

Etude structurale du Léman par sismique réflexion continue

Autor(en): **Vernet, Jean-Pierre / Horn, Robert / Badoux, Héli**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **67 (1974)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-164304>

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.

Etude structurale du Léman par sismique réflexion continue

Par JEAN-PIERRE VERNET¹⁾, ROBERT HORN²⁾, HÉLI BADOUX³⁾ et GEORGES SCOLARI⁴⁾

ABSTRACT

The French–Swiss group for the study of the geological environment of “Lake Geneva”, GEOLEM, has completed 1,500 km of seismic profiling by continuous reflection. The results of this survey are the object of the following note.

Slip faults observed in the Jura mountains such as the great Pontarlier fault, and the slip planes between wedges of the subalpine molasse, could be followed into the lake and they constitute the most important structural features. The trough of the lake is cut into the molassic formations and at its deepest point is 300 m below sea level. Lake Geneva was formed by subsequent glacial action.

The base of the sedimentary sequence filling this trough is a moraine with a maximum thickness of 175 m. This moraine is overlain by glacial-lacustrine and lacustrine sediments varying in thickness from 10 to 20 m. In the delta of the Rhône these sediments reach a maximum thickness of 350 m.

Sediments from talus slides and turbidity currents have also been identified.

1. Introduction

En 1971, un premier travail a été publié dans ce même bulletin (VERNET & HORN 1971). L'étude était alors limitée au Petit Lac, c'est-à-dire à la partie occidentale, étroite et peu profonde du Léman. Il s'agissait d'une campagne de sismique réflexion continue effectuée par GEOLEM⁵⁾ en 1970, représentant environ 400 km de profils. Lors de la deuxième campagne (1971) plus de 1100 km de profils ont été réalisés dans le Grand Lac, avec quelques profils complémentaires dans le Petit Lac (pl. I). Les auteurs sont donc à même de publier une étude structurale de l'ensemble du Léman.

¹⁾ Laboratoire de sédimentologie et de limnogéologie, Université de Genève, 13, rue des Maraîchers, 1211 Genève 4 (Suisse).

²⁾ Dépt. de méthodologie de la prospection, B.R.G.M./Service géologique national, B.P. 6009, 45018 Orléans (France).

³⁾ Institut de Géologie, Université de Lausanne, Palais de Rumine, 1005 Lausanne (Suisse).

⁴⁾ Dépt. de géologie marine, B.R.G.M./Service géologique national, B.P. 6009, 45018 Orléans (France).

⁵⁾ Groupe pour l'étude de l'environnement géologique du Léman et de la pollution des sédiments, formé du Service géologique national du B.R.G.M. (France) et du Laboratoire de Sédimentologie et de Limnogéologie de l'Université de Genève.

2. Appareillage de sismique continue utilisé

Si la méthode est la même que celle décrite précédemment (VERNET & HORN 1971), l'appareillage utilisé dans la campagne 1971 comprend: boomer et somahr 1000 joules, sondeur à sédiments 5 Kc.

3. Observations et interprétations des enregistrements

Dans la zone sablo-graveleuse du delta du Rhône, il n'a pas été possible d'obtenir des réflexions profondes, les sables et graviers étant trop épais pour pouvoir être traversés. Il en résulte une zone blanche sur les cartes dans la région amont et centrale du delta (pl. III-VI).

Dans le delta de la Drance, on observe aussi une zone aveugle qui est due à l'hétérogénéité et au manque de cohésion des matériaux apportés par la rivière.

4. Les différentes unités stratigraphiques

4.1 *Le substratum*

Le Léman se situe dans le vaste synclinorium molassique qui sépare les Alpes du Jura. Les formations molassiques tendres sont d'âge oligo-miocène et se subdivisent en molasse subalpine ou allochtone à l'est et au front des Préalpes et en molasse du Plateau ou autochtone à l'ouest. Les formations des Préalpes ne constituent que des affleurements très localisés au sommet des talus de la cuvette lémanique, dans la partie amont du lac.

4.2 *Les formations glaciaires*

Dans le bassin du Léman, seules les deux dernières glaciations, celles du Riss et du Würm, ont laissé des dépôts connus. Il n'est cependant pas exclu que les glaciations qui les ont précédées aient abandonné des sédiments dans les zones les plus profondes du sillon lémanique, et seul un forage profond permettrait de trancher la question.

Des horizons séparant les dépôts morainiques ont été mis en évidence par sismique. Ainsi dans le Petit Lac, les mesures ont localisé par endroits un miroir (VERNET & HORN 1971, p. 304) alors que dans le Grand Lac on en observe couramment deux (VERNET & HORN 1971, p. 305) et parfois même trois (fig. 4).

Si l'on peut logiquement supposer la présence des moraines du Riss et du Würm dans le Petit Lac, on constate en amont, dans le Grand Lac, une subdivision plus complexe des dépôts morainiques dont l'interprétation reste hypothétique. En effet, on peut attribuer ces horizons soit à des interglaciaires, soit à des interstadias, soit enfin à des plans séparant des paquets glissés. Dans le premier cas l'on aurait une superposition de moraines de deux, trois et localement même de quatre glaciations alors qu'avec les autres hypothèses ces dépôts morainiques peuvent être rapportés à une comme à plusieurs glaciations (fig. 4 et 5). Nous n'avons aucun argument pour trancher en faveur de l'une ou l'autre de ces interprétations, mais nous nous devons de rappeler ici que sur terre seules des moraines du Riss et du Würm sont connues dans le bassin lémanique. Ces dernières affleurent d'ailleurs par basses eaux sur la rive gauche du Petit Lac dans la région d'Hermance.

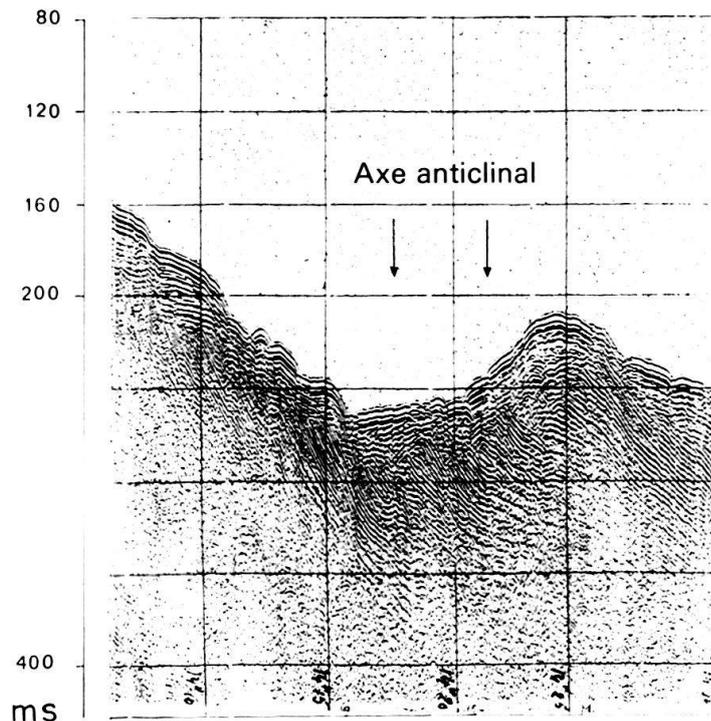


Fig. 1. Passage de l'«axe anticlinal» au large de Lausanne. Pendages dans la molasse du substratum et absence de dépôts morainiques.

La répartition et l'épaisseur des formations glaciaires, interstadières ou interglaciaires sont en revanche maintenant bien connues (pl. IV):

- dans le Petit Lac, la moraine est présente dans l'axe de la vallée synclinale et son épaisseur maximale est de l'ordre de 100 m;
- dans le Grand Lac, la moraine est absente sur la côte suisse, sauf dans la région du golfe de Morges, à Buchillon et au large entre Cully et Vevey. C'est le résultat de l'érosion de la langue du glacier qui, débouchant en direction du NNW de la vallée du Rhône, s'incurve en direction de l'ouest, puis de l'WSW. L'érosion du substratum se situe essentiellement à l'extérieur de ce grand arc de cercle (fig. 2).

Sur la rive française, la moraine est absente entre St-Gingolph et Meillerie, partout ailleurs elle est d'épaisseur très variable. A l'est d'Evian, on observe une accumulation morainique de 150 m de puissance dans le thalweg d'une ancienne vallée taillée dans le substratum molassique. Cette vallée d'axe SSW-NNE, se poursuit à terre au SE d'Evian où des forages⁶⁾ ont atteint le toit de la Molasse rouge à des cotes variant entre + 125 m et + 156 m. Dans l'axe de la vallée du Grand Lac, l'épaisseur des formations glaciaires passe de 100 m environ à l'amont, à plus de 150 m au large de Thonon. Dans la partie centrale du lac existe un véritable colmatage du relief préglaciaire par la moraine (fig. 4).

4.3 Les sédiments glacio-lacustres et lacustres

Il y a environ 14000 à 15000 ans, le glacier du Rhône en fusion libérait progressivement la cuvette lémanique et ses abords immédiats. C'est de cette époque que datent les premiers sédiments glacio-lacustres du Léman dont l'importance dans le

⁶⁾ Rapport interne B.R.G.M.

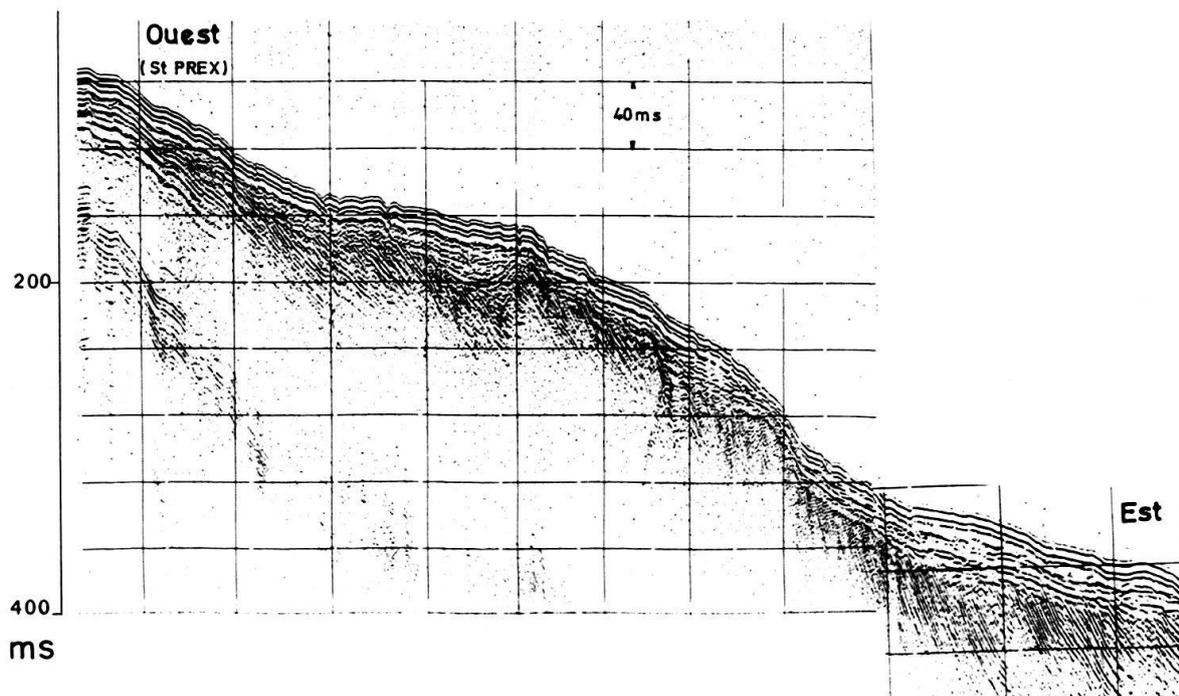


Fig. 2. Molasse avec pendages recouverte par les sédiments lacustres, absence de dépôts morainiques.

Petit Lac a été signalée pour la première fois par JOUKOWSKI & BUFFLE (1938). Rappelons simplement ici que ce sont des sédiments qui se déposent sous un glacier flottant ou au voisinage de l'extrémité de sa langue. Ils ont donc un caractère mixte entre la moraine et les sédiments lacustres classiques et ceci se traduit par une série de réflecteurs faibles et discontinus.

Lors de l'étude du Petit Lac, nous avons montré qu'ils étaient localisés au centre du thalweg et que leur épaisseur était au maximum de 20 m (VERNET & HORN 1971). Ils n'ont pas été retrouvés dans les enregistrements sismiques de Grand Lac. On admet à la suite des travaux de FREYMOND (1971) que le glacier du Rhône se trouvait à l'Alleröd aux environs de Villeneuve. Il aurait donc mis de 2000 à 3000 ans pour dégager la cuvette lémanique, ce qui fait que les sédiments glacio-lacustres, pour autant qu'on les retrouve partout, ne peuvent avoir le même âge: ils seront plus jeunes en amont qu'en aval.

Les sédiments lacustres, sensu lato, du Grand Lac présentent une répartition en deux régions fort différentes (pl. III):

- à l'ouest d'une transversale Lausanne-Thonon ils forment une couche peu épaisse variant entre 5 et 10 m et atteignent exceptionnellement 20 m ou plus.
- à l'est de la ligne Lausanne-Thonon l'épaisseur est maximum au centre du thalweg, dans l'axe de la vallée pré-glaciaire. Elle atteint 350 m au large de St-Gingolph, et diminue rapidement d'amont en aval pour atteindre 50 m au large d'Evian. Elle diminue aussi rapidement en allant du centre vers les bords du thalweg et, au voisinage des rives, elle fluctue entre 0 et 10 m.

Le dépôt de ces sédiments lacustres achève le colmatage du relief pré-glaciaire et à l'exception des rives, notamment de la rive suisse, la morphologie actuelle ne traduit plus la morphologie ancienne.

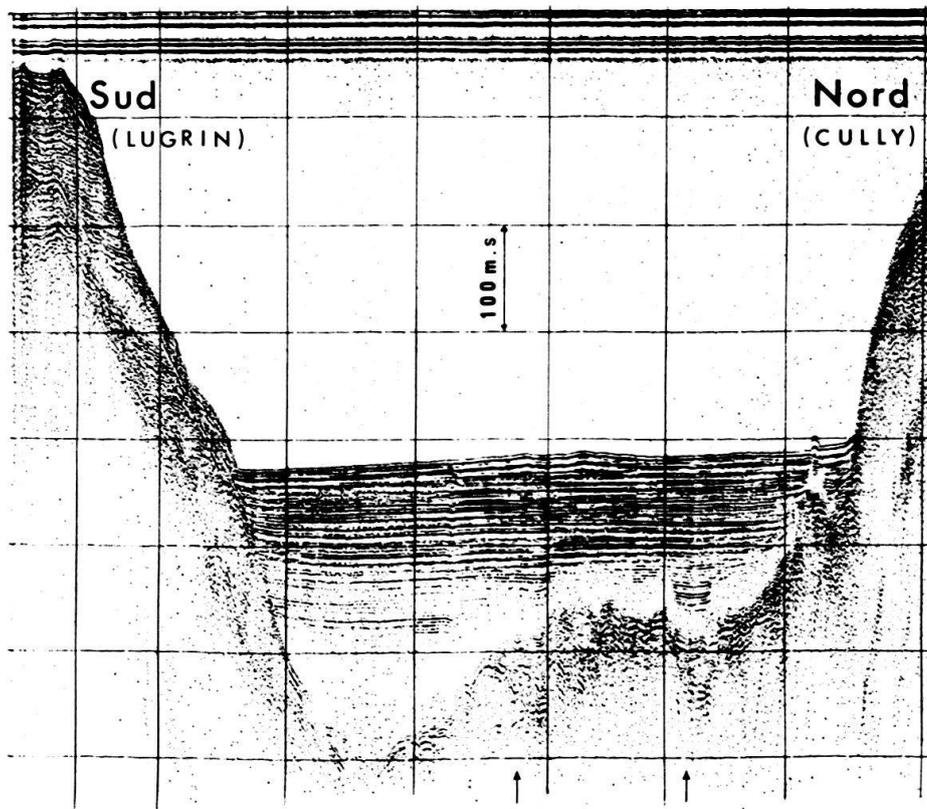
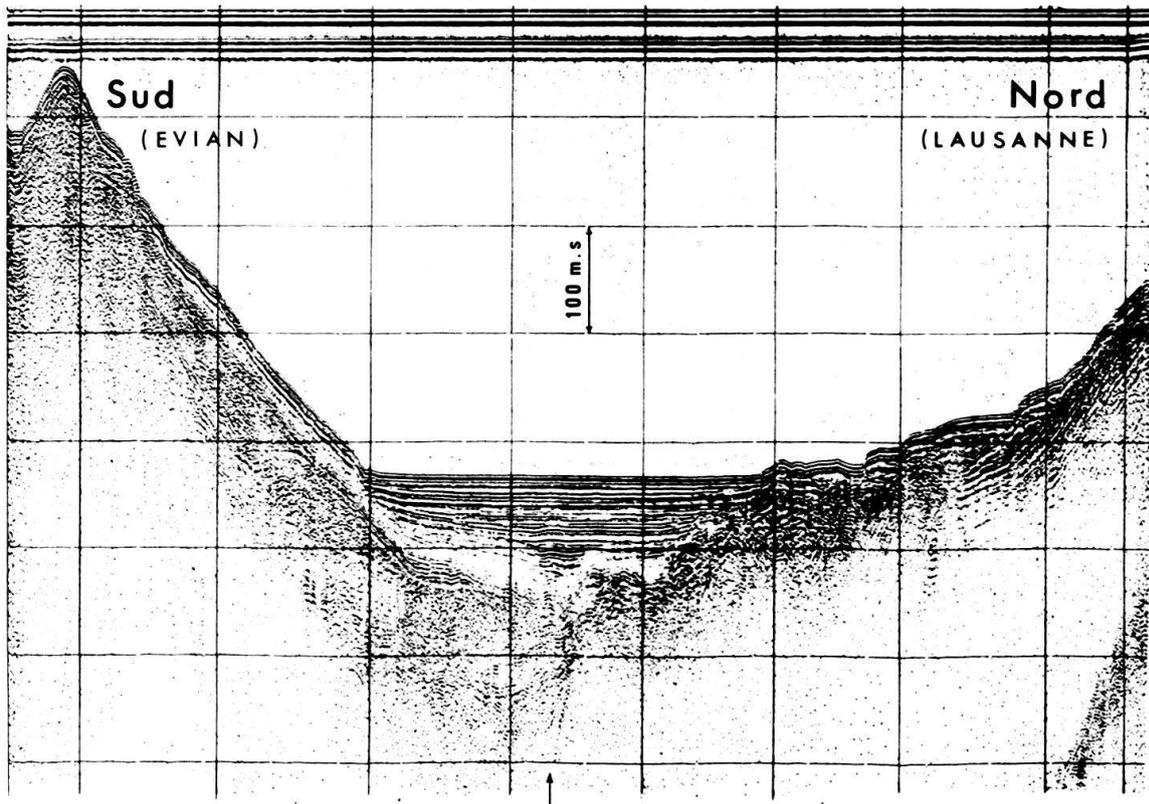


Fig. 3. Coupes transverses montrant la plaine centrale, ses sédiments lacustres et son remplissage morainique. Anciens canyons dans la moraine (↑).

5. Tectonique et structure profonde du Léman

Dans une précédente note (VERNET & HORN 1971), nous avons vu que le Petit Lac représente une entité structurale de Genève à l'embouchure de l'Aubonne et qu'il occupe un synclinal molassique faillé longitudinalement affecté de décrochements transversaux liés à ceux du Jura. Ces observations confirmaient et complétaient celles faites par RIGASSI (1957), LOMBARD & CUÉNOD (1965) et AMBERGER (1971, 1973) dans la région genevoise.

Les résultats de la campagne de 1971 prouvent l'exactitude de l'hypothèse émise dans la note précédente (VERNET & HORN 1971) c'est-à-dire que le grand décrochement de Pontarlier-Vallorbe (fig. 6), qui traverse toute la chaîne jurassienne, se prolonge par la basse vallée de l'Aubonne et pénètre dans le Léman à l'est du delta de l'Aubonne. Il s'incurve alors vers le SE en direction d'Evian, mais s'estompe au large du delta de la Drance (pl. VII).

Entre Buchillon et Morges la molasse est nettement isoclinale (fig. 2) et il est très probable que l'anticlinal de Morges soit le prolongement, ramené vers le NE par le décrochement de Pontarlier-Vallorbe, de l'anticlinal d'Yvoire.

L'anticlinal de Morges est relayé au SE par le synclinal de la Venoge puis par l'anticlinal de St-Sulpice, déjà signalés à terre par l'un des auteurs (VERNET 1956, 1972). Ces structures se suivent sur plusieurs kilomètres au large de la rive suisse puis s'effacent progressivement.

Au large de Lausanne apparaissent deux plans de chevauchements parallèles distants de 1 à 2 km et de direction NE-SW. Ils représentent la structure appelée «axe anticlinal» qui marque la limite W du chevauchement de la molasse subalpine sur la molasse autochtone du Plateau (fig. 1). L'un de ces plans de chevauchement se poursuit en s'incurvant jusqu'au large de l'embouchure de la Drance. Il faut donc modifier le schéma proposé par MEYBECK (1971), OLIVE (1972) et JAMIER et al. (1974) qui prolongeaient cette limite jusque et au-delà d'Excenevex.

Cette structure de l'axe anticlinal est relayé vers l'E par un nouveau plan de chevauchement, plus interne, qui affecte la Molasse à charbon de l'Ecaille de Belmont-Oron. Ce plan pénètre dans le lac à Pully pour disparaître à mi-lac.

Un dernier plan de chevauchement sépare l'Ecaille de la Molasse à charbon de Belmont-Oron de celle de la Molasse rouge de Lutry-Grattavache et traverse tout le lac de Lutry à Evian. SERRUYA (1967, 1969) admettait l'existence d'une dorsale Pully-Evian marquant la limite entre la molasse subalpine et la molasse autochtone. Bien que disposant de beaucoup moins de profils sismiques, SERRUYA (1969) avait donc détecté cet accident mais l'avait mal interprété.

En amont de ce dernier grand plan de chevauchement Evian-Lutry on n'observe plus que des limites entre des formations molassiques de natures différentes tels que: les grès de la Cornallaz, les poudingues du Mont-Pèlerin et la Molasse rouge de la Veveyse. Ces limites ne peuvent pas être suivies à plus de quelques kilomètres de la côte suisse. La succession des écailles de la molasse subalpine proposée par RITTER (1924) est donc confirmée dans ses grandes lignes.

Finalement, toujours sur rive suisse, une dernière limite sans chevauchement visible sépare la Molasse rouge de sa couverture préalpine. Du fait de l'opacité des formations deltaïques du Rhône, cette limite ne peut guère être précisée. En accord

Temps double en ms

S

N

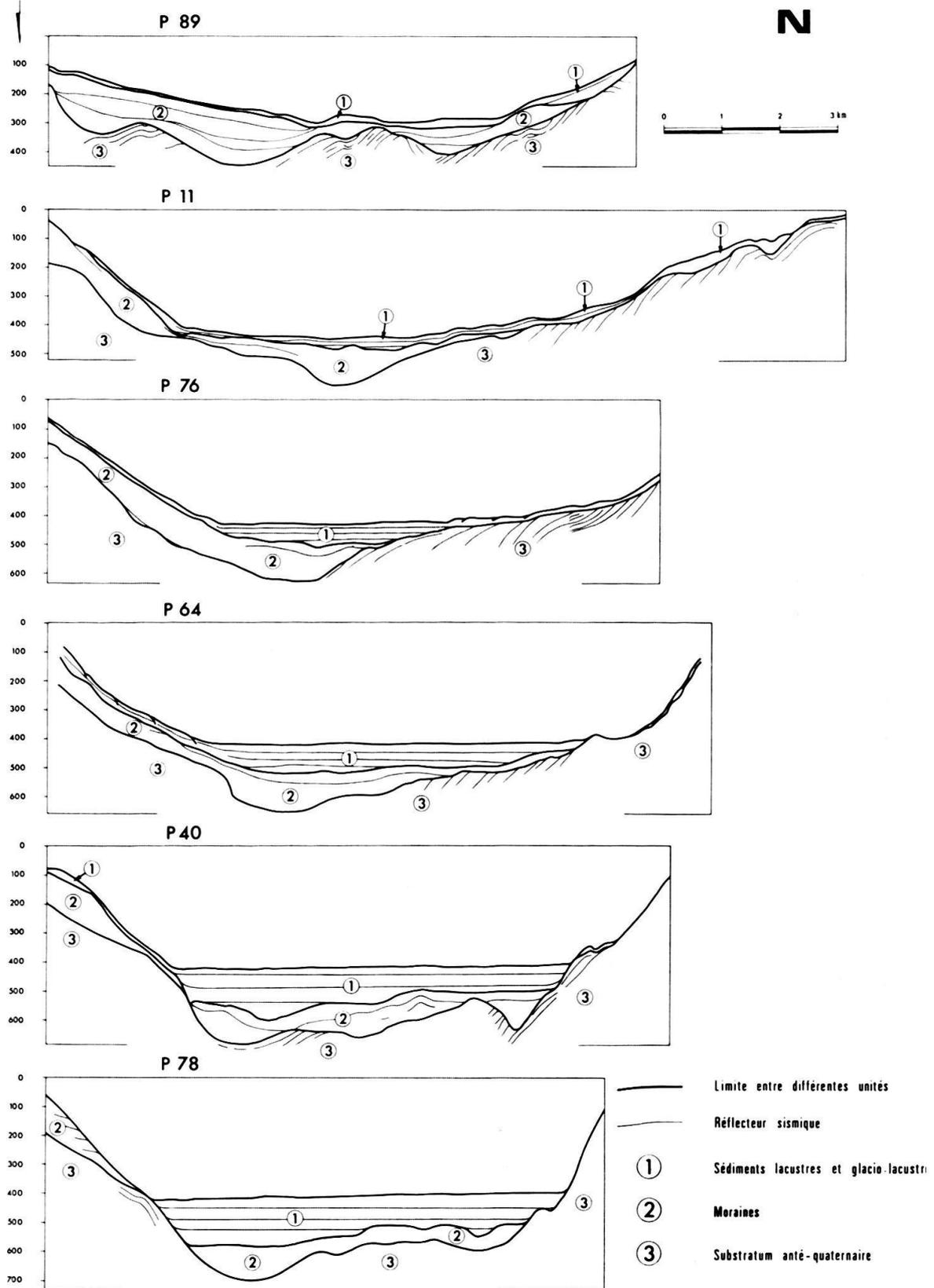


Fig. 4. Coupes temps: profils transversaux.

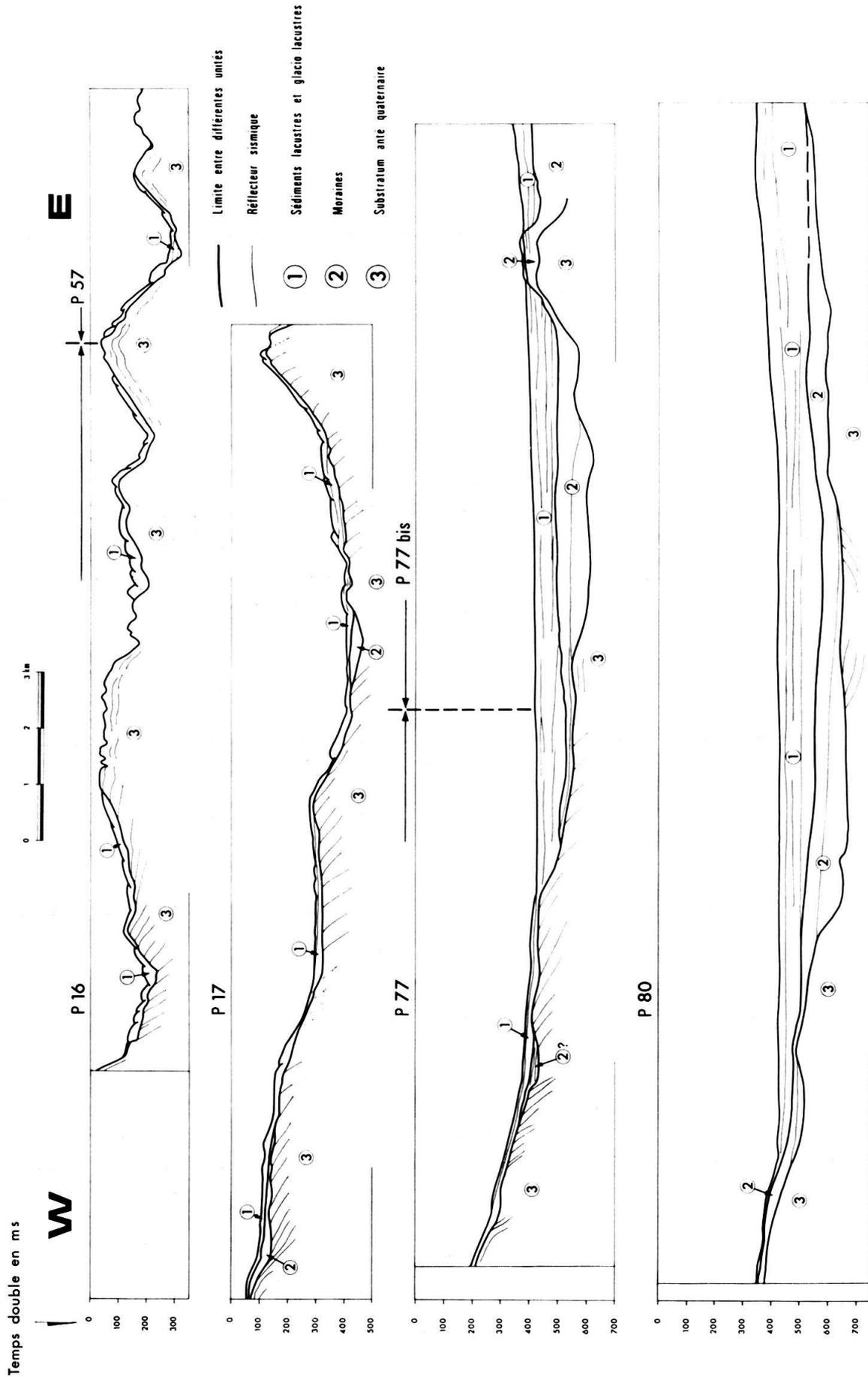


Fig. 5. Coupes temps: profils longitudinaux.

avec les travaux et levés de l'un des auteurs (BADOUX 1965), il est très probable que seule l'extrémité E du Léman, entre Montreux et Villeneuve, est taillée dans des calcaires et marnes des Préalpes.

Cette limite Préalpes–Molasse rouge réapparaît derrière St-Gingolph et les formations préalpines affleurent à nouveau dans le lac au sommet du versant sud du thalweg lémanique dans la région de Meillerie. Une nouvelle limite, nettement visible sur les enregistrements sismiques, apparaît à quelque distance du flanc NW de l'affleurement des Préalpes. Il est possible qu'une lame de Flysch viennois s'intercale entre les formations préalpines et molassiques.

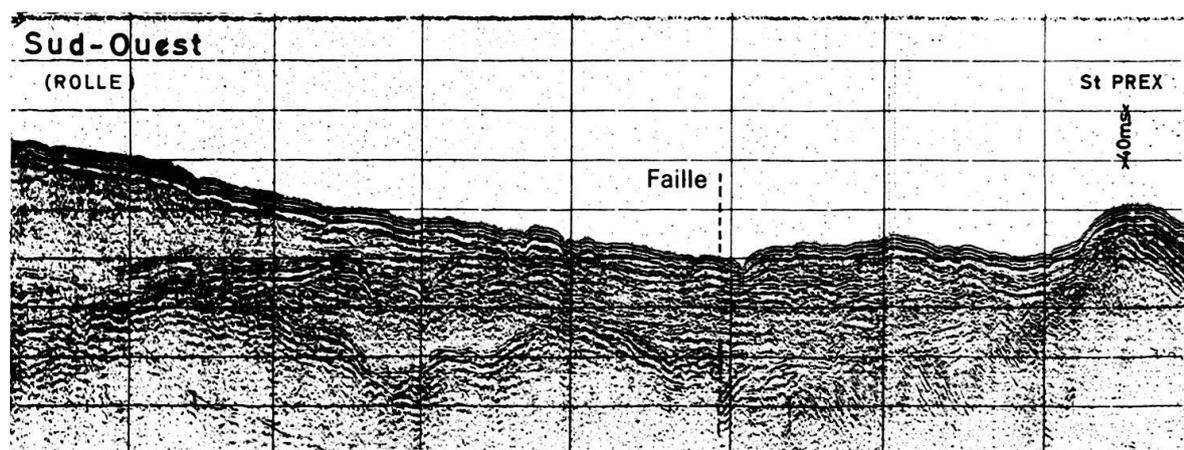


Fig. 6. Passage de l'accident de Pontarlier–Vallorbe dans la molasse au large du delta de l'Aubonne.

6. Hydrographie ancienne

La carte des isobathes du toit du substratum (pl. VI) montre l'existence d'un réseau hydrographique fort complexe dont les grandes lignes sont peut-être pré-glaciaires. Le sens de l'écoulement apparaît comme inverse de l'actuel puisque le point le plus bas se trouve dans la vallée axiale du Grand Lac au large de St-Gingolph à l'altitude de -300 m au-dessous du niveau de la mer. S'il s'agit d'un vrai réseau hydrographique on doit admettre qu'il y a eu basculement complet d'un grand bloc qui se serait enfoncé sous la charge des Préalpes. Les auteurs pensent plutôt que l'on se trouve en présence d'un relief d'érosion glaciaire du type fjord ou éventuellement d'une sorte de «vallée en tunnel» de type danois (FLINT 1971). La première hypothèse semble cependant plus proche de la réalité. Dans les zones côtières on observe par contre toute une série de petites vallées dont certaines pourraient avoir été creusées par des torrents sous-glaciaires ce qui expliquerait leur orientation si variable. D'autres sont en relation avec le réseau hydrographique actuel telles l'Hermance, la Promenthouse à l'est de Nyon et la Veveysse à l'est de Vevey. Un troisième groupe représente un ancien réseau aujourd'hui hors d'usage, ainsi la vallée sous-lacustre du Bief à l'est de Morges qui était l'exutoire d'une ancienne Venoge. Celle située à l'est d'Evian a été suivie sur terre par forages et se prolonge en amont de la ville; elle pourrait correspondre à un cours pré-würmien de la Drance. Enfin la vallée située au large de Buchillon pourrait bien représenter un ancien cours de l'Aubonne.

Par ailleurs, cette carte des isobathes montre aussi que la partie du fond du Léman située sous le niveau de la mer s'étend sur plus de 30 km du large de St-Gingolph au large de Thonon. Sa largeur maximum est de 5 km et diminue d'amont en aval. Il nous est cependant difficile de raccorder les isobathes du substratum au profil publié par GONET (1969) dans son étude gravimétrique de la plaine du Rhône. Pour obtenir ce raccordement il faudrait admettre la présence d'un verrou glaciaire aux environs de la transversale Villeneuve–St-Gingolph. Or la géologie à terre ne fournit aucun élément en faveur de cette hypothèse.

7. Hypothèse sur l'origine du Léman

Les différentes hypothèses émises depuis près de deux siècles sur l'origine du Léman ont été passées en revue dans une précédente publication (VERNET et al. 1971). Résumons-en seulement les grandes lignes :

Tous les auteurs s'accordent pour admettre que le Rhône fut un affluent du Rhin et s'écoulait vers le nord avec comme affluent secondaire la Drance chablaisienne. Des divergences apparaissent cependant lorsqu'il s'agit de situer la fin de cette période rhénane du Rhône. L'hypothèse la plus répandue est celle de LUGEON (1897) reprise par JOUKOWSKY (1927). Cet auteur pensait qu'un affluent de l'Arve occupant le Petit Lac avait, par érosion régressive, effectué la capture du Rhône au profit du bassin de la Saône et cela durant l'interglaciaire Mindel–Riss.

Pour expliquer la formation du lac, 3 théories s'affrontent :

1. l'érosion glaciaire ;
2. l'influence tectonique ;
3. l'érosion fluviale suivie d'un effondrement tectonique puis d'une érosion glaciaire.

L'érosion glaciaire fut proposée par RAMSAY (1876) et trouva son plus brillant défenseur en GAGNEBIN (1937).

L'origine tectonique du Léman, déjà évoquée par NECKER (1841), semble avoir été la première possibilité envisagée par les géologues. C'est surtout LYELL (1864) qui pensait que le soulèvement des Alpes avait été suivi d'un affaissement du Plateau au front de l'édifice alpin. LOMBARD (1939) formule une nouvelle hypothèse en liant la formation de la dépression lacustre à la mise en place des Préalpes. Tout récemment JAMIER et al. (1974) proposent un modèle plus général basé sur des accidents alpins «s.l. Nord-50» au niveau du socle⁷⁾ Un accident de St-Etienne–Lausanne aurait induit un affaissement de son compartiment SE au cours d'une phase paroxysmale Mio-Pliocène. Dans ce cas, la molasse oligocène devrait en être affectée, ce que les auteurs admettent d'ailleurs lorsqu'ils disent que «plus vers le Nord-Est cet accident est marqué par la limite de la molasse autochtone du Plateau suisse et de la molasse subalpine charriée». Ce que nous pouvons affirmer c'est que cet accident ne traverse pas le Léman de Lausanne à Excenevex.

Le réflecteur profond, trouvé au large d'Evian par MEYBECK et al. (1969), affectant la molasse n'a pu, lui aussi, être retrouvé malgré le grand nombre de profils sismiques

⁷⁾ Communication orale de D. Jamier (février 1974).

dans cette région (voir pl. I). Cet important accident tectonique post-molassique ne semble donc pas exister.

L'origine mixte est soutenue principalement par FOREL (1892) qui, tout en admettant la tectonique comme la cause principale suppose, avant la formation du lac, l'existence de vallées importantes dues à l'érosion fluviale.

En conclusion l'origine tectonique du Léman recueille l'adhésion de la majorité des auteurs. Nous n'avons toutefois pas observé dans le Grand Lac, sur les quelques 1000 km de profils sismiques, la trace des grandes failles et des structures tectoniques pouvant confirmer la réalité de cette hypothèse. Ces accidents peuvent cependant exister, mais ne sont alors pas ou peu visibles aux profondeurs explorées par sismique continue. Seule une étude structurale profonde pourrait nous renseigner à ce sujet. Aussi, au vu de nos résultats actuels, rien ne prouve l'origine tectonique du Léman.

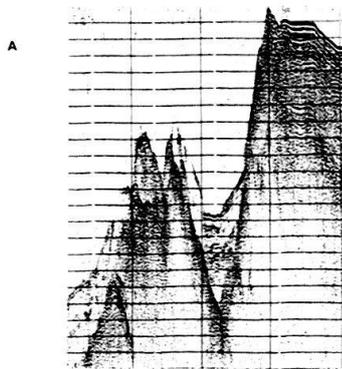


Fig. 7A. Canyon de la Baye-de-Clarens en voie de remplissage.

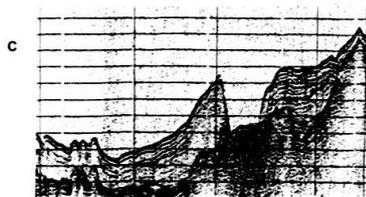
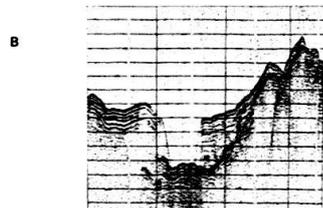


Fig. 7B/C. Deux traversées du canyon du Rhône avec fond sableux et levées de sédiments stratifiés vaseux.

8. Morphologie des sédiments lacustres

Les enregistrements au sondeur à sédiments 5 Kc ont permis de mettre en évidence la structure des sédiments superficiels.

8.1 Les canyons

Le canyon du Rhône creusé lors des grandes crues par les eaux turbides du fleuve, a été recoupé par de nombreux profils sismiques. Les enregistrements de la figure 7 (B et C) permettent de voir que son fond est sableux alors que les levées latérales sont

constituées de matériaux de granulométrie plus fine. Sa profondeur est de l'ordre de 30 à 40 m et sa largeur de 300 à 400 m. D'autres canyons ont été repérés entre Vevey et Montreux, ceux de la Baye de Clarens (fig. 7A). A l'est de Lausanne le thalweg pré-würmien de la Paudèze avait déjà été mis en évidence depuis de nombreuses années (BERSIER 1947). Enfin, entre Lausanne et St-Sulpice une petite rivière, la Chamberonne, se jette dans le Léman. Son thalweg est sans relation avec son importance actuelle, et en voie de comblement.

8.2 Glissements sous-lacustres

Nous n'avons pas encore fait d'étude de stabilité des versants, mais avons cependant observé en de nombreux endroits des glissements importants sur le talus côtier. Parfois il s'agit d'un fluage lent des sédiments lacustres sur le substratum rocheux (fig. 8). Ailleurs, ce sont de vrais glissements sur des pentes trop raides pour que les

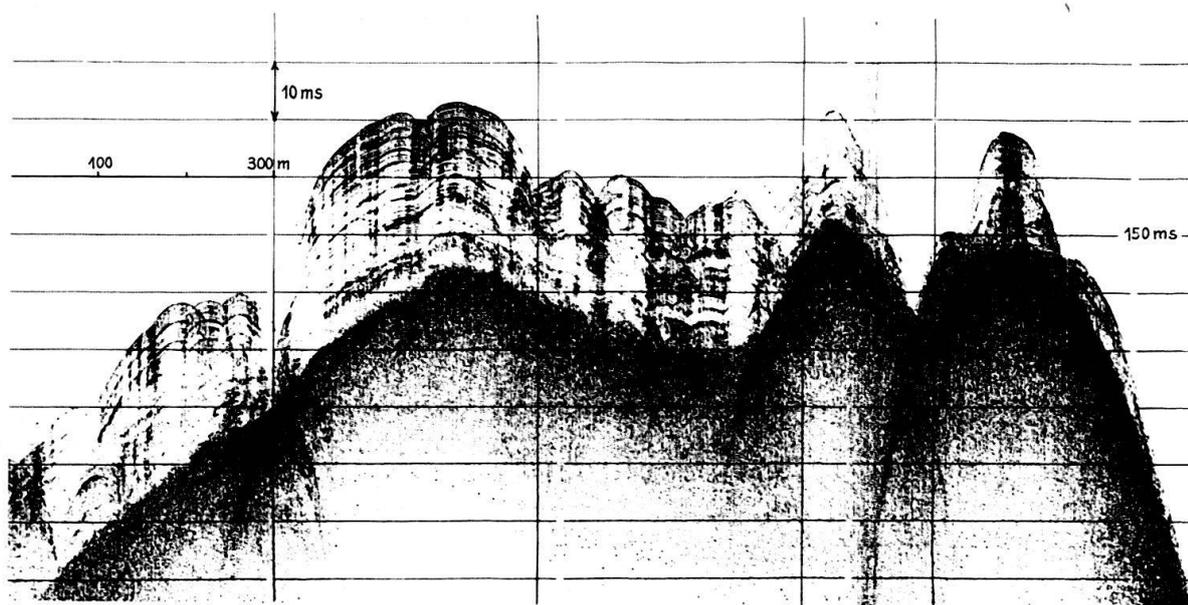


Fig. 8. Fluage lent des sédiments lacustres sur le substratum rocheux (côte suisse).

sédiments puissent s'y maintenir longtemps. On observe même des empilements de paquets glissés dont l'épaisseur atteint plusieurs dizaines de mètres (fig 9). Des biseautages dans les sédiments lacustres indiquent la présence de turbidites (fig. 10). Il faut donc admettre une instabilité des versants, qui peuvent fluer très lentement (fig. 8), glisser plus ou moins rapidement (fig. 9) ou «décrocher» brusquement en déterminant des courants de turbidités (Fig. 10).

Ce phénomène de glissement est connu et de nombreuses digues, des quais ou des constructions empiétant sur le domaine lacustre en ont déjà été victimes tout autour du Léman.

Conclusions

Les campagnes sismique 1970 et 1971 contribuent à une meilleure connaissance du Léman dans un certains nombre de domaines.

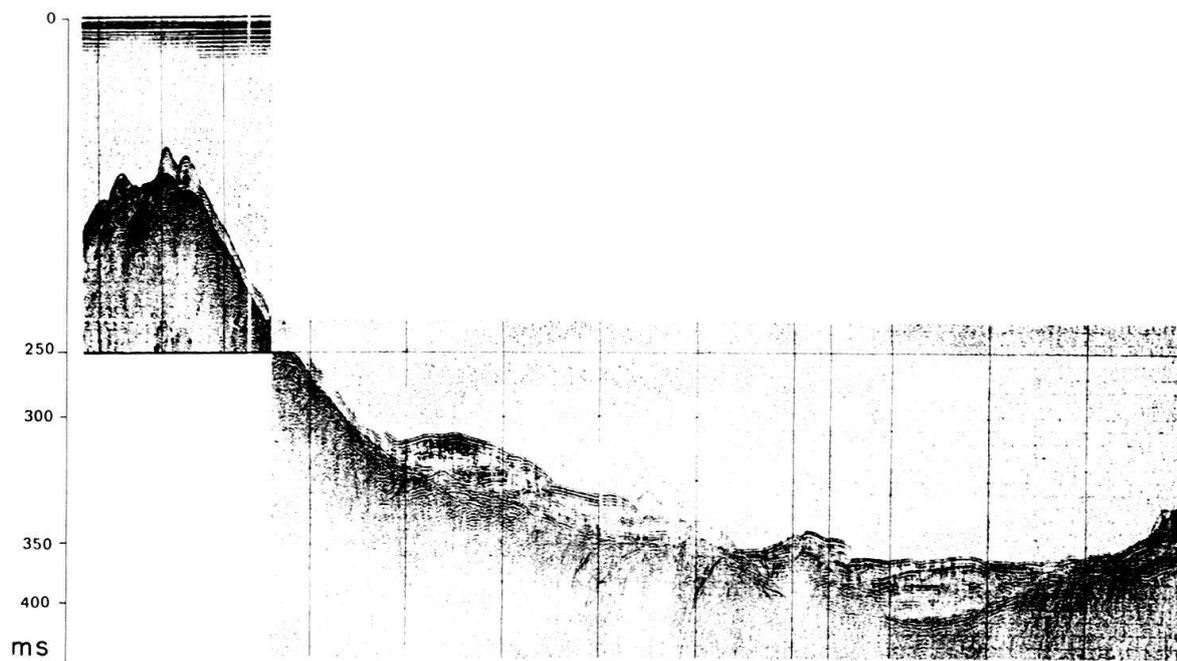


Fig. 9. Glissement en paquet sur le versant du thalweg au large de Morges.

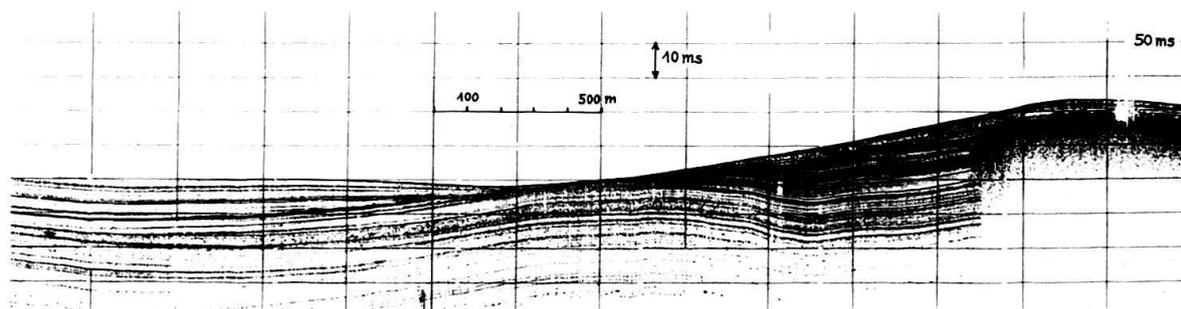


Fig. 10. Biseautage dans les sédiments lacustres au pied des Hauts Monts dans le Petit Lac.

Tectonique: Le Petit Lac est une auge synclinale molassique affectée de failles longitudinales et de décrochements transversaux en relation avec les accidents majeurs du Jura. Structuralement, il s'étend de Genève à l'embouchure de l'Aubonne où il butte contre le prolongement du grand décrochement de Pontarlier-Vallorbe qui ramène à terre l'anticlinal molassique d'Yvoire qui devient alors l'anticlinal de Morges.

L'accident de Pontarlier-Vallorbe se prolonge dans le lac, traverse le Léman en s'incurvant en direction d'Evian.

«L'axe anticlinal» qui limite la molasse subalpine au NW a pu être suivi dans le Léman ainsi que le prolongement des écailles décrites par RITTER (1924).

La sismique a aussi permis de suivre la prolongation des différentes formations pétrographiques des grès de la Cornallaz et des poudingues du Mont-Pèlerin jusqu'à mi-lac.

Morphologie du substratum: La pente générale du toit de la molasse est inverse de l'écoulement actuel. Au large, de Thonon à St-Gingolph, une vallée profonde, atteignant en amont 300 m au-dessous du niveau de la mer, occupe la zone axiale de la cuvette lémanique.

Origine: Le Léman est un lac de surcreusement glaciaire analogue aux fjords, c'est-à-dire plus profond en amont qu'en aval, taillé dans les formations tendres de la molasse.

Hydrographie ancienne: Sur les côtes une ancienne hydrographie est nettement visible. Parfois elle fut creusée par des torrents sous-glaciaires ce qui confère aux thalwegs une orientation désordonnée. D'autrefois elle indique le passage d'anciens cours des rivières actuelles; c'est notamment le cas pour la Venoge, la Drance et l'Aubonne.

Stratigraphie des sédiments: Les dépôts glaciaires sont importants dans les zones axiales du Petit et du Grand Lac où ils atteignent une épaisseur supérieure à 150 m. Ils ont pu être subdivisés en 2 unités dans le Petit Lac que l'on peut attribuer sans grand risque d'erreur aux 2 dernières glaciations, celles du Riss et du Würm. Dans le Grand Lac on observe 3 subdivisions dont l'attribution reste indéterminée.

La rive suisse du Grand Lac manque presque totalement de couverture morainique, les sédiments lacustres post-glaciaires reposent alors directement sur la molasse.

La distinction entre sédiments glacio-lacustres et lacustres semble limitée au Petit Lac.

Stabilité des versants: De nombreux glissements sous-lacustres et des dépôts de turbidites ont été mis en évidence dans les régions à talus raides, même dans le Petit Lac peu profond et à relief plus doux. Il convient donc d'être particulièrement prudent pour toutes les constructions empiétant sur le domaine lacustre.

Remerciements

Les auteurs ont pu réaliser ce travail grâce à l'aide financière et technique apportée au groupe GEOLEM par le Service Géologique National du B.R.G.M. et le Fonds National Suisse pour la recherche scientifique. Ils expriment leur reconnaissance à ces organismes et aux aides bénévoles, collègues et assistants, qui ont collaborés au repérage topographique.

BIBLIOGRAPHIE

- AMBERGER, G. (1971): *Carte des isohypses du contact molasse – quaternaire*. Doc. Dépt. Intérieur et Agric. Canton Genève.
- (1973): *Carte géotechnique des fonds du Petit Lac genevois*. Doc. Dépt. Intérieur et Agric. Canton Genève.
- BADOUX, H. (1965): *Feuille Thonon–Châtel 1 : 50 000, XXV-28 et notice*. Carte géol. France.
- (1965): *Feuille Montreux 1264, 1 : 25 000 et notice*. Atlas géol. Suisse.
- BERSIER, A. (1947): *Un thalweg préwürmien de la Paudèze, affluent du Lac Léman*. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 63/269, 421–426.
- FLINT, R. F. (1971): *Glacial and Quaternary geology*. J. Wiley Ed., New York.
- FOREL, F. A. (1892): *Le Léman. Monographie limnologique*. Ed. Rouge & Cie., Lausanne.
- FREYMOND, P. (1971): *Les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône entre St-Maurice et le Léman, d'après les résultats des sondages d'étude de l'autoroute et de l'aménagement hydroélectrique du Bas-Rhône*. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 71/335, 1–14.

- GAGNEBIN, E. (1937): *Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman*. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 59/243, 335-416.
- GONET, O. (1965): *Etude gravimétrique de la plaine du Rhône. Région St. Maurice-Lac Léman*. Matér. Geol. Suisse, Géophys. 6.
- (1969): *Etude gravimétrique du Léman à bord du mésoscaphe «Auguste Piccard»*. Matér. Géol. Suisse, Geophys. 8.
- JAMIER, D., OLIVE, PH., SIWERTZ, E., & VIAL, R. (1974): *Des accidents profonds Nord-50 conditionnent-ils la structure de l'ensemble Jura-Plateau molassique-Préalpes?* Arch. Sci. Genève [à paraître].
- JOUKOWSKY, E. (1927): *The formation of Lake Geneva*. Geol. Mag. 64/3, 97-101.
- JOUKOWSKY, E., & BUFFLE, J. P. (1938): *Etude sur la partie occidentale du Lac de Genève. III: Constitution physique et chimique des sédiments du Lac de Genève*. Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève 41/4, 415-466.
- LOMBARD, AUG. (1939): *Influences tectoniques sur le modelé du bassin du Léman*. Bull. Assoc. Géogr. franç. 123, 1-11.
- LOMBARD, AUG., & CUÉNOD, Y. (1965): *Sondages et profils dans la rade de Genève*. Arch. Sci. Genève 18/2, 305-320.
- LUGEON, M. (1897): *Leçon d'ouverture du cours de géographie physique professé à l'Université de Lausanne*. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 33/124, 47-78.
- LYELL, C. (1864): *Ancienneté de l'homme*. Ed. Baillière, Paris
- MEYBECK, M. (1971): *Bilan hydrochimique et géochimique du Lac Léman*. Thèse Cent. Rech. géodyn. Thonon (France).
- MEYBECK, M., HUBERT, P., OLIVE, PH., SIWERTZ, E., & GLANGEAUD, L. (1969): *Nouvelles données, obtenues par sismique continue, sur la structure de la cuvette lémanique*. C. R. Acad. Sci. Paris 269, 2503-2508.
- MEYER DE STADELHOFEN, C., SIGRIST, W., & DONZÉ, A. (1973): *L'anomalie magnétique du Jorat*. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 71/341, 365-472.
- NECKER, M. L. A. (1841): *Etudes géologiques dans les Alpes*. Ed. Pitois, Paris.
- OLIVE, PH. (1972): *La région du Lac Léman depuis 15.000 ans: données paléoclimatologiques et préhistoriques*. Rev. Géogr. phys. Géol. dyn. 14/2, 253-264.
- RAMSAY, A. C. (1876): *The origin of lake basins*. Geol. Mag. 3/3, 136-138.
- RIGASSI, D. (1957): *Le Tertiaire de la région genevoise et savoissienne*. Bull. Assoc. suisse Géol. Ing. Pétrole 24/66, 19-34.
- RITTER, E. (1924): *Stratigraphie und Tektonik der kohlenführenden Molasse zwischen Genfersee und Saanetal*. Eclogae geol. Helv. 18/3, 387-411.
- SERRUYA, C. (1969): *Les dépôts du Lac Léman en relation avec l'évolution du bassin sédimentaire et les caractères du milieu lacustre*. Arch. Sci. Genève 22/1, 125-254.
- SERRUYA, C., LEENHARDT, O., & LOMBARD, AUG. (1967): *Etudes géophysiques dans le Lac Léman. Interprétation géologique*. Arch. Sci. Genève 19/2 (1966), 179-196.
- VERNET, J.-P. (1956): *La géologie des environs de Morges*. Eclogae geol. Helv. 49/1, 157-241.
- (1972): *Feuille Morges 1242, 1: 25000 et notice*. Atlas géol. Suisse.
- VERNET, J.-P., & HORN, R. (1971): *Etude sédimentologique et structurale de la partie occidentale du Lac Léman par la méthode sismique à réflexion continue*. Eclogae geol. Helv. 64/2, 291-317.
- VERNET, J.-P., MEYBECK, M., PACHOUD, A., & SCOLARI, G. (1971): *Le Léman: une synthèse bibliographique*. Bull. Bur. Rech. géol. min., Sect. IV (2), 1971/2, 47-84.
- WINNOCK, E. (1965): *Sismique sur le Léman. Résultats obtenus avec le Sparker*. Bull. Assoc. suisse Géol. Ing. Pétrole 32/82, 39-48.

Légendes des planches

Planche I. Plan de positionnement du Lac Léman. Campagne 1971.

Planche II. Carte bathymétrique du Lac Léman.

Planche III. Carte des isopaques des sédiments lacustres et glacio-lacustres.

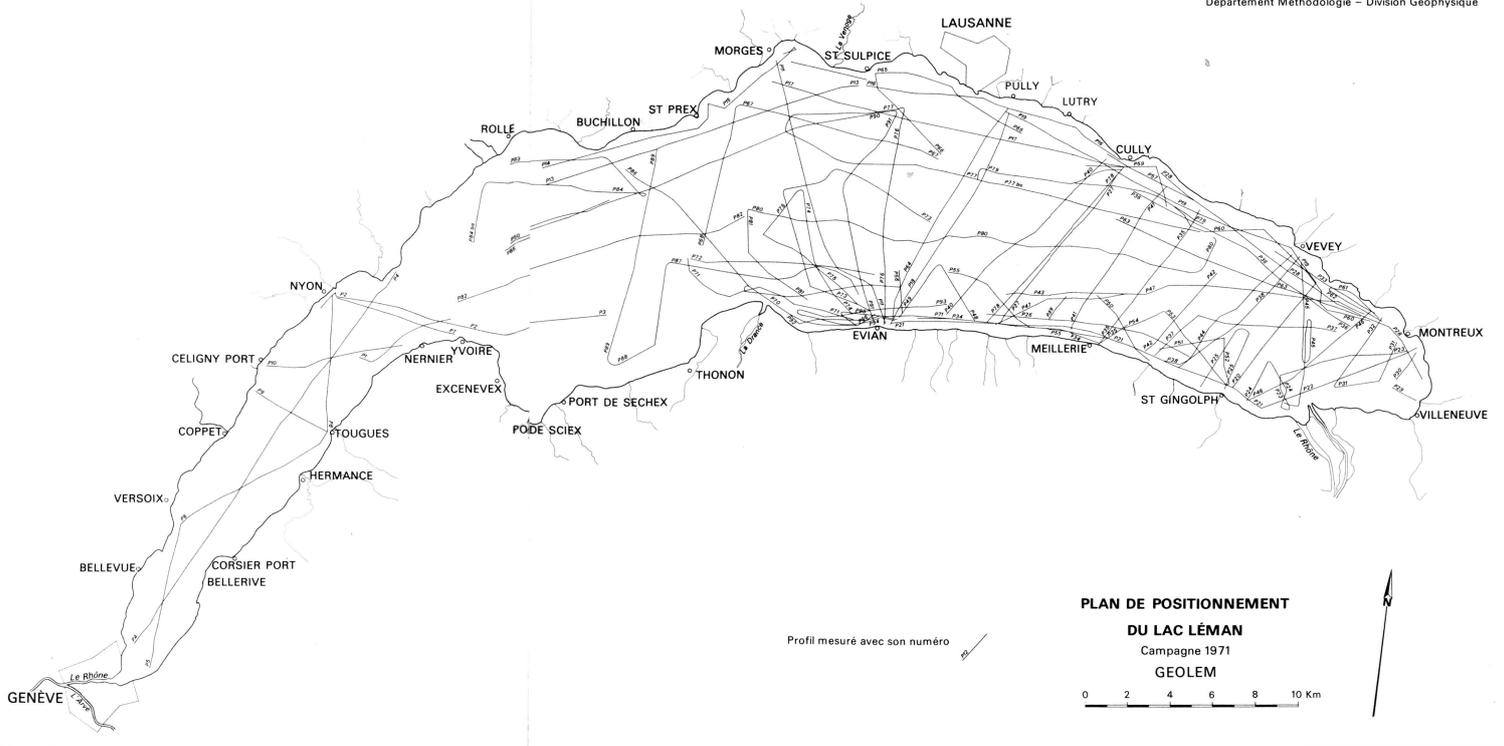
Planche IV. Carte des isopaques de la moraine.

Planche V. Carte des isochrones du toit du substratum antéquatenaire.

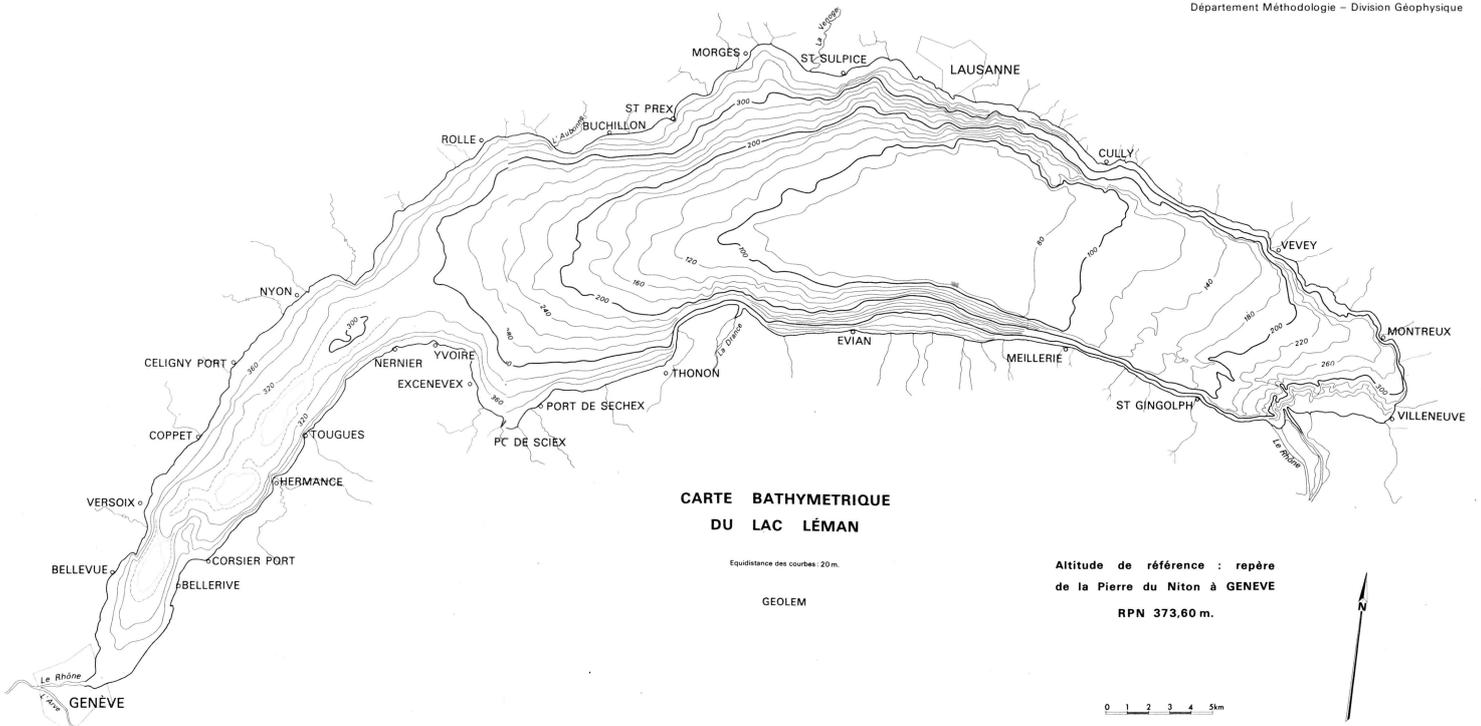
Planche VI. Carte des isobathes du toit du substratum antéquatenaire.

Planche VII. Carte structurale du Lac Léman.

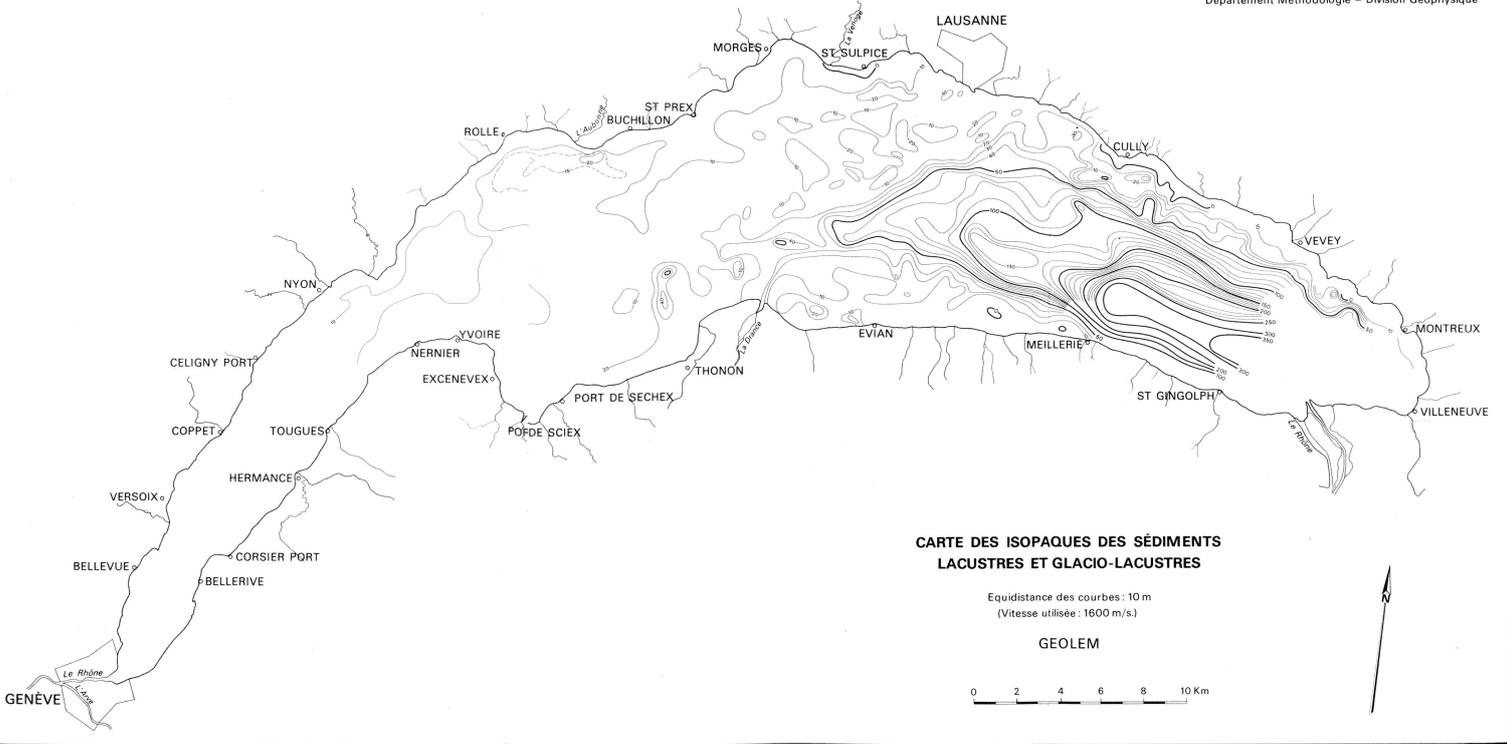
BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Méthodologie - Division Géophysique



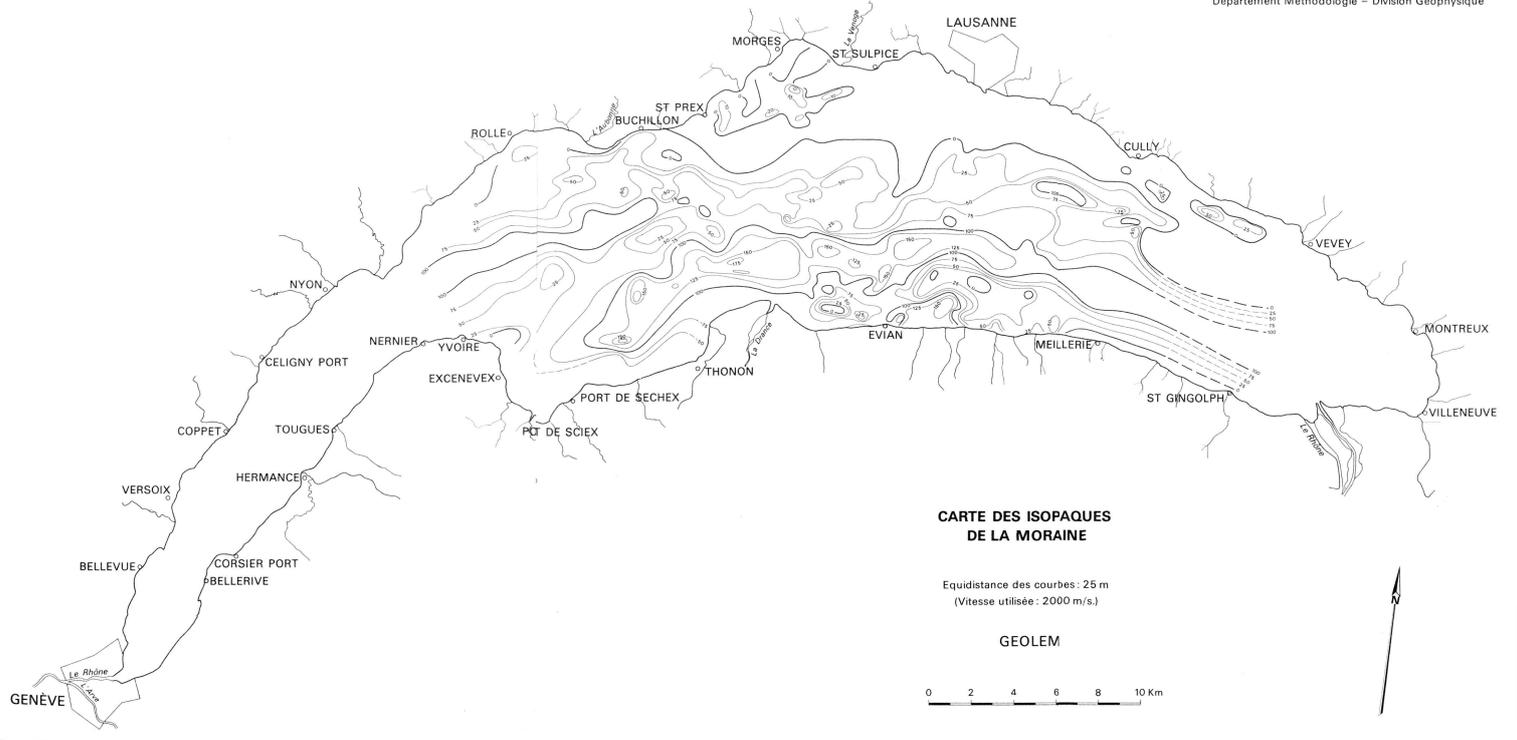
BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Méthodologie - Division Géophysique



BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Méthodologie - Division Géophysique



BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Méthodologie - Division Géophysique



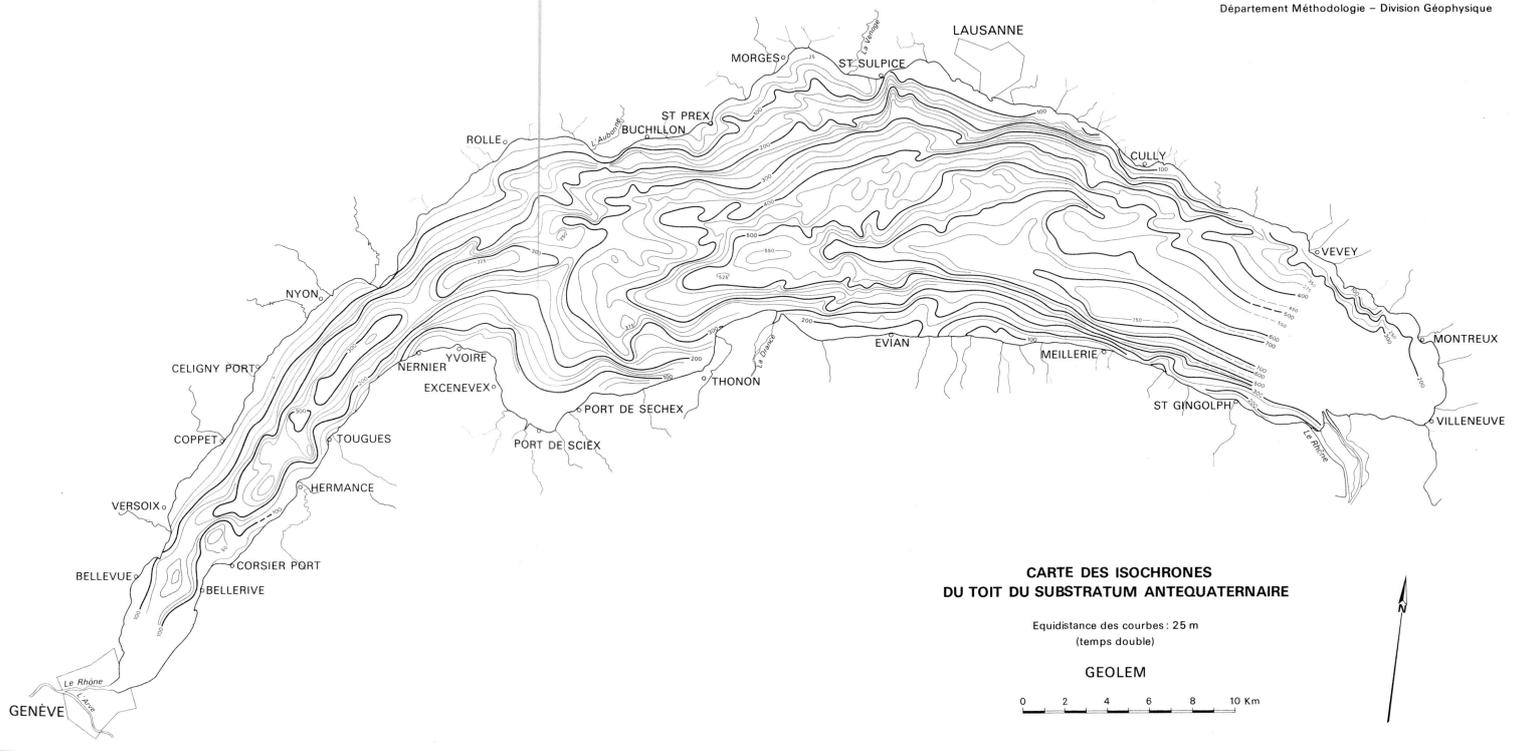
**CARTE DES ISOPAQUES
DE LA MORAINÉ**

Equidistance des courbes : 25 m
(Vitesse utilisée : 2000 m/s.)

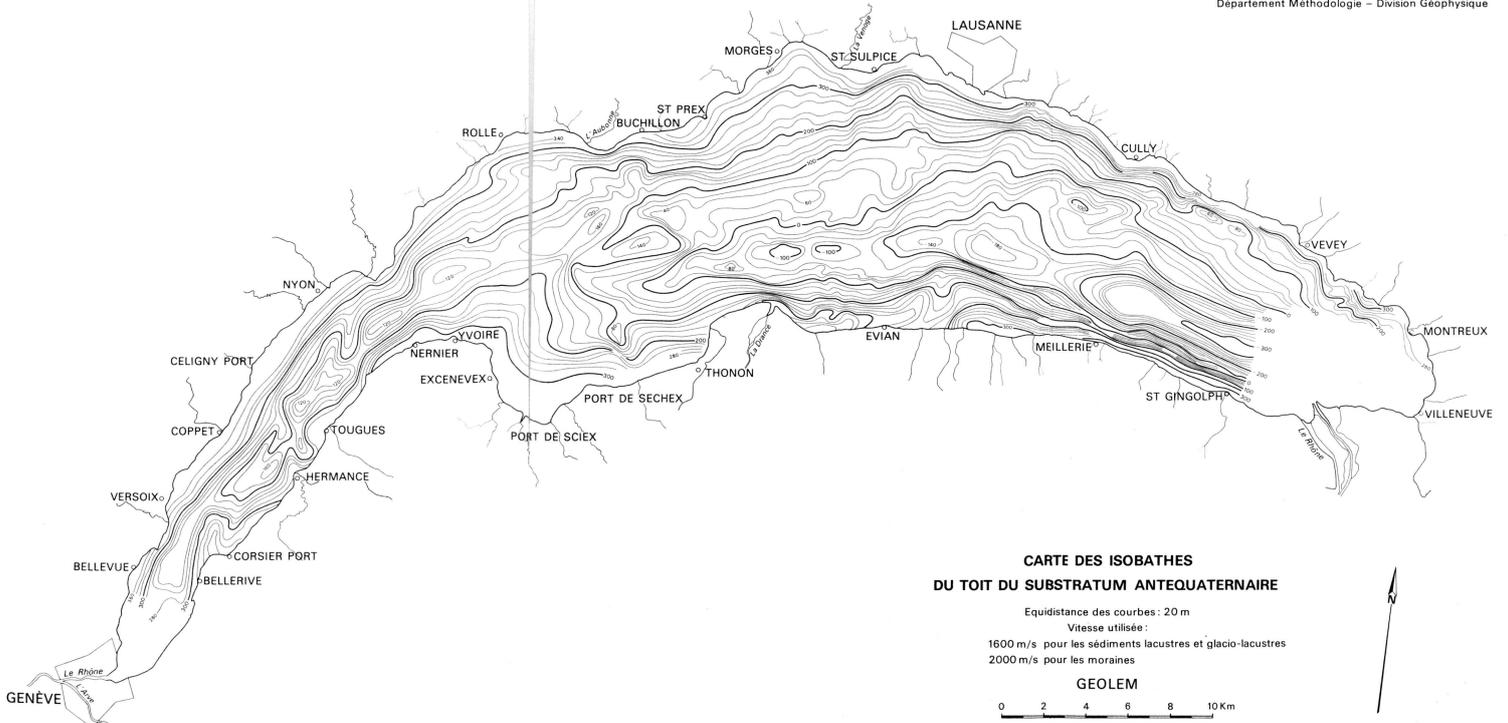
GEOLEM



BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Méthodologie - Division Géophysique



BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Méthodologie - Division Géophysique



BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Méthodologie - Division Géophysique

