantier sans traitement préalable (utiliser un bypass ou drain de pente).

Maintenir un accès pendant toute la durée du chantier pour un curage ponctuel des sédiments quand ils atteignent 1/3 du niveau du bassin. Prévoir un système de mesure de l'épaisseur des sédiments

Si l'installation représente un piège potentiel pour la faune, y installer des branches, des cordes ou des dispositifs équivalents évitant les mortalités accidentelles

Mesurer la qualité physico-chimique de l'eau en amont et en aval immédiat du bassin, de même qu'un niveau du milieu récepteur, ceci afin de vérifier l'efficacité du bassin

Sécuriser le dispositif vis-à-vis du personnel fréquentant le chantier : panneaux, balisage, clôtures, rampes

Suite à de fortes précipitations :

- inspecter l'état du bassin et de ses équipements après chaque épisode pluvieux ;
- vérifier l'absence de sous-creusement, de renards de contournement, d'affaissement ou d'instabilité des bords du bassin.

Réparer tout dysfonctionnement avant le prochain épisode pluvieux. De nombreux guides préconisent d'anticiper son entretien quand la pluviométrie dépasse un seuil donné. Celui-ci varie selon les pays et la nature des sols entre 6 mm et 30 mm sur 24h (par ex. : Shead *et al.*, non daté ; McLaughlin, 2012).

Avantages

- Peut être construit avec des matériaux essentiellement présents sur place
- Efficace pour capturer les particules fines non piégées en amont (si correctement dimensionné, équipé et régulièrement entretenu)
- Potentiellement modulable, s'adapte aux évolutions du chantier
- Une fois le chantier terminé, possibilité de « recyclage » du bassin en mare à amphibiens, sous réserve néanmoins de la pertinence du site, qui dépend :
 - de l'écologie des espèces locales présentes d'une part, et des espèces ciblées d'autre part ;
 - des modalités d'alimentation en eau (durée, fréquence) ;
 - des adaptations morphologiques envisagées (profils en travers des talus, profondeurs) ;
 - de sa situation géographique par rapport aux aménagements urbains et à la situation des autres mares éventuelles, etc.
- Le recyclage des bassins de décantation provisoires en mares est à éviter, *a minima*, sur les bassins versant à écrevisses à pattes blanches.

Limites

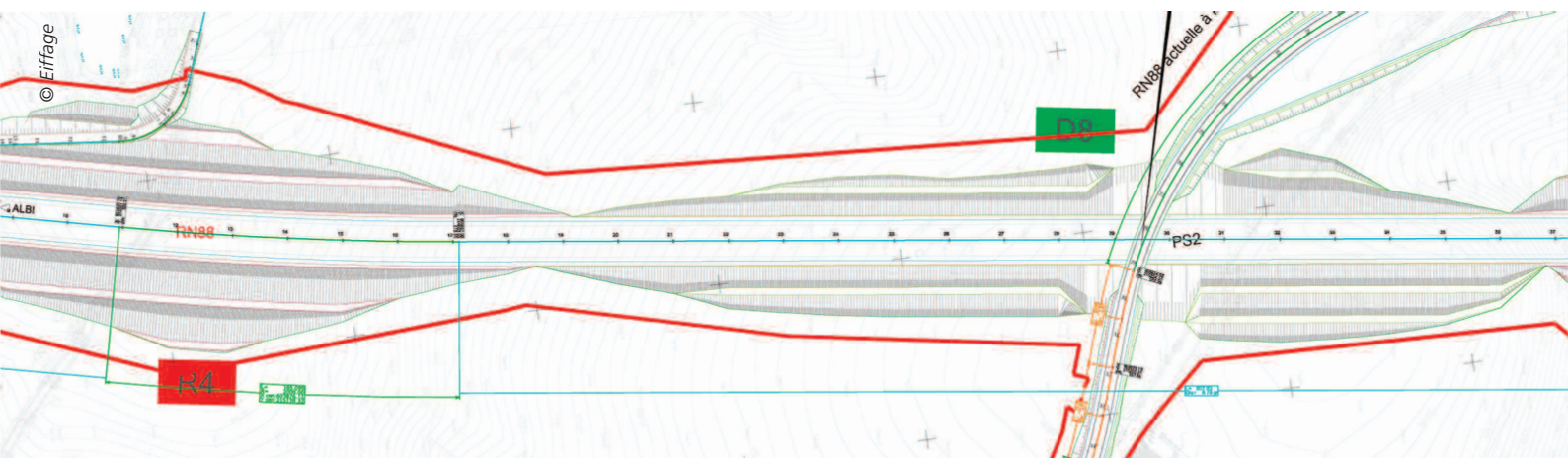
- Inefficace sur les particules fines argileuses car temps de rétention insuffisant
- Efficacité variable sur les autres sédiments selon :
 - l'approche multi-barrières mise en place en amont ;
 - l'implantation, le dimensionnement, l'équipement et l'entretien du bassin ;
 - la taille des sédiments à piéger.
- Emprise au sol du bassin de décantation potentiellement importante, surtout lors d'une importante surface d'impluvium à drainer
- Nécessite de prévoir lors de la phase de conception puis d'instruction du projet, les besoins d'emprise au regard des méthodes de dimensionnement préconisées et des études de faisabilité réalisées
- Risque de réchauffement de l'eau à la surface du bassin et de choc thermique en aval (notamment sur des petits cours d'eau ombragés)

ANNEXES (voir les six pages suivantes)

Exemple du dimensionnement d'un bassin provisoire de décantation à l'aide des méthodes dites « surfaciques » et « débit de pointe et de fuite ».

1. Schéma d'installation environnementale du chantier et paramètres associés
2. Calcul de la surface miroir ou du volume utile du bassin de décantation
3. Détail des calculs des données d'entrée
4. Calepinage

1. Schéma d'installation environnementale du chantier et paramètres associés



Turbidité (NTU) croissante d'un cours d'eau pendant travaux.

Les écoulements superficiels issus du bassin versant en amont du chantier sont interceptés avant leur entrée dans l'emprise du chantier. Ils sont ensuite directement restitués à l'aval sans passer par le chantier.

Deux impluviums en série sont drainés par le bassin de décantation. Les écoulements sont de type « concentré » (figure 6 page 21 et tableau 18 page 115).

Données d'entrée

	Impluvium n°1	Impluvium n°2
Taille des particules fines à traiter (limons)		0,02 mm
Vitesse de sédimentation Vs		0,00029 m/s
Vitesse de sédimentation Vs		1,044 m/h
Fréquence de pluie		5 ans
Durée de pluie		2 heures
Paramètre de Montana a		5,5
Paramètre de Montana b		0,57
Coef. de ruissellement Cr		0,5
Hauteur utile max.		1,5 m
Débit de fuite Qf		10 l/s
Surface drainée de l'impluvium	8 000 m ²	35 000 m ²
Distance maximale L	100 m	500 m
Pente	10 %	3 %
Vitesse d'écoulement concentrée	4,75 m/s	2,6 m/s
Vitesse d'écoulement en nappe	0,44 m/s	0,24 m/s

2. Calcul de la surface miroir ou du volume utile du bassin de décantation

Cas d'un écoulement superficiel de type « concentré »

	Méthode 1 « surfacique »	Méthode 2 « débit de pointe et de fuite »
Données nécessaires	Impluvium : surface drainée par le bassin de décantation Risques hydrauliques et enjeux écologiques associés au milieu récepteur en aval	Impluvium : surface drainée par le bassin de décantation Occupation du sol Enjeux écologiques associés au milieu récepteur en aval Fréquence et durée de la pluie de référence Paramètres de Montana Taille des particules à traiter Débit de fuite prescrit
Formule	$(100 \times A) < S_b < (250 \times A)$	$S_b = \left[\frac{[(0,8 \times Q_p) - Q_f] / [V_s \times \ln [(0,8 \times Q_p) / Q_f]]}{3\,600} \right]$
Aire spécifique (As) – dit aussi « Surface active (Sa) »	$A_s = 8\,000 + 35\,000 = 43\,000 \text{ m}^2 = 4,3 \text{ ha}$	$A_s = \sum (C_r \times A)$ $A_s = (8\,000 \times 0,5) + (35\,000 \times 0,5)$ $A_s = 21\,500 \text{ m}^2$
Temps de concentration (Tc) pour écoulement « en nappe »		$T_c = (L_1 / V_1) + (L_2 / V_2)$ $T_c = (100 / 4,75) + (500 / 2,60)$ $T_c = 213,4 \text{ s} = 3,6 \text{ minutes}$
Intensité (I) pour Tc		$I(t_c, T) = a \times t_c^{-b}$ $I = 5,5 \times 3,6^{-0,57}$ $I = 2,67 \text{ mm/min}$ $I = 4,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
Débit de pointe (Qp)		$Q_p = A_s \times I$ $Q_p = 21\,500 \times 4,4 \times 10^{-5}$ $Q_p = 0,96 \text{ m}^3/\text{s}$
Surface miroir du bassin (Sb)		$S_b = \left[\frac{[(0,8 \times 0,96) - 0,01]}{[1,044 \times \ln(0,8 \times 0,96) / 0,01]} \right] \times 3600$ $S_b = 627 \text{ m}^2$
Volume utile du bassin (Vu)	$100 \times 4,3 < V_u < 250 \times 4,3$ $430 \text{ m}^3 < V_u < 1075 \text{ m}^3$	$627 \times 0,9 < V_u < 627 \times 1,5$ $567 \text{ m}^3 < V_u < 940 \text{ m}^3$

À titre indicatif, les résultats obtenus dans le cas d'un écoulement superficiel de type « en nappe », sont pour la méthode n°2 : $S_b = 226 \text{ m}^2$; $203 \text{ m}^3 < V_u < 339 \text{ m}^3$.

3. Détail des calculs des données d'entrée

Aire ou surface d'impluvium (As)

Elle correspond à la surface de bassin versant amont drainée par le bassin de décantation et **varie en fonction de l'équipement du chantier** :

- en présence d'un réseau de collecte séparatif des écoulements superficiels (collectant les eaux issues du bassin versant amont du chantier et les rejetant à l'aval sans passer par l'emprise chantier) : la surface drainée retenue pour le calcul correspond à la **surface de l'emprise chantier** drainée par le bassin de décantation ;
- en l'absence d'un réseau de collecte séparatif des écoulements superficiels : la surface drainée retenue pour le calcul correspond à la **surface totale du bassin versant drainée en amont** du bassin de décantation.

Taille minimale des particules à traiter par le bassin de décantation et vitesse de sédimentation associée (Vs)

La taille des particules à traiter (et donc la vitesse de sédimentation retenue pour le dimensionnement des bassins de décantation) dépend de la composition des sols au droit du chantier (tableau 17). Elle doit donc être adaptée au cas par cas. À défaut, la taille minimale généralement retenue correspond à des limons fins à moyens (compris entre 0,01 mm et 0,02 mm).

Dans le cas de sols très argileux, un bon dimensionnement du bassin ne suffit pas à traiter les particules les plus fines. Une approche multi-barrières en amont, associée à un équipement spécifique des bassins (chicanes ou barrières perméables ; vidangeur passif flottant), sont alors vivement conseillés.

La vitesse de sédimentation des particules à traiter est habituellement calculée à l'aide de la formule de Stokes. Elle dépend de la taille de la particule, de la différence de masse volumique entre la particule et le fluide considéré (ici, l'eau) et de la viscosité du fluide. À noter que le guide « Pollution d'origine routière » du Setra (2007c), estime que 85 % des particules fines sont abattues dans un bassin dès lors que la vitesse de sédimentation considérée pour le dimensionner est de 1m/h.

Tableau 17. Vitesse de sédimentation des particules en fonction de leur taille et exemple de surface de bassin de décantation requise (par m³/s) de débit de pointe (adapté de Goldman et al., 1986)

Type de particule	Taille maximale (mm)	Vitesse de sédimentation (m/s)	Vitesse de sédimentation (m/h)	Temps de sédimentation sur 1 mètre de colonne d'eau
Sable grossier	0,500	0,058	208,8	17 secondes
Sable moyen	0,200	0,020	72,0	50 secondes
Sable fin	0,100	0,007	25,2	2 minutes
Sable très fin	0,050	0,0019	6,8	9 minutes
Limon grossier	0,020	0,00029	1,0	57 minutes
Limon moyen	0,010	0,000073	0,26	3,8 heures
Limon fin	0,005	0,000018	0,065	15,4 heures
Argile	0,002	1,80531E-06	0,0065	6,4 jours

Temps de concentration du bassin versant (t_c)

Il s'agit du temps que met la goutte d'eau la plus éloignée de l'entrée du bassin de décantation pour rejoindre celui-ci. Celui-ci varie en fonction des modalités d'écoulement des eaux superficielles, en « nappe » ou « concentré » (tableau 18). Il est calculé à partir des vitesses d'écoulement :

$$t_c = (L1/V1) + (L2/V2) + (L3/V3) + \dots$$

t_c : temps de concentration du bassin versant (en s).
 À diviser par 60 pour l'intégrer ensuite dans la formule en minutes

L_i : longueur du cheminement hydraulique de pente constante (en m)

V_i : vitesse d'écoulement (en m/s)

Dans l'exemple, les impluviums sont en série. Le temps de concentration calculé correspond de ce fait à la somme des temps de concentration de chacun d'entre eux. Dans le cas où les impluviums sont en parallèle, c'est le temps de concentration le plus long qui doit être utilisé.

Tableau 18. Exemples de vitesses d'écoulement de l'eau en fonction de la pente de la surface drainée et du type d'écoulement en nappe ou concentré (SETRA, 2006)

Pente (en m/m)	Vitesse d'écoulement de l'eau en nappe (m/s)	Vitesse d'écoulement concentré de l'eau (m/s)
0,003		0,80
0,005		1,10
0,007		1,25
0,010	0,14	1,50
0,015		1,85
0,020	0,20	2,10
0,030	0,24	2,60
0,040		3,00
0,050	0,31	3,35
0,070		4,00
0,100	0,44	4,75
0,150	0,54	5,80
0,200	0,62	6,70
0,300	0,76	

Intensité de la pluie (I)

Elle est calculée sur la base de l'équation de Montana :

$$I(t_c, T) = a \times t_c^{-b}$$

I : intensité de pluie (mm/min)

a et b : paramètres de Montana

t_c : temps de concentration du bassin versant (min)

Les paramètres de Montana a et b sont vendus par Météo France. Ils sont définis en fonction de :

- la pluviométrie pour une période de retour (ou fréquence) T donnée, qui est choisie en fonction de la durée totale du chantier et des risques hydrauliques

et des enjeux écologiques associés au milieu récepteur en aval. Ainsi, la période de retour de la pluie de référence généralement retenue correspond au moins à deux fois la durée du chantier. En cas de risques hydrauliques très élevés ou d'enjeux écologiques forts à très forts, **ces valeurs peuvent être augmentées jusqu'à des pluies de fréquence quinquennale ou décennale ;**

- la durée de pluie, qui doit être cohérente avec le temps de concentration de l'impluvium drainé (SETRA, 2006). Néanmoins, sur les chantiers où différents types d'impluviums sont concernés, une durée de pluie de 2 heures est communément utilisée pour dimensionner l'ensemble des bassins de décantation provisoires. C'est le cas dans l'exemple traité ci-avant.

Coefficients de ruissellement (Cr)

Il correspond au rapport entre la hauteur d'eau ruisselée à la sortie d'une surface considérée (dite « pluie nette ») et la hauteur d'eau précipitée (dite « pluie brute »). Il est influencé par la composition et la structure des sols, de même que par la pente, le cloisonnement des surfaces de ruissellement (murs,

remblais), la fréquence de la pluie, etc. Il varie donc selon les surfaces concernées, entre 2 % (terre), 10 % (sable tassé et bois), 20 % (prés et champs cultivés), 30 à 50 % (zones résidentielles), 40 % à 90 % (bitume), 95 % (verre) (exemples en tableau 19).

Tableau 19. Exemples de coefficients de ruissellement spécifiques aux chantiers

Occupation des sols sur le bassin versant	Coefficient de ruissellement (Cr)
Enrobés, bétons, surfaces imperméabilisées, pistes traitées	0,9
Zone terrassée matériaux meubles	0,4 – 0,5
Zone terrassée matériaux rocheux	0,2 – 0,3
Talus enherbés	0,3

Aire spécifique de l'impluvium (As) – dite aussi « Surface active (Sa) »

Il s'agit de l'aire d'impluvium drainé par le bassin de décantation pondérée par le coefficient de ruissellement :

$$A_s = \sum (C_r * A)$$

Hauteur utile (Hu)

Il s'agit de la différence de niveau (ou d'altitude) entre le fil d'eau amont et le fil d'eau aval du bassin de décantation. Le fil d'eau aval correspond à l'altitude du point bas du tuyau de rejet.

Débit de fuite (Qf)

La valeur du débit de fuite des bassins de décantation est souvent prescrite dans l'arrêté préfectoral d'autorisation :

- dans le cas d'un bassin équipé de skimmer (fiche Traiter n°3) ;
- dans le cas d'un rejet par tuyau : le débit de fuite dépend de la charge d'eau (= hauteur utile disponible sur site), et du diamètre du tuyau. Dans ce cas, la formule qui permet de calculer le débit de fuite est le théorème de Torricelli :

$$Q_f = \pi r^2 C \sqrt{2gH_u}$$

r : rayon hydraulique du tuyau

C : coefficient de débit dépendant de la forme de l'orifice (0,5 pour un tuyau)

g : accélération de la pesanteur (9,81 m.s⁻²)

Hu : hauteur utile (mesurée depuis la base du tuyau)

Afin de faciliter les calculs, les valeurs de débit de fuite peuvent être pré-calculées. Le tableau 20 à triple entrée permet de :

- sélectionner un diamètre de tuyau à partir de la hauteur utile disponible sur le site et d'un débit de fuite imposé ;
- connaître le débit de fuite à partir de la hauteur utile disponible sur le site et du diamètre du tuyau utilisé ;
- ajuster la hauteur utile en fonction du diamètre de tuyau utilisé et du débit de fuite.

À titre d'exemples, pour un Qf de 10 l/s :

- DN = 75 mm, pour une Hu de 1,0 à 1,1 m ;
- DN = 80 mm, pour une Hu de 0,8 m, etc.

Tableau 20. Exemples de débits de fuite (Qf) calculés en fonction des hauteurs utiles couramment rencontrées sur les chantiers et des diamètres de tuyaux (DN) disponibles sur le marché.

Débit de fuite Qf (l/s)		DN tuyau de fuite (mm)							
		75	80	90	100	110	125	160	200
Hauteur utile (m)	0,1	3	4	4	5	7	9	14	22
	0,2	4	5	6	8	9	12	20	31
	0,3	5	6	8	10	12	15	24	38
	0,4	6	7	9	11	13	17	28	44
	0,5	7	8	10	12	15	19	31	49
	0,6	8	9	11	13	16	21	34	54
	0,7	8	9	12	15	18	23	37	58
	0,8	9	10	13	16	19	24	40	62
	0,9	9	11	13	16	20	26	42	66
	1	10	11	14	17	21	27	45	70
	1,1	10	12	15	18	22	28	47	73
	1,2	11	12	15	19	23	30	49	76
	1,3	11	13	16	20	24	31	51	79
	1,4	12	13	17	21	25	32	53	82
	1,5	12	14	17	21	26	33	55	85

Dans le cas d'un Qf maximal de 10 l/s, plusieurs diamètres de tuyaux sont disponibles.

4. Calepinage

Pour un bassin de décantation dont la surface miroir est de 100 m², la largeur et la longueur se calculent à partir des formules suivantes :

$$S_b = 3 \times \text{largeur}_{\text{bassin}}^2$$

$$\text{Largeur}_{\text{bassin}} = \sqrt{(\text{surface}_{\text{bassin}}/\text{rapport longueur/largeur})} = \sqrt{(100/3)} = 5,8 \text{ m}$$

$$\text{Longueur}_{\text{bassin}} = \text{rapport longueur/largeur} \times \text{largeur}_{\text{bassin}} = 3 \times 5,8 = 17,3 \text{ m}$$

Il est possible de pré-calculer les largeurs et longueurs des bassins au regard de la surface miroir du bassin de décantation calculée et de l'emprise disponible sur le terrain. Le tableau 21 (page suivante) pré-calculer les longueurs et largeurs du bassin nécessaires au respect d'un ratio minimal L/l supérieur ou égal à 3.

Tableau 21. Exemples de largeurs et de longueurs de bassin de décantation, pré-calculées en fonction de sa surface miroir et du coefficient de forme souhaité

	Coefficient de forme					
	3	4	5	6	7	
Largeur = 2 m	6	8	10	12	14	Longueur
	12	16	20	24	28	Surface
Largeur = 3 m	9	12	15	18	21	Longueur
	27	36	45	54	63	Surface
Largeur = 4 m	12	16	20	24	28	Longueur
	48	64	80	96	112	Surface
Largeur = 5 m	15	20	25	30	35	Longueur
	75	100	125	150	175	Surface
Largeur = 6 m	18	24	30	36	42	Longueur
	108	144	180	216	252	Surface
Largeur = 7 m	21	28	35	42	49	Longueur
	147	196	245	294	343	Surface
Largeur = 8 m	24	32	40	48	56	Longueur
	192	256	320	384	448	Surface

Vidangeur passif flottant (dit « skimmer ») associé aux bassins de décantation provisoires

Objectifs

- Libérer le volume utile des bassins de décantation
- Assurer un temps de rétention des eaux nécessaire à la décantation des particules fines
- Éviter la remise en suspension des sédiments décantés
- Faciliter le séchage et le curage des sédiments stockés

Description

Dispositif de rejet des eaux de surface des bassins de décantation, plus claires que les eaux de fond (figures 43b page 101, 44 page 106 et 45)

Constitué en PVC, le vidangeur passif flotte à la surface de l'eau. Sa hauteur suit le niveau de l'eau grâce à un coude flexible raccordé par le fond à l'exutoire du bassin. Ce dernier passe sous la digue et évacue l'eau au niveau du terrain naturel. Le tuyau d'évacuation mesure entre 1,5 cm et 5 cm de diamètre mais peut aller jusqu'à 20 cm pour les grands bassins.

À noter que d'autres types de vidangeurs existent mais les tests montrent que leur efficacité est bien inférieure à celle des vidangeurs flottants de type « skimmer ».

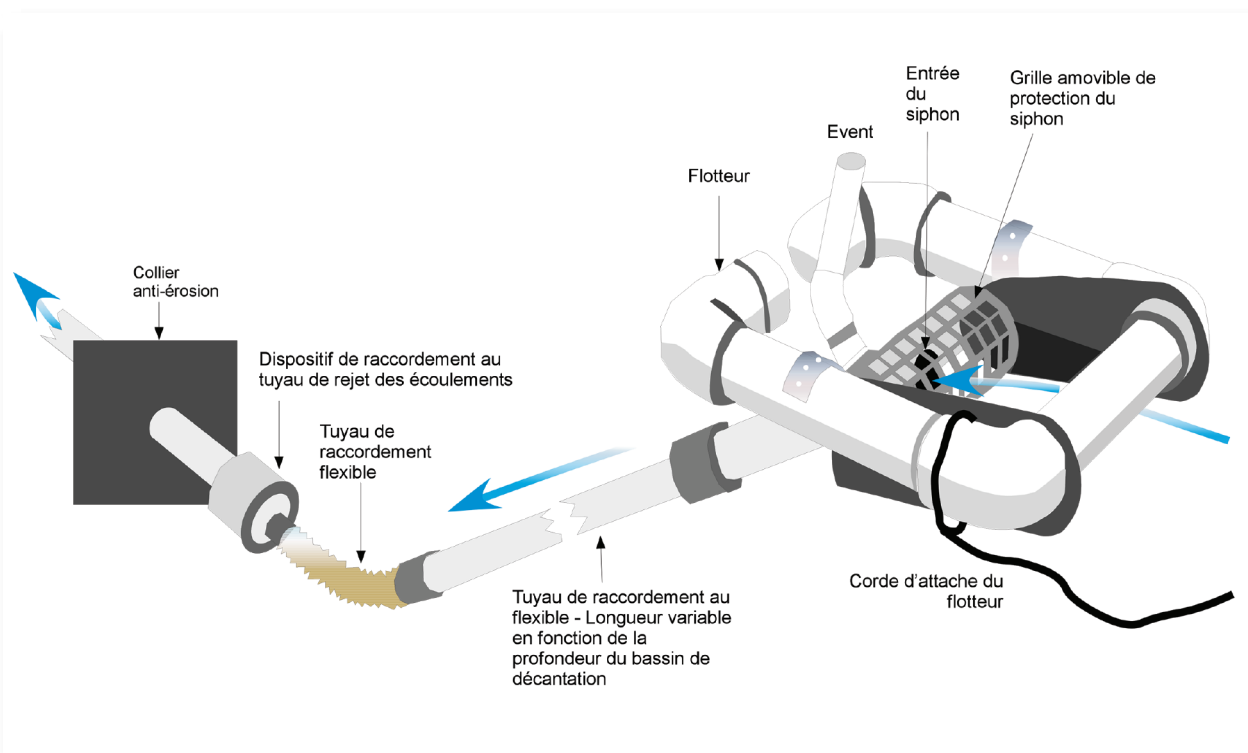


Figure 45. Exemple d'un vidangeur passif flottant de type « skimmer ».

Champs d'application

- Bassin de décantation
- Piège à sédiments (le cas échéant)

Spécifications

Choix du siphon

Le temps de rétention des eaux au sein du bassin de décantation est contrôlé par le diamètre d'ouverture du siphon associé au vidangeur flottant, qui peut varier de 3,8 cm à 5 cm pour les plus petits bassins, jusqu'à 20 cm pour les plus gros. Le choix de ce diamètre dépend :

- du volume d'eau à vidanger ;
- de la taille des sédiments à faire décanter et de leur vitesse de sédimentation (tableau 17 page 114) :
 - plus les sédiments sont petits, plus ils sédimentent lentement et plus il importe de retenir l'eau stockée longtemps dans le bassin. Il convient donc de choisir un petit diamètre d'ouverture du siphon,

- à l'inverse, plus les sédiments sont de grande taille, plus ils sédimentent rapidement et plus le temps de rétention de l'eau dans le bassin peut être court. Il est alors possible de choisir un diamètre d'ouverture du siphon plus grand.

Des abaques sont disponibles permettant de choisir le diamètre du siphon en fonction du volume du bassin de décantation et du temps de rétention des eaux souhaité dans le bassin (tableau 22). Pour des volumes de bassin compris entre deux valeurs du tableau, choisir le diamètre de siphon le plus petit.

À titre d'exemples :

- pour un bassin de 838 m³ et un temps de rétention des eaux de 3 jours, le diamètre du siphon recommandé est de 7 cm ;
- pour un bassin de 1000 m³ et un temps de rétention de 1 jour, le diamètre du siphon recommandé est de 12 cm (valeur recommandée pour les volumes de bassin compris entre 938 m³ et 1481 m³).

Tableau 22. Exemple de choix du diamètre maximal d'ouverture du vidangeur flottant, en fonction du temps de rétention souhaité des eaux dans le bassin et de son volume

Source : <http://www.fairclothskimmer.com/library/library/documents/skimmerandorificesizing11-07tm-000.pdf>

Durée souhaitée de rétention des eaux dans le bassin	Volume des bassins de décantation (m ³)							
	49	94	1 783	279	575	938	1 481	2 799
1 jour	49	94	1 783	279	575	938	1 481	2 799
2 jours	99	188	356	559	1 149	1 876	2 962	5 599
3 jours	148	281	534 m ³	838	1 724	2 814	4 443	8 398
4 jours	197	375	712 m ³	1 117	2 298	3 752	5 925	11 197
5 jours	247	469	891 m ³	1 396	2 873	4 690	7 406	13 997
6 jours	296	563	1 0693	1 676	3 447	5 628	8 887	16 796
7 jours	346	657	1 243	1 955	4 022	6 566	10 368	19 596
Diamètre maximal d'ouverture du siphon (cm) :	▼ 3 cm	▼ 5 cm	▼ 6 cm	▼ 7 cm	▼ 10 cm	▼ 12 cm	▼ 15 cm	▼ 20 cm

En moyenne (et à défaut de connaître la vitesse de sédimentation des particules au sein de l'emprise chantier), le temps de rétention des eaux au sein des bassins de décantation est en moyenne de 3 jours, ce qui permet aux sédiments fins en suspension de décanter ; et de libérer rapidement le volume utile du bassin.

Mise en œuvre

Installer le vidangeur passif flottant pendant la réalisation des talus et de la digue aval en calant le tuyau de rejet au niveau du terrain naturel

Empêcher la formation d'une érosion parallèle au tuyau de rejet des eaux de vidange (renard) en

l'équipant d'un collier anti-infiltration (ou bride)

Placer un tas de blocs de pierres ou de pneus superposés sous le point d'appui du flotteur. Ceux-ci doivent être disposés au sein d'une petite fosse creusée au sein du bassin afin de laisser un maximum d'amplitude de mouvement au skimmer (de haut en bas)

Faciliter l'évacuation de l'eau au niveau de l'exutoire en positionnant le tuyau de rejet des eaux de vidange en légère pente

Diriger les rejets vers un fossé ou autre milieu protégé de l'érosion et végétalisé si possible (fiche Lutter n°7)

Entretien, points de vigilance

Protéger l'entrée du siphon à l'aide d'un grillage qui intercepte les feuilles et autres déchets flottants

Raccorder le vidangeur passif flottant au talus à l'aide d'une corde, afin de pouvoir le nettoyer facilement

Avantages

- Économique
- Modulable et facile d'installation
- Adapte le temps de rétention des eaux à la taille des particules à décanter
- Libère rapidement le volume utile du bassin entre deux épisodes pluvieux
- Évite la remise en suspension des sédiments décanter car la vidange à partir des eaux claires limite les turbulences. De même, l'assèchement du bassin, entre deux événements pluvieux, permet de compacter les sédiments, ce qui évite leur remise en suspension lors de la remise en eau suivante.

- Facilite l'entretien : permet de visualiser l'accumulation des sédiments au fond du bassin et donc de planifier leur curage

Limites

- Risque de réchauffement de l'eau à la surface du bassin et de choc thermique en aval (notamment sur des petits cours d'eau ombragés)
- Par temps d'orage intense : la surverse devient l'évacuation principale des eaux de ruissellement du chantier.

Equipés de chicanes et de vidangeur passif flottant de type « skimmer », les bassins ont une efficacité de 76 % à 99,8 %. Equipés de chicanes uniquement, les bassins ont une efficacité qui varie entre 36 % et 45 % (McLaughlin & Markusic, 2007).

© McLaughlin (2007) et AFB



© Véronique de Billy - AFB



© Véronique de Billy - AFB

Installation d'un skimmer au sein d'un bassin de décantation provisoire.

Sac filtrant à sédiments

Objectif

■ Piéger les sédiments issus d'un pompage, par rétention et déshydratation au sein d'un dispositif filtrant

Description

Conteneur flexible en géotextile synthétique perméable. Raccordés au tuyau de pompage, les sacs sont remplis peu à peu d'eaux chargées en sédiments. L'eau s'évacue ensuite lentement au travers des micro-perforations de la géomembrane, tout en retenant les particules limoneuses ou plus grossières.

Champs d'application

Les sacs à sédiments sont envisageables au cours d'une opération de pompage d'eaux chargées en sédiments. Ils constituent une alternative technique aux bassins de décantation :

- en cas d'emprise foncière insuffisante pour la réalisation des travaux et/ou d'impossibilité de construction d'un bassin de décantation ;
- lorsque la réglementation et la proximité d'un milieu aquatique à forts enjeux requiert la mise en place d'un dispositif garantissant un bon état chimique des eaux.

Le sac à sédiments est particulièrement adapté aux opérations de pompage de courte durée, en zone urbaine ou en bordure de cours d'eau.

Spécifications

Divers types et configurations de sacs à sédiments existent dans le commerce :

- surfaces allant de 2 m² à 32 m² (volume de 6300 L), voire plus (si réalisé sur mesure) ;
- formes tubulaires, rectangulaires, adaptées aux dimensions des bennes à déchets, etc. ;
- différents types de raccords entre tuyaux de pompage et sacs à sédiments ;
- modèles réutilisables car équipés d'une fermeture sur le côté pour évacuer les sédiments.

Veiller à :

- choisir les dimensions du sac en fonction :
 - du débit de pompage rejeté et à traiter,
 - de la quantité et des caractéristiques des sédiments à retenir,
 - de la superficie disponible pour le déploiement du sac ;
- placer le sac soit sur une aire adaptée permettant à l'eau de s'infiltrer ou de s'évacuer ; soit, en cas de contrainte technique, dans une benne ou sur un camion prévu à cet effet ;
- ajuster le débit de pompage / remplissage du sac conformément aux consignes du fabricant ;
- une fois le sac plein ou le pompage terminé, laisser le sac sur place le temps que l'eau s'évacue.

À noter que des modèles spécifiquement conçus pour retenir les hydrocarbures sont également disponibles dans le commerce.

Entretien, points de vigilance

Surveiller en continu l'opération de pompage / remplissage du sac afin d'éviter tout dysfonctionnement du dispositif. Le sac est plein quand l'eau issue du pompage n'arrive plus à passer à travers le géotextile.

Évacuer les sédiments retenus dans le sac vers une zone de dépôt provisoire ou définitif prévue à cet effet, vers un centre de stockage de déchets inertes s'ils ne sont pas pollués, ou vers une filière de traitement adaptée en cas de traces de pollution

Avantages

- Ne nécessite pas de remise en état du site une fois le chantier terminé
- Léger et facile à transporter (pour la plupart des modèles)
- Se nettoie et s'entretient facilement
- S'adapte aux petits chantiers de courte durée
- Intervient en traitement complémentaire des pièges à sédiments et bassins de décantation sur des sites sensibles avec un haut niveau d'exigence

Limites

- Relativement coûteux
- Conditions d'emploi non modifiables (débit de pompage et volume de sédiments prédéterminés)
- Risque de rupture du sac suite à un débit de pompage trop important ou un sur-remplissage en sédiments et de relargage des sédiments dans le milieu naturel
- Pas de rétention des particules fines (dont les argiles) car les micro-perforations ciblent uniquement les limons ou autres particules plus grossières
- Plutôt adapté au traitement de petits volumes d'eau



© Spinpro

Sac à sédiments en opération.

Floculants

Objectifs

- Traiter les sédiments
- Piéger les particules fines (argiles)
- Réduire la turbidité des eaux de ruissellement issues du chantier avant rejet dans le milieu aquatique

Description

Chaîne de monomères (dit « polymère ») qui accélère la décantation des matières en suspension les plus fines (argiles) en les attirant et en les agglomérant sous forme de floculats. Ces derniers sédimentent rapidement au fond car plus lourds que les particules fines prises isolément (figure 46)

Les floculants sont des produits chimiques qui présentent des risques pour la santé et l'environnement si les dosages et les protocoles préconisés par le fabricant ne sont pas respectés. Les informations présentées dans ce guide ne constituent en rien une autorisation ni une approbation de l'utilisation de ces produits. **Le respect du principe de précaution incite en effet à la plus grande vigilance** (encadré n°3).

Les floculants sont utilisés dans plusieurs domaines (industries chimiques, pharmaceutiques ou agroalimentaires ; agriculture ; carrières ; etc.), afin de clarifier l'eau ou autres liquides. Plusieurs types sont disponibles dans le commerce, dont les polyacrylamides (PAM), le chitosane, l'amidon, la gomme de guar, la pectine, etc. Sur les chantiers, les PAM sont utilisés outre-Atlantique. Les autres floculants peuvent aussi être utilisés mais certains, comme le chitosane, présentent une toxicité directe vis-à-vis de la vie aquatique sous certaines conditions.

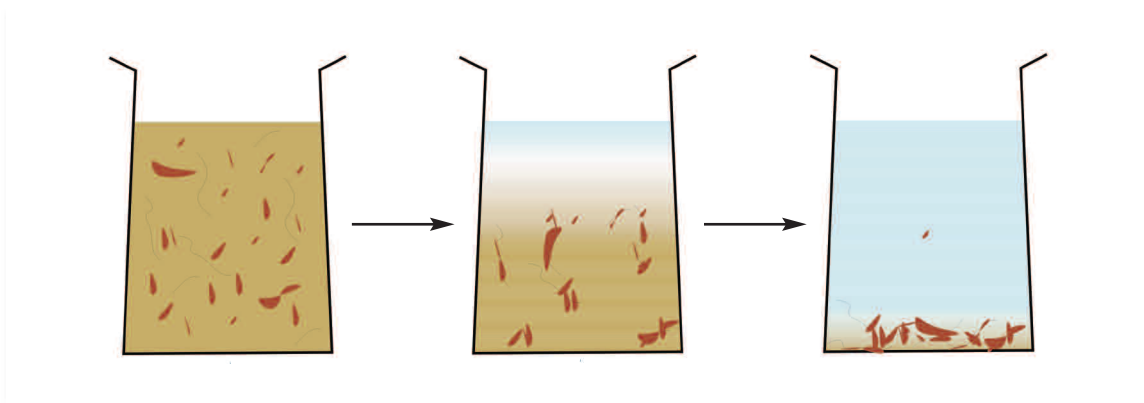


Figure 46. Principe de fonctionnement d'un floculant.

Champs d'application

- Les floculants sont utilisés sur certains chantiers où les sols sont fortement soumis à l'érosion et comprennent des concentrations élevées en limons ou argiles (< 20 µm) dont le temps de décantation dépasse le temps de rétention des eaux dans les bassins (fiche Traiter n°3).

Dans ces cas particuliers, les floculants peuvent être disposés :

- en amont immédiat des bassins de décantation ;
- sur les surfaces décapées pentues, qu'elles soient (ou non) préalablement ensemencées et protégées par un paillage ;
- dans les fossés, cunettes, merlons ou autres dispositifs de collecte et de transport des écoulements superficiels ;
- sur les pistes provisoires de chantier, les aires de dépôt

provisoire de matériaux (déblais / remblais), les parkings ou autres plateformes techniques provisoires non imperméabilisées.

Dans tous les cas, il importe de les utiliser systématiquement en amont de pièges ou de sacs à sédiments ou de bassin de décantation, ceci afin de piéger les floculats et d'empêcher tout relargage en cours d'eau ou en zone humide.

L'usage de floculants est interdit dans les cours d'eau, les zones humides (ou autres milieux naturels aux sols saturés d'eau) et sur des surfaces décapées surplombant l'eau (berges, rives, etc.).



Configuration de traitement pour un pompage et rejet : photo de gauche vue d'aval avec la toile en jute pour retenir les sédiments coagulés, et la photo de droite avec les blocs de PAM attachés le long du fossé de traitement.

Les polyacrylamides (PAM) se présentent sous deux formes, anionique et cationique, dont les niveaux de toxicité et leur possibilité d'utilisation sur les chantiers varient (tableau 23).

De nombreuses études écotoxicologiques sur les PAM anionique et cationique ont été menées depuis le début des années 1950. Selon certaines d'entre elles, les PAM sont biodégradables, photodégradables ou mécaniquement dégradables dans les sols et ne présentent pas d'effets écotoxiques directs. Mais ces résultats sont discutés. En effet, les PAM contiennent en très faible quantité des acrylamides qui se présentent sous la forme de monomères. Plus mobiles et légers que les polymères, ils peuvent être libérés dans le milieu naturel, notamment dans les écoulements superficiels et de subsurfaces. Considérés comme toxiques et cancérigènes même en faible quantité, des travaux sont en cours sur les possibilités de dégradation microbienne de ces acrylamides (Touzé, 2014 ; Guezennec *et al.*, 2014 et 2015).

L'utilisation des PAM est donc réglementée :

- les formules de PAM utilisées en Europe doivent respecter le règlement UE n° 366 / 2011 du 14/04/11 qui précise que la concentration d'acrylamide doit rester en dessous de 0,1 % en poids du produit dans lequel il est intégré ;
- les PAM disponibles dans le commerce aux USA et à destination des chantiers doivent respecter le même critère que pour les PAM utilisés dans les réseaux d'eau potable, à savoir une concentration d'acrylamide inférieure à 0,05 %.

Vus la réglementation et les risques vis-à-vis des acrylamides, l'utilisation des PAM doit être limitée à des chantiers spécifiques, empêchant tout contact ou rejet dans les milieux aquatiques.

Tableau 23. Formes des polyacrylamides et toxicité potentielle

	Anionique	Cationique
Poudre, blocs	<p>Forme stable, se présente sous la forme d'une chaîne de polymères non toxique pour la vie aquatique, peu mobile et biodégradable, photodégradable ou mécaniquement dégradable</p> <p>Autorisée sur les chantiers</p> <p>⊗ Risque de libération d'acrylamides dans les écoulements superficiels et subsurfaciques</p>	<p>Forme instable, toxique pour la vie aquatique</p> <p>⊗ ⊗ ⊗ Interdite sur les chantiers</p>
Émulsion	<p>Toxicité reconnue pour la vie aquatique</p> <p>⊗ ⊗ Vivement déconseillée sur les chantiers</p>	

Spécifications

L'utilisation de floculants sur les chantiers s'inscrit obligatoirement au sein d'une approche multi-barrières, en complément de dispositifs de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments.

Les floculants ne remplacent pas les bonnes pratiques environnementales de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments. Obtenir systématiquement l'avis d'une personne habilitée lors de l'utilisation de floculants.

Les protocoles et modalités d'utilisation sont documentés.

Choisir le floculant en fonction des caractéristiques pédologiques des sols, des conditions climatiques et de la configuration du site

Définir la concentration de produit nécessaire en fonction de son usage et de la nature géologique des sols. Tester l'efficacité de ce dosage. À titre d'exemple, les concentrations en PAM varient entre 1,5 kg/ha et 20 kg/ha ou entre 1 mg/l et 5 mg/l selon les sites.

Enregistrer *a minima* les informations suivantes dans un cahier de suivi :

- détails du produit : poudre, blocs ;
- méthode, protocoles et procédures d'utilisation : quantité, dosage (par unité de surface), localisation des sites traités sur le chantier, dates d'utilisation, nom et qualifications de l'utilisateur, conditions météorologiques au cours de l'utilisation et résultats obtenus (turbidité, concentration en MES) ;
- tout autre renseignement souhaité par les services concernés.

Pour les floculants en poudre

Épandre le produit manuellement, avec un semoir à main, un arroseur de piste ou par hydroseeding. Arroser préalablement les sols à traiter si ces derniers sont secs, ceci permettant au floculant de se fixer, et réduisant les risques de lessivage et de rejet en milieux aquatiques

Pour les floculants en bloc

Fixer le bloc au fond du fossé ou du merlon, de manière à optimiser le contact avec les écoulements superficiels

Empêcher les floculants de rejoindre les milieux aquatiques. À cette fin :

- placer les floculants en amont des dispositifs de traitement des sédiments. À titre d'exemple, dans le cas particulier d'un fossé équipé d'une série de seuils semi-perméables, placer les floculants sur les premiers seuils uniquement ;
- diriger les eaux traitées vers une succession de seuils semi-perméables, vers un piège à sédiments, vers un bassin de décantation ou vers un sac filtrant ;
- épandre les eaux traitées vers un site végétalisé ou une zone tampon située à plus de 10 m du cours d'eau ;
- disposer un géotextile en jute ou en coco en aval des dispositifs de traitement des sédiments (pièges ou sacs à sédiments, bassins de décantation), ceci afin de piéger les derniers floculats.

Retirer et réutiliser (le cas échéant) les boues contenant des floculats retenues au fond des pièges à sédiments ou des bassins de décantation, sinon les évacuer comme déchets inertes. En cas de doute, vérifier la présence (ou l'absence) de polluants au sein de ces boues

Entretien, points de vigilance

Lors de l'épandage, prévoir un équipement de protection individuelle (EPI) spécifique, dont un masque, des gants et des lunettes de protection

Prévenir le risque de chute, les zones traitées devenant glissantes suite à l'épandage de poudre de floculants

En cas d'érosion des sols traités :

- traiter l'origine du processus (chapitre IV) ;
- renouveler le cas échéant l'application du floculant en suivant les recommandations du fabricant en termes de fréquence et de concentration du produit.

En cas de déversement accidentel, éviter tout nettoyage de la zone avec de l'eau ; préférer la sciure ou retirer le produit physiquement

Contrôler l'opération et après chaque évènement pluvieux, inspecter les surfaces traitées avec des floculants, afin de maîtriser leur efficacité et les risques de lessivage vers le milieu aquatique

Avantages

- S'appliquent rapidement et selon différentes configurations : de l'épandage manuel localisé à la projection hydraulique sur de grandes surfaces décapées
- Efficacité élevée sur sols argileux (rétention des particules fines entre 80 et 99 %)
- Stabilisent rapidement les sols (du fait de leur

résistance à l'érosion) en attendant que la végétation s'implante

- Augmentent l'infiltration et la rétention de l'eau par les sols
- Réduisent le lessivage des semis, produits phytosanitaires, engrais et autres amendements
- Permettent de respecter les normes de rejet lorsque les bonnes pratiques conventionnelles s'avèrent insuffisantes

Limites

- Risques écotoxiques connus pour les acrylamides, susceptibles d'être libérés en faible quantité par les PAM dans les écoulements superficiels et souterrains
- Incertitudes sur la possibilité de dégradation microbienne de ces acrylamides
- Coût élevé. À titre indicatif, le coût des PAM est d'environ 30 € / kg (sous forme de poudre vendue en sacs de 25 kg) ; et de 35 € / kg (lorsque vendus sous forme de blocs)
- Nature et dosage des flocculants spécifiques à chaque sol traité, à adapter au cas par cas. Possibilités limitées de réutilisation des stocks inutilisés sur un chantier

P rotection des bouches d'égout, avaloirs, regards

Objectifs

- Dévier, décanter ou piéger les sédiments grossiers
- Éviter tout colmatage des réseaux d'eaux pluviales ou d'assainissement

Description

Barrage semi-perméable ou étanche, encerclant les bouches d'égout, avaloirs et regards (figure 47)

Sur un chantier, les bouches d'égout, avaloirs et regards nécessitent d'être protégés lorsqu'à titre d'exemples :

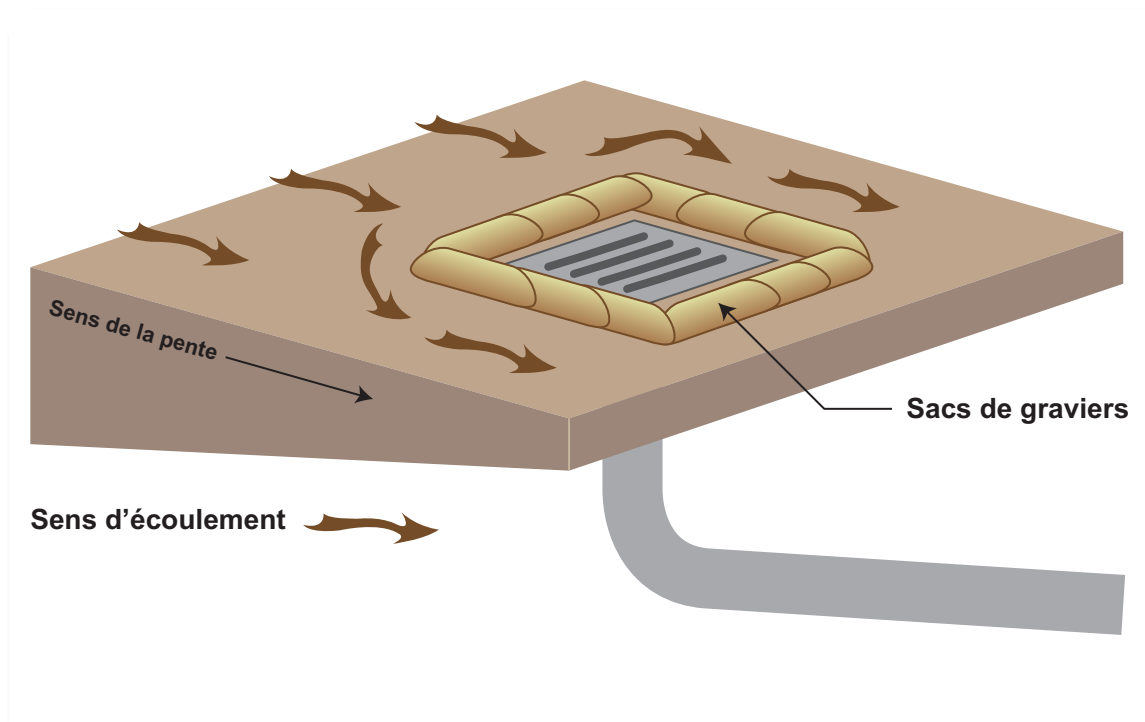
- le réseau pluvial ou d'assainissement définitif est opérationnel avant que la végétation soit suffisamment développée pour contrôler l'érosion ;

- des sédiments provenant des chenilles ou des pneus des engins, non piégés par les dispositifs de traitement amont, sont transportés vers le réseau d'assainissement situé en aval immédiat.

Dans ce cadre, les protections de bouches d'égout, d'avaloirs ou de regards permettent :

- de freiner la vitesse des écoulements superficiels et de piéger les sédiments ;
- ou obligent l'eau à contourner l'obstacle.

Ces dispositifs se présentent sous différentes formes, disponibles dans le commerce ou à construire soi-même sur le chantier (barrière périphérique, cadre filtrant, massif drainant, dérivation).



© Biotope pour AFB

Figure 47. Exemple d'une protection de bouche d'égout : barrière périphérique en sac de graviers.

Champs d'application

■ Au droit des bouches d'égout, des avaloirs et des regards présents au sein ou à proximité de l'emprise du chantier

Les barrières périphériques en géotextile sont déconseillées pour des débits supérieurs à 14 l/s. En revanche, les mêmes dispositifs mais constitués en sacs de graviers peuvent être utilisés avec des débits supérieurs à 14 l/s. Ils doivent dans ce cas être équipés d'une surverse.

Spécifications

Les protections de bouches d'égout, d'avaloirs ou de regards s'inscrivent dans une approche multi-barrières, en complément des dispositifs de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments.

La performance de ces dispositifs varie en fonction du type utilisé, de son installation et de son entretien, de la taille des sédiments à piéger et des volumes d'eau à traiter.

La réduction du niveau de turbidité et de sédiments est de l'ordre de 20 % à 35 %.

Barrière périphérique (type 1)

Boudins, sacs de sable ou tissus tendus en géotextile, PEHD, etc., à choisir en fonction du type d'écoulement superficiel (concentré au sein d'un fossé, ou étalé en nappe) :

- les boudins doivent être ancrés au sol à l'aide de piquets, agrafes ou équivalents ;
- les tissus tendus sont installés dans une tranchée de 10 cm autour de l'avaloir et maintenu à l'aide de piquets. Il peut être renforcé, le cas échéant, par un dépôt de graviers autour du bord extérieur qui stabilise l'ensemble et permet de résister à l'érosion.

Afin d'éviter une surverse trop rapide tout en limitant l'inondation des abords, la hauteur maximale des dispositifs est déterminée en fonction de la capacité de rétention de l'eau par les abords du dispositif.

Conçue pour durer plusieurs semaines à quelques mois, dans les secteurs où la stagnation temporaire de l'eau ne présente pas de risque

Des boudins spécifiquement conçus pour les routes peuvent être placés en amont ou autour d'avaloirs afin de réduire l'entrée de sédiments dans les réseaux enterrés d'assainissement ou autres.

© ERTEC



Type 1 : barrière périphérique en toile de géotextile tendue et associée à un paillage du fossé collecteur.



© Véronique de Billy - AFB

Type 1 : barrière périphérique en sac de graviers. Fonctionnelle mais à désen-graver.

Cadre filtrant (type 2)

Dispositif synthétique (géotextile, PVC, PEHD, etc.) installé dans ou sur l'avaloir et formant une barrière filtrante. Souvent muni de surverses/bypass afin de réduire le risque d'inondation

Conçu pour des événements ponctuels et de court terme lorsque l'avaloir et le réseau d'assainissement sont fonctionnels

Souvent utilisé en milieu urbain ou péri-urbain

Les divers modèles sont munis de surverses/bypass afin de permettre un débit important de surverse dans le réseau et de réduire le risque d'inondation.



Type 2 : cadre filtrant de type extérieur. En PEHD, il est réutilisable et adaptable à plusieurs modèles d'avaloir.

Massif drainant (type 3)

Fosse creusée autour des 4 côtés de l'avaloir, de 20 cm à 40 cm de profondeur sous le niveau maximal de l'avaloir, en pentes douces dirigées vers l'avaloir (< 50 %), protégée à l'aide de parpaings ou de briques, et comblée de graviers de Ø 1,0 cm à Ø 3,0 cm

Possibilité de stabiliser le dispositif et d'empêcher tout mouvement des graviers vers l'avaloir par l'ajout d'une clôture autour des parpaings, de 10 à 15 mm de vide de maille

Épaisseur et hauteur du dispositif variables en fonction de la surface disponible pour retenir l'eau temporairement

Possibilité d'assurer un écoulement régulier de l'eau stockée en créant un trou à travers les parpaings et sur les 4 côtés du dispositif, situé à 7 ou 10 cm au-dessus du sol et de Ø 2,5 cm

Conçu pour durer plusieurs semaines à quelques mois, dans les secteurs où la stagnation temporaire de l'eau ne présente pas de risque



Type 3 : enrochement drainant qui permet une rétention de l'eau chargée et un écoulement réduit dans le réseau. Les deux dispositifs sont construits avec parpaings à l'intérieur et un merlon en graviers autour.



Dérivation (type 4)

Boudin (rembourré de copeaux, fibres, caoutchouc, mousse, etc.) ou sac de sable, faisant obstacle aux écoulements superficiels et poussant les eaux chargées de sédiments à contourner l'avaloir sans y pénétrer



Type 4 : dérivation en place pour éviter que l'eau chargée ne rentre dans l'avaloir.

Entretien, points de vigilance

Marquer l'emplacement du dispositif sur le chantier à l'aide d'un balisage adapté afin de limiter le risque d'écrasement accidentel

Curer ponctuellement les sédiments quand ils atteignent 1/3 du niveau du piège. À noter que les cadres filtrants à l'intérieur de l'avaloir peuvent être lourdement chargés de sédiments si un entretien n'est pas régulièrement effectué

Inspecter les dispositifs avant et après chaque événement pluvieux et toutes les 24 h au cours d'un épisode prolongé

Retirer, évacuer ou recycler les sédiments curés afin qu'ils ne s'ajoutent pas aux sédiments à traiter en aval

Retirer les débris autour du dispositif et nettoyer les orifices de vidange passive

Cas particulier des dispositifs de dérivation de l'eau (type 4) : en bloquant ou en réduisant la capacité d'un avaloir à absorber l'eau, le dispositif peut inonder une portion de la voirie publique aussi bien que les milieux avoisinants ; toujours inspecter les dispositifs au cours d'un événement pluvieux

Surverse possible dans l'avaloir en cas d'augmentation du débit

Traitement des eaux chargées de sédiments en aval de l'avaloir

Conçue pour des contextes urbains à péri-urbains, avec routes en enrobé

Avantages

- S'installe et se désinstalle facilement et rapidement pour des travaux de courte durée
- Modulable au cas par cas, selon les besoins
- Efficace pour les sédiments grossiers, sous réserve d'un entretien très régulier

Limites

- Capacité de traitement des sédiments limitée
- Nécessite d'être très régulièrement entretenu
- Risque d'inondation de la voirie en aval

Aménagement des accès au chantier

Objectif

■ Réduire le transport de boue du chantier vers la voie publique

Description

Limitation des écoulements superficiels et nettoyage des roues des engins de circulation en sortie de chantier à l'aide d'un bac à cailloux et d'une plaque de roulement (figure 48)

Les accès au chantier constituent des points sensibles. Les pneus et chenilles des engins de chantier transportent d'importantes quantités de boue vers la voie publique susceptibles d'engendrer une nuisance

pour les riverains, un risque à la circulation et des pollutions au sein du réseau d'assainissement de la chaussée ou vers le milieu aquatique le plus proche.

Afin de nettoyer les roues et de limiter les écoulements superficiels vers l'extérieur, différentes surfaces de roulement (dites « nettoyeurs décrotteurs fixes ») peuvent être aménagées, comprenant :

- une fosse drainante en granulats, de type « bac à cailloux » ;
- une plaque de roulement, dont la longueur est adaptée au diamètre des roues et dont la forme ondulée écarte la gomme des pneus pour faire tomber la boue et les cailloux incrustés.

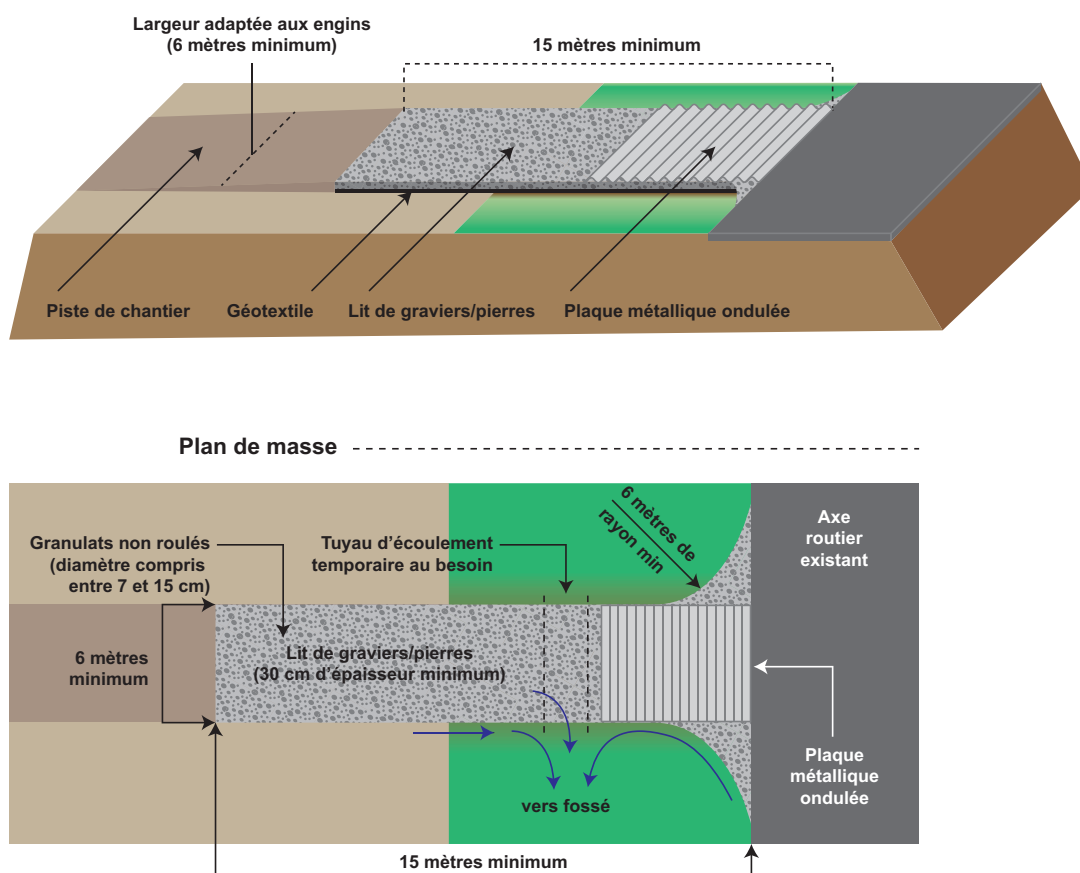


Figure 48. Schéma de principe d'un aménagement des accès au chantier. Les rapports de forme indiqués sont à adapter au cas par cas. Source : McCullah (2007).

© Biotope



Accès au chantier non aménagé.

© Véronique de Billy - AFB



Fosse drainante et grille métallique ondulée.

© GME



La longueur de la grille correspond à environ 10 fois le diamètre ou 3,5 fois la circonférence des roues. La forme ondulée écarte la gomme des pneus, ce qui fait tomber la boue et les cailloux incrustés.

© Véronique de Billy - AFB



Grille métallique ondulée de protection des accès au chantier.

Champs d'application

Points de sortie des camions et autres engins du chantier, des quais de déchargement ou des lieux de stockage des matériaux

Cette bonne pratique est recommandée dans les situations suivantes :

- la nature géologique des sols est limono-argileuse et colle aux pneus ;
- l'accès au chantier se fait via une piste pentue proche de milieux aquatiques ou une chaussée ouverte à la circulation du public.

L'installation de fosses drainantes ou de grilles de « nettoyage décroûtage » est déconseillée sur des surfaces en enrobé bitumeux ou en béton.

Spécifications

Avant l'installation des fosses drainantes et des grilles de « nettoyage décrottage », vérifier que le dossier d'exploitation sous chantier prévoit :

- une réduction du nombre de points d'accès au chantier ;
- la collecte des écoulements superficiels issus des accès au chantier (fiche Gérer n°1) et leur raccordement à des dispositifs de traitement provisoires des sédiments (fiches Traiter n°1, n°2 ou n°4) ;
- une indication des accès officiels au chantier à l'aide d'une signalétique adaptée complétée par une clôture des emprises (si nécessaire).

Réaliser les fosses drainantes et installer les grilles de « nettoyage décrottage » des roues des camions et autres engins circulant sur le chantier au démarrage des premiers terrassements.

Lors de la réalisation des fosses drainantes :

- ajuster le profil de l'accès pour diminuer sa pente ;
- dimensionner la fosse en fonction des engins les plus larges et les plus lourds circulant sur le chantier. À titre indicatif :
 - profondeur minimale = 30 cm (voire plus pour les engins lourds),
 - largeur minimale = 6 m (avec des sur-largeurs côté chaussée),
 - longueur minimale = 15 m ;
- déployer un géotextile non-tissé au fond de la fosse (sur toute sa surface) afin de limiter la mobilisation de sédiments ;
- installer un système drainant au point bas de la fosse et le raccorder aux dispositifs provisoires de traitement des sédiments ;
- remblayer la fosse à l'aide de granulats propres, non-friables et présentant une bonne résistance mécanique (Ø 50 – 150 mm). Éviter l'utilisation de granulats trop petits et/ou pouvant se bloquer dans les interstices des pneus.

Entretien, points de vigilance

Entretien de la partie terminale de l'accès au chantier pour éviter que les cailloux ne se répandent sur la chaussée

Retirer régulièrement de la voirie publique (*a minima* à la fin de chaque journée), les boues et autres sédiments résiduels issus du chantier

Inspecter très régulièrement les dispositifs et veiller à éviter l'accumulation de sédiments de part et d'autre de l'accès.

Curer les sédiments quand ils atteignent 1/3 de la capacité du dispositif

Compléter, sur des sites sensibles, les fosses drainantes et les grilles de « nettoyage – décrottage », par un système de lavage des pneus avec jets. Dans ce cas, veiller à raccorder ces eaux usées à un dispositif de traitement des eaux chargées en sédiments, avant d'atteindre le milieu aquatique ou le réseau pluvial

Laisser en place ces dispositifs de nettoyage des roues jusqu'à ce que le chantier soit terminé ou *a minima*, que les camions et autres engins du chantier ne risquent plus de transporter des boues en dehors du site

Cas particulier des fosses drainantes

La formation d'ornières indique un dysfonctionnement du dispositif. Vérifier ses dimensions (épaisseur et dimension des granulats, type de géotextile, etc.)

Renouveler (et recycler si possible) la couche superficielle de granulats dès que celle-ci est colmatée

Avantages

- Réduit le risque d'exporter des sédiments vers les cours d'eau et les zones humides
- Limite les nuisances et les risques liés à la circulation des camions et autres engins du chantier et les plaintes des riverains

Limites

- Nécessite un nettoyage régulier de la chaussée circulée, sauf en cas de lavage via des jets d'eau ou un broyage mécanique
- Perte d'efficacité des dispositifs sur un accès fortement pentu arrivant directement sur la chaussée
- Pour les fosses drainantes : risque de colmatage et de perte d'efficacité en l'absence d'entretien et de renouvellement(s) de la surface de granulats

Gérer les hydrocarbures, les laitances béton et les autres sources potentielles de pollutions chimiques

Outre le rejet de sédiments dans les milieux aquatiques, de nombreux autres risques de pollution physico-chimique des eaux sont recensés sur les chantiers (chapitre II). Au regard de la toxicité potentielle de certains de ces matériaux ou produits, il est primordial d'anticiper les risques. Ainsi, il est recommandé :

- aux maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, en tant que responsables des marchés, d'inclure dans leurs DCE un cahier des prescriptions environnementales et un CCTP précisant et localisant les milieux naturels ou espèces animales ou végétales sensibles à toute pollution, les exigences dont il doit être tenu compte (notamment en termes de protection de ces milieux, de gestion des déchets et de traitement des eaux), ainsi que les pénalités applicables en cas de manquements ;
 - aux entreprises, d'adapter leur système de management environnemental en conséquence, en détaillant aux SOPRE¹⁴, PAE et SOGED¹⁵ l'ensemble des moyens et procédures mis en œuvre pour éviter ou réduire ces risques.
- Un plan d'intervention d'urgence en cas de pollution accidentelle doit notamment être présenté.**

En effet, il importe en priorité d'anticiper ces risques vis-à-vis des milieux aquatiques, au regard notamment :

- de la nature des matériaux ou produits utilisés ;
- de la topographie du chantier, du fait des possibles écoulements ou projections (chapitre III) ;
- de la proximité de la zone de travaux et des aires de stockage et de confinement des produits et matériaux avec les fossés collecteurs, les merlons, les bassins de décantation et les milieux aquatiques (cours d'eau et zones humides) ;
- de la météorologie. Les risques pluviométriques et de vent violent doivent être intégrés autant que possible dans le phasage des travaux, pour éviter les submersions, lessivages ou envols de poussières toxiques.

Ce chapitre n'a pas vocation à présenter toutes les sources de pollutions potentielles, leur toxicité éventuelle et leurs modalités de traitement. Le guide propose juste un focus sur les autres sources de pollutions.

- **Fiche** Gérer les autres sources de pollutions n°1. Stockage, confinement, entretien et ravitaillement des produits ou matériaux potentiellement polluants
- **Fiche** Gérer les autres sources de pollutions n°2. Traitement des sauts de pH

14 - Schéma organisationnel de la protection et du respect de l'environnement

15 - Schéma d'organisation et de la gestion de l'évacuation des déchets

Pour toute information sur :

- la toxicité éventuelle des produits ou matériaux utilisés et sur les protocoles d'utilisation, il convient de se référer aux spécifications et aux précautions d'emploi indiquées dans chaque fiche produit et/ou dans les fiches d'hygiène et sécurité ou toxicologiques (notamment fiches INRS et FDES¹⁶) ;
- les protocoles de traitement des pollutions accidentelles, se référer au site internet du CEDRE¹⁷.

Pourquoi s'intéresser aux substances polluantes ?

Certains produits ou substances utilisés sur les chantiers sont susceptibles soit d'engendrer des risques sanitaires (contamination de captages d'eau potable) ; soit d'avoir des impacts négatifs sur le plan écologique (dont mortalité de la faune et de la flore) (tableau 2, pages 18 et 19).

C'est le cas des hydrocarbures, lubrifiants, adjuvants divers, peintures, solvants, détergents, adhésifs, explosifs, etc. Leur libération dans le milieu naturel est un risque permanent qu'il faut s'efforcer de maîtriser en veillant aux conditions de :

- stockage ou confinement de ces produits ;
- ravitaillement, stationnement et entretien des engins ;
- réalisation du chantier.

16 - INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles : <http://www.inrs.fr/publications/bdd/fi-chetox.html> ;
FDES : Fiche de déclaration environnementale et sanitaire

17 - Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux : <http://wwz.cedre.fr/Nos-ressources/Documentation>

© Madéleine Carrouée - AFB



Les flaques irisées peuvent indiquer une perte chronique d'un engin.

Les pompes ou groupes doivent de préférence être protégés contre les intempéries. À défaut, ils sont équipés d'un bac de surverse qui doit être surveillé et vidé régulièrement.

© Biotopie



Stockage de bidons proches du milieu aquatique et groupe électrogène sans cuvette de rétention.

© Biotopie



© Biotope

Lessivage de la laitance d'un coffrage suite à un arrêt trop précoce des pompes et pompage incomplet de la laitance dans le bac de traitement.



© Biotope



© Eiffage

Rejet de laitance béton en milieu naturel.



© Biotope

Dépôt de chaux

Pourquoi s'intéresser au pH de l'eau en particulier ?

Dans un cours d'eau, le pH constitue, avec la température et l'oxygène, un des paramètres majeurs déterminant les conditions de vie de la faune et de la flore. De nombreuses espèces de poissons, d'écrevisses, de mollusques, etc., y sont très sensibles. Naturellement stable, le pH peut brutalement augmenter ou diminuer dès lors que l'eau entre en contact avec des matériaux basiques ou acides, ce qui peut avoir des conséquences néfastes voire létales pour les individus. Ainsi, des mortalités de poissons peuvent être observées sur plusieurs centaines de mètres linéaires de cours d'eau du fait d'une acidification ou d'une basification brutale des eaux.

Sur un chantier, les écoulements superficiels sont régulièrement mis en contact avec des matériaux ou substances :

- basiques : tels que la chaux, le ciment, le béton et la laitance qui en résulte, le mortier, les explosifs à base d'ammonitrates, certaines graves de recyclage (laitiers sidérurgiques ; issus de démolition, de mâchefers), etc. ;
- ou acides : cas de certains matériaux constitutifs des remblais ou des couches de forme des plateformes routières tels que les émulsions de bitume, les graves bitumineuses, etc.

Ces derniers peuvent engendrer une hausse ou une baisse rapide du pH, rendant les écoulements superficiels toxiques :

- pour les personnels, car irritant pour les yeux, la peau et les voies respiratoires ;
- pour la faune et la flore aquatiques et terrestres, par irritation voire brûlures des muqueuses, fragilisation des individus voire mortalité ;
- auprès de certaines substances ou matériaux, par effet corrosif sur le béton, les métaux, etc.

Stockage, confinement, entretien et ravitaillement des produits ou matériaux potentiellement polluants

Objectif

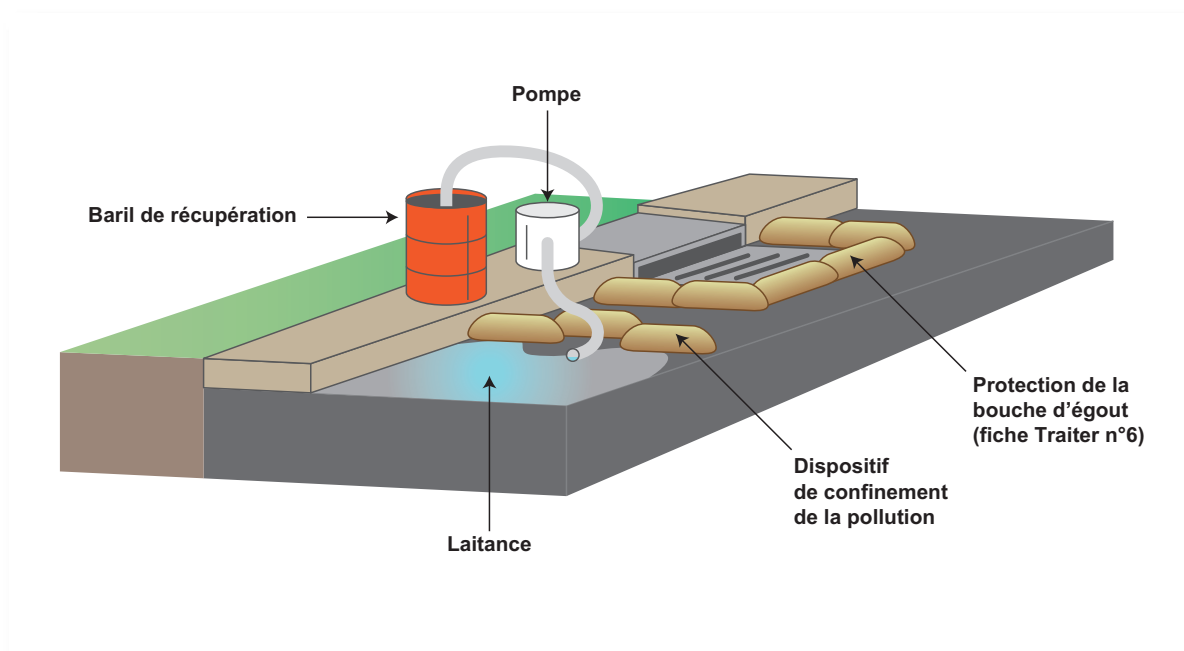
■ Réduire les risques de pollution accidentelle via des écoulements vers les milieux aquatiques ou des infiltrations dans le sol

Description

Stockage, confinement et modalités d'utilisation des produits ou substances considérés comme polluants (figure 49)

Pour toute information sur :

- la toxicité éventuelle des produits ou matériaux utilisés et sur les protocoles d'utilisation, il convient de se référer aux spécifications et aux précautions d'emploi indiquées dans chaque fiche produit et/ou dans les fiches d'hygiène et sécurité ou toxicologiques (notamment fiches INRS et FDES¹⁸) ;
- les protocoles de traitement des pollutions accidentelles, se référer au site internet du CEDRE¹⁹



© Biotope pour AFB

Figure 49. Exemple d'un système d'interception de laitance en amont d'un égout.

18 - INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ;

<http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html> ;

FDES : Fiche de déclaration environnementale et sanitaire

19 - Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux ;

<http://www.cedre.fr/Nos-ressources/Documentation>



Exemple d'une aire de stockage des matériaux polluants, constituée d'un conteneur/bungalow étanche associé à un kit anti-pollution. Certains produits sont isolés du sol et disposés sur des bacs de rétention.



Exemple d'un kit anti-pollution isolé du sol.



Équipement posé sur géotextile absorbant.



Mise en place d'un géotextile absorbant au point d'alimentation en essence des groupes électrogènes.

Champs d'application

■ Bonnes pratiques à appliquer dès lors que des matériaux ou produits potentiellement polluants sont utilisés sur le chantier

Les emprises de chantier concernées correspondent :

- aux zones d'utilisation directe de ces matériaux ou substances ;
- aux aires de lavage et de stockage du matériel, des outils ou des engins de circulation ;
- aux dispositifs de collecte, de transport ou de stockage des écoulements superficiels issus du chantier, dont plus particulièrement les bassins de décantation, les réseaux d'eaux pluviales et les réseaux d'assainissement.

Spécifications

Sensibilisation

Informers tous les personnels intervenant sur le chantier :

- des enjeux (de santé publique, de protection de l'environnement) et des risques de pollutions ;
- des bonnes pratiques de stockage et d'emploi des produits polluants ;
- des procédures d'urgence en cas de pollution ;
- de l'emploi des kits anti-pollution.

Stockage/confinement des substances ou produits polluants

En fonction des chantiers ou postes de chantier, les aires de stockage peuvent recouvrir une grande diversité de formes : bâtiment, container, bac de rétention ou simple surface imperméabilisée. Les principes généraux lors de l'implantation et de la réalisation des aires de stockage sont les suivants :

- localiser les aires de stockage en dehors d'une zone soumise à ruissellement ou inondation et dans la mesure du possible, à plus de 30 m de tout milieu aquatique, réseaux d'assainissement ou des réseaux d'eau pluviale, en particulier pour les aires de dépotage de la chaux ou des liants ;
- les identifier sur le schéma d'installation environnementale du chantier (fiche Anticiper n°2) ;
- les équiper de dispositifs étanches et/ou de confinement, empêchant toute infiltration ou écoulement des produits à l'extérieur. Ils doivent comprendre :
 - une protection contre la pluie,
 - un sol imperméabilisé (dalle, bâche, bac),
 - un kit anti-pollution comprenant des dispositifs de rétention des produits ou substances (correspondant *a minima*, à 100 % du volume stocké) et/ou d'absorption (géotextile, granulats, etc.) ;
- les sécuriser contre le vol ou le vandalisme (selon sensibilité du site).

20 - Sondes multi-paramètres équipées *a minima* d'un thermomètre, d'un pH-mètre, d'un oxymètre, d'un conductimètre et d'un turbidimètre.

Stationnement des engins et dépôt des matériels sensibles

Appliquer les précautions identiques à celles préconisées pour le stockage des produits polluants

Équiper les aires de lavage d'une fosse étanche, d'un débourbeur (fosse de décantation récupérant les boues de lavage), d'un dispositif de récupération des hydrocarbures en sortie (séparateur, barrage HCT flottant ou autre dispositif adapté) et d'un kit anti-pollution

Mettre en place des bacs de rétention ou produits absorbants sous les matériels immobilisés sur le chantier : groupes électrogènes, compresseurs, pompes, raccords de sections d'une alimentation pneumatique, etc.

Ravitaillement des engins

Réaliser les ravitaillements, dans la mesure du possible, à plus de 30 m de tout milieu sensible et en dehors de zones soumises à des écoulements superficiels

Prévoir du matériel absorbant à disposer préventivement sous la zone de manipulation (de type couverture étanche) ou la réalisation d'une aire étanche spécifique

Remplir le réservoir des engins avec un pistolet anti-reflux. Pour les remplissages avec bidon, utiliser un entonnoir. Dans tous les cas, avoir un kit anti-pollution à proximité immédiate des ravitaillements

Entretien, réparation et lavage

Limiter les interventions sur les engins au niveau des postes du chantier aux seuls cas de panne immobilisant

Réaliser tous les entretiens, réparations et lavages sur des aires dédiées, imperméabilisées et situées hors zone sensible

Favoriser l'emploi de produits les moins polluants possible

Récupérer les eaux de lavage. À transporter soit hors site vers un centre agréé, soit vers un débourbeur/déshuileur/recycleur (ou dispositif équivalent)

Prévention et traitement des fuites accidentelles

Disposer autant que possible à l'avance d'appareils de mesure de la qualité physico-chimique de l'eau²⁰ et effectuer régulièrement des mesures en amont et en aval du chantier pour vérifier l'efficacité des dispositifs anti-pollution mis en place

Surveiller et entretenir régulièrement les matériels et engins

Disposer de kits anti-pollution adaptés aux risques, au droit de chaque poste de chantier sensible, dans les engins de circulation et dans des aires de stockage spécifiques (notamment pour les absorbants à conserver à l'abri de l'humidité)

Savoir mettre en œuvre les procédures et kits anti-pollution basés sur l'alerte, la résorption de la source de pollution, le confinement du polluant échappé (cunettes, merlon, etc.), et si possible sa captation (absorbants, boudins spécifiques, excavation des terres souillées, etc.)

En cas de fuite accidentelle lors d'un épisode pluvieux, mettre en œuvre rapidement des dispositifs :

- de collecte des écoulements superficiels (merlons/ fossés de dérivation des eaux en amont de la zone polluée) afin d'éviter toute pollution supplémentaire des eaux claires issues de l'amont ;
- d'évitement des infiltrations : bâchage de la zone polluée ;
- d'absorption et de récupération de la pollution.



© Eiffage



© Eiffage

Exemple de la récupération de terres polluées aux hydrocarbures et de leur stockage dans un big bag étanche.

Gestion des déchets

Interdire sur le chantier tout abandon, enfouissement et brûlage des produits polluants ou de matériels ou matériaux souillés

Considérer et traiter comme un déchet les terres souillées lors d'une fuite accidentelle, en respectant la réglementation en vigueur et les procédures de collecte, de gestion et d'élimination des déchets dangereux

Recycler si possible les eaux issues du lavage des goulottes des toupies béton (et non des toupies elles-mêmes) et autres matériels

Évacuer en décharge ou valoriser en remblais les bétons sédimentés et durcis. Ne jamais les enfouir sur le chantier en dehors des actions de valorisation dans les ouvrages prévus à cet effet

Évacuer les bétons et laitances ayant coulé dans les fossés et bassins d'assainissement (filtre et fonds étanchés, accumulation, etc.) pour restaurer leur bon fonctionnement



© Eiffage

Exemples de fosses étanches de récupération des résidus de nettoyage des goulottes des toupies béton.

Entretien, points de vigilance

Prévenir le risque auprès du personnel par une information, une formation et une surveillance permanente

Vérifier que le stock de kits anti-pollution est maintenu ou adapté au cours du projet

Avantage

- Réduit les risques de nettoyage coûteux et de pénalité en cas d'incident et de pollution

Limite

- Risque d'incident courant (par rupture de flexibles, par exemple), occasionnant parfois des petits déversements

Traitement des sauts de pH

Objectifs

- Éviter et réduire tout risque de saut de pH néfaste pour la vie aquatique
- Neutraliser le pH

Pour toute information sur :

- la toxicité éventuelle des produits ou matériaux utilisés et sur les protocoles d'utilisation, il convient de se référer aux spécifications et aux précautions d'emploi indiquées dans chaque fiche produit et/ou dans les fiches d'hygiène et sécurité ou toxicologiques (notamment fiches INRS et FDES²¹) ;
- les protocoles de traitement des pollutions accidentelles, se référer au site internet du CEDRE²²

Description

Ensemble de bonnes pratiques permettant d'anticiper ou de réduire les risques de saut de pH, puis de neutraliser le pH en cas de besoin

21 - INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles :

<http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html> ;

FDES : Fiche de déclaration environnementale et sanitaire

22 - Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux : <http://www.cedre.fr/Nos-ressources/Documentation>

© Biotope



© Vinci

L'eau sur la paroi béton affichant pH 12.06 48 h après bétonnage.

Injection de CO₂ dans une eau polluée par des laitances béton.

Champs d'application

■ Bonnes pratiques à appliquer dès lors que des matériaux ou substances utilisés sur le chantier sont susceptibles d'engendrer un saut de pH

Les emprises de chantier concernées correspondent :

- aux zones d'utilisation directe de ces matériaux ou substances ;
- aux aires de lavage et de stockage du matériel, des outils ou des engins de circulation ;
- aux dispositifs de collecte, de transport ou de stockage des écoulements superficiels issus du chantier, dont plus particulièrement les bassins de décantation, les réseaux d'eaux pluviales et les réseaux d'assainissement.

Spécifications

Si le rejet des eaux de ruissellement du chantier vers un milieu aquatique s'avère inévitable, une variation de 0,5 unité de pH dans le milieu récepteur est tolérée (sauf réglementation spécifique). Sur un chantier, cela revient souvent à ramener un pH basique ou acide vers la neutralité (pH = 7), exception faite de milieux aquatiques naturellement acides ou basiques (à vérifier systématiquement en phase d'instruction ou dans tous les cas, avant le démarrage des travaux).

Réduire le risque sur le chantier (fiche Gérer les autres sources de pollutions n°1)

Neutraliser le pH

Une fois acide ou basique, les eaux doivent impérativement être collectées et confinées au sein de l'emprise chantier

Méthodes disponibles pour le traitement d'eaux basiques :

- soit par injection de CO₂ dans l'eau à traiter, à l'aide de glace carbonique (CO₂ solide) ou d'un diffuseur comprimé. Simple à mettre en œuvre, sans risque pour l'opérateur et sans résidus aqueux, le CO₂ ainsi injecté ne peut être surdosé. Il neutralise rapidement un volume d'eau stocké dans un conteneur ou un bassin (environ 2 à 3 heures pour 8 m³) ;
- soit par dilution. Délicate à mettre en œuvre en fonction de la valeur du pH à neutraliser et des volumes d'eau à traiter, son efficacité dépend de la disponibilité en eau à pH neutre nécessaire à une dilution efficace (tableau 24) ;
- soit par traitement chimique sophistiqué, par ajout d'acide chlorhydrique par exemple

Chaque dispositif doit être accompagné d'un pH-mètre permettant de suivre le processus de neutralisation et de vérifier que les eaux traitées retrouvent un pH acceptable avant rejet dans le milieu naturel.

Tableau 24. Volume d'eau nécessaire pour neutraliser un litre d'eau, en fonction du pH initial
Source : New Zealand Concrete Masonry Assoc. (2007)

	pH	Volume d'eau nécessaire pour neutraliser 1 L au pH indiqué
Neutre	7	0 L
Dérivés de béton	10	1000 L
	11	10 000 L
	12	100 000 L
	13	1 000 000 L

Entretien, points de vigilance

Limiter les envols de poussières par l'usage d'aspirateurs (sciage) et d'asperseurs (chaux liquide)

Lors de la réalisation de travaux en cours d'eau, travailler à sec (hors d'eau) grâce à un batardeau ou à une dérivation provisoire, veiller à l'étanchéité des outils coffrant, etc. (chapitre VIII)

Mesurer régulièrement le pH des eaux de ruissellement du chantier avant restitution dans le milieu aquatique

Surveiller la présence de dépôts de béton ou de traces de laitance dans les égouts, fossés, milieux aquatiques ou milieux sensibles et mettre en place les procédures correctrices immédiatement

Avant chaque épisode pluvieux : couvrir d'une bâche ou isoler des ruissellements les zones de stockage des matériaux ou substances susceptibles d'engendrer un saut de pH

Après chaque épisode pluvieux : contrôler les aires de lavage ou autres sources potentielles de saut de pH, pour éviter, et le cas échéant corriger, les fuites et surverses

Retirer le béton durci des fosses étanches ou du conteneur, lorsque le niveau atteint ¾ de sa capacité utile et le recycler ou le revaloriser

Avantage

■ Evite et réduit les risques associés aux sauts de pH sur les chantiers

Limite

■ Difficulté à neutraliser une eau basique après qu'elle soit rejetée dans le cours d'eau. Nécessité de déployer alors d'importants moyens

Bibliographie

- Alberta Government** (2011), Erosion and Sediment Control Manual V.2, Alberta, Canada, 444 p. Lien : <http://www.transportation.alberta.ca/4626.htm>
- Birtwell, I.K.** (1999) The effects of sediment on fish and their habitat, Fisheries and oceans, Canada, 34 p.
- Blandin, P.** (2007) L'écosystème existe-t-il ? Le tout et la partie en écologie. In : Martin, T., (coord.), Le tout & les parties dans les systèmes naturels. Vuibert, Paris : 21 - 46 p.
- Caltrans, State of California, Department of Transportation (2003), Construction Site Best Management Practices (BMPs) Manual, Storm Water Quality Handbooks, 257 p. Lien : http://www.dot.ca.gov/hq/construc/stormwater/CSBMPM_303_Final.pdf
- Cerema** (sous presse) Les chantiers d'infrastructures routières et les milieux naturels. Prise en compte des habitats et des espèces. Guide technique. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), sous press.
- Cerema** (2015) Conception des ouvrages d'assainissement provisoires en phase chantier. Retours d'expériences. Note d'information Environnement, santé, risque. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), Direction technique Infrastructures de transport et matériaux, Bron, France, 20 p.
- Craul, P.** (1999), Urban Soils : Applications and Processes, 384 p, Publications Wiley, ISBN-10: 0471189030.
- Décamps H. et Décamps O. (2002) Ripisylves méditerranéennes. Medwet. Tour du Valat. France, 140 p.
- des Touches H. et Anras L. (2005) Curage des canaux et fossés d'eau douce en marais littoraux, Cahier technique, Ed. Forum des Marais Atlantiques, Rochefort, 44 p.
- Erosion Tech** (2015), Prevent Scour and Erosion with the Green Solution. Lien: <http://www.ktc.uky.edu/kytc/kypel/downloadAttachment.php?fileIndex=358>
- Fifield, J.** (2005), Field Manual on Sediment and Erosion Control Best Management Practices for Contractors and Inspectors, Forester Press, Santa Barbara, CA, USA, 166 p.
- Gagné, J.** (2008), Le Contrôle de l'Erosion et des Sédiments : pour le bien de nos plans d'eau. Ministère des Transports du Québec, Direction de l'Estrie, Québec. Texte de présentation. Présenté au forum sur les lacs. Lien : www.crelaurentides.org/publication/publications/actes2008.pdf
- Guay J., Lajeunesse, S., Martel, J-F.** (2012) Guide technique, Gestion environnementale des fossés. Municipalité Régionale du Comté de Brome-Missisquoi, Municipalité Régionale du Comté de Granit, Canada, 26 p. Lien : <http://www.mrcgranit.qc.ca/fichiersUpload/fichiers/20121219131022-guide-technique-mrc-brome-missisquoi.pdf>
- Goldman, S.J., Jackson, K. et Bursztynsky, T.A.** (1986), Erosion and Sediment Control Handbook, New-York, USA, MrGraw-Hill.
- Greater Golden Horseshoe Area Conservation Authorities** (2006), Erosion and Sediment Control Guideline for Urban Construction, 153 p. Lien : <http://www.trca.on.ca/dotAsset/40035.pdf>
- Guezennec, A., Michel, C., Bru, K., Touze, S., Desroche, N., Mnif, I. et Motelica-Heino, M.** (2015) Transfer and degradation of polyacrylamide-based flocculants in hydrosystems: a review. Environmental Science & Pollution Research; May 2015, Vol. 22 Issue 9, 63-90 p.
- Guezennec A.G., et al.** (2014), Transfer and degradation of polyacrylamide-based flocculants in hydrosystems: a review, Environmental Science and Pollution Research, Springer.
- Kemp, P., Sear, D., Collins, A., Naden, P. et Jones, I.** (2011) The impacts of fine sediment on riverine fish, Hydrological process, vol. 25, 1800-1821 pp.
- Lakeville** (2013), Dewatering Information, City of Lakeville, Minnesota, USA, 46 p. Lien : <http://www.ci.lakeville.mn.us/documentcenter/view/260>

Local Government Association of Queensland (2006), Introductory Erosion and Sediment Control Guidelines for Queensland Councils, Australian Government, Australia, 71 p. Lien : <http://nrmonline.nrm.gov.au/catalog/mql:2770>

Lloyd Denby-J., Koenings J. et La Perrire (1987) Effects of Turbidity in Fresh Waters of Alaska. *Journal of Fisheries Management*. 7 : 18-13 pp.

Lloyd Denby-J (1987) Turbidity as a water quality standard for salmonid habitats in Alaska. *North American Journal of Fisheries Management* : 34-45 pp.

McCaleb, M., McLaughlin, R. et King, S. (2008), E&SC Improvements during the Construction Phase, [Présentation Powerpoint], Department of Soil Science, North Carolina State University, USA, 78 p. Lien : http://mclaughlin.soil.ncsu.edu/ppt/Balfour%20Beatty%20Infrastructure_EandSC%20Talk_December%202008-1.pdf

McClain, P. (s.d.), Sediment Control Measures and Basin Design, [Présentation Powerpoint]

McCullah, J. (2016), Stormwater Compliance Guidance for Effective BMPs, BMP Manual provided for the Shasta college erosion control BMP summit, Ed. Salix Applied Earthcare / SWAG, Redding, Californie, USA. 126 p.

McCullah, J. (2007), OHV BMP Manual for Erosion and Sediment Control, Ed. Salix Applied Earthcare and Geosyntec Consultants, Redding, Californie, USA, 317 p. Lien : http://ohv.parks.ca.gov/pages/25010/files/ca_dpr_ohv-bmp-manual_nov2007.pdf

McDonnell, J. (2015), Environment, Arlington County, Virginia, USA. Lien : <https://environment.arlingtonva.us/streams/prevent-pollution/>

McLaughlin, D. (2012) Erosion and sediment control plan, MAC-ENC-PRO-060, Bhp Billington, Australia, 23 p. Lien : <http://www.bhpbilliton.com/-/media/bhp/regulatory-information-media/coal/new-south-wales-energy-coal/mt-arthur-coal/environmental-management-plans/erosion-and-sediment-control-plan.pdf>

McLaughlin R. A. et Markusic M.S. (2007), Evaluating sediment capture rates for different sediment basin designs. Rapport n° FHWA/NC/2006-49. North Carolina State University Raleigh, North Carolina, USA, 20 p.

McLaughlin, R. (2007), Passive Dosing Approaches for Polymers [Présentation Powerpoint], Department of Soil Science, North Carolina State University, USA.

McLaughlin, R., (s.d.), Turbidity Control by Chemical Flocculation: Basic Concepts, [Présentation Powerpoint], Department of Soil Science, North Carolina State University, USA.

Ministère des transports du Québec (2012), Méthode du tiers inférieur pour l'entretien des fossés routiers, Guide d'information à l'intention des gestionnaires des réseaux routiers, Direction de l'environnement et de la recherche et Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines, Direction des communications du ministère des transports du Québec, Québec, Canada, 16 p. Lien : <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1079063.pdf>

Monast Robineau, P. (2008) Évaluation environnementales et économique de la méthode du tiers inférieur pour l'entretien des fossés routiers, Ministère des transports du Québec, Québec, Canada, 210 p. Lien : http://www.conseileunordgaspesie.ca/public/documents/bonnes_pratiques/municipal/Publication_entretien_des_fosses_routiers.pdf

New Zealand Concrete Masonary Association (2007), Onsite management of concrete washwater, Masonary Edition, New Zealand. Lien : http://www.nzcm.org.nz/document/279-32/Site_Management_of_Concrete_Wash-water_-_Masonry_Edition.pdf

Oregon Department of Transportation (2005), ODOT Erosion Control Manual, Guidelines for Developing and Implementing Erosion and Sediment Controls, Oregon, USA, 378 p. 378 p. Lien : http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/GEOENVIRONMENTAL/docs/erosion_control_manual_nav.pdf

Roeklin C., Guerrero A. et de Billy V. (2014), Pour une transparence hydro-écologique des lignes nouvelles ferroviaires – principes de prise en compte des cours d'eau et des zones humides, Note technique Onema/RFF, Paris, 106 p. Lien : <http://www.trameverteetbleue.fr/documentation/references-bibliographiques/pour-transparence-hydro-ecologique-lignes-nouvelles>.

Sarat E., Mazaubert E., Dutartre A., Poulet N. et Soubeyran Y. (2015) Les espèces exotiques envahissantes. Connaissances pratiques et expériences de gestion. Volume 1 – Connaissances pratiques. Onema. Collection Comprendre pour agir. 252 p.

Schuyler County Soil and Water Conservation Districts, New York, USA, Drop Inlet Devices. Lien : <http://www.schuylerswcd.com/drop-inlet-protection.html>

SETRA (2004) Nomenclature de la loi sur l'eau. Application aux infrastructures routières. Guide technique, Service d'Études Techniques des Routes et des Autoroutes (SETRA), Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, Bagneux, France, 114 p.

SETRA (2005) Aménagements et mesures pour la petite faune. Guide technique, Service d'Études Techniques des Routes et des Autoroutes (SETRA), Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, Bagneux, France, 226 p.

SETRA (2006) Assainissement routier, Guide technique, Service d'Etudes Techniques des Routes et des Autoroutes (SETRA), Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, Bagneux, France, 94 p.

SETRA (2007 a) Méthode de hiérarchisation de la vulnérabilité de la ressource en eau, Note d'information n°80, Service d'Etudes Techniques des Routes et des Autoroutes (SETRA), Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, Bagneux, France, 12 p.

SETRA (2007 b) Chantiers routiers et préservation du milieu aquatique, management environnemental et solutions techniques, Guide technique, Service d'Etudes Techniques des Routes et des Autoroutes (SETRA), Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, Bagneux, France, 122 p.

SETRA (2007 c) Pollution d'origine routière, Conception des ouvrages de traitement des eaux, Guide technique, Service d'Etudes Techniques des Routes et des Autoroutes (SETRA), Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, Bagneux, France, 88 p.

Shead, R., Bettles, T. et Favero P. (non daté) Guidelines for erosion and sediment control bylaw , For development sites that are exempted from the ESC Submission Requirements, Economic Development & Planning Service, Community Sustainability, Abbotsford, Canada, 8 p. Lien : [https://www.abbotsford.ca/Assets/2014+Abbotsford/Planning+and+Development/Planning/Erosion+and+Sediment+Control+\(ESC\)/Guidelines+For+Erosion+And+Sediment+Control+Bylaw+Exempted.pdf](https://www.abbotsford.ca/Assets/2014+Abbotsford/Planning+and+Development/Planning/Erosion+and+Sediment+Control+(ESC)/Guidelines+For+Erosion+And+Sediment+Control+Bylaw+Exempted.pdf)

Tetra Tech, Kentucky erosion prevention and sediment control field guide, Kentucky Division of Water (KDOW) Nonpoint Source Section and the Kentucky Division of Conservation (KDOC), Kentucky environmental and public protection cabinet, U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), USA, 89 p.

Tahoe Regional Planning Agency (2014), Best management practices handbook, Lake Tahoe, USA, 736 p. Lien: <http://tahoebmp.org/BMPHandbook.aspx>

Toccoa Inc., Madison, Alabama, USA. Lien : <http://www.toccoainc.com/erosion-control/>

Touzé, S. (2014) Devenir des floculants à base de polyacrylamide dans les boues, les eaux industrielles et les eaux naturelles et impact potentiel sur les écosystèmes aquatiques, programme CESA 2010, projet AquaPol, BRGM, ISTO Université d'Orléans, LRSAE Université de Nice, Nexidia PME, France, 18 p.

UICN (2016) Quarante ans de protection de la nature : succès et défis de la préservation des espèces en France (1976-2016), communiqué de presse du 14 décembre 2016, 2 p.

Water Environment Services (2008), Erosion Prevention and Sediment Control – Planning and Design Manual, County of Clackamas, Oregon State, USA, 262 p. Lien : <http://www.clackamas.us/wes/documents/designmanual/manual.pdf>

Wellington Regional Council (2006), Small earthworks : erosion and sediment control for small sites, Greater Wellington Regional Council, NZ. Lien : http://www.gw.govt.nz/assets/council-publications/Small_sites_guide.PDF

Wikicommons (2007). File : Seabees Compactor Roller. Jpg, Photo du domaine publique. Lien : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seabees_compactor_roller.jpg

Wood P.J. et Armitage P.D. (1997) Biological effects of fine sediment in the lotic environment. Environmental management, Vol. 21, n°2, 203-217 pp.

Zimmerman, A., communication personnelle, 23 novembre 2015, Creative Courses <http://www.creativecoursesllc.com/Welcome.html>

SITES INTERNET

Association of Illinois Soil and Water Conservation Districts, Illinois Urban Manual, Polyacrylamide (PAM) for Turbidity and Sediment Control, <http://www.stoperosionnow.org/IUM/standards/urbst894.html>

British Columbia Ministry of Environment, General BMPs and Standard Project Considerations, Ecosystems Branch, BC, Canada, <http://www.env.gov.bc.ca/wld/instreamworks/generalBMPs.htm>

California Department of Transportation, Construction Site BMP Fact Sheets, <http://www.dot.ca.gov/hq/construc/stormwater/factsheets.htm>

Commissariat général au Développement durable, (2010), Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, L'érosion hydrique des sols <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/essentiel/ar/272/1122/lerosion-hydrique-sols.html>

Finn Corporation. Lien: <http://www.finncorp.com/index.php/b-260/>

Nebraska H2O, Construction BMPs : Silt Fence, Nebraska Stormwater Cooperative, Nebraska, USA, <http://www.nebraskah2o.org/2011/construction-bmps-silt-fence/>

Native Seeders, Nebraska. Lien: <http://www.nativeseeders.com/mulching.html>



CITATION

Mc Donald D., de Billy V. & Georges N., 2018. Bonnes pratiques environnementales. Cas de la protection des milieux aquatiques en phase chantier : anticipation des risques, gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollutions des eaux. Collection *Guides et protocoles*. Agence française de la biodiversité. 148 pages.

RÉALISATION ET GRAPHISME

Thomas LUZZATO et Nicolas SOURGENS, Biotope

Véronique de BILLY, Agence française pour la biodiversité (AFB)

Béatrice SAUREL

ÉDITION

Véronique Barre et Béatrice Gentil-Salasc, Agence française pour la biodiversité (AFB)

ISBN web-pdf : 978-2-37785-019-8

ISBN print : 978-2-37785-020-4

© AFB, février 2018

Du défrichement préalable aux terrassements, à la remise en état du site, la phase de chantier liée à la réalisation d'un projet présente des risques importants de dégradation voire de destruction des milieux naturels. Parmi ces derniers, les zones humides ou les cours d'eau, milieux récepteurs des écoulements superficiels ou de subsurface, sont particulièrement susceptibles d'être impactés, notamment par des flux de polluants produits au cours des opérations (sédiments, bétons, hydrocarbures, etc.).

Des solutions pratiques existent aujourd'hui pour anticiper et réduire ces risques.

L'objectif de ce guide technique est de partager ces « bonnes pratiques environnementales », en capitalisant les nombreux retours d'expériences désormais disponibles sur le sujet. Adressé à tous les acteurs intervenant sur un chantier (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises de travaux publics, syndicats de rivière, services instructeurs de l'État, établissements publics en charge des contrôles, etc.), il aborde successivement trois grandes thématiques :

- les modalités d'anticipation des risques des chantiers sur les milieux aquatiques (plan de respect de l'environnement, schéma d'installation environnementale et phasage du chantier, **approche multi-barrières**) ;
- les modalités de lutte contre l'érosion des sols décapés, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments ;
- les modalités de gestion des hydrocarbures, bétons et autres sources potentielles de pollutions physico-chimiques.

Résolument opérationnel, le guide présente les critères de choix des bonnes pratiques environnementales et il décrit les dispositifs disponibles, leurs champs d'application potentiels, les spécifications techniques et les méthodes de dimensionnement associées. Il précise enfin leurs modalités d'entretien ou points de vigilance spécifiques, leurs avantages et leurs limites.

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

