

ROBERT BOLOGNESI, DIRECTEUR DE METEORISK

Avalanches : quelles menaces sur les routes ?

CERTAINES VOIES D'ACCÈS AUX STATIONS DE SKI, COMMUNES DE MONTAGNE ET HAUTES VALLÉES PEUVENT ÊTRE PARFOIS FORT DANGEREUSES, EN SAISON HIVERNALE, SI ELLES COMPORTENT DES TRONÇONS EXPOSÉS AUX AVALANCHES. OR, LA SÉCURITÉ DES USAGERS DOIT ÊTRE GARANTIE ; IL S'AGIT D'UNE INJONCTION MORALE, SOCIALE, JURIDIQUE ET MÊME ÉCONOMIQUE. DE FAÇON GÉNÉRALE, IL FAUT DONC MINIMISER LE RISQUE SUR LES ROUTES ET, POUR CELA, IL FAUT COMMENCER PAR LE CERNER EN LE QUANTIFIANT AVEC PRÉCISION ET OBJECTIVITÉ. CET ARTICLE PRÉSENTE UNE MÉTHODE DÉVELOPPÉE À CET EFFET.

En préambule, on peut rappeler que le risque se définit comme le produit de deux facteurs : d'une part la probabilité qu'une avalanche touche le tronçon routier considéré ; d'autre part le dommage qu'elle occasionnerait alors en termes de pertes de vies humaines. Ainsi, plus formellement, le risque (moyen) n'est autre que l'espérance mathématique de la variable aléatoire décrivant le dommage potentiel, c'est-à-dire... un indicateur que tout statisticien sait calculer. Voilà de quoi être rassuré !

On notera que ce risque moyen ne permet pas de déduire le risque instantané. Bien qu'il soit lié au



Avalanche coupant la route desservant une vallée valaisanne. Les routes exposées aux avalanches sont nombreuses dans tous les massifs montagneux.

climat local, il ne dépend pas des conditions nivo-météorologiques du moment : connaître le risque moyen n'est donc d'aucune utilité pour prendre une mesure de sécurité ponctuelle, à un instant de l'hiver ; en revanche, il s'avère indispensable pour décider de travaux de sécurisation. Les stratégies de sécurisation sont multiples, car aucune d'entre-elles n'est universelle. Dans telle situation, une galerie paravalanche représentera la solution optimale ; dans telle autre, il faudra plutôt installer des ouvrages de retenue dans la zone de départ ; dans d'autres cas, il sera plus indiqué d'organiser un service de prévision locale des avalanches et d'effectuer des déclenchements préventifs réguliers... Quelle que soit l'option envisagée, une évaluation du risque résiduel s'impose pour vérifier que cette option est adaptée. Le calcul du risque permet donc de révéler les problèmes tout comme il aide à les résoudre.

Principes d'évaluation du risque

La démarche consiste à :

- calculer la probabilité qu'un usager de la route, circulant à une vitesse connue, se fasse emporter par une avalanche touchant le tronçon exposé, au cours d'une période donnée ; cette probabilité dépend de divers facteurs dont le temps de retour (périodicité) de l'avalanche, la longueur du tronçon menacé et sa déclivité, la vitesse du véhicule et sa longueur ;
- évaluer la conséquence de cette avalanche via la « létalité », celle-ci étant la probabilité de décéder dans un véhicule qui est pris dans une coulée. Une statistique portant sur des accidents en Suisse a montré qu'elle est voisine de 0,18 en moyenne ; mais elle peut s'écarter sensiblement de cette valeur selon la topographie locale et la taille habituelle de l'avalanche. Certains de ces facteurs peuvent être mesurés (comme la ●●●

L'AUTEUR



Robert Bolognesi est nivologue. Cet expert franco-suisse a fondé le bureau d'études Meteorisk après ses expériences professionnelles dédiées au phénomène avalancheux, et ses travaux universitaires, dont une thèse consacrée à l'analyse spatiale des risques d'avalanches.

Un logiciel a été développé par Meteorisk pour faciliter les calculs. Un manuel présentant la méthode de calcul des risques vient d'être publié aux éditions Le Vent des Cimes.

The screenshot shows the Meteorisk software interface. The main window is titled 'EVALUATION DES RISQUES D'AVALANCHE SUR ROUTE'. It contains several sections:

- Données de base:** Région (Alpes du Nord), Commune (/), ID route (/), ID tronçon (Exemple fictif), Date (08-2023), Risque max (0.00001), Rjjour max (0.000000074), TRAM min (100).
- Données initiales:** -Durée de l'historique (années): 120, -Nombre total d'avalanches ayant touché le tronçon: 24, -Durée de l'hiver (jours): 135, -Longueur du tronçon (m): 200, -Déclivité du tronçon (%): 8, -Vitesse moyenne des véhicules (km/h): 40, -Trafic journalier moyen (véhicules/jour): 3000, -Nombre moyen de personnes par véhicule: 2, -Létalité: 0.2, -Longueur moyenne des véhicules (m): 5, -Longueur du véhicule de l'usager le plus exposé (m): 5, -Nombre de passages quotidiens de l'usager le plus exposé: 2.
- Données calculées:** -Temps de retour de l'avalanche (années): 5.0, -Fréquence de l'avalanche: 0.200, -Distance d'arrêt à la montée (m): 30.2, -Distance d'arrêt à la descente (m): 48.1, -Distance d'arrêt moyenne (m): 39.2, -Longueur de la zone dangereuse à la montée (m): 235.2, -Longueur de la zone dangereuse à la descente (m): 253.1, -Durée d'exposition au danger (heures/sec): 0.006/22.
- Diagnostique:** -Zone dangereuse franchie sans ralentissement, -Risque individuel annuel: 2.0E-05, -Risque individuel journalier: 1.5E-07 (Seuil x 2.0), -TRAM (temps de retour d'un accident mortel): 16.4.

There is also a table with 'Range indicatif' and a note: 'Cas fictif proche d'un cas réel'.

●●● longueur du tronçon touché, tandis que d'autres doivent être calculés (comme la périodicité) ou estimés (comme la létalité). En théorie, la démarche est donc assez simple, mais en pratique, l'exercice demande souvent des investigations approfondies, avec des relevés de terrain, des recueils de témoignages, l'examen d'archives, des analyses statistiques, des modélisations de trajectoires et, parfois, des estimations empiriques relevant de l'expertise. Ici, il convient d'être méticuleux car des données erronées conduiraient à un résultat... erroné, bien sûr !

Exemple d'application

Soit une route dont la déclivité est de 8%, menacée par une avalanche quinquennale recouvrant habituellement la chaussée sur

une longueur de 200 m, parcourue par des automobilistes roulant en moyenne à 40 km/h. Quel est le risque encouru par un usager qui prendrait la route matin et soir, chaque jour de l'année ?

À cette question, le calcul évoqué précédemment (que l'on ne détaillera pas ici) apporte une réponse claire : le risque individuel annuel est de 2.10^{-5} ; autrement dit, l'usager a 1 « chance » sur 50 000 de perdre la vie au cours de l'année, en se faisant emporter par une avalanche touchant ladite route...

Ce genre de résultat est extrêmement intéressant dès lors qu'a été fixé un seuil de risque « acceptable ». En effet, si le risque calculé est supérieur à ce seuil, des mesures de protection doivent être mises en place...

Il appartient à l'autorité politique de définir ce seuil. En Suisse, par exemple, il est actuellement fixé à 10^{-5} . Dans l'exemple proposé ci-dessus, la route devrait donc être protégée d'une façon ou d'une autre, le risque devant être au moins réduit de moitié.

Par ailleurs, on peut aussi estimer le temps de retour d'un accident mortel (TRAM) selon le trafic journalier. Si l'on reprend l'exemple précédent, on peut établir qu'un

accident mortel survient environ tous les 16 ans, en moyenne, si le trafic hivernal est de 3 000 véhicules/jour et que ceux-ci sont occupés par 2 personnes en moyenne. Ce résultat appuie le précédent, ce qui rend le diagnostic peu discutable : des mesures de protection sont nécessaires. On notera à ce sujet que le fait de fixer un seuil au-delà duquel le risque n'est pas acceptable induit un devoir de protection de la population et donc un devoir d'analyse : une méthode pratique de calcul du risque apparaît alors comme un outil fort utile, tant pour les gestionnaires de réseaux routiers que pour les élus de la montagne.

Un manuel et un logiciel

Les calculs se compliquent un peu lorsque la route présente des tronçons rapprochés les uns des autres et pouvant être atteints par des avalanches se succédant dans un court laps de temps. Or, ces cas ne peuvent pas être ignorés car, même s'ils ne sont pas très fréquents, le risque peut alors s'avérer considérable. Un manuel vient donc d'être publié pour exposer la méthode en détail, et un logiciel (élément de la suite NivoLog) a été implémenté pour faciliter les calculs. Celui-ci permet de tester rapidement diverses hypothèses en cas de données incertaines. Par ailleurs, il facilite grandement l'analyse d'un réseau routier complet, permettant d'identifier les tronçons les plus dangereux et donc de les protéger en priorité.

En guise de conclusion

La méthode présentée ici est un outil pratique, répondant aux problèmes rencontrés sur le terrain ; elle a d'ailleurs été développée et testée à l'occasion d'études portant sur des cas réels. Elle permet tout à la fois de calculer les risques, de tester l'efficacité de différentes mesures de protection et de fixer des priorités dans le déploiement des mesures retenues. ▲

« Le fait de fixer un seuil au-delà duquel le risque n'est pas acceptable induit un devoir de protection de la population et donc un devoir d'analyse. »