Mise en évidence des glissements et éboulements potentiels

Autor(en): **Schneider, Toni R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **79 (1987)**

Heft 9

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-940660

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Mise en évidence des glissements et éboulemets potentiels

dans l'environnement des retenues

Toni R. Schneider

1. Introduction

Le règlement concernant les barrages, daté du 9 juin 1957, et révisé en 1971, prescrit dans l'art. 28, chif. 3, des contrôles quinquennaux. Ces contrôles, exécutés en commun par un ingénieur et un géologue, s'appliquent non seulement au barrage proprement dit, mais s'étendent également aux conditions de l'environnement de la retenue. Les devoirs du géologue au cours des visites quinquennales, surtout en ce qui concerne les problèmes de stabilité des pentes, ont été discutés pendant la journée d'étude à Rapperswil en 1983 [*Schneider* (1983)]. On peut donc dans le présent exposé supposer posséder pour chaque retenue quelques connaissances primaires en ce qui concerne la stabilité des versants. Le but de la présentation suivante serait donc d'une part de formuler quelques règles pour l'estimation de la stabilité des pentes et en cas de nécessité d'améliorer les connaissances acquises, d'autre part de donner quelques indications pour l'évaluation d'un danger potentiel qui se déclancherait entre deux visites quinquennales.

Les phénomènes d'instabilité des pentes sont, dans ce qui suit, divisés en glissements et en éboulements. Il s'agit donc de mouvements le long d'une ou de plusieurs surfaces de glissement, plus ou moins bien définies, et de mouvements pendant lesquels le déplacement s'effectue en chute libre ou par des sauts.

Le premier cas comprend des sols et des roches, tandis que le second est limité à des roches, abstraction faite de quelques cas particuliers.

Les illustrations de cet exposé plutôt théorique sont toutes tirées de cas rencontrés par l'auteur au cours de ses travaux. Elles servent comme démonstration de cas typiques et ne sont donc pas toutes en relation avec des retenues.

2. Glissements

Généralités

Pour estimer la stabilité des versants, on ne dispose généralement au départ que de cartes géologiques publiées ou des cartes plus détaillées datant de l'époque de construction du barrage; plus rarement il existe des coupes géologiques et des résultats de forages. Ce serait par contre une grande chance si l'on possédait les résultats des déterminations des paramètres géotechniques. L'estimation serait donc ainsi basée sur des connaissances géologiques et précisée par la formule très simple

$\alpha \geqslant \varphi$

Celle-là indique qu'une pente se trouve dans une stabilité critique, si l'angle de talus α est plus grand que l'angle de frottement interne du matériel φ. Cette formule doit être adaptée à un environnement très complexe qui est influencé par les facteurs suivants:

- composition des terrains
- histoire géologique
- conditions hydrogéologiques
- relation avec la retenue
- etc.

Ces quelques remarques montrent que dans les conditions actuelles, le traitement par calculs du problème de la stabilité n'est guère concluant. Le traitement par calculs ne sera applicable que dans les cas particuliers où des recherches géotechniques, des mesures de déformation, etc. seront à disposition.

Actuellement on ne peut donc formuler que quelques règles générales pour la détection des indices d'un danger potentiel. Pour les glissements dans les sols, qui seront traités en premier lieu, on distingue entre indices primaires et indices secondaires. Les indices primaires sont les manifestations du glissement lui-même, les indices secondaires sont les effets de ce dernier sur son environnement ou sur des installations.

Indices primaires

Dans notre pays, les terrains meubles qui bordent une retenue appartiennent aux types suivants:

- talus d'éboulis
- cônes d'éboulis
- moraines
- cônes de déjection torrentiels
- deltas
- dépôts artificiels

Un jugement d'ensemble montre que parmi ces différents types de sols les talus et cônes d'éboulis sont les plus critiques en matière d'instabilité. Il s'agit donc de sols déposés par des forces gravitatives. Il en résulte en général des angles de talus α de l'ordre de grandeur des angles φ. La condition primaire d'instabilité est donc déjà présente au départ.

Pour l'angle φ de frottement interne des éboulis c'est la provenance du matériel qui est déterminante. Pour les conditions géologiques existantes dans notre pays on peut sommairement distinguer:

- des composants plutôt grossiers avec peu de matériel fin, sans cohésion, provenant surtout de gneiss, calcaires, dolomies, grès, etc.
- des composants plutôt fins, en général avec cohésion, provenant surtout de phyllites, schistes, marnes, calcschistes, etc.

Il est bien évident que l'on rencontre tous le passages graduels entre ces deux extrêmes.

Une estimation très simplifiée de l'influence de l'angle de talus sur la stabilité des pentes est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Stabilité des talus et cônes d'éboulis en relation avec l'angle de talus

Eboulis	Stabilité		
	assurée	incertaine	critique
Composants grossiers	<32°	32–38°	>38°
Composants fins	<26°	26–32°	>32°

Les éboulis fins sont en plus très sensibles aux conditions hydrologiques. Ils sont relativement peu perméables et subissent facilement des pertes de cohésion. La fonte des neiges, de fortes pluies ainsi que les variations rapides du niveau de la retenue exercent donc des influences importantes.

Cette petite démonstration montre que si l'estimation basée sur les angles de talus α des éboulis est déjà très difficile, celle appliquée aux moraines pose encore plus de problèmes. La composition de ces dernières est en général peu connue et peut facilement varier dans les marges du tableau figurant ci-dessus.

En cas d'exploitation normale d'une retenue, les cônes de déjection torrentiels, les deltas et les dépôts artificiels posent en général peu de problèmes de stabilité. En cas seu-

Figure 1. Indices d'instabilité potentielle: fissures dans la couverture végétale.

Figure 2. Indices d'instabilité potentielle: bourrelets.

Figure 3: Indices d'instabilité potentielle: surfaces agitées.

lement de variations rapides des niveaux quelques problèmes peuvent survenir, surtout dans les dépôts artificiels. Ces instabilités se manifestent en général dans les premières années de l'exploitation.

Par bonheur toutefois les conditions de détection des instabilités sont plus favorables qu'on ne pourrait déduire de ces quelques remarques sur l'interprétation des angles de talus. La nature nous aide dans la plupart des cas avec des indications supplémentaires. Les sols sont en général recouverts d'une zone d'altération superficielle elle-même surmontée d'une couverture végétale. Cette zone d'altération est généralement un peu plus argileuse-silteuse que le dépôt sous-jacent. Sa résistance est donc toujours un peu inférieure. Elle montre donc des indices d'instabilité avec des angles de talus un peu inférieurs à ceux du dépôt sous-jacent. Ces indices d'instabilité potentielle sont représentés par des fissures dans la couverture végétale (figure 1), des bourrelets (figure 2), des surfaces agitées (figure 3), de petits glissements (figures 4 et 5), etc. Si ces indices sont présents, une étude plus approfondie est fortement recommandée.

Si les autres indices primaires de glissement sont présents (figure 6) tels: les fissures ou niches dans la zone d'arrachement, les fissures latérales, souvent en échelon, et les bourrelets d'accumulation à la base le danger est évident et on ne peut donc plus parler de danger potentiel.

Indices secondaires

Dans la phase initiale d'un glissement il arrive souvent que les fissures, qui sont l'indice le plus important d'un déplacement dans les sols, ne se manifestent pas à la surface (figure 7). En effet, les déformations plastiques empêchent les ruptures et la végétation les dissimule étant donné que les racines des plantes possèdent souvent une résistance élevée à la traction. Dans ces deux cas, et si l'on ne dispose pas de moyens géodésiques, la reconnaissance d'un glissement n'est possible qu'à l'aide des indices secondaires. Dans les cas les plus favorables, des structures rigides ou bien définies traversent les bordures du mouvement. On reconnaît alors les déformations par les phénomènes suivants:

Déplacements de:
- routes, sentiers (figure 8)
- lignes téléphoniques (figure 9)
- clôtures
- arbres (figure 10)

Ruptures ou déchirements de:
- conduites et câbles (eau, téléphone, élecricité, télécommande)

Figure 4. Indices d'instabilité potentielle: petits glissements.

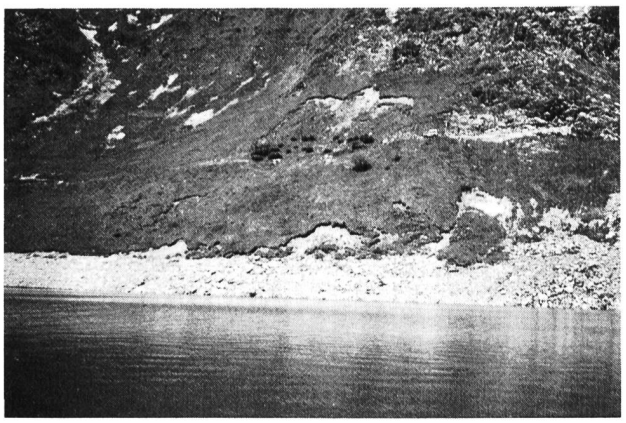
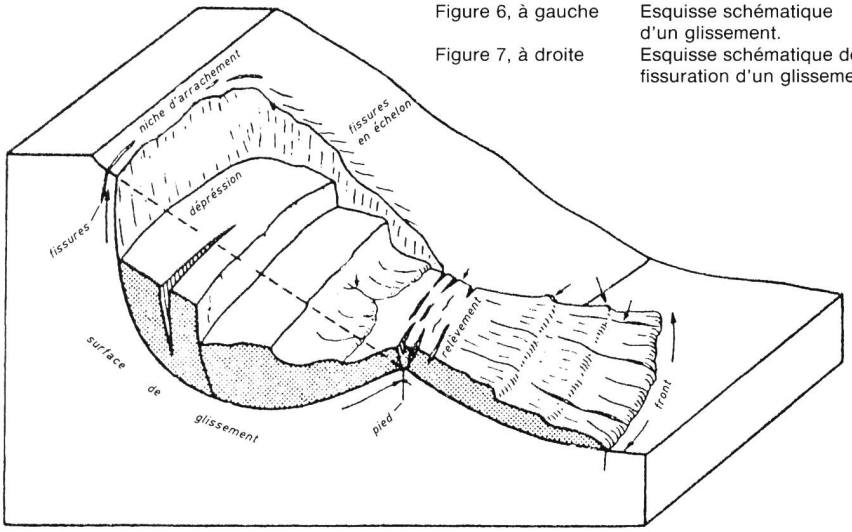
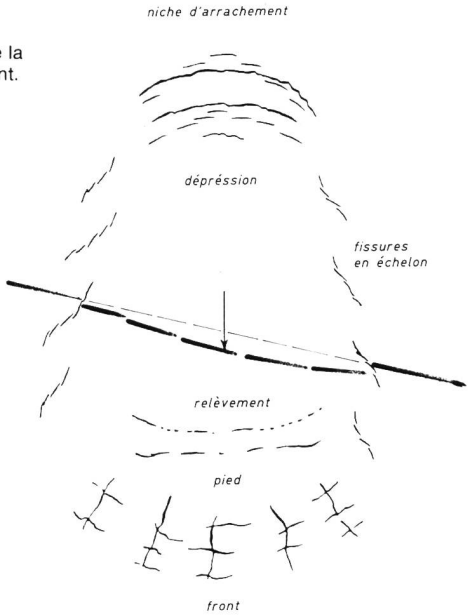


Figure 5. Indices d'instabilité potentielle: petits glissements.

Figure 6, à gauche Esquisse schématique d'un glissement.

Figure 7, à droite Esquisse schématique de la fissuration d'un glissement.





- cordes sous tension (p.ex. cordes pour les transports du foin, téléphériques)
- bâtiments
- racines d'arbres (figure 11)
- formation de cuvettes dans le terrain (figure 12)
- disparition ou déviation spontanée de ruisseaux, etc.

Si un ou plusieurs de ces indices sont présents une étude approfondie par un géologue est indiquée. Mais il faut être particulièrement critique en ce qui concerne les alpages où les chemins de circulation du bétail peuvent donner parfois l'impression de l'existence de glissements.

Dans les roches, les glissements ou larges éboulements dépendent des relations structurales ou géométriques entre la direction et le pendage des surfaces de glissement potentielles et les pentes. Les surfaces du glissement doivent avoir une direction plus ou moins parallèle à la pente et le pendage doit être inférieur à cette dernière, de sorte que la surface potentielle du glissement affleure dans la pente. Les surfaces de glissement sont dans la plupart des cas soit des plans de stratification dans les sédiments, soit des plans de

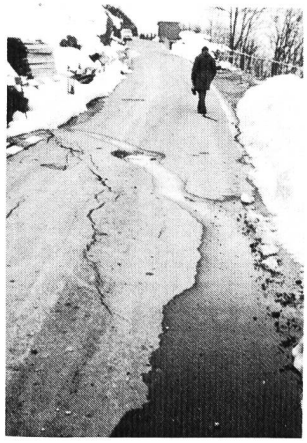


Figure 8. Fissures dans la couverture d'une route.

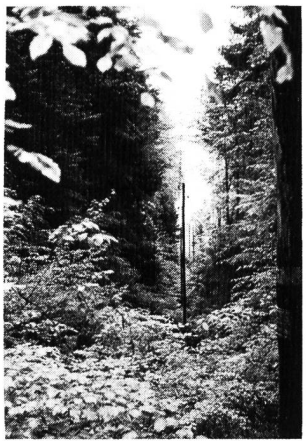


Figure 9. Déplacements d'une ligne téléphonique.

Figure 10. Déplacements d'arbres.

Figure 11. Racines d'arbres déchirées.

Figure 12. Cuvette formée dans le terrain.

Figure 14. Fissures dans la zone d'arrachement d'un glissement.

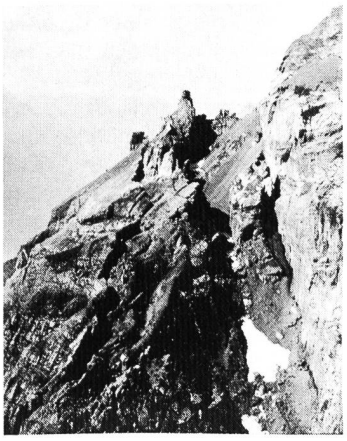


Figure 13. Zone d'arrachement d'un glissement dans une anticlinale de Malm dans la partie où le pendage est inférieur à 30°

Figure 15. Dépression dans la zone d'arrachement d'un grand glissement.

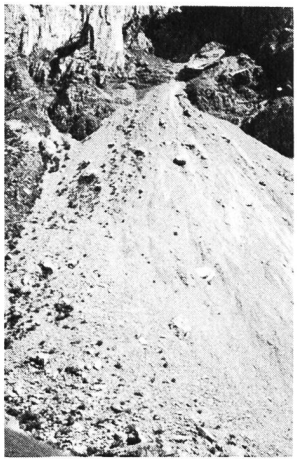


Figure 16. Eboulement indiquant la présence d'un grand glissement.

schistosité dans les roches cristallines. Les pendages critiques des surfaces de glissement varient entre 15 à 20° pour les roches argileuses, marneuses et phylliteuses et 30 à 35° pour des calcaires, grès, gneiss, etc. (figure 13). Toutefois très rares seront les cas pour lesquels, au moment de la détection d'une situation critique, on disposera déjà des valeurs des angles de frottement des surfaces de glissement. Le contrôle des pendages ne donne donc que des informations très brutes qui doivent être vérifiées par d'autres indices primaires ou secondaires traités plus loin.

Mis à part ces données plutôt géométriques, il faut en plus des éléments structuraux qui permettent les décollements latéraux (p.u8ex. systèmes de diaclases, failles).

Les grands glissements dans les roches sont en général bien connus en Suisse. Dans les cas douteux le danger potentiel peut être reconnu par des observations sur le terrain

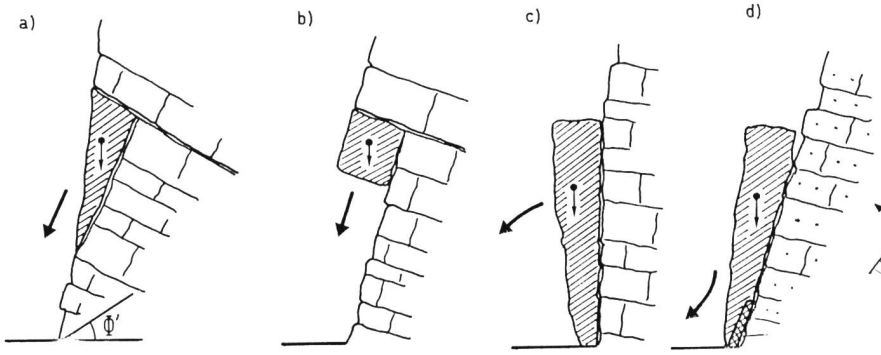


Figure 17. Exemples de détachements d'éboulement.

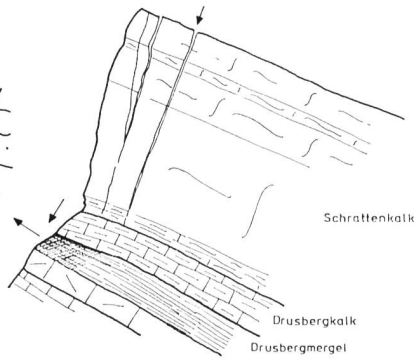


Figure 18. Exemple de détachement d'éboulement.

Figure 19. Décoloration du rocher dans les zones de détachement.

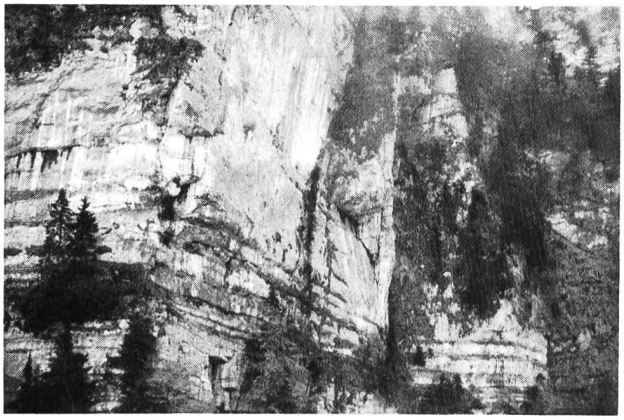
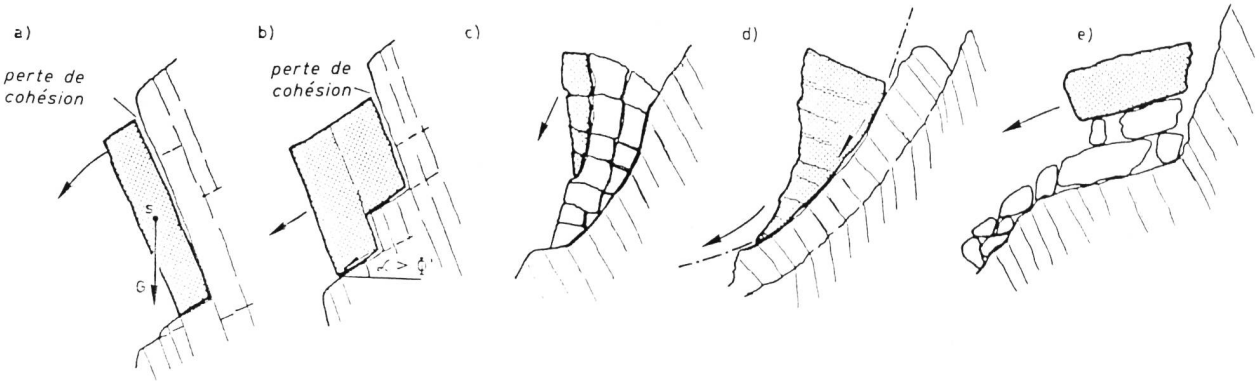


Figure 21. Autorégénération de parois verticales par fissuration aux pieds (voir text).

Figure 20. Exemples de types de phénomènes de fauchage.



(p.ex. fissures, figure 14, dépressions, figure 15, effondrements). Le travail sur le terrain peut être confirmé par l'interprétation de photos aériennes et les mesures de réseaux géodésiques. Etant donné que les grands glissements sont souvent précédés par des éboulements (figure 16) il peut être utile de procéder à des interrogatoires de la population ou à des recherches historiques. Dans certains cas il existe aussi des informations microsismiques.
En ce qui concerne les indices secondaires, les mêmes conditions mentionnées ci-dessus, sont valables pour les glissements dans les roches que pour ceux occasionnés dans les terrains meubles.

3. Eboulements

Le pronostic d'un éboulement échappe encore plus à un traitement par calculs qu'un glissement. Les relations géométriques entre la formation structurale du rocher et les parois donnant naissances à des éboulements sont en général bien connues. Les figures 17 et 18 en donnent quelques exemles. Mais on ne dispose en général pas de moyens pour prévoir à quel moment une masse relativement bien déterminable géométriquement va s'écrouler. On est obligé dans ce cas de traiter le problème par des moyens statistiques. Dans les parois, les éboulements passés sont reconnaissables aux décolorations du rocher (figure 19). Les niches d'arrachements sont normalement de couleur jaunâtre à brunâtre provoquée par les produits d'altération déposés dans les fractures préexistantes. Elles se distinguent facilements sur les parois généralement de teinte gris clair à foncé. On peut supposer que ces couleurs persistent entre 20 à 50 ans. Si l'on compte le nombre de ces décolorations, on peut estimer le nombre des éboulements pour la période des dernières 20 à 50 années, ce qui permet une approximation de la fréquence des événements. Les relations structurales et topographiques permettent de prévoir et de déterminer les volumes des éboulements futurs.
Les observations peuvent être prévisées par l'estimation de l'état de la végétation au pied de la paroi. La nature et la grandeur des plantes et des arbres fournissent des informations supplémentaires quant à la fréquence des écroulements.
Un cas particulier et relativement fréquent dans les Alpes est constitué par les phénomènes de fauchage qui donnent très souvent lieu à des éboulements. Ils se produisent lorsque, dans des roches schisteuses ou banquetées, la direction des couches est plus ou moins parallèle à la pente et lorsque le pendage est raide en direction de l'intérieur de cette dernière. Le manque de poussée latérale provoque le détachement des plaques extérieures qui se fendent vers l'aval (figure 20). Les éboulements de ces zones sont en général relativement fréquents. Si le phénomène est ample, l'ensemble de la masse détachée peut passer à un glissement avec une surface de glissement le long de la base du rocher détaché.
Selon l'exposé précédent les éboulements ne pourraient se produire que lorsqu'il y a une combinaison d'éléments structuraux défavorables. Ainsi la formation, resp. la régénération, de parois verticales, surtout dans les roches massives (granites, gneiss, calcaires, dolomies etc.), ne serait pratiquement pas possible. En réalité les parois subverticales à verticales sont un phénomène relativement fréquent.
Gerber et *Scheidegger* [1965, 1969] ont fait des recherches sur cet intéressant phénomène. Ils expliquent sa formation par la redistribution des contraintes au voisinage de la surface; à sa proximité la contrainte orientée verticalement vers la paroi tend vers zéro. Par ce phénomène une contrainte excédentaire se développe immédiatement derrière la paroi. Cette contrainte atteint un maximum au pied de la paroi, parce que c'est à cet endroit que la surcharge est la plus grande. Au voisinage du pied des parois il se produit en plus une concentration des contraintes due aux effets de l'entail large. Cette concentration atteint facilement des valeurs qui dépassent la résistance du rocher provoquant ainsi une fissuration. Cette fissuration naît donc au pied des parois (figure 21). Les fissures découpent les parties extérieures des parois depuis le bas et se poursuivent vers le haut. Si la fissure atteint un autre plan de faible résistance (p.ex. discontinuité, plan stratigraphique) les conditions préparent déjà un éboulement futur, plus spécialement encore si le détachement est facilité par des diaclases latérales ou un vide.
Aux environs des têtes de parois, par contre, il manque la surcharge et les contraintes sont donc les plus faibles. Il ne s'y forme aucune fissure produite par la redistribution des contraintes.
Ce sont ces phénomènes de contraintes qui provoquent donc la propagation, du bas vers le haut, de l'altération des parois subverticales à verticales; ce sont ces mêmes phénomènes encore qui sont à l'origine de l'autorégénération de ces parois.

4. Résumé et perspectives

Cet bref exposé concernant les possibilités de détection d'un danger potentiel de glissement et d'éboulement montre que les phénomènes liés aux indices primaires sont l'affaire d'un spécialiste: géologue ou géomorphologue. Pour améliorer l'état actuel de nos connaissances et de nos protections, on pourrait donc prévoir l'élaboration de cartes de danger potentiel pour chaque retenue comme il en existe déjà pour les routes, les agglomérations ou d'autres aménagements importants. Ces cartes permettraient d'estimer un danger régional et local et d'instaurer une surveillance particulière des zones reconnues comme les plus critiques. Les moyens à disposition pour une telle surveillance sont actuellement très variés (géodesie, mesure de fissures, mesures avec slope indicator ou trivec, etc.). Les résultats de ces mesures indiquent s'il s'avère nécessaire d'effectuer des études plus poussées à l'aide de forages, essais in situ ou en laboratoire, calculs, etc.
De plus les cartes de danger potentiel permettraient l'enregistrement détaillé du phénomène à surveiller, plus spécialement en ce qui concerne les indices secondaires.

Littérature

Gerber, E.K. und *Scheidegger, A.E.* [1965]: Probleme der Wandrückwitterung, im besonderen die Ausbildung Mohrscher Bruchflächen. Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Suppl. II

Gerber, E.K. und *Scheidegger, A.E.* [1969]: Stress-induced Weathering of Rock Masses. «Eclogae geol. Helv.» Vol. 62/2

Schneider, T.R. [1983]: Die Aufgabe des Geologen im Rahmen der 5-Jahres-Kontrolle. «wasser, energie, luft», *75.* Jahrg., Heft 11/12

Conférence tenue lors des jourrnées d'étude «Surveillance des rives des retenues; éboulement et glissements» des 25 et 26 juin 1987 à Lugano. Ces journées ont été organisées par le Groupe de travail pour l'observation des barrages du Comité national suisse des grands barrages.

Adresse de l'auteur: Dr. *Toni R. Schneider*, géologue conseil, Rütihofstrasse 53, CH-8713 Uerikon.