



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

RiskYdrogé

“Risques hydrogéologiques en montagne : parades et surveillance »

Activité 5. Systèmes de parades

Parade 7 – Suppression de l’aléa

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



CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS



laboratoire
régional
des ponts et
chaussées de Lyon



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



crealp
Centre de recherche sur l'environnement alpin
Zentrum für alpine Umweltforschung
Centre of research on the alpine environment

Parade 7

Suppression de l'aléa

1. DESCRIPTION

1.1. Objectif

Cette parade vise à supprimer les compartiments rocheux ou les blocs arrêtés dans une pente. Ce type d'intervention active consiste en deux opérations bien distinctes:

- La première, légère, vise à supprimer les petites écailles ou compartiments instables ($\leq 5 \text{ m}^3$) identifiés comme générateurs potentiels de chute de pierres. On mène aussi ce type d'opération dans les pierriers instables ou dans les secteurs fortement affectés par le fauchage.
- La seconde, plus lourde, vise à supprimer de gros compartiments rocheux allant de quelques dizaines à quelques centaines de m^3 , plus rarement supérieurs au millier de m^3 . Dans ce cas, il s'agit presque toujours de supprimer ou de réduire l'aléa d'éboulement, plus rare mais plus destructeur que la chute de pierres.

1.2. Principe

La **purge** consiste à détacher les éléments instables à l'aide d'une barre à mine ou de petites charges d'explosif. Il s'agit soit de charges appliquées, soit de charges forées (les trous, de faible diamètre, sont en général réalisés au perforateur à air comprimé).

Le **minage** des gros compartiments rocheux nécessite la perforation de la roche au marteau-fond-trou pour y déposer l'explosif, afin de fragmenter au maximum la roche. La fragmentation sert autant à limiter les dégâts à l'aval qu'à faciliter l'évacuation des débris de roche. Pour ce faire - comme pour l'abattage en carrière ou le profilage routier à travers un massif rocheux - la roche est perforée et les charges sont disposées dans les forages sur la base d'un plan de minage établi par un mineur dûment patenté. Le minage doit toujours être réalisé sur la base d'une analyse structurale de la falaise. En effet, il y a lieu d'utiliser au mieux l'agencement structural afin que l'ébranlement ne déstabilise pas le massif alentour, favorisant de la sorte des conditions propices à générer d'autres éboulements. L'utilisation d'explosifs brisants permet de réaliser de la pré- ou post-fissuration. Dans ce cas, la niche d'arrachement est plus "saine", et le risque de nouveaux éboulements est limité.

1.3. Techniques et outillage

En dehors des techniques mentionnées ci-dessus, on peut utiliser toute la panoplie des méthodes et outils servant à découper ou à briser la roche en carrière ou dans des environnements spécifiques (difficultés d'accès, milieu confiné, etc.). L'intervention est en général conditionnée par le coût et le risque qui en découle pour des objets tiers. La procédure habituelle veut que l'on utilise d'abord les techniques manuelles, plus simples à mettre en œuvre, puis si nécessaire le minage.

Selon les habitudes, les techniques suivantes sont utilisées: barre à mine, écarteur/vérin pneumatique ou hydraulique, éclateur hydraulique, éclateur type booster, ciment expansif, sciage au câble, etc. Pour autant que l'accès le permette (bordure de route, etc.) on mobilise de préférence des brise-roche montés sur des engins de chantier (par exemple MONTABERT®).

2. DOMAINE D'UTILISATION

2.1. Avantages et limites de la parade

En région de montagne, l'assainissement des falaises par suppression ou réduction de l'aléa est couramment utilisé à titre préventif ou après un événement imprévu. Souvent il accompagne la réalisation d'autres mesures de protection (par exemple: pose d'écrans, de filets couvrants, confortements). Ces méthodes réclament un certain nombre de précautions:

- **Dans la zone de départ**, il faut veiller à ne pas aggraver la situation: le risque d'érosion régressive est important dans le cas de la purge (par exemple pour un massif très disloqué). La purge est avant tout une intervention de nettoyage périodique d'une falaise que les qualités pétrographiques et les contraintes tectoniques ont rendue particulièrement sensible à l'altération météorique. Dans le cas d'un minage, il est indispensable de vérifier la stabilité des compartiments situés à l'arrière de la masse à supprimer. La suppression du pied de la masse peut en effet fortement diminuer la stabilité des compartiments situés à l'arrière! D'autre part, il faut prêter attention aux ébranlements provoqués par l'utilisation d'explosifs ou par les travaux préparatoires (par exemple les forages).
- **Dans la zone de propagation**, il est impératif de disposer de suffisamment de place pour récolter les matériaux. Ces méthodes sont donc à proscrire si elles mettent en danger la sécurité des infrastructures situées à l'aval (par exemple une route à fort trafic ne pouvant pas être fermée durant la durée des travaux ou une zone d'habitation proche de la falaise).

Néanmoins, la suppression de l'aléa présente de nombreux avantages:

- La possibilité d'interventions sur des compartiments instables de volume élevé, situés dans des zones présentant des difficultés d'accès (en général, le point problématique est le transport des perforatrices).
- La vitesse d'exécution relativement élevée.
- Les coûts raisonnables.
- La précision "chirurgicale" de l'intervention et le fait que le problème soit définitivement réglé.

2.2. Mesure d'accompagnement

La suppression d'aléa précède ou accompagne la mise en place d'autres mesures de protection actives ou passives. Il est indispensable de vérifier la capacité d'absorption d'éventuels ouvrages de protection existants au bas d'une zone que l'on désire assainir par purge ou par minage.

3. REALISATION

3.1. Concept d'assainissement

La mise en œuvre d'une purge ou d'un minage nécessite l'intervention du géologue aussi bien pour établir le concept d'assainissement que pour diriger les travaux. En effet, si le concept d'assainissement est avant tout basé sur l'interprétation de l'agencement structural de la falaise, la complexité pétrographique de certaines roches fait que des adaptations du mode d'assainissement doivent être réalisées en cours d'exécution des travaux. D'autre part, la présence inévitable d'ouvrages anthropiques à l'aval du chantier nécessite que le dimensionnement du minage soit couplé avec un calcul trajectographique des débris générés par le minage.

Le concept d'assainissement doit par conséquent permettre de délimiter les éléments à supprimer, ainsi que de déterminer les éventuelles conséquences néfastes immédiates ou à long

terme de la purge ou du minage sur la stabilité de la falaise et sur les infrastructures situées à l'aval du chantier.

3.2. Mise en œuvre

Durant tout le déroulement du minage ou de la purge, plusieurs points importants sont à observer par le géologue en charge de la direction des travaux:

- **Dans la zone de départ:** la mise en œuvre nécessite la plupart du temps l'engagement d'équipes spécialisées dans les travaux acrobatiques. Une attention particulière devra être portée à la sécurité des ouvriers lors de l'exécution des travaux. Suivant l'accessibilité du site, divers moyens de déplacement pourront être utilisés, comme par exemples nacelles, hélicoptère, techniques alpines. Un système de surveillance doit être réalisé durant toute la durée des travaux, particulièrement si des forages sont nécessaires: un bloc instable peut en effet se détacher sous l'effet des vibrations dues aux forages. Afin de limiter ces risques, les forages par rotation seront préférés aux forages par percussion. De même, les forages à l'air remplaceront les forages à l'eau si des niveaux argileux ont été mis en évidence. Parfois, le compartiment instable peut être retenu à la falaise par des câbles jusqu'à la réalisation du minage proprement dit.
- **Dans la zone d'atteinte:** la sécurité des infrastructures situées à l'aval du chantier est prioritaire. Celles-ci peuvent être sécurisées par des mesures de protection provisoires (filets, épandage de matériel meuble, pneus, bottes de paille, ...). D'autre part, la masse à supprimer peut être emmaillottée pour éviter les projections lors du minage proprement dit. Un réglage de la circulation (feux alternés, déviation) doit être mis en place durant toute la durée des travaux.

Le travail du géologue se poursuit après le minage ou la purge:

- **Dans la zone de départ:** il est indispensable de surveiller la niche d'arrachement après un minage, afin d'éviter tout risque d'éboulement, Au besoin, le minage doit être complété par une purge des blocs instables restés dans la niche d'arrachement.
- **Dans la zone d'atteinte:** les matériaux purgés ou minés doivent être évacués. Au besoin, une réfection de la chaussée doit être entreprise.

3.3. Éléments de coût

Le coût peut se décomposer en plusieurs postes:

- Protection des infrastructures.
- Interventions d'équipes spécialisées dans les travaux acrobatiques:
 - Travaux préparatoires (débroussaillage, forages, sécurisation des infrastructures menacées...)
 - Purge, minage ou utilisation de pelle mécanique
- Accès (location de nacelle, héliportage du matériel).
- Remise en état des lieux.

A titre d'exemple :

- Purge des éléments instables d'un volume < 1 m³ et transport du matériel en décharge. Prix : 1.43 €/m².
- Explosif: selon la typologie, les prix varient de 7.97 à 12.54 €/Kg.

4. PERENNITE

Dans le cas d'une purge, la pérennité des travaux dépend des conditions climatiques locales (i.e. de l'érodabilité du massif). Le massif doit par conséquent être régulièrement observé. La purge doit au besoin être renouvelée, sauf si des mesures complémentaires ont été prises. Dans le cas d'un minage bien fait, la pérennité nécessite peu d'attention.

5. EXEMPLE

5.1. Gorges du Trient à Vernayaz (Valais)

En 2002, la rénovation des passerelles des Gorges du Trient à Vernayaz a nécessité d'importantes purges des parois rocheuses. L'objectif de ces travaux était double:

- Supprimer les blocs instables.
- Etudier les trajectoires des blocs purgés et déterminer les zones atteintes au niveau des passerelles. Cette fonction a joué un rôle important, puisqu'elle est à l'origine d'une modification du projet de protection initial, qui avait considéré comme protégés des tronçons de passerelles qui ont pourtant été totalement détruits par les purges.



Photo 5.7.1: Dommages aux passerelles des gorges du Trient après les purges de 2002.

[Cliquer pour agrandir](#)

5.2. Lieu-dit Chateigne, commune de Pontboset, vallée d'Aoste

La sécurisation de la route régionale n°2, qui a été touchée par la chute de blocs du mois de mai 1996 qui a affecté le versant gauche de la vallée de Champorcher, à proximité du lieu-dit Chateigne, a exigé une purge manuelle et une surveillance des volumes instables.



Photo 5.7.2. Purge manuelle d'un bloc instable.

[Cliquer pour agrandir](#)

En outre, les blocs se sont arrêtés sur la galerie paravalanche qui avait été réalisé pour le compte de l'administration régionale afin de limiter les risques pour les usagers de la route.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Brawner, C.O., 1994. Rockfall hazard mitigation methods, NHI course 13219, Participants workbook.
- Cardu M., Oggeri C., Peila D., Casale M. :*“Bonifiche con esplosivo“*. 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.
- Liste des prix de la Région Autonome Vallée d'Aoste, dernière mise à jour janvier 2006.
- Mancini R. & Cardu M. (1998): *“Ingegneria degli scavi“*, Politeko, Torino.
- 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.