



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

Risk Ydrogé

“Risques hydrogéologiques en montagne : parades et surveillance »

Activité 5. Systèmes de parades

Parade 1 – Merlons et digues

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



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 1

Merlons et digues

Le texte de cette fiche est très largement inspiré de la version originale, publiée dans l'ouvrage: "Parades contre les instabilités rocheuses. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 2001."

1. DESCRIPTION

Le terme "merlons" désigne en France les ouvrages massifs en surélévation, situé à l'amont de la structure à protéger et ceci quelle que soit l'importance de l'ouvrage. En Suisse, le terme merlon désigne les petits ouvrages en remblai ; les ouvrages plus importants, le plus souvent renforcés, sont appelés "digues" (positive).

Les ouvrages en déblais, appelés en France fosse de réception, sont considérés en Valais et Vallée d'Aoste comme des digues négatives.

Le déviateur latéral est un obstacle biais destiné à infléchir la trajectoire en plan d'un éboulement. Il s'agit souvent d'une levée de terre, donc une digue positive au sens valaisan et valdotain.

1.1. Objectif

Merlon : parade passive ayant pour but de stopper les blocs ou les masses de grande dimension se propageant le long d'un versant avec des énergies élevées, voire très élevées (couramment 30000 kJ jusqu'à environ 150000kJ).

Fosse : cette parade passive a pour objectif de capter et de stocker des pierres, des blocs isolés ou des éboulements importants. Il s'agit d'une excavation qui est réalisée immédiatement à l'amont de l'enjeu à protéger (très souvent associée aux digues positives).

Déviateur : Parade passive ayant pour but de dévier latéralement, vers une zone à moindre risque ou vers des ouvrages de réception, la trajectoire de blocs ou masse rocheuses dévalant une pente ; le but n'est donc pas de stopper les blocs, mais de modifier leur trajectoire (le déviateur peut aussi avoir une action de freinage).

Un déviateur latéral est utilisé pour :

- dévier en direction des zones où il n'y a pas de risques ;
- dévier quand il existe une lacune entre deux ouvrages de protection ne pouvant pas être traitée par un écran classique ;
- modifier les trajectoires dans les zones où les ouvrages de protection n'ont pas toute leur efficacité.

1.2. Principe

Merlon : Elever dans le versant ou en pied de versant un obstacle massif, mais suffisamment déformable pour absorber l'énergie des masses en mouvement, et donc les arrêter. On entend par obstacle une levée ayant un parement amont à forte pente, pour éviter que les masses rocheuses ne remontent le talus en rotation, et possédant une masse propre suffisante pour résister aux impacts.

Fosse : Aménagement par terrassement d'un volume de réception. La géométrie de la fosse doit être telle que les masses ébouloées y soient piégées et stockées. Les caractéristiques géométriques et fonctionnelles peuvent varier dans un large domaine, en fonction de l'importance des éboulements considérés.

Déviateur : Il s'agit de placer en amont de la zone à protéger, une structure généralement en remblai, dont le parement amont est oblique par rapport à la trajectoire incidente. La direction du déviateur réoriente la trajectoire des masses interceptées dans une direction plus favorable.

1.3. Description technique

Les caractéristiques géométriques et fonctionnelles du **merlon** peuvent varier dans un domaine large en fonction des éboulements considérés :

- Le parement amont est en général très raide. Il peut être réalisé en enrochement ou en sol renforcé (bois, pneusol, pneutex, etc...) (Figure 5.1. 1). Pour résoudre des problèmes de stabilité interne, le remblai peut être lui-même renforcé, soit par des nappes de géotextiles, soit par des nappes de pneus (pneusol).
- En général, le parement aval est moins incliné. Même si en cas d'emprise limitée, il peut également être plus raide. Le parement aval est souvent végétalisé.

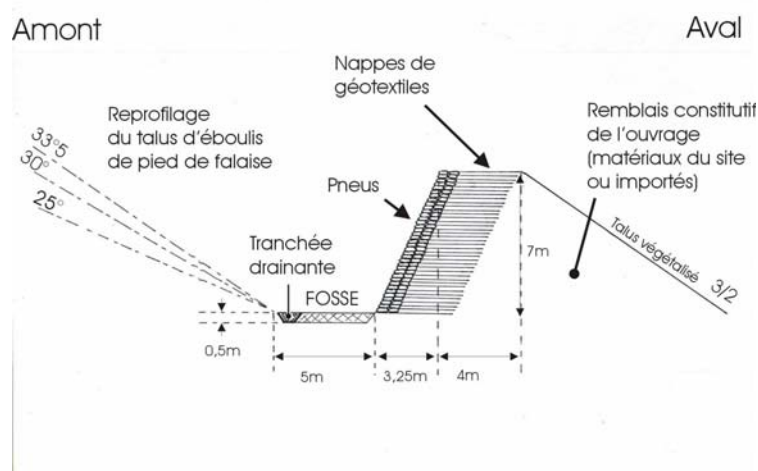


Figure 5.1. 1: Exemple de profil en travers d'un merlon avec parement en Pneutex (Guide LCPC, 2001).

[Cliquer pour agrandir](#)

Il existe de nombreux types de merlons, dont les plus courants sont présentés ci-dessous :

- Une levée de terre compactée de forme trapézoïdale, plutôt aplatie, présentant un parement amont peu raide (35° au maximum, soit inférieur à $2H/3V$) et ayant une hauteur maximale de 5 à 6 m. Ce type de merlon est utilisé sur des versants peu raides et pour retenir des énergies peu élevées.
- Une levée de terre, renforcée par un géotextile, une géogrille ou un grillage métallique. De forme trapézoïdale, elle peut atteindre une hauteur de 7 à 8 m. Son parement amont est raide (de l'ordre de 60 à 70° , soit environ $2H/1V$).
- Une levée constituée d'un parement amont en gabions, qui est presque vertical et qui peut atteindre une hauteur de 5 à 6 m. Elle est caractérisée par une faible emprise.
- Un enrochement à gros blocs avec un parement amont raide (au minimum 65 à 70° , soit supérieur à $5H/2V$), dont la hauteur peut atteindre une dizaine de mètres voire plus . L'enrochement peut être monté à sec ou maçonné avec du béton.

La **fosse** correspond à un déblai. Plusieurs variantes sont possibles, du fossé élargi (destiné à piéger les blocs se détachant des petits talus situés en bordure de route) à l'ouvrage large et profond, creusé dans le terrain. Une fosse est caractérisée par trois dimensions principales :

- La pente du talus aval (i.e. situé du côté structure à protéger) doit être le plus raide possible, pour éviter la remontée des blocs en rotation ; elle peut être prolongée directement par le parement amont d'un merlon.

- La largeur du fond de la fosse est variable. Elle dépend de la morphologie du versant et du volume des chutes attendues. Le fond est en principe recouvert d'une couche de matériau meuble, afin d'amortir davantage l'énergie des blocs. Elle varie généralement entre 2 et 8 mètres.
- La profondeur de la fosse.

Les deux principaux types de **déviateurs** utilisés sont les tourne et les étraves (Figure 5.1. 2).

Déviateur simple ou tourne : obstacle allongé, rectiligne ou courbe, dressé sur un versant dans la zone de propagation (utilisé couramment en protection contre les avalanches). Son orientation est fonction à la fois de la zone de départ des masses instables (nécessité d'intercepter un maximum de masses) et de la zone de réception vers laquelle on souhaite les diriger.

Déviateur double en étrave : obstacle en forme de chevron pointé vers l'amont et placé immédiatement au dessus de l'ouvrage ponctuel à protéger.

Les déviateurs sont des ouvrages dont la forme et le dimensionnement doivent être adaptés aux objectifs de déviation recherchés. L'utilisation d'un sol renforcé pour raidir le parement amont présente plusieurs avantages :

- amortissement augmenté de l'énergie des masses en mouvement ;
- diminution de l'emprise au sol ;
- arrêt des masses qui se propagent en rotation.

Les matériaux utilisés sont variés :

- levée de terre ;
- gabions de pierre ;
- sol renforcé ;
- éperon en béton pour les petites étraves ponctuelles.

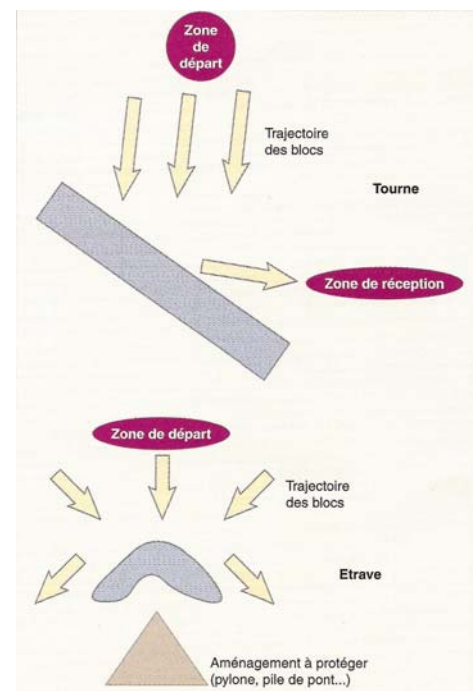


Figure 5.1. 2 Schémas en plan d'une tourne et d'une étrave (Guide LCPC, 2001). [Cliquer pour agrandir](#)

2. DOMAINE D'UTILISATION

2.1. Performances

Les **merlons** sont érigés lorsque l'on souhaite protéger un secteur menacé par des instabilités présentant des volumes élevés. Ce sont des protections collectives, qui peuvent également être mises en œuvre contre les avalanches de neige.

Les énergies maximales que peuvent reprendre les merlons atteignent 100'000 kJ. Certains ouvrages dépassent même les 150 000 kJ (cf. exemples de Barjac et d'Aigueblanche). Quoi qu'il en soit, l'efficacité de ces ouvrages dépend:

- De leur maintenance (curage régulier de la fosse de réception située à l'amont).
- De la résistance aux chocs du parement amont (ce qui exige la mise en place au moins de deux pneus côte à côte, dans le cas du pneusol).
- De l'existence d'une marge de sécurité sur la hauteur (surélévation d'un rayon du plus gros bloc attendu, par rapport à la hauteur calculée par trajectographie).

En outre, il faut étudier attentivement le site sur lequel le merlon doit être implanté. Un merlon ne peut par exemple pas être implanté dans une pente trop raide. D'autre part, il est souvent indispensable de reprofiler le terrain à l'amont de l'ouvrage, pour éviter que des replats puissent jouer le rôle de tremplin ([Annexe 5.1.1](#)). Dans ces cas il faut vérifier que les matériaux soient réutilisables pour la construction du remblai lui-même. Il faut également s'assurer que des affleurements rocheux ne vont pas apparaître en surface, ce qui modifierait les données trajectographiques.

L'impact visuel d'un merlon est diminué si le parement aval est recouvert de végétation. A l'amont, l'aspect dépend de la nature du parement: un parement amont constitué par des pneus est par exemple très visible dans un premier temps, mais l'impact visuel diminue ensuite avec la végétalisation.

Une **fosse de réception** peut arrêter, selon son dimensionnement, des éléments allant des chutes de pierres aux éboulements importants. Le dimensionnement dépend principalement de l'espace disponible en pied de versant.

Correctement dimensionnés et positionnés sur le terrain, les **déviateurs latéraux** peuvent dévier des énergies très élevées du même ordre de grandeur que celles reprises par les merlons (100 000kJ, voir plus, blocs de plusieurs m³).

2.2. Techniques associées

La fosse est souvent couplée avec un écran ou un merlon situé immédiatement à l'aval et créant une surprofondeur de la fosse. Des déviateurs peuvent être placés en amont pour guider les masses vers la fosse et/ou le merlon ou vers un écran rigide ou souple.

Ecran statique en sommet de merlon

3. REALISATION

3.1. Conception

L'implantation d'une digue au sens large suppose que l'on dispose physiquement d'une emprise suffisante entre l'objet à protéger et le pied du versant.

L'implantation, la géométrie et le dimensionnement d'un merlon, d'une fosse et/ou d'un déviateur sont dictés par une étude trajectographique détaillée. A partir des données fournies par un géologue sur le volume potentiel généré par chaque éboulement ainsi que les volumes des blocs de référence, cette étude doit fournir au minimum les paramètres suivants:

- La localisation des points de rebonds à l'amont de l'ouvrage proposé ;
- Les énergies et les hauteurs de vol des blocs à la hauteur de l'ouvrage proposé.

Il faut prêter une attention particulière aux pentes irrégulières et à la présence d'affleurements rocheux, qui peuvent donner lieu à des trajectoires difficilement prévisibles.

Ces données permettent d'implanter et de dimensionner précisément l'ouvrage en portant une attention particulière aux caractéristiques suivantes :

- La géométrie du merlon (sa position, son extension et sa hauteur). Il est préférable de prévoir des merlons disposés en tuiles plutôt qu'un merlon unique de grande longueur pour faciliter l'accès au parement amont, et donc l'entretien des ouvrages.
- Le type même de merlon / fosse / déviateur et sa conception.
- L'effet sur les trajectoires des blocs (en particulier le pourcentage des blocs arrêtés).

- Le couple "largeur de la fosse-pente du talus amont", compte tenu des phénomènes de rebond susceptibles de se produire sur ce dernier.

L'efficacité de chaque option retenue doit être vérifiée à l'aide d'une nouvelle simulation trajectographique.

Si nécessaire, des modifications pourront être apportées au projet initial, principalement en fonction des contingences topographiques:

- Combinaison du merlon avec d'autres techniques (déviateurs latéraux, ...).
- Guidage des blocs au niveau de la zone de départ.
- Déplacement du merlon, avec modification des hauteurs et des pentes des parements.
- Abandon pur et simple de l'option merlon.

Les études au niveau de l'ouvrage lui-même doivent porter sur:

- La stabilité d'ensemble du versant (y compris réactivation de glissements anciens).
- La stabilité interne de l'ouvrage dans des conditions statiques et dynamiques. Les essais statiques doivent tenir compte de la sismicité de la zone (spécialement pour les merlons). Les essais dynamiques doivent vérifier:
 - Que les blocs ne puissent pas franchir le merlon par roulement le long du parement amont.
 - Que de fragments de blocs résultant de l'impact ne puissent pas franchir le merlon.
 - Que le merlon ne puisse pas être poinçonné.
 - Que l'ouvrage reste stable lors de l'impact des blocs (choc en général oblique sur les déviateurs).
- Les emprunts de matériaux (possibilités d'utiliser le terrain en place en tant que matériau de construction du merlon) et l'accessibilité à la zone lors de la construction.
- La prise en compte des eaux de ruissellement en pied de versant: mise au point des systèmes de drainage et de collecte des eaux en amont de l'ouvrage et étude du drainage de l'ouvrage lui-même.
- L'évaluation de l'influence des phénomènes comme les avalanches ou les laves torrentielles sur l'efficacité du merlon (l'ouvrage peut-il être rempli par une avalanche, puis jouer le rôle de tremplin pour les blocs?).
- La planification des travaux et l'évaluation de la faisabilité d'ouvrages de protection provisoires nécessaires à la sécurité du chantier.
- Les conditions de durabilité de l'ouvrage, les coûts d'entretien et de maintenance (accessibilité aux engins de curage de la fosse).

Le dimensionnement d'une fosse utilisée seule s'effectue à l'aide d'abaques. Les plus fréquents fournissent la largeur et la profondeur de la fosse en fonction de la hauteur et de l'inclinaison du talus ([Annexe 5.1.2](#)). En outre, une fosse doit toujours être assez large pour permettre son entretien (opération de curage).

3.2. Mise en œuvre

Les contraintes techniques sont du ressort d'une entreprise de terrassement ou de Génie Civil Pour une digue positive, elles varient suivant le procédé employé (remblai simple ou sol renforcé).

Pour les fosses, la réalisation se fait sans difficulté particulière en terrain meuble. En terrain rocheux, le brise-roche ou l'explosif peuvent s'avérer nécessaires ponctuellement. Dans les deux cas, des précautions seront à prendre pour ne pas mettre en danger la stabilité du versant. Lorsque la

fosse est associée à un merlon, on analysera les matériaux excavés pour déterminer s'ils peuvent être réutilisés pour la levée de terre.

On veillera à ce que les terrassements au niveau de la fosse respectent bien le dimensionnement prévu (largeur de la fosse et de son talus amont).

Pour les digues positives, la réalisation d'un remblai simple ne pose pas de problème particulier : une entreprise de terrassement peut l'exécuter avec une pelle mécanique ou un bouteur léger.

Quelques spécificités :

- Parement amont suffisamment raide pour éviter l'effet de tremplin ;
- Prévoir un système de collecte des eaux recueillies par l'ouvrage, ainsi qu'une protection du pied du parement amont contre l'érosion (système anti-ravinement, fascines par exemple) ;
- Si la zone d'emprunt comporte une couche de terre végétale, la stocker et la réutiliser pour la végétalisation des parements.

Pour les merlons, afin de répondre aux exigences de résistance et de durabilité dans un environnement géotechnique souvent difficile, l'ouvrage doit faire l'objet d'une étude géotechnique détaillée assortie d'un contrôle des travaux de terrassement.

En ce qui concerne les déblais, les points suivants doivent être pris en compte:

- Caractérisation de la sensibilité à l'excès d'eau (à l'aide de sondages, de coupes, de prélèvement d'échantillons, d'essais de laboratoire avec analyse de la teneur en eau naturelle et de la granulométrie, ...).
- Portance du sol support du merlon.
- Diminution de la traficabilité du chantier.

L'utilisation des déblais requiert quelques précautions:

- Elle suppose que la teneur en eau naturelle du matériau au moment de la mise en œuvre soit compatible avec un compactage minimal à définir par rapport à la densité sèche de référence (PROCTOR normal).
- La mise en œuvre doit être adaptée à l'état hydrique des matériaux (mise en dépôt provisoire, mise en œuvre en couches minces associées à un compactage moyen...).
- Si l'équilibre du mouvement des terres n'est pas assuré, des matériaux d'emprunt sont à rechercher.

3.3. Éléments de coût

Les coûts d'un merlon (associé ou non à une fosse, un déviateur) dépendent de plusieurs paramètres:

- La préparation du chantier (déboisement, mesures de sécurité du chantier, ...).
- La réutilisation possible des matériaux en place.
- La taille de l'ouvrage, essentiellement la largeur en crête (2 m au minimum).
- La morphologie du terrain, qui conduit à des reprofilages plus ou moins importants.
- Le drainage.

Terrassement seul : environ 8 €/par mètre cube en terrain meuble, 15 à 37 €/m³ en rocher

En France, la part principale du coût d'un merlon ou d'un déviateur tient au parement, réalisé par exemple avec des pneus usagés de poids lourds. La fourchette de prix est de l'ordre de 100 à 150 €/m² en schématisant l'ouvrage à son parement projeté sur un plan vertical.

En Italie, à titre de comparaison, le coût d'un merlon constitué d'un enrochement comprenant des blocs $> 1 \text{ m}^3$ et d'un remblai comprenant de blocs de $0,5 \text{ m}^3$, tous frais compris (préparation du sol de fondation, drainage, construction du merlon) est de:

- 37,01 €/m³ si les blocs sont posés à sec.
- 56,64 €/m³ si les blocs sont maçonnés avec du béton.

4. ENTRETIEN

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

- Sur la levée elle-même : entretien des fascines, végétalisation des parements ;
- Au pied de la levée entretien du système de collecte des eaux de ruissellement, végétalisation du versant.

Vérifier la stabilité de la levée de terre elle-même et de l'ensemble du versant.*Dégager le parement amont des blocs accumulés, particulièrement si la levée est associée à une fosse.

L'entretien est un aspect essentiel de l'efficacité d'une fosse. Le curage régulier des matériaux accumulés pour éviter l'effet de tremplin engendré par une fosse comblée est indispensable. Il convient donc de prévoir des accès à la fosse. Au même titre, on s'assurera que la pente du talus aval de la fosse est toujours assez raide.

Un contrôle annuel est indispensable; il portera sur la nécessité d'enlever des matériaux ou d'améliorer le système d'évacuation des eaux pour éviter la stagnation des eaux de ruissellement dans le fond de la fosse (agent de dégradation important).

Les merlons eux-mêmes ne présentent pas de sensibilité particulière au vieillissement (sauf ceux qui ont un parement en géotextile). Il peuvent néanmoins être endommagés par des impacts de blocs. Une visite annuelle est recommandée pour vérifier le bon fonctionnement du système de drainage et pour s'assurer qu'il n'existe pas de déformations de l'ouvrage (ces déformations peuvent être liées à des impacts ou à une instabilité du sol support).

5. EXEMPLES

5.1. BARJAC (Lozère)

Protection d'un lotissement par une merlon avec parement en pneutex, associé à un piège à cailloux obtenu par reprofilage du talus naturel. Pente du talus amont du merlon: 65° . Pente du talus aval: 33° . Largeur en tête: 5m. Dimensionnement 170 000 kJ.



Photo 5.1.1 Merlon de Barjac Cliquer pour agrandir

5.2. SECTEUR SAINTE MARIE DE CUINES (Savoie, autoroute A43):

Une série de merlons en Pneusol sont disposés "en tuiles" sur près de 3 km. Directement à l'amont de l'autoroute, ils interceptent les éléments provenant d'une falaise d'une centaine de mètres de haut prolongée par un versant d'éboulis.

La fosse à l'arrière formant un piège (2 à 3m de large) est maçonnée pour faciliter les écoulements d'eau et l'entretien.

Cet ouvrage à été réalisé en 6 mois (cadence moyenne 250 pneus/jour pour 4 hommes et une pelle) pour un coût de 42 €/m² de parement + 6 €/pneu amené sur site, soit au total près de 75 €/m².

5.3. DEVIATION d'AIGUEBLANCHE (Savoie):

Merlon de 7,2m de haut, 800m de long, avec parement amont en Pneutex. Dimensionnement 160000kJ.(150 000 pneus poids lourds.)

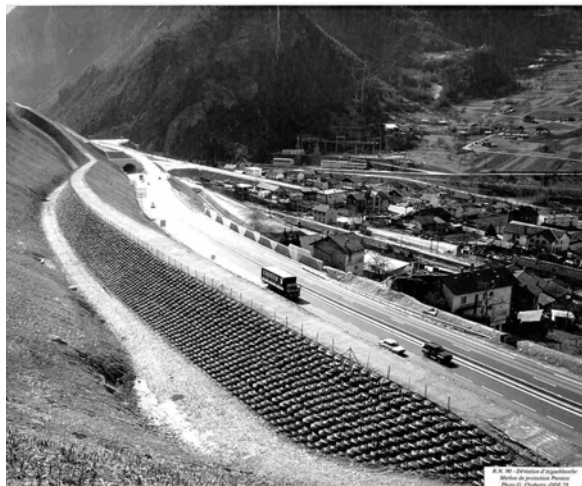


Photo 5.2.2. Construction d'un merlon avec un parement en Pneutex: protection de la RN 90 à Aigueblanche, Savoie (photo Cete Lyon). [Cliquer pour agrandir](#)

5.4. NANTUA (Ain):

Pour protéger la ville contre les chutes de blocs et éboulements provenant d'une falaise calcaire de 150 m de haut, un immense piège a été installé au pied de la pente d'éboulis qui prolonge cette falaise. Il s'agit d'un ensemble de merlons continus sur près de 500 m, réalisés en 1996, implantés à deux niveaux différents dans le versant : l'un presque au pied de la falaise génératrice de blocs, l'autre à proximité des habitations à protéger.

Chaque ouvrage comporte à la fois une partie en Pneutex et une partie en remblai classique.

Fosse amont très large (une dizaine de mètres), et retalutage du terrain amont important.

Intégration dans le paysage excellente, puisque les ouvrages ne se voient pas de la ville, excepté une faible portion de terrain retaluté.

Pour des raisons liées à la topographie, le merlon et la fosse n'ont pu être prolongés sur toute l'étendue de la zone, aussi pour assurer la continuité de la protection entre les parties inférieures et supérieures du piège, toutes deux perpendiculaires à la pente, une tourne a été levée (fig. 2). Cette tourne est réalisée en Pneutex), pente du parement amont 60°. Le grand axe de l'ouvrage est incliné sur la pente de façon à diriger les produits d'éboulement vers le piège à blocs.

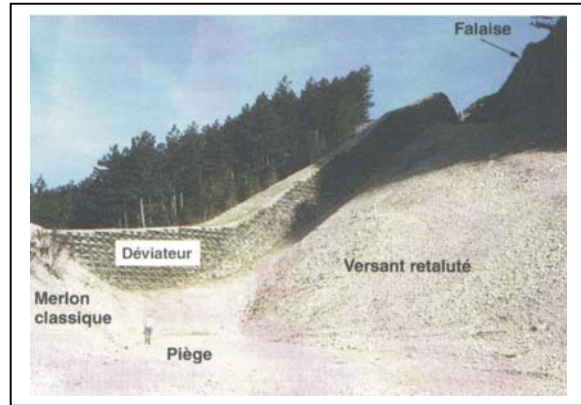
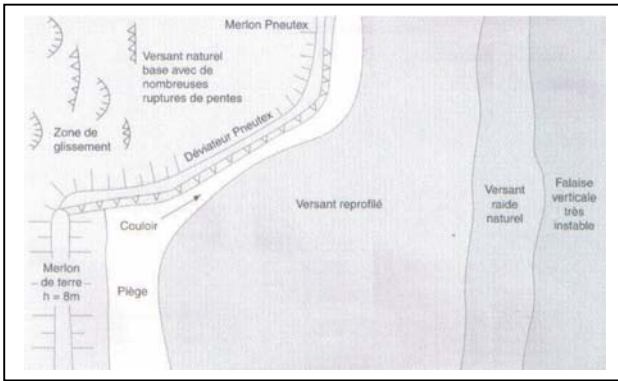


Figure 5.1. 3. Tourne en PneuTex reliant deux merlons (Nantua, Ain) : schéma en plan et photographie (Guide LCPC, 2001). [Cliquer pour agrandir](#)

5.5. POMBLIERES (Savoie, RN 90)

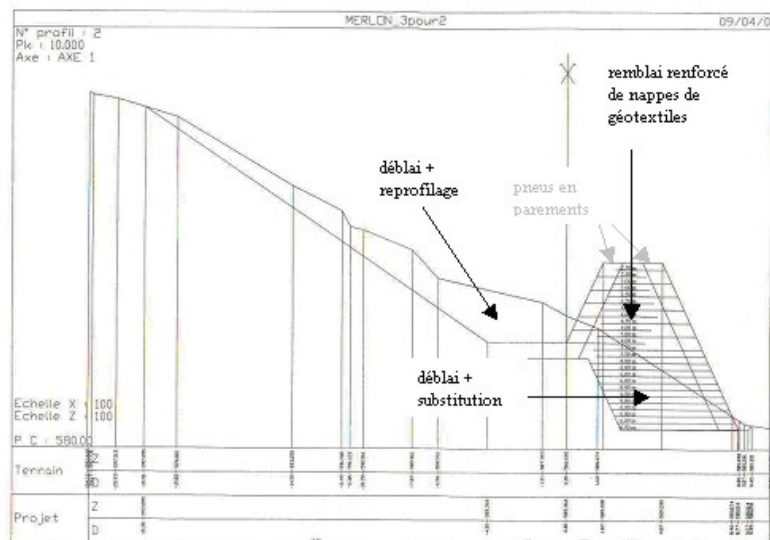
La pente très raide a imposé des contraintes fortes pour la réalisation des pistes d'accès au chantier et pour la protection de la voie ferrée située en contrebas pendant les travaux.



Laboratoire Régional de Lyon Géotechnique

Photos 5.1.3 et 5.1.4 : Pomblières - présence de gros blocs incompatibles avec la technique de renforcement du merlon en couches géotextiles. Le problème a été résolu par le concassage des blocs sur place.

[Cliquer pour agrandir](#)



LRL Géotechnique

Figure 5.1. 4. Pomblières - Gestion déblais/remblais (un profil tous les 10m)

5.6. LA PRAZ (Savoie):

Projet de merlon de protection de la RN 6

L'ouvrage planifié se situe à l'aplomb d'une voûte maçonnée remblayée anciennement exploitée par la SNCF.

Une approche de type pseudo statique a été développée dans le cadre de la théorie du calcul à la rupture afin d'approcher les capacités d'arrêt du merlon de protection. Parallèlement des simulations numériques ont été engagées pour simuler la rupture sous impact.

Les résultats de l'étude ont conduit en première approche à proposer une couche "fusible" intercalée dans la structure du merlon pour plafonner les efforts transmis à la voûte en cas d'impact.

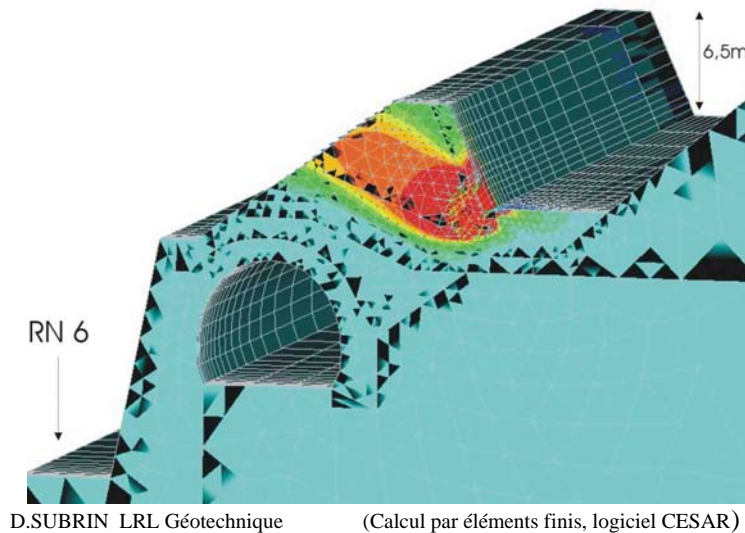


Figure 5.1. 5: La Praz - Isovaleurs de déplacements induits en cas d'impact

5.7. Cas fréquent d'une simple levée de terre avec éventuellement barrière grillagée au sommet.



Photo 5.1.5 : Barrage constitué d'une simple levée de terre entre la route et le pied de talus (Cete Lyon).

[Cliquer pour agrandir](#)

5.8. Lieu-dit Grand Frayan, commune de Châtillon, vallée d'Aoste:

Le site de Grand Frayan a été toujours subi de nombreuses chutes de blocs. La protection de la RN 26 et de l'agglomération de Breil, situés en pied de versant, a été faite par l'administration régionale. Trois enrochements à gros blocs ont été disposés à différentes altitudes le long du versant et surmontés chacun par une barrière fixe de grillages.

Une importante chute de blocs en 2002 (volumes maximaux des blocs: 20, 35 et 80 m³, énergie cinétique estimée environ de 10'000 kJ) a sérieusement endommagé ces ouvrages. L'enrochement situé le plus en amont a été percé par deux grands blocs, ce qui a permis le passage des plus petits blocs. L'efficacité de cet ouvrage a été démontrée du fait que tous les blocs qui ont franchi le premier enrochement ont été interceptés et stoppés par les deux merlons situés plus en aval.

5.9. Lieu-dit Créton, commune de Rhêmes Saint-Georges, vallée d'Aoste.

Suite aux intempéries d'octobre 2000, de nouvelles chutes de blocs et des glissements de terrain ont affecté la rive droite de la vallée de Rhêmes à proximité du village de Créton (commune de Rhêmes Saint-Georges). Le versant est caractérisé par une couverture mixte de dépôts glaciaires et d'éboulis à gros blocs sur laquelle coule le torrent Regou.

Les mesures de protection du village et de la RR 24 ont été conçues par des experts mandatés par l'administration régionale. Ces mesures ont débouché sur la mise en œuvre de:

- Quatre levées en terre renforcées par un géotextile, ayant les caractéristiques géométriques suivantes:
 - Une section trapézoïdale asymétrique avec le parement aval plus haut que le parement amont.
 - Une largeur en crête de 2 m.
 - Un parement amont de 6 m de hauteur.
 - Un parement aval de 7.5 à 8 m de hauteur. Les deux parements ont une inclinaison de 63.4°
- Un déviateur de coulée formé par une chaussée à section trapézoïdale asymétrique ayant les caractéristiques géométriques suivantes:
 - Une largeur de 2m en crête et de 5.50 à 6.50 m à la base.
 - Un parement amont de 3 m de hauteur et 63.4° d'inclinaison.
 - Un parement aval en gabions métalliques.
 - Un chenal de récolte et une évacuation des coulées.
- Des pistes d'accès.

Le coût total de l'intervention terminée en octobre 2004 a été supérieur à 1.4 Mio €

5.10. RR 47 (Km.7+000), lieu-dit Pont d'Ael, commune d'Aymavilles, vallée d'Aoste.

L'étude "Falaises de Pont d'Ael, étude structurale et géomécanique et carte de danger" rédigée par le CREALP en 1998 a mis en évidence les dangers liés aux instabilités rocheuses à proximité du km 7+000 de la route régionale n°47. Sur la base de cette étude, l'administration régionale a mandaté en 2001 des experts pour réaliser une intervention en vue de stabiliser la paroi menaçant directement la circulation routière ainsi que le hameau de Pont d'Ael. Le projet préliminaire a prévu la sécurisation de la paroi rocheuse par le biais des mesures suivantes:

- Construction d'un merlon en béton armé d'une longueur de 72 m.
- Fourniture et pose d'une barrière de grillage fixe de 3 m de hauteur en crête du merlon.
- Fourniture et pose de grillages plaqués de fil d'acier (2.7 mm de diamètre) à double torsion et à maille hexagonale (80x100 mm).
- Fourniture et pose de filets plaqués.

Le coût total de l'intervention est de 1 Mio €



Photo 5.1.6. Vue d'ensemble du merlon en béton armé. A noter en aval du merlon la présence d'un écran déformable en anneaux pour protéger la RR 47 de Cogne.

[Cliquer pour agrandir](#)

5.11. Lieu-dit Buisson, commune d'Antey St-André, vallée d'Aoste.

Suite aux chutes de blocs liées aux intempéries de septembre 1993, quatre levées en terre et des écrans pare-blocs ont été mis en place par l'administration régionale afin de sécuriser les hameaux de Buisson et Fiernaz, le téléphérique Buisson-Chamois et la route régionale n°46.

L'efficacité de ces ouvrages a été vérifiée lors des intempéries d'octobre 2000, lorsque des laves torrentielles se sont produites dans le couloir de Buisson et du cône de Fiernaz.

Les levées en terre mises en place en 1993 ont les caractéristiques géométriques suivantes:

- Une hauteur de 5 à 6 m.
- Une largeur en crête de 3 m.
- Un parement amont en gros blocs ayant une inclinaison de 35 à 38°.
- Une âme en béton armé de 1 m d'épaisseur au sein du remblai.

Le dimensionnement des ouvrages a été réalisé en considérant exclusivement la chute de blocs, sans prendre en compte d'éventuelles laves torrentielles. Le positionnement des parades a été réalisé à l'aide du logiciel ROTOMAP, en faisant l'hypothèse d'une résistance au poinçonnement de l'ouvrage de 10'000 kJ.

5.12. Talus de craie de Rogerville (Seine Maritime):

Fosse de réception : déblai creusé à la pelle et au boteur, sur une largeur moyenne de 8 m; le fond de fossé est laissé en craie nue; la fosse est complétée par un muret côté chaussée (fig. 1).

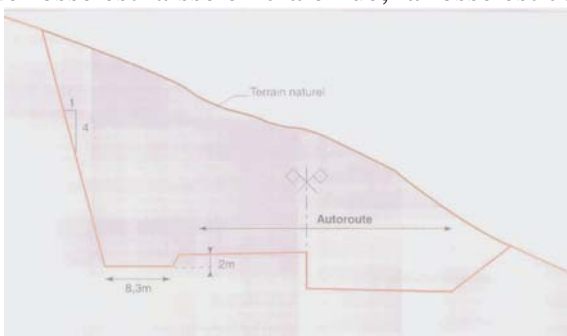


Figure 5.1. 6 - Profil en travers d'un piège à blocs. Talus de l'autoroute A16, à Rogerville (Seine Maritime).

[Cliquer pour agrandir](#)

5.13. RN 1 à la Réunion (route du littoral):

Fosse associée à un écran de gabions, au pied d'une falaise de formations volcaniques, elle protège (partiellement, car n'évitant pas certains lobes) contre les chutes de pierres et de petits blocs.



Photo 5.1.7 - Fosse aménagée en pied de falaise sur la RN (Ile de la Réunion).

[Cliquer pour agrandir](#)

5.14. RN 26 (Km. 55+500), commune de Bard, vallée d'Aoste.

La chute de blocs du 5 septembre 2000 (volume estimé: 300 m³) a endommagé le mur réalisé aux environs du km 55+500 de la route nationale n°26 dans la commune de Bard. L'ANAS a prévu la mise en sécurité de la route par:

- La construction d'un mur de 5.5 m de hauteur et d'environ 250 m de longueur. Le mur a été réalisé en béton armé et a été doublé de pierres maçonnées au mortier.
- La mise en œuvre d'une barrière fixe de grillage au sommet du mur.
- La réalisation d'une fosse de réception pour piéger et stocker d'éventuelles chutes de blocs.



Photo 5.1.8. Fosse de réception située à l'arrière du mur de protection de la RN 26.

[Cliquer pour agrandir](#)

6. BIBLIOGRAPHIE

- Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (APAT, 2003): “ *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*”. Manuali e linee guida 10/2002, pp 86-89.
- BAYER H., GSELL A., SAUERMOSE S., SCHEIBER M. (2000), Planning of mitigation measures regarding the aggravated risk imposed by rockfall, Fellsbau 18, n° 1, pp. 30-35.
- Brawner, C.O., 1994. Rockfall hazard mitigation methods, NHI course 13219, Participants workbook.
- Ente Nazionale per le Strade - Gruppo Tecnico per la Sicurezza Stradale (2001) – “ *La protezione del corpo stradale contro la caduta massi*”. ANAS.
- GERBERT S., HESPEL M. (1999), Mur renforcé par géotextile dans les ouvrages de protection des risques naturels, Comptes-rendus des Rencontres géosynthétiques, 4è Colloque francophone (Bordeaux), volume 2, pp. 147-150.
- LAPIERRE J.Y., MATHIEU Y., RAFFOUR J.P., CABANIS M. (1990), Déviation d'Aigue Blanche, Revue générale des routes et aérodromes, 671, pp. 20-28.
- LEPERT P., J.F. CORTE Etude en centrifugeuse de l'impact de gros blocs rocheux sur un remblai de protection proceeding centrifuge 88 (corté ed.) 1988 Balkema Rotterdam.
- Liste des prix de la Région Autonome Vallée d'Aoste, dernière mise à jour janvier 2006
- NGUYEN THANH LONG (1985), *Le Pneusol*, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, rapport des Laboratoires, série GT7,36 pages.
- 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.
- OGGERI C., PEILA D., RECALCATI P.: “*Rilevati paramassi*”. 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.

Spécifique aux fosses de réception

- FOKES P.G., VELTMAN A.J. (1989), *Rock slopes: stabilization and remedial measures against degradation in weathered and fresh rock*. Proceedings Instn Civil Engineers, Part 1, 86, pp. 359-380.
- RICHIE A.M. (1963), *Evaluation of rockfall and its control*, Highway Research record, vol. 17, NRC, pp. 13-28.
- WHITESIDE P.G.D. (1986): “*Discussion on rockfall protection measures*”. Conference on rock and excavation engineering in an urban environment, Hong Kong, pp 490-492.