

# Mémento des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux

Maintenance et coûts





*Guide technique*

# **Mémento des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux**

Maintenance et coûts

Ont participé à la réalisation de ce guide :

Groupe de travail et de rédaction :

Marie MALASCRABES (Cerema Méditerranée)

Dominique ANSALDI (Cerema Méditerranée)

Eric DESCAMPS (Métropole Nice Côte d'Azur)

Delphine DOLCE (CD38)

Ombeline FOREST (SNCF)

Philippe GATEFIN (CD38)

Camille HALBWACHS (BE Géolithe)

Magali HUTEAU (SNCF)

Valentin LE BIDAN (CD38)

Anne LESCURIER (CD73)

Nicolas MAGNE (GEOP)

Nicolas MULLER (CD73)

Ignacio OLMEDO (NGE)

Marion PIERRINI (Métropole Nice Cote d'Azur)

Maxime SORENZO (CD38)

Jessica VACHERESSE (CD38)

Sébastien YVART (Arias Montagne)

Groupe de relecture :

Pierre AZEMARD (Cerema Méditerranée)

Pierre GUILLEMIN (Consultant)

Cédric LAMBERT (GINGER CEBTP)

Roland MISTRAL (CD73)

**Comment citer cet ouvrage :**

Projet National C2ROP. *Mémento des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux - Maintenance et Coûts*  
Bron : Cerema, 2021. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-544-6

# Sommaire

<b>Avant-propos</b>	<b>5</b>
<b>Généralités</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre 1 - Présentation générale de l'ouvrage</b>	<b>8</b>
1.1. Définition	8
1.2. Domaine d'utilisation	8
1.3. Schéma et description	8
1.4. Illustrations photographiques	8
1.5. Limites d'utilisation	8
1.6. Durabilité/ durée de vie	8
1.7. Environnement / insertion paysagère	8
<b>Chapitre 2 - Conception</b>	<b>9</b>
2.1. Études préalables	9
2.2. Composants/produits	9
2.3. Capacité	9
2.4. Géométrie	9
2.5. Dimensionnement, règles de l'art	9
2.6. Références normatives	9
<b>Chapitre 3 - Réalisation</b>	<b>13</b>
3.1. Mise en œuvre	13
3.2. Travaux associés	13
3.3. Contrôle/essai	13
3.4. Règles de l'art/points critiques	13
3.5. Délai d'exécution	13
3.6. Dossier Intervention Ulérieure sur Ouvrage /Dossier Ouvrage Exécuté	13
<b>Chapitre 4 - Vie de l'ouvrage</b>	<b>14</b>
4.1. Points généraux	14
4.2. Surveillance – visites d'inspections	15
4.3. Points sensibles à contrôler	15
4.4. Entretien	15
<b>Chapitre 5 - Coût</b>	<b>16</b>
5.1. Coût de mise en œuvre des ouvrages	16
5.2. Coût des inspections d'ouvrages	17
5.3. Coût d'entretien / réparation	18
<b>Chapitre 6 - Retour d'expérience (REX)</b>	<b>19</b>
<b>Chapitre 7 - Fiches d'inspection</b>	<b>91</b>
7.1. Principe	91
7.2. Retour sur les pathologies rencontrées	91
7.3. Principes de notation/évaluation	93
7.4. Exemples de Fiches d'inspection	93
<b>Chapitre 8 - Glossaire succinct</b>	<b>117</b>
<b>Chapitre 9 - Bibliographie</b>	<b>118</b>



## Avant-propos

Le Projet National C2ROP Chutes de blocs, *Risques Rocheux et Ouvrages de Protection* (2015-2019) s'est proposé d'aborder de manière globale et concertée la problématique du risque rocheux depuis les processus de genèse (aléas), jusqu'aux stratégies de protection (parades, gestion du risque). A ce titre, ce projet a su rassembler la plupart des éléments de connaissance à ce jour disponibles dans le domaine du risque rocheux, puis développer et transférer vers le monde opérationnel des outils, méthodes et concepts nouveaux en s'appuyant sur l'ensemble des plateformes expérimentales, afin d'améliorer tant les produits que les bonnes pratiques à mettre en œuvre.

Ces dernières années, des avancées considérables ont été obtenues dans le domaine académique : mécanique appliquée aux géomatériaux et aux structures, modélisation numérique, investigation expérimentale en laboratoire ou *in-situ*, analyse de l'aléa et du risque. Elles ont trouvé au travers de ce projet un formidable champ d'application et une source d'inspiration et d'innovation. Les méthodes numériques modernes permettent désormais de modéliser de manière pertinente le comportement de structures complexes sous chargement dynamique. Les puissances de calcul auxquelles on peut accéder aujourd'hui rendent possible des simulations remarquablement fines, prenant en compte les mécanismes élémentaires fondamentaux, mais ouvrant sur des résultats pertinents pour l'ingénieur. Des installations sur site permettent d'explorer le comportement des ouvrages en vraie grandeur ; le site expérimental de Montagnole en Savoie pour les structures de protection en est une illustration parfaite. Cette connaissance et ces outils rassemblés par C2ROP sont le socle fondamental du processus de gestion du risque associé.

L'ancrage très fort du Projet National auprès de l'ensemble de la communauté académique (universités, organismes publics de recherche) et opérationnelle (gestionnaires, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'ingénierie, entreprises) a garanti son exigence et sa crédibilité. Sa capacité à supporter des actions de recherche a permis de lever les principaux verrous et de donner accès à des outils, méthodes, guides et référentiels techniques, attendus par toute la profession. Le présent document est l'un des 10 guides et recommandations produits par C2ROP autour des trois axes du projet :

### Axe Aléas

- Glossaire du risque rocheux
- Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux : État de l'art

### Axe Parades

- Merlons pare-blocs : Recommandations pour la conception, le suivi de réalisation et la maintenance
- Les Ouvrages Déflecteurs : Guide technique
- Surveillance instrumentale pour la gestion du risque rocheux : Recommandations

### Axe Risque

- Prise en compte des risques rocheux par les Maîtres d'Ouvrage gestionnaires d'infrastructures : Recommandations
- Cahier des charges type pour l'étude de l'aléa éboulement rocheux et la définition des travaux
- Cahier des charges type pour les travaux de protection contre les éboulements rocheux
- Mémento des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux : Maintenance et Coûts
- Aide à la formalisation de retours d'expérience à la suite d'un événement rocheux sur infrastructures de transport : Note méthodologique

Cette production technique conséquente et aboutie est le reflet de près de 5 années de travail collaboratif des 45 partenaires du projet. Qu'ils soient ici tous chaleureusement remerciés pour leurs multiples efforts engagés et leur dynamisme. Il ne fait aucun doute que la communauté du risque rocheux saura exploiter avec intérêt cette production technique.

*Le Comité de Pilotage du Projet National C2ROP*

Le présent guide se veut être complémentaire à l'ensemble des guides techniques existants sur le sujet et rappelés dans la bibliographie. Tout en s'appuyant sur ces guides il présente les avancées/progrès/évolutions du domaine pour chaque ouvrage.

Il s'adresse aux maitres d'ouvrages désireux de trouver dans un document unique l'ensemble des informations techniques, réglementaires, financières... essentielles sur un ouvrage utilisé pour la protection contre les chutes de blocs.

La maintenance des ouvrages de protection contre les chutes de blocs est un sujet de préoccupation important pour les maitres d'ouvrages. Le maitre d'ouvrage trouvera dans ce guide des éléments de réponses, des pistes de réflexion sur cette problématique, lui permettant d'engager ou d'améliorer sa propre réflexion.

Ce memento a été rédigé par des maitres d'ouvrages pour permettre à d'autres maitres d'ouvrages de s'initier à ce domaine et ainsi développer une vision commune.

## Participants au projet C2ROP





## Généralités

Ce guide est un mémento des ouvrages, il s'agit d'une présentation rapide/succincte de l'ensemble des notions inhérentes à un ouvrage, regroupées en une fiche. Ce guide est un document généraliste, qui renvoie sur d'autres documents/guides/référentiels pour approfondir un sujet.

Il se présente sous formes de fiches techniques synthétiques, articulées autour de 6 parties, dont le contenu est décrit dans les chapitres 2 à 7.

Sur la base du guide «Parade contre les instabilités rocheuses» il a été décidé de traiter uniquement les ouvrages suivants (figure 1), qui représentent plus de 90 % des ouvrages posés actuellement.

Type d'ouvrages	Famille d'ouvrages	Sous famille
PASSIF	Merlon	En remblai
	Écran	Pare-blocs
		Forestier
	Déflecteurs	Pendu
		Avaloir
		Couloirs
ACTIF	Ouvrages plaqués	Grillages et filet plaqués
	Confortement	Boulons d'ancrages

Figure 1 : tableau des ouvrages référencés dans le guide

Les notions spécifiques à l'ouvrage sont présentées dans la fiche mémento. Pour les notions/éléments communs à plusieurs équipements ils sont présentés directement dans les chapitres suivants.

# Chapitre 1 - Présentation générale de l'ouvrage

Cette partie s'attache à décrire l'ouvrage, préciser son domaine d'utilisation, le présenter au travers d'illustrations et de schémas types.

## 1.1. Définition

Il s'agit de présenter succinctement l'ouvrage et d'explicitier le dispositif. Est également décrit le principe de fonctionnement.

## 1.2. Domaine d'utilisation

Présente les configurations types dans lesquelles l'ouvrage est particulièrement adapté et efficace et celles où il peut l'être moins.

## 1.3. Schéma et description

Sur la base d'un schéma de principe type, une description détaillée de l'ouvrage est donnée, permettant d'introduire les différents composants présents dans l'ouvrage. Les composants seront repris dans la partie 2 « conception ».

## 1.4. Illustrations photographiques

Présentation au travers d'illustrations de cas types d'ouvrages posés dans différentes configurations. Ces illustrations sont données à titre d'exemple pour la compréhension de l'ouvrage mais ne constituent pas nécessairement un modèle de réalisation.

## 1.5. Limites d'utilisation

Sont présentées les limites ou contraintes d'utilisation qui peuvent être liées au site ou aux caractéristiques des ouvrages, en réduisant, par exemple, leur efficacité et/ou leur possibilité de mise en œuvre.

## 1.6. Durabilité/ durée de vie

Sont présentés dans cet item les facteurs de durabilité de l'ouvrage, et les conditions de pérennité de cet ouvrage dans le cadre d'une utilisation standard.

## 1.7. Environnement / insertion paysagère

Sont présentés dans cet item, les possibilités d'insertion paysagère et les conditions de mise en œuvre, avec les facteurs limitant le cas échéant, ainsi qu'une liste non exhaustive de l'impact sur la biodiversité.

Ce point présente succinctement, pour chacun des ouvrages, un résumé des éléments présents dans le guide « Prise en compte du paysage dans les protections contre les chutes de matériaux rocheux »

# Chapitre 2 - Conception

Cette partie présente succinctement les points clés de la conception d'un ouvrage.

## 2.1. Études préalables

Sont présentés les principales études préalables nécessaires au dimensionnement, à l'implantation ou à la réalisation de l'ouvrage.

## 2.2. Composants/produits

Sur la base de la description faite en 2.3, les différents composants sont décrits ainsi que leur fonction. Les principaux matériels et matériaux utilisés dans ces différents composants sont indiqués.

## 2.3. Capacité

Indication sur la capacité de l'ouvrage, cette capacité étant donnée soit en termes de volume contrôlable (ouvrages actifs), soit en termes d'énergie (ouvrages passifs) sur la base de références normatives ou par retour d'expérience.

## 2.4. Géométrie

Sont présentés les cas de géométrie les plus courants de l'ouvrage. Hauteur et longueur maximales pour certains ouvrages.

## 2.5. Dimensionnement, règles de l'art

Présente les règles de dimensionnement de l'ouvrage dans son ensemble, y compris, le cas échéant, son ancrage au sol.

## 2.6. Références normatives

Sont indiquées les références normatives relatives à l'ouvrage et/ou aux produits entrant dans la composition/structure de l'ouvrage.

Pour les normes communes, veuillez trouver ci-dessous les principales s'appliquant dans le domaine. Pour plus de références se référer au guide sur le CCTP Travaux.

### 2.6.1. Généralités

NF EN 1990: 2003 Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures.

EN 1992-1-1: 2005, Eurocode 2 - Calcul des structures en béton – Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments.

EN 1993-1-1: 2005, Eurocode 3 - Calcul des structures en acier – Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments.

EN 1994-2: 2006, Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton.

EN 1997-1: 2005, Eurocode 7: Calcul géotechnique.

NF P 94-500 Missions d'ingénierie géotechnique. EN 14490, Exécution des travaux géotechniques spéciaux: clouage.

EN 1537: 1999, Exécution des travaux géotechniques spéciaux: Tirants d'ancrage.

EN ISO 9001 : 2008-11 Système de management de la qualité – Exigences

NF EN 1990 Bases de calcul des structures

NF EN 1992 Calcul des structures en béton

NF EN 1997-1 Calcul géotechnique

NF P 94-270 Prise en compte de la corrosion

## **2.6.2. Composants métalliques**

### **Généralités**

EN 10080 - 2005, Acier pour l'armature du béton – Armatures pour béton armé soudables à verrous B500 – Conditions techniques de livraison pour les barres, les couronnes et les treillis soudés.

EN ISO 15609-1 - 2005, Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques – Partie 2 : Descriptif d'un mode opératoire de soudage pour la soudure à l'arc.

EN ISO 15614-1 - 2005, Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques – Partie 3 : Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage pour la soudure à l'arc sur acier.

EN ISO 2560 - 2006, Produits consommables pour le soudage – Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers non alliés et des aciers à grains fins – Classification.

EN ISO 15607 - 2004, Descriptif et qualification d'un mode opératoire pour les matériaux métalliques – Partie 1 : Règles générales pour la soudure par fusion.

EN 10025-1 - 2005, Produits laminés à chaud en aciers de construction – Partie 1 : Conditions techniques générales de livraison.

EN 10025-3 - 2005, Produits laminés à chaud en aciers de construction – Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins à l'état normalisé/laminage normalisé.

EN 10025-4 - 2005, Produits laminés à chaud en aciers de construction – Partie 4 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins obtenus par laminage thermomécanique.

EN 10083, Aciers pour trempe et revenu.

EN 10149-1, Produits plats laminés à chaud, fabriqués en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid – Partie 1 : Conditions générales de livraison.

EN 10149-2, Produits plats laminés à chaud, fabriqués en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid – Partie 2 : Conditions de livraison des aciers obtenus par laminage thermomécanique.

EN 10149-3, Produits plats laminés à chaud, fabriqués en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid – Partie 3 : Conditions de livraison des aciers à l'état normalisé ou laminage normalisant.

### **Poteaux**

NF EN 10034, Poutrelles I et H en acier de construction - Tolérances de forme et de dimensions

EN 10210-1 - 2006, Profils creux de construction finis à chaud en aciers non alliés et à grains fins – Partie 1 : Conditions techniques de livraison.

EN 10210-2 - 2006, Profils creux de construction finis à chaud en aciers non alliés et à grains fins – Partie 2 : Tolérances, dimensions et caractéristiques de profil.

EN 10219-1 - 2006, Profils creux de construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins – Partie 1 : Conditions techniques de livraison.

EN 10219-2 - 2006, Profils creux de construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins – Partie 2 : Tolérances, dimensions et caractéristiques de profil.

### **Fils**

EN 10264-2, Fils et produits tréfilés en acier – Fils pour câbles – Partie 2 : Fils écrouis à froid par tréfilage en acier non allié pour câbles d'usages courants.

EN 10088, Aciers inoxydables - Partie 3 : conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils tréfilés, profils et produits transformés à froid en acier résistant à la corrosion pour usage général

### **Câbles**

- EN 12385-1+A1, Câbles en acier – Sécurité – Partie 1 : Prescriptions générales.
- EN 12385-2+A1, Câbles en acier – Sécurité – Partie 2 : Définitions, désignation et classification.
- EN 12385-3+A1, Câbles en acier – Sécurité – Partie 3 : Informations pour l'utilisation et la maintenance.
- EN 12385-4+A1, Câbles en acier – Sécurité – Partie 4 : Câbles à torons pour applications générales de levage.
- EN 13411-3, Terminaisons pour câbles en acier - Sécurité - Partie 3 : manchons et boucles manchonnées.
- ISO2408: 2004, Câbles en acier pour usages courants – Exigences minimales

### **Accastillage**

- NF EN 13889+A1 Janvier 2009, Manilles forgées en acier pour applications générales de levage – Manilles droites et manilles lyres – Classe 6 – Sécurité.
- EN13411-5, Terminaisons pour câbles en acier - Sécurité – Partie 5: serre-câbles à étrier en U.
- NF EN 13411-1+A1 Décembre 2008 – Terminaisons pour câbles en acier – Sécurité – Partie 1 : cosses pour élingues en câbles d'acier.

### **Nappes**

- ISO 17745 - : 2016 Steel wire ring net panels -- Definitions and specifications (non disponible en français)
- ISO 17746 - 2016 Panneaux et rouleaux de filet en câble d'acier -- Définitions et spécifications

### **Protection contre la corrosion**

- EN ISO 6988, Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques – Essai au dioxyde de soufre avec condensation générale de l'humidité.
- EN ISO 9227, Essais de corrosion en atmosphères artificielles – Essais aux brouillards salins.
- NF EN ISO 1461, Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai
- NF EN ISO 1460 Avril 1995, Revêtements métalliques – Revêtements de galvanisation à chaud sur métaux ferreux – Détermination gravimétrique de la masse par unité de surface.
- NF A 35503 : Produits sidérurgiques - Exigences pour la galvanisation à chaud d'éléments en acier.
- NF EN ISO 14713-2 : Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions
- NF EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai

## **2.6.3. Béton**

- NF EN 206 - Béton
- NF P 95-102 - Béton projeté
- FD P 18-011 - Formulation
- NF EN 197-1, NF P 15-317, NF P 15-319 - Ciments
- NF EN 1008 - Eau de gâchage
- NF EN 12620+A1 - Granulats
- NF EN 934-1, NF EN 934-2+A1, NF EN 934-5 - Adjuvants

## 2.6.4. Essais

<b>Béton</b>	Essais pour béton frais	NF EN 12350-2
	Essais pour béton durci	NF EN 12390-3
<b>Coulis</b>	Coulis pour câbles de précontrainte - Méthodes d'essai	NF EN 445
	Méthodes d'essais des ciments - Détermination des résistances	NF EN 196-1
<b>Boulons</b>	Essai sur boulon au rocher	XP P94-444
	Essai sur boulon en sol meuble	NF EN ISO 22477-5
<b>Pieu explosé</b>	Equipements de protection contre les avalanches - Ancrages passifs ponctuels en sol meuble	NF P95-301

## 2.6.5. Normes européennes

EAD 340059-00-0106, Falling Rock Protection Kits, *juillet 2018*

EAD 230004-00-0106, March 2016, Wire ring mesh panels

*nappe de filet anneau utilisée comme composant d'ouvrage de protection*

EAD 230005-00-0106, March 2016, Wire rope net panels

*nappe de filet de câbles utilisée comme composant d'ouvrage de protection*

EAD 230008-00-0106, October 2015, Double twisted steel wire mesh reinforced or not with ropes

*grillage double torsion renforcé ou non de câbles utilisé comme composant d'ouvrage de protection*

EAD 331852-00-010, May 2018, Spiral cable anchor

*ancrages à câbles spiroïdaux utilisés comme composant d'ouvrage de protection*

EAD 200086-00-0602, October 2017, Wire Ring Connexion

*ligature des nappes de filet utilisée comme composant d'ouvrage de protection*

# Chapitre 3 - Réalisation

Se trouvent ici les principales sujétions techniques auxquelles il faut prêter attention lors des travaux pour assurer le bon fonctionnement ultérieur de l'ouvrage.

## 3.1. Mise en œuvre

Sont énoncés les grands principes devant être respectés pour la mise en œuvre de l'ouvrage. Un phasage type est présenté.

## 3.2. Travaux associés

Liste les travaux qu'il est possible de réaliser directement en lien avec l'ouvrage.

## 3.3. Contrôle/essai

Liste l'ensemble des essais et des contrôles à réaliser ou pouvant être réalisés au fur et à mesure de l'avancement du chantier de pose de l'ouvrage.

## 3.4. Règles de l'art/points critiques

Présente de façon non exhaustive les points clés de la mise en œuvre de l'ouvrage et les règles de l'art s'y rattachant.

## 3.5. Délai d'exécution

Indique des notions de délais sur la base de l'expérience des entreprises dans des configurations standard de pose.

## 3.6. Dossier Intervention Ulérieure sur Ouvrage /Dossier Ouvrage Exécuté

Présente les éléments propres à la réalisation du DIUO et du DOE, pour assurer un suivi optimum de l'ouvrage. Sont regroupés dans cet item les éléments techniques propres à l'ouvrage.

# Chapitre 4 - Vie de l'ouvrage

Présente la démarche de suivi de l'ouvrage. Les points clés à ne pas manquer. Cette partie s'appuie en majoritairement sur le guide « Maintenance des ouvrages de protection contre les instabilités rocheuses – Pathologies et gestion des ouvrages », qu'il complète au travers d'exemples et de retours d'expérience.

Les éléments repris dans cette partie traitent des mesures à appliquer pour assurer un fonctionnement optimal de l'ouvrage durant sa période de vie donnée. La vie de l'ouvrage débute à la réception en phase chantier et est ensuite rythmée par un certain nombre de visites, d'inspections et ce même si l'ouvrage n'a pas été sollicité.

## 4.1. Points généraux

### 4.1.1. Définition

La maintenance d'un ouvrage est : « l'ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir l'ouvrage dans un état ou des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir la fonction requise ».

### 4.1.2. Responsabilité du maître d'ouvrage (MOA)

Les dispositifs de protection doivent faire l'objet d'un entretien et d'une maintenance au même titre que d'autres ouvrages (réseau d'assainissement, couche de roulement, ouvrages d'art, glissières, etc.). Ces interventions permettent au MOA d'assurer la sécurité des personnes et des biens.

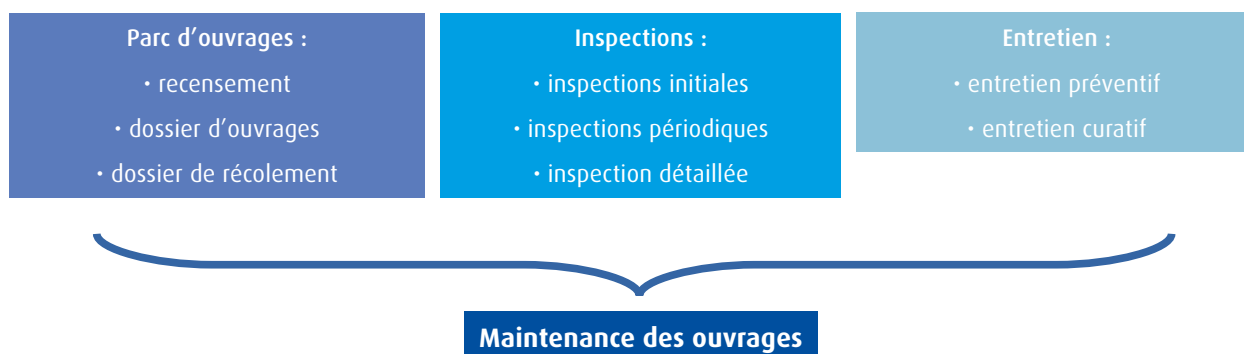
La responsabilité pour faute d'une personne publique responsable d'un ouvrage public est susceptible d'être engagée à l'égard des usagers en cas de défaut d'entretien normal. A noter, qu'il appartient au responsable d'un ouvrage (et non à la victime du dommage) de prouver que l'ouvrage concerné est normalement aménagé et entretenu.

La responsabilité sans faute peut également être invoquée si le caractère d'ouvrage exceptionnellement dangereux est mis en évidence. C'est le cas de certaines voies publiques situées en pied de falaises de grande hauteur exposant les usagers, en dépit des mesures de surveillance et d'entretien, à un risque particulièrement élevé de chutes de pierres et de blocs. Le maître d'ouvrage peut ainsi être considéré comme responsable même s'il prouve que l'ouvrage concerné a bien été aménagé et correctement entretenu.

Ces notions de responsabilités du maître d'ouvrage sont plus largement abordées dans le guide C2ROP « Prise en compte des risques rocheux par les Maîtres d'Ouvrage gestionnaires d'infrastructures : Recommandations »

### 4.1.3. Schéma d'une maintenance d'ouvrage

Comme introduit par le guide de 2009, la maintenance des ouvrages passe par une démarche globale qui inclut l'entretien des ouvrages mais aussi la connaissance du parc d'ouvrage et le suivi de ce parc au travers des inspections d'ouvrages.





Cette démarche doit être anticipée dès la phase étude, lors de l'établissement des scénarios de protection, pour permettre aux maîtres d'ouvrage de faire un choix incluant notamment le coût et les contraintes techniques liées à la maintenance des différents types d'ouvrages.

## **4.2. Surveillance – visites d'inspections**

Le guide cité précédemment (LCPC, 2009) préconise une visite annuelle et une inspection détaillée quinquennale. Ces cadences sont données à titre d'exemple et peuvent être adaptées en fonction de la vulnérabilité de l'enjeu protégé et de contraintes propres au maître d'ouvrage.

Cependant, il est important de noter que l'organisation de la surveillance des ouvrages de protection contre les chutes de blocs est fondée sur un suivi périodique et régulier.

On peut distinguer les visites annuelles ou les contrôles réguliers, et les inspections détaillées.

Les fiches d'inspection permettant de formaliser les observations/remarques faites font l'objet du chapitre 9.

## **4.3. Points sensibles à contrôler**

Pour chacun des composants, une liste des points sensibles de l'ouvrage est donnée. Les points sensibles d'un ouvrage sont les points/composants importants de l'ouvrages qui, en cas de défaillance, entraînent une incapacité de l'ouvrage à remplir sa fonction.

## **4.4. Entretien**

Présente une liste des réparations couramment effectuées sur l'ouvrage. Ces données sont issues des retours d'expérience.

# Chapitre 5 - Coût

Dans chaque fiche d'ouvrage sont détaillés les prix qui sont propres à l'ouvrage. Les prix communs à tous les chantiers de mise en sécurité contre les chutes de blocs sont exposés dans le présent paragraphe.

Les coûts présentés ci-dessous sont issus d'enquêtes réalisées en 2018 - 2019 auprès de maitres d'ouvrages, dans le cadre de stages au sein des conseils départementaux de la Savoie et de l'Isère.

Ces coûts sont à prendre comme une tendance car l'analyse menée a montré une variabilité selon certains facteurs dont les principaux sont :

- le type de marché (accord cadre, bon de commande, etc.);
- les quantités demandées;
- la concurrence locale et les lois du marché (offre et demande, volonté de l'entreprise de remporter le marché, selon la période de l'année, l'évolution financière de son entreprise, etc.);
- la situation géographique du chantier, ou la présence d'autres chantiers à proximité;
- la configuration du site et les contraintes liées à la réalisation du chantier (sous circulation, de nuit, contraintes environnementales, etc.)

## 5.1. Coût de mise en œuvre des ouvrages

Les différents coûts généraux présentés ci-dessous sont ceux des postes principaux, en excluant le coût propre de chaque ouvrage. Il ne peut être exclu que ponctuellement certains marchés soient en dehors des fourchettes annoncées.

### 5.1.1. Installation de chantier

Le tableau suivant présente les prix observés selon un minimum et un maximum. Il s'agit d'un pourcentage par rapport au prix total des travaux.

Montant des travaux	Inférieur à 25 000 €	Entre 25 000€ et 100 000€	Supérieur 100 000€
Prix minimum en %	5	4	5
Prix maximum en %	8	5	10

Attention: en cas de travaux d'urgence, ce prix peut atteindre 30 à 65% du montant des travaux.

### 5.1.2. Hélicoptage

Le tableau suivant présente le coût d'un hélicoptage selon un minimum et un maximum ses prix observés dans le cadre de l'étude. Ils sont présentés soit pour une rotation en amené/repli soit pour une minute de vol.

	Prix minimum en €	Prix maximum en €
Amené/repli sur site de matériel	300	350
La minute d'hélicoptage	26	32

Nous retiendrons que le coût de l'hélicoptage se situe aux alentours de 30€/minute. Les analyses menées dans le cadre de ce travail montrent que le coût de l'hélicoptage semble avoir baissé sur ces dernières années.

### 5.1.3. Purge

Le tableau suivant présente le prix de revient d'un poste de purge en paroi, exprimé soit en fonction du cubage traité (en sachant que, dans un marché, les purges dites de sécurité ne peuvent et ne doivent pas être chiffrées en termes de volume mais doivent préférentiellement être intégrées aux frais globaux de préparation de chantier et laissées au libre arbitre de l'entreprise), soit en journée de travail.

Purge en	Prix minimum en €	Prix maximum en €
m <sup>3</sup>	50	750
Journée	715	900

### 5.1.4. Débroussaillage / abattage

Le tableau suivant présente le coût des travaux de débroussaillage et d'abattage d'arbre :

Travaux	Prix minimum en €	Prix maximum en €
Débroussaillage à la journée	650	800
Débroussaillage en m <sup>2</sup>	2	5
Abattage à l'unité (arbres de diamètre inférieur à 1 m)	50	100

Le prix de débroussaillage à la journée de travail peut être soumis à une plus-value pouvant atteindre 550€/j en cas d'intervention un jour férié ou de nuit.

### 5.1.5. Essais sur les boulons d'ancrages

Le tableau suivant présente une fourchette de prix observée pour la réalisation d'essais de convenance et de contrôle sur boulons d'ancrages.

Essais	Prix minimum en €	Prix maximum en €
Convenance à l'unité	900	1400
Contrôle à l'unité	400	800

## 5.2. Coût des inspections d'ouvrages

Le coût d'inspection d'ouvrage revient à une intervention à la journée, avec possibilité d'intervention sur cordes.

Le prix moyen par personne et à la journée est compris entre 400 et 700€. Pour des raisons évidentes de sécurité, les interventions sur le terrain se font généralement par équipe de deux personnes, etc.

Le prix d'une intervention peut être majoré si une inspection complexe requiert l'intervention d'un expert ou si elle nécessite l'usage de moyens matériels particuliers (hélicoptère, etc.)

## 5.3. Coût d'entretien / réparation

Le coût de l'entretien et de la réparation d'ouvrages est très variable et dépend du type d'intervention :

- intervention d'une équipe pour de petits entretiens (peinture, contrôle du serrage de pièces d'accastillage, etc.),
- intervention plus conséquente avec du matériel plus important (débroussaillage, vidange d'ouvrages, etc.)
- intervention pour remplacement de pièces majeures (changements poteaux, nappes, boulons d'ancrages, dépose d'ouvrages, etc.) cette intervention nécessitant une installation de chantier importante.

Dans le tableau ci-dessous, les principaux prix des pièces d'accastillage et de dépose d'ouvrages sont présentés ; ces indications permettront au MOA de se faire une idée du coût global de son opération. Certaines interventions peuvent être assimilées à la mise en oeuvre d'ouvrages neufs.

Type d'intervention	Prix minimum en €	Prix maximum en €	
Dépose ouvrages	Grillage au m <sup>2</sup>	3	10
	Filet au m <sup>2</sup>	5	20
	Écran pare-blocs au ml	100	300
Pièces d'accastillage	Serre câbles type A diamètre 16 mm	2,50	6
	Serre-câbles type A diamètre 20 mm	4	7
	Manilles 3,25 t	5	11
	Manilles 6 t	9	20
Nappes	Grillage double torsion maille 60x80	8	12
	Filet en anneau	60	130
Boulons d'ancrages	Diamètre 25 mm, 3 m de profondeur (au ml)	60	120
	Diamètre 32 mm, 4 m de profondeur (au ml)	70	180
Poteaux	HEA, type écran 200 kj	300	700
	Tubulaire diamètre 180 à 200 mm	200	300

# **Chapitre 6 - Retour d'expérience (REX)**

Cette partie présente des retours d'expérience de réalisation d'ouvrages. Ces informations ne présentent pas un caractère réglementaire ni normatif mais permettent au lecteur d'avoir une vision terrain de l'ouvrage dans son ensemble.

Références guide « Parades contre les instabilités rocheuses, Éditions LCPC, Collection Environnement – Les risques naturels, 2001 » - fiche SC 2

## Présentation générale de l'ouvrage

### Définition

Il s'agit de dispositifs passifs scellés au rocher.

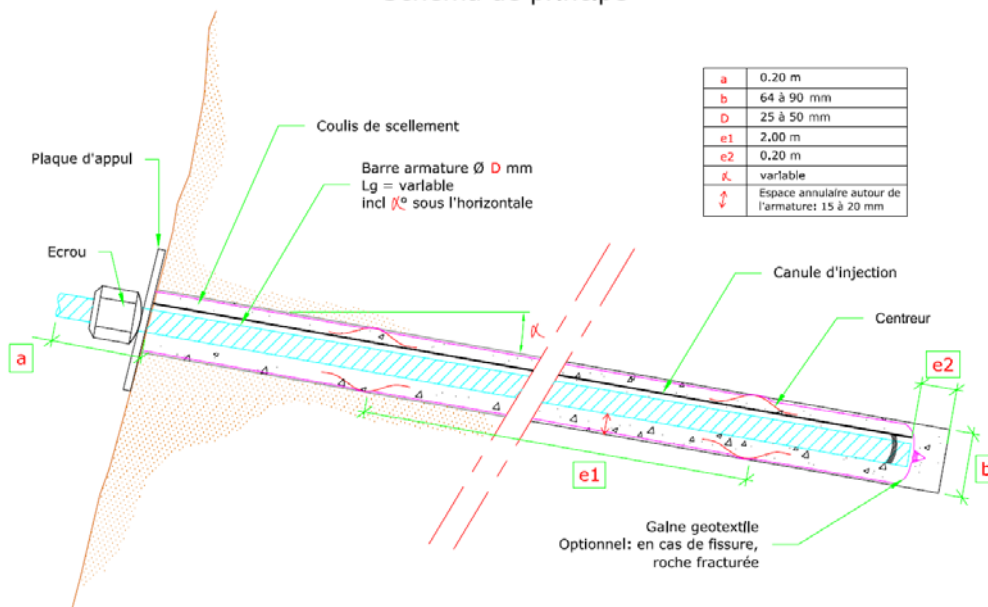
Les boulons d'ancrages sont communément nommés par le terme « Ancrages ».

### Domaine d'utilisation

Les boulons sont utilisés dans la quasi-totalité des travaux de protection contre les chutes de blocs, soit pour le renforcement de masses rocheuses, soit pour la fixation des dispositifs de protection contre les chutes de blocs.

### Schéma et description

#### Boulon d'ancrage passif Schéma de principe



(Source : C2ROP)

Il s'agit de solidariser la masse instable au massif stable par l'intermédiaire de barres d'ancrages scellées dans des trous forés, les ancrages traversant complètement la masse et pénétrant largement dans le massif sain stable.

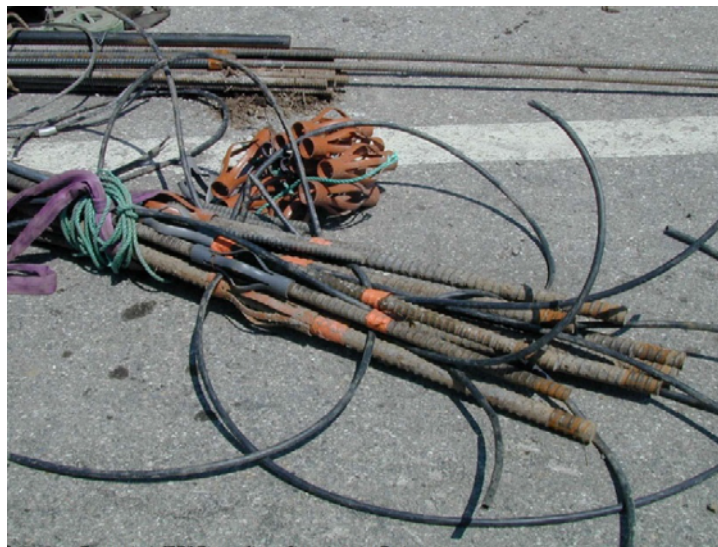
Un boulon d'ancrage se compose :

- d'une armature en acier ;
- d'un écrou ;
- et d'une plaque d'appui.

Pour la mise en place du boulon à l'intérieur du trou de forage, il est nécessaire d'y adjoindre des centreurs et, lorsque le milieu est très fracturé, une gaine géotextile. Cette dernière a pour fonction de contenir le coulis de ciment, évitant ainsi des pertes de coulis dans les fractures de la roche.

Pour l'injection du coulis, une canule d'injection est placée le long de l'armature, jusqu'à son extrémité, permettant ainsi au coulis de remplir le trou de bas en haut.

## Illustration



*Barre équipée de centreurs et canule d'injection (Crédit photo : Cerema)*



*Barre en place - la canule et la gaine géotextile (chaussette) sont visibles (Crédit photo : Cerema)*

## Limites d'utilisation

Le confortement peut être ponctuel ou réalisé de manière globale et systématique selon un maillage qui sera dimensionné en fonction des mécanismes et des volumes en jeu. Si le massif à conforter est très fracturés, désorganisé, les boulons pourront ne pas se suffire à eux-mêmes.

La taille des blocs devant faire l'objet du confortement peut présenter une limite dans le cas où la mise en œuvre technique ne puisse se faire (cas des boulons de gros diamètre et grande longueur, etc.).

## Durabilité / durée de vie

La durabilité des boulons est directement liée à la qualité de leur mise en œuvre ainsi qu'à la protection contre la corrosion utilisée. Ainsi, la tenue des boulons est conditionnée par leur dimensionnement y/c l'analyse correcte de l'environnement direct de l'ouvrage (eaux, géochimie, etc.) et leur réalisation.

## Environnement / insertion paysagère

L'insertion paysagère des boulons, peut se faire selon deux méthodes :

- traitement des têtes de boulons par peinture colorée ;
- engravure des têtes de boulons, à noter que cette dernière solution condamne définitivement toute possibilité de contrôle. Il s'agit de réaliser un surcreusement au niveau de la tête de boulon et ensuite une fois le boulon terminé, la partie surcreusée est rebouchée par un mortier de ciment réalisé avec les poudres de la roche ambiante ou coloré de la même couleur.



## Conception

### Études préalables

Une analyse géologique du massif doit être réalisée, avec mesure de la fracturation, localisation du massif sain, éléments de volumes des masses potentiellement instables.

Des reconnaissances géotechniques peuvent être nécessaires dans le cas d'utilisation des ancrages pour la fixation d'ouvrages dans des sols de type éboulis.

### Produits composants

Les composants d'un boulon sont :

- armatures aciers : différents diamètres et nuances d'acier existent sur le marché, cependant le plus couramment utilisé sont des barres en diamètre 25, 28, 32 et 40 mm avec une nuance d'acier Fe 500 MPa ;
- les écrous en acier, soit bénéficiant d'un traitement anti-corrosion, soit à peindre ;
- les plaques d'appui de différents formats et épaisseurs. Le choix dépend du diamètre de la barre et/ou du type d'ouvrage associé (placage de grillage, amarrage de câbles, etc.)

### Capacité

La capacité des ancrages dépend de leur diamètre et leur longueur.

Un ordre de grandeur est présenté dans le tableau suivant, prenant en compte la corrosion par épaisseur sacrificielle (calcul pour une barre fonctionnant en cisaillement pur) :

Boulons Fe 500	Ordre de grandeur du volume pouvant être repris	Longueur de scellement dans le massif réputé sain selon règles BAEL
∅ 25 mm	4 m <sup>3</sup>	1,75 m ≈ 2 m
∅ 32 mm	7 m <sup>3</sup>	2,25 m ≈ 3 m
∅ 40 mm	15 m <sup>3</sup>	2,80 m ≈ 4 m

### Dimensionnement / Règles de l'art

Le dimensionnement des boulons fait l'objet d'un guide « Protection contre les instabilités rocheuses – Dimensionnement et exécution des boulons, collection Références du Cerema »

Il est important de rappeler, que la qualité d'exécution des boulons est gage de tenue dans le temps.

## Références normatives

NF A 35080-1

NF EN 10025

NF A 35503

NF EN ISO 1461

NF EN ISO 14713-2

## Réalisation

### Mise en œuvre

La procédure de mise en œuvre est succinctement décrite ci-après :

- mise en place sur le point de forage ;
- foration du trou au diamètre adapté et avec une sur-longueur de 0,20 à 0,50 m ;
- nettoyage du trou à l'air comprimé ;
- mise en place de l'ancrage équipé des dispositifs d'injection et centreurs ;
- scellement par tube plongeur/continu par un (des) tube(s) d'injection éventuellement crépiné(s) sur des derniers décimètres ;
- injection avec un coulis de ciment ;
- pour les injections, l'entrepreneur devra disposer sur le chantier d'un malaxeur à haute turbulence avec bac de reprise et d'une pompe permettant de procéder à l'injection en contrôlant les volumes de coulis injecté et les pressions d'injection ;
- les plaques de blocage en acier galvanisé devront être correctement bloquées sur le terrain après prise complète du scellement ;
- un complément de coulis peut être apporté, après prise et retrait du coulis.

Il est nécessaire d'attendre **7 jours avant de mettre en tension** un ouvrage sur les boulons.

### Travaux associés

Avant la mise en œuvre des boulons, il peut être nécessaire de procéder à des purges, du débroussaillage...

### Contrôles-essais

Essai de convenance (ou essai préalable) : selon les normes en vigueur. Il permet, lorsque le site n'a pas fait l'objet de reconnaissance préalable, de connaître le  $Q_s^1$  du milieu.

Cet essai permet aussi de valider le mode d'exécution des boulons proposé par l'entreprise.

---

<sup>1</sup>  $Q_s$  : Coefficient de frottement du sol.

Essais de contrôle (ou essais de réception si réalisés en fin de chantier) : selon les normes en vigueur :

- sur le boulon : L'essai de traction étant réalisé sur la tête de l'ancrage, il ne donnera une indication que sur la tenue globale de l'ancrage vis-à-vis d'une sollicitation analogue. Lorsqu'il s'agit d'un ancrage destiné à l'amarrage d'un ouvrage, l'essai de contrôle donnera une indication fiable sur le caractère opérationnel de cet ancrage. Dans le cas d'un boulon d'ancrage destiné au confortement d'un bloc (ouvrage à part entière), un tel essai ne sera pas en mesure d'apporter une indication fiable sur la qualité du scellement dans le massif arrière réputé sain. En d'autres termes, un essai non concluant caractérisera un ancrage non valide et un essai concluant ne permettra pas de valider un ancrage de confortement. Ce type d'essai est par conséquent peu utile pour le contrôle des ancrages de confortement ;
- nous attirons l'attention sur le fait que lorsqu'un essai est réalisé il induit des microfissures dans le coulis, pouvant entraîner suivant le milieu une corrosion plus importante, à terme, du boulon. Il convient donc de bien choisir le nombre de boulons à contrôler. Dans la mesure où le chantier a fait l'objet d'un suivi régulier, le nombre de boulons à tester pourra être adapté ;
- sur le coulis de ciment : il permet de s'assurer qu'à 7 et 28 jours le coulis a atteint les spécifications demandées.

## Délai d'exécution

Le délai d'exécution dépend du contexte d'intervention, en paroi, en versant ou en bordure de route et du type de machine utilisée.

## Vie de l'ouvrage

### Surveillance / visite d'inspection

La surveillance des boulons est très limitée. Le principal gage de durabilité d'un boulon d'ancrage est sa bonne réalisation. Nous attirons l'attention sur le fait que les boulons d'ancrages doivent faire l'objet d'un suivi efficace durant la phase de chantier.

Les visites suivantes devront être adaptées à la corrosivité du milieu, aux sollicitations du boulon (suivant qu'il s'agisse de fixation ou d'ouvrage à part entière).

### Points sensibles à contrôler - points principaux

Les points à surveiller sont peu nombreux et consistent en une inspection visuelle des têtes de boulons :

- trou entièrement comblé par du coulis ;
- écrou vissé ;
- plaque effectivement en appui sur le massif ;
- niveau de corrosion des parties visibles du boulon.

### Entretien

<i>Entretien courant</i>
Peinture anti-corrosion (nécessitant le démontage de la plaque)
Déterrement des têtes d'ancrages

#### *Entretien spécifique*

Il n'existe pas de niveau d'entretien spécifique ; **si le niveau de dégradation du boulon est trop marqué, il conviendra de le refaire.**

## Coûts

### Coûts de mise en œuvre

Ces données sont issues de l'analyse de différents marchés des 5 dernières années (environ de 2015 à 2019) en France métropolitaine.

Boulons d'ancrages diamètre 25 mm

Boulons d'ancrages diamètre 25 mm		Min	Max
Profondeur < 3 m	ML	55,00 €	64,00 €
Profondeur > 3 m	ML	58,50 €	67,50 €
Profondeur < 4 m	ML	60,00 €	90,00 €
Profondeur > 4 m	ML	58,13 €	74,25 €

Boulons d'ancrages diamètre 32 mm

Boulons d'ancrages diamètre 32 mm		Min	Max
Profondeur < 4 m	ML	72,82 €	117,25 €
Profondeur > 4 m	ML	72,00 €	119,50 €

Boulons d'ancrages diamètre 40 mm

Boulons d'ancrages diamètre 40 mm		Min	Max
Profondeur < 4 m	ML	72,07 €	97,75 €
Profondeur > 4 m	ML	72,00 €	119,50 €

Références guide « Parades contre les instabilités rocheuses, Éditions LCPC, Collection Environnement – Les risques naturels, 2001 » - fiche DE 1

## Présentation générale de l'ouvrage

### Définition

Équipement souple permettant de canaliser des blocs rocheux entre le terrain et l'ouvrage, sur tout ou partie de leur propagation sans nécessairement les arrêter.

Cet équipement est constitué d'une structure de déflexion surfacique et d'une structure de liaison linéaire. Se distinguent trois types de défecteurs en fonction de la configuration morphologique du site.

Dénomination	Autres dénominations
<b>Défecteur pendu</b>	grillage pendu filet pendu
<b>Défecteur avaloir</b>	grillage pendu sur avaloir grillage pendu sur poteaux défecteur filet pendu sur avaloir
<b>Défecteur de couloir</b>	filet pendu dans un talweg, couloir, sans voir recours à des poteaux de suspension

**Défecteur pendu (DP) :** défecteur posé en tête de falaise ou talus.

**Défecteur avaloir (DA) :** défecteur disposé dans le versant en aval d'un escarpement.

**Défecteur de couloir (DC) :** défecteur posé dans un talweg.

### Domaine d'utilisation

Le défecteur est mis en place sur une falaise ou un talus, et la structure de liaison de tête est fixée au niveau du terrain naturel (TN).

Les ouvrages défecteurs ont pour vocation de canaliser la trajectoire de blocs en mouvement (isolés ou en nombre limité), sans nécessairement les arrêter. Les ouvrages défecteurs sont souvent complétés par des ouvrages d'interception (merlon, gabion, écran pare-pierres, etc.) disposés à leur pied.

L'ouvrage le plus courant est le déflecteur pendu sur un talus, anciennement nommé grillage pendu ou filet pendu. Lorsque la nappe est constituée par du grillage, il permet alors, de canaliser de petits blocs rocheux (< 200 dm<sup>3</sup>) en provenance du talus vers le pied de talus. Ce type d'ouvrage est relativement classique sur les talus routiers.

Le déflecteur avaloir, est utilisé lorsqu'un petit escarpement se situe en amont de l'ouvrage et présente également un aléa de chute de blocs. La hauteur de l'avaloir peut être variable et s'adapte à la configuration du site.

Le déflecteur de couloir, se met en place dans un talweg et permet d'intercepter et de guider sans arrêter les blocs rocheux en contre bas du talweg. Il peut être très utile dans le cas d'un couloir/talweg avec présence d'un éboulis qui se remobilise régulièrement, c'est-à-dire qui présente des chutes de blocs régulières.

## Schéma et description

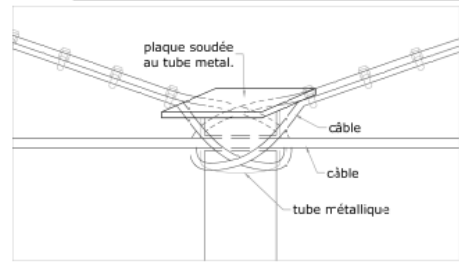
L'ouvrage déflecteur est composé, globalement :

- d'une nappe (grillage, filet, etc.) ;
- d'une structure de liaison au TN en tête et en pied et, dans le cas de déflecteur avaloir, d'un système avaloir :
  - en tête : par la ligne de rive supérieure qui est la structure d'amarrage de la nappe. Cette ligne est composée d'un câble de rive, d'ancrages de rive et suivant le type de déflecteur de composants de liaison entre la nappe et le câble de rive,
  - en pied : d'une structure de liaison de pied ;
- de différents systèmes ou composants permettant à l'ouvrage de fonctionner suivant la hauteur de celui-ci (dispositif de placage, pieuvres de suspension, dissipateurs d'énergie, etc.).

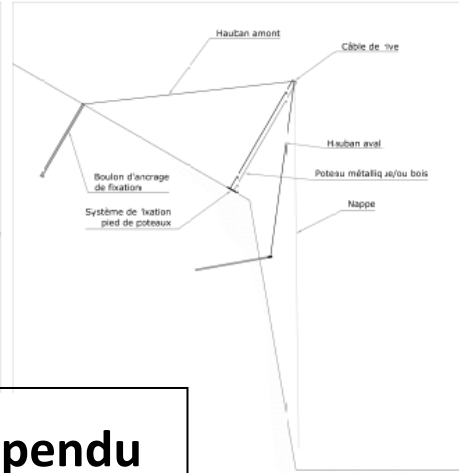
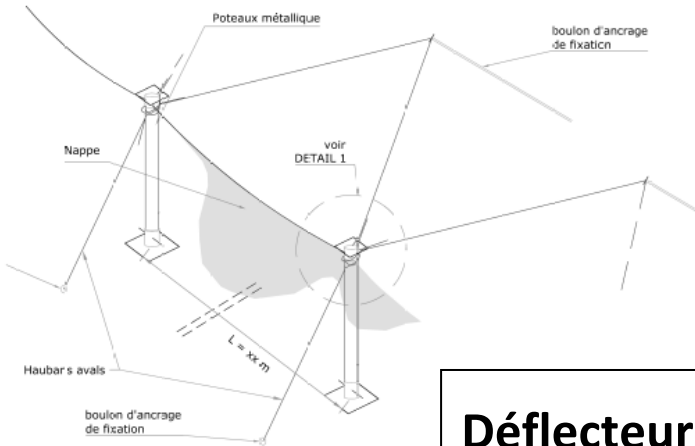


# Déflecteur avaloir

DETAIL 1: tête de poteau - Exemple de fixation

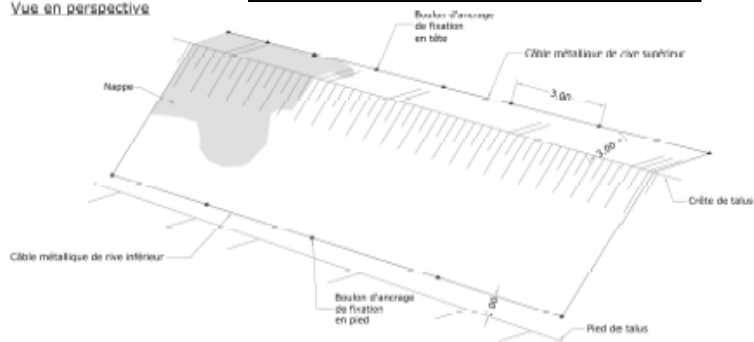


Coupe type Sans échelle

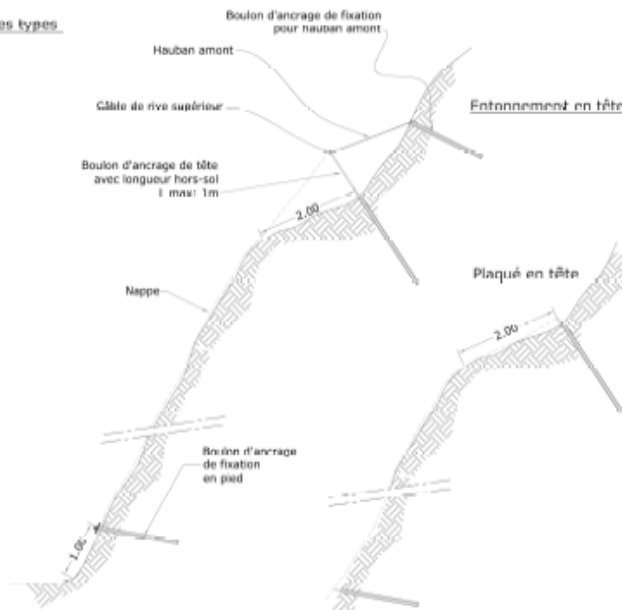


# Déflecteur pendu

Vue en perspective



Coupes types



(Source : C2ROP)

## Illustration



*Ouvrages déflecteurs pendus et avaloirs en cours de pose - RN1 La Réunion  
(Crédit photo : Cerema)*

## Durabilité / Durée de vie

La durée de vie de ses ouvrages est liée :

- à la qualité des matériaux constitutifs ;
- aux sollicitations subies par l'ouvrage : dans des conditions normales d'utilisation, c'est-à-dire avec un aléa conforme à la capacité de l'ouvrage, la pérennité de l'ouvrage passe par un entretien régulier de l'ouvrage, notamment vidange et remise en état ;
- aux contraintes environnementales.

## Limite d'utilisation

Ces ouvrages sont conçus pour contrôler des chutes de blocs isolés ou en nombre limité et non des éboulements en masses.

## Environnement / insertion paysagère

L'insertion paysagère de ces ouvrages peut être faite notamment au moyen de coloration des poteaux, revêtement en pvc coloré des fils de grillage.

Le revêtement des fils en PVC coloré doit être bien analysé au regard de la coloration de la roche. Ces techniques ont fait leurs preuves sur des roches dont la couleur est très uniforme (pélites rouges, calcarénites grisées, etc.)

## Conception

### Études préalables

Une étude d'aléa doit être réalisée en amont de la mise en œuvre de ce type d'ouvrage, elle doit notamment permettre de définir la blocométrie attendue dans l'ouvrage.

Le cas échéant une étude trajectographique sera nécessaire pour permettre d'adapter correctement la hauteur des poteaux pour les ouvrages déflecteurs avaloirs.

Une attention particulière sera apportée aux conditions de l'ouvrage en service notamment, en cas de végétation susceptible de repousser dans l'ouvrage. Il conviendra d'en tenir compte pour le dimensionnement de l'ouvrage.

### Produits composants

<p><b>Montants</b></p>	<p>Les montants sont généralement constitués de profilés acier (H, tube rond, etc.). La nuance d'acier minimale S235 est généralement utilisée.</p> <p>Les montants sont généralement maintenus érigés au moyen de haubans.</p> <p>Dans le cas d'ouvrages déflecteurs avec partie avaloir peu élevée, les montants peuvent être constitués par des sur-longueurs d'armatures d'ancrage (exemple : inférieur à 1 m, pour un diamètre de barres de 32 mm). Pour des hauteurs supérieures à 1 m, il conviendra de prévoir un haubanage amont.</p> <p>Les montants constitués de bois sont déconseillés pour les ouvrages définitifs, en raisons de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leur durabilité dans le temps suivant les conditions du milieu de pose ;</li> <li>• de leur forte sensibilité dans les zones sujettes aux incendies ;</li> <li>• faible résilience aux chocs ;</li> <li>• difficulté du mode de liaison entre bois et câbles ;</li> <li>• difficulté à obtenir les caractéristiques mécaniques requises.</li> </ul>
------------------------	--

<b>Nappe</b>	<p>La nappe est composée de panneaux ou de lés maintenus en tête sur la rive supérieure. Les panneaux ou lés peuvent être de différents types (liste non exhaustive) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grillage double torsion. Le grillage répondra à la norme ISO EN 10223-3 ;</li> <li>• grillage/treillis à haute limite élastique ;</li> <li>• filets à anneaux, ils répondront à la norme ISO 17745 ;</li> <li>• filet de câbles.</li> </ul> <p>Suivant le cas de figure, la nappe principale peut être doublée d'une nappe à mailles plus fines afin de contenir des éléments de petites tailles traversant potentiellement le maillage de la nappe principale.</p>	
<b>Câbles</b>	De manière générale est préconisée la mise en œuvre de câbles multi-torons à âmes métalliques. Les âmes textiles sont proscrites.	
<b>Dissipateurs d'énergies</b>	Système à mettre en œuvre suivant la hauteur de l'ouvrage et/ou la sollicitation attendue. Ces dissipateurs seront de même type que ceux utilisés dans le cas des écrans pare-blocs.	
<b>Accastillage</b>	Serres câbles	Les serres câbles utilisés doivent répondre à la norme EN 13411-5. Pour rappel, les serres câbles DIN 741 ne répondent pas à cette norme et sont par conséquent proscrits.
	Cosse cœur	Les cosses-cœur auront une largeur adaptée aux câbles utilisés. Le rayon de courbure de la partie fermée sera au moins égal à 2,5 fois le diamètre du câble
	Manilles	Les manilles utilisées doivent répondre à la réglementation européenne 2006/42/CE ou respecter la norme EN 13889. La résistance tient compte d'un coefficient d'utilisation minimal de 5.

## Capacité

Les capacités données ci-après sont issues de REX, et n'ont pas valeurs de dimensionnement à proprement parler.

<b>Déflecteur pendu constitué par du grillage</b>	Bloc unitaire de 200 dm <sup>3</sup> maximum, le bloc courant est d'environ 100 dm <sup>3</sup> .
<b>Déflecteur pendu constitué par du filet</b>	Masse en propagation de l'ordre de 20 tonnes.
<b>Déflecteurs avaloir</b>	Capacités identiques suivants le type de nappes... sous réserve que le dispositif ait résisté à l'énergie des blocs en entrées d'ouvrage, etc.

## Géométrie

La géométrie globale des ouvrages doit être cohérente avec les aléas pris en compte et être compatible avec un fonctionnement optimum de l'ouvrage, en service et en prenant en compte la maintenance.

## Dimensionnement / Règles de l'art

Le dimensionnement proposé dans le cadre de la note de recommandations sur ces ouvrages, prend en compte les différents types de sollicitations applicables à ces ouvrages que sont :

- l'éboulement nominal dans l'ouvrage – suivant une approche par volume de référence en termes de masse et de surface de contact avec la nappe (notion de forme) ;
- l'accumulation de matériaux - en prenant en compte le cycle de curage de ces ouvrages en entretien (à définir par le Maître d'ouvrage) ainsi que les sollicitations du type neige et/ou glace ;
- le cas échéant, l'impact nominal au niveau du système avaloir – prise en compte d'une hauteur d'impact et d'une énergie.

## Références normatives

Aucune référence normative spécifique, se référer au chapitre normes pour l'ensemble des composants de cet ouvrage.

## Réalisation

### Mise en œuvre

Les différentes étapes pour la mise en œuvre d'un déflecteur :

- débroussaillage de la paroi et de la crête de l'ouvrage ;
- purge de sécurité (sécurité des ouvriers) et/ou purges (solution technique) ;
- implantation des ouvrages ;
- réalisation des dispositifs d'amarrage de la ligne de rive, généralement des boulons d'ancrage ;
- mise en place des câbles et des ancrages pour les dispositifs de placage ;
- mise en place des nappes ;
- dispositif de limitation du débattement des nappes de grillage ou de filet ;
- éventuellement, réalisation d'une structure.

Dans la configuration où il n'existe pas de fosse de réception (cas de certains talus routiers), l'ouvrage doit comporter un système anti-débattement et sa hauteur de pied doit être pensée au regard de la circulation et de l'entretien de la voie (endommagement par des engins : épareuse, chasse-neige, etc.)

### Travaux associés

Dans les travaux généralement associés à ces ouvrages, peuvent se rencontrer fréquemment les prestations suivantes :

- création de pistes d'accès pour la réalisation des ouvrages, les visites de contrôle et les opérations d'entretien ;
- re-talutage préalable du talus (terrassement) ;
- création d'une fosse de réception avec ou sans dispositif de retenue, le dispositif de retenue est généralement réalisé en fin de chantier, sauf contre-indication du maître d'ouvrage ;
- pose d'une plaquette d'identification pour le suivi des ouvrages.

### Contrôles-essais

Les contrôles et les essais porteront :

- sur la géométrie de l'ouvrage ;
- sur la provenance et la qualité des matériaux ;
- sur les coulis d'injection ;
- sur les ancrages.

### Délai d'exécution

Les délais d'exécution seront fonctions de la **configuration de la zone à traiter** et des contraintes spécifiques du chantier. Plus les accès seront faciles plus la mise en œuvre sera aisée.

D'une manière générale, la mécanisation est un moyen de raccourcir les délais d'exécution.

## Vie de l'ouvrage

### Surveillance / visite d'inspection

L'organisation de la surveillance des ouvrages de protection contre les chutes de blocs est fondée sur un suivi périodique et régulier.

On peut distinguer les visites annuelles ou les contrôles réguliers et les inspections détaillées.

Les fréquences des visites sont à adapter selon les secteurs géographiques et les moyens des maîtres d'ouvrages. L'ouvrage devra faire l'objet d'un contrôle, à minima dans les cas suivants : incendie, éboulement dans l'ouvrage ou à proximité immédiate, forte accumulation de neige et/ou formation de glace dans l'ouvrage. L'intervention à réaliser sera une visite détaillée.

### Points sensibles à contrôler - points principaux

<i>Points de contrôles</i>
Détérioration de la nappe
Accumulations : poches de matériaux, glace, neige
État des câbles : corrosion, détérioration

### Entretien

#### Entretien courant :

	<i>Nature de l'entretien courant</i>
1	Contrôle du serrage correct des pièces d'accastillage, des écrous des ancrages, de la tension des câbles
2	Débroussaillage
3	Vidange de l'ouvrage des matériaux éboulés
4	Entretien des accès à l'ouvrage
5	Entretien de la peinture anticorrosion des poteaux

## Entretien spécifique

	<i>Nature de l'entretien spécifique</i>
1	Remplacement de pièces d'accastillage
2	Remplacement de pièces dissipatives d'énergie en cas de fonctionnement estimé à 30 %
3	Réparation de la surface de déflexion, par remplacement intégral ou ajout de patch
4	Remplacement de câbles
5	Réalisation de boulons d'ancrage complémentaires en cas de défaillance d'un ou plusieurs boulons d'ancrage

## Coûts

<b>Défecteur pendu en grillage</b>	<b>Défecteur pendu en filet</b>
20 €/m <sup>2</sup>	Environ 100 €/m <sup>2</sup> hors ancrages Environ 200 €/m <sup>2</sup> avec ancrages
<b>Défecteur avaloir en grillage</b>	<b>Défecteur avaloir en filet</b>
20 €/m <sup>2</sup> + 200 €/poteau	Environ 500 € m <sup>2</sup> avec ancrages



Ouvrage nouveau, n'ayant pas de référence dans le guide « Parades contre les instabilités rocheuses, Éditions LCPC, Collection Environnement – Les risques naturels, 2001 »

## Présentation générale de l'ouvrage

### Définition

L'écran forestier est une structure d'arrêt souple, capable d'intercepter un ou plusieurs blocs rocheux qui se sont détachés d'une paroi et en propagation dans un versant. Son principe d'utilisation et de fonctionnement est assimilable à un écran pare-blocs mais à la différence de ce dernier, il utilise totalement ou partiellement les arbres en place en remplacement des poteaux métalliques et des boulons d'ancrage.

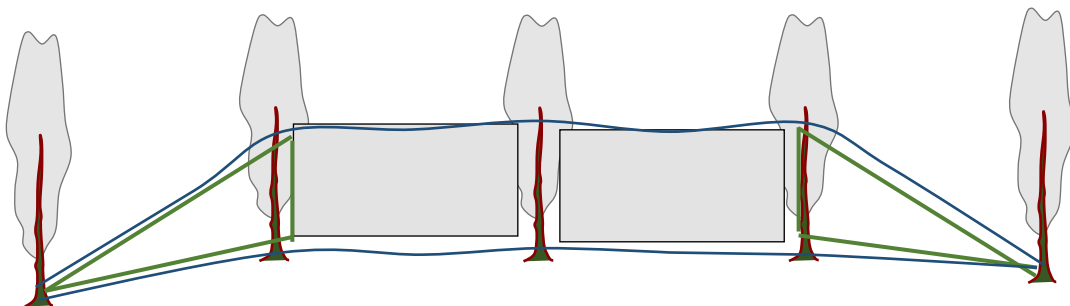
### Domaine d'utilisation

Les écrans forestiers sont des ouvrages linéaires qui permettent de sécuriser des zones étendues, lorsque le peuplement forestier le permet.

Ces ouvrages sont particulièrement adaptés lorsque les conditions de pose le justifient :

- notion d'urgence, ces ouvrages étant particulièrement rapides à poser : peu ou pas de forages, peu ou pas de déboisement, peu ou pas d'héliportage ;
- caractère provisoire de la protection ;
- impact environnemental et paysager très limité;
- quand le contexte nécessiterait de lourds travaux de déboisement.

### Schéma et description



Élévation de principe (Source : C2ROP)

Les caractéristiques des écrans forestiers sont étroitement liées à leur environnement de pose. On retiendra les principes suivants :

- la nappe d'interception est généralement un filet/grillage métallique, soutenue en tête et maintenue au sol et latéralement par des câbles métalliques ;
- les montants de maintien de la structure d'interception peuvent être totalement ou ponctuellement remplacés par des arbres en place, moyennant des dispositifs de liaison adaptés ;
- les boulons d'ancrage des haubans amont et/ou latéraux de l'écran forestier peuvent être totalement ou ponctuellement remplacés par des arbres en place, moyennant des dispositifs de liaisons adaptés ;
- des pièces de dissipation d'énergie peuvent être ajoutées sur les haubans amont et/ou latéraux.

Les capacités maximales à la rupture de ces ouvrages varient en fonction des essences utilisées et de la part de substitution des structures métalliques par des arbres : elles varient entre quelques dizaines et plusieurs milliers de kilojoules.

## Illustration



*Écran forestier env. 100 kJ - Hautes Alpes  
(Crédit photo : BE Arias)*



*Ecran forestier 100 kJ - Haute Savoie  
(Crédit photo : NGE Fondations)*



*Ecran forestier 3000 kJ - Puy de Dôme  
(Crédit photo : BE Arias)*

## Limites d'utilisation

La résistance de l'ouvrage dépend étroitement des essences, de l'état des arbres utilisés et de leur enracinement, qui doivent être inspectés et validés par un expert.

Le diamètre des tiges utilisées doit être suffisant pour résister aux contraintes subies en cas d'impact. Afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage et garantir l'état phytosanitaire des arbres il est impératif de traiter toute blessure causée aux arbres avec des produits spécifiques afin d'éviter des attaques fongiques. À ce propos, des visites de contrôle comme décrites postérieurement sont à prévoir.

La linéarité de l'ouvrage et le maintien d'un espacement régulier entre chaque portée impose que le peuplement forestier soit homogène en termes de densité, de diamètre de tiges et d'état phytosanitaire.

Il existe à ce jour relativement peu de retour d'expérience sur ce type d'ouvrages qui n'ont pas de cadre normatif. Néanmoins, les techniques appliquées dans le cadre d'installations suspendues sur arbres (type accrobranche) peuvent être appliquées afin de réduire l'impact sur le peuplement forestier et garantir les fixations à long terme.

Ces ouvrages ne sont pas prévus pour retenir des éboulements en masses ou en masses limitées. Ils sont plus destinés à l'interception de blocs isolés.

## Environnement / insertion paysagère

L'intégration paysagère de ces ouvrages est optimale, en limitant considérablement les surfaces de déboisement et la présence d'éléments métalliques

## Conception

### Études préalables

La mise en œuvre des écrans forestiers doit être précédée d'une série d'études et de contrôles, permettant de dimensionner et positionner au mieux les ouvrages sur le terrain :

Ces études sont, à minima :

- **étude de l'aléa éboulement**, permettant de définir les volumes potentiellement instables, leur répartition ainsi que leur fragmentation ;
- **étude de l'aléa propagation**, sur la base des données de l'étude d'aléa éboulement, permet de simuler, suivant le type de sol présent sur le versant étudié, les trajectoires probables avec les hauteurs de rebond, les vitesses et les énergies des blocs ;
- **étude dendrologique**, réalisée par un expert, afin de déterminer les caractéristiques mécaniques du peuplement forestier du site et de désigner les arbres pouvant être intégrés à la structure de l'écran. Des essais de résistance des arbres sont à prévoir, notamment :
  - **essais de flexion (winchtest) pour les arbres porteurs,**
  - **essais de cisaillement en pied pour les arbres utilisés comme ancrage.**

La réalisation d'essais de validation en grandeur réelle sur les ouvrages est fortement recommandée afin de valider la conception globale de l'ouvrage et les méthodes de fixation des composants sur arbre.

### Produits composants

Principal élément	Composants	Fonction
<b>Structure d'interception</b>	Filet/grillage principal : <ul style="list-style-type: none"> <li>• câbles métalliques ;</li> <li>• couche additionnelle : grillage à maille plus fine que le filet principal</li> </ul>	Supporter le choc direct de la masse, en se déformant élastiquement et/ou plastiquement, et en transmettant les efforts aux composants de liaison, à la structure de soutien et aux fondations.
<b>Structure de soutien</b>	Structure porteuse constituée soit d'arbres, soit de montants métalliques, dans des proportions variables.	Maintenir la structure d'interception érigée. La structure de soutien peut être reliée à la structure d'interception directement ou par les composants de liaison.
<b>Composants de liaison</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Câbles de liaison en acier</li> <li>• Fils et/ou barreaux de différents types et matériaux</li> <li>• Platines de fixation</li> <li>• Jonctions</li> <li>• Serre-câbles ou agrafes</li> <li>• Dispositifs de dissipation d'énergie</li> </ul>	Transmettre les efforts à la structure de fondation lors du choc et/ou maintenir la structure d'interception en place.
<b>Fondation</b>	Armatures métalliques ou arbres, dans des proportions variables.	Transmettre au sol les forces découlant du choc.

## Capacité

La capacité de l'ouvrage est étroitement liée aux caractéristiques du peuplement forestier, notamment le diamètre des arbres, leur essence, leur enracinement et leur distribution spatiale. Ainsi, des poteaux métalliques complémentaires peuvent être utilisés pour satisfaire aux exigences mécaniques de l'ouvrage.

Tous les composants de l'ouvrage sont dimensionnés pour supporter les efforts d'impact associés à l'énergie de référence des éléments rocheux à arrêter.

## Géométrie

La hauteur des écrans forestiers peut varier entre 2 et 6 m, selon la taille et le diamètre des troncs utilisés comme montants. Un haubanage amont peut être à prévoir.

Les écrans forestiers auront une longueur maximale d'un seul tenant qui sera dictée par la topographie, la répartition du peuplement forestier, les impératifs de circulation et la conception choisie.

Plusieurs lignes contigües, décalées en altitude et/ou avec recouvrement peuvent être mises en œuvre.

Les entraxes entre arbres préconisés par le concepteur doivent être respectés, habituellement cette distance oscille entre 8 et 15 mètres.

## Dimensionnement / Règles de l'art

La capacité de ce type d'ouvrage dépend étroitement de la nature et des caractéristiques des arbres utilisés et de la part de substitution des composants métalliques.

En première approche, on peut estimer que jusqu'à une capacité de quelques dizaines de kJ et pour des ouvrages provisoires, la conception de l'ouvrage peut être réalisée « à dire d'expert » et par analogie avec les écrans équivalents existants sur le marché. Pour les capacités supérieures ou pour des ouvrages qui ont vocation à rester en place, une note de dimensionnement est nécessaire, incluant une étude dendrologique et des essais d'arrachement sur arbres.

Dans le cas où une partie des par boulons d'ancrage est conservée, les règles de dimensionnement de ces boulons s'appliquent avec, en particulier, la réalisation d'essais de convenance pour déterminer le  $Q_s$ . Le  $Q_s$  étant le coefficient de frottement du sol, paramètre nécessaire au dimensionnement des ancrages (longueur et diamètre).

## Références normatives

Aucune référence normative spécifique, se référer au chapitre normes pour l'ensemble des composants de cet ouvrage.

## Réalisation

### Mise en œuvre

Le phasage du chantier est en règle générale le suivant :

- purges préalables de sécurité pour le personnel intervenant sur chantier ;
- aire de stockage, de préparation et zones d'hélicoptage ;
- débroussaillage, élagage des branches basses et éventuellement abattage d'arbres sur l'emprise de l'écran forestier ;
- travaux nécessaires à l'intervention d'un hélicoptère dans de bonnes conditions, élagage, création de DZ, etc. ;
- réalisation des dispositifs d'amarrages de pieds des supports et des haubans si besoin ;
- adaptation éventuelle de l'écran forestier au relief par l'intermédiaire de bavettes.

### Travaux associés

Possibilité de création d'accès dans le versant pour la réalisation des travaux, pour les visites ultérieures et pour les opérations d'entretien des ouvrages.

Pose d'une plaquette d'identification des ouvrages permettant un suivi plus aisé.

La réalisation des écrans forestiers est parfois associée à d'autres parades telles que les purges, le minage de blocs, des boulons d'ancrage de confortement, la pose d'une instrumentation de surveillance. Ces interventions permettent de traiter les instabilités rocheuses dont le volume dépasserait la capacité des ouvrages envisagés.

### Contrôles - essais

Les contrôles et les essais porteront :

- sur la géométrie de l'ouvrage ;
- sur les coulis d'injection et les essais sur boulons d'ancrage dans le cas où les arbres ne suffiraient pas ;
- essais sur la validation du choix des arbres :
  - flexion sur arbres porteurs,
  - cisaillement en pied sur arbres d'ancrage.

### Délai d'exécution

Les délais d'exécution sont très dépendants de la part de substitution des composants métalliques de support et d'ancrage par des arbres.

Pour un ouvrage sans montant ni boulons d'ancrage, on est sur des rendements de l'ordre de 100 à 150 m d'écran par semaine tout compris, pour une équipe de 4 poseurs.



## Vie de l'ouvrage

### Surveillance / visite d'inspection

L'organisation de la surveillance des ouvrages de protection contre les chutes de blocs est fondée sur un suivi périodique.

On peut distinguer les visites annuelles ou les contrôles réguliers et les inspections détaillées.

Dans le cas particulier des écrans forestiers, des contrôles de l'état phytosanitaire des arbres est à prévoir.

Les fréquences des visites sont à adapter selon les secteurs géographiques et les moyens des maîtres d'ouvrages.

### Points sensibles à contrôler - points principaux

Les points de contrôle portent sur l'état et l'intégrité des composants métalliques (filets, câbles, boulons d'ancrage et poteaux, le cas échéant), ainsi que sur l'état sanitaire des arbres utilisés.

De manière similaire à un écran pare-blocs, en cas de remplissage de la nappe d'interception ou de fonctionnement des dissipateurs d'énergie, une maintenance est à opérer.

<i>Points de contrôles</i>
Corrosion des pièces freins
Mouvement ou déplacement des boulons d'ancrage amont de l'écran
Déchaussement des boulons d'ancrage par ravinement
Présence de ruptures dans le filet
Rupture de câble
Corrosion intense des pièces d'accastillage
<b>État phytosanitaire des arbres (attaque fongique, cicatrices de gel, étranglement)</b>

## Coûts

Le coût d'un écran forestier va dépendre de sa capacité, de sa hauteur, des conditions de pose et de la proportion de poteaux et ancrages remplacés par des arbres.

Les coûts des parties métalliques seront équivalents à ceux des écrans pare-blocs classiques (cf. fiche écrans pare-blocs).

## Retour d'expérience

### Exemple 1

Dans le cadre des travaux de fondations d'un pylône électrique pour une ligne 225 kV, un risque de chute de blocs a été identifié au droit de la plateforme du pylône. La mise en place d'une protection provisoire était nécessaire pour la sécurité du personnel de l'entreprise de forage. La réalisation d'un ouvrage provisoire de type écran de capacité environ 100 kJ, de hauteur 4 m et de 60 m de longueur a été préconisée après étude trajectographique.

La durée d'exposition des ouvriers était de 2 fois 15 jours (15 jours à l'automne, 15 jours au printemps). La mise en œuvre d'une ligne d'écran répondant aux directives européennes nécessitait une durée de travaux sensiblement équivalente à la durée d'exposition des ouvriers de l'entreprise de forage. Dans ces conditions le gain de sécurité était nul (temps d'exposition des ouvriers en charge de la réalisation de l'écran = temps d'exposition des ouvriers en charge des fondations).

Un écran forestier a donc été mis en œuvre en utilisant les arbres en place. La durée des travaux a été de 4 jours pour 60 m d'écran. L'ensemble des poteaux et des boulons d'ancrage ont été remplacés par des arbres, aucun abattage n'a été nécessaire. Le cout des travaux a été de 30 k€ HT environ.



(Crédit photo : BE Arias)

## Exemple 2

Dans le cadre de travaux de sécurisation au-dessus de la ville de Mont Dore (Puy de Dôme), l'étude de projet a conduit à préconiser la mise en place d'environ 600 ml d'écrans pare-blocs de capacité 3000 kJ et de hauteur 5 m.

En raison de la forte densité d'arbres en place et de la taille des tiges, le marché était ouvert aux variantes afin de s'affranchir d'opérations de déboisement très importantes, générant un surcout conséquent et un impact visuel fort.

Environ 30 % du linéaire des écrans a été proposé en variante en utilisant les arbres comme poteaux, avec une étude sanitaire et dendrologique préalable.

Pour l'ensemble des écrans posés, la durée des travaux a été de 5 mois (avec un arrêt de chantier en hiver pour cause de neige), pour un montant d'environ 630 k€ HT, en limitant fortement le déboisement.

**Remarque** : cette variante vaut dans la mesure où l'on accepte un ouvrage aux capacités non certifiées.

Références guide « Parades contre les instabilités rocheuses, Éditions LCPC, Collection Environnement – Les risques naturels, 2001 » - fiche EC 3

## Présentation générale de l'ouvrage

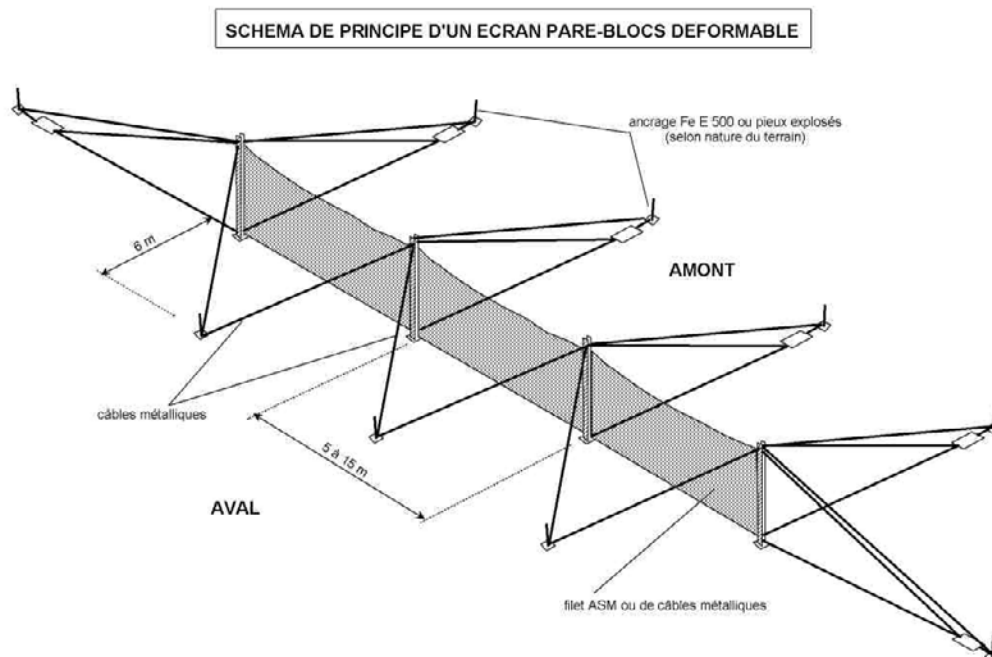
### Définition

On appelle « écran de filet pare-blocs dynamique » ou "déformable", tout produit capable d'intercepter par une nappe de filet, un ou plusieurs blocs rocheux susceptibles de se détacher de la paroi sus-jacente de la zone à protéger. Ce dispositif de protection doit comprendre une structure d'interception (nappe de filet), une structure porteuse pour maintenir la forme du dispositif et des éléments de liaison ayant une capacité plus ou moins importante de dissipation de l'énergie (« freins »). Cet ouvrage d'arrêt est lié au terrain par l'intermédiaire de dispositifs de fondation ou d'ancrages.

### Domaine d'utilisation

Les écrans pare-blocs sont des ouvrages linéaires qui permettent de sécuriser des zones étendues, lorsque les aléas de départ sont dispersés. Ces ouvrages peuvent être installés en falaise et s'adapter aux contraintes topographiques (bavettes, adaptations de rive, etc.). Les écrans pare-blocs ont une emprise au sol faible mais les conditions d'installation dans un versant sont complexes et nécessitent souvent d'avoir recours à l'hélicoptage.

### Schéma et description



(Source : C2ROP)

Un écran déformable est composé d'une structure d'interception (généralement un filet métallique), maintenue par des poteaux et des câbles. L'écran est relié au sol par un système d'amarrage (armatures métalliques scellées dans un trou de forage).

À partir d'un certain niveau d'énergie, des pièces de freinage sont ajoutées pour permettre la dissipation d'énergie.

## Illustration



*Illustration 1 : Écran 1000 KJ RD 531 - mai 2011  
(Crédit photo : CD 38)*



*Illustration 2 : Écran 100kJ - Lac d'Aiguebelette  
(Crédit photo : CD73)*



*Illustration 3 : Écran 2000 kJ - novembre 2016 - RD 22  
(Crédit photo : CD 38)*



*Illustration 4 : Écran 2000 kJ - octobre 2016 - RD 531  
(Crédit photo : CD38)*

## Limites d'utilisation

Les écrans pare-blocs peuvent reprendre des énergies maximales d'environ 10000 kJ ; ils ne sont pas prévus pour des éboulements en masse.

Les différences altimétriques et d'alignement des poteaux d'une ligne d'écran doivent répondre aux spécifications du concepteur. Dans certains cas, pour remédier à cette difficulté un nivellement à la pelle araignée peut être envisagé. Les emprises au sol doivent tenir compte de la position des haubans ainsi que de la zone d'allongement de l'écran à l'aval qui permet une libre déformation du filet nécessaire à la dissipation de l'énergie cinétique des blocs. Ces critères varient selon les modèles.

Il conviendra également d'être prudent dans les zones avalanches ou fortement enneigées. Une forte épaisseur du manteau neigeux peut solliciter l'ouvrage et faire fonctionner les freins ou amener à la rupture des ancrages seulement sous l'effet de son poids propre. De même ces ouvrages ne sont pas nécessairement adaptés dans le cas de coulées boueuses ou de laves torrentielles. Dans le cas d'un site très actif, les interventions d'entretien et de réparation de ce type d'ouvrage peuvent être problématiques.

## Durabilité / Durée de vie

La durée de vie moyenne d'un écran pare-blocs est de 25 ans dans des conditions environnementales normales. Cette durée peut être réduite dans des conditions environnementales sévères (milieu acide, milieu marin ou salin, etc.).

La pérennité des ouvrages dépend de leur sollicitation ainsi que de l'entretien et de la maintenance qui sera réalisée (cf. § « vie de l'ouvrage »).

## Environnement / insertion paysagère

Pour atténuer la visibilité et l'impact paysager, il peut être intéressant :

- de limiter le déboisement ;
- de réaliser une segmentation en quinconce des dispositifs ;
- de peindre les poteaux de support. (cf. guide « Prise en compte du paysage dans les protections contre les chutes de matériaux »).

Pour la prise en compte de la faune, il peut être nécessaire de :

- réaliser une segmentation en quinconce des dispositifs ;
- obturer les poteaux creux (pièges à chiroptères et avifaune).

## Conception

### Études préalables

La mise en œuvre d'un dispositif de protection contre les chutes de blocs de type écrans pare-blocs doit être précédée de la réalisation d'études :

- **un diagnostic des aléas**, permettant de définir les volumes potentiellement instables, leur répartition ainsi que leur fragmentation lors de la propagation ;
- **une étude de la propagation** à travers des simulations trajectographiques qui déterminera les trajectoires probables des blocs, les hauteurs de rebond, les vitesses et les énergies des blocs ;
- étude d'impact environnemental.

### Produits composants

Principal élément	Composants	Fonction
<b>Structure d'interception</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filet métallique (filets à anneaux, câbles ou fils tressés) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couche additionnelle ou doublage : grillage à maille plus fine que le filet principal pour intercepter les pierres</li> </ul> </li> </ul>	Supporter le choc direct de la masse en se déformant élastiquement et/ou plastiquement et en transmettant les efforts aux composants de liaison, à la structure de soutien et aux fondations.
<b>Structure de soutien</b>	Montants métalliques (exceptionnellement bois) de différentes géométries et hauteurs	Maintenir la structure d'interception érigée. La structure de soutien peut être reliée à la structure d'interception directement ou par les composants de liaison.
<b>Composants de liaison</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Câbles en acier</li> <li>• Manilles</li> <li>• Serre-câbles ou agrafes</li> <li>• Dispositifs de dissipation d'énergie (freins)</li> </ul>	Transmettre les efforts à la structure de fondation lors du choc et/ou maintenir la structure d'interception en place.
<b>Fondation</b>	Armatures métalliques scellées dans des trous de forage	Transmettre au sol les forces découlant du choc.

### Capacité

Actuellement, le parc d'écran des Maitres d'Ouvrage contient des ouvrages anciens conformes à la norme française NF P95-308 ou qui bénéficient, pour les plus récents, du marquage CE selon les spécifications technique de l'Etag 27 (remplacé depuis juillet 2018 par l'EAD 340059-00-0106).

La norme française (NF P95-308 de décembre 1996) s'attachait à la notion d'« ouvrage » et proposait 9 classes d'écrans dont la capacité énergétique nominale était comprise entre 12,5 KJ et 5000 KJ associées à une hauteur utile minimale comme le montre le tableau suivant :

	Classe	Qualification								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Écran	Hauteur utile minimale (m)	1,50	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	3,50	4,00	5,00
	Dimension minimale du bandeau (m)	0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,70	0,80	0,80	1,00
	Longueur maximale d'un module fonctionnel (m)	10	10	10	10	10	10	10	15	20
	Capacité nominale (kJ)	12,5	50	200	500	1 000	1 500	2 000	3 000	5 000

(Source : norme NF P95-308)

La marquage CE suivant les spécifications de l'Étag 27 puis de l'EAD, s'attache à la notion de « produits à acheter » sous forme de « Kits de protection contre les blocs rocheux ». Il définit 8 classes d'ouvrages dont la capacité énergétique nominale est comprise entre 100 KJ et > 4500 KJ.

Depuis le marquage CE, il est d'usage d'utiliser des écrans dont les capacités énergétiques ont été testées en vrai grandeur (cf. § « Références normatives – documents de références »).

La gamme de capacité de ses écrans est la suivante :

*Classes des kits de protection contre les chutes de blocs rocheux*

Classification selon le niveau d'énergie	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
SEL* (kJ)	-	85	170	330	500	660	1000	1500	> 1500
MEL* (kJ)	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	> 4500

(Source ETAG 027)

\* Pour les notions d'énergie SEL et MEL, se reporter au paragraphe Dimensionnement / Règles de l'art.

## Géométrie

Le linéaire maximum d'écran à mettre en œuvre dépend fortement de l'enjeu et de l'exposition de l'enjeu en cas de réparation. Il est raisonnable de mettre en œuvre des lignes de maximum 60 à 80 m.

L'écran, en fonctionnement, a un allongement dans le sens de la pente dont il faut tenir compte, notamment lors d'une installation en bord de route ou, plus généralement, proche d'un enjeu.



## Dimensionnement / Règles de l'art

Le dimensionnement des écrans se fait sur la base d'une étude trajectographique qui nécessite un levé topographique précis.

Les ouvrages peuvent être sollicités lors d'un seul événement ou par accumulation de plusieurs chutes de blocs. Il convient de distinguer le **niveau d'énergie maximal (MEL)** et le **niveau d'énergie de service (SEL)**. Le MEL correspond au niveau maximal d'énergie que l'ouvrage est capable de dissiper au moins une fois. Le SEL correspond au niveau maximal d'énergie que l'ouvrage doit être capable de dissiper plusieurs fois consécutives (notion de service). Les limites SEL et MEL sont définies par des essais en vraie grandeur réalisés sur un site d'expérimentation.

Des essais de conformité des ancrages (détermination du  $Q_s^1$  du sol de fondations) sont nécessaires pour le dimensionnement de la longueur et le diamètre de forage des ancrages.

**Les barres en nuance  $\geq 670$  sont interdites.**

**Une attention particulière sera apportée à la réalisation des ancrages autoforants. Leur utilisation est à réserver uniquement en dernier recours.**

Les ouvrages doivent être protégés contre la corrosion. La majorité des pièces sont traitées par galvanisation et arrivent sur le chantier avec cette protection. Le maître d'œuvre devra être vigilant à la manutention des pièces et vérifiera l'absence de choc (notamment sur les poteaux). Pour les boulons d'ancrage dont les barres arrivent brutes, la mise en peinture se fait sur le chantier et des compléments sont à prévoir une fois les ancrages mis en œuvre.

Des adaptations de l'ouvrage au terrain sont possibles avec la mise en œuvre de pièces supplémentaires :

- possibilité de mettre une bavette lorsqu'un espace limité subsiste entre le TN et le pied de l'ouvrage ;
- doublage des écrans par une nappe à maille plus fine pour prendre en compte les petits éléments.

## Références normatives

NF P95-308 (décembre 1996, en cours de révision)

Marquage CE utilisant les spécifications techniques de l'EOT, sur le produit « kit de protection contre les éboulements rocheux »

Note d'information Ouvrage d'Art n°1 du Cerema, 2014.

---

<sup>1</sup>  $Q_s$  : coefficient de frottement du sol.

## Réalisation

### Mise en œuvre

Le phasage du chantier est en règle générale le suivant :

- purges préalables de sécurité pour le personnel intervenant sur chantier ;
- aire de stockage, de préparation et zones d'hélicoptage ;
- débroussaillage, abattage d'arbres sur l'emprise de l'écran ;
- purges ;
- réalisation des ancrages ;
- montage de l'écran suivant les recommandations de mise en œuvre jointes au kit.

Il est recommandé, si la ligne doit être scindée, de décaler les écrans en amont ou aval avec un recouvrement en chicane (à 15° en plan pour un versant régulier)

### Travaux associés

Les travaux de pose d'ouvrages de protection de type écrans pare-blocs s'accompagnent très souvent, et préalablement, de travaux préparatoires qu'il convient de ne pas sous-estimer dans le chiffrage des travaux mais aussi dans le temps d'intervention.

On peut citer ici :

- travaux de purges préalables de sécurité pour le personnel intervenant sur chantier ;
- travaux de création ou d'amélioration des cheminements en versant pour le personnel et le matériel, ainsi que pour les visites qui seront réalisées tout au long de la vie de l'ouvrage ;
- création d'une aire de stockage, de préparation et zones d'hélicoptage (DZ) au sol et en versant ;
- travaux de reprofilage possible des irrégularités de terrain au droit de l'ouvrage ou en amont lorsqu'il y a risque d'effet tremplin avec franchissement de l'ouvrage par des trajectoires trop aériennes ;
- travaux de terrassement et bétonnage éventuels pour l'implantation des supports ;
- travaux de débroussaillage et d'abattage d'arbres, a minima dans les emprises de l'écran, des haubans et de la zone de dynamisme fonctionnel, y compris dans les zones nécessaires à l'intervention d'un hélicoptère.

Il faut également noter que la protection d'un site par écrans pare-blocs s'accompagne très souvent de travaux actifs de déroctage, de confortement par ancrages passifs dans le cas où les énergies attendues dépassent la capacité des écrans.

Les écrans peuvent aussi être associés à des déflecteurs posés en amont afin de canaliser les trajectoires.

La pose d'une plaque d'identification des ouvrages permettra un suivi plus aisé pour les visites et l'entretien ultérieur.

## Contrôles - essais

Le suivi s'accompagne, à la demande, d'essais de traction de conformité préalablement à la mise en œuvre, d'essais de convenance, puis d'essais de contrôle sur les ancrages (respect de la norme) et sur le coulis d'injection après réalisation.

Le contrôleur des travaux vérifie les fiches et les attestations concernant la galvanisation des produits. Le contrôle de la qualité de la galvanisation peut toujours se faire sur site mais avec le risque de devoir évacuer des produits non conformes.

Une fois l'écran posé, le maître d'œuvre vérifie la géométrie de l'ouvrage.

À la fin des travaux, l'entreprise remet le dossier des ouvrages exécutés et le maître d'ouvrage peut procéder à la réception des ouvrages.

## Délai d'exécution

Les délais d'exécution peuvent facilement varier du simple ou double selon les configurations, les moyens d'accès et les classes d'ouvrage (sans compter sur les différences de technologie et de facilité de montage).

Par exemple, pour un linéaire de 60 m d'écrans neufs, on peut estimer le délai à 4 semaines pour 1 équipe de 4 personnes :

- installations de chantier : 2 à 3 jours ;
- débroussaillage et accès : 2 à 3 jours ;
- ancrages : 1 semaine en falaise avec des moyens de forage CFL (plus rapide en cas de mécanisation pour des forages sur talus en bord de route), délai de 7 jours avant pose ;
- héliportage : 1 journée ;
- montage et, réglage de l'écran des haubans, finitions et doublage en grillage : 1 semaine.

## Vie de l'ouvrage

### Surveillance / visite d'inspection

L'organisation de la maintenance des ouvrages de protection contre les chutes de blocs, et tout particulièrement pour les écrans pare-blocs, est fondée sur un suivi périodique. On peut distinguer les visites annuelles ou les contrôles réguliers et les inspections détaillées (tous les 5 ans par exemple).

Les fréquences des visites sont à adapter selon les secteurs géographiques et les moyens des maîtres d'ouvrages.

#### Exemple 1 : Pratique du Département de la Savoie :

	Visite Simplifiée	Visite Détaillée
<b>Fréquence</b>	Tous les 2 ans	Tous les 6 ans
<b>Formalisation</b>	NON (Organisation interne à chaque TDL - pas de rendu à transmettre au SRN)	OUI (Fiches de visite détaillée)
<b>Ouvrages concernés</b>	Tous les OPRN sauf les ancrages, les merlons et les ouvrages de soulèvement => liste transmise par le SRN chaque année	Tous les OPRN => selon programmation annuelle transmise par le SRN
<b>Objectifs de la visite</b>	Contrôle de la sollicitation	Contrôle de la sollicitation + Caractérisation de l'état de l'ouvrage + Suites à donner
<b>Constatations et moyens d'accès</b>	Vérification visuelle depuis la RD (sauf OPRN non visibles de la chaussée)	Contrôle visuel exhaustif de toutes les parties de l'ouvrage, ce qui implique : => De se rendre sur l'OPRN / en faire le tour => Débroussaillage préalable dans certain cas => Technique alpine si nécessaire  <i>* Dans certains cas, si l'OPRN est parfaitement et <u>intégralement</u> visible, la visite peut être réalisée depuis la RD.</i>

#### Exemple 2 : Politique de gestion des OPRN du Département de l'Isère :

	Visite « simplifiée »	Visite détaillée
<b>Fréquence</b>	Tous les ans visite ALEAS	Tous les 5 ans visite CONTROLE DE L'ETAT
<b>Formalisation</b>	Oui avec une fiche de visite papier avec une saisie dans le logiciel de gestion des ouvrages de protection contre les risques naturels (BD-OPRN)	Oui avec une fiche de visite papier avec une saisie dans le logiciel de gestion des ouvrages de protection contre les risques naturels (BD-OPRN)
<b>Ouvrages concernés</b>	Tous les écrans pare-blocs y compris les écrans classe 2 NF appelés barrières grillagées (BG)	Tous les écrans pare-blocs y compris les écrans classe 2 NF appelés barrières grillagées (BG)

<b>Objectifs de la visite</b>	Contrôle de la sollicitation (blocs, matériaux, arbres, etc.)	Contrôle de la sollicitation (blocs, matériaux, arbres, etc.) Caractérisation de l'état de l'ouvrage
<b>Constatations et moyens d'accès</b>	Vérification visuelle à distance (depuis la route, un point de vue terrestre ou aérien) sauf à pied d'ouvrage pour ceux qui sont non visibles	Vérification sur l'ouvrage. Problématiques de la végétation (débranchage avant visite à programmer) Problématique de l'accès par techniques alpines (cordes)

## Points sensibles à contrôler - points principaux

Les points suivants sont à prendre en considération.

<i>Points de contrôles</i>
Corrosion des pièces freins
Mouvement ou déplacement des ancrages amont de l'écran
Déchaussement des ancrages par ravinement
Présence de trous dans le filet
Rupture d'un câble
Corrosion des pièces d'accastillage

## Entretien

<i>Nature de l'entretien courant</i>
Débranchage
Vidange de l'ouvrage des matériaux éboulés
Contrôle du serrage correct des pièces d'accastillage, des écrous des ancrages, de la tension des câbles
Entretien des accès à l'ouvrage
Entretien de la peinture anticorrosion des poteaux
Géométrie générale de l'ouvrage (tension des câbles, hauteur utile à restaurer)

<i>Nature de l'entretien spécifique</i>
Remplacement de pièces d'accastillage
Remplacement de pièces dissipatives d'énergie en cas de fonctionnement estimé à 30 %
Réparation de la surface de l'écran, par remplacement intégral ou ajout de patch
Remplacement de câbles
Réalisation d'ancrages complémentaires en cas de défaillance d'un ou plusieurs ancrages
Remplacement de poteaux

## Coûts

### Coûts de mise en œuvre

#### Coûts d'un linéaire de protection par écrans pare-blocs :

Le coût d'un écran pare-bloc va dépendre de sa capacité (classe d'énergie en KJ), de sa hauteur, des conditions d'accès et des conditions de pose. Il va aussi dépendre du nombre d'écrans à réaliser pour un même chantier.

La fourchette de prix pour les différentes capacités d'écrans (écrans CE) est la suivante :

- 100 kJ / hauteur 2 m entre 300 – 450 €/ml ;
- 500 kJ / hauteur 3 m entre 400 – 600 €/ml ;
- 1000 kJ / hauteur 4 m entre 500 – 750 €/ml ;
- 2000 kJ / hauteur 4 m entre 700 – 1000 €/ml ;
- 3000 kJ / hauteur 5 m entre 850 – 1200 €/ml ;
- 5000 kJ / hauteur 6 m entre 1100 – 2000 €/ml.

(prix en 201?)

Références guide « Parades contre les instabilités rocheuses, Éditions LCPC, Collection Environnement – Les risques naturels, 2001 » - fiche BA 1

## Présentation générale de l'ouvrage

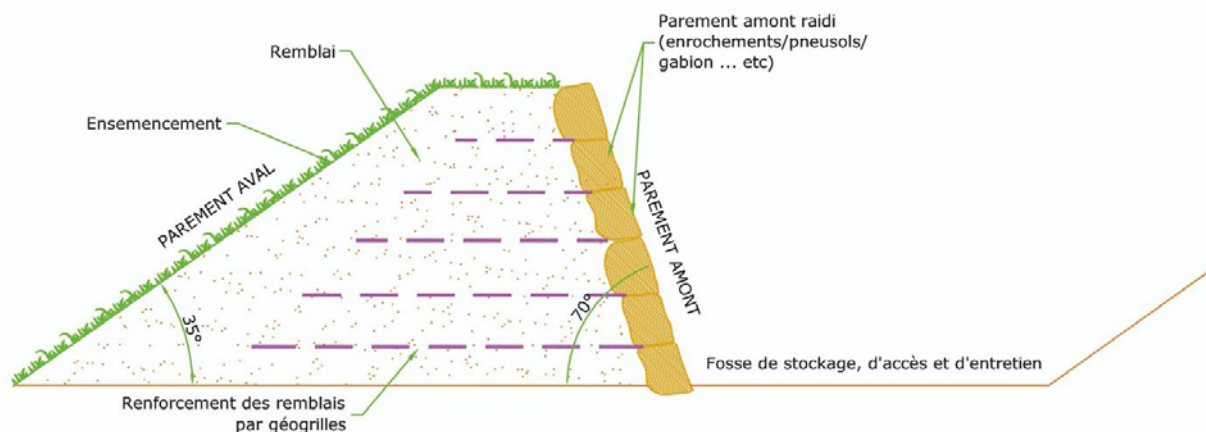
### Définition

Les merlons, parades passives, sont des structures d'interception linéaires pouvant être réalisées en remblai ou en éléments modulaires (gabions ou blocs béton), capables d'intercepter des phénomènes gravitaires en propagation dans un versant.

### Domaine d'utilisation

Les merlons sont des ouvrages linéaires qui permettent de sécuriser des enjeux particuliers, et/ou, lorsque les zones de départ sont dispersées, ou multiples et sous réserve que la topographie du pied de versant permette la réalisation de terrassements pouvant être importants.

### Schéma et description



Profil type de dispositif de protection par merlon à simple parement raidi (Source : C2ROP)

Un merlon est caractérisé par un ouvrage massif, en élévation, associé à un espace de stockage localisé directement en amont et appelé fosse. La fosse joue le double rôle de stockage des matériaux et d'accès pour l'entretien et la maintenance de l'ouvrage.

L'ouvrage peut être réalisé en remblai, ou en éléments modulaires (gabions ou blocs béton). Suivant l'énergie des éboulis, leurs trajectoires et l'emprise au sol disponible, la géométrie de l'ouvrage en remblai peut être :

- à simple talus raidi (talus amont incliné à 70° et talus aval à la pente d'équilibre des matériaux de remblai) – schéma ci-dessus ;
- à double talus raidis (talus amont incliné à 70° et talus aval à pente adaptée pour les ouvrages en remblai. Les talus peuvent être verticaux pour les ouvrages modulaires).



Le revêtement des talus est appelé parement ; le parement peut être soit simple soit technique. Le terme de parement technique désigne une structure superficielle participant à la stabilité de l'ouvrage.

De l'amont vers l'aval un dispositif de protection par merlon est composé :

- d'une fosse de stockage et d'accès ;
- du talus amont ;
- du corps du merlon ;
- du talus aval ;
- d'une crête : partie sommitale du merlon, généralement horizontale, localisée entre les sommets des parements amont et aval.

**Nota** : Pour certains ouvrages à faible emprise, type ouvrages modulaires en gabions ou en blocs béton, le parement amont, le corps et le parement aval ne font qu'un.

## Illustration



*(Crédit photo : Arias Montagne)*



*Merlon en remblai à double parement raidi - Magland (74)  
(Crédit photo : Arias Montagne)*



*Merlon mixte Gabions/Remblai - Tête Ouest du tunnel de Dullin - A43 (73)  
(Crédit photo : Arias Montagne)*

## Durabilité /durée de vie

- > 50 ans en moyenne dans des conditions environnementales normales. Les ouvrages en remblai auront une durée de vie plus importante (supérieure au siècle) que certains ouvrages en éléments modulaires. Particulièrement, la durée de vie des ouvrages en gabions sera limitée par la durée de vie des cages d'armature (de l'ordre 20 à 30 ans) ;
- la pérennité de ces ouvrages dépend de l'entretien et de la maintenance qui sera réalisée. (cf. § « vie de l'ouvrage »)

## Limite d'utilisation

La principale limite de réalisation est la topographie. Les merlons présentent en général une emprise au sol relativement importante et nécessitent la réalisation de terrassements. De ce fait, ils sont en général mis en œuvre en pied de versant, juste en amont des enjeux et ne peuvent être réalisés si la pente est trop importante.

Leur taille (hauteur et largeur) est directement proportionnelle à l'énergie maximale et à la trajectoire des éboulis à intercepter.

## Environnement / insertion paysagère

Pour atténuer la visibilité et l'impact paysager :

- les parements avals et la crête des merlons à simple parement raidi peuvent être végétalisés par une végétation adaptée (exclure les espèces arborées) ;
- les parements avals des merlons à double parement raidi peuvent faire l'objet de traitements architecturaux (minéralisation, végétalisation, autre).

## Conception

### Études préalables

La mise en œuvre d'une protection par merlon doit être précédée d'une série d'études et de contrôles, permettant de positionner et de dimensionner au mieux les ouvrages sur le terrain :

Ces études sont, à minima :

- **étude d'aléa**, au niveau de la zone de départ permettant de définir les volumes potentiellement instables, leur répartition ainsi que leur fragmentation ;
- **étude trajectographique**, à partir des données de l'étude d'aléa permet de simuler suivant le type de sol présent sur le versant étudié, les trajectoires probables des blocs, avec les hauteurs de rebonds, les vitesses et les énergies des blocs et de définir ainsi la géométrie minimale du merlon (hauteur d'interception, pente minimale du parement amont, largeur de la fosse) et ses capacités énergétiques ;
- **étude géotechnique** : stabilité interne, externe et générale de l'ouvrage, capacité portante des sols sous le merlon, réemploi des matériaux du site ;
- **stabilité de l'ouvrage sous impact dynamique** : fortement recommandé pour les ouvrages soumis à des énergies importantes, au-delà de 5000 kJ ;
- **étude hydraulique** : le cas échéant, si l'ouvrage affecte un bassin versant supérieur à 1 ha, la loi sur l'eau impose la réalisation d'une étude hydraulique pour gérer les eaux de ruissellement, les merlons étant susceptibles de générer des barrages à l'écoulement naturel de l'eau ;
- **étude d'impact environnemental** : suivant la zone d'implantation du merlon (ZNIEF, Natura 2000, etc) ;
- **étude de sensibilité des ouvrages alentour aux vibrations** : Permet de donner les seuils vibratoires acceptables à respecter lors de la construction.

## Produits composants

Principal élément	Composants	Fonction
<b>Parement amont</b>	Suivant le type de merlon : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gabions ;</li> <li>• Blocs béton ;</li> <li>• Pneu-sols ;</li> <li>• Enrochements bétonnés ou non.</li> </ul>	Permettre la stabilité du parement amont à une pente de 70° minimum ;
<b>Corps du merlon</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour les merlons en remblai : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matériaux +/- frottants,</li> <li>- Géogridde de renforcement ;</li> </ul> </li> <li>• Gabions + liaisonnement entre cages (agrafes, spirales ou fils de fer) ;</li> <li>• Blocs béton + éventuels liaisonnement métallique.</li> </ul>	Dissiper les énergies d'impacts.
<b>Parement aval</b>	Suivant le type de merlon : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gabions ;</li> <li>• blocs béton ;</li> <li>• matériaux à la pente d'équilibre ;</li> <li>• treillis électro-soudé.</li> </ul>	Permettre de respecter les emprises au sol.
<b>Fondation</b>	Suivant les résultats de l'étude géotechnique, les fondations peuvent être : <ul style="list-style-type: none"> <li>• le terrain naturel ;</li> <li>• des matériaux de substitution ;</li> <li>• une dalle béton.</li> </ul> <p><b>Nota</b> : Les ouvrages modulaires (gabions ou blocs béton) supportent moins bien les tassements différentiels que les ouvrages en remblai et nécessitent en général plus fréquemment une fondation spéciale.</p>	Transmettre au sol les efforts intérieurs et extérieurs (poids propre, forces d'impact...)

## Capacité

Dispositif présentant des capacités d'interception pouvant dépasser 10 000kJ selon la nature du merlon. Dix fois cette valeur pour les plus gros ouvrages, etc.

## Géométrie

La géométrie de l'ouvrage dépend du type d'ouvrage réalisé et de l'emprise au sol disponible.

La géométrie commune aux différents types d'ouvrage est :

- largeur de fosse amont permettant l'accès d'un engin de terrassement léger pour l'évacuation des matériaux (largeur mini : 2,5 à 3 mètres) ;
- hauteur de l'ouvrage suivant les résultats de l'étude trajectographique.

Pour les ouvrages en remblai :

- parement amont raidi au minimum à 70° ;
- largeur de crête minimum de 3 mètre pour permettre la mise en tension efficace de la géogridde de renforcement.

## Dimensionnement / Règles de l'art

Études : Voir paragraphe Etude préalable.

Les règles de l'art liées au terrassement s'appliquent notamment pour :

- les épaisseurs des couches de compactage ;
- la protection des fonds de fouilles ou des passes de terrassement contre les eaux météoriques ou de ruissellement.
- 

Pour les ouvrages en remblai renforcé :

- la largeur minimale de la crête sera de 3 mètres, pour permettre la bonne mise en œuvre des nappes de géogrilles de renforcement ;

Gestion hydraulique : Attention au rejet des eaux vers l'aval (concentration des eaux de ruissellement).

## Références normatives

Norme	Titre
<b>NF P94-270</b>	Calcul géotechnique, remblais renforcés et massifs en sol cloué
<b>NF EN 1998-1</b>	Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments
<b>NF EN 1998-5</b>	Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 5 : fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques
<b>XP G38-064</b>	Murs inclinés et talus raidis en sols renforcés par nappes géosynthétiques
<b>NF P95-307</b>	Équipements de protection contre les éboulements rocheux Terminologie

## Réalisation

### Mise en œuvre

- Sécurisation du chantier (purgés, écrans provisoires, dispositif de surveillance par instrumentation etc.) ;
- réalisation des accès (pistes) ;
- implantation des emprises de terrassement (déblais et remblais) ;
- dé-végétalisation des emprises (débroussaillage/abattage) ; création d'une plateforme pour concassage/tri/stockage des matériaux de déblai ;
- réalisation de l'assise du merlon et des fondations éventuelles ;
- montage du merlon par passes ;
- réalisation des ouvrages hydrauliques (fossé de collecte ou de drainage, buses sous merlon, puits perdu, etc.) ;
- aménagements annexes (clôture, portail, végétalisation, etc.).

### Travaux associés

Travaux préliminaires :

- sécurisation du chantier
  - création des accès – pistes,
  - topographique : implantation des emprises de déblai/remblai,
  - débroussaillage/abattage dans les emprises,
  - création de zone de stockage des matériaux + criblage/concassage/tri des matériaux de déblai.

Pendant les travaux : possibilité de protéger le chantier par la mise en place d'écrans de filets provisoires en amont de la zone de terrassement.

Sur la crête de l'ouvrage, un écran pare-blocs peut être mis en œuvre pour rehausser le merlon.

Aménagements annexes : Il peut être nécessaire de mettre en œuvre des limitations pour empêcher, par exemple, l'accès à la crête des merlons (pour les merlons à simple parement raidis) ou à la fosse (portail).

### Contrôles -essais

- Essais à la plaque ou au pénétromètre pour vérifier la portance des fondations ;
- suivi topographique ;
- pour les phases de compactage : contrôle de vibration sur bâtiments ou structures sensibles si présence à proximité ;
- essais de vérification du compactage ;
- concordance de la mise en œuvre des matériaux utilisés au GTR.

## Délai d'exécution

Variable suivant les facteurs suivants :

- type de merlon : exécution du plus rapide au moins rapide :
  - 1- merlons modulaires (emprise plus faible donc moins de terrassement + modules préfabriqués permettant une mise en œuvre rapide),
  - 2- merlons en remblai à simple parement raidi : volume plus important de remblai mais nécessitant moins de précaution à la mise en œuvre,
  - 3- merlon en remblai à double parement raidi : la réalisation des parements et leurs liaisons avec les nappes de géogrilles de renforcement nécessite un délai de montage plus important ;
- taille de l'ouvrage ;
- nécessité de trier les matériaux de déblai (concassage/criblage).

## Vie de l'ouvrage

### Surveillance / visite d'inspection

Des visites sont à effectuer en cas d'intempérie exceptionnelle, de sollicitation notable ou de glissement avéré.

### Points sensibles à contrôler - points principaux

La pérennité des ouvrages en terre est surtout liée à leur résistance contre l'érosion, d'où la nécessité d'un contrôle régulier.

Zone de départ : Un diagnostic de la zone de départ d'un éboulement avec avis géologique est nécessaire en cas de sollicitation de l'ouvrage.

#### État général :

- stabilité ;
- érosion, ravinement ;
- vérification de la pente amont de la fosse.

#### Végétation :

- visibilité et accès pour visites ;
- arbres / arbustes (possibilité de détérioration de la structure du remblai et des parements du merlon).

#### Accumulations / sollicitations :

- matériaux diminuant la capacité géométrique de l'ouvrage (remplissage partiel ou total de la fosse) ;
- Impacts sur le parement amont nécessitant le remplacement ou la réparation d'éléments modulaires (pneusols, gabions ou blocs béton) .

#### État des parements :

- vieillissement du parement : selon le type de parement ;
- impacts ou destruction partielle du parement ;
- corrosion des cages de gabions.

\* se référer aux fiches techniques des matériaux utilisés

#### Système de collecte des eaux de ruissellement/drainage :

- colmatage
- défaillance du système de drainage ou de collecte des eaux



## Entretien

Les tâches à réaliser régulièrement sont les suivantes :

- évacuation des matériaux stockés dans la fosse ;
- débroussaillage des accès et de la fosse ;
- débroussaillage du parement amont ;
- curage et entretien des aménagements hydrauliques ;
- Réparations ponctuelles du parement amont (remplacement des éléments modulaires – Gabions, Blocs béton, pneusols) ;
- mise en place d'un suivi topométrique : ouvrage et versant.

Tâches particulières dépendantes du type de merlon :

- les matériaux composants les ouvrages sont chimiquement inertes ou stables : remblais, pneus, géotextiles, Dans le cas contraire il faudra adapter la prévention par analogie avec d'autres ouvrages comportant les mêmes matériaux ;
- limiter le risque d'atteinte de l'ouvrage par un incendie en cas d'utilisation de pneus et géotextiles (périmètre d'élagage préventif).

## Coûts

### Coûts de mise en œuvre

Pour une longueur d'ouvrage donné, le coût d'un merlon va dépendre :

- des capacités géométriques et énergétiques de l'ouvrage ;
- du type d'ouvrage (ouvrage en remblai simple parement raidi, ouvrage en remblai double parement raidi, ouvrage modulaire en gabion, ouvrage modulaire en bloc béton) ;
- de la localisation de l'ouvrage (nécessité de réaliser une longue piste d'accès) ;
- de la possibilité de réemploi ou non des matériaux du site ;
- de la complexité de la gestion hydraulique de l'ouvrage.

### Coûts d'entretien

Comparé à d'autres ouvrages passifs linéaires (écrans de filets), le coût d'entretien et de réparation d'un ouvrage de type merlon est relativement faible. Cette affirmation doit cependant être relativisée dans la mesure où les ouvrages en remblai nécessiteront moins de maintenance que des ouvrages modulaires en gabions. Suivant les aménagements architecturaux ou environnementaux, le coût d'entretien, de maintenance ou de réparation pourra également varier considérablement.

## Retour d'expérience

Travaux de protection contre les chutes de blocs du village de Saint-Dalmas le Selvage (06)

**Mise en protection du village avec, comme contrainte principale, un bassin d'AE (??) situé en amont du village. Plusieurs scénarios ont été étudiés, pour finir par la construction du merlon avec une interruption au niveau du bassin. La suite de la protection est à l'étude.**

Le déroulé du chantier est présenté synthétiquement ci-dessous :

### Contexte :

- 2005 étude IMSRN : implantation du merlon en aval du bassin AE.
- 2011 étude RTM : Contraintes foncières + implantation bassin → implantation du merlon en amont du bassin.
- Le déplacement du merlon à l'amont entraîne un problème de stabilité de la fosse à blocs.
- 2011 étude IMSRN : Implantation à hauteur du bassin → implique l'interruption du merlon au niveau du bassin.
- Réalisation du merlon fin en 2014 sur la base de l'étude de 2011 : merlon avec une interruption.

Les contraintes ont été de trois types : foncières – financières – aléas

Dimensionnement : blocs entre 0,5 et 5 m<sup>3</sup>

Trajectographies : 100 000 simulations réalisées pour l'implantation du projet.

**Réalisation :** Dimensions : 5,5 m de haut, 4 m minimum en crête et 7,5 m de largeur de fosse. Fruit du parement amont : 10 %. Longueur du merlon = 120 m

Structure : parement amont = enrochement libre sur 1 m. Stabilité du merlon : remblai renforcé à l'aide de nappes de géotextile disposées au fur et à mesure de l'élévation. Avec criblage ou au moins un tri des matériaux du remblai. Granulométrie maximale : ne doit pas dépasser le tiers de l'épaisseur de chaque couche de remblai.

Parement aval : technique de raidissement du RTM. Utilisation de treillis soudés inclinés sur une tourne paravalanche. Parement rigide avec possibilité d'un ensemencement à travers une géogrille.

**Coût :** longueur 120 m → 162 000 HT (en 2014)

### Rex sur l'ouvrage :

**Actuellement, des questions subsistent pour terminer la mise en protection du site. Ainsi, la prolongation du merlon est à l'étude.**

Références guide « Parades contre les instabilités rocheuses, Éditions LCPC, Collection Environnement – Les risques naturels, 2001 » - fiche SC 4

## Présentation générale de l'ouvrage

### Définition

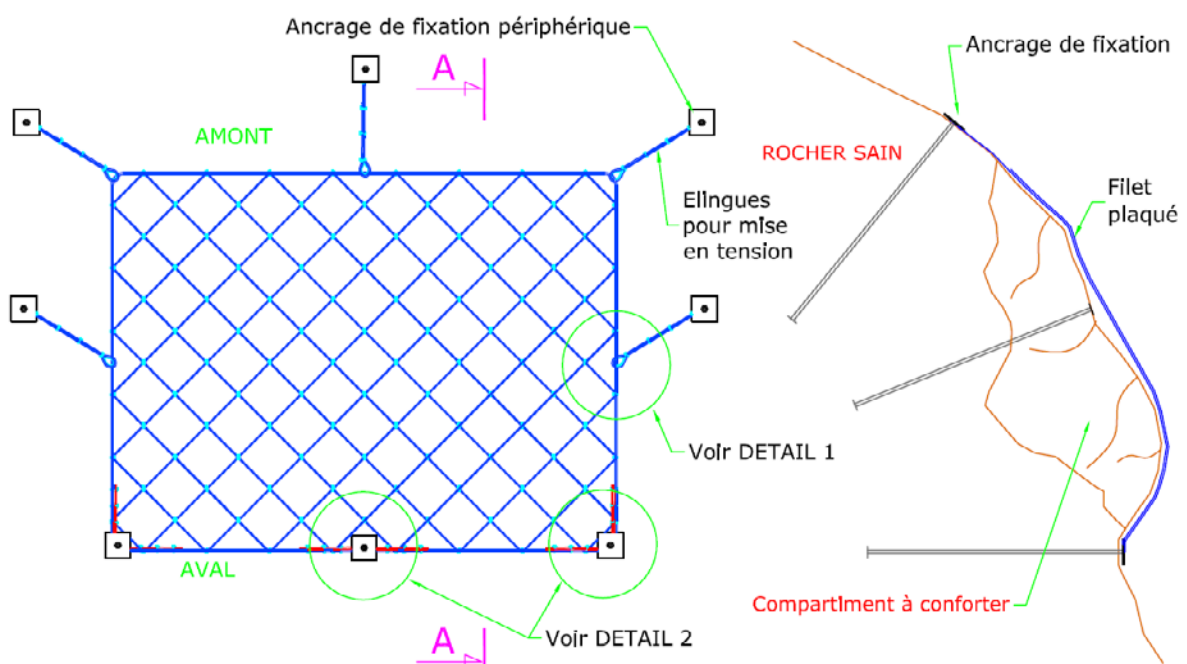
Les ouvrages plaqués sont des parades actives constituées de nappes plaquées contre la paroi destinées à assurer la stabilité de éléments ou compartiments jugés instables. Le placage des instabilités contre la paroi permet d'éviter leur propagation.

### Domaine d'utilisation

Les filets servent à confiner des compartiments instables souvent isolés dans le versant mais qui ne peuvent pas être purgés (enjeux sensibles) ou confortés par clouage (épaisseur, fracturation, etc.). Cette parade est peu appropriée pour des volumes importants (plusieurs dizaines de mètre cube). Cet ouvrage est parfois utilisé de manière provisoire afin de sécuriser les postes de foration.

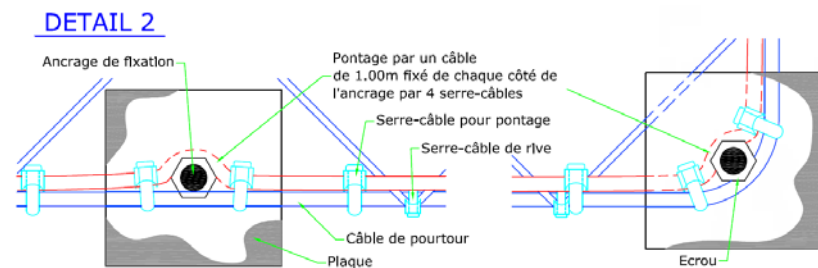
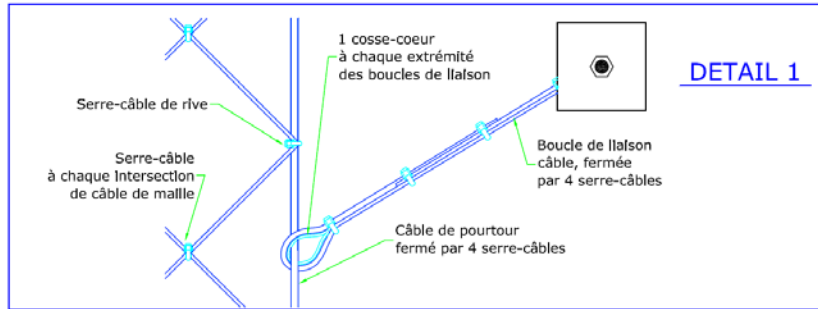
Un cas particulier de ces ouvrages est le « GPA » (grillage planqué ancré), utilisé notamment sur les talus bordant les voies de chemin de fer ou les routes. Dans ce cas, il s'agit de ouvrages surfaciques permettant de sécuriser des zones étendues présentant un aléa de départ diffus de chutes de blocs.

### Schéma et description



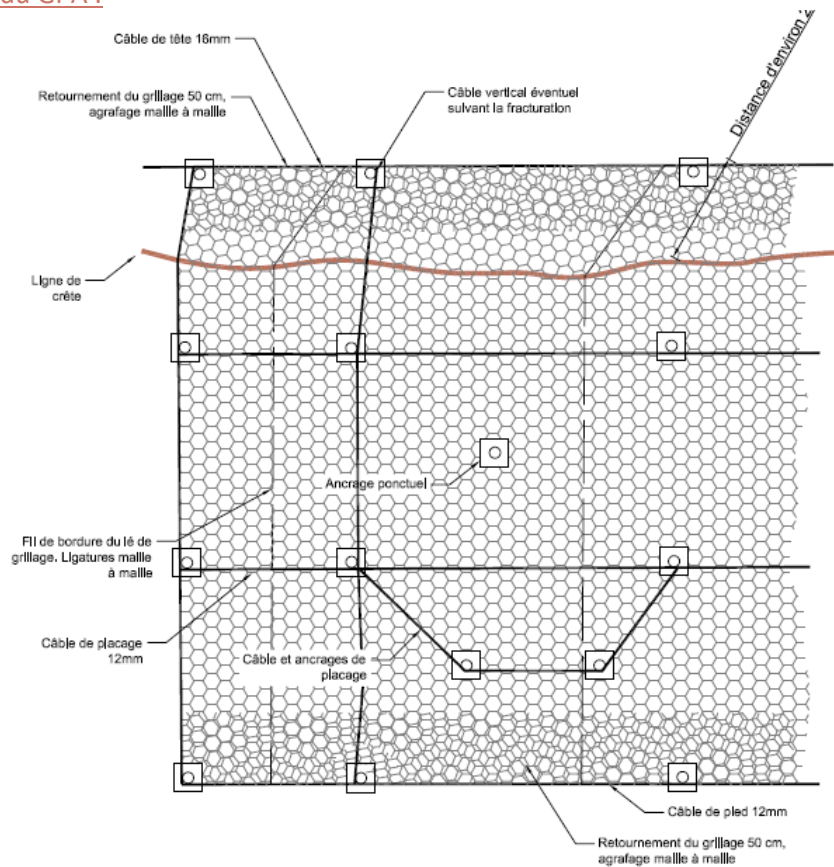
(Source : C2ROP)

La nappe est maintenue par un câble périphérique qui est relié aux boulons d'ancrage par des câbles de liaison ou élingues.



(Source : C2ROP)

Cas particulier du GPA :



(Source : C2ROP)

Le grillage plaqué ancré se compose de nappes de grillage métallique généralement double torsion maintenues à la paroi par des ancrages en crête et en pied et plaquées à l'aide d'ancrages intermédiaires et classiquement de câbles.

Les filets plaqués sont composés de câbles formant des mailles ou d'anneaux dont la forme et les dimensions peuvent varier en fonction des instabilités à conforter. Ils sont maintenus à la paroi par des ancrages périphériques.

## Illustration



*Filet à anneaux 6 contacts - RD 81 - Le Bochet (Crédit photo : CD73)*



*Grillage plaqué ancré (Crédit photo : SNCF)*

## Limites d'utilisation

Ces dispositifs ne peuvent être envisagés sans affleurement stable à proximité ou si le rocher sain est trop profond (réalisation de boulons d'ancrage). Le compartiment à traiter doit être bien circonscrit et sa morphologie compatible avec l'emballotage de l'ensemble de sa surface. Le volume de l'élément à conforter ne doit pas être supérieur à quelques dizaines de mètres cubes.

La capacité d'un filet de câbles est directement liée à la résistance intrinsèque des éléments qui le composent et à la qualité du placage (limitation des effets dynamiques).

## Durabilité / durée de vie

- La durée de vie de ce type de parade est estimée à plusieurs décennies (dépend de l'environnement et de la sollicitation).
- Diminution de cette durée en fonction des conditions environnementales (acide, salin, glace, etc.).
- La pérennité de ces ouvrages dépend de l'entretien et de la maintenance qui sera réalisée. (cf. § « vie de l'ouvrage »).

## Environnement / insertion paysagère

- Optimisation du placage pour épouser au mieux le relief de la paroi.
- Nettoyage systématique des coulures du produit de scellement lors de l'injection.
- Matification de la tête des boulons d'ancrage avec une peinture époxy.
- Patine naturelle du filet ou du grillage sous l'action du climat (de 1 à 2 ans après la pose).
- Recépage des extrémités des boulons d'ancrage émergeant du rocher en conservant une longueur suffisante pour la maintenance.
- De même, la période de réalisation des travaux peut être adaptée afin d'éviter la période d'hibernation et/ou reproduction de certains animaux

Un certain nombre de recommandation se trouve dans le guide « Prise en compte du paysage dans les protections contre les chutes de matériaux - page 67).



## Conception

### Études préalables

La conception s'appuie sur les études géologiques (volumes en jeu, limites morphologiques, étude de la fracturation, mécanismes de rupture). Ces études permettront de déterminer les zones à purger et de dimensionner les nappes (type, diamètre des anneaux, des câbles et taille de la maille) et les boulons d'ancrage.

### Produits composants

Composant	Caractéristiques	Fonction
<b>Structure de placage :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filets de câbles sertis (maille losangique) : ils permettent d'assurer le placage des instabilités sans déformation de la nappe. Cette raideur est en revanche contraignante pour l'emmaillotage de volumes présentant des morphologies irrégulières.</li> <li>Filets à anneaux (anciennement ASM) et filets de câbles tressés : leur capacité de déformation facilite l'emmaillotage des instabilités présentant des morphologies irrégulières. En revanche le placage ne peut être totalement garanti du fait de l'élasticité de la nappe. En contrepartie, ces filets ont la capacité d'accepter certaines sollicitations dynamiques mineures.</li> <li>D'autres produits actuellement sur le marché ou en cours de développement ne sont pas abordés en raison d'une utilisation encore peu répandue pour ce type d'ouvrages.</li> </ul>	Maintenir l'ensemble de la masse en se déformant élastiquement, et en transmettant les efforts aux pièces de liaison
<b>Composants de liaison</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Câble périphérique</li> <li>Câbles de liaison / élingues / suspentes</li> </ul>	Transmettre les efforts aux boulons d'ancrage
<b>Boulons d'ancrage</b>	Armatures métalliques scellées dans des trous de forage. Ils sont sollicités lors de la mise en tension du filet	Transmettre les efforts au massif d'ancrage

### Capacité

La capacité de ces ouvrages est limitée à quelques dizaines de mètres cubes. Les volumes les plus couramment traités sont de l'ordre de quelques mètres cubes.

Les grillages plaqués ancrés (GPA) ne sont utilisés que pour des éléments rocheux de faibles dimensions allant de la pierre à des blocs jusqu'à environ 0,2 mètres cubes.

## Géométrie

Pour les GPA, il n'y a pas de géométrie type a proprement parler. La densité et l'implantation des ancrages et des câbles sont déterminées en tenant compte des aspérités de la paroi rocheuses à conforter.

La géométrie des ouvrages plaqués est à adapter à la/les masse(s) à conforter. Cependant, nous noterons que les ouvrages de très grandes surfaces sont difficiles à mettre en œuvre, ils devront être réservés aux cas où aucune autre solution n'est envisageable.

## Dimensionnement / Règles de l'art

L'implantation de l'ouvrage et son dimensionnement sont à adapter aux caractéristiques du massif rocheux, à la morphologie de l'instabilité ainsi qu'à son mécanisme de rupture (basculement, fauchage, glissement, etc.). Ces paramètres permettront d'estimer les efforts que l'ouvrage devra être en capacité de reprendre.

Les dimensions les plus fréquemment constatées pour chaque composant sont les suivantes :

- le diamètre des barres d'ancrage est le plus souvent de 25 ou 32 mm pour une profondeur de scellement allant de 2 à 3 ml (scellement au rocher). Des plaques de répartition de 200 × 200 mm ainsi que des écrous à rotule permettent de fixer le filet et les câbles ;
- les câbles de rive de 16 à 20 mm de diamètre sont les plus courants. Ils sont généralement fixés au filet par tressage dans les anneaux ou dans les mailles lorsqu'il s'agit de filets de câble ;
- le diamètre des câbles ou des torons des anneaux, varie de 8 à 16 mm selon le type de filet.

Le dimensionnement de ce type d'ouvrage tient compte des éléments suivantes :

- leur poids propre (masse allant jusqu'à 15 kg/m<sup>2</sup> pour certains filets) ;
- la résistance intrinsèque du grillage et des matériaux constituant le filet de câbles ;
- les efforts statiques exercés par un bloc qui se détache d'un point quelconque de la paroi ;
- la qualité de placage des câbles ou du filet et et de l'implantation des ancrages périphériques.

### Pour les GPA :

Pour les grillages plaqués ancrés, les barres d'ancrage de crête, de pied et de plaquage sont usuellement de diamètre 25 mm. Leur longueur doit prendre en compte la fracturation de la paroi à confiner, en veillant à avoir une longueur d'ancrage suffisante dans le rocher sain ou derrière la fracture individualisant les éléments rocheux à confiner.

Sur ce principe, les longueurs couramment utilisées sont :

- entre 3 à 4 m pour les ancrages de tête, en fonction de l'épaisseur de terrain meuble et du recul possible de l'implantation en crête ;
- entre 1,5 à 2 m pour les ancrages de pied ;
- entre 2 à 4 m pour les ancrages de plaquage.

La densité et l'implantation des ancrages et câbles de plaquage sont déterminées en tenant compte des aspérités et de la fracturation de la paroi rocheuse à conforter. Elles devront répondre à l'objectif de maintenir en place un maximum d'instabilités rocheuses à l'arrière du confortement sans dépasser la capacité de celui-ci. Un confinement efficace ne nécessite pas obligatoirement de mettre un ancrage dans chaque creux de la paroi. En moyenne, la densité des ancrages de plaquage est de 1 ancrage pour 9 à 16 m<sup>2</sup>. Cette densité peut tomber à 1 pour 4 m<sup>2</sup> lorsqu'il est également nécessaire de conforter la paroi.

Le choix du type de grillage et de ses caractéristiques (type et taille de la maille) est directement lié à la densité de fracturation des roches rencontrées et à leur géochimie.

### Références normatives

Il n'existe pas de références normatives propres à cet ouvrage.

## Réalisation

### Mise en œuvre

Le phasage d'exécution est précisé par l'entreprise en phase chantier.

Pour un filet plaqué, le phasage couramment préconisé est :

- débroussaillage et abattage d'arbres dans l'emprise de l'ouvrage (boulons d'ancrage, élingues) ;
- implantation précise des boulons d'ancrage par l'entreprise et soumise à validation de la maîtrise d'œuvre ;
- réalisation des boulons d'ancrage en périphérie du compartiment en procédant de l'amont vers l'aval ;
- délai d'attente de 7 jours minimum avant mise en place du filet (temps d'attente de prise dans le cas d'un scellement au coulis) ;
- préparation de la nappe au sol (découpe, tressage du câble périphérique) ;
- levage de la nappe (manuscopic, hélicoptères, etc.), fixation et mise en tension des élingues.
- afin d'optimiser le placage d'un filet, il est préférable de positionner préalablement l'élément sur la masse à conforter et de le fixer provisoirement à l'aide de chevilles métalliques. Les ancrages peuvent ainsi être implantés et réalisés à la position idéale.

#### Cas du GPA :

Pour un grillage plaqué ancré :

- réalisation des ancrages de fixation en tête de paroi, mise en place du câble d'amarrage avec retournement du grillage et ligature maille à maille. Pose des câbles de pontage si nécessaire (ruptures de pente ou hétérogénéité du versant de crête dans le but de répartir les charges à l'ancrage) ;
- déroulement des lés de grillage et ligature maille à maille ;
- réalisation des ancrages de placage à l'avancement du déroulement du grillage en s'assurant du placage du grillage ;
- réalisation des ancrages de fixation en pied à adapter en fonction des contraintes du site ;
- mise en place du câble de placage ou de maintien en pied avec retournement du grillage et ligature maille à maille. Pose des câbles de pontage ;
- mise en place des câbles de placage et de bordure par fixation aux ancrages de tête et de pied, et pontages en paroi par des câbles puis ligature du câble avec le grillage pour un placage correct.

### Travaux associés

La mise en place de ces dispositifs de protection est presque systématiquement précédée de travaux de sécurisation des postes de travail (purgés de sécurité).

Par ailleurs la création des accès dans le versant, éventuellement utiles pour la réalisation des travaux, pourra être réfléchi pour permettre les visites ainsi que les opérations d'entretien. L'identification des ouvrages par un affichage approprié facilitera le repérage lors des interventions ultérieures.

## Contrôles et essais

Les contrôles porteront sur la réalisation des ancrages et la mise en œuvre correcte des essais inhérents à la réalisation des ancrages notamment les essais sur le coulis.

Il sera donc nécessaire de réaliser notamment des essais de compression sur le coulis d'injection et des essais de contrôle des boulons d'ancrage.

Au démarrage du chantier, et suivant la configuration/type du sol où seront réalisés tout ou une partie des ancrages de l'ouvrage, des essais de convenance sur les boulons d'ancrage seront nécessaires.

Les principaux contrôles concernent la conformité des matériaux (fiche d'agrément, etc.) et la mise en place du confortement lui-même (implantation, exécution des forages, scellement, mise en place du grillage/filet, des câbles, etc.).

## Délai d'exécution

Les délais d'exécution sont étroitement liés à l'environnement du chantier et au contexte géologique qui sont déterminants à chaque étape : préparation et sécurisation des accès, purges de mise en sécurité, profondeur de foration des boulons d'ancrage...

Sur la base de l'expérience des entreprises, dans des configurations simples de pose (travaux de jour, 8 h de travail effectif, roche de dureté standard, etc.), l'ordre de grandeur du rendement pour un poste de travail effectif est de :

- débroussaillage et purge en paroi : environ 300 m<sup>2</sup>/jour ;
- réalisation des ancrages de tête et de pied : environ 15-20 ml/jour ;
- réalisation des ancrages de confortement : environ 12-15 ml/jour ;
- mise en place des câbles : environ 100 ml/jour ;
- mise en place du grillage : environ 200-300 m<sup>2</sup> par jour.

### Exemple d'ouvrage :

Pour un ouvrage en filet à anneaux de 16m<sup>2</sup> avec 9 boulons d'ancrage Ø25 mm de 3 à 4 mètres ; soit 30 ml.

Planning du chantier :

- préparation : 1 jour ;
- forages : 2 jours ;
- temps de prise du coulis de ciment : 7 jours ;
- mise en place du filet (héliportage) : 1 jour.

## Vie de l'ouvrage

### Surveillance / visite d'inspection

Compte-tenu des difficultés d'accès à ces ouvrages, des moyens spécifiques sont à prévoir : intervention sur corde, drones, jumelles, etc.

Les maîtres d'ouvrage peuvent sous-traiter les visites à des bureaux d'études spécialisés. Un guide de « Maintenance des ouvrages de protection contre les instabilités rocheuses » (LCPC, 2009) est également disponible pour définir le cadre de la surveillance.

Il préconise une visite annuelle et une inspection détaillée quinquennale. Ces cadences sont données à titre d'exemple et peuvent être adaptées en fonction de la vulnérabilité de l'enjeu protégé et de contraintes propres au maître d'ouvrage.

### Points sensibles à contrôler - points principaux

L'état des filets de câbles plaqués est lié aux vieillissement des pièces métalliques constituant ces ouvrages, mais également à l'évolution des instabilités concernées.

Le suivi de l'évolution de la fracturation et de la sollicitation est essentiel pour apprécier la capacité résiduelle de ces ouvrages. Le gestionnaire pourra notamment s'appuyer sur les dossiers de récolement ainsi que sur des campagnes photographiques réalisées lors des visites pour comparer les changements de morphologie des filets et du massif rocheux. En cas de sollicitation ou de doute sur les instabilités, un avis géologique pourra être requis.

Pour chacun des composants, une liste des points sensibles de l'ouvrage est donnée. S'entend par sensible, la notion d'impossibilité pour l'ouvrage de remplir sa fonction si un ou plusieurs points sensibles présentent une défaillance.

<p><u>État des ancrages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosion</li> <li>• serrage des écrous / plaques d'appui</li> <li>• présence et état des plaques d'appui</li> <li>• barre d'ancrage descellée (test manuel)</li> <li>• ancrage tordu, détérioration (impacts)</li> </ul>	<p><u>État des câbles :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tension</li> <li>• déformation / poinçonnement</li> <li>• corrosion</li> <li>• Vérification de la structure du câble (âme textile à signaler)</li> </ul>
<p><u>Fixation des câbles :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• conformité du montage des serre-câbles</li> <li>• serrage des serre-câbles / corrosion</li> <li>• présence et état des cosse-cœurs</li> </ul>	<p><u>État du grillage/filet :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• déformation (rupture locale, ventres, etc.)</li> <li>• corrosion</li> <li>• liaison entre nappes (ligature)</li> </ul>
<p><u>Accumulations / sollicitations :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• poche de matériaux (volume, blocométrie)</li> <li>• tension du grillage</li> </ul>	<p><u>Végétation :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• visibilité et accès pour visites</li> <li>• arbres / arbustes (détérioration du grillage / fracturation du rocher)</li> </ul>

## Entretien

S'agissant d'un confortement actif, ce type d'ouvrage a généralement une maintenance plus limitée (pas/peu de vidange, purges, etc.).

Un débroussaillage régulier de l'ouvrage est néanmoins à réaliser afin de garantir sa pérennité (pas de mise en tension et détérioration par les arbres/arbustes) et effectuer les inspections visuelles dans de bonnes conditions.

En fonction des pathologies rencontrées, il peut être envisagé :

- une maintenance des serre-câbles (serrage à la clé dynamométrique, remplacement ou repositionnement en cas de problème de conformité du montage) ;
- un resserrage, remplacement ou ajout supplémentaire d'ancrages ;
- un remplacement des nappes de grillages/filets (partiel ou total) ;
- un remplacement des câbles (partiel ou total) ;
- un remplacement des liaisons entre nappes (ligature) ;
- la réalisation d'un traitement alternatif ou complémentaire de la zone confortée si l'ouvrage détérioré ne peut être démonté en sécurité (ouvriers et enjeux).

## Coûts

### Coûts de mise en œuvre

Le coût d'un filet plaqué va dépendre de sa géométrie, du terrain et des conditions de pose.

<u>Nature des travaux</u>	<u>Prix (fourniture et pose)</u>
Débroussaillage manuel en paroi (y compris évacuation des matériaux)	Entre 3 et 7 euros /m <sup>2</sup>
Purge manuelle	Entre 1000 - 1500 euros / journée
Ancrages passifs (crête, pied, intermédiaires)	Entre 100 et 120 euros / ml
Emmaillotage par filet de câble métallique	Entre 120 et 140 euros / m <sup>2</sup>
Grillage	Environ 15 euros / m <sup>2</sup>
Câbles	Entre 13-15 euros / ml

Prix pour un GPA : 50 à 80 euros le m<sup>2</sup> (hors installation de chantier).

Prix pour un filet métalliques (emmaillotage) : 200 à 300 euros le m<sup>2</sup> (hors installation de chantier).

Exemple de prix unitaires des matériels fournis et posés hors taxes :

Filet de câbles	m <sup>2</sup>	65 €
Filet à anneaux Ø 9 mm	m <sup>2</sup>	55 €
Filet à anneaux Ø 12 mm	m <sup>2</sup>	71 €
Filet à anneaux Ø 16 mm	m <sup>2</sup>	84 €
Plus-value pour doublage par grillage	m <sup>2</sup>	8 €
Ancrage Ø 25	ml	66 €
Boulons d'ancrage Ø 32	ml	79 €
Héliportage, amenée-repli	U	369 €
Héliportage	Min??	27 €
Levage au-delà de 25 m, amenée-repli	U	489 €
Levage au-delà de 25 m	j	1 207 €

*Prix moyens issus des offres reçues dans le cadre de l'accord-cadre de travaux du Département de la Savoie en 2017.*



## Coûts d'entretien

Le coût de maintenance de ces ouvrages dépend du prix des fournitures lorsque des éléments sont à remplacer, auquel il faut également ajouter les coûts de main d'œuvre et de levage :

Intervention de réparation	J	754 €
----------------------------	---	-------

*Prix moyens issus des offres reçues dans le cadre de l'accord-cadre de travaux du Département de la Savoie en 2018.*

## Retour d'expérience de réalisation

Confortement d'un pilier dans le cadre de travaux de protection du versant de la Praz (Savoie RD1006 – PR 134+200).

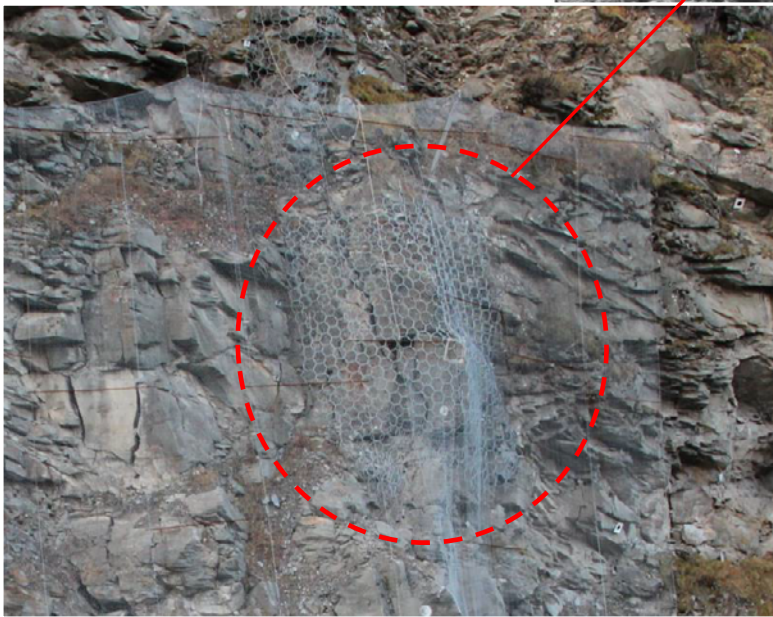
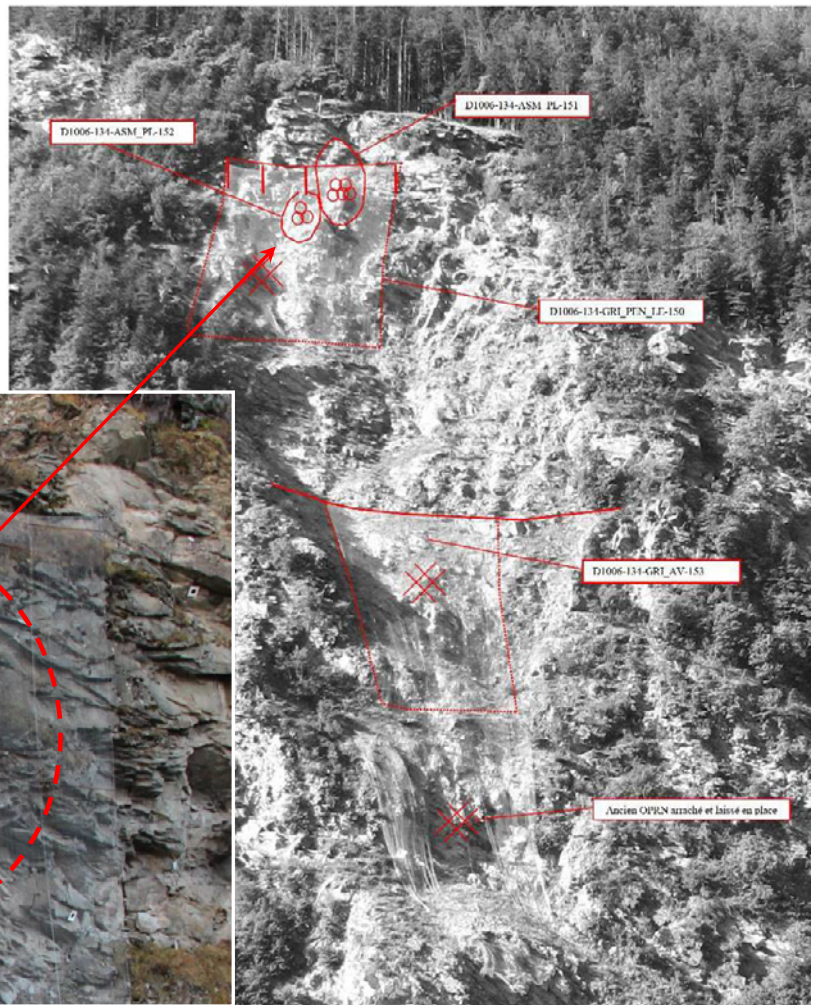
Cet ouvrage s'inscrit au sein d'un ensemble de dispositifs qui associe protection active, protection passive et surveillance. Ainsi, une instabilité rocheuse de l'ordre de 15 000 m<sup>3</sup> est surveillée en permanence et 2 écrans pare-blocs de 5000 kJoules (anciens classe 9 –NF P95-308) sont installés en pied de falaise.

Année de réalisation : 2006

Volume total des compartiments instables confortés par le filet : 60 m<sup>3</sup>

Dimension du filet : 60 m<sup>2</sup> environ

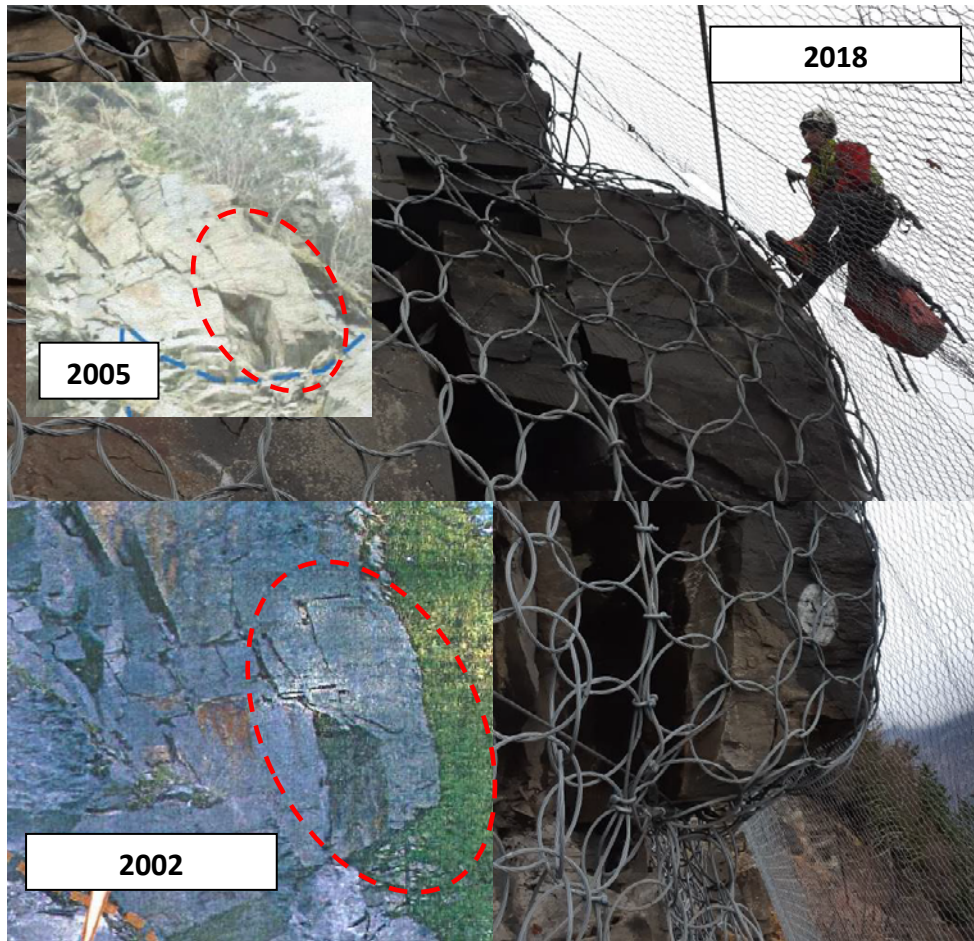
Type de filet : ASM 6 points de contacts



**La Praz - Secteur Est  
D1006 PR 134+150 à 134+260  
Plan d'implantation des ouvrages de protection**

(Crédit photo : CD73)

Une évolution de la fracturation a pu être constatée en décembre 2018 à l'occasion d'une visite d'inspection de l'ouvrage. C'est notamment le détachement d'un bloc dans la partie inférieure du filet (environ 20 m<sup>3</sup> + 40 m<sup>3</sup> instables immédiatement à l'amont) qui a alerté les services du Département sur l'activité du compartiment.



(Crédit photo : CD73)

#### Constatations :

- le bloc est maintenu par le filet et la partie inférieure du câble périphérique sur lequel il repose. L'ouvrage a donc correctement fonctionné ;
- l'évaluation de l'état de l'ouvrage et l'évolution de la fracturation ont été facilitées par comparaison de la situation actuelle avec les archives photographiques disponibles sur le secteur (suivi régulièrement) ;
- le volume total des instabilités (> 60 m<sup>3</sup>) présentant une forte probabilité de départ, l'efficacité de l'ouvrage ne peut être garantie en cas d'évolution régressive de la zone de départ. La capacité des écrans en contrebas étant insuffisante, une opération de maintenance doit être envisagée.

Quelques jours après ce diagnostic un éboulement de 160 m<sup>3</sup> à l'aval du filet de câble a emporté les 2 écrans pare-blocs et occasionné la fermeture de la route pour une durée indéterminée (problématique de mouvements rocheux de grande ampleur). La maintenance curative du filet plaqué sera donc envisagée dans le cadre de travaux de sécurisation sur l'ensemble du site.

### Retour d'expérience :

Si l'ouvrage a correctement joué son rôle, les difficultés liées à la maintenance d'un tel dispositif peuvent être nombreuses pour le maître d'ouvrage :

- problème de l'évaluation de la capacité réelle de l'ouvrage et du degré d'urgence de l'intervention ;
- difficulté d'évaluation du volume et de la durée des travaux de vidange et de purge au droit de l'ouvrage ainsi que sur l'ensemble de la zone de propagation (en vue de la sécurisation des interventions sur l'écransitué en contre-bas) ;
- difficile sécurisation des postes de travail (sur l'écran de filet, dans le versant puis sur les écrans pare-blocs) ;
- si l'éboulement du 23/12/2018 ne s'était pas produit l'opportunité du démontage préalable des ouvrages en contrebas aurait dû être évaluée en tenant compte de la nécessité de limiter la durée d'exposition du personnel.

# Chapitre 7 - Fiches d'inspection

## 7.1. Principe

Le principe des fiches proposées dans le présent rapport est issu de l'application des recommandations du guide de 2009.

Les fiches proposées dans le cadre de ce travail sont des fiches « première analyse » c'est à dire sans connaissance précise de l'ouvrage, absence de dossier d'ouvrages, de dossier de récolement... Elles se décomposent en 6 parties :

### 1. Information générale

Sont indiquées dans cette partie, toutes les informations relatives à l'ouvrage : géométrie, surface, localisation, type...

### 2. Environnement de l'ouvrage

Sont indiquées dans cette partie, les informations/éléments relatives à l'environnement direct ou indirect liées à l'ouvrage : accès, géologie, mouvements de terrain, etc.

Cette partie ne participe pas à la note globale de l'ouvrage. Elle doit permettre de déclencher des interventions d'analyse de l'aléa, débroussaillage...

### 3. Ouvrage

Est analysé dans cette partie, l'ensemble de l'état des constituants de l'ouvrage. Une notation peut être affectée à leur état, de 0 à 2, 0 défaillant – 1 peut convenir – 2 bon état

Cette partie est la seule prise en compte dans la notation globale de l'ouvrage.

### 4. Réalisation de l'ouvrage

Est examinée dans cette partie la façon dont l'ouvrage est adapté à l'aléa en présence, et si sa réalisation est conforme aux règles de l'art.

Cette partie ne participe pas à la note globale de l'ouvrage

### 5. Bilan général

### 6. Notation

Ces fiches peuvent servir d'exemple pour la mise en place d'une stratégie d'inspection pour un parc d'ouvrage. Elles ont été utilisées pour le compte de DIR (réseau routier Etat).

Certains termes utilisés dans les fiches sont définis dans un glossaire succinct (chapitre 9).

## 7.2. Retour sur les pathologies rencontrées

### 7.2.1. État des lieux

Différentes analyses menées par des BE privés, des maitres d'ouvrages et par le Cerema, amènent au même constat : la majorité des pathologies rencontrées actuellement sur les ouvrages ayant fait l'objet d'inspection sont dues à un défaut d'entretien des ouvrages, notamment débroussaillage, vidange, etc.

La répartition de l'origine des pathologies est présentée dans le graphique suivant :

Le terme « usure de l'ouvrage » regroupe le vieillissement des ouvrages et/ou le manque d'entretien de ces ouvrages.

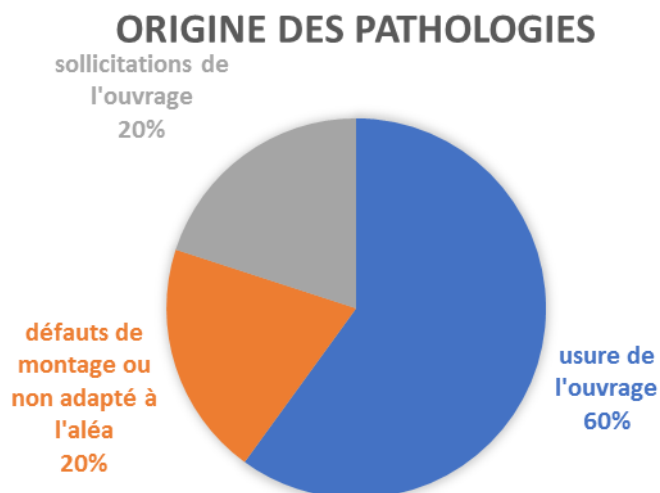


Figure 1 : Répartition de l'origine des pathologies  
(données issues d'un stage encadré par le CD 73 – 2018)

Un autre constat peut être fait concernant les pathologies rencontrées, il y a, d'après une analyse menée en 2018 sur 277 ouvrages, entre 20 et 45 % des pathologies rencontrées, suivant les types d'ouvrages, empêchant l'ouvrage de fonctionner – incapacité de l'ouvrage à jouer son rôle. Ces pathologies sont regroupées sous le terme « défauts majeurs » dans la suite du guide.

Ces pathologies ne sont pas toutes liées à un fonctionnement « normal » des ouvrages, là encore la notion de défaillance de l'entretien de l'ouvrage peut être évoquée.

Sur la base de ces constats, l'importance d'un entretien régulier des ouvrages apparaît.

### 7.2.2. Pathologies

Les pathologies des ouvrages sont fonctions des pathologies des constituants de l'ouvrage. Les éléments contenus dans la suite de ce document sont issus de l'analyse des fiches d'inspections de plus de 350 ouvrages et de la réflexion menée dans le cadre du projet de recherche Cadoroc (Cerema – Ifsttar, 2017)

Dans chacune des fiches d'inspection proposées, sont indiqués en fin de fiches, sous la forme de note de fin, les différentes pathologies (liste non exhaustive) de chacun des constituants ainsi que la liste des défauts pouvant être qualifiés de majeurs.

Ces défauts majeurs sont des défauts qui induisent une non-fonctionnalité de l'ouvrage. L'ouvrage présentant un tel défaut doit faire l'objet d'une action corrective rapide voire urgente. L'ouvrage ne joue plus son rôle.

## 7.3. Principes de notation/évaluation

L'évaluation de l'état des ouvrages peut être réalisée à l'aide d'un système de notation. La hiérarchisation que permet la notation des ouvrages est souvent utilisée directement pour la programmation des travaux d'entretien afin de les prioriser et de tenir compte des contraintes budgétaires.

Les méthodologies retenues pour la notation peuvent être élaborées en interne ou reprendre le principe de la notation IQOA issue de la surveillance des ouvrages d'art.

Cette notation doit être propre au MOA et permettre de déclencher des actions correctives.

## 7.4. Exemples de Fiches d'inspection

Les fiches proposées sont données à titre d'exemple. Elles prennent en compte l'ensemble des items ayant été établis dans le guide de 2009 sur l'entretien de ces ouvrages.

Ces fiches prennent en compte uniquement les données techniques nécessaires à la bonne appréciation de l'ouvrage. Chaque maître d'ouvrage peut y rajouter différents items/information liés à la gestion de son parc d'ouvrages.

**Nota :** Actuellement, il n'y a pas encore de fiche d'inspection pour les écrans forestiers. La réalisation d'une inspection de ces ouvrages devrait, en plus de prendre l'ensemble des points vus dans la fiche pour les écrans pare-blocs, prendre en compte la problématique sanitaire des arbres et les différentes pathologies associées.

**Nota 2 :** N'est également pas jointe à ce document de fiche d'inspection des merlons. Les points indiqués dans la fiche d'ouvrage sur les merlons doivent permettre de suivre efficacement ces ouvrages.

## Fiche inspection Boulons d'ancrage

LOCALISATION			
RN .... (département) – PR .....			
Type d'ouvrage			Situation
OUVRAGE	Hauteur (en m)		Surface moy. en m <sup>2</sup>
	Longueur (en m)		
Année de pose si connue			

Informations relatives à la visite	
Date de la visite	
Météorologie	
Plans de l'ouvrage lors de la visite	
Date dernière visite si connue	

Insertion photo  
de l'ouvrage

ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE	Évaluation <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 0 2px;">1</span>
----------------------------	--

<b>Accès</b>	Par ouvrage		Chemin	
	Utilisation corde			
	Nécessité coupure de route			
<b>Végétation au niveau des accès</b>				

<b>Géologie</b>	
-----------------	--

Mouvements de terrain		
Phénomène impactant l'ouvrage (hors chute de blocs)	Type	
	Volume	
	Aléa	

alentours (Non pris en compte par l'ouvrage)	Type	
	Volume	
	Aléa	

<b>Zone de réception</b>	
--------------------------	--

Bilan sur environnement	
Actions à entreprendre	

❶ L'évaluation se fait selon une notation, proposée ici en 3 niveaux : 0 = défaillance ; 1 = pathologies présentes mais acceptables ; 2 = bon état. Une liste des pathologies les plus couramment observées est fournie en fin du document.



<b>OUVRAGE ②</b>	<b>Évaluation</b>
------------------	-------------------

<b>Nombre d'ancrages</b>	
--------------------------	--

Nombre d'ancrages i similaires						
n° _____	Trace de mouvements			Scellement		
	Barre			État		
		Diamètre en mm				
	Plaque			État		
	Écrou			État		
	Protection anti-corrosion	Barre			État	
		Plaque			État	
		Écrou			État	
		<i>Moyenne protection anti-corrosion</i>				
	<b>Moyenne des ancrages – groupe 1</b>					

Nombre d'ancrages similaires						
n° _____	Trace de mouvements			Scellement		
	Barre			État		
		Diamètre en mm				
	Plaque			État		
	Écrou			État		
	Protection anti-corrosion	Barre			État	
		Plaque			État	
		Écrou			État	
		<i>Moyenne protection anti-corrosion</i>				
	<b>Moyenne des ancrages – groupe 2</b>					

<b>Pièces manquantes</b>		Nombre		
--------------------------	--	--------	--	--

<b>Défaut majeur remettant en cause le fonctionnement de l'ouvrage ii</b>		<b>③</b>
Commentaire		

<b>Bilan sur OUVRAGE</b>		<b>Évaluation</b>
Actions à entreprendre		<b>0</b>

② La note de l'ouvrage est basée uniquement sur cette partie. Les autres évaluations, « Environnement » et « Réalisation de l'ouvrage », servent à déclencher d'autres actions, à court ou moyen terme. Ces actions sont différentes de la réparation d'ouvrage, par exemple une réévaluation de l'aléa.

③ Cette case doit être complétée par oui ou par non. Si oui, il convient de compléter, en commentaire, les raisons. La liste des défauts majeurs est fournie en fin de fiche. Si la case est complétée par « OUI », la note de l'ouvrage est égale à 0.

RÉALISATION DE L'OUVRAGE 4	
Adaptabilité de l'ouvrage à l'aléa en présence	
Commentaires	

Conformité aux règles de l'art	
Commentaires	

BILAN GÉNÉRAL 5	
Commentaire	
Note/100 6	

4 La réalisation de l'ouvrage doit prendre en compte les règles en vigueur à l'époque de pose de l'ouvrage.

5 Présente le bilan de l'ouvrage. En quelques points clés.

6 La note est donnée sur 100 pour étaler la répartition, et permet ainsi de hiérarchiser les interventions/actions correctives. Ainsi, il peut être choisit de faire des tranches, par exemple de 1 à 50 > ouvrage défaillant – interventions à prévoir rapidement (prioritaire) ; 51 à 80 > ouvrage présentant des défaillances diverses, interventions à prévoir dans les 2 ans ; 81 à 100 > ouvrage en bon état, nécessite de prévoir des réparations et entretien de l'ouvrage. Cette note permet de planifier les opérations de remise en état. La façon d'utiliser le système de notation est propre à chaque Maîtres d'Ouvrages et doit être intégrée dans sa stratégie/politique d'entretien de ses ouvrages contre les chutes de blocs.

**Les ouvrages présentant une note de 0** : doivent faire l'objet d'une action correctrice dans les plus brefs délais. L'ouvrage peut ne plus assurer son rôle.

---

**i Pathologies des ancrages** : Corrodés C1 (début de corrosion), Corrodés C2 (perte de section d'acier), Corrodée C3 (perte de fonctionnalité), Déchaussés, Mobiles sans déplacement visible de la tête, Barres tordues, Déplacement de la tête d'ancrage, Mauvais scellement : retrait dans le forage, Mauvais scellement : manque d'épaisseur de coulis, Manque de coulis dans les trous, Plaques absentes, Plaques tordues, Ecrous manquants, Ecrous non vissés.

**ii Défauts majeurs des boulons d'ancrages (liste non exhaustive) :**

- Absence de coulis, l'appréciation sera portée au regard du nombre de boulons d'ancrages concernés par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage.
- Corrosion C2 ou C3, l'appréciation sera portée au regard du nombre de boulons d'ancrages concernés par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage.
- Déplacement de la tête du boulon : l'appréciation sera portée au regard du nombre de boulons d'ancrages concernés par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage.

## Fiche inspection défecteurs avaloirs

LOCALISATION			
RN ... (département) – PR ....			
Type d'ouvrage		Situation	
OUVRAGE	Hauteur (en m)		Surface moy. en m <sup>2</sup>
	Longueur (en m)		
Année de pose si connue			

Informations relatives à la visite	
Date de la visite	
Météorologie	
Plans de l'ouvrage lors de la visite	
Date dernière visite si connue	

Insertion photo  
de l'ouvrage

ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE	Évaluation <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 0 2px;">1</span>
----------------------------	--

<b>Accès</b>	Par ouvrage		Chemin	
	Utilisation corde			
	Nécessité coupure de route			
<b>Végétation au niveau des accès</b>				

<b>Géologie</b>	
-----------------	--

Mouvements de terrain		
Phénomène impactant l'ouvrage (hors chute de blocs)	Type	
	Volume	
	Aléa	

Alentours (Non pris en compte par l'ouvrage)	Type	
	Volume	
	Aléa	

<b>Zone de réception</b>	
--------------------------	--

Bilan sur environnement	
Actions à entreprendre	

**1** L'évaluation se fait selon une notation, proposée ici en 3 niveaux : 0 = défaillance ; 1 = pathologies présentes mais acceptables ; 2 = bon état. Une liste des pathologies les plus couramment observées est fournie en fin du document.

<b>OUVRAGE ②</b>	<b>Évaluation</b>
------------------	-------------------

<b>Grillage i</b>		<b>Filet</b>		Type	
État général :					
Nombre de lés/nappes		Ligature ii		État	
		Liaison câble de rive iii		État	
Rétention de matériaux dans l'ouvrage :			Localisation		

<b>Câble iv de rive</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage v	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble de pied</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble de placage</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble d'haubanage amont</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

② La note de l'ouvrage est basée uniquement sur cette partie. Les autres évaluations, « Environnement » et « Réalisation de l'ouvrage », servent à déclencher d'autres actions, à court ou moyen terme. Ces actions sont différentes de la réparation d'ouvrage, par exemple une réévaluation de l'aléa.

<b>Câble d'haubanage aval</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					0

<b>Câble d'haubanage latéral</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					0

<i>Moyenne câbles</i>					
-----------------------	--	--	--	--	--

<b>Ancrages vi</b>				
Localisation		Nombre		
	État			
Localisation		Nombre		
	État			
Localisation		Nombre		
	État			
Localisation		Nombre		
	État			

<i>Moyenne ancrages</i>					
-------------------------	--	--	--	--	--

<b>Poteaux vii</b>				
Poteaux n°	Type		Nombre	
	Hauteur en m		État	
Poteaux n°	Type		Nombre	
	Hauteur en m		État	
Poteaux n°	Type		Nombre	
	Hauteur en m		État	
Poteaux n°	Type		Nombre	
	Hauteur en m		État	

<i>Moyenne poteaux</i>					
------------------------	--	--	--	--	--

<b>Pièces manquantes</b>		Nombre		
--------------------------	--	--------	--	--

<b>Défaut majeur remettant en cause le fonctionnement de l'ouvrage <span style="color: red;">viii</span></b>		<b>3</b>
Commentaire		

<b>Bilan sur OUVRAGE</b>		<b>Évaluation</b>
Actions à entreprendre		

<b>RÉALISATION DE L'OUVRAGE <b>4</b></b>		
Adaptabilité de l'ouvrage à l'aléa en présence		
Commentaires		

Conformité aux règles de l'art		
Commentaires		

<b>BILAN GÉNÉRAL <b>5</b></b>		
Commentaire		
Commentaire		
Note/100 <b>6</b>		

- 
- 3** Cette case doit être complétée par oui ou par non. Si oui, il convient de compléter en commentaire les raisons. La liste des défauts majeurs sont fournies en fin de fiche. Si la case est complétée par « OUI », la note de l'ouvrage est égale à 0.
- 4** La réalisation de l'ouvrage doit prendre en compte les règles en vigueur à l'époque de pose de l'ouvrage.
- 5** Présente le bilan de l'ouvrage. En quelques points clés.
- 6** La note est donnée sur 100 pour étaler la répartition, et permet ainsi de hiérarchiser les interventions/actions correctives. Ainsi, il peut être choisit de faire des tranches, par exemple de 1 à 50 > ouvrage défaillant – interventions à prévoir rapidement (prioritaire) ; 51 à 80 > ouvrage présentant des défaillances diverses, interventions à prévoir dans les 2 ans ; 81 à 100 > ouvrage en bon état, nécessite de prévoir des réparations et entretien de l'ouvrage Cette note permet de planifier les opérations de remise en état. La façon d'utiliser le système de notation est propre à chaque Maître d'Ouvrages, et doit être intégrée dans sa stratégie/politique d'entretien de ses ouvrages contre les chutes de blocs.
- Les ouvrages présentant une note de 0** : doivent faire l'objet d'une action correctrice dans les plus brefs délais. L'ouvrage peut ne plus assurer son rôle.

- 
- i Pathologies des poteaux** : Corrodés sans perte de section d'acier, Fortement corrodés avec perte de section d'acier, Traces d'impact, Perte d'appui, Mauvais scellement, Tordus/Pliés, Couchés.
- ii Pathologie de la nappe** : corrodée, corrodée avec perte de la section d'acier, trouée, déformée, mailles sectionnées.
- iii Pathologies des liaisons au câble de rive** - Recouvrement + agrafes/Manilles/Recouvrement + fils/Serre-câbles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Sectionnés, Manquants.
- iv Pathologie des câbles** : Corrodé C1 (début de corrosion), Corrodé C2 (perte de section acier), Corrodé C3 (perte de fonctionnalité), Certains brins sectionnés, Câble sectionné.
- v Pathologies de l'accastillage** - Serre-câbles/Cosse-cœur/Manchons/Manilles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Mal serrés, Manquants.
- vi Pathologies des boulons d'ancrages** : Corrodés C1 (début de corrosion), Corrodés C2 (perte de section d'acier), Corrodée C3 (perte de fonctionnalité), Déchaussés, Mobiles sans déplacement de la tête, Barres tordues, Déplacement de la tête d'ancrage, Mauvais scellement : retrait dans le forage, Mauvais scellement : manque d'épaisseur de coulis, Manque de coulis dans les trous, Plaques absentes, Plaques tordues, Ecrous manquants, Ecrous non vissés.
- vii Pathologies des poteaux** : Corrodés sans perte de section d'acier, Fortement corrodés avec perte de section d'acier, Traces d'impact, Perte d'appui, Mauvais scellement, Tordus / Pliés, Couchés.
- viii Défauts majeurs des déflecteurs pendus (liste non exhaustive)** :
- Diminution de la hauteur utile de l'avaloir : poteaux tordus, couchés
  - Avaloir réalisé avec des barres d'ancrage, hauteur supérieure à 50 cm
  - Absence haubanage pour une hauteur de barre hors sol supérieur à 50 cm
  - Trous importants dans le grillage ou le filet
  - Corrosion C2 ou C3 du grillage ou filet quelle que soit la localisation
  - Ligatures manquantes ou défectueuses, à titre indicatif plus de 30 % de la totalité de l'ouvrage
  - Liaison entre nappes et câble de rive manquante ou défectueuse, à titre indicatif plus de 30 % de la totalité de l'ouvrage
  - Grillage simple torsion, ouvertures entre nappes
  - Grillage simple torsion, pas de recouvrement entre lés ou recouvrement inférieur à 50 cm
  - Boulons d'ancrages :
    - o ancrages de tête défectueux
    - o ancrages déchaussés, décompression du terrain (déplacement de la tête d'ancrage), écrouissage (barres tordues), corrosion C2 ou C3 (têtes d'ancrage, plaques et écrous), plaques et écrous manquants, , l'appréciation sera portée au regard du nombre de boulons d'ancrages concernés par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage,
    - o ancrages de pied et intermédiaire corrosion C2 ou C3 (têtes d'ancrage, plaques et écrous), plaques et écrous manquants, , l'appréciation sera portée au regard du nombre de boulons d'ancrages concernés par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage,
    - o ancrages d'haubanage défectueux
  - Câble de rive défectueux : sectionné, corrodé C2 ou C3, ne passant pas à l'amont des ancrages de rive (pour ce dernier point : à juger en fonction de la proportion d'ancrages au niveau desquels le câble ne passe pas à l'amont), l'appréciation sera portée au regard du linéaire de câble concerné par ce défaut ainsi qu'à la localisation du défaut et l'impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
  - Câble d'haubanage défectueux : sectionné, corrodé C2 ou C3, non relié aux poteaux
  - Serre-câble de câble de tête ou de liaison manquant ou défectueux (corrosion C2 à C3) sur un seul brin.
  - Si le nombre de serre câbles manquant est supérieur à 30 % sur l'ensemble de l'ouvrage. Cette appréciation sera portée au regard du nombre de serres câbles manquants ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
  - Poche de matériaux avec risque de rupture de l'ouvrage ou mise en tension
  - Poteau :
    - o si poteau métallique: - corrosion C2 ou C3
    - o si poteau bois: vermoulus, pourrissement visible, attaqué par des insectes, brûlé
    - o intégrité du poteau non assuré
  - Absence de liaison entre câble de rive et poteau



## Fiche inspection déflecteurs pendus

LOCALISATION			
RN .... (département) – PR .....			
Type d'ouvrage			Situation
OUVRAGE	Hauteur (en m)		Surface moy. en m <sup>2</sup>
	Longueur (en m)		
Année de pose si connue			

Informations relatives à la visite	
Date de la visite	
Météorologie	
Plans de l'ouvrage lors de la visite	
Date dernière visite si connue	

Insertion Photo  
de l'ouvrage

ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE			Évaluation <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 0 2px;">1</span>
<b>Accès</b>	Par ouvrage		Chemin
	Utilisation corde		
	Nécessité coupure de route		
Végétation au niveau des accès			

<b>Géologie</b>	
-----------------	--

Mouvements de terrain		
Phénomène impactant l'ouvrage (hors chute de blocs)	Type	
	Volume	
	Aléa	

alentours (Non pris en compte par l'ouvrage)	Type	
	Volume	
	Aléa	

<b>Zone de réception</b>	
--------------------------	--

Bilan sur environnement	
Actions à entreprendre	

**1** L'évaluation se fait selon une notation, proposée ici en 3 niveaux : 0 = défaillance ; 1 = pathologies présentes mais acceptables ; 2 = bon état. Une liste des pathologies les plus couramment observées est fournie en fin du document.

<b>OUVRAGE ②</b>	<b>Évaluation</b>
------------------	-------------------

<b>Grillage i</b>		<b>Filet ii</b>		Type	
État général :					
Nombre de lés/nappes		<b>Ligature iii</b>		État	
		<b>Liaison câble de rive iv</b>		État	
Rétention de matériaux dans l'ouvrage :			Localisation		

<b>Câble v de rive</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage vi	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble de pied</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble de placage</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble de reprise</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<i>Moyenne câbles</i>				
-----------------------	--	--	--	--

② La note de l'ouvrage est basée uniquement sur cette partie. Les autres évaluations, « Environnement » et « Réalisation de l'ouvrage », servent à déclencher d'autres actions, à court ou moyen terme. Ces actions sont différentes de la réparation d'ouvrage, par exemple une réévaluation de l'aléa.

Ancrages <b>vii</b>			
Localisation		Nombre	
	État		
Localisation		Nombre	
	État		
Localisation		Nombre	
	État		
Localisation		Nombre	
	État		

<i>Moyenne ancrages</i>			
-------------------------	--	--	--

Pièces manquantes		Nombre	
-------------------	--	--------	--

<b>Défaut majeur remettant en cause le fonctionnement de l'ouvrage <b>viii</b></b>			<b>3</b>
Commentaire			

Bilan sur OUVRAGE		Évaluation
Actions à entreprendre		

RÉALISATION DE L'OUVRAGE <b>4</b>	
Adaptabilité de l'ouvrage à l'aléa « pris en compte »	
Commentaires	

Conformité aux règles de l'art	
Commentaires	

BILAN GÉNÉRAL <b>5</b>	
Commentaire	
Note/100 <b>6</b>	

**3** Cette case doit être complétée par oui ou par non. Si oui, il convient de compléter en commentaire les raisons. La liste des défauts majeurs sont fournies en fin de fiche. Si la case est complétée par « OUI », la note de l'ouvrage est égale à 0.

**4** La réalisation de l'ouvrage doit prendre en compte les règles en vigueur à l'époque de pose de l'ouvrage.

**5** Présente le bilan de l'ouvrage. En quelques points clés.

**6** La note est donnée sur 100 pour étaler la répartition, et permet ainsi de hiérarchiser les interventions/actions correctives. Ainsi, il peut être choisit de faire des tranches, par exemple de 1 à 50 > ouvrage défaillant – interventions à prévoir rapidement (prioritaire) ; 51 à 80 > ouvrage présentant des défaillances diverses, interventions à prévoir dans les 2 ans ; 81 à 100 > ouvrage en bon état, nécessite de prévoir des réparations et entretien de l'ouvrage. Cette note permet de planifier les opérations de remise en état. La façon d'utiliser le système de notation est propre à chaque Maîtres d'Ouvrages et doit être intégrée dans sa stratégie/politique d'entretien de ses ouvrages contre les chutes de blocs.

- 
- i Pathologies des nappes** : corrodés, corrodés avec perte de la section d'acier, troué, déformé, mailles sectionnées.
- iii Pathologies des ligatures** – Fils/Maillons rapides/Agrafes/Câbles/Manilles/Serre-câbles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Sectionnés, Manquants.
- iv Pathologies des liaisons au câble de rive** - Recouvrement + agrafes/Manilles/Recouvrement + fils/Serre-câbles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Sectionnés, Manquants.
- v Pathologie des câbles** : Corrodé C1 (début de corrosion), Corrodé C2 (perte de section acier), Corrodé C3 (perte de fonctionnalité), Certains brins sectionnés, Câble sectionné.
- vi Pathologies de l'accastillage** - Serre-câbles/Cosse-cœur/Manchons/Manilles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Mal serrés, Manquants.
- vii Pathologies des ancrages** : Corrodés C1 (début de corrosion), Corrodés C2 (perte de section d'acier), Corrodée C3 (perte de fonctionnalité), Déchaussés, Mobiles sans déplacement de la tête, Barres tordues, Déplacement de la tête d'ancrage, Mauvais scellement : retrait dans le forage, Mauvais scellement : manque d'épaisseur de coulis, Manque de coulis dans les trous, Plaques absentes, Plaques tordues, Erous manquants, Erous non vissés.
- viii Défauts majeurs des défecteurs pendus (liste non exhaustive)** :
- trous importants dans le grillage ou le filet
  - corrosion C2 ou C3 du grillage ou filet quelle que soit la localisation
  - ligatures manquantes ou défectueuses, l'appréciation sera portée au regard du nombre ligatures concernées par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
  - liaison entre nappes et câble de rive manquante ou défectueuse, l'appréciation sera portée au regard du nombre de liaisons concernées par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
  - grillage simple torsion, ouvertures entre nappes
  - grillage simple torsion, pas de recouvrement entre lés ou recouvrement inférieur à 50 cm
  - ancrages :
    - o ancrages de tête défectueux  
ancrages déchaussés, décompression du terrain (déplacement e la tête d'ancrage), écrouissage (barres tordues), corrosion C2 ou C3 (têtes d'ancrage, plaques et écrous), plaques et écrous manquants, , l'appréciation sera portée au regard du nombre de boulons d'ancrages concernés par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage ancrages de pied et intermédiaire corrosion C2 ou C3 (têtes d'ancrage, plaques et écrous), plaques et écrous manquants, , l'appréciation sera portée au regard du nombre de boulons d'ancrages concernés par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
- câble de rive défectueux : sectionné, corrodé C2 ou C3, ne passant pas à l'amont des ancrages de rive (pour ce dernier point : à juger en fonction de la proportion d'ancrages au niveau desquels le câble ne passe pas à l'amont), l'appréciation sera portée au regard du linéaire de câble concerné ainsi qu'à sa localisation et son impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
- serre-câble de câble de tête ou de liaison manquant ou défectueux (corrosion C2 à C3) sur un seul brin.  
Si le nombre de serres câble manquants est supérieur à 30% sur l'ensemble de l'ouvrage, Cette appréciation sera portée au regard du nombre de serres câbles manquants ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
  - poche de matériaux avec risque de rupture de l'ouvrage ou mise en tension

## Fiche d'inspection des écrans pare-blocs

LOCALISATION			
RN (département) – PR			
Type d'ouvrage		Situation	
OUVRAGE	Hauteur (en m)		Surface moy. en m <sup>2</sup>
	Longueur (en m)		
Année de pose si connue			

Informations relatives à la visite	
Date de la visite	
Météorologie	
Plans de l'ouvrage lors de la visite	
Date dernière visite si connue	

Insertion photo de l'ouvrage

ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE	Évaluation <sup>1</sup>
----------------------------	-------------------------

<b>Accès</b>	Par ouvrage		Chemin	
	Utilisation corde			
	Nécessité coupure de route			
<b>Végétation au niveau des accès</b>				

<b>Géologie</b>	
-----------------	--

Mouvements de terrain		
Phénomène impactant l'ouvrage (hors chute de blocs)	Type	
	Volume	
	Aléa	

alentours (Non pris en compte par l'ouvrage)	Type	
	Volume	
	Aléa	

<b>Zone de réception</b>		
--------------------------	--	--

Bilan sur environnement	
Actions à entreprendre	

<sup>1</sup> L'évaluation se fait selon une notation, proposée ici en 3 niveaux : 0 = défaillance ; 1 = pathologies présentes mais acceptables ; 2 = bon état. Une liste des pathologies les plus couramment observées est fournie en fin du document.

<b>OUVRAGE ②</b>	<b>Évaluation</b>
------------------	-------------------

<b>Poteaux i</b>				
Poteaux n°	Type		Nombre	
	Hauteur en m		État	
Poteaux n°	Type		Nombre	
	Hauteur en m		État	
Poteaux n°	Type		Nombre	
	Hauteur en m		État	
Poteaux n°	Type		Nombre	
	Hauteur en m		État	

<i>Moyenne poteaux</i>				
------------------------	--	--	--	--

<b>Type de filet</b>		État ii		
<b>Liaison câble de rive iii</b>			État	
<b>Liaison entre nappe iv</b>			État	
<b>Rétention de matériaux dans l'ouvrage :</b>		Localisation		

<b>Pièces freins v</b>				
Localisation			Nombre	
	État			
Localisation			Nombre	
	État			
Localisation			Nombre	
	État			
Localisation			Nombre	
	État			

<i>Moyenne pièces freins</i>				
------------------------------	--	--	--	--

<b>Câble vi de rive</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage vii	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble de pied</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

② La note de l'ouvrage est basée uniquement sur cette partie. Les autres évaluations, « Environnement » et « Réalisation de l'ouvrage », servent à déclencher d'autres actions, à court ou moyen terme. Ces actions sont différentes de la réparation d'ouvrage, par exemple une réévaluation de l'aléa.

<b>Câble d'haubanage amont</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble d'haubanage aval</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble d'haubanage latéral droit</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble d'haubanage latéral gauche</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble soutenant les freins (si indépendant)</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<i>Moyenne câbles</i>				
-----------------------	--	--	--	--

<b>Bavette</b>	Type		État	
	Ligature entre nappes		État	
	Liaison à l'écran		État	
	Ancrage de la bavette		État	
	<i>Moyenne bavette</i>			

<b>Doublage des écrans</b>		Type		État	
----------------------------	--	------	--	------	--

<b>Ancrages <span style="color: red;">viii</span></b>					
Localisation			Nombre		
	État				
Localisation			Nombre		
	État				
Localisation			Nombre		
	État				
Localisation			Nombre		
	État				

<i>Moyenne ancrages</i>					
-------------------------	--	--	--	--	--

<b>Pièces manquantes</b>		Nombre		
--------------------------	--	--------	--	--

<b>Défaut majeur remettant en cause le fonctionnement de l'ouvrage <span style="color: red;">ix</span></b>					<b>3</b>
Commentaire					

<b>Bilan sur OUVRAGE</b>				Évaluation
Actions à entreprendre				

<b>RÉALISATION DE L'OUVRAGE <span style="color: blue;">4</span></b>				
Adaptabilité de l'ouvrage à l'aléa en présence				
Commentaires				
Conformité aux règles de l'art				
Commentaires				

<b>BILAN GÉNÉRAL <span style="color: blue;">5</span></b>				
Commentaire				
Note/100 <span style="color: blue;">6</span>				

**3** Cette case doit être complétée par oui ou par non. Si oui, il convient de compléter en commentaire les raisons. La liste des défauts majeurs sont fournies en fin de fiche. Si la case est complétée par « OUI », la note de l'ouvrage est égale à 0.

**4** La réalisation de l'ouvrage doit prendre en compte les règles en vigueur à l'époque de pose de l'ouvrage.

**5** Présente le bilan de l'ouvrage en quelques points clés.

**6** La note est donnée sur 100 pour étaler la répartition, et permet ainsi de hiérarchiser les interventions/actions correctives. Ainsi, il peut être choisit de faire des tranches, par exemple de 1 à 50 > ouvrage défaillant – interventions à prévoir rapidement (prioritaire) ; 51 à 80 > ouvrage présentant des défaillances diverses, interventions à prévoir dans les 2 ans ; 81 à 100 > ouvrage en bon état, nécessite de prévoir des réparations et entretien de l'ouvrage. Cette note permet de planifier les opérations de remise en état. La façon d'utiliser le système de notation est propre à chaque Maîtres d'Ouvrages et doit être intégrée dans sa stratégie/politique d'entretien de ses ouvrages contre les chutes de blocs.

**Les ouvrages présentant une note de 0** : doivent faire l'objet d'une action correctrice dans les plus bref délais. L'ouvrage peut ne plus assurer son rôle.



- 
- i Pathologies des poteaux** : Corrodés sans perte de section d'acier, Fortement corrodés avec perte de section d'acier, Traces d'impact, Perte d'appui, Mauvais scellement, Tordus/Pliés, Couchés.
- ii Pathologie de la nappe** : corrodée, corrodée avec perte de la section d'acier, trouée, déformée, mailles sectionnées
- iii Pathologies des liaisons au câble de rive** : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Sectionnés, Manquants
- iv Pathologies des liaisons entre nappes** - Maillons rapides/Câbles/Manilles/Serre-câbles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Sectionnés, Manquants.
- v Pathologies des pièces freins** : Câbles de freins enroulés, Corrodés avec perte de section d'acier, Corrodés sans perte de section d'acier, Déformés, Traces d'impacts, Enterrés, Ont déjà fonctionné.
- vi Pathologie des câbles** : Corrodé C1 (début de corrosion), Corrodé C2 (perte de section acier), Corrodé C3 (perte de fonctionnalité), Certains brins sectionnés, Câble sectionné
- vii Pathologies de l'accastillage** - Serre-câbles/Cosse-cœur/Manchons/Manilles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Mal serrés, Manquants.
- viii Pathologies des ancrages** : Corrodés C1 (début de corrosion), Corrodés C2 (perte de section d'acier), Corrodée C3 (perte de fonctionnalité), Déchaussés, Mobiles sans déplacement de la tête, Barres tordues, Déplacement de la tête d'ancrage, Mauvais scellement : retrait dans le forage, Mauvais scellement : manque d'épaisseur de coulis, Manque de coulis dans les trous, Plaques absentes, Plaques tordues, Ecrous manquants, Ecrous non vissés
- ix Défauts majeurs des écrans pare-blocs (liste non exhaustive)** :
- pièces freins non fonctionnelles :
    - o câbles enroulés
    - o câbles mal positionnés
    - o pièces tordues, fonctionnement affecté
    - o pièces ayant déjà fonctionné
    - o corrosion C2 ou C3
    - o enterrées
    - o sectionnées
  - trous dans le filet (y/c bavette et adaptation)
  - trous dans le grillage de doublage (y/c bavette et adaptation)
  - filet (y/c bavette et adaptation) endommagé : Endommagement du câble ou de l'anneau (écrasement, perte de section, etc.)
  - corrosion C2 ou C3 du filet (y/c bavette et adaptation)
  - corrosion C2 ou C3 du grillage de doublage
  - ligatures manquantes ou défectueuses du filet (y/c bavette et adaptation)
  - ligatures manquantes ou défectueuses du grillage de doublage, à titre Indicatif : plus de 30 %, en fonction de la répartition
  - liaison filet câble manquante ou défectueuse : Généralisé, répétitif
  - ancrage non fonctionnel (tous ancrages sauf haubans non freinés) :
    - o tordu
    - o mis à nu (déchaussé)
    - o barre mobile sans déplacement de la tête
    - o tête d'ancrage déplacée (décompression des terrains)
    - o corrosion C2 ou C3 des pièces constitutives des ancrages (têtes, plaques, écrous)
    - o plaque manquante
    - o écrou manquant

- câble non fonctionnel (sauf hauban non freiné)
  - o sectionné
  - o étiré
  - o écrasé
  - o corrosion C2 ou C3
  - o âme textile
- serre-câble (sauf hauban non freiné) manquant ou non fonctionnel :
  - o défauts de serre-câble généralisés
  - o absence de serre-câble
  - o corrosion C2 à C3
- poteau non fonctionnel : Pathologie entraînant une diminution de hauteur utile (poteau tordu, couché, rompu), Corrosion C2 ou C3
- végétation :
  - o Présence de végétation dans l'ouvrage, entraînant une diminution de hauteur utile ou empêchant le bon fonctionnement de l'ouvrage
  - o Présence de végétation à l'aval de l'ouvrage empêchant totalement l'ouvrage de fonctionner (allongement de l'ouvrage impossible)
- remplissage important de l'ouvrage : Remplissage entraînant une diminution de hauteur utile

## Fiche d'inspection des ouvrages plaqués

LOCALISATION			
RN (département) – PR			
Type d'ouvrage		Situation	
OUVRAGE	Hauteur (en m)		Surface moy. en m <sup>2</sup>
	Longueur (en m)		
Année de pose si connue			

Informations relatives à la visite	
Date de la visite	
Météorologie	
Plans de l'ouvrage lors de la visite	
Date dernière visite si connue	

Insertion photo  
de l'ouvrage

ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE	Évaluation <sup>1</sup>
----------------------------	-------------------------

<b>Accès</b>	Par ouvrage		Chemin	
	Utilisation corde			
	Nécessité coupure de route			
<b>Végétation au niveau des accès</b>				

<b>Géologie</b>	
-----------------	--

Mouvements de terrain		
Phénomène impactant l'ouvrage (hors chute de blocs)	Type	
	Volume	
	Aléa	

Alentours (Non pris en compte par l'ouvrage)	Type	
	Volume	
	Aléa	

<b>Zone de réception</b>	
--------------------------	--

Bilan sur environnement	
Actions à entreprendre	

<sup>1</sup> L'évaluation se fait selon une notation, proposée ici en 3 niveaux : 0 = défaillance ; 1 = pathologies présentes mais acceptables ; 2 = bon état. Une liste des pathologies les plus couramment observées est fournie en fin du document.

<b>OUVRAGE ②</b>	<b>Évaluation</b>
------------------	-------------------

<b>Grillage i</b>		<b>Filet</b>		Type	
État général :					
Nombre de lés/nappes		<b>Ligature ii</b>		État	
		<b>Liaison câble de rive iii</b>		État	
Rétention de matériaux dans l'ouvrage :			Localisation		

<b>Câble iv de pourtour</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage v	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble d'amarrage</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Câble de placage</b>	Type		État		
	Diamètre en mm				
	Accastillage	Serre câbles		État	
		Cosse cœur		État	
		Manchons		État	
		Manilles		État	
<i>Moyenne accastillage</i>					

<b>Moyenne câbles</b>				
-----------------------	--	--	--	--

<b>Ancrages vi</b>				
Localisation			Nombre	
	État			
Localisation			Nombre	
	État			
Localisation			Nombre	
	État			
Localisation			Nombre	
	État			

② La note de l'ouvrage est basée uniquement sur cette partie. Les autres évaluations, « Environnement » et « Réalisation de l'ouvrage », servent à déclencher d'autres actions, à court ou moyen terme. Ces actions sont différentes de la réparation d'ouvrage, par exemple une réévaluation de l'aléa.

<i>Moyenne ancrages</i>	
-------------------------	--

<b>Pièces manquantes</b>		Nombre	
--------------------------	--	--------	--

<b>Défaut majeur remettant en cause le fonctionnement de l'ouvrage <span style="color: red;">vii</span></b>		<b>3</b>
Commentaire		

<b>Bilan sur OUVRAGE</b>		<b>Évaluation</b>
Actions à entreprendre		

<b>RÉALISATION DE L'OUVRAGE <b>4</b></b>	
Adaptabilité de l'ouvrage à l'aléa en présence	
Commentaires	

Conformité aux règles de l'art	
Commentaires	

<b>BILAN GÉNÉRAL <b>5</b></b>	
Commentaire	
Note/100 <b>6</b>	

**3** Cette case doit être complétée par oui ou par non. Si oui, il convient de compléter en commentaire les raisons. La liste des défauts majeurs est fournie en fin de fiche. Si la case est complétée par « OUI », la note de l'ouvrage est égale à 0.

**4** La réalisation de l'ouvrage doit prendre en compte les règles en vigueur à l'époque de pose de l'ouvrage.

**5** Présente le bilan de l'ouvrage en quelques points clés.

**6** La note est donnée sur 100 pour étaler la répartition, et permet ainsi de hiérarchiser les interventions/actions correctives. Ainsi, il peut être choisit de faire des tranches, par exemple de 1 à 50 > ouvrage défaillant – interventions à prévoir rapidement (prioritaire) ; 51 à 80 > ouvrage présentant des défaillances diverses, interventions à prévoir dans les 2 ans ; 81 à 100 > ouvrage en bon état, nécessite de prévoir des réparations et entretien de l'ouvrage. Cette note permet de planifier les opérations de remise en état. La façon d'utiliser le système de notation est propre à chaque Maîtres d'Ouvrages, et doit être intégrée dans sa stratégie/politique d'entretien de ses ouvrages contre les chutes de blocs.

**Les ouvrages présentant une note de 0** : doivent faire l'objet d'une action correctrice dans les plus brefs délais. L'ouvrage peut ne plus assurer son rôle.

- 
- i Pathologies des nappes** : corrodés, corrodés avec perte de la section d'acier, troué, déformé, mailles sectionnées.
- ii Pathologies des ligatures** - Fils/Maillons rapides/Agrafes/Câbles/Manilles/Serre-câbles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Sectionnés, Manquants.
- iii Pathologies des liaisons au câble de rive** - Recouvrement + agrafes/Manilles/Recouvrement + fils/Serre-câbles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Sectionnés, Manquants
- iv Pathologie des câbles** : Corrodé C1 (début de corrosion), Corrodé C2 (perte de section acier), Corrodé C3 (perte de fonctionnalité), Certains brins sectionnés, Câble sectionné
- v Pathologies de l'accastillage** - Serre-câbles/Cosse-cœur/Manchons/Manilles : Corrodés sans perte de section acier, Corrodés avec perte de section acier, Mal serrés, Manquants.
- vi Pathologies des ancrages** : Corrodés C1 (début de corrosion), Corrodés C2 (perte de section d'acier), Corrodée C3 (perte de fonctionnalité), Déchaussés, Mobiles sans déplacement de la tête, Barres tordues, Déplacement de la tête d'ancrage, Mauvais scellement : retrait dans le forage, Mauvais scellement : manque d'épaisseur de coulis, Manque de coulis dans les trous, Plaques absentes, Plaques tordues, Ecrous manquants, Ecrous non vissés.
- vii Défauts majeurs des ouvrages plaqués (liste non exhaustive) :**
- trous et déformations importants dans le grillage ou le filet
  - corrosion C2 ou C3 du grillage ou filet
  - ligatures manquantes ou défectueuses :
    - o filet : ligatures manquantes < 100 % (ligatures anneaux à anneaux obligatoire)
    - o grillage : ligatures manquantes < 50 % réparties uniformément
  - liaison entre nappes et câble de pourtour manquante ou défectueuse :
    - o filet : ligatures manquantes < 100 % (ligatures anneaux à anneaux obligatoire)
    - o grillage : ligatures manquantes < 50 % réparties uniformément
    - o ancrages de pourtour et de placage défectueux : ancrages déchaussés, décompression du terrain (déplacement de la tête d'ancrage), écrouissage (barres tordues), corrosion C2 ou C3 (têtes d'ancrage, plaques et écrous), plaques et écrous manquants, l'appréciation sera portée au regard du nombre de boulons d'ancrages concernés par ce défaut ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
  - câble de pourtour ou de liaison ou de placage défectueux : sectionné, corrodé C2 ou C3, non tendu
  - serre-câble manquant ou défectueux (corrosion C2 à C3) sur un seul brin.
  - si le nombre de serres câble manquants est supérieur à 30 % sur l'ensemble de l'ouvrage. Cette appréciation sera portée au regard du nombre de serres câbles manquants ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage
  - matériaux dans l'ouvrage : Création d'une poche
  - câble de pourtour non pris dans les ancrages ou structure de déflexion non reliée aux ancrages.
  - absence de rabat de grillage
  - absence de câble de liaison entre le câble de pourtour ou structure de déflexion et un ancrage déporté, l'appréciation sera portée au regard du nombre de câbles manquants ainsi qu'à leur localisation et impact vis-à-vis du fonctionnement de l'ouvrage

## Chapitre 8 - Glossaire succinct

Sont présents dans ce glossaire les composants les plus spécifiques rencontrés sur les ouvrages :

**Accastillage** : L'accastillage désigne l'ensemble des accessoires nécessaires à la mise en œuvre et à l'assemblage des câbles et des nappes dans les ouvrages de protection contre les chutes de blocs. Généralement ce terme regroupe les serres câbles, les manilles, les manchons et les cosse cœurs.

**Cosse cœur** : Pièce métallique servant à renforcer et à protéger une boucle de câble.

**Hauban** : Il s'agit du câble qui sert à maintenir un poteau dans la position souhaitée.

**Manchon** : Pièce métallique cylindrique qui permet d'assembler une boucle de câble. On parle également de manchon pour rabouter deux barres d'ancrages.

**Manille** : Pièce métallique formée d'un étrier fermé par un axe mobile. Il existe plusieurs capacités pour ces pièces, ainsi que plusieurs formes. Dans les ouvrages de protection contre les chutes de blocs, on utilise souvent des manilles lyre.

**Serre câble** : Dispositif métallique permettant d'assembler deux câbles, couramment utilisé pour fermer une boucle de câble. Ces dispositifs font l'objet d'une norme (cf. Chapitre normatif)

## Chapitre 9 - Bibliographie

- [1] Les études spécifiques d'aléa lie aux éboulements rocheux, éditions LCPC, collection environnement – les risques naturels, ISSN 1151-1516, 2004;
- [2] Parades contre les instabilités rocheuses, éditions LCPC, collection environnement – les risques naturels, ISSN 1151-1516, 2001;
- [3] Maintenance des ouvrages de protection contre les instabilités rocheuses – pathologies et gestion des ouvrages, éditions LCPC, collection environnement – les risques naturels, ISSN 1151-1516, 2009;
- [4] IFSTTAR et cerema, surveillance des pentes et des falaises instables, conception et mise en œuvre des dispositifs de mesure – acquisition et traitement de l'information. Marne-la-vallée, IFSTTAR, 2016. techniques et méthodes, guide technique, GT11, 172 pages, numéro ISBN 078-2-85782-709-2;
- [5] IFSTTAR et cerema, prise en compte du paysage dans les protections contre les chutes de matériaux rocheux. Marne-la-vallée, IFSTTAR, 2016. techniques et méthodes, guide technique, GT11, 196 pages, numéro ISBN 978-2-85782-712-2;
- [6] État de l'art sur le dimensionnement des dispositifs de protection contre les chutes de blocs, éditions LCPC, ERLPC, GT 84, 82 pages, 2010.
- [7] CEMAGREF, les ancrages passifs en montagne, conception, réalisation, contrôles, guide pratique, 148 pages, 2004.

Guides en cours d'élaboration dans le cadre du projet C2ROP et auxquels certains chapitres / points du présent ouvrage font références.

- [8] Glossaire du risque rocheux
- [9] Merlons pare-blocs : recommandations pour la conception, le suivi de réalisation et la maintenance
- [10] Les ouvrages déflecteurs : guide technique
- [11] Surveillance instrumentale pour la gestion du risque rocheux : recommandations
- [12] Cahier des clauses techniques particulières – cahier des charges type pour les travaux de protection contre les éboulements rocheux.





© 2021 - Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour le développement et la cohésion des territoires.

Le Cerema est un établissement public qui apporte un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en oeuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre de ressources et d'expertise, il a pour vocation de produire et de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au coeur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, services de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L.122-4 du code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et L.335-3 du CPI.

Coordination et suivi d'édition › Cerema, Direction de la stratégie et de la communication, Département diffusion des connaissances, Pôle édition et valorisation des connaissances.

Mise en page › Cerema

Illustration couverture › © Cerema

Décembre 2021

ISBN : 978-2-37180-544-6

ISSN : 2417-9701

**Téléchargement Gratuit**

**Éditions du Cerema**

Cité des mobilités

25 avenue François Mitterrand

CS 92 803

69674 Bron Cedex

Pour commander nos ouvrages › [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

Pour toute correspondance › [bventes@cerema.fr](mailto:bventes@cerema.fr)

**[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr) › Nos publications**



## La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

## Mémento des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux

### Maintenance et coûts

Ce guide est complémentaire à l'ensemble des guides techniques existants sur les ouvrages de protections contre les risques rocheux. Il s'appuie sur la littérature existante et présente les avancées/progrès/évolutions du domaine pour chaque type ouvrage. Il s'adresse aux maîtres d'ouvrages désireux de trouver dans un document unique l'ensemble des informations techniques, réglementaires, financières... essentielles sur un ouvrage utilisé pour la protection contre les chutes de blocs. La maintenance des ouvrages de protection contre les chutes de blocs est un sujet de préoccupation important pour les maîtres d'ouvrages. Le maître d'ouvrage trouvera dans ce guide des éléments de réponses, des pistes de réflexion sur cette problématique, lui permettant d'engager ou d'améliorer sa propre réflexion.

Ce mémento a été rédigé par des maîtres d'ouvrages pour permettre à d'autres maîtres d'ouvrages de s'initier à ce domaine et ainsi développer une vision commune.

## Sur le même thème, les autres publications du Projet C2ROP

### Axe Aléas

Glossaire du risque rocheux

Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux : État de l'art

### Axe Parades

Merlons pare-blocs : Recommandations pour la conception, le suivi de réalisation et la maintenance

Les Ouvrages Défecteurs : Guide technique

Surveillance instrumentale pour la gestion du risque rocheux : Guide technique

### Axe Risque

Prise en compte des risques rocheux par les Maîtres d'Ouvrage gestionnaires d'infrastructures : Recommandations

Cahier des charges type pour l'étude de l'aléa éboulement rocheux et la définition des travaux

Cahier des charges type pour les travaux de protection contre les éboulements rocheux

Mémento des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux : Maintenance et Coûts

Aide à la formalisation de retours d'expérience à la suite d'un événement rocheux sur infrastructures de transport : Note méthodologique

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

Téléchargement gratuit

ISSN : 2417-9701

ISBN : 978-2-37180-544-6

