



INTERREG III A Projet n° 179 (ex n° 046)

RiskYdrogé

«Risques hydrogéologiques en montagne : parades et surveillance »

Activité 5. Systèmes de parades

Parade 11 – Filets/grillages plaqués

Partenaires et financeurs :



Région autonome Vallée d'Aoste
Assessorat du territoire,
de l'environnement et des ouvrages publics
Regione autonoma Valle d'Aosta
Assessorato del territorio,
ambiente e opere pubbliche



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

En collaboration avec :



Pôle Grenoblois
Risques Naturels



Parade 11

Filets et grillages plaqués

1. DESCRIPTION

1.1. Objectif

Les treillis et filets plaqués – métalliques ou en PVC – constituent une parade active. Il s'agit d'une natte de filets ou de grillages plaqué contre la paroi, destinée à en assurer la stabilité superficielle ou locale. Les filets sont utilisés contre les chutes de blocs (volume inférieur à 5 m^3). Les grillages conviennent aux pierres dont le volume ne dépasse pas 1 m^3 . Le placage des nattes contre la paroi vise à enrayer rapidement tout mouvement consécutif à une rupture.

1.2. Principe

Le principe consiste à plaquer une natte de filets ou de grillages contre la paroi à l'aide de câbles et d'ancrages répartis sur le pourtour de la zone instable. Un placage efficace permet de retenir les blocs en place ou d'enrayer rapidement le mouvement suivant la rupture. Les efforts à reprendre sont ainsi moins importants: ils dépendent uniquement d'une partie du poids du bloc instable, alors que lorsque le bloc prend de la vitesse, les efforts dépendent de l'énergie cinétique du bloc, soit de son poids intégral.

1.3. Description technique

Trois variantes sont possibles:

- Les filets sont utilisés contre les chutes de blocs (volume $< 5 \text{ m}^3$). Ils sont plaqués contre la paroi au moyen d'ancrages, puis mis en tension. Des câbles et des ancres sont ensuite ajoutés au besoin pour améliorer le placage. La dimension standard d'une natte de filet est de 2 à 3 mètres de côté. Elle est entourée d'un câble de ceinture muni de boucles d'amarrage. Plusieurs nattes peuvent être ajoutées l'une à l'autre en ligaturant les câbles de ceinture. Les filets sont constitués par des câbles de différents diamètres (diamètre standard: 8 mm), en acier zingué ou recouvert d'un alliage Al-Zn. La maille (d'un diamètre standard de 20 x 20 ou 25 x 25 cm) peut être hexagonale, losangique ou circulaire.
- Les grillages (double torsion ou TECCO®) sont utilisés contre les chutes de pierres (volume $< 1 \text{ m}^3$). Les grillages à double torsion sont constitués de fils (en acier zingué ou revêtus d'un alliage Al-Zn) d'un diamètre de 2.7 à 3.0 mm à mailles hexagonales. Ils doivent être plaqués à la paroi. Néanmoins, le placage est plus souple que dans le cas des filets, car il n'y a pas de mise en tension. Les grillages TECCO® ont une structure à simple torsion à maille losangique 83 x 143 mm. Ils ont une résistance à traction de 150 kN/m dans le sens longitudinal et de 60 kN/m dans le sens transversal. Les plaques de répartition des efforts des ancres permettent de fixer le grillage très proche du terrain, en effectuant si possible une éventuelle présollicitation du grillage aux alentours du point d'ancrage.
- Les câbles de ceinture permettent de stabiliser des blocs volumineux et massifs. Il s'agit d'un ou de plusieurs câbles ancrés et mis sous tension qui emmaillotent un bloc.

Quel que soit la variante retenue, l'important est de tirer profit du relief. Les ancrages doivent évidemment être réalisés en terrain stable. Ils sont constitués de barres d'acier scellées au rocher, de boulons à expansion ou, en terrain meuble, de pieux explosés.

2. DOMAINE D'UTILISATION

2.1. Performances

Les filets ou les câbles servent à stabiliser localement une masse instable, souvent en saillie, qui ne peut pas être purgée ou stabilisée directement. Les filets ou les grillages sont utilisés sur de plus grandes surfaces, tel un pan de rocher disloqué ou un talus d'éboulis. Quelle que soit la variante utilisée, cette parade n'est pas destinée à retenir des volumes importants. Elle présente de nombreux avantages, ce qui implique qu'elle a tendance à remplacer d'autres techniques, comme le béton projeté:

- Elle a un coût raisonnable (sauf en cas de plus value liée à l'accessibilité).
- Sa mise en œuvre est rapide ou très rapide.
- La structure du filet ou du grillage ne modifie pas les caractéristiques hydrogéologiques du massif rocheux, contrairement au béton projeté.
- Elle permet en outre la reprise de la végétation, ce qui limite l'impact visuel de la parade.

L'efficacité de la parade dépend de la qualité du placage de la natte et de la pente du talus stabilisé. La qualité du placage dépend à moyen terme en grande partie de la position des ancrages, qui doivent se trouver hors de la zone instable.

2.2. Techniques associées

Parmi les techniques qui peuvent être associées:

- Les purges légères (**Parade 7**). Les purges à l'explosif, qui peuvent mettre en mouvement l'ensemble de la zone instable, sont déconseillées.
- Les ancrages (**Parade 9**).
- Le gunitage éventuel des parties altérées (**Parade 10** "béton projeté").

3. REALISATION

3.1. Conception

La conception doit s'appuyer sur les travaux d'un géologue. Ceux-ci doivent consister en une étude de la fracturation et en un relevé des instabilités. Ces études permettront de déterminer les zones à purger, ainsi que de dimensionner les nattes (type, diamètre du fil et taille de la maille) et les ancrages. En règle générale, les ancrages seront distribués avec un espacement maximal de 3 m dans le rocher et de 2 m dans les terrains meubles.

3.2. Mise en œuvre

La mise en œuvre nécessite les services d'une entreprise spécialisée dans les travaux acrobatiques. Elle comprend les étapes suivantes:

- La purge et le débroussaillage, qui permettent la mise en sécurité du chantier.
- La réalisation des ancrages (**Parade 9**). Il faut prêter attention au fait que les plaques de tête doivent être bien plaquées contre le rocher.
- La pose des filets ou des grillages s'effectue depuis le haut du versant. En fonction de l'accessibilité, il faut envisager d'avoir recours à un treuil ou à un hélicoptère. Le recours à l'hélicoptère permet d'accélérer la pose: alors qu'une grue permet de mettre en place entre 5 et 7 rouleaux de grillages de 25 m de long et de 3 m de largeur en une heure, l'utilisation

judicieuse et bien préparée de l'hélicoptère permet de poser 35 à 40 rouleaux dans le même temps.

- Dans le cas des filets, les ancrages doivent être positionnés précisément sur le pourtour de la natte. Celle-ci sera ensuite mise en tension à l'aide d'un tire-fort. Les ancrages de placage complémentaires seront réalisés ensuite au travers de la natte.

3.3. Eléments de coût

Les coûts peuvent se décomposer de la manière suivante:

- Installation du chantier et travaux préparatoires (purge).
- Fournitures et pose
 - Filets:
 - Grillages
 - Câblages
 - Ancrages
- Plus-values liées à l'accessibilité (utilisation de l'hélicoptère).

A titre d'exemple:

- La purge des éléments instables coûte 1.43 €/m²
- La fourniture et la pose d'un grillage métallique double torsion en fil de fer galvanisé d'un diamètre de 2.7 mm, à mailles hexagonales de 80 x 80 mm, comprenant l'ancrage du grillage au sommet de la paroi à l'aide de clou et le placage du grillage au terrain à l'aide de pieux en acier revient à 8.16 €/m².
- La fourniture et la pose de filets formés de câbles de 8 mm de diamètre en acier zingué ou revêtus d'un alliage Al-Zn, ayant des mailles de 20 x 20 cm hexagonales, losangiques ou circulaires varient entre 39.00 et 44.56 €/m².
- L'utilisation de l'hélicoptère se monte à 25 €/min

4. ENTRETIEN

La durée de vie de ce type de parade est estimée à plusieurs décennies, la rupture de certains éléments n'entraînant pas systématiquement la destruction de l'entier du dispositif. Des dégâts peuvent également être causés par de la glace.

La maintenance consiste en une purge régulière des éléments détachés, qui empêchent le placage correct du filet et réduisent ainsi son efficacité. Les ligatures et mailles défectueuses doivent être réparées dès la constatation des dégâts. Un contrôle périodique doit par conséquent être effectué. Outre les dégâts à la structure, une attention sera portée aux problèmes liés à la corrosion ou à l'altération différentielle. Des mesures adéquates seront prises (par exemple gunitage).

5. EXEMPLES

5.1. Parois de Fingles, commune de Saint Maurice, Valais:

Dans le cadre d'un projet défense, les parois calcaires à l'ouest de la ville de Saint Maurice ont fait l'objet de plusieurs mesures de protection. Parmi celles-ci, des filets PVC ont été plaqués sur la bordure sommitale d'un ressaut rocheux surmontant la route cantonale, pour éviter la mobilisation de blocs de volume inférieur à 0.5 m³. Le plaquage a été réalisé par des ancrages de 1.2 à 2 m dans le rocher selon une maille approximative de 2 x 2 m.



Photo 5.11.1: Filets PVC plaqués sur la bordure sommitale d'une paroi à la sortie nord de la ville de Saint Maurice

Cliquez pour agrandir

5.2. Route de Martigny-Salvan, commune de Salvan, Valais:

Des filets PVC ont été disposés en application contre le rocher, pour réduire les chutes de pierres dans un lacet routier récemment élargi. Posé par bandes de 2 m de largeur, reliées entre elles par des lanières tissées. Le fond du filet est fixé par un câble. La vidange de poches entre les clous n'est malheureusement pas possible, mais la souplesse du filet permettant d'épouser au mieux le profil du rocher, la mobilisation des blocs est restreinte et les amas quasi inexistantes.

5.3. Route A21 Martigny – Grand Saint Bernard, commune de Sembrancher, Valais:

Parmi les multiples mesures de protections prises pour stabiliser les parois rocheuses surmontant la galerie de la Monnaie au lieu-dit "Les Trappistes" sur la route principale Martigny-Grand Saint Bernard, des câbles d'acier de 21 mm de diamètre ont été tressés entre des ancrages passifs en acier de 1.5 m de profondeur et de 22 mm de diamètre (photo 5.11.2). L'objectif est de bloquer la mise en mouvement de compartiments rocheux disloqués, trop instables pour être forés.

5.4. Rue de Rome, commune de Aoste, Vallée d'Aoste :

Suite à une chute de blocs arrivée au mois de décembre 2004 depuis la parois située en amont de la rue de Rome, dans la commune de Aoste, l'administration régionale a conçu la sécurisation de la route par la pose de filets plaqués constitués par des fils en acier zingué de 8 mm de diamètre, à maille carrée 20 x 20 cm et par la réalisation d'ancrages (photo 5.11.3). Afin d'éviter la mobilisation des petites pierres, un grillage a été installé derrière les filets plaqués. Le coût de l'intervention a été de 150'000 € environ.



Photo 5.11.2: Combinaison de mesures de protection au dessus de la galerie de la Monnaie au lieu-dit "Les Trappistes" : filets pare-pierres de moyenne énergie, ancrages passifs et câblages.



Photo 5.11.3. Combinaison de mesures de protection en amont de la route communale au lieu dit Rue de Rome, commune de Aoste.

Cliquez pour agrandir

5.5. Lieu-dit Chef-Lieu, commune d'Arvier (Savoie):

Suite à une chute de blocs d'environ 10 m³ ayant fortement endommagé l'angle d'une maison ainsi qu'une voiture, l'administration régionale a conçu la mise en sécurité des infrastructures menacées par la pose d'un filet plaqué sur la paroi ainsi que la réalisation d'un écran déformable de filet à l'aval de la falaise.



Photo 5.11.4. Combinaison de mesures de protection en amont de la route nationale RN26, au lieu dit Chef-Lieu, commune d'Arvier.

Cliquez pour agrandir

6. BIBLIOGRAPHIE

- Abramson L, Lee T., Sharma S., Boyce G. (2002): "*Slope stability and stabilization methods*". Wiley & Sons, New York.
- Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente (APAT, 2003): "*Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*". Manuali e linee guida 10/2002, pp 83-85.
- Agostini, R., P. Mazzalai, A. Papetti (1988): "*Le reti metalliche a maglie esagonali nella difesa dei versanti*". Officine Maccaferri S.p.A., pp. 32-39.
- Brawner, C.O., 1994. Rockfall hazard mitigation methods, NHI course 13219, Participants workbook.
- Cravero M., Iabichino G., Oreste P.P., Teodori S.P.: "*Metodi di analisi e dimensionamento di sostegni e rinforzi per pendii naturali o di scavo in roccia*". Atti Convegno su "Bonifica di versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento, 2004.
- Deflorian F., Rossi S., Bonora P., Sassudelli F.: "*Resistenza alla corrosione di funi per barriere paramassi e paravalanghe*". Atti Convegno "Bonifica di versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento, 2004.
- Ente Nazionale per le Strade - Gruppo Tecnico per la Sicurezza Stradale (2001) – "*La protezione del corpo stradale contro la caduta massi*". ANAS.
- Ferraiolo F. (2005): "*I rivestimenti corticali*". *Geingegneria Ambientale e Mineraria*, **1**, pp. 45-53, GEAM, Torino.
- Ferraiolo F., Giacchetti G.: "*Rivestimenti corticali: alcune considerazioni sull’applicazione delle reti di protezione in parete rocciosa*". Atti Convegno "Bonifica di versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento, 2004.
- Flum D., Ruegger R., Guasti G.: "*Dimensionamento di sistemi di consolidamento flessibili superficiali costituiti da reti in acciaio ad alta resistenza in combinazione a elementi di ancoraggio in barra*". Atti Convegno "Bonifica di versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento, 2004.
- Liste des prix de la Région Autonome Vallée d’Aoste, dernière mise à jour janvier 2006
- Pelizza S., Peila D., Oggeri C.: "*Tipologie di intervento per la bonifica di versanti rocciosi*". Atti Convegno "Bonifica di versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento, 2004.
- Willie, D.C. and Norrish, N.I., 1996. Stabilization of rock slopes. In: A.K. Turner and R.L. Schuster (Editors), *Landslides, Investigation and Mitigation*. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 474-504.