Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Band: 33 (1967)
Heft: 84

Artikel: Problèmes professionels du géologue dans les travaux de génie civil
Autor: Mayor, Henry
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-194664

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: 13.07.2025

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

Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., Vol. 33, Nr. 84, Mai 1967

Problèmes professionnels du géologue dans les travaux de génie civil

par HENRY MAYOR

Il y a quelques années, seuls quelques rares spécialistes s'occupaient de l'application de la géologie aux problèmes de génie civil. De plus en plus, pour des raisons économiques et techniques, une information géologique sérieuse s'avère fort utile, voire indispensable, même pour la réalisation de petits projets.

Mais, pour être à même de donner toute l'information désirée, le géologue doit compléter son bagage universitaire, modifier et affiner son optique ses méthodes de travail.

Toutefois, tout le monde n'est pas conscient de l'intérêt que peuvent présenter des études soignées des terrains de fondation et le géologue se heurte souvent à une ignorance effarante du public, même cultivé, en matière de géologie.

I. Facteurs economiques

En juillet 1965, alarmés par la tendance inflationniste des prix de la construction, les autorités américaines ont organisé à Washington un séminaire groupant des représentants de toutes les professions intéressées : agents immobiliers, architectes, ingénieurs, entrepreneurs.

L'examen statistique de très nombreux cas pratiques révéla que les causes de dépassement des devis ou de hausses anormales pouvaient être réparties en trois classes d'importance très différente :

Fautes de conduite du chantier	5 %
Modifications de plans en cours de travaux	15 %
Rencontre de circonstances imprévues dans le terrain de fondation	80 %

La méconnaissance des conditions réelles du sous-sol est donc le principal facteur inflationniste de l'industrie du bâtiment.

Une expérience pratique permet de le mettre en évidence :

Un groupe d'immeubles locatifs de 6 étages est en construction dans une région de molasse. Aucune étude préalable du terrain n'a été faite. A l'ouverture

des fouilles se produisent un glissement de tous les alentours et la fissuration d'immeubles voisins, ce qui provoque aussi l'arrêt d'un chantier dans la parcelle voisine.

Les sondages de reconnaissance révèlent que la roche saine se trouve à 1,50 m. au-dessous du niveau prévu de fondation. Toutes les charges de l'immeuble doivent être reportées sur le terrain ferme par une forêt de petits pieux.

Le dépassement de devis atteint Fr. 150 000.—, sur un budget de Fr. 500 000.—, alors qu'une reconnaissance par étude de surface et sondages aurait permis l'exécution d'une protection amont (coût Fr. 30 000.—) et ensuite une construction normale.

Dans quelle mesure ces circonstances imprévues sont-elles imprévisibles ?

Une brève revue des procédés et techniques utilisées actuellement ainsi que quelques exemples permettent de cerner le problème.

II. Techniques et connaissances actuelles

En principe une étude de terrain de fondation met en jeu les mêmes méthodes que n'importe quel problème de géologie appliquée. Mais l'optique avec laquelle on doit aborder les problèmes est différente de celle que l'on a dans d'autres domaines du métier de géologue.

Pratiquement le géologue chargé d'une étude de génie civil est amené à prêter une attention particulière aux points suivants :

1. *Importance des terrains superficiels.* La plupart des ouvrages de génie civil (routes, bâtiments etc) prennent appui à faible profondeur (1 m. à 10 m. en général) et les terrains superficiels jouent un rôle de premier plan dans leur fondation, l'étude approfondie de ces terrains est donc essentielle. Ce n'est que pour les barrages en béton ou les galeries que la roche en place profonde requiert une étude systématique.

2. *Morphologie.* Sur le terrain, l'étude de la morphologie est souvent plus importante que la description minutieuse des affleurements. Les petits détails de la morphologie sont souvent des indices utiles pour le diagnostic.

3. *Précision.* Le degré de précision des informations fournies par le géologue est souvent l'objet de différences avec les ingénieurs ou architectes. Si, en tant que géologue nous sommes conscients de la part d'hypothèse inhérente à tous nos travaux, l'ingénieur ou l'architecte responsable de l'ouvrage ont besoin, eux, de renseignements précis pour l'établissement de leurs plans.

En théorie, on peut toujours arriver à la précision et à la sureté d'information voulues à condition d'y mettre le prix. Mais celui-ci peut rapidement devenir exorbitant et hors de proportion avec le but cherché. Et le géologue praticien doit se poser constamment quelques questions de principe:

— Quel est le degré de certitude des thèses avancées ?
— En cas de doute quels moyens d'investigation peut-on envisager ?
— Quel sera leur prix ?
— Les incertitudes restantes impliquent-elles un risque grave pour le projet ou seulement des risques mineurs ?

Une fois les risques et incertitudes bien définis le géologue doit en faire part loyalement à l'ingénieur ou au maître de l'œuvre étant donné l'importance des responsabilités mises en jeu.

De plus en plus l'examen de surface est complété par des investigations en profondeur : géophysique appliquée et sondages.

Depuis quelques années *la méthode sismique-réfraction* a été adaptée aux problèmes de génie civil. Il existe maintenant des équipements légers servis par un ou deux hommes qui permettent une exploration rapide du soussol jusqu'à 10 ou 15 m. de profondeur. Les renseignements obtenus sont de deux types.

D'une part de très nombreuses structures simples peuvent être reconnues avec une précision de l'ordre de ± 15 % quant à la mesure des profondeurs. En particulier on recherche de cette façon la profondeur de la roche en place.

D'autre part une relation a pu être établie entre la célérité et les principales caractéristiques mécaniques des terrains et c'est ainsi que le choix des machines de chantier à utiliser peut étre fixé d'après les célérités mesurées.

La méthode électrique (dispositif SCHLUMBERGER, WENNER ou autres) est utilisée pour le repérage de graviers, d'argiles, l'évaluation de l'épaisseur de la couche altérée etc.

La densité et la teneur en eau des terrains meubles se mesurent rapidement par l'évaluation de *l'absorbtion des rayons γ et des neutrons* soit en surface, soit dans les sondages.

Parmi les moyens rapides d'exploration des terrains meubles il convient de mentionner plus particulièrement le *pénétromètre* qui mesure l'énergie nécessaire à enfoncer dans le sol une pointe métallique. Les résultats, interprétés par un spécialiste sont souvent très intéressants. En particulier pour interpoler et corréler les informations précises mais fragmentaires que donnent les sondages à carottage continu.

Pour *les sondages avec prélèvement d'échantillon* on dispose maintenant d'appareils divers. Pratiquement, jusqu'à 4 m. de profondeur la méthode la plus sure et la plus économique en terrain meuble est l'ouverture d'une excavation à la pelle mécanique. Au delà de 4 m. de profondeur on recourt au sondage usuel (core drill). Mais un certain esprit critique est nêcessaire dans l'emploi des résultats de sondages. En effet les carottes obtenues ont en règle générale un diamètre compris entre 39 et 120 mm. Les informations obtenues doivent être extrapolées souvent à des centaines, voire des milliers de mètres carrés. C'est au géologue d'estimer le degré de validité de ces extrapolations.

Les ingénieurs spécialisés en fondation ont créé ces cinquante dernières années deux sciences nouvelles : La mécanique des terres ou géotechnique et la mécanique des roches. Le géologue de génie civil ne peut plus les ignorer.

La mécanique des sols ou *géotechnique* s'est développée dans deux directions différentes. C'est d'une part une technologie qui définit un certain nombre de caractéristiques des terrains meubles que l'on mesure au laboratoire et qui doivent permettre d'analyser et de prévoir le comportement des terrains. D'autre part les

géotechniciens ont étudié les principaux phénomènes intéressant les ouvrages d'art tels que tassements, ruptures, glissements de terrain etc. Mentionnons à titre d'exemple le phénomène de poinçonnement dont une manifestation spectaculaire a été l'accident survenu en 1913 au silo à blé de Transcona (Canada). Le mécanisme de la rupture est esquissé à la fig. 1.

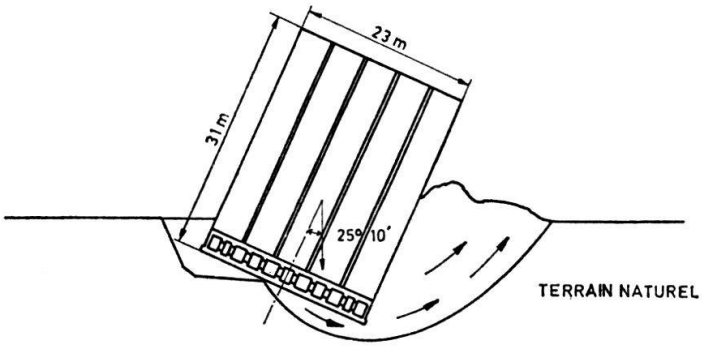


Fig. 1

Rupture du sous-sol par poinçonnement, Transcona 1913

La géotechnique ne devrait pas être isolée de son contexte géologique et pétrographique ; l'on ne doit jamais perdre de vue que les mesures faites se rapportent à l'état actuel du terrain et que si les conditions changent les caractéristiques mécaniques peuvent être bouleversées.

Ainsi les sondages effectués pour une tranchée de route avaient traversé plusieurs mètres d'argile à blocaux sèche et compacte dont la résistance mécanique était extrêmement forte. Lors de l'exécution des travaux cette argile est restée plusieurs mois exposée au soleil ; elle s'est fissurée par retrait ; puis aux pluies d'automne elle s'est imbibée d'eau et tous les talus ont été le siège de glissements de terrain.

La géotechnique est particulièrement intéressante dans des formations régulières où les caractéristiques des terrains varient graduellement d'un point à l'autre. Elle peut être en défaut dans des formations très hétérogènes.

Ainsi récemment une voie ferrée a été dangereusement menacée par un glissement de terrain. Les sondages effectués ont montré que la voie était fondée sur un amas de terrain d'âge chattien reposant sur une formation sableuse fluviolacustre récente (post-würmienne). La coupe détaillée des sondages montrait une prédominance de grès dur et de marne compacte qui, au laboratoire, donnaient des résistances mécaniques remarquables. Mais, de place en place, on observait la présence de minces fissures remplies d'argile molle dont l'épaisseur ne dépassait pas 1 cm. Il s'agissait de fait d'un ancien éboulement. Statistiquement 98 % du terrain était ferme ; mais la rupture était due à la présence de ces fissures tapissées d'argile.

La mécanique des roches est encore plus récente que la mécanique des terres. Elle procède du même esprit de systématisation des phénomènes observés et tente aussi de chiffrer par des essais de laboratoire ou dans le terrain les problèmes que pose la construction en rocher.

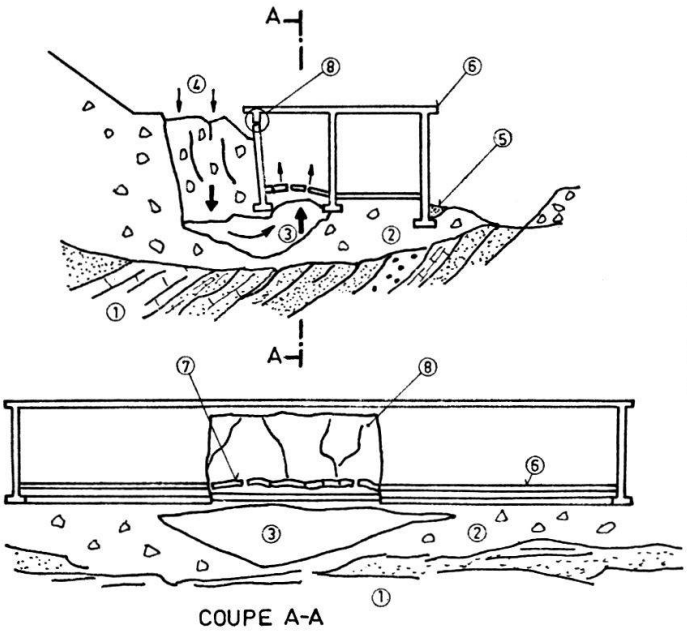
Le premier congrès international de mécanique des roches a eu lieu du 25 septembre au 1 octobre 1966 à Lisbonne.

Les thèmes traités sont les suivants :

1. *Exploration des massifs rocheux.* Méthodes géologiques, géophysiques etc.
2. *Description des roches et des massifs rocheux en vue de leur comportement physique et mécanique.* Cristallographie, minéralogie, pétrographie, structure, texture.
3. *Propriétés des roches et massifs rocheux.* Influence de la fissuration et autres caractéristiques sur les coefficients de déformation ou de rupture.
4. *Contraintes naturelles dans les massifs rocheux.* Influence sur les efforts internes de l'histoire tectonique ou de l'érosion.
5. *„Comminution".* Phénomènes de rupture et broyage par divers agents artificiels.
6. *Talus naturels et talus d'excavation.* Stabilité des versants.
7. *Excavations souterraines et sondages profonds.* Galeries et forages.
8. *Comportement des massifs rocheux comme fondation.* Fondations en rocher.

La simple énumération des thèmes du congrès donne une idée des préoccupations des ingénieurs et géologues de génie civil en matière de construction en rocher.

Il arrive parfois que le géologue rencontre des circonstances difficiles voire impossibles à prévoir, à moins d'une chance exceptionnelle.



1 — Roche en place : Grès et marnogrès
2 — Moraine argileuse
3 — Argile liquide
4 — Chemin effondré
5 — remblayage
6 — Dallage intact
7 — Dallage rompu et soulevé
8 — rupture du mur amont

Fig. 2

Rupture d'une paroi suite à la présence d'une lentille d'argile liquide en profondeur

Ainsi, dans un entrepôt (fig. 2) situé au pied d'un versant, on constate que le mur amont se fissure, que le fond du sous-sol gonfle et que le chemin longeant le mur amont s'affaisse. Les sondages révèlent dans la région de la rupture la présence d'une lentille de boue liquide qui, sous l'effet du déséquilibre provoqué par le creusement de l'excavation, reflue et exerce une pression sur les fondations. Cette lentille a une largeur de 6 m. et déborde de 3 m. sous le bâtiment. Aucun sondage n'avait été fait mais si une étude de fondation avait été exécutée la probabilité qu'un sondage tombe juste dans la zone critique était pratiquement nulle.

Mais le cas rapporté ci-dessus reste exceptionnel et bien que n'ayant pas en main de statistique détaillée j'estime qu'un tel accident arrive dans un ou deux cas sur cent. Les moyens d'investigation actuels permettent donc, en y mettant le prix, de limiter dans une très large mesure les imprévus dûs à la méconnaissance des terrains de fondation.

III. Le Geologue dans la vie pratique

On pourrait penser que, fort des moyens techniques dont ils disposent, le géologue et le géotechnicien sont appelés régulièrement et systématiquement pour tous les ouvrages en projet. De fait, leur consultation reste encore très limitée et n'est entrée dans les usages que pour les grands barrages et certaines autoroutes. Ne raconte-t-on pas que pour les fondations de l'immeuble destiné à son service géologique une grande société pétrolière a fait appel à un sourcier ? (si non e vero . . .) Et force est bien de constater qu'il existe mondialement un certain malaise dont les causes doivent être analysées.

Dans tout travail de génie civil on doit distinguer quatre fonctions qui sont le plus souvent tenues par quatre personnes ou instances différentes.

Le maître de l'œuvre commande et paye les travaux.
L'architecte établit le projet.
L'ingénieur calcule les éléments du projet, il est responsable de leur valeur technique.
L'entrepreneur exécute le travail et doit suivre les instructions reçues.

Quelles sont leur formation et leur information en matière de géologie générale ou de technique de fondation ?

Sauf dans les très grands travaux le maître de l'œuvre, en règle générale, n'est pas un professionnel et ses connaissances en géologie ou en technique sont celles du grand public.

Architectes et entrepreneurs n'ont pas, dans leur programme de formation, de cours de géologie, de mécanique des roches ou de mécanique des terres. Au cours des années l'expérience leur apporte des données empiriques mais fragmentaires.

Le programme des étudiants ingénieurs en génie civil prévoit une formation et une information approfondie et équilibrée dans les domaines envisagés. A l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne le cycle comprend :

1 cours de géologie générale
1 cours de pétrographie technique
1 cours de géotechnique et mécanique des roches
1 cours de fondation
1 cours de géologie appliquée.

Chaque cours est accompagné d'exercices pratiques et de présentation de problèmes concrets.

Mais force est bien de reconnaître que la majeure partie de cet enseignement reste lettre morte pour trois raisons.

— La plupart des étudiants n'ont aucune expérience pratique et ne sont pas à même de discerner ce qui leur sera utile dans leur future carrière.

— Les programmes sont extrêmement chargés et pour arriver à rendre dans les délais prescrits tous les exercices et travaux obligatoires un étudiant est obligé de laisser de côté la plupart des branches dites de culture.

— Enfin la compréhension des problèmes de géologie appliquée demande une attitude mentale qui est directement à l'opposé de celle de l'ingénieur contructeur.

Les aciers, le béton et même le bois possèdent des caractéristiques bien définies et ne variant que dans de faibles limites. Leur comportement peut être prévu grâce à des calculs et les ingénieurs sont drillés à la précision, à l'exactitude. L'étude technique conduit au dessin d'un plan coté. Dans la superstructure d'une construction l'ingénieur est donc maître de sa matière.

Dans la géologie appliquée et les fondations c'est la nature qui commande et le géologue et le géotechnicien doivent être plus attentifs à tous les indices, plus ouverts à toutes les éventualités que forts en calcul. Un exemple pratique l'illustre clairement.

Un ingénieur devant construire un immeuble industriel lourd demande à un géologue de lui dire si la roche peut travailler à 15 kg/cm^2 sous les semelles de fondation.

La situation géologique est donnée à la fig. 3. Le bâtiment est fondé sur des calcaires compacts à horizons oolithiques. La qualité de la roche permet certainement de fonder à 15 kg/cm^2. Mais l'examen sur plan révèle un fait beaucoup plus inquiétant. Les bancs de calcaire compact sont séparés par places par des délits de 1 à 2 cm d'épaisseur formés d'argile. Celle-ci est pâteuse, voire liquide. Les couches descendent de 30° vers le S. E. Au moment de la visite sur place, bien que l'excavation ne soit descendue qu'à la moitié de la profondeur prévue, la paroi amont a déjà bougé et des fissures apparaissent dans la route. Le problème principal non prévu au programme était celui de la stabilité de la roche. Il a été résolu par un étayage soigné et un abattage rationnel du terrain.

Finalement, on doit admettre que la plupart des ingénieurs et à fortiori leurs collaborateurs : techniciens et dessinateurs n'ont qu'une vue très sommaire des problèmes de géologie appliquée. Celle-ci se résume trop souvent à un certain nombre d'idées qui sont plutôt des superstitions ou des formules magiques que des informations claires.

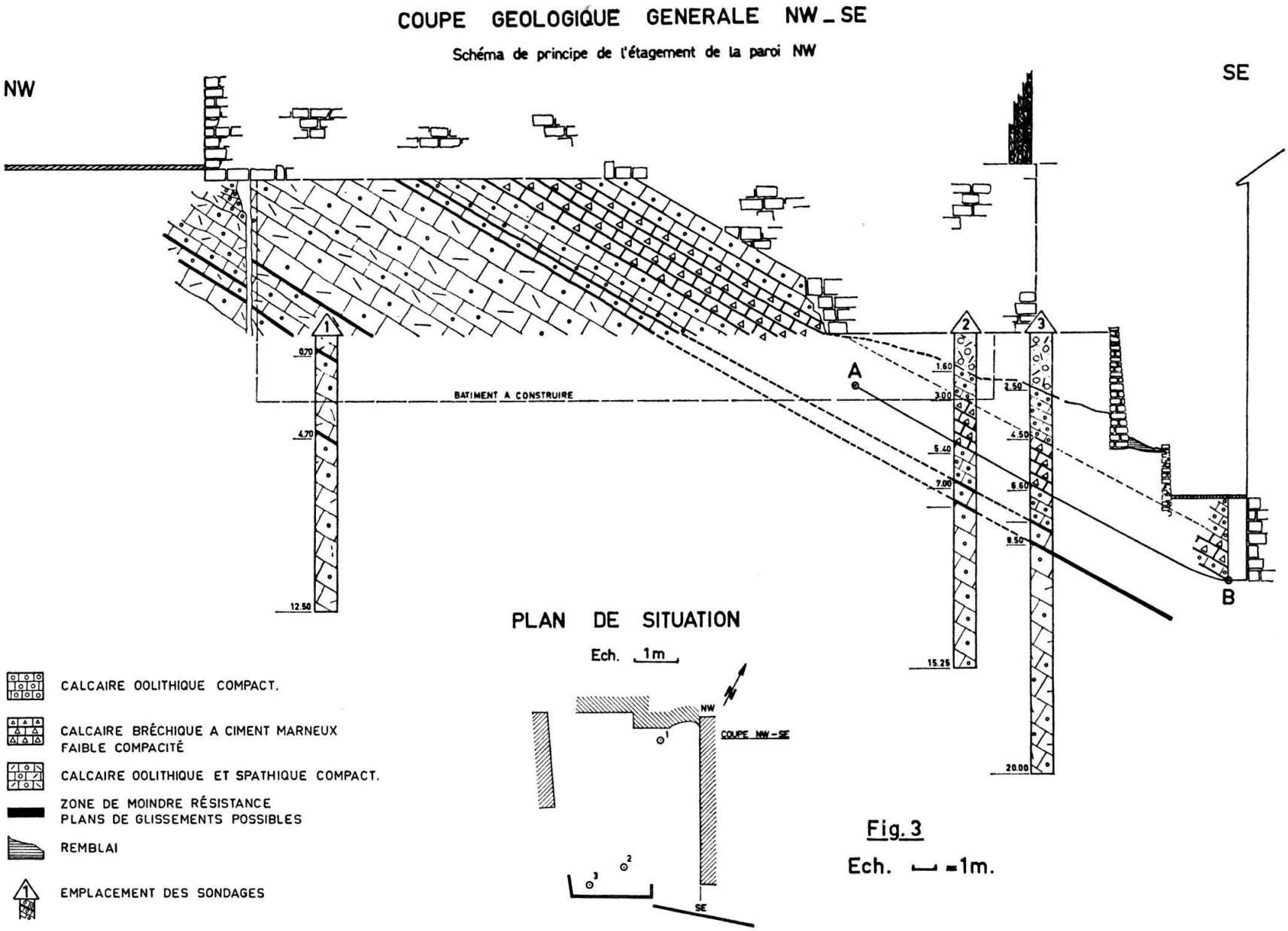


Fig. 3 Conditions géologiques dans une excavation en rocher

Il est nécessaire de mentionner les principales :

1. Il existe deux terrains de fondation : le bon et le mauvais. On a envie de dire «le gentil et le méchant». — De fait on doit admettre qu'en un instant donné dans un milieu précis un certain terrain aura un comportement prévisible dans une large mesure. De plus avec les méthodes actuelles il est rare que l'exécution d'un ouvrage se heurte à une impossibilité technique de réalisation. La réalisation sera arrêtée le plus souvent par le coût des travaux spéciaux à prévoir.
2. Il existe en profondeur un terrain merveilleux à la résistance infinie : c'est «le rocher».
3. Dans une épicerie bien organisée, chaque étiquette annonce un produit bien défini à la qualité garantie. Bien des profanes croient qu'il en est de même en géologie. — Ainsi pour les uns le Trias est un calcaire dolomitique compact, pour les autres un horrible mélange de sel, de gypse et de sable boulant et peu de gens comprennent que le Trias est une époque dans l'histoire de la terre.
4. «Plus bas, c'est toujours meilleur.» — Le nombre de sondages arrêtés dans des blocs parcequ'on avait touché «le dur» est incalculable.
5. Un sondage, comme un cierge vous met à l'abri des catastrophes. — «Mais on avait fait un sondage» est un des Leitmotivs qu'entend le géologue appelé à la suite d'un accident. Et il est souvent difficile de faire comprendre que le sondage n'est pas un but en soi mais un moyen d'obtenir des informations.
6. Pour un homme expérimenté l'examen de la surface ou d'une fouille rend «la terre transparente» et permet de voir ce qui se passe en profondeur.
7. Géologie, géotechnique et mécanique des roches «c'est tout de la théorie». Seule compte la «pratique» et l'«expérience». Il est curieux de constater que bien des hommes d'un certain âge appellent expérience leur paresse intellectuelle et leur crainte de la nouveauté.
8. Les accidents de terrain sont dus «à la fatalité». Ils sont imprévisibles et doivent être subis avec fatalisme.
9. Un terrain a une résistance précise inscrite dans «un mystérieux registre» auquel le géologue a accès On entend souvent dire : «c'est un terrain à 2 kg/ cm^2» Si la contrainte admissible sous les fondations est un paramètre commode, voire indispensable pour les calculs d'ingénieur, les géotechniciens savent bien que ce paramètre dépend dans une large mesure du système de fondation adopté, de sa forme et de la profondeur de fondation.

Confronté à la rigueur mathématique des ingénieurs, le géologue doit se garder de passer pour un fumiste. Il y a quatre moyens d'acquérir cette réputation:

1. Faire des prévisions faussement précises et qui ne se vérifient pas en cours de travaux. Par exemple prédire qu'une galerie traversera 700 m. de roche décomposée et n'en trouver que 15 m.
2. Abuser du conditionnel et des précautions oratoires. Ingénieurs et architectes ont besoin d'informations pour leurs projets. Des problèmes posés avec clarté, un exposé des renseignements sûrs et des lacunes d'information avec les conséquences pratiques éventuelles sont plus utiles que de belles phrases.
3. Faire engager des dépenses hors de proportion avec le but à atteindre. Ainsi pour un clocher d'église fondé dans des alluvions de nature très hétèrogène (tourbe, limon, gros gravier) une étude soignée aurait coûté 5000.— fr. Dans le pire des cas la fondation de la tour revenait à 15 000.— fr. La présence de tarrain ferme en profondeur aurait permis d'abaisser le prix de revient à 10 000.— fr. Dans le cas particulier l'économie que pouvait éventuellement permettre l'étude ne la justifiait pas. La Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (BIRD) ainsi que divers services gouvernementaux des U.S.A. ont fixé une proportion raisonnable des dépenses à engager pour les études des terrains de fondation, elle varie de 0,6 à 1,6 % du coût total de l'ouvrage suivant les circonstances locales. Ces chiffres sont rarement atteints en Europe.
4. Jouer à l'ingénieur sans en avoir la formation. Il est parfois un peu gênant d'entendre nos jeunes collègues discuter de fer à béton ou de diamètres de conduites forcées.

La collaboration la plus fructueuse entre le géologue et ses clients est un dialogue et une participation commune aux travaux. Lorsque le rôle du géologue est limité à la fourniture d'un rapport, qui risque d'être mal lu, son utilité est douteuse.

Au moment où le dialogue s'établit, au contraire, le géologue peut fournir une multitude d'informations pour la solution des problèmes communs. De plus, par sa formation professionnelle, il peut apporter à la discussion un esprit de synthèse que ne peut pas toujours manifester le constructeur obligé de penser à tous les détails.

Le rôle que devrait jouer le géologue a été brillamment décrit par Maurice Lugeon dont les lignes ci-dessous peuvent servir de conclusion à cette étude.

> *Un géologue ne doit pas avoir crainte de se charger d'énormes responsabilités. Il doit savoir affirmer nettement, même si c'est par intuition, par sentiment, qu'il a acquis une certitude. En revanche, il ne doit pas avoir une fausse honte à déclarer qu'il ne peut répondre aux questions posées sans des travaux de recherche. Souvent il devra savoir tempérer les espérances des ingénieurs qui, parfois, sans s'en douter, font de la géologie, mais de la mauvaise géologie. Le géologue, plus que tout autre, doit se méfier des prédictions et par boutade, j'ai souvent dit qu'il n'y avait rien de plus dangereux qu'un géologue et que j'étais le premier à me méfier d'eux.*
>
> *Un géologue qui parle au conditionnel, qui cherche à se couvrir, ne saurait que faire dans un milieu aussi positif que celui des ingénieurs. Sa meilleure couverture sera de dire qu'il ne peut se prononcer et que, en collaboration avec l'ingénieur, il tentera tous les moyens pour avoir une preuve péremptoire.*
>
> *Et c'est alors que le géologue indiquera quels sont les procédés à prendre pour éclairer le problème. C'est alors lui qui dirigera les travaux de recherche d'abord et plus tard les travaux de terrassements. J'entends par ce mot diriger, qu'il donnera les ordres aux ingénieurs et il est nécessaire qu'il sache se faire obéir. Cela, je dois l'avouer, n'est pas toujours dans les cordes de ces savants. S'il n'a pas cet ascendant sur l'ingénieur, alors qu'il retourne à ses fossiles ou à des minéraux. On ne saurait que faire de lui.*

Bibliographie

M. Gignoux & R. Barbier (1955): Géologie des Barrages et des Aménagements Hydrauliques, Masson & Cie, Editeurs, Paris.

K. Terzaghi & R. B. Peck (1957): Mécanique des Sols appilquée aux travaux publics et au Bâtiment, Dunod, Paris.

Josef Stini (1950): Tunnelbaugeologie, Springer Verlag, Wien.

J. Goguel (1959): Application de la Géologie aux travaux de l'ingénieur, Paris.

F. Kaisin: Géologie du Génie civil.

Dunod (1951): Mécanique théorique des sols.

L. Müller (1963): Der Felsbau, Stuttgart.

Dimitri P. Krynine & William R. Judd (1957): Principles of Engineering Geology and Geotechnics, New York.