



Laboratoire Central
des Ponts et Chaussées

COLLECTION ENVIRONNEMENT
Les risques naturels



Guide technique

**Maintenance
des ouvrages de protection
contre les instabilités rocheuses**

Pathologies et gestion des ouvrages

Conformément à la note du 04/07/2014 de la direction générale de l'Ifsttar précisant la politique de diffusion des ouvrages parus dans les collections éditées par l'Institut, la reproduction de cet ouvrage est autorisée selon les termes de la licence CC BY-NC-ND. Cette licence autorise la redistribution non commerciale de copies identiques à l'original. Dans ce cadre, cet ouvrage peut être copié, distribué et communiqué par tous moyens et sous tous formats.



Attribution — Vous devez créditer l'Oeuvre et intégrer un lien vers la licence. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens possibles mais vous ne pouvez pas suggérer que l'Ifsttar vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son Oeuvre.



Pas d'Utilisation Commerciale — Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette Oeuvre, tout ou partie du matériel la composant.



Pas de modifications — Dans le cas où vous effectuez une adaptation, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant l'Oeuvre originale (par exemple, une traduction, etc.), vous n'êtes pas autorisé à distribuer ou mettre à disposition l'Oeuvre modifiée.

Le patrimoine scientifique de l'Ifsttar

Le libre accès à l'information scientifique est aujourd'hui devenu essentiel pour favoriser la circulation du savoir et pour contribuer à l'innovation et au développement socio-économique. Pour que les résultats des recherches soient plus largement diffusés, lus et utilisés pour de nouveaux travaux, l'Ifsttar a entrepris la numérisation et la mise en ligne de son fonds documentaire. Ainsi, en complément des ouvrages disponibles à la vente, certaines références des collections de l'INRETS et du LCPC sont dès à présent mises à disposition en téléchargement gratuit selon les termes de la licence Creative Commons CC BY-NC-ND.

Le service Politique éditoriale scientifique et technique de l'Ifsttar diffuse différentes collections qui sont le reflet des recherches menées par l'institut :

- Les collections de l'INRETS, Actes
- Les collections de l'INRETS, Outils et Méthodes
- Les collections de l'INRETS, Recherches
- Les collections de l'INRETS, Synthèses
- Les collections du LCPC, Actes
- Les collections du LCPC, Etudes et recherches des laboratoires des ponts et chaussées
- Les collections du LCPC, Rapport de recherche des laboratoires des ponts et chaussées
- Les collections du LCPC, Techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées, Guide technique
- Les collections du LCPC, Techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées, Méthode d'essai



Institut Français des Sciences et Techniques des Réseaux,
de l'Aménagement et des Transports
14-20 Boulevard Newton, Cité Descartes, Champs sur Marne
F-77447 Marne la Vallée Cedex 2

Contact : diffusion-publications@ifsttar.fr

www.ifsttar.fr



Maintenance des ouvrages de protection contre les instabilités rocheuses

Pathologies et gestion des ouvrages

Guide technique

Décembre 2009



Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
58, bd Lefebvre, F 75732 Paris Cedex 15

Ce document a été réalisé avec le soutien du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer - Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR).

Rédaction

- Pierre GUILLEMIN
Responsable de la section Études Géomécaniques (groupe Mécanique des Roches) (LRPC de Lyon).

Relecture

- Jean-Louis DURVILLE
IGPC - Chargé de mission au Conseil Général de l'Environnement et du Développement durable,
- Jean-Pierre MAGNAN
IGPC - Directeur Technique Géotechnique (LCPC),
- Pierre POTHERAT
Chef du groupe Mécanique des Roches (LRPC de Lyon),
- Alain CALVINO
Responsable du groupe Géologie Géotechnique (LRPC de Nice),
- Philippe BERTHET-RAMBAUD
Responsable du projet de station d'essais chutes de blocs (LRPC de Lyon) lors de la rédaction du guide,
- Jacques RESTITUITO
Responsable de la section Géologie Tracés (LRPC de Clermont-Ferrand).

Remerciements

Un merci général à tous ceux qui ont bien voulu accepter de se plonger dans ce guide pour une relecture éclairée, et un merci particulier à :

- Jean-Louis DURVILLE pour ses relectures successives,
- Philippe HAREL (SNCF Paris) pour toutes les informations transmises sur la maintenance des ouvrages vue par les cheminots.

Pour commander cet ouvrage :

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

DISTC-Diffusion des éditions

58, boulevard Lefebvre

F-75732 PARIS CEDEX 15

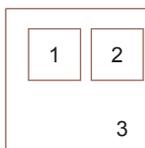
Téléphone : 01 40 43 50 20

Télécopie : 01 40 43 54 95

Internet : <http://www.lcpc.fr>

Prix : 35 € HT

- En couverture :
1. Déformation de poteaux supports pour grillages pendus (Val d'Arly).
 2. Chaînes fusibles sur anciens écrans pare-blocs (1000 kJ).
 3. Écrans de 5000 kJ (Verdon).



Ce document est propriété du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et ne peut être reproduit, même partiellement, sans l'autorisation de son directeur général (ou de ses représentants autorisés).

© 2009 - LCPC

ISSN 1151-1516

ISBN 978-2-7208-2555-7

N° DOI/Crossref 10.3829/gt-gtprotinstab-fr

Sommaire

Introduction	5
Chapitre 1 - Principes de la maintenance	7
Chapitre 2 - Obligations des Maîtres d'ouvrages et des gestionnaires	11
2.1. Le risque rocheux et les différents types de parades	11
2.2. Que doit faire le Maître d'ouvrage ?	13
Chapitre 3 - Origine des pathologies sur ouvrages de protection	15
3.1. Pathologies induites par impact environnemental	15
3.1.1. Dégradation des matériaux constitutifs d'un ouvrage	16
3.1.2. Dégradation structurelle ou géométrique d'un ouvrage	17
3.2. Pathologies induites par des sollicitations fonctionnelles	18
3.2.1. Sollicitation minimale, très en-deçà du SEL (ou de type « zéro maintenance »)	20
3.2.2. Sollicitation en-deçà du SEL	21
3.2.3. Sollicitation au-delà du SEL mais en-deçà du MEL	21
3.2.4. Sollicitation au-delà du MEL	23
3.3. Bilan	24
Chapitre 4 - Prévention des désordres	25
4.1. Prévention générale des désordres environnementaux	25
4.2. Prévention de la corrosion des ancrages (et de l'acier en général)	27
4.3. Prévention de la corrosion des câbles et des accessoires de liaison	31
Chapitre 5 - Organisation de la maintenance des ouvrages de protection ..	35
5.1. Le dossier de l'ouvrage	36
5.2. Les fiches d'ouvrages	38
5.3. Les visites périodiques ou particulières	41
5.4. Les inspections détaillées périodiques ou exceptionnelles	43
5.5. Consignes et procédures communes aux visites et aux inspections	46
Chapitre 6 - En guise de conclusion...	49
Annexe I - État des lieux	51
Annexe II	67
Synthèse de l'enquête auprès des Maîtres d'ouvrage (voir CD-Rom)	
Fiches d'ouvrages et exemples de fiches de suivi d'ouvrage (voir CD-Rom)	
Bibliographie (voir CD-Rom)	

Introduction

“ La maintenance des ouvrages les plus récents et les plus accessibles est souvent limitée à l’entretien imposé par la détérioration ou la destruction du dispositif. Certains ouvrages tombent parfois dans l’oubli...” ”

Depuis plusieurs décennies, le développement de l’urbanisme et l’intensification des trafics routiers et ferroviaires ont conduit les responsables de ces différentes infrastructures à se pencher sur les risques que pouvaient encourir les usagers, les résidents, les biens et les infrastructures elles-mêmes vis-à-vis des mouvements de masses rocheuses (Fig. 1). Des solutions techniques variées ont été développées et mises en œuvre pour se protéger contre les diverses instabilités. Les ouvrages de protection actifs* (Fig. 2) ou passifs** (Fig. 3) qui ont été réalisés, dans des sites pouvant être d’accès particulièrement difficile, sont sujets à des désordres importants en raison même du rôle qu’ils doivent jouer, de leur situation exposée ou des évolutions (vieillesse) susceptibles de diminuer leur niveau de service, voire d’annuler leur efficacité. En outre, lorsque la gestion des ouvrages n’est pas clairement attribuée, on peut constater une insuffisance dans leur suivi. La maintenance des ouvrages les plus récents et les plus accessibles est souvent limitée à l’entretien imposé par la détérioration constatée ou la destruction du dispositif. Certains ouvrages, dont les plus anciens peuvent être antérieurs aux années 1970, tombent parfois dans l’oubli en raison de leur isolement et ont pu perdre tout ou partie de leur efficacité du fait de dégradations dues au vieillissement ou à des sollicitations extrêmes.



Fig. 1 - Écrasement d’une galerie pare-blocs par éboulement en masse. Eze (Alpes-Maritimes) - 1948

Compte tenu des enjeux croissants et de l’engagement de la responsabilité des maîtres d’ouvrages, une rationalisation de la maintenance est aujourd’hui indispensable pour une planification des travaux de remise en état, une réduction éventuelle des dépenses, mais surtout pour un maintien des ouvrages de protection en ordre de service permanent. La notion financière de conservation des actifs, qui est généralement mise en avant lorsqu’il s’agit de maintenance dans les domaines de l’industrie et du bâtiment, est ici secondaire par rapport à la notion d’état de service, indispensable pour assurer le niveau de sécurité pour lequel l’ouvrage a été conçu et mis en œuvre. Maîtriser les problèmes de maintenance conduit à mettre en place une politique volontariste avec des méthodes, des outils, des moyens financiers et des documents techniques de référence.

* Parade active : Mesure de protection ayant pour objectif d’empêcher le déclenchement d’une instabilité par stabilisation préventive ou par élimination physique de la masse rocheuse concernée (purge, reprofilage, etc.).

** Parade passive : Mesure de protection ayant pour objectif le contrôle de la propagation des éboulis après déclenchement de l’instabilité, afin d’empêcher qu’ils n’atteignent les zones de localisation des enjeux.

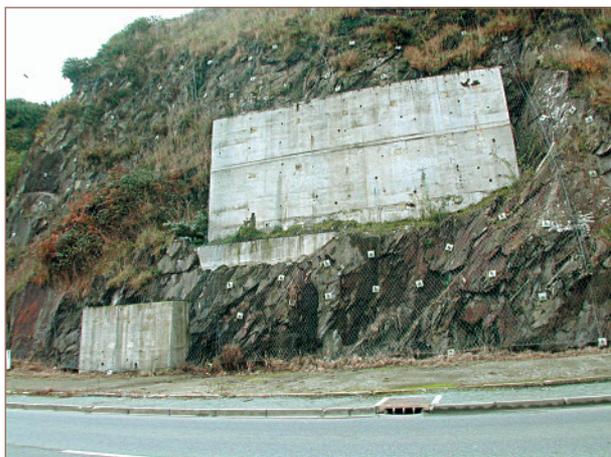


Fig. 2 - Stabilisation d'un massif rocheux par ancrage et contre-forts en béton (parades actives). Arsenal de Brest

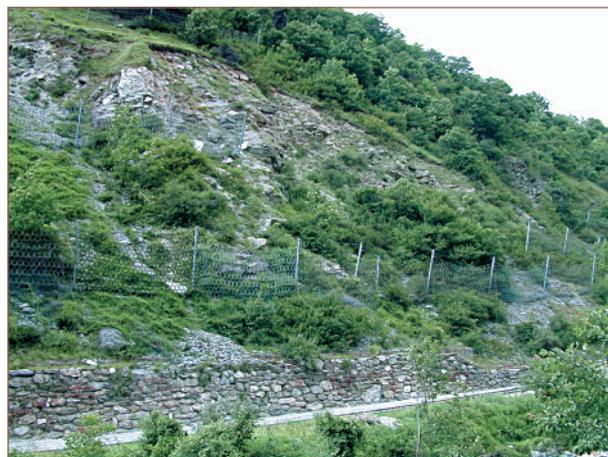


Fig. 3 - Protection linéaire par écrans pare-blocs haute capacité (parade passive). RN 90 - Moutiers

Ce guide technique, qui se propose d'établir les recommandations techniques pour assurer le suivi et l'entretien des dispositifs de protection contre les éboulements, a été réalisé à la demande du Ministère chargé de l'Environnement. Il est destiné non seulement aux Maîtres d'ouvrages et aux techniciens en charge de la gestion de ces ouvrages, mais également aux prescripteurs et Maîtres d'œuvre chargés de leur élaboration, de leur dimensionnement et de leur exécution. Le rôle de ces différents intervenants, dont l'action se situe aux différents stades de l'élaboration des programmes de prévention des risques, est fondamental pour la mise en place et l'application du suivi rigoureux des ouvrages, seule procédure qui est à même de garantir la constance du niveau de protection visé.

CHAPITRE 1.

Principes de la maintenance

“ La maintenance, est l'ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. ”

La maintenance, qui est l'« ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise », est un domaine structuré et rigoureux. Le glossaire (Tableau I), extrait du « Guide de la maintenance des bâtiments »*, précise la terminologie générale utilisée dans les métiers de la maintenance. Tous les termes cités ne sont pas utilisés explicitement dans ce guide technique, mais pourront être rencontrés, par exemple, dans les recommandations édictées par les entreprises conceptrices d'ouvrages.

Tableau I - Définition des termes couramment utilisés dans les métiers de la maintenance

Terme	Définition
Diagnostic	1. Analyse d'un ensemble de facteurs ou de symptômes, visant à établir l'état d'un ouvrage ou les causes d'un éventuel désordre constaté, afin de choisir les mesures à prendre pour y remédier. 2. Examen permettant d'apprécier l'état d'usure d'un composant, afin de déterminer les opérations de maintenance à exécuter ou la durée de vie restante.
Durabilité	Durée de vie ou durée de fonctionnement potentielle d'un ouvrage ou d'un équipement pour la fonction qui lui a été assignée dans des conditions d'utilisation et de maintenance données.
Entretien	Ensemble de travaux ayant pour but de maintenir dans leur état initial des ouvrages existants, sans changer leur usage ou leur fonction. L'entretien peut s'avérer nécessaire plusieurs fois pendant la durée de vie. Il limite ainsi les risques de désordre ou de pannes.
Entretien courant	Appellation courante pour désigner les petites opérations d'entretien préventif (réglage, nettoyage, etc.). On désigne par « petit entretien », la révision légère des ouvrages à réaliser dès l'apparition des premiers défauts, afin d'éviter l'aggravation des dégradations. Cette opération a une influence optimale sur l'allongement de la durée de vie des ouvrages.
Entretien préventif	Ensemble de travaux effectués de façon périodique sur des ouvrages et des équipements dans le but d'obtenir un bon fonctionnement ou une bonne qualité de présentation.
Maintenabilité	Aptitude d'un équipement à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits.
Maintenance	Ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management.
Maintenance conditionnelle	Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), révélateur de l'état de dégradation du bien.

Suite

* Édition Le Moniteur, Références techniques - 1995.

Terme	Définition
Maintenance corrective	Ensemble des activités réalisées après défaillance d'un bien ou dégradation de sa fonction, afin de lui permettre d'accomplir, au moins provisoirement, une fonction requise. Ces activités comprennent la localisation de la défaillance et son diagnostic, la remise en état avec ou sans modification, et le contrôle du bon fonctionnement.
Maintenance curative	Activités nécessaires à la remise en état permanente d'un bien. Ces activités peuvent être des réparations, des modifications ou aménagements, ayant pour objet de supprimer les défaillances. La maintenance curative constitue un complément de la maintenance palliative.
Maintenance palliative	Ensemble des activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelée couramment dépannage, cette maintenance est principalement constituée d'actions à caractère provisoire, qui devront être suivies d'actions curatives.
Maintenance préventive	Activités ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Ces activités sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (maintenance systématique) et/ou des critères prédéterminés, significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle).
Maintenance prévisionnelle	Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien. Elle permet de retarder et de planifier les interventions.
Maintenance systématique	Maintenance préventive effectuée d'après un échéancier établi selon le temps d'usage ou le nombre d'unités d'usage.
Réhabilitation	Restauration ou rénovation de bâtiments en très mauvais état et ne répondant plus à des conditions de sécurité ou de confort habituelles.
Réparations	Travaux de remise en état dans le but de supprimer ou de réduire les conséquences de la vétusté, de l'usure ou de désordres. On entend par « grosses réparations » une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance, afin de remettre en état ce qui est détérioré.
Visite	Examen visuel préventif d'un ouvrage par un professionnel averti, dans le but de détecter un défaut ou une dégradation.

Les méthodes de diagnostic et d'organisation des différents types de maintenance sont clairement définies et extrêmement bien structurées dans des domaines comme le génie civil, le bâtiment ou l'industrie. En ce qui concerne les ouvrages moins classiques (et parfois moins élaborés) que sont les ouvrages de protection contre les risques rocheux, elles restent sommaires lorsqu'elles ne sont pas inexistantes.

Trop souvent, la nécessité de mettre en œuvre une maintenance est :

- non-perçue quand tout fonctionne bien ou apparemment bien car, implicitement, elle est trop coûteuse,
- mal-perçue quand il y a des insuffisances ou des désordres car, là encore, elle est trop coûteuse puisque le défaut de fonctionnement apparaît comme synonyme d'entretien mal réalisé (alors que le défaut peut avoir une origine toute autre).

Sans aboutir à un niveau d'élaboration et de complexité de la maintenance tel qu'on peut l'observer dans les premiers domaines cités, il est possible et souhaitable d'initier et de faire fonctionner (faire « vivre ») des procédures de maintenance des ouvrages de protection, sans que celles-ci deviennent rébarbatives ou dissuasives techniquement, opérationnellement ou financièrement du point de vue du Maître d'ouvrage ou de l'exploitant. Cette démarche peut être initiée grâce à une simplification des procédures, sans toutefois que cette simplification nuise à l'efficacité ou pénalise les résultats que l'on est en droit d'attendre d'une telle démarche. Il faut signaler que certaines procédures simplifiées, qui ont été mises en place vers la fin des années 1990 sur des itinéraires « pilotes », sont parfaitement opérationnelles actuellement.

La maintenance s'impose essentiellement par un ensemble de constatations et de contraintes nouvelles :

- le vieillissement du patrimoine (certains ouvrages datent des années 1970, voire même d'époques plus anciennes pour certains ouvrages ferroviaires),
- l'apparition de nouvelles techniques de protection, de nouveaux produits plus performants, de nouveaux matériaux mieux adaptés,
- des exigences nouvelles en matière de sécurité des usagers et de prévention des risques,
- des exigences en matière de fiabilité et de pérennité des protections,
- l'accentuation du niveau de responsabilité du gestionnaire par rapport aux ouvrages dont il a la responsabilité.

Le passage de la prise de conscience à l'action implique de franchir plusieurs obstacles dont les deux plus importants sont :

- l'organisation et les méthodes de maintenance,
- le financement des actions de maintenance.

En matière de financement, pour les ouvrages de protection comme pour le domaine industriel ou tout autre ouvrage d'art, l'entretien préventif s'avère généralement moins onéreux que l'entretien correctif ou curatif. La tentation de différer des investissements de maintenance préventive est souvent grande, mais s'avère souvent être un mauvais calcul en regard des conséquences que cette démarche peut impliquer (conséquences techniques, conséquences juridiques ou pénales en cas d'accident). Il faut par contre préciser que, contrairement à la maintenance industrielle par exemple, la maintenance des ouvrages de protection a un coût qui peut varier dans des proportions importantes en fonction du site considéré (problèmes d'accessibilité par exemple). Cependant, la réalisation de la maintenance ne peut pas se concevoir à n'importe quel prix. La politique de maintenance se définissant dans un environnement technico-économique, l'obtention du meilleur rapport coût/efficacité est un objectif qui reste souvent à rechercher.

“ En matière de financement, l'entretien préventif s'avère généralement moins onéreux que l'entretien correctif ou curatif. La tentation de différer des investissements de maintenance préventive est souvent grande, mais s'avère être un mauvais calcul en regard des conséquences que cette démarche peut impliquer. ”

CHAPITRE 2.

Obligations des Maîtres d'ouvrages et des gestionnaires

2.1. Le risque rocheux et les différents types de parades

Pour bien comprendre le principe et le type de fonctionnement des parades contre les risques rocheux, il est nécessaire de préciser préalablement ce qu'est le risque rocheux (Fig. 4).

Le risque rocheux peut être défini comme étant la conjonction de trois facteurs qui sont :

- ▶ l'aléa d'écroulement (ou de rupture), quantifié en termes de probabilité de départ d'une masse potentiellement instable, pour un délai d'occurrence considéré,
- ▶ l'aléa de propagation, quantifié en termes de probabilité d'atteinte des enjeux (habitations, infrastructures routières ou ferroviaires par exemple) par les éboulis que peut produire l'écroulement potentiel considéré,
- ▶ la vulnérabilité, qui quantifie la sensibilité des enjeux présents dans la zone de danger vis-à-vis des éboulements rocheux, la zone de danger étant l'aire géographique définie par la zone de départ de l'événement et par l'espace couvert par les éboulis en cours de propagation, jusqu'à leur point d'arrêt.

Il peut donc s'écrire sous la forme d'un produit de ces trois facteurs :

$$\text{Risque} = [\text{aléa d'écroulement}] \times [\text{aléa de propagation}] \times [\text{vulnérabilité}]$$

Pour contrôler un risque rocheux, trois types d'action sont alors possibles :

- ▶ une action sur l'aléa d'écroulement (ou de rupture) qui aura pour objectif d'empêcher l'événement de se produire. Les moyens mis en œuvre sont alors dits « actifs » = PARADES ACTIVES ;
- ▶ une action sur l'aléa de propagation qui aura pour objectif d'empêcher les éboulis d'atteindre les enjeux. Les moyens mis en œuvre sont alors dits « passifs » = PARADES PASSIVES,
- ▶ une action sur la vulnérabilité qui consiste à extraire les enjeux de la zone de danger par évitement, évacuation...

Si l'action engagée réduit un des facteurs à zéro, le niveau de risque devient nul. Si l'action ne conduit qu'à une réduction du facteur (ou des facteurs) considéré(s), le niveau de risque sera réduit en proportion.



Fig. 4 - Habitation de Barjac détruite par un éboulement. Suite à cet événement, des travaux de protection par merlon d'arrêt ont été réalisés pour la protection du village vis-à-vis d'autres aléas identifiés.

Aléa éboulement (avéré)
 + Aléa de propagation (confirmé)
 + Enjeu important et vulnérable (habitation)
= RISQUE EXTRÊME

Le tableau II cite les ouvrages les plus couramment utilisés, classés par grande catégorie (parades passives et parades actives) et par type (barrage, écran, etc.).

Tableau II - Classement des ouvrages de protection habituellement rencontrés

Parades passives	Parades actives
Barrages : merlon (avec fréquemment fosse associée)	Suppression de la masse : purge, reprofilage
Écrans : écran rigide, écran peu déformable, écran déformable	Stabilisation confortement : soutènement, ancrage, ancrage en sol meuble, béton projeté, filet et grillage ancrés
Déviateurs : déflecteur, déviateur latéral, galerie, casquette, nappes de grillages ou de filets pendus	Végétalisation
Dissipateurs d'énergie : dispositif amortisseur, boisement	Drainage : drainage des eaux superficielles, drainage profond

Tous les éléments concernant les caractéristiques des ouvrages de protection contre les risques rocheux font l'objet du guide « *Parades contre les instabilités rocheuses** ». Ceux concernant la méthodologie d'étude des risques rocheux font l'objet du guide technique « *Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux*** ».

* *Parades contre les instabilités rocheuses*, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Collection Environnement, Les risques naturels, LCPC Paris, 2001 ISBN 2-7208-3103-4.

** *Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux*, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Collection Environnement - Les risques naturels, LCPC Paris, 2004 ISBN 2-7208-0363-4.

2.2. Que doit faire le Maître d'ouvrage ?

Si, dans le domaine des ouvrages d'art, dans l'acception classique du terme, l'entretien des infrastructures est une procédure admise et habituelle, dans le domaine de la protection contre les mouvements de terrains rocheux, cette procédure n'est pas généralisée, voire souvent absente. Ce phénomène tient essentiellement au fait que, pour un ouvrage d'art classique, l'absence d'entretien conduit à des sanctions immédiates ou différées directement perçues par le Maître d'ouvrage et l'utilisateur : risque d'accident, trouble d'usage temporaire ou définitif, perte de revenus d'exploitation, coûts de remise en état... Pour un ouvrage de protection contre les mouvements rocheux, l'absence d'utilité immédiatement perceptible de l'ouvrage, le faible taux de retour des événements, le sentiment de sécurité qu'il inspire, peuvent occulter le risque initial qui est à l'origine même de sa conception. L'ouvrage de protection, notamment lorsqu'il s'agit d'un traitement actif, est souvent perçu comme un traitement définitif et impérissable de l'aléa. La non-perception visuelle directe des ouvrages, leur éloignement par rapport aux infrastructures qu'ils protègent, les difficultés d'accès (en montagne et en paroi), la difficulté relative, voire l'impossibilité de réalisation, de certains contrôles, l'absence de documents « mémoire » au niveau de la Maîtrise d'ouvrage (dossiers d'ouvrage et d'entretien souvent inexistantes pour des ouvrages anciens) conduisent parfois à l'abandon total de l'ouvrage ou, dans le pire des cas, à l'oubli pur et simple de son existence.

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, tablier d'ouvrage d'art, glissières de sécurité, etc.) : cela procède de l'obligation du Maître d'ouvrage en matière de sécurité des usagers de l'infrastructure. Bien que souvent éloignés physiquement de l'infrastructure qu'ils protègent, ces ouvrages sont une partie intégrante de celle-ci.

Pour toutes ces raisons, il importe donc de créer une dynamique « Entretien et maintenance des ouvrages de protection » avec les cellules chargées de l'exploitation et de l'entretien de la route ou toute autre infrastructure. L'éloignement physique des ouvrages de protection doit être pris en compte, de même que leur difficulté d'accès. Les obligations du Maître d'ouvrage vont s'articuler en quatre étapes :

■ 1. Recensement et localisation des ouvrages

Cette étape est normalement due par l'entreprise à la fin de la construction du ou des ouvrages : le recensement est formalisé dans un dossier de recollement. La somme de tous les dossiers de recollement doit être capitalisée dans un document général visible des équipes chargées de l'entretien de l'infrastructure.

En l'absence de ce document, il convient de mandater un bureau d'étude spécialisé capable d'identifier, repérer et définir le besoin d'entretien et maintenance de ces ouvrages. Le cas échéant, il pourra être nécessaire de vérifier préalablement l'adéquation risque/parade. Le bureau d'étude sera capable de rechercher les archives nécessaires à l'établissement de sa mission.

■ 2. Programmation des campagnes d'entretien

Chaque ouvrage fait l'objet d'une fiche et d'un programme d'entretien/maintenance avec une période de retour à définir clairement sur la fiche. Le présent guide aide à définir ces fiches.

■ 3. Passation, si nécessaire, d'un marché « Entretien et maintenance » avec des entreprises spécialisées pour les travaux d'accès difficile

Les équipes chargées traditionnellement de l'entretien et de la maintenance de l'infrastructure ne sont en général pas qualifiées pour ausculter ce type d'ouvrage. Il convient donc de passer un marché pluri-annuel avec des équipes spécialisées. La piste d'accès aux ouvrages doit entrer dans le programme d'entretien et de maintenance.

■ 4. Études particulières

Dans certains cas, la maintenance des ouvrages ne suffit plus (état de détérioration avancé, dépassement de la capacité de l'ouvrage). Des études complémentaires doivent alors être engagées.

Entre 1999 et 2009, on a pu noter un accroissement des mises en place de procédures de suivis, certaines sur la base des procédures qui sont exposées dans ce guide. Cette tendance a souvent été initiée par l'information qui a pu être dispensée dès le stade de l'étude de protection ou au cours de formations spécifiques « risques rocheux ». Les « états des lieux » qui ont été réalisés préalablement au partage des routes nationales entre les Conseils Généraux et les Directions Interdépartementales des Routes, lors de la décentralisation opérée dès la fin des années 1990, ont également été des initiateurs de procédures de suivi des ouvrages de protection.

CHAPITRE 3.

Origine des pathologies sur ouvrages de protection

Les facteurs qui sont à l'origine des pathologies affectant les ouvrages de protection contre les risques rocheux peuvent être différenciés en deux grandes catégories (Fig. 5) :

- les impacts environnementaux,
- les sollicitations fonctionnelles.

Leur identification permettra de cadrer avec précision les actions de dimensionnement, de suivi et de maintenance qui pourront être engagées, soit à titre préventif, soit à titre curatif.

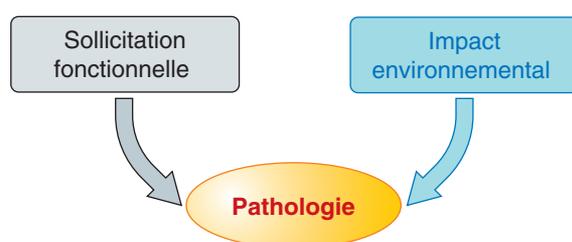


Fig. 5 - Les pathologies sont le résultat soit de sollicitations fonctionnelles soit d'impacts environnementaux.

3.1. Pathologies induites par impact environnemental

Par impact environnemental, on entend tout type d'action qui provient de l'environnement immédiat des ouvrages, à l'exclusion des éboulements rocheux ou des instabilités pour lesquelles ces ouvrages ont été conçus et mis en œuvre. Ces actions, qui incluent le vieillissement, peuvent donc avoir pour origine l'air, l'eau, le feu, la végétation, le terrain sur lequel est fondé l'ouvrage, les activités animales ou humaines... Elles peuvent avoir soit un effet direct sur les matériaux qui constituent l'ouvrage, soit un effet sur la structure ou la géométrie de cet ouvrage (Fig. 6).

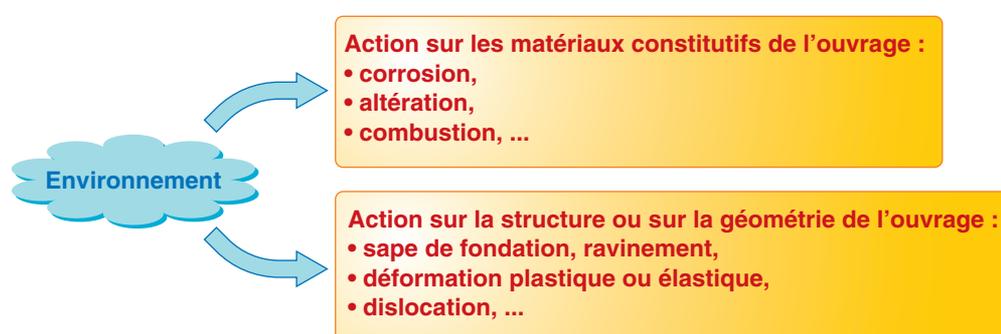


Fig. 6 - Exemple de pathologies induites par l'environnement immédiat de l'ouvrage.

L'impact environnemental concerne tous les types d'ouvrages, qu'ils soient de type actif ou de type passif, avec une intensité qui dépendra nécessairement de l'ouvrage, des matériaux employés pour sa réalisation et de la configuration environnementale. Par exemple, des ouvrages métalliques pourront être fortement sensibles à des embruns salins alors que des merlons armés de pneus resteront intacts. Un ruissellement intense pourra avoir un effet inverse alors qu'un incendie de forêt pourra produire des détériorations sur les deux types d'ouvrage.

3.1.1. Dégradation des matériaux constitutifs d'un ouvrage

Les agents environnementaux qui peuvent dégrader chimiquement ou mécaniquement les matériaux constitutifs d'un ouvrage sont, par exemple :

➤ l'eau : pluie, neige, glace, eaux de ruissellement, eaux d'infiltration (actions chimiques et/ou mécaniques) (Fig. 7 et Fig. 8),



Fig. 7 - Corrosion de serre-câbles avec divers degrés d'atteinte consécutifs à une hétérogénéité de la galvanisation.



Fig. 8 - Signes de corrosion des armatures d'une galerie pare-blocs consécutive à une fissuration du béton favorisant les circulations d'eau dans le béton.

- les cycles gel/dégel (action mécanique),
- les acides humiques (action chimique),
- les acides minéraux (action chimique),
- la foudre (action mécanique et thermo-électrique),
- les incendies (action thermo-mécanique et/ou thermo-chimique),
- l'air marin (action chimique) (Fig. 9),
- les saumures de déneigement (action chimique),
- l'électrolyse (action électro-chimique), etc.

Les matériaux susceptibles de se dégrader sous l'action environnementale vont être, pour l'essentiel, les métaux (Fig. 7, Fig. 8 et Fig. 9), les produits cimentés (coulis et bétons), les constituants des remblais et les dispositifs de renforcement de certains de ces remblais. L'intensité de la dégradation va, elle aussi, dépendre du type de matériau, des protections mises en œuvre et de la configuration environnementale.



Fig.9 - Exemple de corrosion extrême d'un écrou d'ancrage dans une zone exposée à des embruns marins.

3.1.2. Dégradation structurelle ou géométrique d'un ouvrage

Les agents environnementaux qui vont pouvoir déstructurer un ouvrage en place ou en modifier la géométrie sont, par exemple :

- les coulées de boues localisées et les ravinements,
- les glissements de terrain,
- les mises en charge hydrauliques (Fig. 10),
- les chutes d'arbres (sous l'action du vent, de la neige, de la foudre, de l'homme, etc.) (Fig. 11),
- l'accrochage accidentel (accidents de circulation, chasse-neige, débardage),
- la malveillance, etc.



Fig. 10 - Perturbation des écoulements d'eau due au colmatage des drains par la végétation, avec risque de mise en charge hydraulique (Brest).

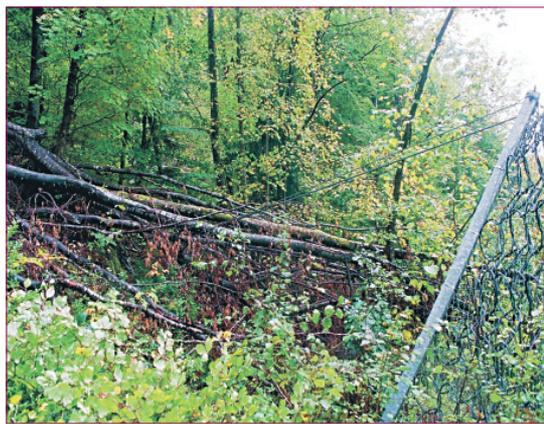


Fig. 11 - Modification géométrique d'un écran pare-blocs : la chute d'arbres sur l'ouvrage a provoqué une diminution sensible de sa hauteur nominale d'interception (Nantua).

“ Les pathologies dues à un impact environnemental sont des pathologies « anormales » pour lesquelles la prévention joue un rôle prépondérant. ”

En conclusion, il est possible de dire que les pathologies dues à un impact environnemental sont des pathologies « anormales » qui peuvent affecter les fonctions premières de l'ouvrage, qui peuvent réduire ses capacités en cas de sollicitation fonctionnelle et pour lesquelles la prévention joue un rôle prépondérant. Les actions préventives à mener peuvent se traduire par un ensemble de mesures telles que :

- un aménagement de l'environnement immédiat destiné à limiter les dégradations structurelles et géométriques, voire même prévenir une dégradation des matériaux qui pourrait se produire lors d'un incendie par exemple,
- un dimensionnement adapté des fondations de l'ouvrage, des talus amont ou aval, du drainage, etc.,
- une protection optimale des constituants métalliques contre la corrosion.

3.2. Pathologies induites par des sollicitations fonctionnelles

Les ouvrages de protection contre les risques rocheux sont, comme leur nom le laisse entendre, destinés à subir des sollicitations générées par des mouvements de matériaux rocheux. Les sollicitations peuvent être :

- statiques ou quasi-statiques lorsqu'il s'agit d'ouvrages « actifs » dont le rôle est de maintenir en place les masses potentiellement instables,
- dynamiques lorsqu'il s'agit d'ouvrages passifs puisque leur rôle est de « contrôler » des éboulis en mouvement.

Cas des ouvrages actifs

Pour les ouvrages actifs (ancrages et ouvrages de soutènement en béton pour l'essentiel), les sollicitations statiques ou quasi-statiques conduisent rarement à des désordres conséquents tant que les seuils de contrainte ou d'effort restent en-deçà des limites de résistance ultime des matériaux et de l'ouvrage dans son ensemble. Les gros désordres tels que les ruptures de barres d'acier, les ruptures de scellement ou les fracturations de béton sont le signe d'une erreur de dimensionnement, d'une inadéquation entre l'aléa et la parade ou d'un défaut de réalisation flagrante. La détection des désordres sur les ouvrages actifs, qui sont réputés non-déformables (ou très faiblement déformables) du fait de leur conception et de leur principe de fonctionnement ou qui sont inaccessibles pour le cas des ancrages, ne peut se faire sans une instrumentation mise en place au cours de l'exécution des travaux. Lorsque des désordres fonctionnels apparaissent, l'origine peut être attribuée à un dépassement de la capacité de l'ouvrage considéré (rupture d'ancrage se traduisant par la chute de l'ensemble conforté, fracturation du béton d'un contrefort par dépassement des résistances à la compression ou au cisaillement, etc.) ou à un défaut de réalisation. Dans tous les cas, l'ouvrage est à reconsidérer.

Cas des ouvrages passifs

Pour les ouvrages passifs, les sollicitations dynamiques peuvent conduire à des dégradations ou des déformations variables qui seront fonction de l'intensité de la sollicitation (exemple des écrans de filets pare-blocs déformables). Elles peuvent atteindre des niveaux importants, notamment lors d'impacts fortement énergétiques, aux limites de la capacité de dissipation de l'ouvrage considéré.

Outre l'aspect purement énergétique de la sollicitation, qui va prendre en considération l'intensité du phénomène, il faut tenir également compte de l'aspect cumulatif de phénomènes faiblement énergétiques. Des événements qui, pris individuellement, sont sans incidence, peuvent conduire, à terme, à une restriction de la capacité géométrique

de l'ouvrage. Par apports successifs de matériaux modestes, dans le cas des fosses de réception ou des écrans par exemple, l'accumulation des éboulis dans l'aire de stockage amont peut conduire à une forte réduction des capacités de stockage et/ou d'interception. Cet état de fait peut s'avérer sans que l'ouvrage d'arrêt ne subisse lui-même de sollicitations dynamiques élevées.

Selon le degré de sollicitation de l'ouvrage, par rapport au niveau énergétique pris en compte pour son dimensionnement (le principe reste le même lorsqu'il s'agit du niveau de remplissage d'un ouvrage de retenue), il est possible de distinguer plusieurs seuils qui vont conditionner les suites à donner pour la maintenance de l'ouvrage (Fig. 12).

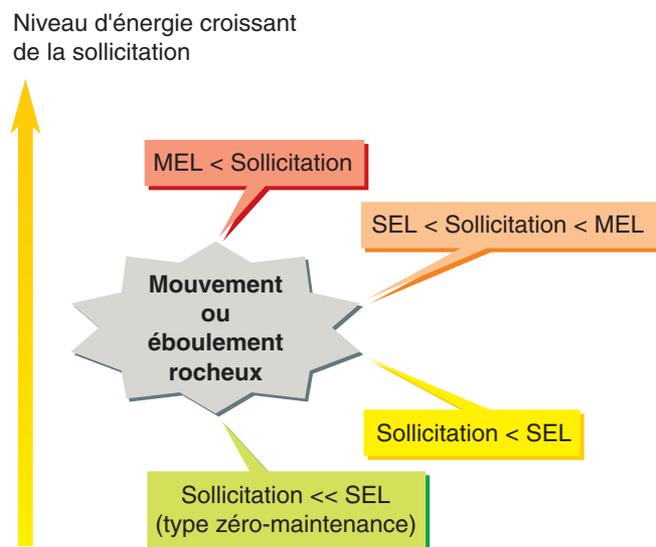


Fig. 12 - Classement des sollicitations par niveau d'énergie.

“ Le niveau d'énergie maximal (ou MEL) correspond au niveau maximal d'énergie cinétique que l'ouvrage est capable de dissiper, au moins une fois. ”

“ Le niveau d'énergie de service (ou SEL) correspond à un niveau d'énergie cinétique que l'ouvrage doit être capable de dissiper plusieurs fois consécutives (notion de service) ”

Le niveau d'énergie maximal ou MEL*, pour Maximum Energy Level, correspond à l'énergie cinétique maximale que l'ouvrage est capable de dissiper, au moins une fois, lors de l'impact d'un bloc, donc pour un événement isolé. Cette sollicitation peut conduire, dans les cas extrêmes, à la ruine de l'ouvrage mais avec un contrôle efficace de l'événement considéré.

Le niveau d'énergie de service ou SEL*, pour Service Energy Level, correspond à un niveau d'énergie cinétique que l'ouvrage doit être capable de dissiper plusieurs fois consécutives, lors d'impacts de blocs, tout en gardant une capacité résiduelle d'arrêt pour des événements futurs (notion de service). Le nombre d'événements que peut contrôler l'ouvrage en restant dans les limites du SEL n'est pas clairement défini pour tous les types d'ouvrages passifs. Dans le cas des écrans pare-blocs, une procédure d'essai en vraie grandeur (Fig. 13) basée sur un guide pour l'agrément technique européen (ETAG 27**) en vue du marquage CE (applicable à partir de février 2008) définit clairement les limites MEL et SEL avec, par exemple, une hauteur résiduelle d'ouvrage, après un premier impact, fixée à 70 % de la hauteur nominale initiale. Après un second impact, la seule exigence requise est que le bloc soit arrêté par l'écran, quels que soient les désordres occasionnés à l'ouvrage. Il est possible, voire probable, qu'après un premier impact dans les limites du SEL, l'ouvrage ne soit plus en mesure de contrôler un événement dont l'énergie serait proche du MEL, sans réfection intermédiaire de l'ouvrage s'entend.

* Les notions de MEL et de SEL sont issues des protocoles de test des écrans pare-blocs selon l'ETAG 27, en vue des marquages CE.

** ETAG 27 : European Technical Approval Guideline n° 27 téléchargeable sur le site de l'EOTA (European Organisation for Technical Approval).

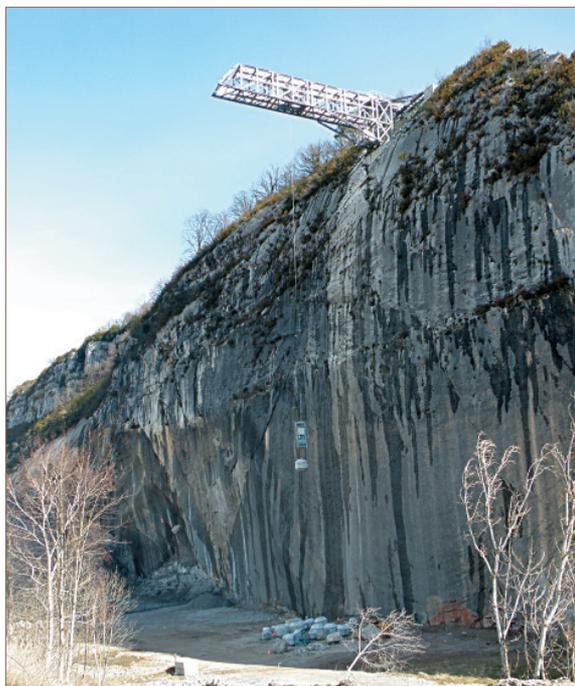


Fig.13 - Station de chute de blocs pour des essais en vraie grandeur à Montagnole (Savoie).

Les différents niveaux de sollicitation décrits ci-après correspondent à des niveaux d'énergie croissants.

3.2.1. Sollicitation minimale, très en-deçà du SEL (ou de type « zéro maintenance »)

Ce type de sollicitation faiblement énergétique (Fig. 14) situé très en-deçà du SEL, se caractérise par :

- une atteinte minimale de l'ouvrage avec déformation élastique des matériaux ou déformation plastique sur des éléments « non fonctionnels »,
- pas de perte de fonctionnalité de l'ouvrage,
- pas d'atteinte (ou indécélable/très localisée) au matériau pouvant provoquer des effets différés de corrosion ou de dégradation.

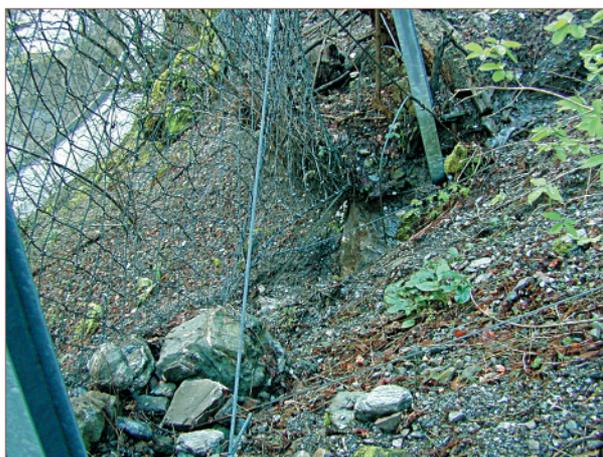


Fig.14 - Exemple de sollicitation de type «zéro maintenance» : les blocs faiblement énergétiques interceptés par l'écran n'ont pas provoqué de déformations plastiques (pas de sollicitation des freins ni de réduction de la hauteur nominale) et ne nuisent pas au bon fonctionnement futur de l'ouvrage en cas de sollicitation (Val d'Arly).

À ce niveau de sollicitation, il n'y a pas de travaux particuliers de restauration ou d'entretien de l'ouvrage à envisager, par définition (zéro maintenance)...

3.2.2. Sollicitation en-deçà du SEL

À ce stade de sollicitation, le niveau énergétique peut atteindre la valeur de service, sans toutefois l'excéder. On peut alors noter :

- une atteinte de l'ouvrage avec une déformation plastique de certains éléments pouvant être fonctionnels (Fig. 15),
- une perte partielle de fonctionnalité, mais considérée comme tolérable (le seuil de tolérance sera fonction du type d'ouvrage) (Fig. 16),
- une atteinte aux matériaux constitutifs de l'ouvrage pouvant provoquer des effets différés de corrosion ou de dégradation.



Fig. 15 - Dans cet exemple de grillage pendu sur poteaux fortement sollicité, on note la déformation des poteaux qui réduit la hauteur d'interception de l'ouvrage dans des proportions acceptables (quelques décimètres) mais qui, à terme, pourra induire une corrosion de l'acier. Par contre, la fonctionnalité de l'ouvrage, malgré son aspect dégradé, n'est pas remise en question (Val d'Arly).



Fig. 16 - Cet écran pare-blocs a été sollicité avec de faibles niveaux d'énergie, mais avec une fréquence d'apport de matériaux élevée. Le taux de remplissage de l'ouvrage a atteint son maximum et on note une réduction sensible de la hauteur de l'ouvrage (flèche rouge). Un curage doit être envisagé pour lui rendre sa fonctionnalité (Ste Suzanne, 2003).

Une sollicitation proche du SEL impose un diagnostic précis de l'ouvrage qui conduira nécessairement à la programmation de travaux d'entretien ou de restauration partielle.

3.2.3. Sollicitation au-delà du SEL mais en-deçà du MEL

Dans ce type de sollicitation (Fig. 17, Fig. 18 et Fig. 19), la capacité énergétique maximale de l'ouvrage peut être atteinte, sans toutefois l'excéder. L'éboulement considéré aura été contrôlé, mais un nouvel événement, même d'ampleur moindre, ne le sera pas nécessairement. On note alors :

- une atteinte maximale de l'ouvrage avec des déformations plastiques, voire la rupture de certains éléments pouvant être fonctionnels,
- la perte partielle ou totale de fonctionnalité pouvant rendre l'ouvrage inadéquat contre de futurs événements (en fonction du niveau d'atteinte).



Fig.17 - Cet écran pare-blocs a été sollicité avec un niveau d'énergie sensiblement supérieur à son SEL, sans toutefois atteindre le MEL. La hauteur résiduelle de l'ouvrage étant insuffisante pour contrôler un événement identique (perte de plus de 50 %), une reconstruction est à programmer (Tarentaise).



Fig.18 - L'éboulement qu'a subi cet écran pare-blocs a provoqué l'effacement d'un support. La hauteur résiduelle de l'ouvrage est nulle et un nouvel événement, même minime, ne pourrait être contrôlé. L'ouvrage (qui a parfaitement rempli son rôle) est à reconstruire (Tarentaise).



Fig.19 - Ce filet métallique pendu a été sollicité aux limites de ses possibilités. L'éboulement a été contrôlé mais l'ouvrage n'est plus en mesure d'assurer à nouveau ses fonctions. Une restauration est à réaliser (La Réunion).

À ce stade de sollicitation, l'ouvrage en est à reconstruire, au moins à l'identique dans la mesure où il a parfaitement rempli son rôle, mais n'est pas en mesure de réitérer la performance.

3.2.4. Sollicitation au-delà du MEL

À ces niveaux d'énergie, l'ouvrage est sollicité au-delà de ses capacités maximales (Fig. 20 et Fig. 21) et on constate :

- la destruction totale de l'ouvrage (au moins dans la zone d'impact),
- que l'ouvrage n'a pas rempli totalement son rôle,
- qu'il ne possède plus aucune fonctionnalité (au moins dans la zone d'impact), même contre des événements minimes.



Fig. 20 - La barrière grillagée a été perforée par un bloc trop énergétique pour ce type d'ouvrage. Il s'avère que la protection n'était pas adaptée à l'aléa. Un autre ouvrage de capacité supérieure devrait être envisagé. À défaut, l'écran doit être réparé pour l'interception de pierres faiblement énergétiques (Tarentaise).



Fig. 21 - Un éboulement très volumineux a détruit l'écran pare-blocs disposé dans le versant. Le MEL a été dépassé et l'ouvrage n'a pas pu remplir son rôle. Après analyse du risque résiduel, une nouvelle protection devra être définie, si possible (Alpes-Maritimes).

En cas de dépassement du MEL, l'ouvrage détruit est à reconsidérer car, *a priori*, sous-dimensionné. Dans la mesure du possible, un ouvrage de capacité supérieure devra être mis en œuvre ou une alternative devra être trouvée. À défaut, il faudra être conscient des limites de la protection...

3.3. Bilan

Concernant l'origine des pathologies, on peut relever que :

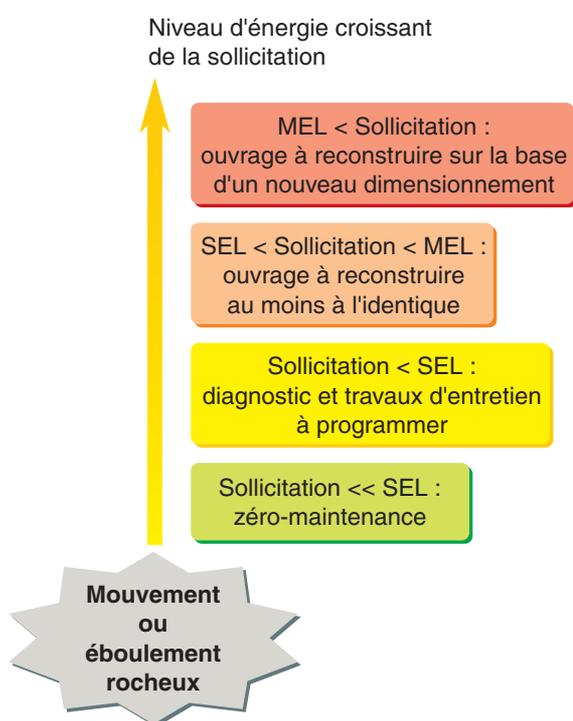
► les pathologies dues à un impact environnemental sont des pathologies considérées comme « anormales » dans la mesure où ces atteintes peuvent pénaliser l'ouvrage lors de sollicitations fonctionnelles et dans la mesure où elles peuvent être assez facilement évitées moyennant la mise en œuvre de mesures préventives et grâce à l'entretien de l'ouvrage et de son environnement :

- aménagement préalable et entretien régulier de l'environnement immédiat de l'ouvrage,
- dimensionnement adapté des composants de l'ouvrage, des fondations, des talus voisins, du drainage, etc.,
- protection des constituants contre la corrosion,
- utilisation de matériaux adaptés,

► les pathologies dues à une sollicitation fonctionnelle sont des pathologies considérées comme « normales », aux erreurs de diagnostic ou de dimensionnement près. Les ouvrages passifs sont soumis à des sollicitations dynamiques qui, nécessairement, vont entraîner des désordres structuraux, à des degrés divers et qui sont parfois nécessaires au bon fonctionnement de l'ouvrage (exemple des ouvrages à dissipation d'énergie par déformations plastiques).

Pour limiter les effets consécutifs à une sollicitation fonctionnelle, le rôle prépondérant sera joué par le dimensionnement global de l'ouvrage, la qualité des matériaux employés, la qualité de la mise en œuvre et la rigueur de l'entretien :

- adéquation aléa/parade,
- dimensionnement mécanique des éléments et des ensembles composites,
- qualité des matériels et matériaux employés,
- qualité de la mise en œuvre,
- qualité du suivi et de la maintenance.



Selon le degré de sollicitation fonctionnelle subi par l'ouvrage, les interventions de maintenance nécessaires vont être fonction des pathologies relevées (Fig. 22) :

■ **Sollicitation au-delà du MEL** : l'ouvrage est à reconsidérer car, *a priori*, il était sous-dimensionné (inadéquation aléa/parade).

■ **Sollicitation au-delà du SEL mais en-deçà du MEL** : l'ouvrage a parfaitement rempli son rôle. N'étant plus en mesure de réitérer la performance, il est à reconstruire, au moins à l'identique.

■ **Sollicitation en-deçà du SEL** : un diagnostic précis de l'ouvrage est à établir et des travaux d'entretien sont à programmer. Le degré d'urgence de l'intervention sera à traiter au cas par cas.

■ **Sollicitation très en-deçà du SEL, de type « Zéro maintenance »** : pas de travaux particuliers à envisager, par définition.

Fig. 22 - Gradation des interventions de maintenance en fonction du niveau de la sollicitation.

CHAPITRE 4.

Prévention des désordres

“ La prévention concerne les pathologies d’origine environnementale, alors que les pathologies dues à des sollicitations fonctionnelles relèvent plutôt de la maintenance curative. ”

Comme il a été précisé dans le chapitre précédent, les désordres qui peuvent affecter les ouvrages de protection contre les risques rocheux peuvent avoir deux origines distinctes :

- une origine environnementale,
- une origine fonctionnelle.

La prévention va concerner, pour l’essentiel, les pathologies d’origine environnementale, alors que les pathologies dues à des sollicitations fonctionnelles vont relever plutôt de la maintenance curative, voire améliorative. La part de prévention, par rapport aux sollicitations fonctionnelles, concerne pour l’essentiel le dimensionnement de l’ouvrage et est du ressort du bureau d’étude et/ou du concepteur.

À partir de quand faut-il se préoccuper de la prévention des désordres dans les ouvrages ? Si l’on considère la succession des phases selon lesquelles se décline le processus de qualification et de traitement du risque*, à savoir :

- le cahier des charges,
- l’approche d’ensemble, l’identification et la caractérisation des instabilités potentielles et la détermination des aléas résultants,
- le choix et le dimensionnement des mesures de protection,
- la réalisation des travaux,
- le suivi et la maintenance des ouvrages,

il apparaît que l’action préventive doit être initiée précocement dans le processus d’élaboration et de mise en œuvre des parades, c’est-à-dire dès la phase de choix et de dimensionnement. Elle doit se poursuivre lors du choix et de la mise en œuvre des matériels et des matériaux (dans le Cahier des Clauses Techniques Particulières – CCTP - du Dossier de Consultation des Entreprises – DCE), puis par des contrôles effectués à tous les stades de l’exécution et, pour finir, par l’application de procédures rigoureuses de suivi et d’entretien des ouvrages.

4.1. Prévention générale des désordres environnementaux

Selon le type d’ouvrage considéré, la prévention des désordres ayant une origine environnementale va être abordée différemment. Pour certains effets tels que l’instabilité des terrains ou des arbres, par exemple, il sera possible d’agir préventivement sur l’environnement lui-même ; pour d’autres tels que les attaques corrosives sur les métaux, la prévention ne pourra être axée que sur la protection des matériaux qui subiront passivement les éléments.

* Référence *Les études spécifiques d’aléa lié aux éboulements rocheux* - Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement. Collection Environnement - Les risques naturels. LCPC Paris, 2004, ISBN 2-7208-0363-4.

Dans les tableaux III et IV, on trouvera les grands axes des actions de prévention qui pourront être mises en œuvre, en fonction du type d'ouvrage concerné.

Tableau III - Actions de prévention proposées par type d'ouvrage - Cas des parades passives

Prévention des désordres environnementaux		
Parades passives	Commentaires	Actions de prévention
Barrages : merlon (avec fréquemment fosse associée)	Les matériaux composant ces ouvrages sont chimiquement inertes ou stables (remblais, pneus, géotextiles...). Dans le cas contraire, adapter la prévention par analogie avec d'autres ouvrages comportant les mêmes matériaux.	S'assurer que le massif de fondation de l'ouvrage et que le talus situé en arrière soient mécaniquement stables (étude géotechnique si nécessaire). S'assurer que l'ouvrage lui-même est stable (étude spécifique de dimensionnement). Avoir le contrôle des circulations hydrauliques superficielles et profondes (drainage et évacuations par défaut). Limiter le risque d'atteinte de l'ouvrage par un incendie en cas d'utilisation de pneus et géotextiles (périmètre d'élagage préventif).
Écrans : écran rigide, écran peu déformable, écran déformable	Ces ouvrages sont composés, pour l'essentiel, de matériaux ferreux. Dans certains cas particuliers, il peut être fait usage de poteaux de bois et de filets de textiles.	S'assurer que le massif de fondation de l'ouvrage et que le talus situé en arrière soient mécaniquement stables. Protéger les métaux contre la corrosion. Éviter le risque d'atteinte de l'ouvrage par la chute d'arbres qui pourraient en réduire la hauteur utile (périmètre d'élagage préventif). Limiter le risque d'atteinte de l'ouvrage par un incendie en cas d'utilisation de matériaux sensibles tels que bois et textiles (périmètre d'élagage préventif).
Déviateurs : déflecteur, déviateur latéral, galerie, casquette	Ces ouvrages sont généralement en béton ou en béton armé.	Appliquer les règles de prévention communément appliquées aux ouvrages d'art classiques.
Déviateurs : nappes de grillages ou de filets pendus	Sauf exception, ces ouvrages sont métalliques.	Protéger les métaux contre la corrosion. Utiliser préférentiellement des câbles à âme métallique (AM) plutôt que des câbles à âme textile (AT) pour limiter, entre autre, le risque de corrosion interne.
Dissipateurs d'énergie : dispositif amortisseur, boisement	Les amortisseurs peuvent être composés de matériaux inertes (remblais par exemple) ou associés à des matières plastiques ou organiques (polystyrène, caoutchouc, ...).	Si l'amortisseur est composé de matériaux sensibles au feu, prévoir le périmètre de sécurité nécessaire. Pour ce qui concerne les plantations forestières, prévenir les incendies et limiter les attaques parasitaires autant que possible...

Tableau IV - Actions de prévention proposées par type d'ouvrage - Cas des parades actives

Prévention des désordres environnementaux		
Parades actives	Commentaires	Actions de prévention
Suppression de la masse : purge, reprofilage		S'assurer périodiquement qu'il n'y a pas réactivation de la zone cicatricielle ou périphérique.
Stabilisation, confortement : soutènement, béton projeté	Ces ouvrages sont généralement en béton ou en béton armé	Appliquer les règles de prévention communément appliquées aux ouvrages d'art classiques
Stabilisation, confortement : ancrage, ancrage en sol meuble, filet et grillage ancrés	Sauf exception, ces ouvrages sont métalliques	Protéger les métaux contre la corrosion. Utiliser préférentiellement des câbles à âme métallique (AM) plutôt que des câbles à âme textile (AT) pour limiter, entre autres, le risque de corrosion interne (voir paragraphe 4.3).
Végétalisation		Pour ce qui concerne les plantations, prévenir les incendies et procéder à une alimentation hydrique adaptée, surtout les premières années.
Drainage : drainage des eaux superficielles, drainage profond		Procéder au curage régulier des drains profonds. Nettoyer les matériaux pouvant encombrer les fossés. Contrôler le débit d'exhaure des systèmes drainants, ce qui peut nécessiter la mise en place de regards lors de la réalisation.

Pour tous ces ouvrages, le contrôle qualité appliqué à tous les stades de la conception et de la réalisation est gage de pérennité.

Si les actions de prévention ciblées sur l'environnement sont spécifiques et doivent être adaptées pour chaque chantier ou chaque ouvrage (Fig. 23), la protection des métaux contre la corrosion peut obéir à des règles plus générales et répondre à des normes. Dans le cadre des ouvrages pare-blocs, les pièces métalliques sont représentées essentiellement par les ancrages avec leurs plaques et écrous (majorité des ouvrages), par les armatures de béton, par les supports de type poteaux, par les câbles, par tous les accessoires d'assemblage et de liaison de ces câbles, et par les filets ou grillages.

4.2. Prévention de la corrosion des ancrages (et de l'acier en général)

En matière de confortement, la zone réellement efficace des ancrages passifs se situe dans le massif rocheux. L'acier de la barre est alors sous la protection du produit de scellement à base de ciment qui génère localement un pH nettement basique et qui assure la passivation de l'acier. Il est donc fondamental que la barre soit parfaitement enrobée par le produit de scellement et l'utilisation de centreurs* (ou distanceurs) est indispensable. Le diamètre de foration est également important du point de vue de l'enrobage de la barre dans son scellement. L'application des règles ci-après (Tableau V) permet d'assurer une protection optimale des ancrages.

* Le centreur (ou distanceur) est un accessoire, généralement en matière plastique, qui se positionne sur la barre d'ancrage, à intervalle régulier, et qui permet de la positionner parfaitement centrée dans le trou de foration. Le produit de scellement est alors réparti de manière équitable autour de la barre et assure une passivation homogène. Il existe plusieurs modèles de centreurs, mais qui ont un rôle analogue.

Tableau V - Diamètre de foration à préconiser selon le diamètre de la barre d'ancrage afin d'optimiser la protection pour le produit de scellement (pour les scellements à base de ciment)

ϕ ancrage	ϕ foration
≤ 25 mm	ϕ barres + 30 mm
> 25 mm	ϕ barres + 40 mm

Il est également fondamental, et pas seulement pour la protection de l'acier contre la corrosion, que le scellement soit parfait sur toute la longueur de la barre. L'injection du produit de scellement en fond de trou, à l'aide d'une canule d'injection et jusqu'à refoulement complet, évitera la présence de lacunes qui pourraient exister, notamment en profondeur.

Dans certains cas particuliers, notamment en milieu agressif avec des eaux au pH très faible, on pourra être amené à prendre en compte une épaisseur d'acier sacrificielle dans le dimensionnement du confortement.

À titre d'exemple, avec une eau au pH de 5,5 circulant dans des roches volcaniques, il a été tenu compte d'une corrosion de 40 μ m/an sur le rayon de la barre. Dans le tableau VI, la charge de service de l'ancrage correspond à une utilisation classique des ancrages aux 2/3 de la limite élastique de l'acier sans corrosion. La charge utile correspond, quant à elle, à la sollicitation applicable à la barre en tenant compte d'une épaisseur sacrificielle de 4 mm (corrosion sur un siècle).

Tableau VI - Charge de service proposée en fonction du diamètre nominal d'une barre d'ancrage en tenant compte d'une corrosion sacrificielle de 4 mm.

Après un siècle, une barre de diamètre 40 mm corrodée aura une charge de service équivalente à celle d'une barre de diamètre 32 mm neuve

Diamètre nominal (mm)	Charge utile (kN)	Limite élastique (kN)	Charge de service (kN)
25	75,7	245,5	163,7
28	104,8	308,0	205,3
32	150,8	402,0	268,0
40	267,9	628,0	418,7
50	461,0	980,0	653,3

Le rôle du scellement, qui constitue le lien mécanique entre la barre d'acier et le massif d'ancrage, est tout aussi fondamental que celui de l'acier et requiert un soin particulier tant au niveau de son choix qu'au niveau de son application. Il faudra notamment veiller :

- à la compatibilité chimique avec l'environnement,
- au choix des charges additionnées aux ciments (coulis purs ou mortiers),
- au respect des dosages et des conditions de mise en œuvre,
- au remplissage et au calfatage du trou,
- aux caractéristiques mécaniques qui devront être caractérisées par des essais de convenance* et de conformité** selon les normes en vigueur.

Lorsque l'ancrage joue le rôle de point d'amarrage, pour un écran pare-blocs par exemple, la zone d'application de la force attendue sur la barre va se situer à l'air libre, au niveau de sa tête. Dans ce cas, la protection de l'acier ne devra pas être assurée seulement au niveau du scellement, mais également au niveau de toute la tête***. Pour ce faire, il existe divers procédés :

- la mise en place de produits anti-corrosion de type peinture ou brai multi-composants.

* Essai de convenance : test du comportement du scellement dans les conditions spécifiques du chantier.

** Essai de conformité : vérification du comportement attendu et de la qualité du produit réalisé, sur la base des résultats de référence provenant de l'essai de convenance.

*** La tête de l'ancrage comporte : la partie aérienne de la barre d'ancrage (hors trou de foration), la plaque de répartition ainsi que l'écrou de serrage.



Fig. 23 - Capots de protection des têtes d'ancrage à fort impact visuel. Ce type de matériel peut être toléré sur certains sites, mais non généralisé (ici, un site militaire protégé).

Ce procédé est généralement réservé à la tête de l'ancrage. Après mise en place de la plaque de répartition et serrage de l'écrou, il est souvent nécessaire de renouveler l'application de la protection pour réparer les blessures. En outre, la tenue dans le temps de ces produits appliqués sur chantier est relativement limitée ;

- ▶ le traitement par zingage*. Le traitement peut être limité à la partie aérienne de l'ancrage (sa tête) ou effectué sur toute sa longueur. La tenue dans le temps sera fonction de l'épaisseur de zinc et de l'agressivité du milieu ;
- ▶ le traitement par chromatisation**. Comme pour le zingage, le traitement peut être limité à la tête de l'ancrage ou effectué sur toute sa longueur. La tenue dans le temps, sensiblement meilleure que pour le zingage, sera aussi fonction de l'épaisseur du traitement et de l'agressivité du milieu. Ce traitement est généralement réservé aux pièces de petite taille, donc peu usité ;
- ▶ le traitement par galvanisation***. Comme pour le zingage, le traitement peut être limité à la tête de l'ancrage ou effectué sur toute sa longueur. La tenue dans le temps sera aussi fonction de l'épaisseur de zinc et de l'agressivité du milieu. L'épaisseur de zinc déposée par cette technique « à chaud » est supérieure à celle du zingage électrolytique et l'accroche est meilleure. La tenue dans le temps sera par conséquent meilleure. Il faut toutefois préciser que les écrous nécessitent une fabrication spéciale pour tenir compte de l'épaisseur de la protection. Il existe également une galvanisation par alliage d'aluminium (~ 95%) et de zinc (~ 5%) auxquels sont ajoutés quelques p.p.m. de Mischmetal**** dénommée couramment galvanisation alumino-zinguée ou (Al-Zn). Cette galvanisation Al-Zn assure une protection optimale de l'acier, avec une durée de vie environ trois fois supérieure à celle de la galvanisation Zn seule ;

* Zingage : dépôt d'une pellicule de zinc sur un acier par procédé électrolytique.

** Chromatisation ou bichromatage : dépôt chimique d'une pellicule de chrome sur un acier.

*** Galvanisation : dépôt d'une pellicule de zinc sur un acier par immersion dans un bain de zinc en fusion.

**** Alliage de métaux et de terres rares contenant environ 50 % de cérium et pour le reste du lanthane, du néodyme et des éléments de la même série.

- l'utilisation de barres d'acier protégées de type P2*. La protection de ces barres est maximale et permet une utilisation dans des milieux extrêmes avec une pérennité sans limite. L'aspect visuel des têtes de ce type de barre peut cependant être rédhibitoire (Fig. 23) ;
- l'utilisation de barres en acier Inox. Sous réserve d'utiliser une nuance** adaptée au milieu environnant pour éviter les éventuels soucis d'électrolyse, les barres Inox présentent une garantie maximale de protection contre la corrosion.

Les tableaux VII, VIII, IX et X donnent quelques indications quant à la tenue relative des protections anticorrosion par dépôt métallique.

Tableau VII - Exemple de temps de tenue de la protection en brouillard salin

Tenue de la protection au brouillard salin	Zingage blanc	Bichromatage (jaune)
Épaisseur 5 µm au minimum	Moins de 100 heures (sans garantie)	200 heures au minimum
Épaisseur 10 µm au minimum	Moins de 100 heures (sans garantie)	400 heures au minimum (exigence dans l'automobile)

Tableau VIII - Épaisseur minimale et moyenne de la protection recommandée par type de pièce

Pièce à protéger	Épaisseur locale de revêtement (valeur minimale en µm)	Épaisseur moyenne de revêtement (valeur minimale en µm)
Acier ≥ 6 mm (barres + plaques + accessoires acier)	70	85
Pièces moulées ≥ 6 mm (écrous et manchons moulés)	70	80

Extrait de la norme ISO 1461 : 1999(F).

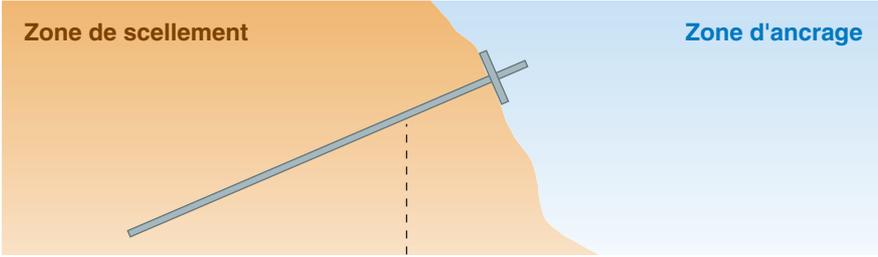
Tableau IX - Classement des milieux corrosifs selon la norme NF EN ISO 14713

Code	Catégories de corrosion	Risque de corrosion	Vitesse de corrosion Perte moyenne d'épaisseur du zinc µm/an
C1	Intérieur : sec	Très faible	≤ 0,1
C2	Intérieur : condensation occasionnelle Extérieur : exposition rurale à l'intérieur des terres	Faible	0,1 à 0,7
C3	Intérieur : humidité élevée, air légèrement pollué Extérieur : environnement industriel et urbain à l'intérieur des terres ou côtier doux	Moyen	0,7 à 2
C4	Intérieur : piscines, usines chimiques, etc. Extérieur : environnement industriel à l'intérieur des terres ou urbain côtier	Élevé	2 à 4
C5	Extérieur : environnement industriel très humide ou côtier, très salin	Très élevé	4 à 8
Im2	Eau de mer dans les régions tempérées	Très élevé	10 à 20

* Barres P2 : barres d'ancrage protégées sur toute leur longueur par un ensemble de gaines plastiques et de scellements qui isolent totalement l'acier du milieu ambiant. La tête d'ancrage est elle-même protégée par un ensemble de « capots » isolants.

** Il existe de très nombreuses nuances d'acier Inox et la détermination de celle qui sera le mieux adaptée au milieu considéré devra être effectuée par un métallurgiste spécialiste.

Tableau X - La protection de la barre doit s'envisager à la fois vis-à-vis de l'environnement extérieur et vis-à-vis du terrain dans laquelle la barre est scellée



Zone de scellement	Zone d'ancrage
Terrain très agressif • Protection P2	Environnement très agressif • Protection P2
Terrain moyennement agressif • Époxy, zingage ou galvanisation	Environnement moyennement agressif • Époxy, zingage ou galvanisation
Terrain peu agressif • Pas de protection (épaisseur sacrifiée à la corrosion)	Environnement peu agressif • Barre nue, plaque galvanisée, écrous zingués

La protection des aciers, telle que décrite dans ce paragraphe, vaut aussi pour tous les accessoires métalliques.

Les matériaux les plus sensibles utilisés dans la conception des ouvrages pare-blocs sont, pour l'essentiel, les matériaux ferreux. Pour qualifier, voire quantifier leur état de dégradation (corrosion), il existe une échelle des degrés d'enrouillement (Norme ISO 4628-3) qui est préconisée pour la description des atteintes sur des ouvrages d'art complexes, mais qui est inadaptée pour le diagnostic des ouvrages de protection du fait de sa complexité. Dans la pratique, une échelle simplifiée (C0-C1-C2-C3) est utilisée de manière opérationnelle depuis les années 1990, avec des résultats tout à fait satisfaisants (tableau XI).

Tableau XI - Échelle simplifiée de la quantification de la corrosion constatée sur ouvrage de protection

Échelle de corrosion	Caractérisation du degré de corrosion	Mesures à prendre
C3	Corrosion totale et profonde avec perte de fonctionnalité	Pièce à changer sans délai
C2	Corrosion totale marquée, avec début de diminution des sections d'acier	Remplacement de la pièce à programmer
C1	Corrosion partielle ou limitée, n'entraînant pas de diminution sensible des caractéristiques mécaniques	Élément à traiter ou remplacement à envisager
C0	Pas de corrosion	—

4.3. Prévention de la corrosion des câbles et des accessoires de liaison

Comme il a déjà été dit dans les précédents paragraphes, il sera préférentiellement fait usage de câbles à âme métallique (notés AM) plutôt que de câbles à âme textile (notés AT) dans le cadre d'une utilisation pour ouvrages pare-blocs. Ce choix permet de limiter le risque de corrosion interne des torons qui peut être générée par les eaux agressives qui stagnent dans le textile de l'âme. En effet, ce type de corrosion par l'intérieur (Fig. 24) est difficilement détectable, voire non-détectable lorsque le câble est sous tension. Au niveau

des liaisons, en cas d'utilisation de câble AT, l'âme textile risque également de fluer, avec le temps, sous la pression des serre-câbles et de causer un desserrage incontrôlable de la liaison, avec toutes les conséquences que cela peut entraîner. Dans tous les cas, il est fondamental de contrôler la conformité des câbles aux normes européennes en vigueur.



Fig. 24 - Exemple de câble à âme textile (AT) avec âme fortement dégradée.

Autre point sensible : les serre-câbles. Ces accessoires, qui permettent de réaliser des liaisons de câbles sur site, sont des pièces métalliques dont les performances sont directement liées à la qualité de la fabrication, à la rigueur de la procédure de pose et à l'intégrité du matériau. Les serre-câbles en acier moulé sont des accessoires qui doivent être réservés à des ouvrages de capacité modeste (moins de 200 kilojoules). Pour les énergies supérieures, il faudra privilégier des serre-câbles forgés, dont la résistance mécanique est supérieure et plus en adéquation avec les sollicitations dynamiques mises en jeu. Certains modèles ont un cavalier* forgé et une platine** moulée. D'autres ont tous les éléments forgés. Les écrans à très haute capacité (≥ 3000 kJ) devront être équipés de serre-câbles intégralement forgés.

Quel que soit le type de serre-câble considéré, le nombre d'unités à mettre en place par liaison doit respecter rigoureusement le minimum recommandé par le fabricant. Pour un câble de diamètre 16 mm par exemple, le nombre de serre-câbles peut être de 3 (serre-câble intégralement forgé), 4 (serre-câble forgé et moulé) ou 5, voire 6 unités (serre-câble moulé) selon le modèle considéré.

Le serrage des écrous du cavalier devra également respecter le couple préconisé par le fabricant et l'équilibrage de charge. Toutes les liaisons par serre-câbles (sur site comme en atelier) devront impérativement être serrées à la clé dynamométrique (Fig. 25). Afin d'éviter le glissement de la liaison, un serre-câble « anti-échappement » pourra être ajouté sur une boucle d'extrémité.

Les serre-câbles, surtout lorsqu'ils sont destinés à des sollicitations extrêmes (dans les écrans pare-blocs de très haute capacité notamment) ne doivent pas être corrodés, même partiellement, sous peine de présenter des zones de faiblesse qui deviendront nécessairement des points de rupture préférentiels. Pour ce type d'ouvrage, la meilleure qualité doit être utilisée (acier forgé et galvanisation à chaud), notamment pour les

* Cavalier du serre-câble : partie en U qui supporte le filetage des écrous de serrage et qui vient plaquer le câble sur la platine.

** Platine du serre-câble : partie plutôt plane qui reçoit le câble plaqué par le cavalier.

accessoires qui constituent des points clé de l'ouvrage. Tout comme pour les câbles, la conformité des serre-câbles aux normes en vigueur devra être contrôlée de manière très rigoureuse.



Fig. 25 - Serrage des serre-câbles d'un écran pare-blocs à la clé dynamométrique.

“ L’organisation de la maintenance des ouvrages pare-blocs est fondée sur un suivi périodique. ”

CHAPITRE 5.

Organisation de la maintenance des ouvrages de protection

Après la réalisation de travaux de confortement des talus rocheux et des parois naturelles par des méthodes dites actives, le massif est assimilable à un ouvrage. Ses caractéristiques et son comportement peuvent être appelés à se modifier au cours du temps, soit du fait de l'évolution du matériau rocheux, soit du fait de l'évolution ou de la dégradation du dispositif de confortement. De la même façon, les dispositifs de protection passive, qui sont destinés à recevoir les éboulis, peuvent voir leurs propriétés ou caractéristiques se modifier suite à un éboulement ou suite à une dégradation des constituants de l'ouvrage lui-même.

Pour ces différentes raisons, les dispositifs de confortement des massifs rocheux, les parois renforcées et les ouvrages de protection passive nécessitent, comme tout ouvrage d'art plus classique, un suivi et une maintenance qui permettront de préserver leur intégrité et leur efficacité.

L'organisation de la maintenance des ouvrages pare-blocs, telle qu'elle est mise en place sur plusieurs sites pilotes ou opérationnels depuis le début des années 1990, est fondée sur un suivi périodique qui permet la qualification et la quantification des désordres qu'a pu subir l'ouvrage par rapport à un état de référence (cf. Tableau XII). Cette organisation s'articule autour de deux procédures alternées et complémentaires :

- des **visites (périodiques ou particulières)**,
- des **inspections détaillées (périodiques ou exceptionnelles)**.

Les **visites périodiques**, comme leur nom l'indique, ont lieu à période régulière. La fréquence est généralement annuelle, voire semestrielle pour certaines infrastructures particulières ou vulnérables. La visite consiste à s'assurer qu'aucun désordre majeur n'affecte les ouvrages, qu'ils sont en état de fonctionner et que l'environnement immédiat ne montre pas d'anomalie pouvant mettre en péril le dispositif.

Les **inspections détaillées périodiques** ont lieu généralement tous les 5 ans (au moins). Le niveau d'investigation, pour une inspection détaillée, est beaucoup plus élevé que pour une visite. En plus des tâches déjà fixées pour une visite, il faudra s'assurer en détail de l'état de tous les composants de l'ouvrage.

Des **visites particulières** et des **inspections détaillées exceptionnelles**, calquées respectivement sur le modèle des visites périodiques et des inspections détaillées périodiques, peuvent être initiées à l'occasion de circonstances particulières telles que des conditions climatiques exceptionnelles, un incident, etc.

L'état de référence de l'ouvrage, qui permet d'initier ce type de suivi, est consigné dans le dossier d'ouvrage (cf. § « Le dossier d'ouvrage » ci-après) constitué lors des travaux de réalisation de ces ouvrages.

Tableau XII - Exemple de planification de la maintenance sur la base d'une visite annuelle et d'une inspection détaillée quinquennale

État de référence	Visite périodique	Visite particulière	Inspection détaillée périodique	Inspection détaillée particulière	Travaux de maintenance
Année n=0	-	En cas d'événement exceptionnel (météorologique, éboulement, etc.)	(~état de référence)	En cas de nécessité constatée lors d'une visite périodique ou exceptionnelle	En cas de nécessité et suite à un diagnostic établi lors d'une inspection détaillée périodique ou exceptionnelle
-	Année n+1		-		
-	Année n+2		-		
-	Année n+3		-		
-	Année n+4		-		
-	-		Année n+5		
-	Année n+6		-		
-	Année n+7		-		
-	Année n+8		-		
-	Année n+9		-		
-	-		Année n+10		
-	Année n+11		-		
-			

Les recommandations techniques pour assurer le suivi de chacun des types d'ouvrages sont consignées dans trois types de document :

- une *fiche d'ouvrage* consacrée à l'ouvrage ou au confortement considéré - (cf. § « Les fiches d'ouvrages ») et qui en détaille les spécificités techniques,
- une *fiche de visite* (périodique ou particulière) - (cf. § « Les visites périodiques ou particulières ») qui définit toute la marche à suivre pour réaliser cette procédure de base,
- une *fiche d'inspection détaillée* (périodique ou exceptionnelle)- (cf. § « Les inspections détaillées ») qui définit toute la marche à suivre pour réaliser cette procédure plus élaborée.

Pour des raisons pratiques, toutes ces fiches sont annexées sous forme de fichiers numérisés et regroupés sur un CD joint à ce guide. Cette présentation a l'avantage d'autoriser l'impression des documents pour la préparation des programmes et pour les interventions de terrain (Tableau XIII).

Un paragraphe particulier est également consacré aux consignes relatives à la sécurité, au matériel d'investigation, aux compétences des personnels et aux procédures générales ou spécifiques – (cf. § « Consignes et procédures »).

“ *Le dossier d'ouvrage initial constitue l'état de référence (ou point zéro).* ”

5.1. Le dossier d'ouvrage

À constituer dès le début de réalisation des travaux, le dossier d'ouvrage est là pour conserver l'intégralité de l'information concernant l'ouvrage. Au départ, il concernera aussi bien les aspects du dimensionnement que de la réalisation ou de l'adaptation par rapport au projet initial. Par la suite, il sera le recueil de tous les éléments concernant la vie de l'ouvrage.

Le dossier d'ouvrage initial est un préalable indispensable à tout projet de maintenance puisqu'il constitue l'état de référence (ou point zéro). Son contenu doit être défini par le Maître d'ouvrage, sur la base des éléments provenant du bureau d'étude qui a effectué

Tableau XIII - Tableau d'identification des fiches d'ouvrages

Référence de la parade*	N° Fiche (voir CDRom)	Type de parade
PARADES PASSIVES		
BA1	01	BARRAGE TYPE MERLON DE PROTECTION
FO1	02	FOSSE DE RÉCEPTION
EC1	03	ÉCRAN STATIQUE TYPE « RAILS ET TRAVERSES »
	04	ÉCRAN STATIQUE TYPE « PROFILÉS ET GLISSIÈRES MÉTALLIQUES »
	05	ÉCRAN STATIQUE TYPE MUR DE BLOCS BÉTON
	06	ÉCRAN STATIQUE TYPE MUR EN GABIONS
EC2	07	ÉCRAN PEU DÉFORMABLE TYPE BARRIÈRE GRILLAGÉE
	08	ÉCRAN PEU DÉFORMABLE TYPE ÉCRAN DE FILETS NON FREINÉ
EC3	09	ÉCRAN DÉFORMABLE TYPE ÉCRAN DE FILETS FREINÉ
DE1	10	DÉVIATEUR TYPE GRILLAGE PENDU
	11	DÉVIATEUR TYPE GRILLAGE PENDU SUR POTEAUX
	12	DÉVIATEUR TYPE FILET MÉTALLIQUE PENDU
	13	DÉVIATEUR TYPE FILET MÉTALLIQUE PENDU SUR POTEAUX
DE3	14	CASQUETTES & GALERIES PARE-BLOCS
PARADES ACTIVES		
SC1	15	OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT TYPE CONTREFORTS, BUTONS & PILIERS
	16	OUVRAGE DE SOUTÈNEMENT TYPE CONSOLE MÉTALLIQUE
SC2	17	DISPOSITIF DE STABILISATION TYPE ANCRAGE AU ROCHER
SC3	18	DISPOSITIF DE PROTECTION SUPERFICIELLE DE TYPE BÉTON PROJETÉ
SC4	19	DISPOSITIF DE STABILISATION TYPE GRILLAGE PLAQUÉ ANCRÉ
	20	DISPOSITIF DE STABILISATION TYPE FILET PLAQUÉ
PAROIS ET TALUS ROCHEUX		
-	21	PAROIS ET TALUS ROCHEUX

l'étude du projet, de la maîtrise d'œuvre, des concepteurs, des fabricants, des entreprises, et du récolement effectué à la réception des travaux. D'un point de vue pratique, le repérage des ouvrages sera assuré *in situ* par apposition d'une plaque d'identification ou, à défaut, par marquage à la peinture de manière lisible et pérenne. Les accès seront eux-mêmes matérialisés et entretenus.

Au dossier d'ouvrage seront jointes les recommandations pour la maintenance de certains ouvrages particuliers tels que les écrans pare-blocs. Ces éléments sont fournis par le concepteur du produit ou par le biais de l'entreprise chargée de la réalisation. La spécificité de ces ouvrages peut conduire le concepteur à rédiger un manuel de maintenance particulier pour chaque type d'écran, par exemple.

“ Le repérage des ouvrages sera assuré in situ par apposition d'une plaque d'identification. ”

* Selon le guide « Parades contre les instabilités rocheuses », Collection Environnement - Les risques naturels, édition LCPC, 2001.

Tout au long de la vie de l'ouvrage, le dossier d'ouvrage sera complété et mis à jour par adjonction de tous les éléments ayant trait aux incidents éventuels et à la maintenance (fiches de visite et d'inspection détaillée, travaux d'entretien ou d'amélioration réalisés, etc.). Ces éléments pourront, par exemple, être regroupés dans un sous-dossier « vie de l'ouvrage » contenu dans le dossier d'ouvrage.

Pour le Maître d'ouvrage, il est indispensable de disposer du dossier d'ouvrage et du recensement exhaustif des ouvrages constamment tenus à jour. Cet inventaire doit préciser en outre la position exacte de l'ouvrage ainsi que la répartition des responsabilités de gestion dans le cas où celle-ci est partagée.

Le dossier d'ouvrage peut aussi bien être un document papier qu'une base de données numériques. Le Maître d'ouvrage ou l'exploitant adaptera la forme de ce dossier en fonction de l'importance de son parc d'ouvrages ou des contraintes spécifiques d'exploitation et de maintenance.

5.2. Les fiches d'ouvrages

Les fiches d'ouvrages, présentées en annexe dans le CD-rom, ont pour objet de préciser ou de rappeler les objectifs généraux et les caractéristiques principales des ouvrages concernés. Chaque type d'ouvrage fait l'objet d'une fiche rédigée selon le schéma ci-contre :

FICHE D'OUVRAGE N° (numéro d'ordre défini à partir du tableau des ouvrages) **CATÉGORIE ET TYPE D'OUVRAGE**

Description synthétique de l'ouvrage

Ces différents critères étant détaillés dans le guide des parades*, seule une synthèse générale est donnée pour chaque ouvrage.

Classification

Dénomination générale de l'ouvrage considéré, d'après la classification établie dans le guide des parades :

- parade passive, de type barrage, fosse, écran, déviateur...
- parade active, de type soutènement, stabilisation, confortement, protection de surface...

Objectif

Rappel de l'objectif assigné au type d'ouvrage considéré, par exemple, stopper des blocs ou des masses de grande dimension se propageant dans un versant avec des énergies très importantes, ou encore, limiter le départ de pierres et de petits blocs afin de ralentir ou d'enrayer une évolution régressive du massif...

Principe

Rappel du principe de fonctionnement général de l'ouvrage, par exemple, disposer en pied de versant un obstacle suffisamment massif et déformable pour absorber l'énergie résiduelle des masses et donc les arrêter ou encore, confiner la tranche superficielle du massif par projection sous pression d'une couche de béton...

Description

Description générale de l'ouvrage, de sa géométrie, des matériels et matériaux constituants... Cette description permet d'appréhender les points particuliers qui seront à contrôler dans le cadre des inspections détaillées.

Domaine d'application

Ces différents critères étant également détaillés dans le guide des parades édité par le LCPC, seule une synthèse générale est donnée pour chaque ouvrage.

Performances

Rappel des capacités de l'ouvrage, avec éventuellement rappel des conditions de mise en œuvre à respecter pour l'obtention des capacités optimales.

Limites

Rappel des divers critères qui peuvent limiter les performances de l'ouvrage considéré, tels que la géométrie du site, sa géologie, le type de matériaux ou de matériels utilisés...

* *Parades contre les instabilités rocheuses*, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Collection Environnement - Les risques naturels. LCPC Paris, 2001, ISBN 2-7208-3103-4.

suite

Défauts et désordres spécifiques

Énumération des défauts spécifiques au type d'ouvrage considéré, tels que sa sensibilité au vieillissement, sa sensibilité aux désordres qui peuvent apparaître dans l'environnement immédiat, les difficultés éventuelles de maintenance...

Énumération des désordres spécifiques qui peuvent survenir en cas de mouvement de terrain, de corrosion des matériaux...

Éléments pour la constitution d'un dossier d'ouvrage

Ce paragraphe énumère les éléments importants qui doivent figurer dans le dossier d'ouvrage et qui sont à prendre en compte pour le suivi ultérieur de l'ouvrage. La majorité de ces éléments a un rapport direct avec les composants de l'ouvrage, mais certains ont également trait à son environnement et à certains aspects extérieurs (géologie, hydraulique, topographie, accès, etc.).

Visite périodique

Périodicité

Préconisation de la fréquence optimale pour effectuer une visite périodique de l'ouvrage, ainsi que de la saison la mieux adaptée.

Contenu

Rappel des objectifs de la visite périodique et énumération des points de détail sur lesquels portera cette visite. Indications sur les suites à donner en fonction des observations recueillies. Le détail des points à vérifier est repris dans la fiche type de visite périodique, avec un bordereau d'anomalies et les mesures qui peuvent en découler.

Visite particulière

Périodicité

Indication des phénomènes particuliers ou des circonstances qui peuvent conduire à engager une visite particulière.

Contenu

Rappel des points à vérifier lors d'une visite particulière, qui sont généralement identiques à ceux d'une visite périodique, ainsi que les suites à donner en fonction des observations.

Inspection détaillée périodique

Périodicité

Préconisation de la fréquence optimale pour effectuer une inspection détaillée de l'ouvrage.

Contenu

Énumération des points de détail sur lesquels portera l'inspection détaillée. Indication des suites à donner en fonction des observations recueillies. Le détail des points à vérifier est repris dans la fiche type d'inspection détaillée, avec un bordereau d'anomalies et les mesures qui peuvent en découler.

suite

Inspection détaillée exceptionnelle

Définition générale des circonstances qui peuvent conduire à engager une inspection détaillée exceptionnelle.

Maintenance préventive

Énumération des points particuliers de l'ouvrage ou de son environnement qui doivent faire l'objet d'une maintenance préventive.

Maintenance corrective

Énumération des incidents ou des évolutions possibles que peut subir l'ouvrage et des travaux de correction que peuvent entraîner ces désordres.

Fiches type de visite et d'inspection détaillée

Énumération des éléments que doivent comporter une fiche de visite (périodique ou particulière) ou une fiche d'inspection détaillée (périodique ou exceptionnelle).

5.3. Les visites périodiques ou particulières

Effectuées généralement une fois par an, voire deux fois pour certaines infrastructures spécifiques, les visites périodiques d'ouvrages sont des opérations simples, qui ne requièrent pas une grande technicité et qui ont pour objectif de vérifier visuellement l'état d'un ouvrage. Les visites particulières sont calquées sur le même schéma et sont initiées à l'occasion de circonstances particulières telles que des conditions climatiques exceptionnelles, des éboulements détectés, etc.

Pour chaque ouvrage concerné (voir tableau des ouvrages précédent), les fiches de visite sont construites selon le schéma général ci-après :

Identification du dispositif de protection (commun aux visites et aux inspections détaillées)

Ce paragraphe, définitif pour un ouvrage donné, comprend pour l'essentiel :

- l'identification de l'ouvrage de protection,
- la référence du plan de localisation et des accès,
- la référence du dossier d'ouvrage,
- l'année de construction de l'ouvrage,
- le nom de l'entreprise (ou des entreprises) ayant réalisé l'ouvrage,
- les références du responsable de la gestion de l'ouvrage...

Dispositions particulières

Sont énumérées les qualifications requises pour le contrôleur en fonction des difficultés techniques ou physiques, les difficultés particulières d'accès, la liste du matériel nécessaire à la visite...

Visites et inspections détaillées antérieures

Ce paragraphe comporte :

- les références à la dernière inspection détaillée périodique (IDP) : date, référence de la fiche d'IDP, identification de l'inspecteur, rappel des conclusions de l'IDP,
- les références à la dernière inspection détaillée exceptionnelle (IDE) : date, cause, référence de la fiche d'IDE, identification de l'inspecteur, rappel des conclusions de l'IDE,
- les références à la dernière visite : date, motif de la visite, référence de la fiche de visite, identification du contrôleur, rappel des conclusions de la visite...

Interventions de maintenance antérieures (commun aux visites et aux inspections détaillées)

Comporte les dates et nature des dernières interventions de maintenance préventive, corrective et améliorative...

Visites du jour

Comporte la caractérisation du type de visite, la date, le motif de la visite si visite particulière, l'identification du contrôleur, la météorologie du jour...

Observations et relevé d'anomalies

Environnement général de l'ouvrage

Éléments concernant les paramètres tels que la praticabilité des accès, les indices de glissement de terrain dans l'environnement de l'ouvrage, les suites à donner...

Éléments ou parties spécifiques de l'ouvrage (très variable d'un ouvrage à un autre).

Concerne par exemple l'encombrement, l'endommagement de parement, l'obstruction d'exutoires, le colmatage des drains, les suites à donner...

Zone de départ des éboulis éventuels

Comporte la localisation de la zone de départ des éboulis éventuels observés, les suites à donner...

Bilan de la visite

Dans ce paragraphe seront récapitulés les désordres constatés, et les suites à donner.

5.4. Les inspections détaillées périodiques ou exceptionnelles

Les inspections détaillées périodiques sont des opérations plus lourdes que les visites périodiques du fait d'un niveau d'investigation plus poussé, mais leur fréquence est moins élevée (généralement tous les 5 ans). Le niveau technique requis pour effectuer ces inspections, basées sur un examen détaillé de tout le matériel et des composants qui constituent l'ouvrage, est élevé. Il nécessite une bonne connaissance des ouvrages et de leur mode de fonctionnement. L'inspection comporte en outre un aspect d'analyse de l'adéquation risque/parade qui pourra conduire à une amélioration du dispositif global de protection ou plus simplement à l'adaptation d'un ouvrage spécifique et qui est affaire de spécialiste.

Les inspections détaillées exceptionnelles sont calquées sur le même schéma que les inspections détaillées périodiques. Elles sont réalisées quand des anomalies sont constatées à l'occasion de visites périodiques ou exceptionnelles et que l'échéance de la prochaine inspection détaillée périodique est trop éloignée compte tenu des enjeux.

Pour chaque ouvrage concerné (voir tableau XIII), les fiches d'inspection détaillée sont construites selon le schéma général suivant :

Identification du dispositif de protection

- Identification de l'ouvrage de protection,
- Référence du plan de localisation et des accès,
- Référence du dossier d'ouvrage,
- Année de construction de l'ouvrage,
- Entreprise(s) ayant réalisé l'ouvrage,
- Responsable de la gestion de l'ouvrage...

Dispositifs particulières

- Qualifications requises pour l'inspecteur,
- Difficultés particulières d'accès,
- Liste du matériel nécessaire pour réaliser l'inspection...

Inspections détaillées et visites antérieures

- Date de la dernière inspection détaillée périodique, référence de la fiche d'inspection détaillée périodique, identification de l'inspecteur, rappel des conclusions de l'inspection détaillée périodique,
- Date de la dernière inspection détaillée exceptionnelle, référence de la fiche d'inspection détaillée exceptionnelle, identification de l'inspecteur, rappel des conclusions de l'inspection détaillée exceptionnelle,
- Date de la dernière visite, motif de la visite, référence de la fiche de visite, identification du contrôleur, rappel des conclusions de la visite...

Interventions de maintenance antérieures

Date et nature des dernières interventions de maintenance préventive, corrective et améliorative... et curative.

Inspection du jour

Type d'inspection détaillée (périodique ou exceptionnelle), date de l'inspection, fréquence de l'inspection détaillée, motif de l'inspection détaillée exceptionnelle (le cas échéant), nom et qualité de l'inspecteur, matériel de prise de vue utilisé, météorologie du jour.

Observations et relevé d'anomalies

Environnement général de l'ouvrage (très variable d'un ouvrage à un autre)

Par exemple, praticabilité des accès, indices de glissement de terrain au niveau du terrassement amont d'une zone de réception, indices de glissement de terrain au niveau du versant naturel en amont d'une zone de réception, indices de glissement de terrain au niveau du versant naturel en aval de l'ouvrage, indices de mouvement des terrains rocheux dans l'environnement de l'ouvrage, suite à donner...

Environnement général de l'ouvrage (très variable d'un ouvrage à un autre)

Par exemple, envahissement au niveau des accès, au niveau de la zone confortée, suite à donner...

Envahissement végétal

Par exemple, envahissement au niveau des accès, au niveau de la zone confortée, suite à donner...

suite

Éléments ou parties spécifiques de l'ouvrage (très variable d'un ouvrage à un autre)

Déformation de la structure - géométrie, état de corrosion des profilés, état de corrosion ou de fissuration des soudures d'assemblage, état de corrosion des barres d'ancrage, des plaques, des écrous, état de déformation des ancrages, suite à donner...

Massif rocheux environnant

Indices de mouvement des terrains rocheux en amont de l'ouvrage et dans les zones latérales attenantes, localisation des zones de mouvement ou de départ, ampleur du phénomène, aléas résiduels, suite à donner...

Suivi topométrique (le cas échéant)

Mesure des points de référence situés sur l'ouvrage, dans son environnement immédiat, rattachés à un référentiel extérieur réputé stable, interprétation des mesures, suite à donner...

Zone de départ des éboulis éventuels

Localisation de la zone de départ, ampleur du phénomène, aléas résiduels, suite à donner...

Couverture photographique systématique

Références et repérage des photographies systématiques de l'ouvrage réalisées lors de l'inspection détaillée en cours, identiques à la couverture réalisée lors de l'inspection détaillée de référence (point zéro) avec, le cas échéant, indication des points de vue matérialisés lors de l'inspection détaillée de référence et des éventuels points de vue complémentaires.

Bilan de l'inspection

Récapitulatif des désordres constatés et des suites à donner.

L'examen de l'environnement de l'ouvrage devra être également réalisé afin de signaler toute modification naturelle ou artificielle de la zone d'influence. Il faudra signaler tous les points qui n'auraient pas pu être vérifiés conformément à la fiche de suivi, quelle qu'en soit la raison (problèmes d'accès, de météorologie, manque de temps, masquage par la végétation, etc.).

À ce niveau d'investigation, la scrutation à la jumelle n'est pas recommandée. Elle doit seulement être réservée à une vérification visuelle du taux de remplissage d'ouvrages passifs, par exemple, lors d'une visite périodique ou exceptionnelle.

La première inspection détaillée a pour but de définir l'état de référence de l'ouvrage (ou point zéro), auquel les visites et inspections ultérieures doivent se reporter. Elle est à faire sur la base du dossier d'ouvrage.

5.5. Consignes et procédures communes aux visites et aux inspections

Dans ce paragraphe sont abordés certains points particuliers ou purement pratiques, destinés à faciliter le suivi des ouvrages de protection contre les risques rocheux ou la mise en place des procédures de suivi.

Le personnel d'intervention

Il faut rappeler que si les tournées de type « visite » ne requièrent pas un niveau de technicité très élevé de la part du contrôleur, il n'en est pas de même pour les inspections détaillées. À défaut d'intervention d'un spécialiste, il est souhaitable que le personnel chargé des inspections (inspecteur) reçoive une formation spécifique. Cette formation peut être dispensée à l'occasion de tournées communes, sur le site dont le personnel est responsable, ou à l'occasion de formations plus générales sur les risques rocheux et leurs parades.

Il faut également mettre l'accent sur les problèmes particuliers liés à l'accès à des ouvrages situés en terrain difficile (versants raides, parois) qui nécessitent généralement l'intervention de personnel spécialisé et habilité faisant usage de matériels et de techniques adaptés.

La période d'intervention

Pour les visites périodiques comme pour les inspections détaillées, la période optimale d'intervention en climat tempéré se situe à la fin de l'hiver/début du printemps, après la fonte des neiges et avant la reprise de la végétation. Cette période sera privilégiée pour des raisons évidentes de « lisibilité » tant de l'environnement que des ouvrages eux-mêmes. La date variera nécessairement en fonction de la latitude et de l'altitude du site considéré.

Durant la période optimale, les tournées (visites et surtout inspections) devront être si possible évitées pendant certaines circonstances climatiques :

- brouillard (visibilité, accès),
- pluie (glissades, parois mouillés masquant certains détails, notamment sur les contreforts et pour les drains),
- neige (dispositifs au sol non visibles)...

Mesures générales à prendre suite à un relevé d'anomalie

Les mesures à prendre, suite à un relevé d'anomalie lors d'une visite périodique ou exceptionnelle, pourront être de type :

- intervention d'un spécialiste pour établir un diagnostic précis de l'ouvrage (inspection détaillée exceptionnelle générale ou ponctuelle, limitée à un ouvrage ou une partie d'ouvrage),
- réalisation des travaux par une équipe d'entretien ou par une entreprise spécialisée,
- mesures de restriction de circulation ou d'occupation sous la zone concernée, voire même, dans les cas graves, coupure des circulations ou évacuation des zones exposées. Dans ce cas, la Maîtrise d'ouvrage peut être appelée à faire intervenir un spécialiste et/ou faire mettre en place un dispositif de suivi permanent (surveillance) en attendant la réalisation des travaux de remise en état.

Le niveau d'auscultation, lors d'une inspection détaillée, est beaucoup plus poussé que lors d'une simple visite et permet, de ce fait, de définir des mesures préventives ou curatives plus élaborées ou plus anticipées.

Vérifications spécifiques

Le détail des points particuliers à vérifier sur chaque type d'ouvrage est donné dans les fiches correspondantes en annexe, mais les grandes lignes des points importants, pour les ouvrages les plus courants, sont rappelées ci-après.

- *Ancrages passifs* : protection anticorrosion des parties aériennes (démontage, si possible, d'échantillons témoins de plaques et d'écrous pour vérification lors des inspections détaillées). Réalisation, le cas échéant, des essais programmés sur les barres témoin, mises en place initialement pour le contrôle *a posteriori* de la corrosion (exemple de la tranchée rocheuse « Pierre Baizet » sur la liaison Est Ouest de Lyon - TEO).
- *Filets métalliques plaqués* : état des câbles, du filet, corrosion des serre-câbles et des liaisons de mailles, le cas échéant. Vérification, si possible, de la corrosion interne des câbles par détournage partiel de brins libres. Vérification du couple de serrage des serre-câbles à l'aide d'une clé dynamométrique sur échantillon représentatif.
- *Grillage* : état général de la nappe, des ligatures, présence d'éboulis, état de corrosion des câbles de maintien, des serre-câbles, des fils du grillage.
- *Écrans de filets pare-blocs* : vérification visuelle des dispositifs de freinage, des dispositifs d'assemblage, oxydation. Maintien des caractéristiques géométriques (problème de chute d'arbres, de glissement de terrain). Vérification des ancrages pieux : inclinaison, arrachement. Vérification du couple de serrage des serre-câbles à l'aide d'une clé dynamométrique sur échantillon représentatif. Après 20 ans sur site, faire effectuer un test de traction sur un échantillon représentatif de dispositif de freinage. Cet essai destructif peut être effectué sur site (montage complexe) ou en laboratoire.
- *Contreforts en béton* : fissuration, concrétions, ferrailage apparent, activité des drains, contrôle d'obturation ou de colmatage des drains, état de la fondation, mouvements de terrain à proximité, insertion de la végétation dans l'ouvrage...
- *Béton projeté* : écaillage, fissuration, éclatement, décollement, suintements, lessivage du béton, pénétration de la végétation... suivi des drains...
- *Écrans de remblai renforcé* : suivi topométrique de l'ouvrage (plots de suivi à mettre en place initialement), état superficiel des parements, présence d'éboulis nécessitant curage. Pour les ouvrages en terre armée, hors impact sur l'ouvrage, il sera fait référence au fascicule 51 « Instructions techniques pour la surveillance et l'entretien des ouvrages », sous-fascicule 51-3 : « Ouvrages en terre armée ».
- *Ancrages, pieux explosés* : état de déformation, extraction, corrosion...
- *Galeries de protection* : pour ce type d'ouvrage, il sera fait référence au fascicule 40 « Tunnels, tranchées couvertes, galeries de protection* ».
- *Parois et talus rocheux* : assimilés à des ouvrages, les parois et les talus rocheux doivent faire l'objet d'un suivi au même titre que tous les autres ouvrages. Cependant, cette procédure, qui est réservée à des spécialistes (voir fiche correspondante), peut très vite s'avérer relativement lourde. Chaque cas devra faire l'objet d'un examen particulier qui permettra d'adapter le suivi aux aléas relevés, à l'activité réelle du site et aux enjeux.

* Fascicule 40 concernant l' « Instruction technique du 19 octobre 1979 pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art » édité par le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement et la Direction des transports intérieurs.

Rappel sur la quantification de la corrosion

Pour qualifier, voire quantifier l'état de dégradation des aciers, il existe une échelle des degrés d'enrouillement (Norme ISO 4628-3) qui est préconisée pour la description des atteintes sur des ouvrages d'art classiques, mais qui est inadaptée pour le diagnostic des ouvrages de protection du fait de sa complexité. Dans la pratique, une échelle simplifiée (C0-C1-C2-C3) donne des résultats tout à fait satisfaisants (rappel Tableau XI présenté chapitre 4.2.).

Tableau XI - Échelle simplifiée de la quantification de la corrosion constatée sur ouvrage de protection

Échelle de corrosion	Caractérisation du degré de corrosion	Mesures à prendre
C3	Corrosion totale et profonde avec perte de fonctionnalité	Pièce à changer sans délai
C2	Corrosion totale marquée, avec début de diminution des sections d'acier	Remplacement de la pièce à programmer
C1	Corrosion partielle ou limitée, n'entraînant pas de diminution sensible des caractéristiques mécaniques	Élément à traiter ou remplacement à envisager
C0	Pas de corrosion	-

Matériel d'intervention

Chaque site peut nécessiter l'utilisation de documents et de matériels d'intervention qui lui sont propres. La liste ci-dessous, probablement non exhaustive, doit permettre de limiter les oublis...

- extraits d'éléments de référence technique ou concernant la maintenance, contenus dans le dossier d'ouvrage,
- nécessaire de prise de note (carnet, crayon, etc.). Il est bien entendu possible d'envisager la saisie directe des données sur le terrain à l'aide d'un ordinateur de poche,
- fiche de contrôle (1 par ouvrage),
- craie, crayons indélébiles, peinture permanente en bombe. Préférer la peinture laquée pour un marquage pérenne (jusqu'à plus de 10 ans) et la peinture de traçage fluorescente pour de la signalisation très visible mais temporaire (moins de 1 an),
- nécessaire de prise de vue : appareil photographique pour l'enregistrement des anomalies ou des observations, avec mire échelle (un outil ou un carnet peuvent faire l'affaire). Matérialiser, si possible, le point de prise de vue,
- décimètre, mètre ruban, éventuellement perche de gabarit télescopique pour la mesure des hauteurs de filet par exemple (peut être confectionnée sur site),
- boussole avec clinomètre (le cas échéant),
- pied à coulisse et thermomètre (en cas de repères d'observation à mesurer),
- marteau de géologue ou ordinaire, pour le sondage des bétons coffrés ou projetés,
- clé, allonge et dégrippant pour le démontage et le remontage des plaques et écrous des ancrages (le cas échéant),
- clé dynamométrique pour le contrôle de serrage des serre-câbles (gamme de douilles et de couples de serrage en accord avec le matériel en place, etc.),
- lampe électrique (vérification de l'intérieur des drains),
- brosse métallique (le cas échéant),
- échelle simplifiée des degrés d'enrouillement (si non mémorisée...),
- nécessaire de progression et de protection individuelle en terrain difficile, y compris en paroi (le cas échéant). Mousquetons acier pour la progression sur main-courante en câble d'acier.

CHAPITRE 6.

En guise de conclusion...

Les opérations d'entretien et de réparation dont il est question dans ce guide concernent essentiellement le dispositif lui-même et le maintien dans le temps de ses caractéristiques et capacités initiales. Elles ne visent pas, en principe, à porter un diagnostic sur la capacité réelle du dispositif à répondre au problème posé (adéquation aléa/protection), ce qui supposerait en général une réitération périodique de l'analyse géotechnique/géomécanique complète du problème. Il s'agit plutôt d'opérations de routine, dans certains cas exécutables par un non-spécialiste. Toutefois, il est très courant que le contrôle des protections actives se fasse à la fois sur l'intégralité du dispositif lui-même et sur le mouvement supposé stabilisé (par exemple, vérifier l'état des ouvrages de confortement et contrôler par métrologie ou par photo comparaison que l'instabilité n'est pas évolutive). Le contrôle des protections passives est plutôt limité à la vérification de leur intégrité propre, mais, le cas échéant, il peut porter sur leur efficacité *a posteriori* (merlon pare-blocs par exemple : observation des désordres sur l'ouvrage, mais aussi repérage de blocs l'ayant franchi).

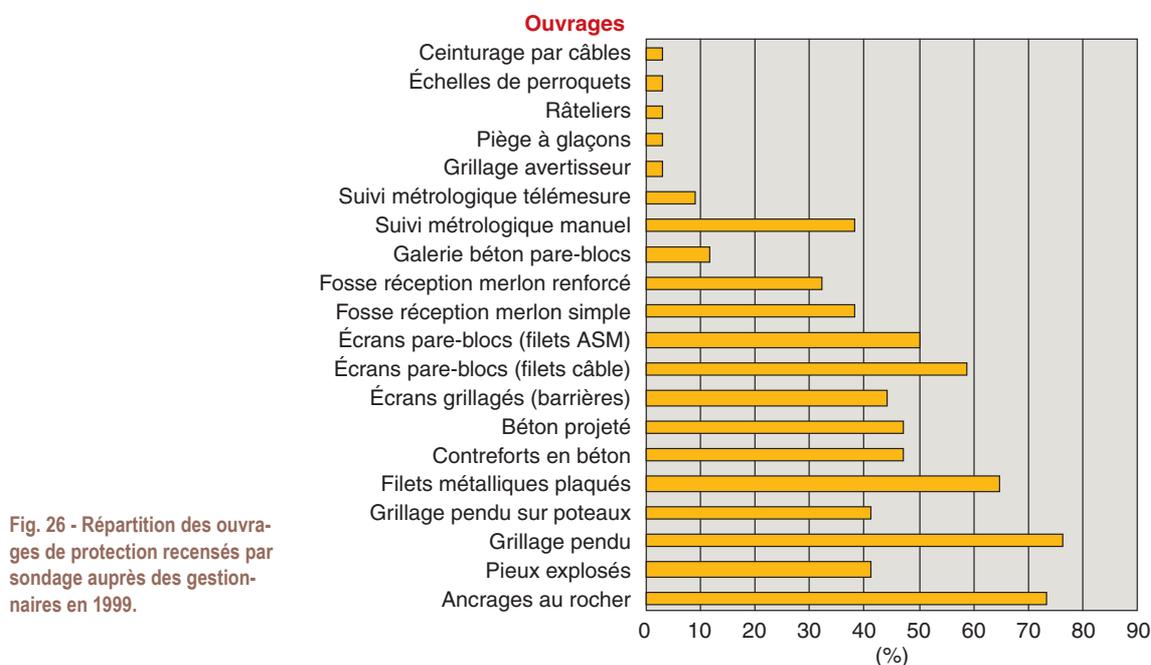
La mise en œuvre d'une maintenance préventive efficace nécessite une connaissance approfondie des critères de vieillissement et des sollicitations réelles des installations, ainsi qu'une analyse performante de leur état. Les opérations de maintenance améliorative sont, quant à elles, souvent initialisées par le Retour d'Expérience (REX), lorsque celui-ci a mis en évidence, par exemple, une défaillance affectant fréquemment un même type de matériel ou lorsqu'une défaillance a entraîné des conséquences très importantes sur l'exploitation. Elles peuvent aussi avoir pour origine l'évolution technologique relative à certains matériels. Les améliorations correspondantes peuvent consister à mettre en œuvre un nouveau matériel ou à appliquer de nouveaux réglages ou principes. Pour ces raisons, il sera souhaitable que le retour d'expérience des gestionnaires d'ouvrages de protection et des utilisateurs, conduise par la suite au renouvellement et à l'adaptation de ce guide technique.

ÉTAT DES LIEUX

Enquête effectuée
auprès des gestionnaires d'infrastructures
(1998 – 1999)

État des lieux

Avant d'entreprendre la rédaction de ce guide technique, un état des lieux avait été fait à partir d'une enquête réalisée entre fin décembre 1998 et le premier trimestre 1999, auprès des principaux Maîtres d'ouvrages de France. Sur 85 questionnaires envoyés à différents services gestionnaires représentatifs tels que les Directions Départementales de l'Équipement (DDE), les Conseils Généraux, la SNCF, les Sociétés Autoroutières et l'Armée, 68 réponses ont été recueillies (80 %). Vingt types d'ouvrages représentatifs ont été recensés. La figure 26 représente de façon globale la représentativité de chaque type d'ouvrage par rapport au nombre de gestionnaires. Les résultats détaillés de l'enquête, présentés sous forme de tableaux, ainsi que la définition des diverses statistiques établies, figurent à la suite.



Les réponses obtenues de la part de services tels que les DDE ou les Conseils Généraux concernaient des infrastructures routières (réseaux nationaux ou départementaux) pour lesquelles la mise en œuvre des dispositifs de protection contre les éboulements les plus anciens remonte aux années 1960 - 1970 (et même antérieurement pour certains édifices particuliers tels que des galeries pare-blocs...). Géographiquement, l'enquête portait sur tout ou partie des régions Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Midi-Pyrénées, Auvergne, Bourgogne, Franche-Comté, Alsace, Lorraine.

Pour ce qui concerne la SNCF, en raison de contraintes de tracé beaucoup plus sévères que pour les routes, certains dispositifs de protection ou de confortement (galeries, murs de soutènement et contreforts pour l'essentiel) remontent à la création des lignes, soit vers la fin du XIXe siècle. Grâce à la centralisation des données relatives aux mesures de protection contre les éboulements, les statistiques ont pu être établies pour l'ensemble du réseau ferré national.

Les protections d'infrastructures particulières qui figurent dans l'enquête, en l'occurrence des installations militaires, sont des réalisations récentes qui datent des années 1980 - 1990 pour les plus anciennes. Les applications sont très spécifiques et concernent des zones géographiquement réduites, mais les données recueillies sont symptomatiques en raison du taux de suivi des ouvrages (100 %) qui n'est pas seulement lié à la sensibilité des sites, mais également à la mise en place, dès leur réalisation, d'un programme de suivi rigoureux. Ce phénomène résulte d'une « culture » récente de ce type d'ouvrage

pour le Maître d'ouvrage, avec transposition directe d'une longue pratique de la maintenance des bâtiments et de la maintenance industrielle.

La protection des infrastructures autoroutières est également relativement récente, comparée à la protection du réseau classique, notamment en ce qui concerne les tracés en zone montagneuse (début des années 1980). Il est toutefois à noter l'existence de quelques tranchées rocheuses particulières en tracé accidenté qui ont dû faire l'objet de confortements ou de protections et dont l'ancienneté remonte aux années 1970 - 1980. Les exigences en matière de viabilité ainsi que les niveaux de vitesse de circulation élevés conduisent également à l'application de procédures de maintenance pour les ouvrages de protection contre les éboulements sur les infrastructures autoroutières.

Les figures 27, 28 et 29 (toujours d'après les données de 1998) représentent les taux de suivi par type d'ouvrage, ainsi que les types de suivi et les types d'entretien qui en découlent, tous gestionnaires confondus. Les données complètes, spécifiques à chaque catégorie de gestionnaire, figurent en annexe.

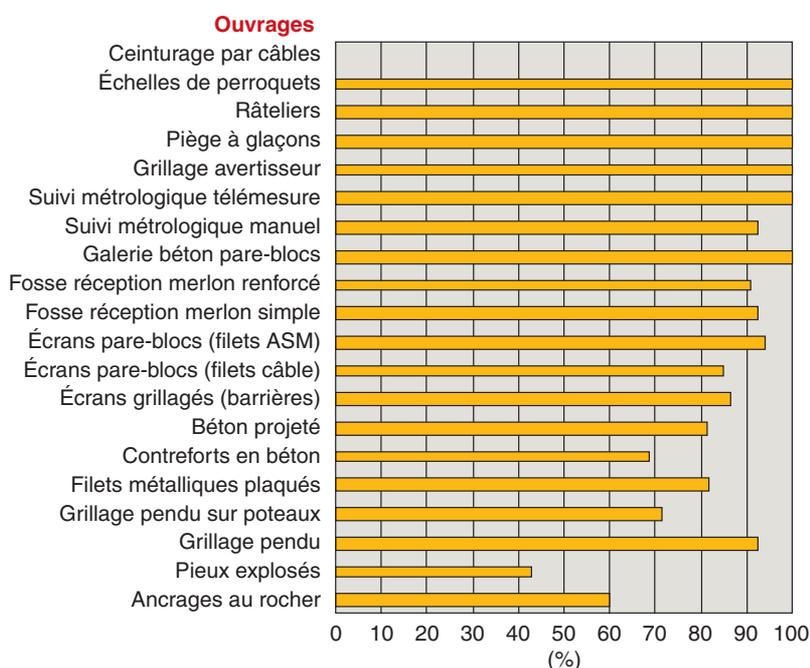


Fig. 27 - Taux global de suivi par type d'ouvrage (données déclaratives issues de l'enquête de 1999).

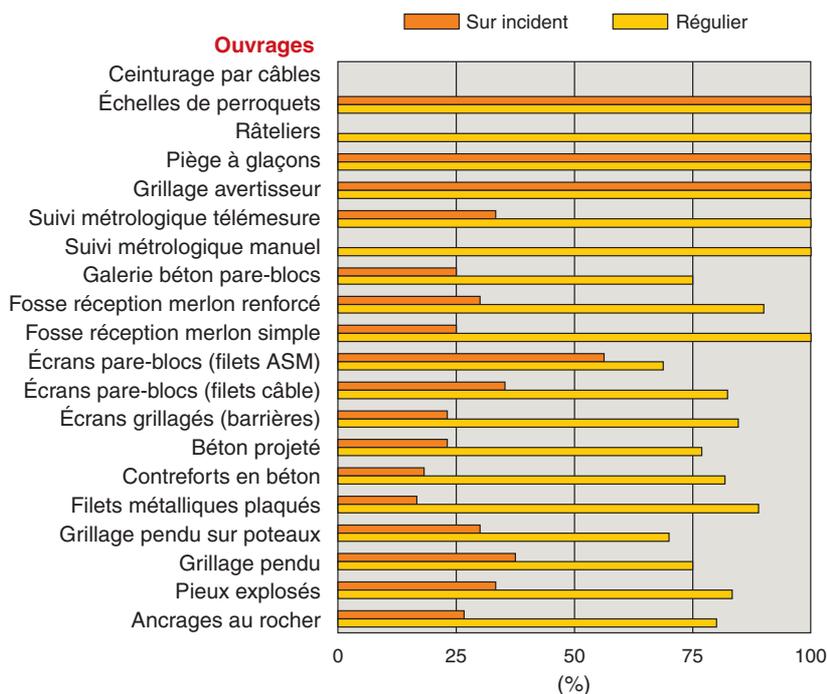


Fig. 28 - Type de suivi des ouvrages (régulier ou sur incident).

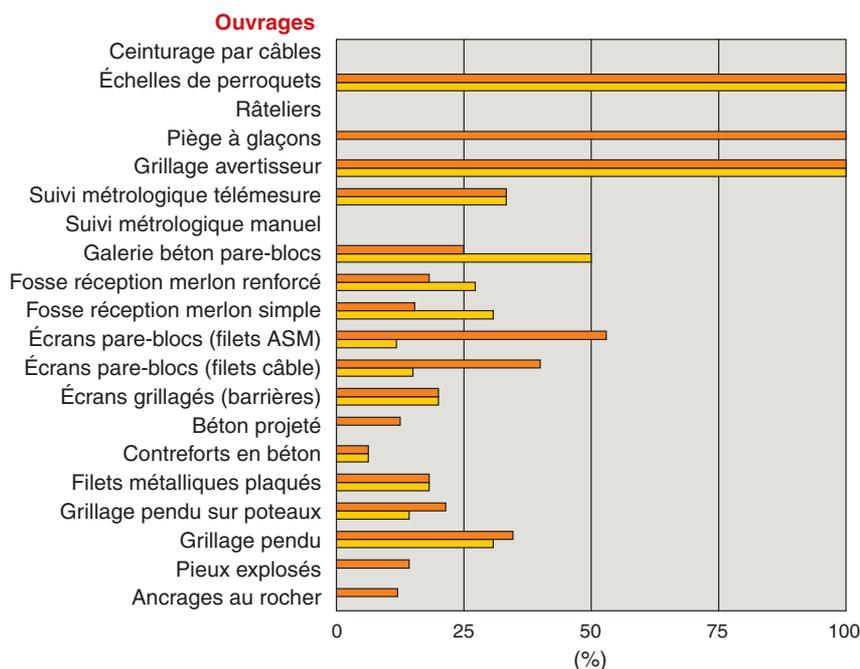


Fig. 29 - Type d'entretien des ouvrages (régulier ou sur incident).

Pour les infrastructures routières, les opérations de suivi et de maintenance étaient très hétérogènes et étaient directement liées aux volontés décisionnelles locales. On note par exemple des taux de suivi des ouvrages de protection qui variaient de 22 à 38 % pour les zones confortées par ancrage, alors que l'ensemble des autres types de protection ou de confortement étaient suivis avec un taux de 50 à 100 %. Le type de suivi, régulier ou sur incident, était par contre extrêmement variable, non pas en fonction du type d'ouvrage, mais encore en fonction du gestionnaire considéré. La maintenance se limitait en général à la réparation ou au remplacement des ouvrages détériorés ou détruits.

Pour les infrastructures autoroutières, ferroviaires ou militaires, le taux de suivi était, à quelques exceptions près, proche de 100 %. La rigueur et la fréquence du suivi étaient variables, le protocole se limitant généralement à une observation visuelle occasionnelle et rapide. La maintenance se limitait souvent à la réparation des dégâts occasionnés aux ouvrages (maintenance curative) après incidents minimes ou majeurs.

Entre la réalisation de ce sondage (début 1999) et 2009, on a pu noter un accroissement des mises en place de procédures de suivis, certaines sur la base des procédures qui sont exposées dans ce guide. Cette tendance a souvent été initiée par l'information qui a pu être dispensée dès le stade de l'étude de protection ou au cours de formations spécifiques « risques rocheux ». Les « états des lieux » qui ont été réalisés préalablement au partage des routes nationales entre les Conseils Généraux et les Directions Interdépartementales des Routes, lors de la décentralisation opérée dès la fin des années 1990, ont également été des initiateurs de procédures de suivi des ouvrages de protection.

Statistiques sur la gestion des ouvrages

Les statistiques sont établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrage, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999. 68 réponses ont été recueillies pour environ 85 questionnaires envoyés.

Définition des termes utilisés dans l'enquête

Nb. gestionnaire pour type d'ouvrage = nombre de gestionnaires ayant sous leur responsabilité le type d'ouvrage spécifié (au moins un ouvrage de ce type pour l'ensemble de sa zone d'action).

Nb. d'ouvrages suivis = nombre total de gestionnaires indiquant un suivi (régulier ou sur incident) du type d'ouvrage spécifié.

Type de suivi (régulier ou sur incident) = nombre de gestionnaires déclarant un suivi régulier ou un suivi suite à incident, du type d'ouvrage considéré. Les deux réponses simultanées sont possibles pour le type de suivi.

Personnel chargé du suivi = nombre de gestionnaires déclarant un suivi par entreprise spécialisée, par bureau d'étude (B.E.) ou par ses propres services, du type d'ouvrage considéré. Plusieurs réponses simultanées sont possibles.

Entretien déjà effectué = nombre de gestionnaires déclarant avoir déjà entretenu de façon régulière ou suite à incident, le type d'ouvrage concerné. Les deux réponses simultanées sont possibles pour le type d'entretien déjà effectué

Représentativité de l'ouvrage (%) = nombre de gestionnaires ayant déclaré avoir le type d'ouvrage considéré sous sa responsabilité, divisé par le nombre total de gestionnaires ayant répondu à l'enquête. Il est à noter que la représentativité des filets métalliques plaqués peut être légèrement faussée par une confusion fréquente entre grillages et filets. Lorsque la confusion était manifeste, la correction a été effectuée directement.

Proportion de suivi (%) = nombre de gestionnaires ayant déclaré suivre le type d'ouvrage considéré, divisé par le nombre total de gestionnaires ayant déclaré avoir le type d'ouvrage considéré sous sa responsabilité.

Type de suivi (%) = nombre de gestionnaires ayant déclaré suivre de façon régulière ou suite à incident, le type d'ouvrage considéré, divisé par le nombre de gestionnaires ayant déclaré un suivi du type d'ouvrage considéré. Les deux réponses simultanées étant possibles, le total des types de suivi peut être supérieur à 100.

Répartition du suivi (%) = nombre de gestionnaires ayant déclaré faire suivre le type d'ouvrage considéré par une entreprise spécialisée, par un bureau d'étude ou par ses propres services, divisé par le nombre de gestionnaires ayant déclaré un suivi du type d'ouvrage considéré. Plusieurs réponses simultanées étant possibles, la répartition du suivi peut être supérieure à 100.

Entretien effectué (%) = nombre de gestionnaires ayant déclaré avoir fait un entretien régulier ou suite à un incident, du type d'ouvrage considéré, divisé par le nombre total de gestionnaires ayant déclaré avoir le type d'ouvrage considéré sous sa responsabilité. Les deux réponses simultanées étant possibles, le total des types d'entretien peut être supérieur à 100.

GESTIONNAIRE D'INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES (GESTION SUB-DÉPARTEMENTALE)

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Nb. gestionnaires pour type d'ouvrage	Nb. d'ouvrages suivis	Type de suivi		Personnel chargé du suivi		Entretien déjà effectué	
			Régulier	Sur incident	Entr.spéc.	B. E.	Régulier	Suite incident
Ancrages au rocher	16	6	3	3	1	1	4	3
Pieux explosés	9	2	1	2	1		2	1
Grillage pendu	16	14	8	7	2		13	7
Grillage pendu sur poteaux	11	7	4	3	2		6	3
Filets métalliques plaqués	13	9	7	2	2	1	7	4
Contreforts en béton	8	4	2	2	1	1	4	1
Béton projeté	10	7	4	3	1	1	7	2
Ecrans grillagés (barrières)	10	8	6	3	2		7	2
Ecrans pare-blocs (filets câble)	12	9	6	5	2		7	6
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	13	12	7	9	2		10	9
Fosse réception merlon simple	6	6	6	1			6	1
Fosse réception merlon renforcé	7	6	5	2			6	1
Galerie béton pare-blocs	3	3	2	1	1		2	1
Suivi métrologique manuel	8	7	7		1	5	2	
Suivi métrologique télémessure	1	1	1	1	1	1	1	1
Autres (grillage avertisseur)...	1	1	1	1	1		1	1
Autres (piège à glaçons)...	1	1	1	1			1	1

Nombre total de réponses : 20

* = choix multiple possible

GESTIONNAIRE D'INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES (GESTION SUB-DÉPARTEMENTALE)

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Représentativité de l'ouvrage (%)	Proportion de suivi (%)	Type de suivi (%)		Répartition du suivi (%)		Entretien effectué (%)	
			Régulier	Sur incident	Entr.spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier
Ancrages au rocher	80	38	50	50	17	17	0	19
Pieux explosés	45	22	50	100	50	0	0	11
Grillage pendu	80	88	57	50	14	0	25	44
Grillage pendu sur poteaux	55	64	57	43	29	0	18	27
Filets métalliques plaqués	65	69	78	22	22	11	23	31
Contreforts en béton	40	50	50	50	25	25	13	13
Béton projeté	50	70	57	43	14	14	0	20
Ecrans grillagés (barrières)	50	80	75	38	25	0	20	20
Ecrans pare-blocs (filets câble)	60	75	67	56	22	0	8	50
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	65	92	58	75	17	0	8	69
Fosse réception merlon simple	30	100	100	17	0	0	50	17
Fosse réception merlon renforcé	35	86	83	33	0	0	43	14
Galerie béton pare-blocs	15	100	67	33	33	0	67	33
Suivi métrologique manuel	40	88	100	0	14	71	0	0
Suivi métrologique télémesure	5	100	100	100	100	100	100	100
Autres (grillage avertisseur)...	5	100	100	100	100	0	100	100
Autres (piège à glaçons)...	5	100	100	100	0	0	0	100

GESTIONNAIRE D'INFRASTRUCTURES AUTOROUTIÈRES (GESTION RÉGIONALE)

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Nb. gestionnaires pour type d'ouvrage	Nb. d'ouvrages suivis	Type de suivi		Personnel chargé du suivi		Entretien déjà effectué	
			Régulier	Sur incident	Entr-spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier
Ancrages au rocher	2	2	2	1	1	1		
Pieux explosés	1							
Grillage pendu	3	3	3	2	1	1	1	1
Grillage pendu sur poteaux								
Filets métalliques plaqués	3	3	3	1	1	2	1	
Contreforts en béton	2	1	1			1		
Béton projeté	1	1	1					
Ecrans grillagés (barrières)	2	2	2		1	1		1
Ecrans pare-blocs (filets câble)	2	2	2	1		1		1
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	1	1	1		1			
Fosse réception merlon simple	3	3	3	2			3	1
Fosse réception merlon renforcé	1	1	1				1	
Galerie béton pare-blocs								
Suivi métrologique manuel	2	2	2			2		
Suivi métrologique télémessure	1	1	1			1		
Autres (râteliers)...	1	1	1		1			
Nombre total de réponses :	7		*	*	*	*	*	*

* = choix multiple possible

GESTIONNAIRE D'INFRASTRUCTURES AUTOROUTIÈRES (GESTION RÉGIONALE)

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Représentativité de l'ouvrage (%)	Proportion de suivi (%)	Type de suivi (%)		Répartition du suivi (%)			Entretien effectué (%)	
			Régulier	Sur incident	Entr.spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier	Suite incident
Ancrages au rocher	29	100	100	50	50	50	0	0	0
Pieux explosés	14	0						0	0
Grillage pendu	43	100	100	67	33	33	33	33	33
Grillage pendu sur poteaux	0								
Filets métalliques plaqués	43	100	100	33	33	67	0	33	0
Contreforts en béton	29	50	100	0	0	100	0	0	0
Béton projeté	14	100	100	0	0	0	100	0	0
Ecrans grillagés (barrières)	29	100	100	0	50	50	50	0	50
Ecrans pare-blocs (filets câble)	29	100	100	50	0	50	50	0	50
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	14	100	100	0	100	0	0	0	0
Fosse réception merlon simple	43	100	100	67	0	0	100	33	33
Fosse réception merlon renforcé	14	100	100	0	0	0	100	0	0
Galerie béton pare-blocs	0								
Suivi métrologique manuel	29	100	100	0	0	100	0	0	0
Suivi métrologique télémessure	14	100	100	0	0	100	0	0	0
Autres (râteliers)...	14	100	100	0	100	0	0	0	0

GESTIONNAIRE D'INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES (GESTION RÉGIONALE ET NATIONALE)

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Nb. gestionnaires pour type d'ouvrage	Nb. d'ouvrages suivis	Type de suivi		Personnel chargé du suivi		Entretien déjà effectué		
			Régulier	Sur incident	Entr.spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier	Suite incident
Ancrages au rocher	5	5	5				5		
Pieux explosés	4	4	4				4		1
Grillage pendu	5	5	5				5	3	1
Grillage pendu sur poteaux	3	3	3				3		
Filets métalliques plaqués	4	4	4				4		
Contreforts en béton	4	4	4			1	4		
Béton projeté	4	4	4				4		
Ecrans grillagés (barrières)	2	2	2				2	1	
Ecrans pare-blocs (filets câble)	5	5	5			1	5	2	1
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	3	3	3				3	1	
Fosse réception merlon simple	3	2	2				2		
Fosse réception merlon renforcé	2	2	2	1			2		1
Galerie béton pare-blocs	1	1	1				1		
Suivi métrologique manuel	3	3	3			1	2	1	
Suivi métrologique télémètre	1	1	1				1		
Autres (échelles de perroquets)...	1	1	1		1		1	1	1
Autres (ceinturage par câbles)...	1								
Nombre total de réponses :	5		*	*	*	*	*	*	*

* = choix multiple possible

GESTIONNAIRE D'INFRASTRUCTURES AUTOROUTIÈRES (GESTION RÉGIONALE ET NATIONALE)

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Représentativité de l'ouvrage (%)	Proportion de suivi (%)	Type de suivi (%)		Répartition du suivi (%)			Entretien effectué (%)	
			Régulier	Sur incident	Entr.-spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier	Suite incident
Ancrages au rocher	100	100	100	0	0	0	100	0	0
Pieux explosés	80	100	100	0	0	0	100	0	25
Grillage pendu	100	100	100	0	0	0	100	60	20
Grillage pendu sur poteaux	60	100	100	0	0	0	100	0	0
Filets métalliques plaqués	80	100	100	0	0	0	100	0	0
Contreforts en béton	80	100	100	0	0	25	100	0	0
Béton projeté	80	100	100	0	0	0	100	0	0
Ecrans grillagés (barrières)	40	100	100	0	0	0	100	50	0
Ecrans pare-blocs (filets câble)	100	100	100	0	0	20	100	40	20
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	60	100	100	0	0	0	100	33	0
Fosse réception merlon simple	60	67	100	0	0	0	100	0	0
Fosse réception merlon renforcé	40	100	100	50	0	0	100	0	50
Galerie béton pare-blocs	20	100	100	0	0	0	100	0	0
Suivi métrologique manuel	60	100	100	0	33	67	33	0	0
Suivi métrologique télémètre	20	100	100	0	0	100	0	0	0
Autres (échelles de perroquets)...	20	100	100	100	0	0	100	100	100
Autres (ceinturage par câbles)...	20	0						0	0

GESTIONNAIRE DE SITES PARTICULIERS SENSIBLES (2 SITES EN GESTION LOCALE)

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Nb. gestionnaires pour type d'ouvrage	Nb. d'ouvrages suivis	Type de suivi		Personnel chargé du suivi			Entretien déjà effectué	
			Régulier	Sur incident	Entr.spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier	Suite incident
Ancrages au rocher	2	2	2			2	1		
Pieux explosés									
Grillage pendu	2	2	2			2	1		
Grillage pendu sur poteaux									
Filets métalliques plaqués	2	2	2			2	1		
Contreforts en béton	2	2	2			2	1		
Béton projeté	1	1	1				1		
Ecrans grillagés (barrières)	1	1	1				1		
Ecrans pare-blocs (filets câble)	1	1	1				1		
Ecrans pare-blocs (filets ASM)									
Fosse réception merlon simple	1	1	1				1		
Fosse réception merlon renforcé	1	1	1					1	
Galerie béton pare-blocs									
Suivi métrologique manuel									
Suivi métrologique télémètre									
Autres									
Nombre total de réponses :			2	*	*	*	*	*	*

* = choix multiple possible

GESTIONNAIRE DE SITES PARTICULIERS SENSIBLES (2 SITES EN GESTION LOCALE)

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Représentativité de l'ouvrage (%)	Proportion de suivi (%)	Type de suivi (%)		Répartition du suivi (%)			Entretien effectué (%)	
			Régulier	Sur incident	Entr.spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier	Suite incident
Ancrages au rocher	100	100	100	0	0	100	50	0	0
Pieux explosés	0								
Grillage pendu	100	100	100	0	0	100	50	0	0
Grillage pendu sur poteaux	0								
Filets métalliques plaqués	100	100	100	0	0	100	50	0	0
Contreforts en béton	100	100	100	0	0	100	50	0	0
Béton projeté	50	100	100	0	0	0	100	0	0
Ecrans grillagés (barrières)	50	100	100	0	0	100	0	0	0
Ecrans pare-blocs (filets câble)	50	100	100	0	0	100	0	0	0
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	0								
Fosse réception merlon simple	50	100	100	0	0	100	0	0	0
Fosse réception merlon renforcé	50	100	100	0	0	0	100	0	0
Galerie béton pare-blocs	0								
Suivi métrologique manuel	0								
Suivi métrologique télémessure	0								
Autres	0								

ENSEMBLE DES GESTIONNAIRES AYANT RÉPONDU A L'ENQUÊTE

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Nb. gestionnaires pour type d'ouvrage	Nb. d'ouvrages suivis	Type de suivi		Personnel chargé du suivi			Entretien déjà effectué	
			Régulier	Sur incident	Entr.spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier	Suite incident
Ancrages au rocher	25	15	12	4	2	4	10	0	3
Pieux explosés	14	6	5	2	1	0	6	0	2
Grillage pendu	26	24	18	9	3	3	20	8	9
Grillage pendu sur poteaux	14	10	7	3	2	0	9	2	3
Filets métalliques plaqués	22	18	16	3	3	5	12	4	4
Contreforts en béton	16	11	9	2	1	5	9	1	1
Béton projeté	16	13	10	3	1	1	13	0	2
Ecrans grillagés (barrières)	15	13	11	3	3	2	10	3	3
Ecrans pare-blocs (filets câble)	20	17	14	6	2	3	13	3	8
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	17	16	11	9	3	0	13	2	9
Fosse réception merlon simple	13	12	12	3	0	1	11	4	2
Fosse réception merlon renforcé	11	10	9	3	0	0	10	3	2
Galerie béton pare-blocs	4	4	3	1	1	0	3	2	1
Suivi métrologique manuel	13	12	12	0	2	9	3	0	0
Suivi métrologique télémétre	3	3	3	1	1	3	1	1	1
Autres (grillage avertisseur)...	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Autres (piège à glaçons)...	1	1	1	1	0	0	1	0	1
Autres (râteliers)...	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Autres (échelles de perroquets)...	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Autres (ceinturage par câbles)...	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Nombre total de réponses : 34

* = choix multiple possible

ENSEMBLE DES GESTIONNAIRES AYANT RÉPONDU A L'ENQUÊTE

Statistiques établies sur la base des déclarations faites par les différents Maîtres d'ouvrages, lors d'une enquête réalisée entre décembre 1998 et le premier trimestre 1999

Nature de l'ouvrage	Représentativité de l'ouvrage (%)	Proportion de suivi (%)	Type de suivi (%)		Répartition du suivi (%)			Entretien effectué (%)	
			Régulier	Sur incident	Entr.spéc.	B. E.	M.d'Ouv.	Régulier	Suite incident
Ancrages au rocher	74	60	80	27	13	27	67	0	12
Pieux explosés	41	43	83	33	17	0	100	0	14
Grillage pendu	76	92	75	38	13	13	83	31	35
Grillage pendu sur poteaux	41	71	70	30	20	0	90	14	21
Filets métalliques plaqués	65	82	89	17	17	28	67	18	18
Contreforts en béton	47	69	82	18	9	45	82	6	6
Béton projeté	47	81	77	23	8	8	100	0	13
Ecrans grillagés (barrières)	44	87	85	23	23	15	77	20	20
Ecrans pare-blocs (filets câble)	59	85	82	35	12	18	76	15	40
Ecrans pare-blocs (filets ASM)	50	94	69	56	19	0	81	12	53
Fosse réception merlon simple	38	92	100	25	0	8	92	31	15
Fosse réception merlon renforcé	32	91	90	30	0	0	100	27	18
Galerie béton pare-blocs	12	100	75	25	25	0	75	50	25
Suivi métrologique manuel	38	92	100	0	17	75	25	0	0
Suivi métrologique télémessure	9	100	100	33	33	100	33	33	33
Autres (grillage avertisseur)...	3	100	100	100	100	0	100	100	100
Autres (piège à glaçons)...	3	100	100	100	0	0	100	0	100
Autres (râteliers)...	3	100	100	0	100	0	0	0	0
Autres (échelles de perroquets)...	3	100	100	100	0	0	100	100	100
Autres (ceinturage par câbles)...	3	0						0	0

Synthèse de l'enquête auprès des Maîtres d'ouvrage

Voir CdRom.

Exemple de fiche de suivi d'ouvrage

Voir CdRom.

Bibliographie

Surveillance et entretien des ouvrages d'art, Circulaire du 26 décembre 1995, RGRA hors série 1-1997, **1995**.

Guide pour la surveillance, l'entretien, la conservation des tunnels routiers, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Centre d'Études des Tunnels, **1998**.

Instruction technique du 19 octobre 1979 pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Direction des transports intérieurs, **de 1980 à postérieur à 1995**,

Fascicule 01 : Dossier d'ouvrage,

Fascicule 02 : Généralités sur la surveillance,

Fascicule 03 : Mesures de sécurité - Auscultation - Surveillance renforcée - Haute surveillance,

Fascicule 04 : surveillance topométrique,

Fascicule 20 : zone d'influence - accès - abords,

Fascicule 21 : équipement des ouvrages (protection contre les eaux - revêtements - joints de chaussées et de trottoirs - garde-corps - dispositif de retenue),

Fascicule 30 : ponts et viaducs en maçonneries,

Fascicule 31 : ponts en béton non armé et en béton armé,

Fascicule 33 : ponts métalliques,

Fascicule 40 : tunnels, tranchées couvertes, galeries de protection,

Fascicule 51 : ouvrages de soutènement,

Fascicule 52 : déblais et remblais,

Fascicule 53 : ouvrages de protection.

Guide de la *Maintenance des bâtiments*, Moniteur, références techniques, **1995**.

Norme NF X 60-010, *Concepts et définitions des instabilités rocheuses*, Norme française, décembre **1994**.

Guide des *Parades contres les instabilités rocheuses*, Éditions LCPC, Collection Environnement - Les risques naturels, ISSN 1151-1516, **2004**.

Guides *Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux*, Éditions LCPC, Collection Environnement - Les risques naturels, ISSN 1151-1516, **2004**.

Ce guide est complété par des documents joints sur CD Rom qui feront l'objet d'une édition en 2010.

Si le CD Rom ne s'exécute pas automatiquement, ouvrir le répertoire et cliquer sur « [sommaire.html](#) ».



Sur les ouvrages de protection mis en œuvre depuis plus de 30 ans pour protéger les routes, les chemins de fer, les habitations ou autres infrastructures contre les éboulements, on peut observer divers niveaux de désordre qui résultent des impacts des blocs, du vieillissement, de perturbations du milieu environnant ou même de la combinaison de plusieurs facteurs.

Les désordres qui résultent strictement des mouvements rocheux vont nécessiter un diagnostic précis avant d'engager les réparations nécessaires. Pour d'autres types de désordres, l'environnement peut jouer un rôle néfaste (atteinte à la géométrie, à la structure ou aux matériaux constitutifs de l'ouvrage). Dans d'autres cas encore, c'est la qualité de la mise en œuvre sur site et l'assemblage des différents composants qui peuvent être mis en cause. Dans tous ces cas, le rôle de la prévention et du contrôle deviennent prépondérants.

Toutes ces constatations, résultant d'observations effectuées pendant plusieurs décennies, permettent d'édicter quelques règles particulières et procédures pour assurer la durabilité des ouvrages de protection contre le risque rocheux.

Le présent guide technique propose des outils d'aide à la maintenance des ouvrages de protection. Il décrit les types d'évolution et les risques engendrés sur ces ouvrages par défaut de maintenance et d'entretien.

For more than 30 years, protection structures have been installed to protect roads, railroads or houses against rock falls. On these structures, various levels of disorder are observed, which result from rock impacts, aging, environmental impact, or combined causes.

The disorders strictly linked to rock movements will require a precise diagnosis before maintenance. For some other types of disorders, environmental action can affect the geometry or the structure of the protection as well as its constitutive materials. In other cases, the quality of the implementation on site, and the assembly of the different components, can be responsible. In all these cases, prevention and control play an increasing role.

All these findings and observations, carried out during several decades, have resulted in setting up particular rules and procedures to ensure the durability of the protection structures.

This guide proposes technical tools for the maintenance of these protection structures. It also describes the possible evolution of these structures and the associated risks in case they are left without maintenance.