Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 117 (1991)
Heft: 25

Artikel: Géologie - géotechnique
Autor: Schneider, Toni
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77695

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

- *Bétonnage de l'évidement dans la semelle de la pile :* on réalisa la liaison définitive de la pile avec la semelle par le bétonnage de l'évidement.
- *Travaux de finition :* étant donné que l'étanchéité du pont et le revêtement avaient eux aussi été fortement endommagés, il fallut remplacer le système étanchéité-revêtement, après assainissement des bords du pont, des têtes de consoles et des joints de dilatation.

Au début de ces ambitieux travaux de reconstruction, les priorités suivantes dans l'élaboration du projet de détail avaient été fixées :
- sécurité
- délais
- coût
- esthétique.

En outre, le niveau de sécurité original de la structure porteuse ne devait être diminué, même temporairement, pendant aucune phase des travaux. Depuis la pose des vérins jusqu'à la conclusion des travaux de levage, chaque opération s'est déroulée selon un scénario extrêmement précis, prévoyant les valeurs escomptées et les tolérances admises.

Le découpage de la pile (pose de l'appui, découpage de l'armature de traction, oxycoupage de la zone de compression) eut lieu du 26 au 29 avril. Après le redressement de la plateforme en tête de pile, les travaux de levage proprement dits commencèrent le 15 mai 1988.

Comme le montre le diagramme de levage, le béton du tablier, âgé d'environ 17 ans, présentait un potentiel de fluage considérable lors de la réduction de l'état de contraintes élevées (sur les piles voisines $\sigma_c \approx 25$ N/mm²). Après chaque étape de levage, la compression des vérins diminuait d'environ 3% en un à deux jours.

Le niveau initial de la chaussée n'a pas pu être totalement atteint. La déformation résiduelle n'a cependant aucune influence sur le comportement de la structure porteuse. Elle peut être compensée pour l'essentiel par la mise à niveau du revêtement, de sorte qu'aucun préjudice ne demeurera tant sur le plan technique de la circulation que sur le plan visuel (fig. 8).

Conclusion

Il y a dix mille ans, la région de Wassen était un paysage de moraine. L'érosion a donné à la vallée sa forme actuelle. Cette érosion ne s'est cependant pas produite continuellement, mais par paliers, en particulier lors des grandes crues centennales. Des gravures du siècle dernier montrent que le cours de la Reuss ne s'est plus modifié ces cent cinquante dernières années. La photo de la figure 9, prise avant la construction du pont, permet (probablement) de reconnaître encore sur la rive gauche de la Reuss des restes de l'ancien sentier muletier du XVIIe siècle. Cela signifie que pendant plusieurs générations, il n'y avait plus eu d'érosion massive des berges. Il est donc compréhensible que ce danger n'ait pas pu être pressenti par des ingénieurs, pourtant fort bien informés de la situation dans la vallée de la Reuss.

Aujourd'hui, on construit à proximité du pont sur la Reuss une protection de rive comportant une paroi de pieux dimensionnée pour des crues atteignant un maximum deux fois plus élevé que celui de la crue de 1987, soit pour un événement qui ne se reproduit même pas tous les mille ans. En revanche, l'ouvrage lui-même a une durée d'utilisation qui ne dépasse guère un dixième de cette durée, d'autant que l'on peut escompter pendant cette période des progrès fondamentaux dans la technique des transports. Il peut sembler disproportionné de protéger des ouvrages contre des événements qui, selon toute vraisemblance, ne se présenteront pas pendant toute leur existence. Mais cela se justifie pleinement si la valeur utile du système est aussi élevée que c'est le cas pour l'autoroute du Saint-Gothard. Il n'est toutefois pas possible de prévoir une protection totale de tout le tracé contre les événements naturels tels que crues, avalanches, coulées et éboulements de rochers, cela pour une durée approchant de périodes quasi géologiques ; une vallée alpine n'est pas stable.

Adresse de l'auteur :
Christian Menn, professeur D^r
EPF Zurich-Hönggerberg
8093 Zurich

Géologie – Géotechnique

La situation observée tout juste après la crue des 24/25 août 1987 posait deux questions de géologie et de géotechni-

PAR TONI SCHNEIDER, UERIKON

que auxquelles il était urgent de trouver une réponse :
- quelle stabilité possèdent les talus très pentus affouillés (culée nord, mur de soutènement et viaduc de la route cantonale) ?
- quelles possibilités de fondation existent pour la pile J mise à nu par les eaux ?

Pour répondre à la première question, il a fallu faire appel aux expériences de construction antérieures le long de la N2 dans la vallée de la Reuss, puisque le temps manquait pour effectuer des enquêtes correspondantes. D'après ces expériences, il fallait escompter un angle de frottement φ de 35-40° pour les matériaux de moraine existants, les éboulis de torrents et les remblais artificiels de matériaux locaux, composés généralement de graviers sableux avec des quantités variables de pierres et de blocs. En règle générale, ces matériaux possédant peu de composantes fines n'ont pas de véritable cohésion. La compacité rencontrée le plus souvent provoque cependant une cohésion apparente qui peut être supposée de l'ordre de grandeur de $c \sim 0{,}02$ N/mm².

Il découlait de ces hypothèses que :
- dans la zone de la culée nord aux fondations très profondes, la sécurité était aussi grande qu'auparavant,
- le mur de soutènement affouillé et le viaduc devaient être consolidés en priorité absolue.

Pour cette dernière tâche, la seule solution à peu près rapide et prometteuse de succès dans les circonstances données était une reprise en sous-œuvre par le biais de remblais, puisqu'on ne pouvait guère escompter que l'état critique, avec des talus de terrain meubles parfois verticaux, se maintienne plus que quelques jours. Au prix d'efforts extrêmes, le remblai fut mis en place jusqu'à la fin de la semaine de la crue. Le danger de glissement de la route cantonale et d'endommagement du pont sur la Reuss à Wassen était ainsi écarté dans l'immédiat. La planification d'autres mesures complémentaires put alors être renvoyée à une phase ultérieure plus calme.

Pour évaluer les possibilités de fondation pour la pile J mise à nu par les eaux, affaissée et déviée, on disposait seulement d'une carte géologique de surface datant de l'époque de l'établissement du projet de pont. Il n'existait aucune autre information, notamment des résultats de sondages. C'est la raison pour laquelle, dès que la pile J a été consolidée par des remblais, on a tout d'abord procédé à trois forages de sondage carottés. Ceux-ci devaient fournir des renseignements sur la situation des fondations dans la zone de la reprise en sous-œuvre de la pile en question. Dans une deuxième étape, on a opéré quatre forages près des autres piles des deux côtés de la Reuss (fig. 1), dans la

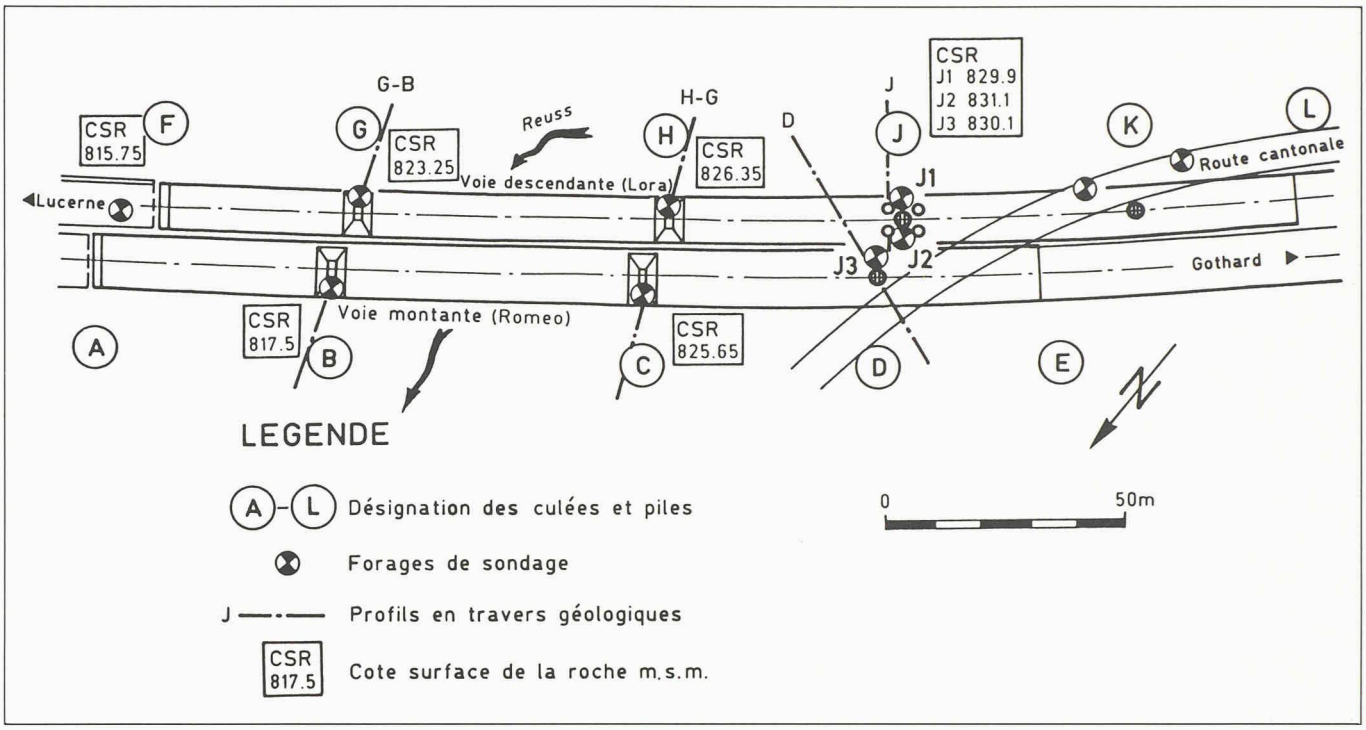

Fig. 1. – Situation des sondages.

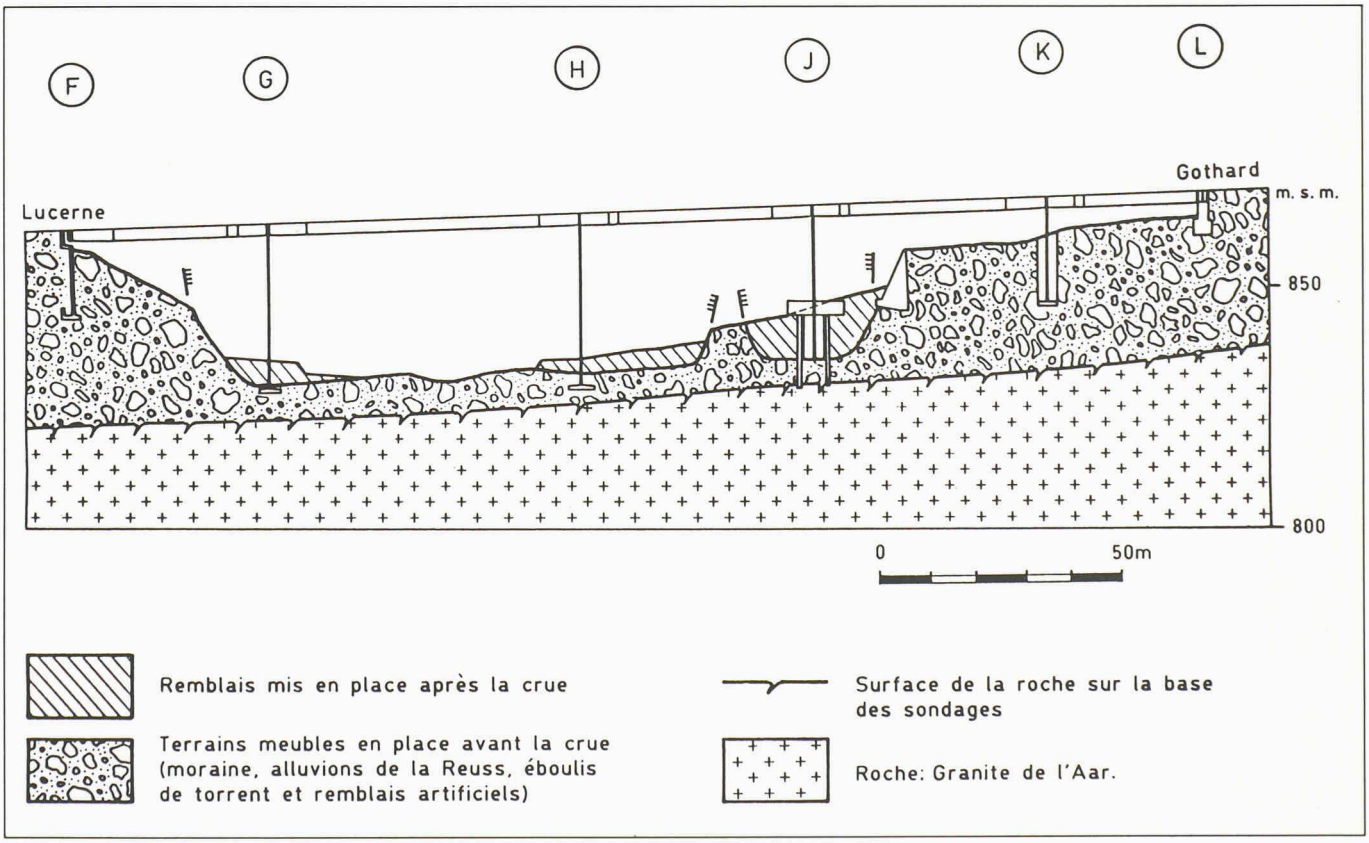

Fig. 2. – Profil géologique dans l'axe de la voie descendante (Lora).

perspective de la planification d'une protection améliorée contre les crues extrêmes à l'avenir. Dans une troisième phase, on a déterminé l'état du sous-sol dans la zone de la culée nord ainsi que pour l'assainissement de la route cantonale et l'endiguement de la Reuss. Les sondages ont en outre été complétés par l'établissement d'une nouvelle carte géologique. Le dépouillement a pris principalement la forme de profils géologiques longitudinaux et transversaux (fig. 2 à 6).

Surface et sous-sol rocheux

Les premiers sondages près du pont de la N2 sur la Reuss montrèrent déjà que la forme de la surface rocheuse ne se recoupe pas avec la forme de la surface de terrain très structuré et en pente forte vers la Reuss. Comme il ressort des résultats des forages, la surface rocheuse en sous-sol du pont est relativement plate (fig. 2). Les forages aux alentours confirment que la surface de la roche constitue une cuvette plate et étendue. Son fond est même quelque peu plus profond que l'arête supérieure du puissant verrou rocheux situé en aval, près du Pfaffensprung (810-850 m d'altitude). La forme et le surcreusement sont des manifesta-

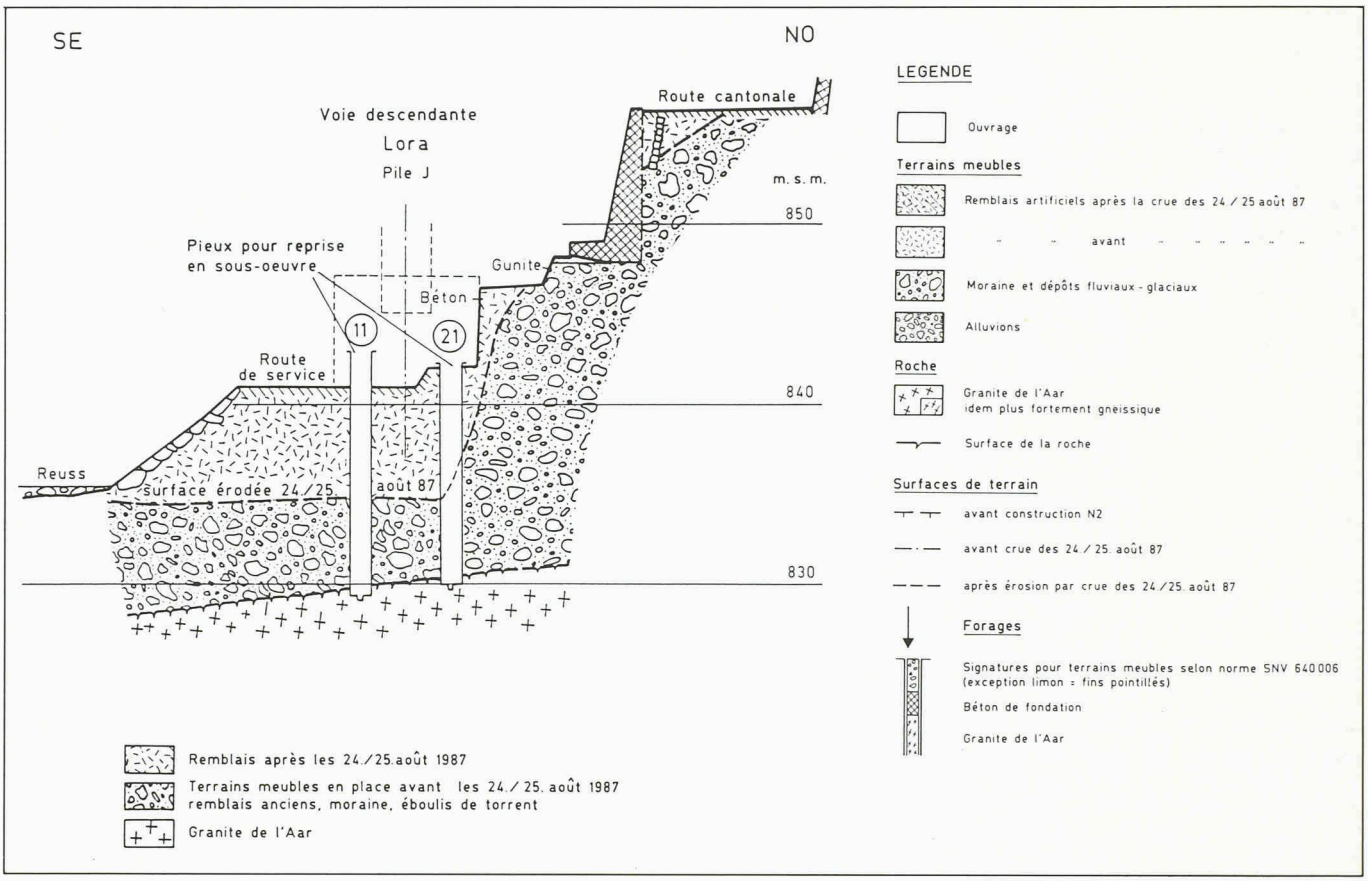

Fig. 3. – Profil en travers géologique J (2 parties).

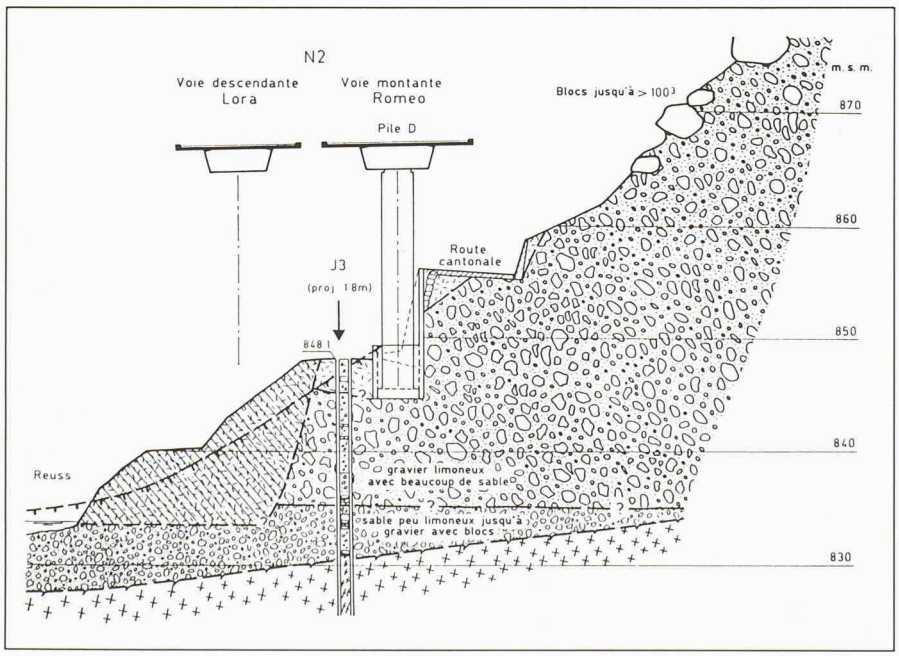

Fig. 4. – Profil en travers géologique D.

tions typiques de l'ère glaciaire, dues à la confluence des glaciers de la vallée de la Reuss et de la Meienreuss pendant la dernière glaciation. Un autre verrou rocheux constitue l'extrémité supérieure de la cuvette.

Celui-ci va vers la Reuss depuis les bosses formées également à l'ère glaciaire près du village de Wassen en passant par le portail sud du tunnel de Kirchberg des CFF. Là, il existe à la cote 845 m d'altitude dans la Reuss un lit rocheux presque continu, en amont de l'ancien petit pont en arc également endommagé par la crue (300 m en amont du pont de la N2).

Le sous-sol rocheux se compose de granite de l'Aar, une roche qui s'étend dans la vallée de la Reuss depuis les Schöllenen jusqu'à Gurtnellen. Ce granite est apparu vers la fin de l'avant-dernier plissement (hercynien) il y a environ 270 millions d'années, dans l'ancien cristallin du massif de l'Aar actuel. Pendant le dernier plissement (alpin), le corps de granite a subi des sollicitations mécaniques et des déformations locales (schistification). En outre, une partie des minéraux s'est recristallisée lors de la légère métamorphose finale (épimétamorphose postcinématique). En raison de ces antécédents, le granite de l'Aar est clair, pour la plus grande part légèrement gneissique à lenticulaire, mais massif, et plus fortement schistifié localement.

Le granite de l'Aar est une pierre dure, résistante à l'érosion et aux intempéries et donc généralement très avantageuse sur le plan géotechnique.

Terrain meuble, histoire de la vallée

Après le recul des glaciers il y a environ 9 à 10 000 ans, une cuvette rocheuse plate qui a peut-être même été occupée pendant un certain temps par un lac est restée derrière le verrou rocheux du Pfaffensprung. Cette cuvette a été comblée par des alluvions venant de trois côtés. Au plus profond de la cuvette, la Reuss a tout d'abord déposé des couches sablonneuses, puis de sable et de gravier. Les dépôts les plus récents de la Reuss, tels qu'on les voit dans les pentes fraîchement érodées par la crue, sont riches en cailloux et contiennent de gros blocs arrondis, principalement en granite de l'Aar.

Sur le flanc est, au pied des ravins descendant des Diederbergen, sont appa-

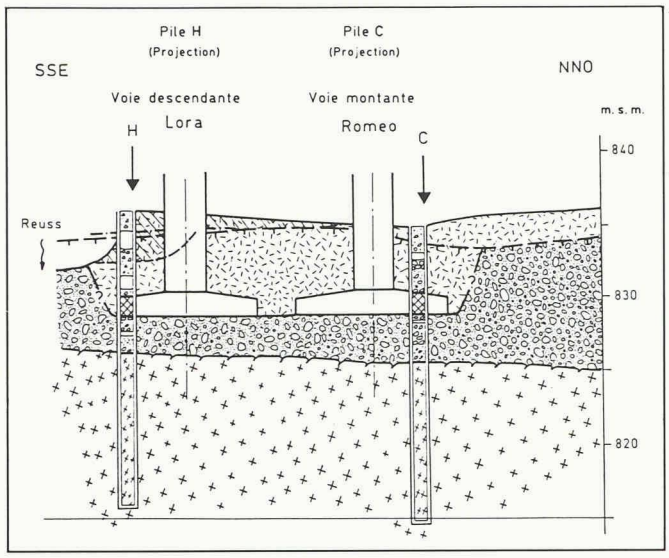

Fig. 5. – Profil en travers géologique H-C.

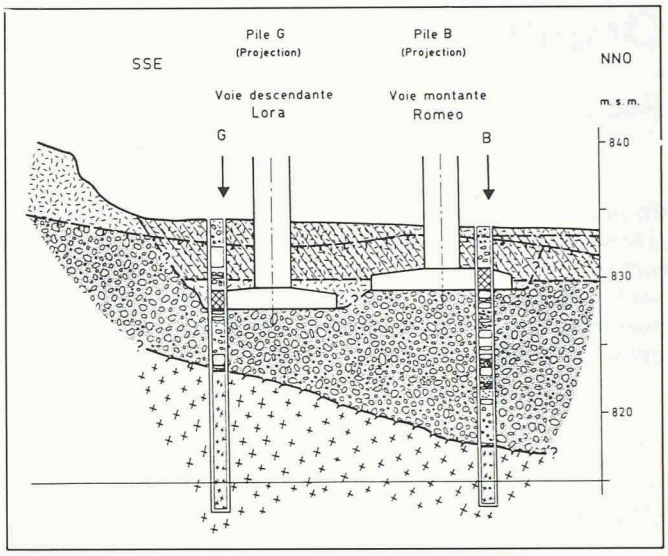

Fig. 6. – Profil en travers géologique G-B.

rus de grands cônes de déjection principalement alimentés par des avalanches et des coulées de boue. De l'ouest, la Meienreuss apportait ses alluvions. En outre, une nouvelle avancée de glaciers déposa une puissante moraine dans la région de Wassen sur la gauche de la vallée. La ceinture de blocs nettement visible, avec des blocs de granite de plus de 100 m³, atteste qu'une extrémité du glacier de la Meienreuss est restée pendant assez longtemps à la hauteur de Wassen. On ne voit pas clairement où se trouvait à l'époque le glacier de la vallée de la Reuss.

Une fois cette amenée d'éboulis terminée, la vallée présentait un fond aux formes douces, qui atteignait 890-910 m d'altitude à la hauteur de Wassen, 850-870 m près de Leggistein au nord de l'embouchure de la Meienreuss, et 820-830 m en amont du Pfaffensprung. Tant en aval qu'en amont du pont sur la Reuss à Wassen, la N2 passe au-dessus des restes de cet ancien fond de vallée.

La Reuss a ensuite commencé à découper le verrou de granite près du Pfaffensprung, pour créer le défilé très étroit que l'on connaît. La base d'érosion en a été abaissée de 810 m à 778 m d'altitude. Dans la zone en amont, la Reuss a à nouveau commencé à déblayer les éboulis accumulés pour former à l'est de Wassen le large défilé au-dessus duquel passe le pont de la route nationale. A la hauteur du pont, on peut estimer, à l'aide des anciens fonds de vallée, que l'érosion du terrain meuble postglaciaire de la Reuss se monte à 75 cm/100 ans. La Meienreuss en revanche s'est frayé un chemin dans le rocher le long d'une zone de granite de l'Aar plus fortement schistifié et donc moins résistant. Elle a ainsi créé un étroit défilé rocheux allant jusqu'à 40 m de profondeur.

A la toute dernière couche de terrain meuble s'ajoutent les remblais entrepris dans le sillage de la construction de la route nationale. Ceux-ci ont modifié le paysage de façon parfois radicale (digue guide-avalanches de la Chrummlaui près de la culée du pont au nord).

Tous ces types de terrains meubles sont des graviers sableux avec une part variable de matériaux fins, mais une teneur en argile toujours faible. On peut parfaitement les qualifier d'avantageux sur le plan géotechnique. Dans aucun des forages, on a trouvé de couches défavorables telles que de la tourbe ou des dépôts lacustres vaseux.

Fondations de pieux pour la reprise en sous-œuvre de la pile J affaissée

Les forages de sondage ont montré que la surface rocheuse ne se trouve qu'à environ 10-11 m au-dessous du plan de travail prévu, et que le granite juste au-dessous de la surface rocheuse est sain et solide. Ces résultats offraient la possibilité d'effectuer dans la roche la fondation des pieux et donc de la pile J. Les quatre pieux ont été encastrés d'au moins 50 cm dans le granite sain. Le relevé géologique des puits dans la zone de fondation a montré que dans tous les cas, on était en présence d'un granite compact et à peine fissuré.

Fondation des autres piles

Toutes les piles et culées du pont sur la Reuss à Wassen ont leur fondation dans le terrain meuble. Comme on l'a vu, celui-ci présente des propriétés avantageuses sur le plan géotechnique, tant pour son comportement de tassement que pour sa capacité porteuse. La pile D est fondée en position haute dans la moraine (fig. 4). Les sondages près des deux paires de piles des deux côtés de la Reuss ont révélé que le terrain meuble au-dessous des dalles de fondation se compose d'alluvions de la Reuss. Il s'agit de graviers sableux avec des cailloux et beaucoup de blocs, parfois aussi de sables caillouteux. Pour la paire de piles H-C de la rive gauche, la roche se trouve en moyenne de 2,7 à 3,3 m au-dessous des fondations (fig. 5). Pour la paire de piles G-B, à droite de la Reuss, la surface rocheuse légèrement plus inclinée se trouve à 5,4, respectivement 10,9 m sous le milieu des piles (fig. 6).

Adresse de l'auteur:
Toni R. Schneider, Dr sc. nat.
Géologie-géotechnique
Rütihofstr. 53
8713 Uerikon