

# L'apport de la recherche dans l'évaluation de l'aléa éboulement rocheux

Didier Hantz, Denis Jongmans - LIRIGM (Laboratoire Interdisciplinaire de Recherches Impliquant la Géologie et la Mécanique) - Université Joseph Fourier, Grenoble

Cet article a pour but de présenter les recherches en cours au LIRIGM, sur l'évaluation du danger d'éboulement à long terme, qui intervient notamment dans la réalisation des cartes d'aléa. Les éboulements rocheux sont des mouvements dans lesquels les blocs chutent, s'entrechoquent, rebondissent, roulent et glissent à des vitesses extrêmement rapides, pouvant dépasser 100 km/h. Leur volume varie de moins de 1 m<sup>3</sup> à plusieurs millions de m<sup>3</sup>. La fuite étant impossible, ils représentent un danger permanent pour les personnes, contrairement aux glissements qui sont généralement lents et qui menacent surtout les biens. Cependant, les plus gros éboulements (plusieurs hm<sup>3</sup>) présentent presque toujours des signes précurseurs dans les jours précédant la rupture. La détection de ces signes est l'objet de la surveillance. Mais elle n'est possible que lorsque les mouvements précurseurs commencent suffisamment longtemps avant la rupture et ont une ampleur

suffisante pour attirer l'attention. C'est le cas du mouvement de versant de Séchillienne, qui est l'objet d'une surveillance continue depuis une vingtaine d'années. Mais ce cas est exceptionnel par l'importance de son volume (plusieurs dizaines d'hm<sup>3</sup>) et de la durée des mouvements précédant la rupture. En effet, la plupart des éboulements plus petits se produisent sans qu'aucun signe précurseur n'ait été détecté. Dans le contexte de l'aménagement du territoire ou de la détermination des travaux prioritaires pour sécuriser un itinéraire, le problème est donc de savoir :

- (1) quelles masses rocheuses sont susceptibles de se mettre en mouvement et d'évoluer en éboulement ?
  - (2) dans quel délai ?
  - (3) jusqu'où peuvent-elles se propager ?
- La manière de traiter ces questions dépend en grande partie du volume des masses rocheuses concernées.

## Le cas des chutes de pierres ou de blocs

Une réponse rapide peut être donnée aux deux premières questions dans le cas des volumes les plus petits, dans la mesure où les éboulements de quelques m<sup>3</sup> ou moins (on parle alors de chutes de pierres ou de blocs) sont très fréquents à la fois dans l'espace et dans le temps. On considère généralement que, sur une durée de quelques décennies, des chutes de blocs sont probables dans n'importe quelle falaise. La question essentielle pour les chutes de blocs est donc celle de la propagation. Bien que tous les problèmes ne soient pas encore résolus, plusieurs méthodes relativement éprouvées sont utilisées couramment par les bureaux d'études pour calculer les trajectoires des blocs. Trois d'entre elles ont été comparées sur des cas

réels, dans le cadre d'un projet de recherche européen du programme Interreg 2C [1]. Ces méthodes permettent non seulement de déterminer jusqu'où les blocs peuvent se propager, mais aussi de dimensionner des ouvrages de protection pouvant arrêter les blocs. Notons enfin qu'il existe également des méthodes de renforcement des falaises permettant d'empêcher la chute des blocs.

## Le cas des éboulements en masse

Les questions (1) et (2) posées dans l'introduction deviennent d'autant plus cruciales que le volume des masses rocheuses considérées est important. En effet, les parades deviennent de plus en plus difficiles, voire impossibles, à mettre en œuvre, pour des raisons autant économiques que techniques. D'autre part, les gros éboulements se propagent plus loin que les chutes de blocs. Il est donc nécessaire d'identifier et de hiérarchiser les zones les plus menacées par ces phénomènes. Les méthodes utilisées actuellement, basées sur l'expérience des experts, sont relativement subjectives et ne fournissent qu'une évaluation qualitative [1], [2], [3]. Alors que l'évaluation de l'aléa sismique se traduit par la probabilité qu'un séisme d'une certaine intensité (ou accélération) minimale se produise dans un délai donné, l'évaluation de l'aléa éboulement ne se caractérise généralement que par trois niveaux : faible, moyen ou fort. Depuis quelques années, des recherches sont menées au LIRIGM pour tenter de mieux évaluer l'aléa éboulement.

## Les recherches

A partir d'une étude géotechnique du massif rocheux, les ingénieurs spécialisés



Figure 1. Eboulement du 20 avril 1992 (20 000 m<sup>3</sup>). La RD 218, menant de Veurey à Autrans, a été emportée sur 100 m.

© LIRIGM



Figure 2. Exemple de compartiment rocheux susceptible de s'écrouler.

© URICM

exemple, la fréquence des éboulements de volume compris entre 10 000 et 100 000 m<sup>3</sup> est estimée, par cette méthode très simple, à une dizaine par siècle. Pour situer l'importance de tels phénomènes, deux éboulements de 30 000 et 20 000 m<sup>3</sup>, survenus respectivement en 1971 et 1992, ont détruit sur une centaine de mètres la RD 218 menant de Veurey à Autrans par le tunnel du Mortier (figure 1). Cette route est maintenant définitivement fermée. Bien sûr, la connaissance de la fréquence n'informe pas sur les endroits où les événements vont se produire. Mais elle constitue une contrainte qui doit être prise en compte dans l'évaluation de la probabilité de rupture des masses rocheuses considérées comme susceptibles de s'écrouler. Par exemple, si une étude d'aléa portant sur les falaises de l'agglomération grenobloise ne détecte qu'un éboulement de 10 000 à 100 000 m<sup>3</sup> susceptible de s'écrouler dans les 100 ans, il est probable qu'elle en ait oubliés. En revanche, si elle en trouve une centaine, cela montre que les probabilités de rupture ont été surestimées et qu'elles devraient plutôt être qualifiées de faibles (environ 1 "chance" sur 10 de se produire).

Dans l'exemple donné ci-dessus, nous avons supposé que les compartiments rocheux susceptibles de s'écrouler (comme celui de la figure 2) étaient affectés de la même probabilité de rupture. Pour identifier les zones les plus menacées, il est nécessaire de hiérarchiser les compartiments suivant le risque plus ou moins fort qu'ils s'écroulent. L'objectif du deuxième axe de recherche est de déterminer les conditions les plus favorables aux éboulements à partir de l'observation des événements passés. Ainsi, 25 éboulements de volume compris entre 50 et 30 000 m<sup>3</sup>, situés dans les massifs calcaires du Vercors et de la Chartreuse, ont été étudiés de manière détaillée. Les résultats de cette étude seront utiles aux experts chargés de détecter les masses potentiellement instables. De plus, une analyse statistique de 60 éboulements de plus de 10 m<sup>3</sup>, dont les dates sont connues, a montré que ces éboulements sont plus fréquents après un ou plusieurs cycles journaliers de gel-dégel. En revanche, les fortes précipitations et les séismes ont peu

en ingénierie des roches sont capables de dimensionner des talus stables (déblais routiers ou carrières, par exemple) et de renforcer localement des falaises naturelles (clouage). En revanche, il est impossible, dans l'état actuel des connaissances, d'évaluer la durée de vie d'une masse rocheuse susceptible de s'écrouler, même en effectuant une étude détaillée de celle-ci. C'est pourquoi, pour avoir une idée des durées de vie de telles masses rocheuses, les recherches se sont orientées vers

une étude historique de l'ensemble des falaises qui dominent l'agglomération grenobloise. Cette étude a été réalisée à partir d'un inventaire dressé par le service RTM (Restauration des Terrains en Montagne) de l'Isère, qui recense les éboulements survenus dans ces falaises au cours du 20<sup>e</sup> siècle. Il a ainsi été possible d'estimer les fréquences d'éboulements (nombre moyen d'éboulements par siècle), pour différentes classes de volumes. Ces fréquences sont données dans le tableau 1. Par

Classe de volume (m <sup>3</sup> )	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> -10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>
Période d'observation	1935-2000	1935-2000	1935-2000	1800-2000	1600-2000
Nombre d'éboulements	33	9	6	3	2
Fréquence (par siècle)	51	14	9	1.5	0.5

Tableau 1. Fréquences des éboulements dans la région de Grenoble, selon leur volume. Remarque : une analyse plus poussée des données, qui dépasse le cadre de cet article, permet d'améliorer ces estimations.



Figure 3. Recherche de fractures ouvertes par la méthode du géoradar.

© LIRIGM

d'influence. Enfin, l'observation rapprochée d'une dizaine de zones d'arrachement montre que les compartiments qui se sont éboulés étaient reliés à la falaise par des ponts rocheux représentant seulement quelques pourcents de la cicatrice de l'éboulement, le reste étant constitué par des fractures déjà ouvertes avant la rupture. La détection de ces fractures ouvertes qui découpent les compartiments rocheux constitue un autre sujet de recherche, qui fait appel aux méthodes de prospection géophysique. La figure 3 montre un exemple de reconnaissance par la méthode du géoradar, qui utilise les réflexions d'ondes électromagnétiques (identiques aux ondes radio) sur les discontinuités.

## Remerciements

Les recherches menées au LIRIGM pour l'évaluation de l'aléa éboulement

ont été soutenues par le Conseil Général de l'Isère (Pôle Grenoblois Risques Naturels), la Région Rhône-Alpes (thématiques prioritaires) et l'Union Européenne (projets Interreg). Elles bénéficient également de la collaboration des services RTM et du réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées. ■

---

## Références

[1] Groupe de travail du projet Interreg 2C "Grands mouvements de versant". Risques générés par les grands mouvements de versant. Etude comparative de quatre sites. Recommandations. 207 pages (1998).

[2] Plans de prévention des risques naturels (PPR) – Risques de mouvements de terrain. Guide méthodologique. 71 pages. La documentation française (1999).

[3] Comité Français de Géologie de l'Ingénieur. Caractérisation et cartographie de l'aléa dû aux mouvements de terrain. 91 pages. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (2000).