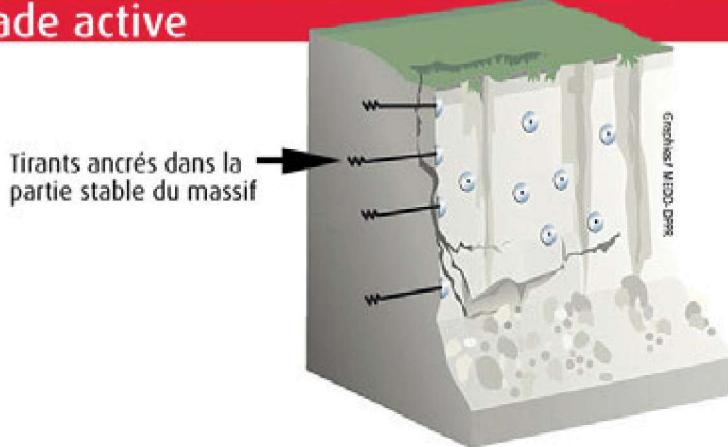


## Gestion du risque

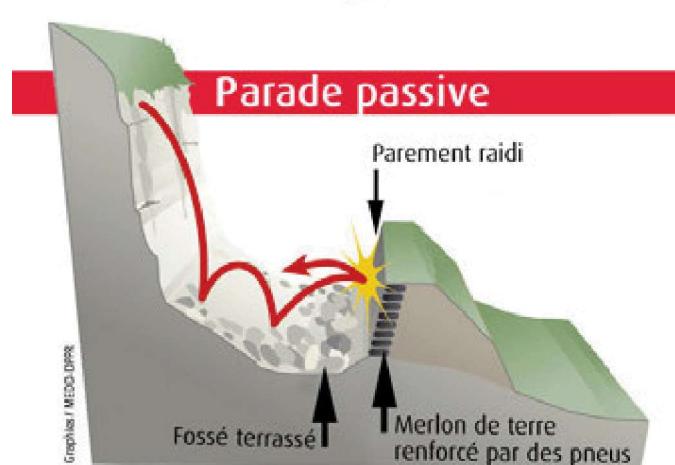
### Réduction de la vulnérabilité *Les parades*

Les parades sont des dispositifs techniques permettant de réduire la survenue et/ou les conséquences d'un aléa, en protégeant ainsi les enjeux exposés. De nombreuses techniques existent (on se référera notamment au guide du LCPC sur les parades, [8]), les principales sont exposées ci-après. Il existe deux grands principes de protection : les parades actives et les parades passives (schémas ci-dessous).

#### Parade active



#### Parade passive



*La mise en œuvre de tels dispositifs nécessite des études spécifiques notamment pour les dimensionner.*

## Gestion du risque

### Parades actives



Les parades actives sont définies comme des actions s'opposant au déclenchement du phénomène (action sur l'aléa de rupture). On tente donc de maintenir en place les éléments rocheux instables par différents moyens. Les plus fréquemment utilisés sont présentés ci-dessous.



©Clichés INERIS

Mur de confortement à tirants en pied, Modane, Savoie.

#### Confortement par clouage ou tirants

Les ancrages sont des armatures en acier, mises en place dans des trous forés, traversant entièrement la masse instable et pénétrant suffisamment dans le rocher plus stable pour que ce dernier reprenne les efforts. Le clouage passif ne joue un rôle que s'il y a déplacement des masses rocheuses (ce sont les « épingle » ou « boulons ») tandis que la précontrainte des tirants limite le déplacement du massif à stabiliser. Ces dispositifs nécessitent la prise en compte de la corrosion pour assurer leur pérennité.



Coût fréquent et [intervalle de coût] : 50 à 150 €/mètre linéaire

#### Confortement par mur ou massif bétonné

Ces ouvrages (piliers, contreforts, butons) s'opposent au détachement et à l'éboulement de blocs, d'écaillles ou de surplombs rocheux en réalisant un support rigide qui en assure le blocage. Leur intégration dans le paysage doit être examinée.



Coût fréquent et [intervalle de coût] : 550 €, [500 à 1000 €]/mètre cube



©Clichés INERIS

Poser d'un filet métallique, Bourgogne.

#### Confortement par grillage ou filet plaqué ancré

La masse instable est emmaillotée dans une nappe de grillage ou de filet maintenue en place par un système de câbles et d'ancrages. La mise en place d'un ceinturage au moyen de câbles ou de chaînes seuls est déconseillée. La zone d'ancrage doit offrir une garantie de stabilité en cas de reprise des efforts dus au poids de la masse rocheuse instable qui peut se désolidariser de la paroi, même si elle y est plaquée initialement.



Coût fréquent et [intervalle de coût] : 70 €, [50 à 90 €]/mètre carré (avec ancrage)

#### Confortement par béton projeté

Ce confortement s'applique dans le cas de masses rocheuses stables mais dont la dégradation et la fracturation superficielle entraîne la chute de pierres. La technique consiste à projeter une couche de béton à prise rapide contre la paroi, souvent associé à un grillage ou treillis soudé, afin de la protéger de l'érosion. L'esthétique de ce dispositif est discutable, même en utilisant du ciment coloré.



Coût fréquent : 50 €/mètre carré (avec treillis)



© DR

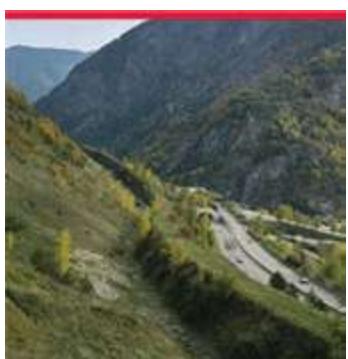
Mise en place de béton projeté.

## Gestion du risque



### Parades passives

Les parades passives décrites ci-dessous ne s'opposent pas au déclenchement du phénomène mais visent à intercepter les trajectoires des blocs (action sur la propagation).



© DR

Merlon de protection de la RN 90, Aigueblanche, Savoie.



© DR

Filets dynamiques dans les gorges de l'Arly, Savoie.

### Les digues pare-blocs ou merlons pare-blocs

Ces dispositifs sont utilisés pour arrêter les blocs qui roulent et/ou rebondissent et dont les énergies mises en jeu ne peuvent pas être absorbées par d'autres moyens. Ce sont des écrans massifs constitués de terrains meubles et donc déformables avec un fossé côté amont pour piéger les blocs. Les aspects fonciers et terrassement sont à prendre en compte. Leur implantation et leur dimensionnement nécessitent une étude trajectographique.



Intervalle de coût d'un merlon de hauteur et largeur au sommet 3 m, de longueur 50 m : 40 à 60 k€

### Les écrans de filets pare-blocs

Ce sont des filets métalliques, assemblés en panneaux et supportés par des montants rigides haubanés. Ils sont efficaces pour arrêter des blocs isolés ou des éboulements de quelques blocs. Leur implantation et leur dimensionnement nécessitent une étude trajectographique. Ils nécessitent également une inspection périodique régulière.

Les écrans de filets mis en place par un maître d'ouvrage public doivent être marqués CE. Ils doivent notamment avoir satisfait aux critères de réussite d'essais d'impact en vraie grandeur tels que décrits dans le Guide d'Agrément Technique Européen ETAG027 (septembre 2013).



Intervalle de coût : 600 à 2500 € le mètre linéaire selon la classe d'énergie, à adapter en fonction de l'énergie des blocs



La mise en place de parades (quelles qu'elles soient) ne supprime pas la totalité du risque. Il existe en effet toujours un aléa résiduel. De plus la pérennité de ces parades passe par un entretien régulier. Une visite périodique de ces ouvrages de protection est indispensable.

## Gestion du risque

### Réduction de la vulnérabilité

#### *L'entretien des parois rocheuses et des dispositifs de protection*

L'entretien de la falaise ou du versant est fondamental lorsqu'il s'agit de limiter les dégradations et de maîtriser certains facteurs naturels ou anthropiques qui peuvent déclencher un éboulement. Une inspection périodique de ces parois est particulièrement adaptée.

Les principaux facteurs concernés sont la présence d'eau et l'action de la végétation.

L'entretien peut consister à dégager et purger des pierres et blocs instables à intervalle régulier (Photographie ci-contre). Ces actions sont généralement entreprises par des sociétés de travaux acrobatiques suite à la réalisation d'une étude spécifique ; il est important qu'elles soient supervisées par un spécialiste, notamment pour éviter que des volumes plus importants soient rendus instables par cette technique ou qu'elle engendre l'accélération de la dégradation de la falaise.

©Clichés Cerema Dier Centre-Est



Purge manuelle

©Clichés Cerema Dier Centre-Est



Rejointoiement de la maçonnerie d'un parement

Dans certaines configurations où la falaise rocheuse est associée à d'anciennes constructions (murs, murailles), il peut être nécessaire de procéder au rejointoiement des pierres constitutives de ces murs avec un mortier de nature adaptée, et d'en améliorer le drainage (Photographie ci-contre).

Nombre d'éboulements ou chutes de blocs sont la résultante d'un apport d'eau important, soit du fait des conditions climatiques (pluviométrie importante, voire exceptionnelle), soit anthropique (fuite de canalisations, maîtrise déficiente des eaux de ruissellement). Une bonne gestion des eaux est primordiale, notamment en amont de la falaise, pour que celles-ci ne la dégradent pas ou n'engendent pas d'instabilités. Il est également très important de vérifier régulièrement le bon état et l'étanchéité des réseaux (eau pluviale, assainissement) en amont des fronts rocheux.

## Gestion du risque

©Clichés Cerema Dier Normandie Centre



Rôles de la végétation  
Rôle déstabilisant (déstabilisation d'un bloc par les racines)

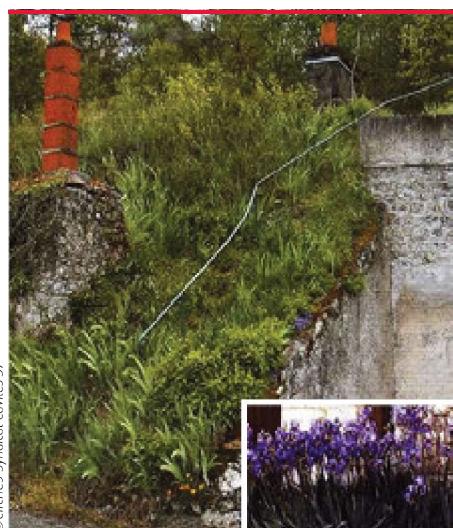
L'entretien de la végétation présente sur la falaise est également recommandé. La végétation a un impact négatif sur la stabilité (croissance des racines dans les fractures, effet mécanique lié à l'action du vent dans les arbres, surcharge ponctuelle en tête de coteau) et peut de plus masquer les instabilités éventuelles. Mais la végétation joue également un rôle positif sur la falaise (interception et absorption des eaux de pluie et déviation vers le contrebas, effet régulateur de la teneur en eau du sol, rétention de matériaux rocheux dégradés) comme sur la pente qui se trouve en aval de la zone d'éboulement (ralentissement et action sur la trajectoire des blocs).

Les mesures doivent donc être établies au cas par cas et intégrer les effets à la fois bénéfiques et négatifs de la végétation, afin de tendre vers une situation d'équilibre. Ainsi il est préconisé la coupe régulière des arbustes, l'abattage des arbres trop proches de la tête du coteau ou à système racinaire pivotant\*, éventuellement la mise en place d'une plantation rase de type couvre-sol régulant la teneur en eau et retenant la roche altérée et les petits blocs.

L'ensemble de ces mesures nécessite une coordination entre les propriétaires d'une falaise ou d'un coteau.

Enfin, les parades mises en place sont des ouvrages à part entière qui, à ce titre, doivent faire l'objet d'une maintenance (visites, inspections, entretien, réparations), faute de quoi leur efficacité risque de se perdre.

©Clichés Syndicat Corbières 37



Rôles de la végétation  
Rôle stabilisant (mise en place d'un couvre sol limitant la dégradation d'un coteau)

\*Système racinaire pivotant

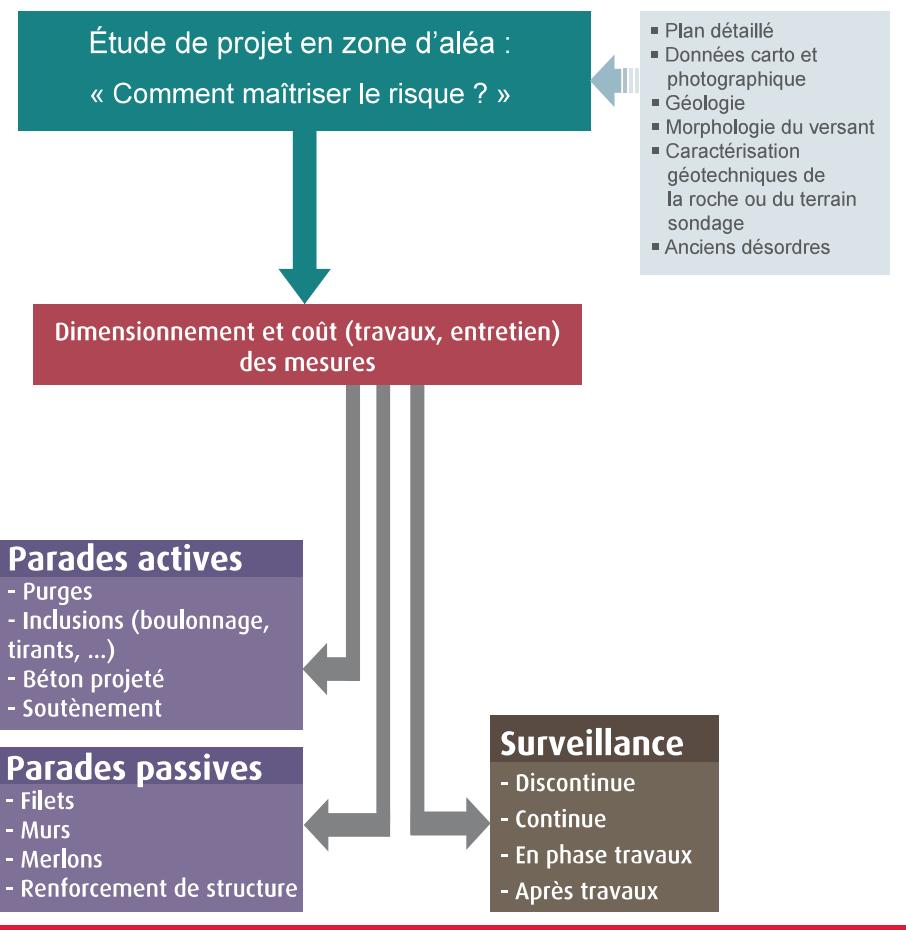
Une racine pivotante est une racine de plante relativement droite, fuselée et qui s'implante verticalement dans le sol. Elle forme un axe à partir duquel d'autres racines plus fines poussent latéralement (exemple : la carotte).

## Gestion du risque

### Réduction de la vulnérabilité

#### *Mise en oeuvre des mesures de prévention*

La vulnérabilité des enjeux ne peut être réduite que si les mesures de prévention existantes sont coordonnées, appropriées au contexte du site et mises en place au bon moment. Le schéma ci-dessous résume les différentes mesures pour maîtriser le risque.



Les différentes mesures de préventions à mettre en place en zone d'aléa