

Zeitschrift:	Bulletin technique de la Suisse romande
Band:	84 (1958)
Heft:	4
Artikel:	Le cadre naturel des glissements de terrain du Val-de-Travers, Neuchâtel (Suisse)
Autor:	Wegmann, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-63479

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: 26.01.2026

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)
de la Section genevoise de la S.I.A.
de l'Association des anciens élèves de l'E.P.U.L. (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole
polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: J. Calame, ing. à Genève

Vice-président: † G. Epitaux, arch. à Lausanne

Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.

Genève: Cl. Grosgruin, arch.; E. Martin, arch.

Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.

Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.

Vaud: A. Gardel, ing.; A. Chevallay, ing.; E. d'Okolski, arch.;

Ch. Thévenaz, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: A. Stucky, ing.

Membres: M. Bridel; R. Neeser, ing.; P. Waltenspuhl, arch.

Adresse: Ch. de Roseneck 6, Lausanne

RÉDACTION

D. Bonnard, ing.

Rédaction et Edition de la S. A. du « Bulletin technique »

Tirés à part, renseignements

Adresse: Case Chauderon 475, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 26.—	Etranger	Fr. 30.—
Sociétaires	»	» 22.—	»	» 27.—

Pris du numéro » 1.60

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande », N° II. 57 75, Lausanne.

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 275.—
--------------------	-----------

1/2 "	» 140.—
-----------------	---------

1/4 "	» 70.—
-----------------	--------

1/8 "	» 35.—
-----------------	--------

Adresse: Annonces Suisses S. A.

Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales

**SOMMAIRE**

Le cadre naturel des glissements de terrain du Val-de-Travers (Suisse), par E. Wegmann (Neuchâtel)

Reprise en sous-œuvre du pont de Travers et construction des murs de berge, par D. Bonnard, ingénieur, professeur à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et P. Schinz, ingénieur-adjoint au Département des travaux publics, Neuchâtel

ORGANISATION ET FORMATION PROFESSIONNELLES

Documentation générale — Documentation du bâtiment — Service de placement

LE CADRE NATUREL DES GLISSEMENTS DE TERRAIN DU VAL-DE-TRAVERS, NEUCHÂTEL (SUISSE)

par E. WEGMANN (Neuchâtel)¹

Introduction

Les géotechniciens suisses ont honoré le canton de Neuchâtel de leur visite. Ils se sont réunis chez nous pour étudier les effets de quelques mouvements du sol dans le Val-de-Travers, et pour apprécier les remèdes que l'on a appliqués. Ils se proposent de discuter l'efficacité des mesures prises pour guérir les maux ou en tout cas pour prévenir le pire. Tout cela sera examiné avec le coup d'œil du spécialiste, comme celui d'une réunion de chirurgiens étudiant les opérations pratiquées par un confrère. L'art des maîtres est certainement une chose admirable, mais les spécialistes les plus éclairés savent bien qu'il n'y a pas seulement l'opération qui compte, il faut aussi avoir les forces de la nature de son côté. Pour les connaître, il faut prendre contact avec le malade et essayer de comprendre son histoire, connaître l'évolution et le fonc-

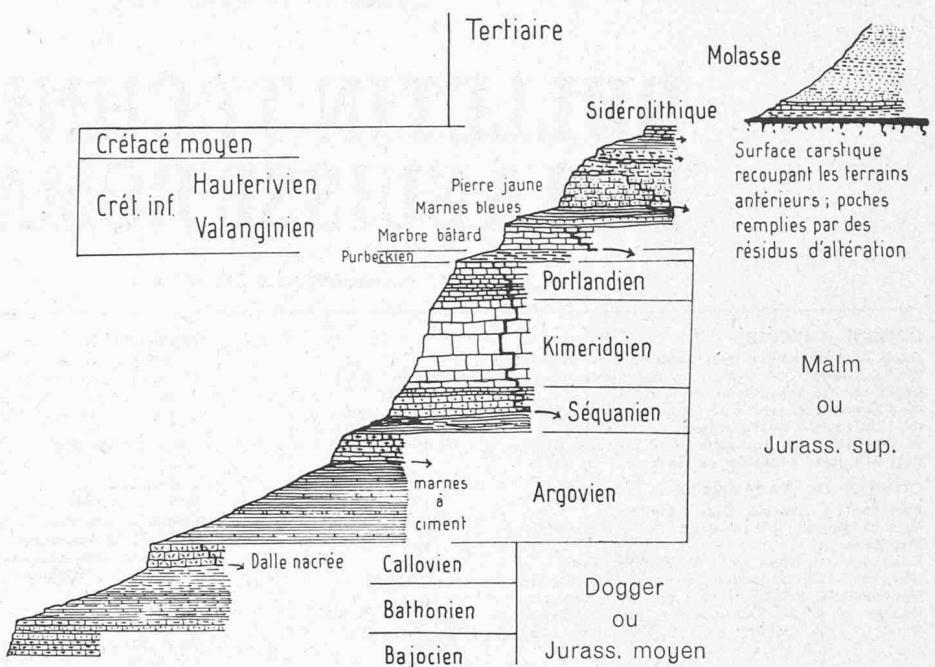
tionnement de ses organes, les conditions de sa vie et de son milieu, ses maladies et accidents antérieurs et la manière dont il les a supportés, les penchants du patient, sains ou malsains, car tout cela enregistré, d'une manière ou d'une autre, dans l'organisme, influencera le déroulement des accidents ultérieurs et déterminera des mesures thérapeutiques bien comprises.

Nous nous proposons donc de présenter en quelques mots le malade et quelques-uns de ses maux constitutionnels, avant que les spécialistes se penchent sur ses crises et ses récents accidents, en exposant leurs opérations et les appareils inventés pour l'adapter aux besoins de la cohabitation humaine. Nous nous limiterons aux questions qui touchent, plus ou moins directement, aux phénomènes étudiés ici, et nous subdiviserons notre exposé en une série de groupes de facteurs qui se suivent dans le temps et dont chacun porte une partie de la responsabilité de ce qui s'est passé. Cet alignement montrera les tendances de l'évolution du paysage à long terme, au-delà des courts

¹ Conférence faite à l'Assemblée générale de la Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondation, à l'aula de l'Université de Neuchâtel, le 26 avril 1957.

Fig. 1. — Coupe schématique des assises stratigraphiques rencontrées dans le Val-de-Travers.

Les lits calcaires, marneux et argileux sont symbolisés par des signes conventionnels ; ils forment des parois et des virens, des pentes plus fortes et plus douces suivant leur résistance à l'altération. Les calcaires, le plus souvent fissurés, donnent lieu à des infiltrations et à des phénomènes de dissolution par les eaux météoriques. Les couches imperméables, marneuses et argileuses arrêtent ces eaux et déterminent ainsi des niveaux aquifères. Quand les conditions structurales et topographiques le permettent, ces eaux peuvent sortir en donnant naissance à des sources et des résurgences (source de l'Areuse, de la Noiraigue etc.). Ces sorties d'eau sont indiquées par des flèches ; les phénomènes d'infiltration et de dissolution par des lignes plus marquées. A côté des désignations stratigraphiques internationales, quelques termes régionaux sont cités.



instants représentés par les accidents individuels. En tenant compte de ces tendances, on n'interviendra pas dans le sens contraire aux forces de la nature, mais on pourra essayer de se mettre de leur côté pour profiter de leurs faveurs.

Examinant de cette façon le cadre naturel des glissements et tassements du Val-de-Travers, nous traiterons brièvement : l'origine et l'évolution du sous-sol rocheux, sa structure, le développement du relief et les conditions de dépôt des formations de remplissage. Les craies lacustres, matériaux particulièrement étudiés à Neuchâtel, nous semblent mériter un instant supplémentaire d'attention de la part des géotechniciens.

Les matériaux du sous-sol rocheux et leur origine

Pendant l'époque jurassique, notre région jouissait d'un climat chaud ; elle était couverte par une mer peu profonde à côtes très plates et souvent changeantes. Des sédiments, composés surtout de boues calcaires, de coquilles, de coraux et de leurs produits de Trituration, sables et suspensions calcaires, s'y déposaient. Ces matériaux en se solidifiant au cours des âges ont donné naissance aux calcaires dans lesquels les falaises du Jura sont coupées. Entre les étages calcaires, des séries argileuses et marneuses se sont déposées ; dans la topographie ces intercalations forment généralement des pentes plus douces. Elles fournissent les matériaux à d'importantes fabriques de ciment. Les roches marneuses et argileuses sont peu perméables à l'eau et forment ainsi des planchers sur lesquels les eaux d'infiltration se rassemblent. Cette alternance de couches calcaires, le plus souvent fissurées, et de ce fait très perméables, et de lits marneux et argileux imperméables, est l'un des facteurs les plus importants pour l'hydrologie de la région. C'est l'une des premières conditions pour l'installation des hydrographies carstiques successives qui caractérisent le Jura. La dissolution active des calcaires avec les

nombreux phénomènes qui les accompagnent, les tassements, les effondrements, les empoussier, les cavernes et grottes, la disparition des eaux et leur résurgence, les changements des points de sortie des sources et la dureté des eaux, tout cela est la suite de la formation d'une série de dépôts ayant pris naissance à une époque séparée de nous par un espace de temps de l'ordre de grandeur de 150 millions d'années. Sur ce premier groupe de facteurs vont se greffer plusieurs séries d'autres.

Nous ne voulons pas décrire en détail les avancées et les reculs de la mer du Jurassique et du Crétacé. Elle a abandonné notre région au Crétacé, il y a une cinquantaine de millions d'années. Une terre ferme s'installa sous un climat chaud, mais elle n'était pas montagneuse ; au contraire, c'était un pays tabulaire probablement situé à faible altitude. Une première topographie carstique y prit naissance. Les gouffres dus à la dissolution des calcaires furent remplis par des argiles résiduelles contenant des concrétions de minéraux de fer et, dans certains cas, des ossements, parfois par des sables de verrerie. L'étude des restes de squelettes permit de se faire une idée de la faune et des conditions sous lesquelles elle vivait. Les phénomènes de cette période, le Sidéolithique, ont un grand intérêt géotechnique, mais ne touchent pas directement les problèmes qui nous occupent en ce moment.

La mer revint au cours de l'ère tertiaire, et recouvrit, beaucoup plus tard et pendant un temps limité, notre région. Cet événement se place, comme ordre de grandeur, à une trentaine de millions d'années en arrière. Pendant l'intervalle, depuis le Crétacé, de grands changements sont intervenus dans la zone alpine : une chaîne de montagnes s'est élevée et elle fut aussitôt soumise à l'érosion. Le produit de cette destruction est la molasse. Les gros débris furent déposés près de leur source, par exemple dans le canton de Berne ; les matériaux plus fins furent transportés plus loin, de sorte que notre canton en a aussi un peu profité. Des matériaux sableux, argileux et marneux

se sont déposés sur la surface altérée de la série calcaire. Une grande partie de ces dépôts est plus ou moins imperméable, de sorte qu'ils forment, là où ils sont conservés, un couvercle étanche au-dessus de l'alternance de bancs calcaires et marneux.

Après cet épisode, la mer s'est retirée et elle n'est plus revenue dans nos contrées. La présence de lacs est attestée à plusieurs endroits par leurs dépôts. Les fossiles contenus dans ces sédiments, par exemple dans les craies lacustres du Locle, nous renseignent sur le caractère subtropical de la flore et de la faune de ce temps.

Nous arrivons ainsi à un nouveau groupe d'événements dont les traces se font sentir partout dans notre région.

Les structures

Ce groupe d'événements est représenté par les phases de plissement du Jura. Essayons de les situer dans le temps ; même si les estimations sont grossières, elles permettent néanmoins de se faire une idée des proportions chronologiques et des durées. Les mouvements enregistrés par les plis, les failles, les décrochements, les charriages et les soulèvements se répartissent grossièrement entre une dizaine de millions d'années en arrière, et, pour les dernières phases, de 150 000 à 200 000 ans. Un long espace de temps sépare donc l'époque de la formation des sédiments de celle où ils furent déformés. Cette différence chronologique a plusieurs conséquences, dont quelques-unes sont parfois négligées.

Les calcaires étaient solides lors du plissement des roches ; ils n'avaient pas la nature de boues, comme certaines explications le feraien supposer. Le paysage karstique du Sidéolithique déjà a rencontré les roches à un état d'évolution semblable à celui que nous rencontrons actuellement, avec des systèmes de fissures donnant accès aux eaux dissolvantes.

Dans les calcaires soumis à de multiples contraintes lors du plissement, une série d'autres fissurations se superposait aux anciennes,

de sorte que les roches sont cassées de beaucoup de manières. La fragmentation des couches calcaires est un des caractères importants du Jura plissé. Notre institut s'occupe depuis une quinzaine d'années des propriétés géométriques et mécaniques de cette fissuration. Il est possible de distinguer un certain nombre de types permettant de saisir, par leur combinaison, les variabilités du phénomène.

La fissuration n'est pas seulement un facteur important pour la stabilité et la forme des parois de rocher et par là pour l'évolution du paysage, mais aussi pour la circulation des eaux. Les fissures absorbent les eaux de surface et les conduisent jusqu'aux horizons

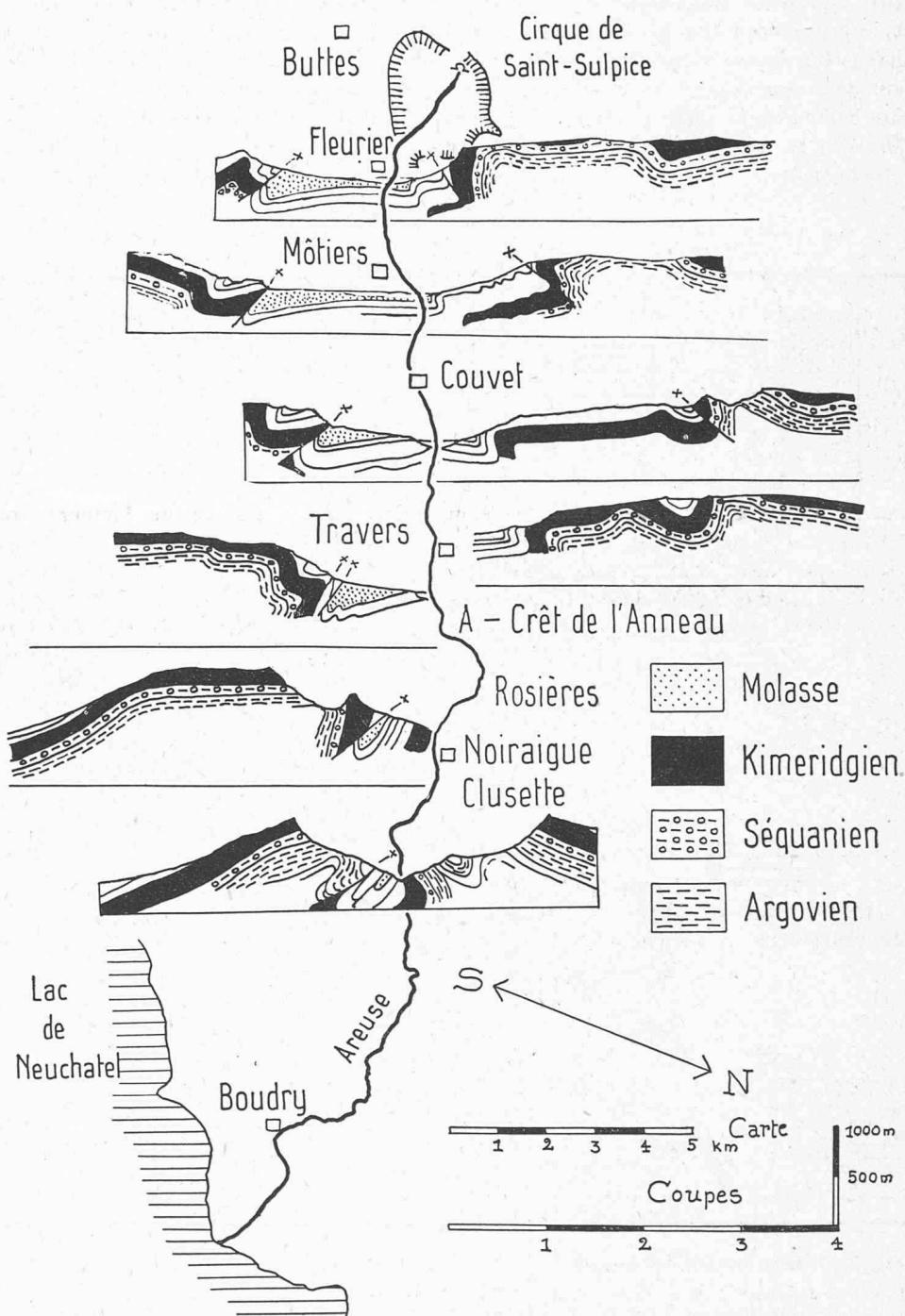


Fig. 2. — Schéma structural du Val-de-Travers.
Les coupes simplifiées sont placées dans une esquisse cartographique dont l'échelle est réduite à la moitié de celle des coupes.

imperméables. Leurs réseaux constituent dans certains bancs une surface interne très grande, permettant ainsi aux eaux d'attaquer et de dissoudre les calcaires à l'intérieur de la montagne et de créer des vides de plus en plus grands. Les eaux acquièrent de cette façon une dureté parfois élevée. Le professeur Schardt, notre prédécesseur, a calculé que les eaux de la source de l'Areuse enlevaient actuellement à l'intérieur de la montagne environ 9 600 m³ par an, ou presque 26 000 tonnes. La Noirague en dissout à peu près 3600 m³, ou plus de 9000 tonnes. Ces chiffres, bien qu'approximatifs, permettent de se faire une idée de la dissolution souterraine.

Un autre effet du plissement est la création d'un relief souterrain important des horizons perméables et imperméables. La genèse d'un relief de ce genre change fortement les gradients de l'écoulement souterrain par rapport à ce qu'ils étaient à l'état tabulaire. Une comparaison entre le régime des régions du Jura tabulaire et celui du Jura plissé le montre encore actuellement.

Le relief souterrain des couches de calcaires, de marnes et d'argiles n'est pas identique au relief topographique actuel. Il est utile de distinguer ces deux sortes de reliefs : a) le relief souterrain correspondant aux formes décrites par les couches à l'intérieur du socle rocheux, et b) le relief creusé par les agents extérieurs ; il se superpose au premier et évolue différemment.

Les deux sortes de relief se recoupent d'une façon souvent compliquée ; les lignes d'intersection des deux et les tendances de leur déplacement jouent un rôle important pour la physiographie, pour l'hydrologie et la géotechnique.

La région du Val-de-Travers fait partie du Jura plissé. La partie située entre Buttes et Travers correspond à un synclinal séparé du pays molassique par l'anticlinal du Chasseron - Creux-du-Van - Chaumont. Cet anticlinal est coupé par les gorges de l'Areuse. L'autre versant du synclinal a une structure plus compliquée. Les terrains les plus récents, la molasse, sont conservés dans le fond du synclinal.

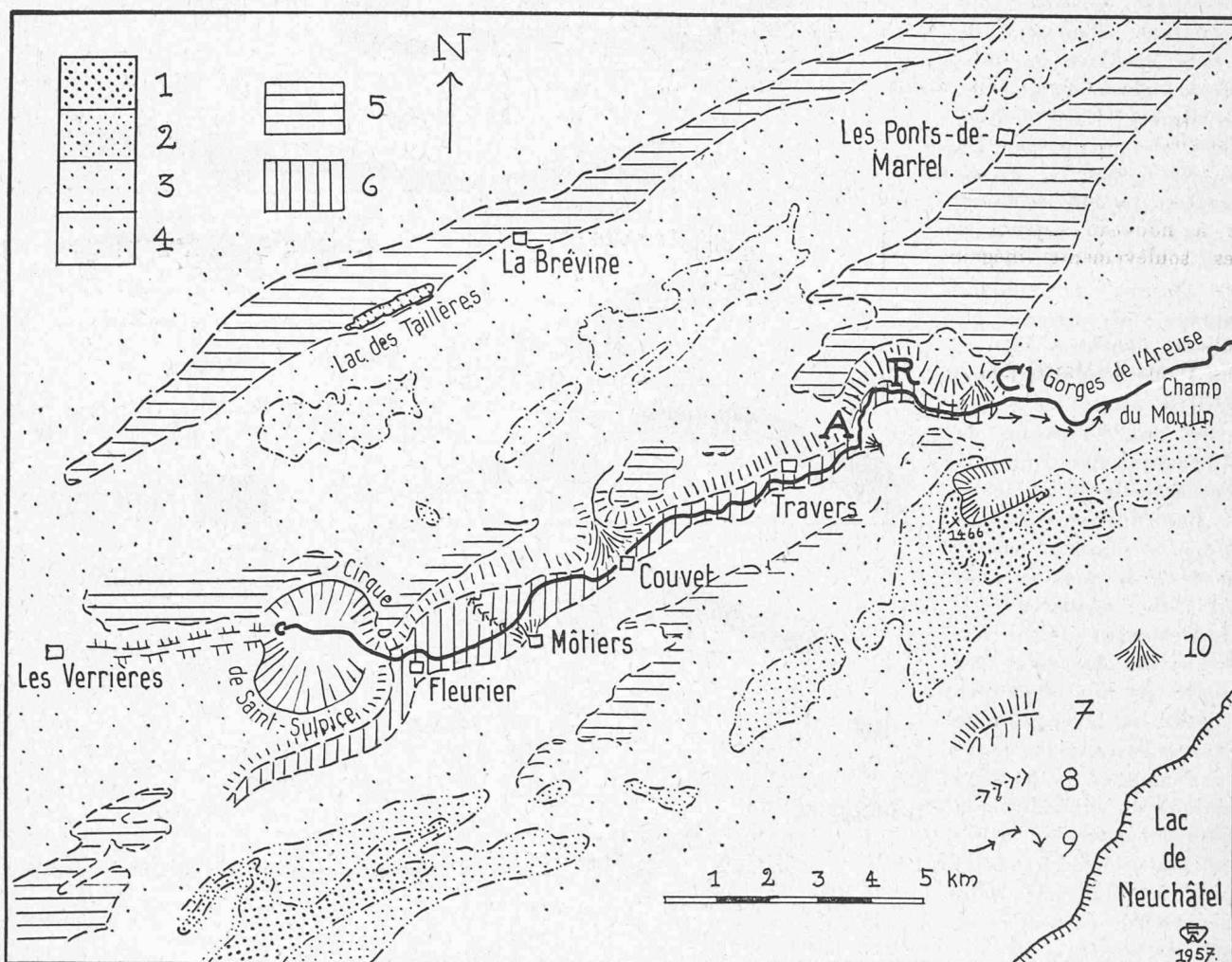


Fig. 3. — Distribution des formes du terrain dans la région du Val-de-Travers.

1. Reliefs dépassant 1400 m ; 2. dépassant 1300 m ; 3. dépassant 1200 m (au N. du Val-de-Travers).
4. Reliefs situés au-dessus des anciennes surfaces d'aplanissement ; 5. Surfaces d'aplanissement et anciens fonds de vallées (entre 1000 m et 1100 m au N. du Val-de-Travers, plus haut au S. de la vallée) ; 6. Palier du Val-de-Travers, coupé dans le paysage des anciens reliefs et surfaces.
7. Pentes entre les anciennes surfaces et les vallées plus récentes (vallées des Verrières, de Buttes et du Val-de-Travers). 8. Moraine de Môtiers-Boveresse.
9. Cours de l'Areuse antérieur à la dernière glaciation, rempli par des dépôts glaciaires et post-glaciaires. 10. Cônes de déjection.
- A = Crêt-de-l'Anneau. R = Rosières. Cl = Clusette.

La vallée actuelle ne coïncide pas sur tout son cours avec l'axe du synclinal. C'est seulement le cas entre Buttes et Travers. Tandis que la vallée se dirige au Crêt de l'Anneau vers Noirague, le synclinal passe par les Oéillons et les pentes de la Montagne de Boudry. A l'autre extrémité la vallée entame, en montant vers Noirvaux, l'anticlinal du Chasseron, tandis que le synclinal se dirige vers la Côte-aux-Fées. L'autre branche de la vallée, celle des sources de l'Areuse, a creusé le cirque de Saint-Sulpice en traversant l'anticlinal qui longe le Val-de-Travers au NW.

Le fond des vallées transversales, recouvrant les plis, est généralement plus incliné que les secteurs longitudinaux. Ce fait peut être masqué par des remplissages ultérieurs, comme c'est le cas dans la région de Noirague. Les secteurs transversaux jouent un rôle pour les voies de communication, pour l'hydrologie et la géotechnique.

Remarques sur la genèse du relief actuel

Les plissements du Jura se sont faits, pour ainsi dire, à ciel ouvert, c'est-à-dire qu'un relief prit naissance sur terre ferme. Les hauteurs furent tout de suite soumises à l'altération, mais l'érosion, guidée par les conditions du sous-sol, n'a pas pu agir partout de la même façon. Déjà avant la détérioration du climat, à la fin de l'ère tertiaire et avant les temps glaciaires, le relief fut, à plusieurs reprises, réduit à une topographie de collines et à nouveau rajeuni par des soulèvements inégaux. Les régions du haut Jura en montrent les traces. Les vallées de la Brévine et des Ponts-de-Martel-La Sagne représentent des exemples d'anciens fonds de vallées appartenant au bassin hydrographique de l'Areuse. Toutes les deux sont reliées au Val-de-Travers par un écoulement souterrain. Le bassin hydrographique effectif est donc passablement plus grand que le réseau d'écoulement superficiel. Les vallées à écoulement souterrain n'ont pas suivi l'abaissement général par érosion du réseau superficiel. Elles ont, de ce fait, conservé un des niveaux correspondant aux anciens fonds des vallées jurassiennes.

Le creusement des sillons profonds s'est fait à plusieurs reprises. La cadence de cet approfondissement est enregistrée par l'alternance des paliers et des parties à pente plus forte. On peut subdiviser la vallée

en un certain nombre de paliers dont on trouve des restes à flanc de coteau sur les deux bords du Val-de-Travers. L'un des mieux marqués est celui qui correspond aux vallées de la Brévine et des Ponts. On le retrouve près des Bayards et à La Côte-aux-Fées. Le vallon des Verrières est coupé dans ce niveau. Il est relié au Val-de-Travers par le cirque de Saint-Sulpice. Le palier de Buttes, Fleurier et jusqu'à Travers, situé entre 780 m et 730 m, est coupé dans les roches tendres de la molasse conservées dans le synclinal. Au Crêt-de-l'Anneau, la vallée quitte le synclinal et s'enfonce jusque dans le noyau de l'anticlinal de Solmont. Cette coupure a permis aux eaux souterraines, arrêtées par l'Argovien, de sortir en de nombreux points. La plus importante et spectaculaire est la source de la Noirague et ses orifices accessoires. Cette boucle de la vallée, entamant l'Argovien, a aussi créé la situation instable des Rosières, déclenchée lors du glissement.

A partir de Noirague, l'Areuse s'enfonce dans les gorges, passe un palier à Champ-du-Moulin (620 m) et arrive à Boudry (440 m) pour atteindre ensuite le lac.

Les divers paliers correspondent à des phases de creusement. Leurs effets, progressant d'aval en amont, tendent à égaliser le profil longitudinal. En réalité l'Areuse était probablement assez avancée sur cette voie en régularisant sa chute dans le secteur Travers-Champ-du-Moulin, mais ce cours fut remblayé par

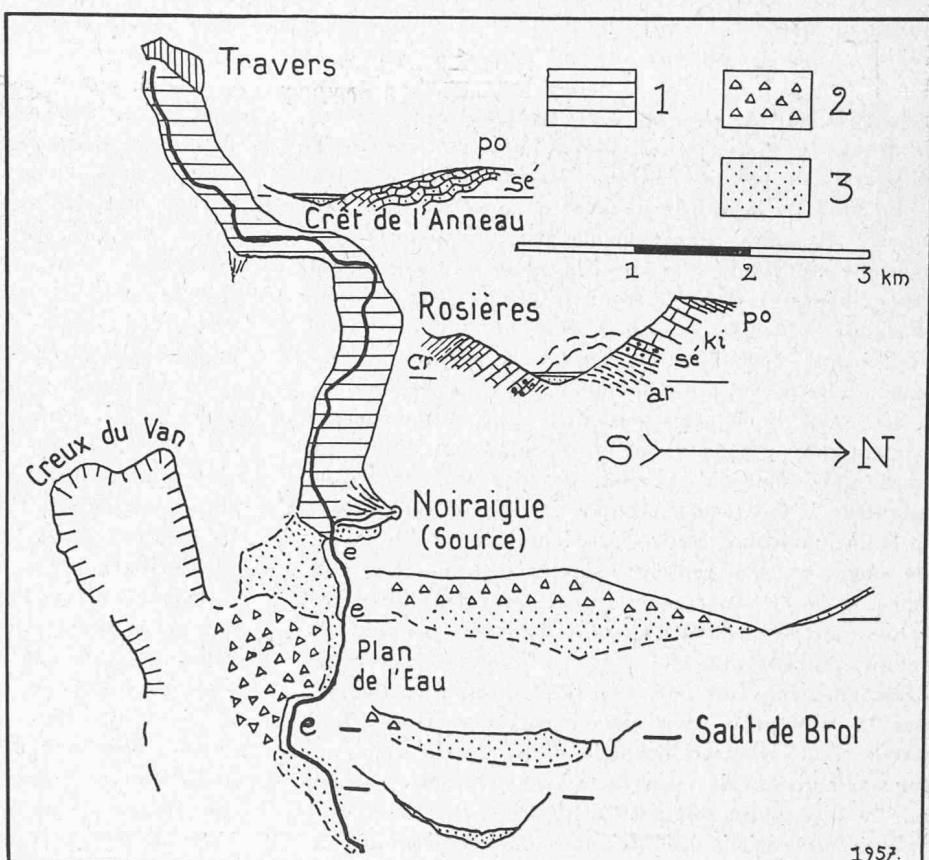


Fig. 4. — Esquisse montrant la distribution des terrains de remplissage du Val-de-Travers.
1. Craie lacustre ; 2. Eboulement ; 3. Terrains d'origine glaciaire. — Coupes à la même échelle que la carte ; niveau de référence : 700 m.
ar = Argovien ; sé = Séquanien ; ki = Kimeridgien ; po = Portlandien ; cr = Crétacé inférieur.
e = Secteurs où la vallée actuelle est coupée dans le sous-sol rocheux en dehors de l'ancienne vallée remplie par les dépôts glaciaires.

la suite et l'Areuse fut forcée de reprendre son activité et de creuser de nouveaux sillons. Pour comprendre ce nouvel épisode nous devons nous occuper des

Terrains glaciaires et postglaciaires

Lors de l'avant-dernière glaciation (du Rissien) le glacier du Rhône s'est avancé dans le pays molassique, a envahi les vallées du Jura et recouvert la région jusqu'à Pontarlier et à La Chaux-de-Fonds. Après sa retraite l'Areuse a creusé un profond sillon entre les environs de Travers et le palier de Champ-du-Moulin. Cette ancienne vallée, beaucoup plus profonde que la vallée actuelle, suit un tracé différent. Les travaux de captage d'eau potable ont permis de la localiser. L'ancienne vallée passe sous la colline située au SE de Noiraigue (Vers-chez-Joly, la Petite Joux) et sous la pente entre la Ferme Robert et l'Areuse. Les matériaux constituant ces éléments du paysage se sont donc mis en place assez tardivement.

La dernière glaciation (le Würmien) a de nouveau enseveli le pays molassique. Le niveau montant des glaces a d'abord barré les vallées jurassiennes et les a ensuite envahies en y déposant des matériaux transportés par les glaces et les eaux glaciaires, des moraines, des graviers, des sables et des argiles. La structure et la succession de ces dépôts sont assez compliquées dans le détail.

Le glacier würmien n'atteignit jamais les limites du Rissien ; il remplissait toutefois le Val-de-Travers jusqu'au haut du cirque de Saint-Sulpice, mais ne séjourna pas longtemps sur ces positions extrêmes. Un arrêt plus prolongé fut marqué sur la ligne Bovresse-Môtiers. Les eaux de fonte accumulèrent, devant le front du glacier, des graviers qui contiennent la nappe d'eau potable la plus importante du district.

Le fond de la vallée, en aval de cette position, fut tapissé et rendu imperméable par des placages de moraine de fond. D'autres matériaux imperméables furent déposés devant le front du glacier sous la forme d'argiles sableuses et rubannées. Le sillon profond creusé après le Rissien fut rempli par ces formations, mais on les trouve aussi ailleurs dans le Val-de-Travers.

Le recul du glacier eut une série d'importantes conséquences ; nous ne mentionnerons que celles qui nous intéressent directement. Les parois de la vallée, adaptées à être soutenues par les glaces remplies de la vallée, perdirent leur soutien lors du recul du glacier, de sorte que leur équilibre devint instable. Les glissements et les tassements furent ainsi préparés. Certaines parties instables se sont écroulées pendant les temps préhistoriques, d'autres attendent encore un déclenchement. Une partie a été fixée superficiellement par la végétation. Les glissements des pentes font partie de l'évolution normale d'une vallée qui s'enfonce. Beaucoup de tensions naissent et sont résorbées par la suite, parce que petit à petit les matériaux sont enlevés superficiellement. D'autres peuvent être déclenchés par des événements de peu d'importance.

L'histoire du Val-de-Travers diffère de l'évolution générale des vallées par plusieurs points importants : un sillon profond, en train de normaliser son profil longitudinal, fut barré par une masse venant de l'aval et rempli par des matériaux meubles. Ce fait est caractéristique pour la situation des Rosières et du Crêt-de-l'Anneau. Les pentes sont celles d'une vallée profonde à méandres encaissés. Le Crêt-de-l'Anneau est situé sur un promontoire, les Rosières font partie de la courbure concave de l'ancien méandre de la vallée en forme de V. Le fond plat actuel correspond aux remplissages tardifs dans lesquels l'Areuse a de nouveau creusé un sillon de quelques mètres de profondeur. Nous ne voulons pas entrer dans les détails, puisqu'ils seront exposés par le professeur Haefeli.

Le barrage de Noiraigue eut encore un autre effet : les eaux de l'Areuse formaient un lac. Celui-ci n'était pas important au point de vue hydrographique ; mais ses effets eurent des conséquences non négligeables. La charge des affluents y fut déposée, souvent d'une façon rythmique, mais les troubles de l'Areuse n'arrivaient pas toujours dans la partie aval. Un autre dépôt s'y est formé, *la craie lacustre*.

La craie lacustre

La craie lacustre du Val-de-Travers se présente sous la forme d'une masse blanchâtre, parfois un peu colorée, ayant à l'état humide une consistance de fromage. En perdant son eau, par exemple à la surface, elle devient grumeleuse, friable ou terreuse, et peut parfois former des croûtes qui se brisent avec une cassure assez nette. Elle contient souvent des restes de végétaux, des coquilles et des concrétions. Les constituants majeurs sont : de petits cristaux de calcite baignant dans une solution interstitielle aqueuse saturée de bicarbonate de calcium. Des minéraux argileux, des grains de quartz et des substances organiques présentent un pourcentage variable. C'est donc, en tout cas dans les grandes lignes, un système physico-chimique simple, mais ses propriétés sont parfois étonnantes.

Pour étudier l'histoire naturelle de la craie lacustre, il est utile de considérer les différentes phases de son évolution depuis sa formation jusqu'au stade où elle forme une roche plus ou moins solide. La région de Neuchâtel fournit une série de gisements de divers âges, ce qui nous a incité, depuis une quinzaine d'années, à en étudier la genèse, les propriétés changeantes au cours de son vieillissement et les facteurs qui les déterminent. La vitesse de cristallisation et de sédimentation joue un rôle important pour les propriétés physiques du dépôt. Elle dépend à son tour d'une série de facteurs, parmi lesquels les variations de dureté et les oscillations de la température de l'eau sont les plus importants. Pour un examen plus approfondi il faut poursuivre et subdiviser ces facteurs. Pour s'en faire une idée on peut s'adresser aux sédiments en train de se former actuellement dans les lacs de Neuchâtel et de Bienné.

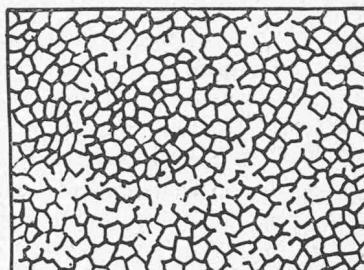
Les eaux arrivant dans le lac de Neuchâtel sont généralement chargées de bicarbonate en solution et de calcaire en suspension. En séjournant dans le lac, elles perdent presque la moitié de leur dureté. Cette circonstance permet de suivre le processus de précipitation qui subit des changements saisonniers importants. Les quantités précipitées dans le lac de Neuchâtel par an furent déterminées à l'aide de quatre méthodes indépendantes ; elles sont de 0,7 mm ± 0,3 mm (cf. Portner, Claude : « La formation du

sédiment calcaire du lac de Neuchâtel ». Thèse. Neuchâtel, 1951, p. 28). La précipitation calcaire n'est du reste qu'un stade transitoire dans la vie d'un lac.

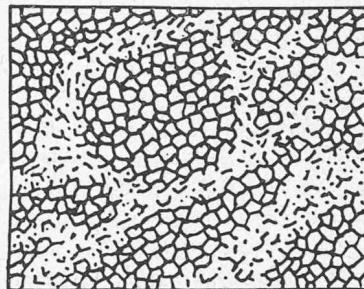
Le lac du Val-de-Travers, recevant de l'eau dure et subissant de fortes variations saisonnières de température, a fourni d'abondants précipités calcaires. Son dépôt a interféré avec les apports des troubles les plus fins. Le mode de précipitation des carbonates, leur mélange avec les minéraux argileux et en partie aussi avec de la silice hydratée provenant des restes de diatomées, déterminent le pouvoir de rétention d'eau du sédiment, qui est une des propriétés essentielles pour les études géotechniques, surtout pour la thixotropie. Nous avons en son temps émis l'hypothèse que les cristaux de calcite précipités pour former la craie lacustre avaient des formes aciculaires ou squelettiques, un peu à la manière des cristaux de neige. Cette hypothèse rend, pour le moment, le mieux compte des multiples propriétés du système calcite/solution interstitielle saturée de bicarbonate, et en particulier de la thixotropie. Les formes aciculaires ou squelettiques arrangées en structures très lâches (ce que l'on appelle en allemand « sperrig ») permettent à la masse de retenir dans les pores de grandes quantités de solution interstitielle. Des expériences ont montré que cette dernière n'est pas liée par couches distinctes à la surface des cristaux, comme c'est le cas pour de nombreux minéraux argileux par exemple. Des chocs ou une charge trop forte peuvent briser quelques-uns des cristaux aciculaires ou squelettiques ce qui augmente la charge des autres, de sorte que l'ensemble de l'armature cristalline dans un certain espace peut s'effondrer à partir de quelques foyers. Les débris baignent dans la solution interstitielle et le tout devient coulant. Une période de repos régénère les liaisons et cicatrice l'armature cristalline à partir de la solution saturée.

Les pores sont généralement de très petites dimensions. Les expériences de séchage montrent qu'ils forment d'abord un réseau, mais que les communications deviennent plus difficiles avec le vieillissement. La craie du Locle, formée il y a une dizaine de millions d'années, contient encore plus de 40 % d'eau en moyenne ; celle du Val-de-Travers peut dépasser les 70 %. Le pourcentage de solution interstitielle diminue plus rapidement, si le niveau des eaux dans les terrains environnants baisse ou si la craie est soumise à des pressions, soit sous son propre poids, soit sous la charge de matériaux posés sur la surface. Les craies lacustres déposées sur l'isthme de l'île de Saint-Pierre, il y a une centaine d'années (avant l'abaissement des eaux du Jura), montrent bien ce phénomène.

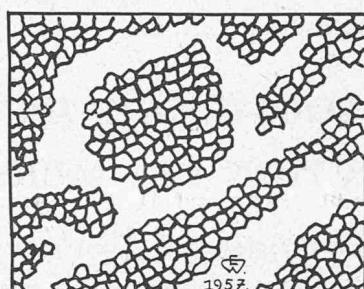
Les différentes couches superposées dans une série de craies lacustres n'ont généralement pas tout à fait la même composition, ni la même structure, et par là pas le même contenu en eau. Une colonne naturelle contient de ce fait toujours des lits particulièrement riches en eau. Ces lits forment des planchers mobiles sensibles aux changements d'équilibre. Des glissements se produisent fréquemment. Les couches voisines se brisent lors du mouvement, les parties mobiles s'introduisent entre les fragments et des zones de brèches prennent ainsi naissance. Ces zones bréchoïdes enregistrent les anciens glissements. On en a



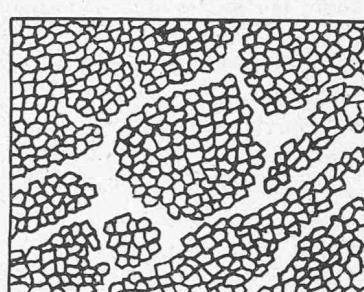
1. Structure submicroscopique floconneuse ; en noir = éponge de cristaux aciculaires de calcite ; en blanc = l'eau interstitielle. La structure montre des lacunes, qui constituent des endroits faibles.



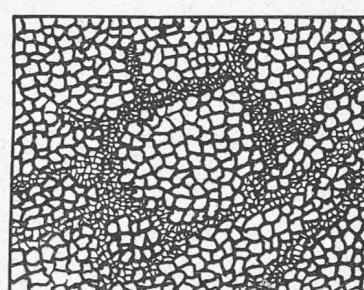
2. Sous l'influence d'une charge plus forte, d'une secousse ou d'une vibration, la structure s'effondre à partir des zones faibles ; les couches de mouvement se remplissent de fragments de toute grandeur nageant dans l'eau saturée.



3. Seules les parties plus ou moins intactes sont représentées.



4. Les flocons se tassent en expulsant de l'eau chargée de menus fragments ; d'autres débris restent dans les lacunes entre les flocons formant les centres de cristallisation lors du repos.



5. La calcite se regroupe en un réseau de cristaux, soit plus fins soit plus grossiers, en constituant une structure plus serrée contenant moins d'eau. Différents cas de regroupement semblent être réalisés dans la nature.

Fig. 5. — Modèle hypothétique de la structure submicroscopique de la craie lacustre et de son évolution.

observé de nombreux exemples dans les craies lacustres du Locle et dans d'autres calcaires du Jura. Des glissements se produisent donc souvent lors du développement naturel, sans l'intervention de l'homme. Une grande prudence est nécessaire quand il s'agit de construire sur des terrains dans lesquels la nature a employé des craies lacustres. Espérons que les praticiens auront, mieux que par le passé, l'occasion de profiter des expériences et des connaissances accumulées par la géologie et la sédimentologie.

Epilogue

L'histoire géologique du Val-de-Travers nous révèle les tendances générales de son évolution. Elle ne nous montre pas la région dans un état de repos d'où les travaux des ponts et chaussées l'auraient réveillée, mais elle nous la fait voir en train de se transformer obéissant à des gradients séculaires changeant d'une époque à l'autre. Un certain nombre de situations instables se sont conservées, d'autres sont en train de se créer. Sur le développement plus ou moins normal de la vallée se sont greffés les événements des temps glaciaires et postglaciaires, préparant des conditions spéciales, instables à un degré supérieur par rapport à celles de l'évolution normale. En schématisant les

cas d'une façon peut-être un peu exagérée, on pourrait proposer la classification suivante :

a) instabilité des pentes créée par l'interférence du relief souterrain et du relief subaérien très actif : Clusette, les Rosières, la Doux et autres glissements, plus anciens, de la région du Creux-du-Van, de Fleurier et de Buttes ;

b) instabilité des surfaces planes créée par la nature des sédiments de remplissage récent peu évolués et contenant encore beaucoup d'eau : Crêt-de-l'Anneau, Couvet et glissements de moindre importance le long de l'Areuse.

L'accident des Rosières présente une combinaison en ce sens que la masse glissante représente la charge supplémentaire mettant en mouvement le mécanisme thixotropique des craies lacustres.

L'histoire de la région nous apprend à distinguer entre les caractères innés et les prédispositions constitutionnelles d'une part, et d'autre part les dangers apparaissant au cours de l'évolution. L'interférence des deux peut donner lieu à des situations particulièrement instables. L'histoire peut nous donner quelques conseils d'hygiène. Celui qui veut la pratiquer, c'est-à-dire prévenir, doit vouer au moins autant d'attention à la constitution de l'individu et aux situations pouvant créer des accidents qu'aux accidents survenus et aux opérations qui y remèdent.

624.1 (u94.433)

REPRISE EN SOUS-ŒUVRE DU PONT DE TRAVERS ET CONSTRUCTION DES MURS DE BERGE¹

par D. BONNARD, ingénieur, professeur à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne
et P. SCHINZ, ingénieur-adjoint au Département des travaux publics, Neuchâtel

Parmi les problèmes posés par les travaux de correction de l'Areuse, celui de la traversée du village de Travers était l'un des plus délicats. Le profil en long de la rivière avant correction était le suivant : à une pente de 1,6 % depuis Couvet succédait un palier d'environ 700 m à l'ouest du pont. A l'est, jusqu'à Noirague, sur 6 km, la pente moyenne était de 0,4 %. Aucune correction importante n'était prévue dans ce tronçon, la pente ne pouvant être améliorée par suite de l'existence d'un barrage d'une concession hydraulique à l'aval de Noirague. Par contre, il était nécessaire d'améliorer les conditions d'écoulement à Travers même, pour réaliser les abaissements nécessaires du plan d'eau en temps de crue et permettre l'écoulement des pointes des crues. Celles-ci sont

en effet augmentées de 10 à 15 % par la suppression du bassin de compensation que formait la zone d'inondation de 250 ha à l'amont.

A Travers, le gros obstacle était constitué par un beau pont en pierre à quatre ouvertures, construit au XVII^e siècle, et par le barrage d'une concession hydraulique. Cette dernière fut rachetée par l'Etat en 1951.

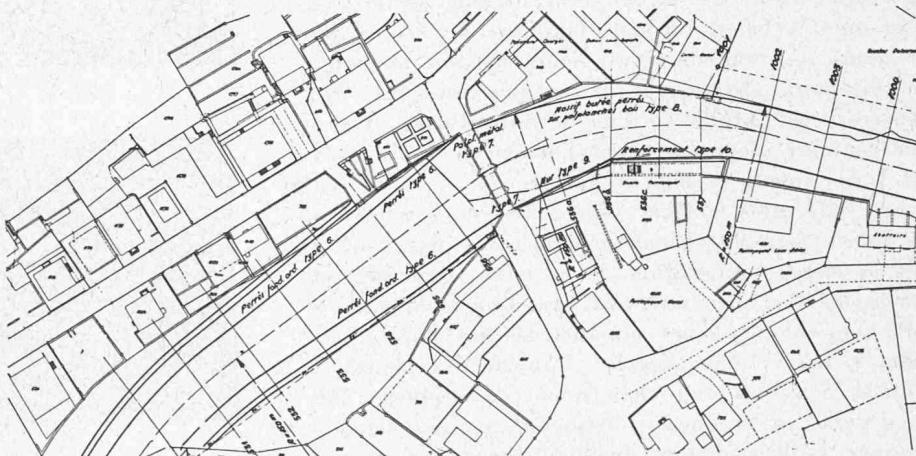


Fig. 1. — Situation de l'Areuse à Travers. Echelle 1 : 2500.
L'Areuse coule de gauche à droite.

¹ Adaptation à la publication de deux exposés faits à Neuchâtel, le 26 avril 1957, lors de l'assemblée de la Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondation.