

Une approche géotechnique pour l'évaluation du risque associé aux mouvements de pentes

INTRODUCTION

L'évaluation du risque associé à un phénomène donné fait de plus en plus partie des préoccupations de nos sociétés en cette fin de vingtième siècle, et le risque associé aux mouvements de pentes naturelles ne fait pas exception. Récemment, deux jugements de la Cour suprême du Canada ont conduit le ministère des Transports de la Colombie-Britannique à dédommager des victimes de chutes de pierres; la Cour a décidé que le Ministère aurait dû prévoir le risque (Bunce *et al.*, 1997). Ces décisions montrent que la défense s'appuyant sur la notion d'*Act of God* a ses limites. Dès lors, il devient nécessaire de s'interroger sur le contexte québécois et de mettre au point une approche globale du risque associé aux mouvements de pentes, notamment le long du réseau routier.

Actuellement, il n'existe pas de méthodologie établie pour évaluer simplement et systématiquement ces risques et pour établir des cartes. En se basant sur les travaux effectués dans le domaine du risque et surtout sur une caractérisation géotechnique préalablement établie des mouvements dans les pentes, les professeurs Leroueil et Locat, de l'Université Laval, ont proposé une approche du risque (Leroueil et Locat, 1998). Le présent bulletin résume ces travaux.

CARACTÉRISATION GÉOTECHNIQUE

Bien que les connaissances dans le domaine des mouvements de terrain aient beaucoup progressé au cours des trente dernières années, elles demeurent orientées vers la résolution de problèmes locaux. Ainsi, on sait bien faire pour étudier la stabilité d'un talus, pour conforter une pente et pour réparer un glissement de terrain. Cependant, lorsque l'on doit évaluer systématiquement le risque, on réalise que les connaissances sont dispersées et mal organisées. Afin de regrouper et de structurer l'information, Leroueil *et al.* (1996) ont proposé une caractérisation géotechnique de ces mouvements. Cette dernière prend en compte les différents types de mouvements tels qu'ils sont décrits dans les classifications géomorphologiques; elle définit neuf classes de matériaux, les caractérisant d'un point de vue mécanique, et quatre étapes possibles du mouvement de pente, à savoir: a) l'étape de prérupture, quand la masse de sol ou de roc est encore intacte et continue; b) la rupture proprement dite, qui est caractérisée par la formation d'une surface de rupture à travers toute la masse de sol ou de roche; c) l'étape de postrupture, qui va de la rupture à

l'arrêt des matériaux; d) l'étape de la réactivation, qui peut se produire sur une surface sur laquelle il y a déjà eu glissement dans le passé.

La prise en considération de ces quatre étapes est essentielle, car les lois et paramètres qui régissent alors le comportement des sols ou des roches sont très différents. Par exemple, les étapes de prérupture et de réactivation sont toutes les deux fortement influencées par le fluage. Cependant, à l'étape de prérupture, il s'agit d'un fluage de toute la masse alors qu'à l'occasion d'une réactivation, il s'agit pour l'essentiel du fluage d'un bloc rigide sur un autre bloc rigide. L'étape de postrupture résulte de la distribution de l'énergie potentielle disponible au moment de la rupture en frottement, en remaniement et en énergie cinétique.

Pour un mouvement donné caractérisé par le type de mouvement, par le matériau en question et par l'étape du mouvement, Leroueil *et al.* (1996) définissent une fiche de caractérisation contenant : les lois et paramètres régissant les phénomènes; les facteurs de prédisposition; les facteurs de déclenchement ou d'aggravation; les facteurs révélateurs; et les conséquences possibles du mouvement. Les conséquences possibles du mouvement incluent le volume de matériau en question, la vitesse du mouvement et, éventuellement, la distance de parcours des matériaux. Elles peuvent être directes (destruction d'une maison par un glissement) ou indirectes (hôpital rendu inaccessible du fait d'une route coupée par un glissement). Le seul fait de remplir une telle fiche constitue une étape primordiale dans l'analyse du mouvement de terrain, car elle force l'ingénieur à acquérir une bonne compréhension des phénomènes liés au mouvement ainsi que des conséquences de ce mouvement.

RISQUE ASSOCIÉ AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le risque total R_t , associé à un danger donné, ici un mouvement de terrain, est défini par l'équation suivante:

$$R_t = \sum H R_i V_i$$

dans laquelle: H est l'aléa, ou la probabilité que le phénomène se produise dans une zone et une période de temps données; R_i (avec $i = 1$ à n) sont les éléments qui peuvent être endommagés par le phénomène; V_i est la vulnérabilité de chacun des éléments représentée par un nombre compris entre 0 (pas de dommage) et 1 (perte totale).

Les éléments à risque peuvent être des personnes, des biens (bâtiments, infrastructures, etc.) et des activités (par exemple, une entreprise immobilisée par la chute d'une ligne électrique). Dans le contexte de la caractérisation géotechnique, les éléments à risque ainsi que leur vulnérabilité se déduisent des « conséquences possibles du mouvement ». Quand le risque est examiné sous l'aspect des vies humaines, la vitesse du mouvement constitue un élément majeur.

L'aléa est le paramètre qui est le plus difficile à définir. Dans le cas des pentes naturelles, il dépend en effet de nombreux facteurs. Cependant, la situation d'une pente étant donnée, la probabilité qu'il y ait rupture ou qu'une vitesse de mouvement soit atteinte est directement la probabilité que le « facteur de déclenchement ou aggravant » dont dépend le phénomène atteigne une certaine valeur critique. Il n'y a que dans le cas de l'étape de postrupture que l'aléa dépend du « matériau » et de certains « facteurs de prédisposition ». Pour évaluer l'aléa, l'ingénieur a aussi développé, le plus souvent localement, des outils semi-empiriques prenant en compte des informations historiques, géomorphologiques, climatiques et géotechniques. Il est aussi à noter que l'aléa décroît avec la diminution de l'incertitude sur les paramètres et, donc, lorsque la qualité de l'investigation s'améliore.

Lorsque l'on considère la possibilité d'un glissement de terrain, il y a deux étapes de la caractérisation géotechnique qui sont concernées: la « rupture » et la possibilité qu'en « postrupture » la masse de sol en mouvement atteigne l'élément à risque considéré, par exemple un bâtiment. L'aléa se définit alors comme le produit de la probabilité qu'il y ait une rupture (h_r) et de la probabilité qu'en cas de rupture l'élément à risque soit atteint (h_{post-r}) (figure 1).

L'acceptation d'un risque est généralement définie dans un diagramme du type de celui faisant l'objet de la figure 2, dans lequel on retrouve la probabilité annuelle qu'un mouvement particulier se produise en fonction du risque qui lui est associé. Ce risque peut être défini sous l'aspect de biens matériels ou sous l'aspect de vies humaines. Plusieurs de ces critères d'acceptation de risque ont déjà été proposés; ils peuvent varier selon la géologie et la topographie locales, mais aussi selon le contexte socioéconomique du milieu concerné.

MÉTHODES DE CONFORTEMENT ET SYSTÈMES D'ALARME

Leroueil et Locat (1998) indiquent aussi comment la caractérisation géotechnique peut être utilisée pour choisir une méthode de confortement de la pente ou un système d'alarme en cas de rupture ou d'imminence de rupture qui soit le plus adéquat possible. Ce choix doit être fait en considérant la réduction du risque *versus* le coût.

CONCLUSION

L'évaluation du risque associé aux mouvements de terrain est très complexe, et les travaux effectués par Leroueil et Locat (1998) ne constituent pas une solution en soi. Ils fournissent cependant une approche rationnelle qui pourrait être utilisée pour le développement d'une méthodologie plus spécifique de l'évaluation du risque.

RÉFÉRENCES

Bunce, C.M., Cruden, D.M. et Morgenstern, N.R., 1997. « Assessment of the Hazard From Rock Fall on a Highway ». *Canadian Geotechnical J.*, vol. 34(3): 344-356.

Leroueil, S. et Locat, J. 1998. « Slope Movements - Geotechnical Characterization, Risk Assessment and Mitigation ». *XI Danube-European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Porec, Croatia. En cours d'impression.

Leroueil, S., Vaunat, J., Picarelli, L., Locat, J., Lee, H. et Faure, R., 1996. « Geotechnical Characterization of Slope Movements ». *7th Int. Symp. on Landslides*, Trondheim, Vol. 1: 53-74.

RESPONSABLE : Denis Demers, ing., M.Sc.
Service de la géotechnique et de la géologie

Note : Article rédigé par Serge Leroueil, ing., Ph.D., professeur à l'Université Laval.

DIRECTEUR : 
Michel Labrie, ing.

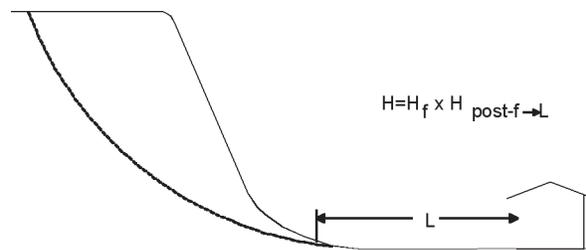


Fig. 1 - Aléa associé à un glissement de terrain pouvant atteindre un bâtiment.

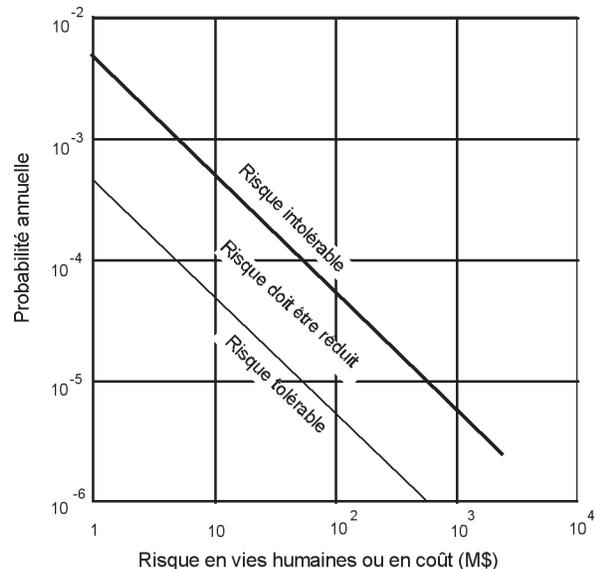


Fig. 2 - Estimation du risque - figure schématique.