

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg
Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
Band: 46 (1956)

Artikel: La morphologie et l'origine du lac de Neuchâtel telles qu'elles sont révélées par les sondages aux ultra-sons
Autor: Quartier, A.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308341>

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: 29.01.2026

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

La morphologie et l'origine du lac de Neuchâtel telles qu'elles sont révélées par les sondages aux ultra-sons

par A. A. QUARTIER, Neuchâtel

TABLE DES MATIÈRES

I. Introduction	6
1. Généralités.	6
2. Caractéristiques de l'appareil	8
3. Echelles des levés	9
4. Quelques définitions	10
II. Hydrographie.	11
1. Introduction.	11
2. La dorsale du lac de Neuchâtel	13
3. Les vallées submergées du lac de Neuchâtel	17
4. Les ravins de la rive gauche	18
5. Autres formes d'érosion concaves	18
6. L'auge profonde	19
III. Essai de synthèse.	21
1. Introduction	21
2. L'ancien réseau fluvial	21
3. L'épisode glaciaire	24
4. La mise en eau du lac	26
IV. Résumé et conclusions.	27
1. Résumé chronologique	27
2. Classification des formes	29
3. Conclusions au sujet des sondages par ultra-sons	30

I. INTRODUCTION

1. Généralités

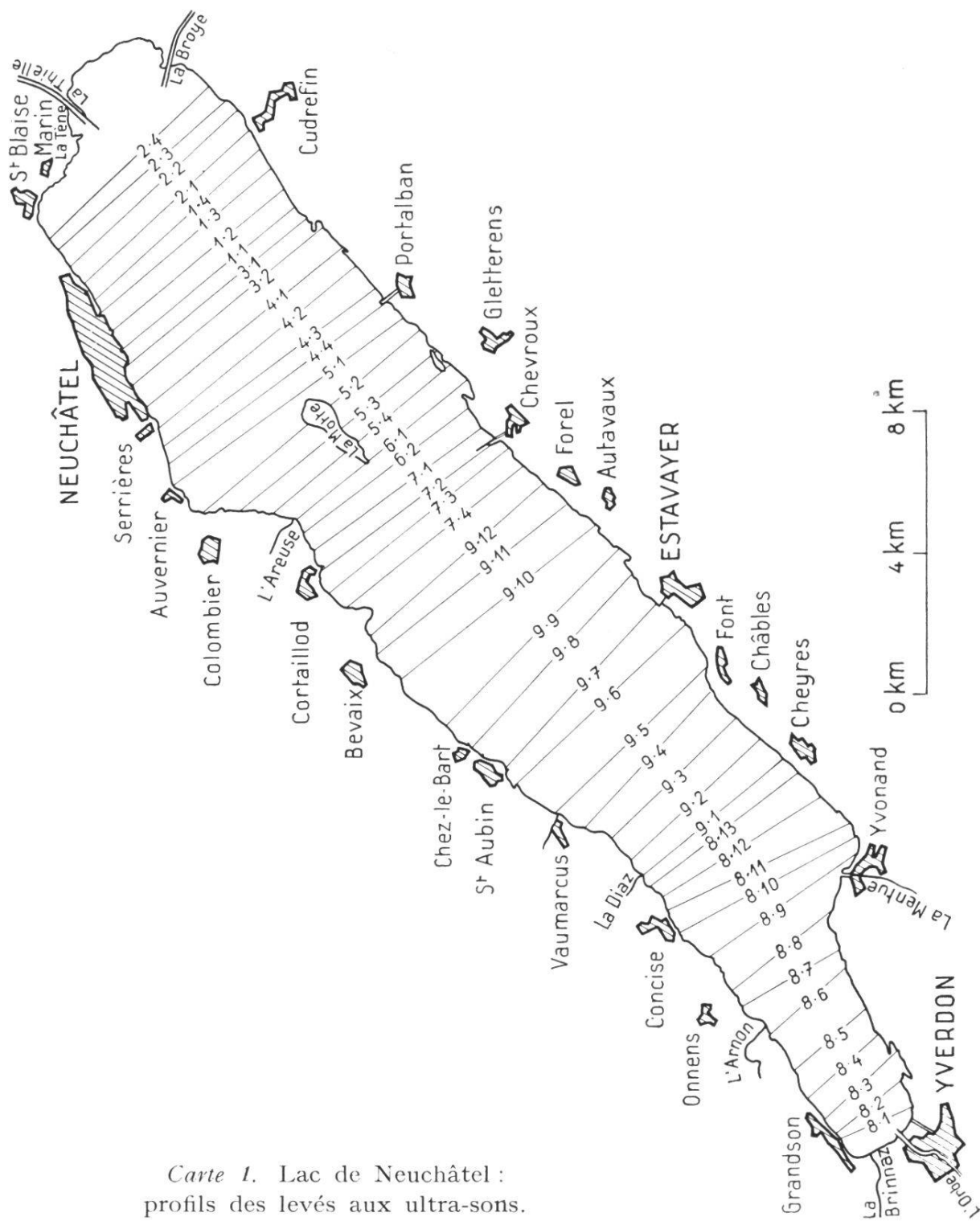
En 1955, l'Inspection cantonale de la pêche à Neuchâtel a fait l'emplette d'un appareil de sondage par les ultra-sons. Il permet de photographier en quelque sorte le fond du lac, au fur et à mesure que l'on navigue. On prend ainsi une très bonne idée des nombreux accidents topographiques qui donnent à certaines régions de notre lac un aspect très caractéristique et très intéressant à divers points de vue. Ces levés, effectués dans le courant du printemps et de l'été 1956, consistent avant tout en 49 profils transversaux plus ou moins perpendiculaires au grand axe du lac. Ce grand axe a une longueur d'environ 38 km, cela signifie qu'un profil a été levé tous les 7 à 800 m. La carte 1 donne le tracé de ces profils ainsi que leur désignation. Elle permet de situer facilement les objets de nos descriptions par rapport à nos levés et par rapport aux principaux repères topographiques qui entourent le lac. Nous avons également effectué de nombreux levés de port à port ou de cap en cap et nous possédons ainsi environ 400 km de levés continus du fond du lac, ce qui est suffisant pour donner une bonne idée du relief immergé.

Grâce à la collaboration du lieutenant de marine JEAN DE BOSSET il fut possible de donner à nos levés transversaux une précision suffisante, car la position du bateau fut fixée au départ et à l'arrivée, de même qu'en cours de route, au moyen du sextant et d'un goniomètre magnétique dûment corrigé en tenant compte du champ magnétique du bateau chargé des différents appareils.

C'est en cherchant à dessiner la carte du fond du lac que je me suis aperçu qu'elle ne donne pas toujours une image correspondant aux levés qui existaient précédemment. J'ai vu également que les enregistrements de notre appareil permettent de « lire » le fond d'un lac d'une tout autre manière que les sondages par fil. La sensibilité des ultra-sons permet de différencier des régions qui se distinguent l'une de l'autre par leur topographie d'ensemble de même que par leur topographie de détail, et j'ai dû rapidement me rendre compte que les théories émises jusqu'à maintenant pour expliquer les origines et la formation de notre lac devaient être très sérieusement revues

à la lumière de nos résultats. C'est pour ces raisons qu'il m'a paru intéressant de publier ce mémoire préliminaire qui remet en discussion certains problèmes concernant les phénomènes géologiques récents dont notre pays a été le siège.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, je tiens à rappeler ici le grand rôle joué par les sondages aux ultra-sons en océanographie : découverte d'importantes formes d'érosion sur les rebords de la plate-forme



Carte 1. Lac de Neuchâtel :
profils des levés aux ultra-sons.

continentale ; découverte d'importantes chaînes de montagnes submergées au fond des océans ; mise en évidence de très grandes failles qui avaient échappé aux sondages par le fil. La limnologie n'étant qu'une océanographie en réduction, on pouvait s'attendre à voir l'application des ultra-sons donner des résultats nouveaux et imprévus en ce qui concerne l'étude de l'hydrographie de nos lacs. Les résultats ont correspondu à notre attente, et c'est toute une région à peine explorée et très mal connue de notre pays, soit le fond du lac de Neuchâtel, qui peut maintenant être étudiée avec une grande précision.

2. Caractéristiques de l'appareil

L'appareil que nous avons utilisé provenait de la maison Atlas Werke A. G., à Brême, et porte la désignation « 646 tr ». Je ne veux pas entrer ici dans les détails concernant les principes physiques qui permettent l'émission et la réception des ultra-sons ; je me contenterai de donner quelques caractéristiques de l'appareil qui permettront de se faire une idée de la précision et de la sensibilité de nos enregistrements.

Nous avons à disposition plusieurs échelles verticales ; pour des raisons pratiques, nous avons choisi la troisième, soit l'échelle « c ». Cette échelle permet d'atteindre des profondeurs de 320 m. Sur la bande enregistreuse on peut obtenir sans autre des profondeurs allant de 0 à 80 m ; lorsque cette dernière profondeur est atteinte un système mécanique permet d'explorer la tranche située entre 40 et 120 m sous la surface ; une nouvelle manœuvre permet d'explorer une troisième tranche allant de 80 à 160 m sous la surface. La bande enregistreuse ayant une hauteur utilisable de 16 cm, un mètre sera représenté sur nos levés par 2 mm. Autrement dit, un accident topographique de 50 cm de hauteur s'enregistre encore d'une manière visible.

Le graphique semble être continu : en fait il est formé par une série de points si proches les uns des autres qu'ils paraissent former une ligne ininterrompue. En réalité il y avait 137 coups de sonde à la minute, soit un peu plus de deux par seconde, et comme notre bateau avait une vitesse approximative de 13 km à l'heure, nos profils sont basés sur environ un coup de sonde tous les deux mètres. Ce dernier chiffre montre bien l'avantage essentiel des sondages par ultra-sons

sur les sondages par fil, qu'il est absolument impossible de serrer de telle manière. Avec les ultra-sons, aucun accident important du fond ne peut passer inaperçu, ce qui n'est certainement pas le cas avec les sondages par fil.

3. Echelles des levés

Par contre, la forte exagération de l'échelle verticale pourrait être un inconvénient important : cette échelle verticale étant beaucoup plus grande que l'échelle horizontale, cela pourrait mener à des interprétations erronées et donner de fausses idées au sujet du relief immergé de notre lac. D'après ce que nous avons vu plus haut, une dénivellation de 0,50 m sera rendue par 1 mm sur notre graphique : cela signifie que notre échelle verticale est 1 : 500.

Quant à l'échelle horizontale, elle dépend de plusieurs facteurs. Le premier d'entre eux est la vitesse de déroulement du papier enregistreur. Pour nos levés cette vitesse était de 1,25 cm à la minute. Le deuxième facteur important est la vitesse du bateau, et cette vitesse elle-même peut dépendre de beaucoup de variables. On peut signaler les facteurs météorologiques comme le vent et l'état du lac, ou des facteurs internes, comme la charge du bateau ou le régime du moteur. Autant que possible, et malgré le très mauvais été 1956, nous avons cherché à travailler par temps calme. L'équipement et l'équipage du bateau étaient toujours les mêmes, et le régime du moteur avait été réglé une fois pour toutes. Cependant, malgré ces précautions, la vitesse restait variable et elle devait être déterminée lors de chaque traversée. Le départ et l'arrivée étaient marqués d'une part sur la carte et d'autre part sur les profils, il était alors facile de savoir à quel kilométrage correspondait la longueur totale du graphique. Les valeurs extrêmes obtenues furent de 5,9 et 7,4 cm de graphique pour 1 km de levé. En moyenne nous avons 6,5 cm pour 1 km, ce qui nous donne une échelle horizontale de 1/15.400 environ, autrement dit notre échelle verticale et notre échelle horizontale sont l'une par rapport à l'autre à peu près comme 1 est à 30, ce qui signifie que pour obtenir des profils comparables dans les deux dimensions il faudrait, soit diviser nos hauteurs par 30, soit multiplier nos longueurs par 30.

Cette grande différence d'échelle est un inconvénient. Mais il ne faut pas oublier que le lac de Neuchâtel lui-même est un accident

topographique relativement peu important. Une coupe longitudinale du lac à l'échelle de 1 : 25.000 aurait une longueur de 1,50 m environ . . . et une hauteur maximum de 6 mm. Lors de l'examen de nos coupes il faut donc toujours avoir présente à l'esprit cette grande différence d'échelle, sinon on risque de prendre une taupinière pour une montagne et une simple rigole pour une profonde vallée.

Nous verrons toutefois plus loin que cette grande exagération de l'échelle verticale est aussi un avantage et, toutes précautions prises pour ne pas tomber dans des erreurs d'interprétation, on arrive à en tirer d'intéressants résultats.

4. Quelques définitions

Pour ceux qui ne sont pas familiarisés avec la géographie du lac de Neuchâtel, je donne ici quelques définitions qui permettront de suivre plus facilement nos descriptions. Suivant la conception populaire, on peut considérer le lac de Neuchâtel comme une partie stagnante et élargie du cours de l'Orbe-Thielle : celle-ci se jette dans le lac à Yverdon, et l'on aura en cet endroit l'extrémité amont du lac, nommée aussi Haut-Lac. La Thielle quitte le lac à son autre extrémité, l'extrémité aval, dite aussi Bas-Lac. La rive gauche est donc tangente au Jura. L'Orbe-Thielle à Yverdon est un des principaux affluents du lac de Neuchâtel ; il en a deux autres, l'Areuse d'une part, qui forme un delta bien marqué entre le tiers médian et le tiers inférieur de la rive gauche, et la Broye d'autre part, qui se jette dans le Bas-Lac non loin de la sortie de la Thielle. Les affluents moins importants sont la Brinaz qui se jette dans le Haut-Lac, ainsi que l'Arnon et la Mentue qui atteignent le lac l'un sur la rive gauche, l'autre sur la rive droite.

Enfin, en plein milieu du lac, en face de l'embouchure de l'Areuse, il existe une colline immergée nommée la Motte. Son sommet arrive à environ 8 m sous la surface et elle a une forme allongée du SO vers le NE.

II. HYDROGRAPHIE

1. Introduction

Mon propos n'est pas de décrire ici en détail l'hydrographie du lac de Neuchâtel, mais je me contenterai de mettre en évidence certains aspects imprévus et nouveaux de cette hydrographie. Nos levés ont en effet montré que le fond du lac présente de nombreuses formes d'érosions concaves vers la surface ; ces formes sont si nombreuses et si importantes qu'il est impossible d'admettre qu'elles ont pu se former sous l'eau. Il y a également des formes convexes vers la surface et ces accidents ne peuvent pas s'expliquer non plus — et peut-être encore moins que les précédents — par des facteurs qui auraient agi après la mise en eau de notre lac. En effet, mes levés m'ont rapidement conduit à la conviction que sous la surface du lac de Neuchâtel existe un paysage qui fut autrefois complètement ou presque complètement émergé et qui a été en quelque sorte conservé sous l'eau un peu comme sous une cloche de verre.

Mais, avant d'entrer dans le vif du sujet, je voudrais régler la question des fautes d'appréciation qui pourraient être dues au fait que nous avons travaillé avec deux échelles extrêmement différentes. Pour avoir une juste idée des choses, il suffit de construire des coupes topographiques aux mêmes échelles que nos profils. Pour faciliter les comparaisons, ces coupes devront être prises dans la région qui entoure le lac. Il suffira alors d'un simple coup d'œil pour comparer l'importance des accidents décelés au fond du lac avec ceux que nous voyons tous les jours dans la nature qui nous environne.

Dans le lac de Neuchâtel nous avons trouvé quatre vallées submergées : la planche 2 permet de comparer ces vallées submergées avec la vallée émergée de la Basse Areuse, et celle de son affluent le Merdasson. La coupe topographique a été prise en amont de Boudry, et elle montre qu'il n'est nullement faux ni exagéré de parler de véritables vallées submergées dans le lac de Neuchâtel.

La planche 3 donne la coupe des nombreux ravins submergés que nous avons découverts le long de la rive gauche du lac. A titre de comparaison, nous avons effectué la coupe topographique de vallons creusés par des petits affluents de la rive droite de l'Orbe : nos ravins submergés sont en général moins marqués, mais ils restent comparables à ce que l'on observe à l'air libre.

Enfin, la planche 4 permet de comparer la Motte au Jolimont, et là aussi on voit qu'il s'agit de deux accidents de terrain qui sont du même ordre de grandeur.

Il serait facile de multiplier les exemples : cela nous paraît inutile puisque nous pensons que l'hydrographie du lac de Neuchâtel se ramène à la description d'une topographie autrefois émergée. L'extra-

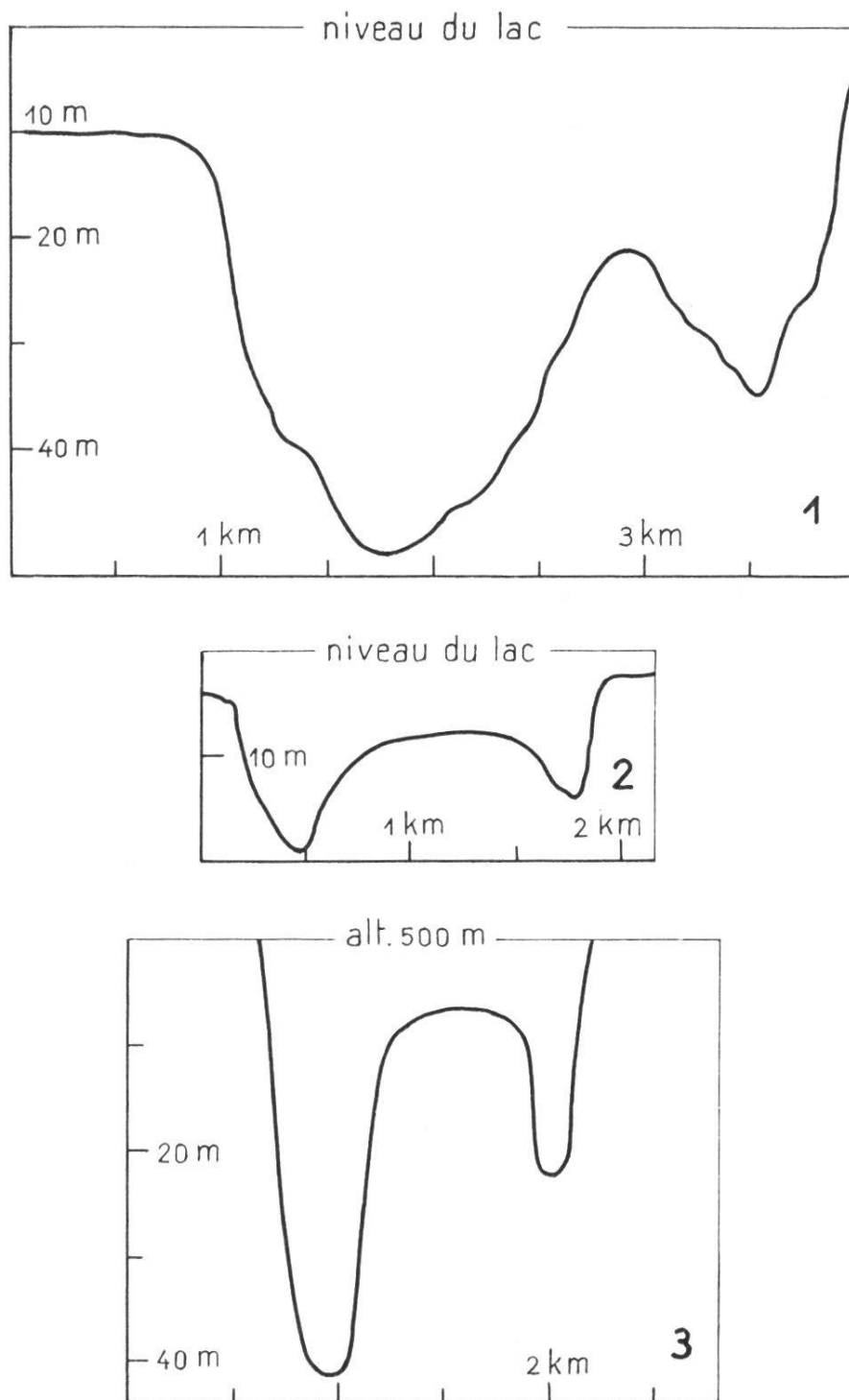


Planche 2. Vallées immergées du Bas-Lac (1) et du Haut-Lac (2) ;
vallées émergées de l'Areuse et du Merdasson (3).

ordinaire serait de constater des différences essentielles entre ce que nous voyons au fond du lac et ce que nous voyons autour du lac. En fait, ce ne sont pas d'importants accidents topographiques, mais ils ne sont ni plus ni moins considérables que ceux que nous observons autour des trois lacs sub-jurassiens.

2. La dorsale du lac de Neuchâtel

Ce titre, qui rappelle l'océanographie atlantique peut sembler prétentieux, mais il dit exactement ce qu'il veut dire et sur nos coupes

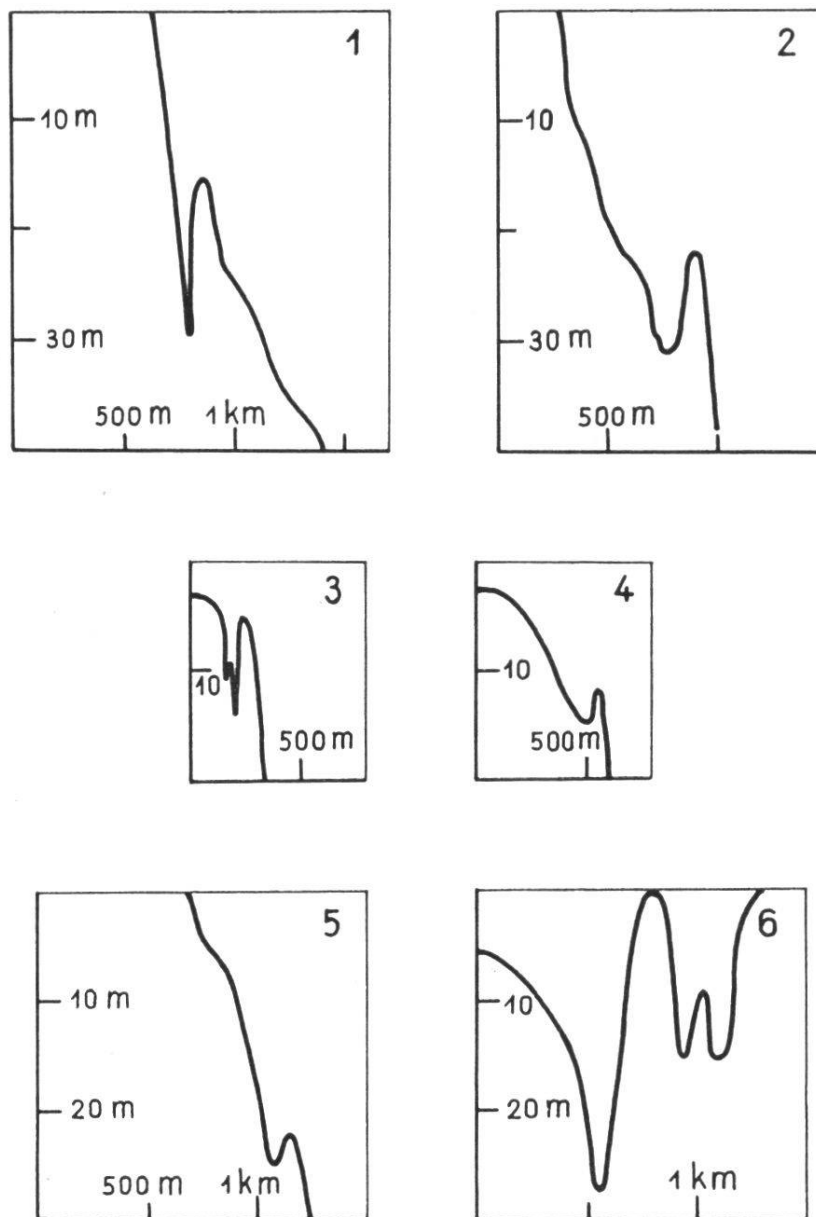


Planche 3. Ravins immergés du large de Serrières (1), de Concise (2), de Chez-le-Bart (3), de Vaumarcus (4) et de Port Conty (5) ; vallon émergé de la Niocaz (6).

on peut suivre sur environ 20 km une forme allongée, convexe vers la surface, dont la Motte constitue la partie culminante. Cette dorsale, située presque exactement dans l'axe longitudinal du lac, donne à sa partie médiane une coupe caractéristique : deux bassins séparés par une crête.

Pour décrire cette dorsale, on peut partir de la Motte : celle-ci culmine en face de l'embouchure de l'Areuse et son sommet, situé à 8-10 m sous l'eau, est aplati. Sa longueur est d'environ 2 km, la

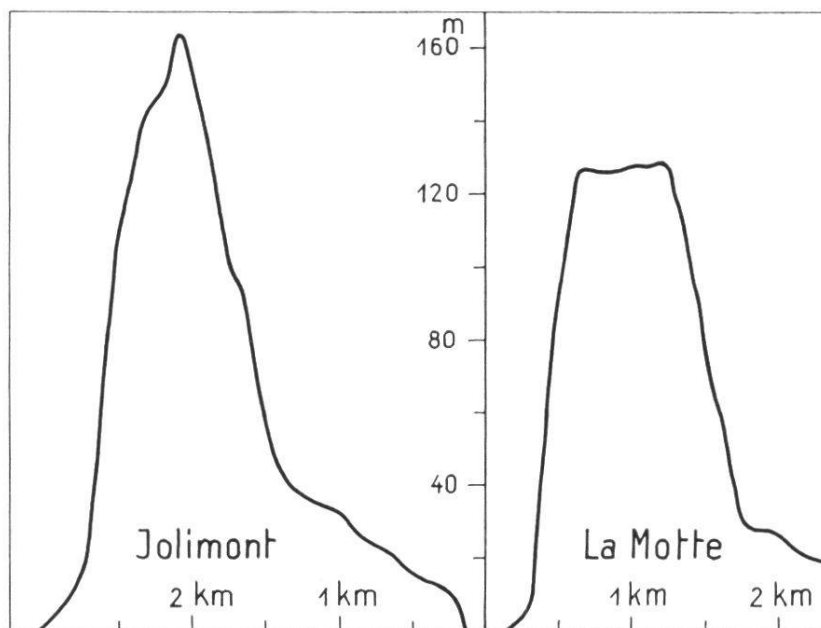


Planche 4. Jolimont et la Motte, deux accidents de terrain qui sont du même ordre de grandeur.

largeur de 600 m au maximum est de 2 à 300 m en moyenne. Ce sommet de la Motte est un des rares éléments de la morphologie de notre lac qui soit dû à l'action directe de l'eau qui le remplit. Vers le SO, la Motte se continue par une crête immergée qui est tout d'abord taillée en biseau et qui devient assez pointue : on peut suivre cette crête sur environ 9 km. Sur tout ce parcours, la dorsale est séparée de la rive gauche par une dépression que nous nommons l'auge profonde du lac, et elle est séparée de la rive droite par deux vallées accolées l'une à l'autre, dont l'une s'écoule de l'amont vers l'aval et l'autre de l'aval vers l'amont. Dans la région d'accolement située au large d'Autavaux, on a une sorte de ligne de partage des eaux. En cet endroit, le sommet de la dorsale s'est abaissé jusqu'au niveau de cette crête de partage des eaux, ce qui donne une sorte de terrasse.

La dorsale réapparaît en bordure de la vallée qui s'écoule de l'aval vers l'amont du lac, mais son sommet se rapproche de plus en plus du fond de cette vallée et pour finir on a une terrasse assez large qui commence un peu en amont d'Estavayer et que l'on peut suivre sur environ 2 km vers le SO. Cette terrasse devient de moins en moins large, de moins en moins marquée et elle disparaît complètement au large de Font. En cet endroit, le lac de Neuchâtel n'a plus la coupe caractéristique décrite plus haut mais il est formé d'une seule et unique cuvette. Si l'on prolonge vers le SO la dorsale, on arrive sur la rive droite de la partie rétrécie du Haut-Lac qui est bordée par une falaise de molasse bien nette.

Revenons maintenant à la Motte et nous voyons qu'en direction du NE la dorsale se continue sur environ 2 km. Du sommet de la Motte au fond du lac, elle s'abaisse très rapidement : dans cette région son sommet montre une coupe assez aiguë. Arrivée au fond du lac, la dorsale semble avoir complètement disparu, mais on la retrouve sur les coupes qui passent à environ 1 km au SO de Neuchâtel. Dans cette région

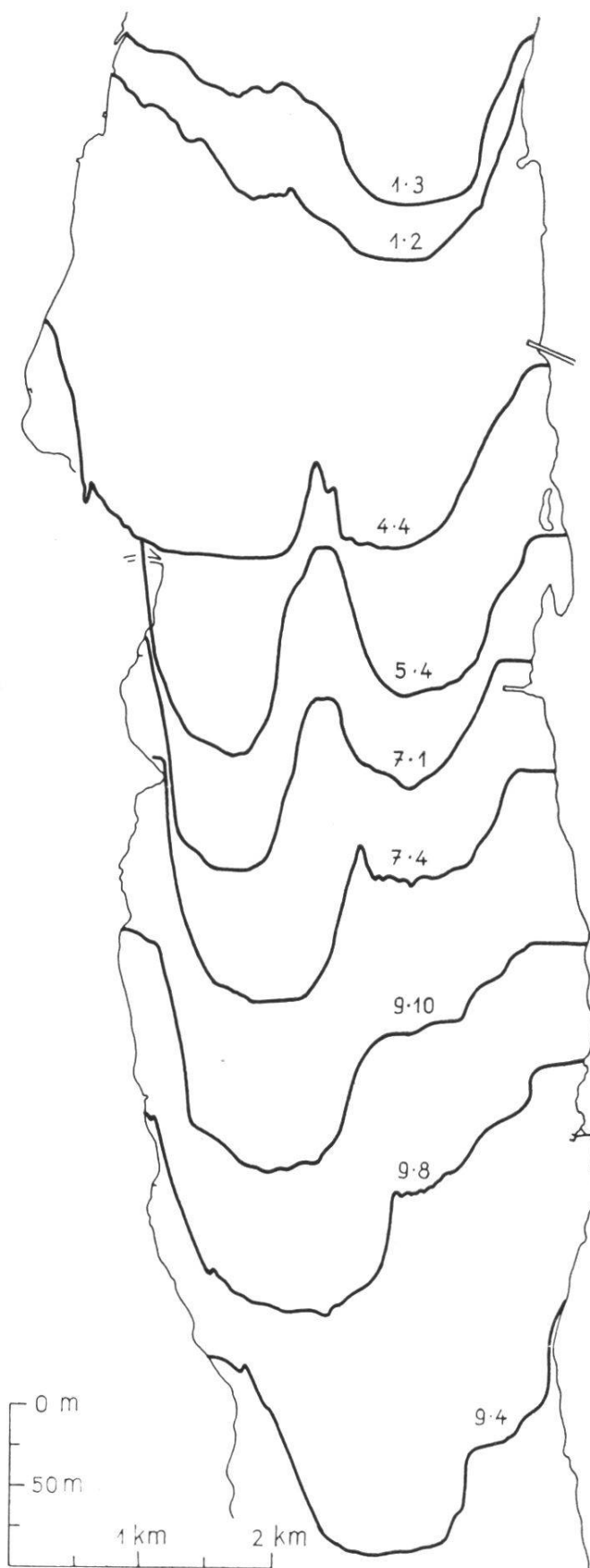


Planche 5. Auge profonde et dorsale.

du Bas-Lac elle est bien moins marquée que dans le secteur précédent, mais elle est tout de même nette et on peut la suivre sur 3 km vers l'aval. Elle disparaît alors complètement. Son prolongement mènerait sur le bord du plateau miocène de Thielle-Wavre.

Nous reviendrons plus loin sur cette dorsale du lac de Neuchâtel ; qu'il suffise pour l'instant d'insister sur les points suivants : elle a été

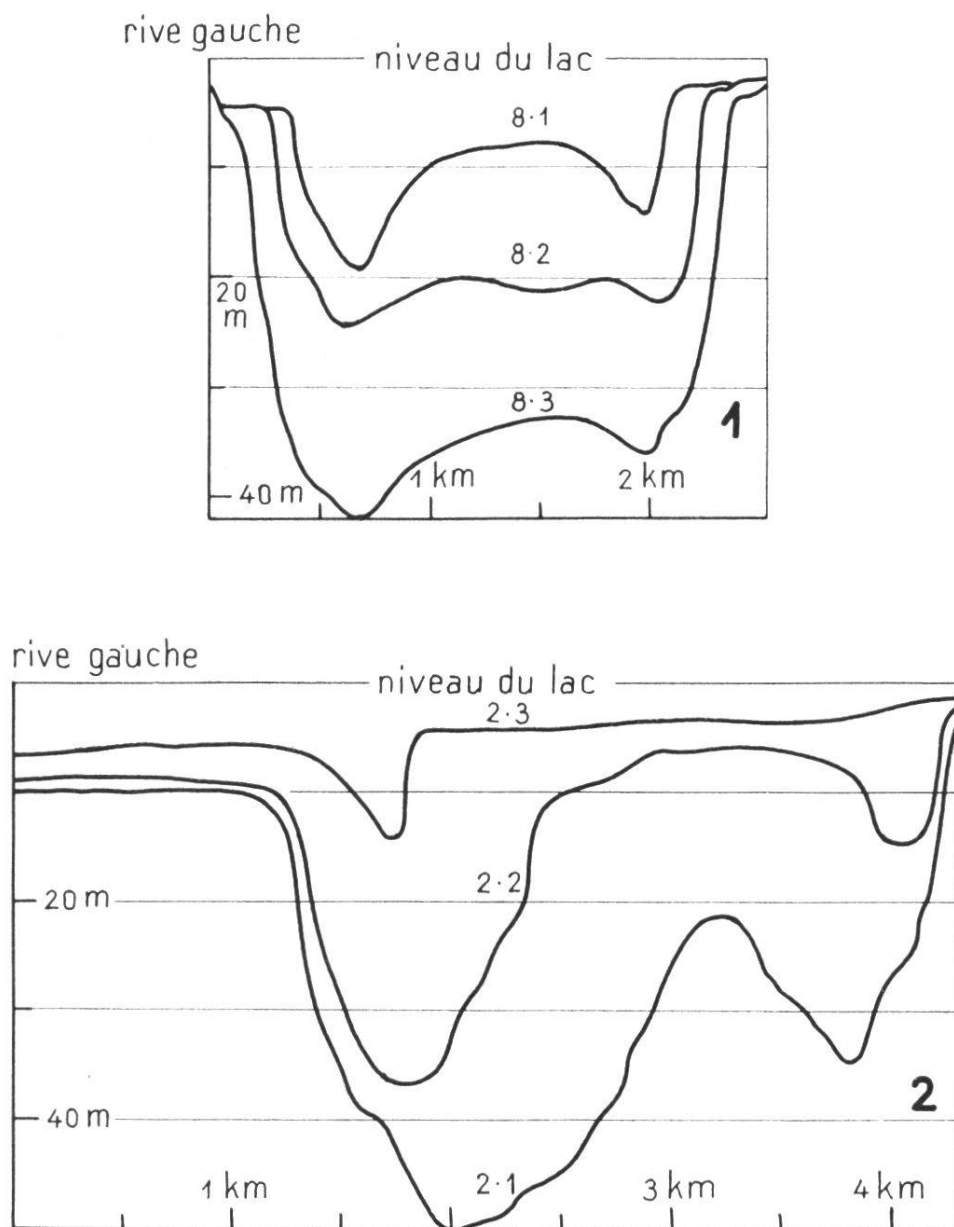


Planche 6. Vallées submergées du Haut-Lac (1) et du Bas-Lac (2).

démantelée en deux points de son parcours : d'une part à son extrémité SO et d'autre part un peu au NE de l'embouchure de l'Areuse ; ses prolongements amont et aval semblent la rattacher par une extrémité à la falaise molassique qui borde la rive droite de la partie rétrécie

du Haut-Lac et à l'autre extrémité au bord NO du plateau molasique de Thielle-Wavre. La planche 5 donne plusieurs aspects de la dorsale, repérés par rapport à nos profils.

3. Les vallées submergées du lac de Neuchâtel

Il y en a quatre principales, elles se trouvent aux deux extrémités du lac. La planche 2 nous a montré qu'elles sont comparables à la basse vallée de l'Areuse. La planche 6 montre différentes coupes à travers ces vallées submergées, elle me dispensera de longs commentaires à leur sujet. Je veux toutefois faire ici quelques remarques :

- a) *Les vallées submergées du Haut-Lac.* L'une commence à peu près en face de l'embouchure de la Thielle à Yverdon et l'autre commence en face de l'embouchure de la Brinaz. Elles sont parallèles et on peut les suivre sur environ 2 km vers le NE. La vallée submergée de la Thielle est moins large et moins profonde que celle de la Brinaz. Ces deux vallées sont séparées par un seuil mou et arrondi. Après 2 km de parcours, elles viennent se perdre dans l'auge unique qui forme la partie rétrécie du Haut-Lac.
- b) *Les vallées submergées du Bas-Lac.* On remarque d'une part ce que je nomme la vallée submergée du Bas-Lac, qui commence à environ 2 km au SO de la sortie de la Thielle. Elle se dirige en gros vers le SO en devenant toujours plus profonde et plus large. On peut la suivre sur une distance d'environ 1,5 km. Cette vallée est la plus nette et la plus caractéristique de nos vallées submergées. Elle est flanquée d'une autre vallée, celle de Cudrefin. Celle-ci semble rejoindre la rive à environ 900 m au NE de ce village. Elle peut se suivre sur une distance de 800 m et paraît rejoindre la vallée submergée du Bas-Lac quelque part au large de Cudrefin.

La planche 6 montre que ces 4 vallées submergées ont nettement l'aspect de vallées fluviales, car elles ont une coupe en V et plus elles avancent, plus elles deviennent larges et profondes. Les vallées du Haut-Lac correspondent à des affluents qui existent encore actuellement dans la topographie, tandis que celles du Bas-Lac ne peuvent être reliées à aucun affluent du lac encore existant. Ces quatre vallées ne peuvent pas être suivies très loin au large ; nous verrons plus loin pourquoi, mais nous pouvons noter dès maintenant qu'aussi bien

celles du Haut-Lac que celles du Bas-Lac aboutissent dans une région dont la topographie n'a plus rien à voir avec une topographie d'érosion fluviale.

4. Les ravins de la rive gauche

Notre planche 3 a donné la coupe de plusieurs des ravins que nous avons découverts sur la rive gauche du lac. Ces formations ne paraissent exister que le long de cette rive et à peu près exclusivement le long des secteurs de la rive gauche où celle-ci est en contact direct avec le flanc du Jura. Signalons toutefois que la Motte présente un de ces ravins à son extrémité NE, sur son flanc droit. Nous ne voulons pas décrire longuement ces formes topographiques, car nous ne sommes pas sûrs de les avoir toutes repérées et il se pourrait que nous ayons à faire parfois à un seul et même ravin qui réapparaît sur plusieurs coupes voisines. Il sera nécessaire de faire de nouvelles recherches à ce sujet.

Un point important qui doit être mis en évidence est que le mieux marqué et le plus caractéristique de ces ravins se trouve à une profondeur de 110 m. Si l'on admet que ces formations n'ont pu se créer qu'à l'air libre, on doit conclure que notre lac, à un moment de son histoire, s'est trouvé presque complètement vide d'eau.

Notons enfin que la plupart de ces ravins peuvent être mis en relation avec des ruisseaux qui existent encore de nos jours, ruisseaux dont le lit paraît se prolonger dans certains cas presque jusqu'au fond du lac actuel.

5. Autres formes d'érosion concaves

Les vallées et les ravins décrits ci-dessus ne constituent pas les seules traces d'une érosion du fond du lac : deux importantes régions ne montrent ni vallées ni ravins bien nets, mais des sortes de dépressions larges et peu profondes, de forme allongée et dont le cours sinueux peut parfois se suivre sur plusieurs kilomètres. Ces dépressions se rejoignent en divers endroits et se jettent les unes dans les autres. Il semble que l'on a à faire à des débuts de creusements par des ruisseaux peu importants. Ces formations se remarquent dans les deux régions suivantes :

- a) dans le Bas-Lac, entre la rive gauche et la dorsale, soit en gros au large de Neuchâtel. On remarque dans cette région beaucoup de ces rigoles dont la largeur oscille entre 200 et 800 m et la profondeur entre 3 et 8 m. Elles semblent toutes se rejoindre en un point qui se trouve près de la coupure que nous avons signalée dans la dorsale du lac.
- b) L'autre région se trouve dans la partie médiane du lac, entre la dorsale et la rive droite, soit entre Font et Portalban. Cela donne une sorte de vaste rectangle long de 15 km et large en moyenne de 3 km. On a là une région de topographie de détail assez tourmentée. Nous avons déjà signalé plus haut le fait que les traces d'écoulement montrent que cette partie du lac s'écoulait d'une part vers l'amont, et le point de confluence se trouve là où la dorsale s'interrompt à l'amont ; et d'autre part vers l'aval soit au NE de la Motte, tout près de la coupure de la dorsale. Il est difficile d'interpréter la topographie de cette région. Ces rigoles d'écoulement ont une largeur qui oscille entre 150 et 750 m, et une profondeur qui va de 3 à 6 m.

Ces rigoles d'érosion peuvent se suivre jusqu'à une profondeur de 100 à 110 m.

Ces deux régions topographiquement semblables du lac de Neuchâtel se trouvent l'une entre la médiane et la rive gauche et l'autre entre la médiane et la rive droite. Notons que les rigoles d'écoulement confluent sur trois points différents, tous trois situés au voisinage des coupures que nous avons signalées dans la dorsale du lac.

6. L'auge profonde

Si nous classons à part cette forme d'érosion également concave, c'est que nous pensons qu'elle n'est pas due aux ruissellements, mais à une autre cause que les vallées, ravins et rigoles. En effet, l'auge profonde n'a pas un profil en V mais en U ; ses flancs sont généralement plus raides que ceux des vallées et son fond, au lieu de montrer un chenal d'écoulement est généralement plat ; elle a d'autre part une pente qui n'est pas celle que l'on observe dans les autres formes d'érosion.

Cette auge profonde est particulièrement bien développée dans la partie du lac qui se trouve entre la dorsale et la rive gauche. C'est

surtout dans cette région du lac que les caractères morphologiques de l'auge profonde sont bien marqués. Mais ce n'est pas le seul endroit du lac où ces caractères se retrouvent : en effet, l'auge profonde semble avoir franchi la dorsale dans le secteur du Bas-Lac, là où elle est coupée, et elle est venue s'étaler entre la dorsale et la rive droite, elle a buté contre la rive dans la région de Cudrefin, et remonté d'une part vers le NE en direction des vallées du Bas-Lac, et d'autre part vers le SO dans la région qui se trouve entre la Motte et la rive droite. Dans toutes les parties occupées par l'auge profonde on ne peut plus discerner de chenaux d'écoulement, ni de vallées, mais on a l'impression que toutes ces formes ont été effacées et empâtées par un agent nouveau dont nous parlerons plus loin.

La forme générale de l'auge profonde, sa régularité, la raideur relative de ses flancs, la rupture de pente que l'on observe très nettement le long du flanc gauche de la dorsale, rupture de pente qui descend doucement de l'aval vers l'amont, suggère irrésistiblement que l'auge profonde n'est que l'empreinte en creux d'un ancien glacier qui serait venu se glisser entre la dorsale et la rive gauche. Il aurait franchi la dorsale là où elle était démantelée et serait venu buter contre la rive droite, dans la région de Cudrefin. Il n'est pas certain que le glacier se soit arrêté à Cudrefin et l'on peut très bien imaginer qu'il a poussé plus loin en direction du NE.

Bien entendu, l'auge profonde n'a pas partout une forme régulière en U : les deltas des affluents importants de la rive gauche sont venus modifier ce profil en de nombreux endroits ; dans toute la région située entre Font et Yvonand, là où la dorsale n'existe plus, tout le flanc droit de l'auge a une morphologie assez tourmentée qui semble n'avoir plus rien de glaciaire. Par contre, dans la partie rétrécie du Haut-Lac, on retrouve notre auge très bien formée jusqu'à l'endroit où elle vient rejoindre les vallées du Haut-Lac.

Les relations entre l'auge profonde et ces vallées sont très intéressantes, nous en reparlerons plus loin. La planche 5 montre plusieurs coupes de l'auge profonde.

III. ESSAI DE SYNTHÈSE

1. Introduction

Le chapitre précédent a permis d'exposer les principales découvertes que nous avons faites grâce aux ultra-sons. Il est maintenant possible d'essayer de synthétiser ces découvertes et de tâcher de les intégrer dans une théorie qui tienne si possible compte de tous les faits nouveaux. Je m'en tiendrai strictement au lac de Neuchâtel, car je me réserve d'étudier plus tard les lacs de Bienne et de Morat ; d'autre part, je n'ai pas voulu donner à ce travail l'allure d'un travail académique et c'est pourquoi je ne veux pas pour le moment discuter toutes les hypothèses et théories qui existent dans la littérature au sujet de l'origine et de la formation des trois lacs sub-jurassiens. Je reprendrai cette étude d'ensemble lorsque j'aurai procédé à l'exploration des lacs de Morat et de Bienne. L'essai de synthèse qui suit n'a donc pas d'autres prétentions que de suggérer une vue d'ensemble provisoire et de proposer quelques solutions : cette vue d'ensemble et ces solutions risquent bien de devoir être modifiées par la suite.

2. L'ancien réseau fluvial

Nous avons posé plus haut en principe que ni la dorsale avec ses flancs raides et sa crête parfois aiguë, ni les vallées du Haut et du Bas-Lac, ni les ravins de la rive gauche, n'ont pu se former sous l'eau : ce sont des formes d'érosion sub-aériennes. Pour nous, tout ce complexe topographique qui forme le fond du lac a été autrefois émergé, et, à un moment donné, s'est trouvé englouti sous les eaux. Ce paysage submergé doit ses formes actuelles soit à l'érosion fluviale, soit à l'érosion glaciaire, soit aux deux ensemble.

On doit donc admettre qu'un ancien réseau fluvial est responsable d'une partie des formes que nous avons décelées. Cette hypothèse n'est pas nouvelle : SCHARDT considérait déjà le lac de Neuchâtel comme une partie stagnante et élargie des lits de la Thielle et de la Mentue dont les cours parallèles auraient constitué les deux vallées qui, selon lui, formaient notre lac. En se basant sur des analogies topographiques, SCHARDT pensait que l'île de Saint-Pierre est la continuation de la Motte et que les deux vallées du lac de Neuchâtel se

prolongeaient par les deux vallées du lac de Bienne. Plus tard, après avoir étudié la géologie du plateau de Wavre et remarqué qu'il existe dans cette région un verrou molassique que la Thielle n'a entamé que d'une manière très superficielle, il a modifié ses vues : Thielle et Mentue se rejoignent quelque part au large de Neuchâtel, incurvent leur cours commun vers l'ENE et rejoignent une pré-Broye et un pré-Aar quelque part dans le Grand Marais ou le Seeland.

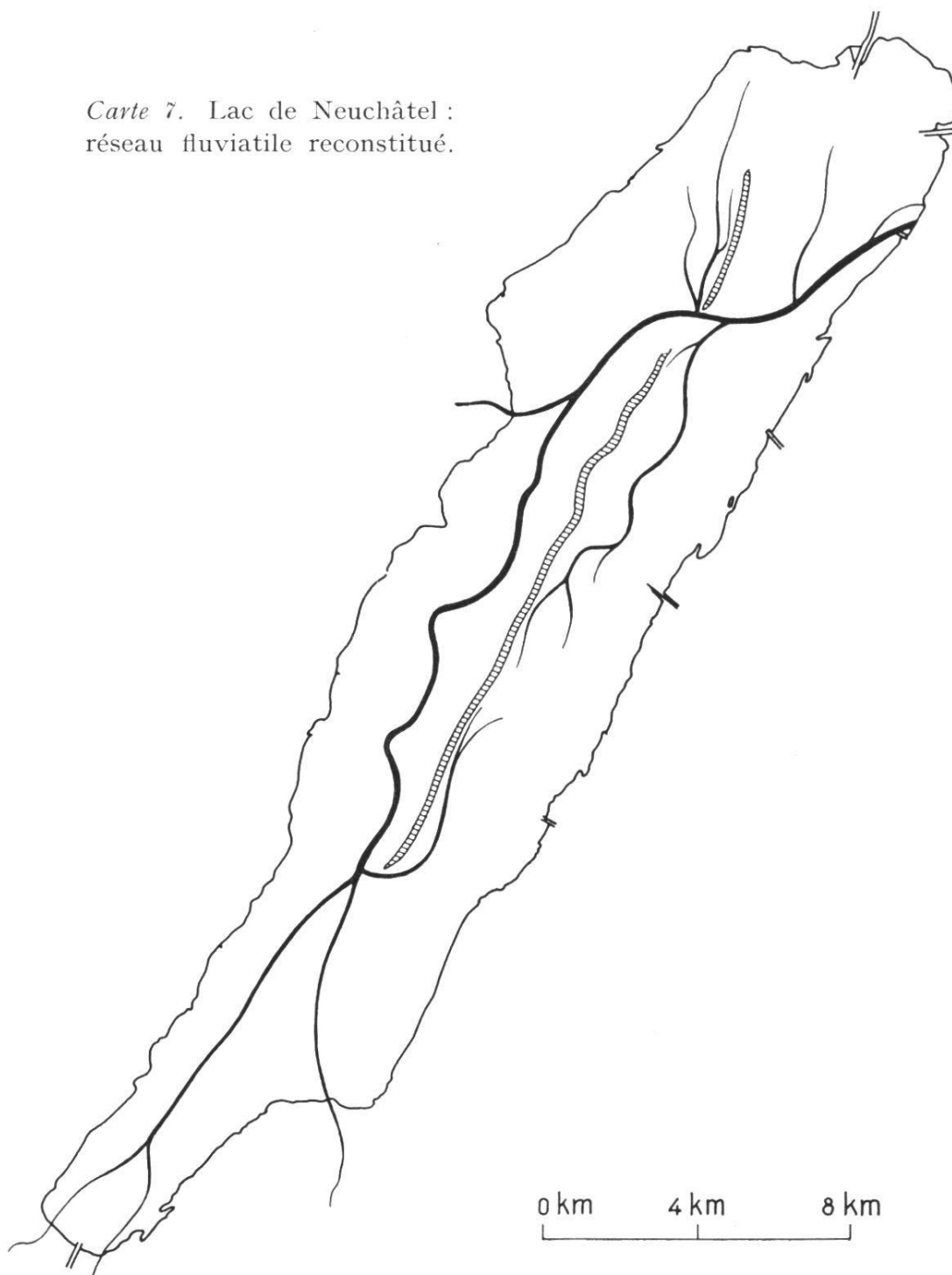
Nos observations confirment en partie les vues de SCHARDT, mais elles les amendent et les précisent sur plusieurs points importants. On observe deux vallées parallèles uniquement dans la partie rétrécie du Haut-Lac, et pas même sur toute la longueur de cette partie. Ces deux vallées parallèles qui correspondent à une partie immergée du cours de la Brinaz et de la Thielle se rejoignent on ne sait pas où et devaient former un seul cours d'eau qui coulait au fond de la dépression actuellement occupée par l'auge profonde. Contrairement aux vues de SCHARDT, la Mentue ne coulait pas entre la dorsale et la rive droite, mais elle a démantelé l'extrémité SO de la dorsale pour venir rejoindre le cours d'eau principal. Ce démantèlement de la dorsale a été activé par des ruissellements issus de la région située entre Estavayer et Autavaux. A peu près en face de son embouchure actuelle, l'Areuse rejoignait également le cours d'eau principal, dont le lit s'inclinait vers l'ENE et traversait la dorsale par la solution de continuité dont nous avons parlé. Celle-ci est en fait une cluse qui sépare les deux parties de la dorsale. Près de cette cluse, arrivaient également les ruissellements issus de la région de Neuchâtel et ceux qui venaient de la région comprise entre la Motte et la rive droite. Le cours d'eau principal continuait toujours en direction du NE et aboutissait près de Cudrefin. Il recevait encore les apports des deux vallées du Bas-Lac qui étaient situées sur sa rive gauche.

Nous avons dit plus haut que la vallée submergée de Cudrefin vient buter contre la rive à environ 900 m au NE de ce village. Ce fait permet de situer exactement à quel endroit du lac sortait le cours d'eau principal : en effet, vers le SO, on retrouve très vite la falaise molassique et c'est entre cette falaise et la vallée submergée de Cudrefin que devait passer le lit de ce cours d'eau. Il longeait probablement la base du pied du Vully avant d'aller rejoindre le cours de l'Aar.

Il faut, bien entendu, admettre que tout cela se passait avant le comblement du Grand Marais par les apports de l'Aar. Cela étant

posé, il n'y a pas de difficultés à concevoir un écoulement général vers le NE, et l'ancien réseau fluvial que nous avons décrit empruntait cette voie. On voit que notre hypothèse confirme les vues de SCHARDT, mais celles-ci sont précisées sur deux points : l'existence d'une cluse dans la dorsale et l'emplacement exact de la sortie. Elles sont d'autre part modifiées en ce sens que la région comprise entre la dorsale et la rive droite n'est nullement une ancienne vallée de la Mentue comme le pensait SCHARDT.

Carte 7. Lac de Neuchâtel :
réseau fluvial reconstitué.



La carte N° 7 que nous publions illustre notre manière de voir et montre que nous arrivons à une explication assez satisfaisante des faits.

3. L'épisode glaciaire

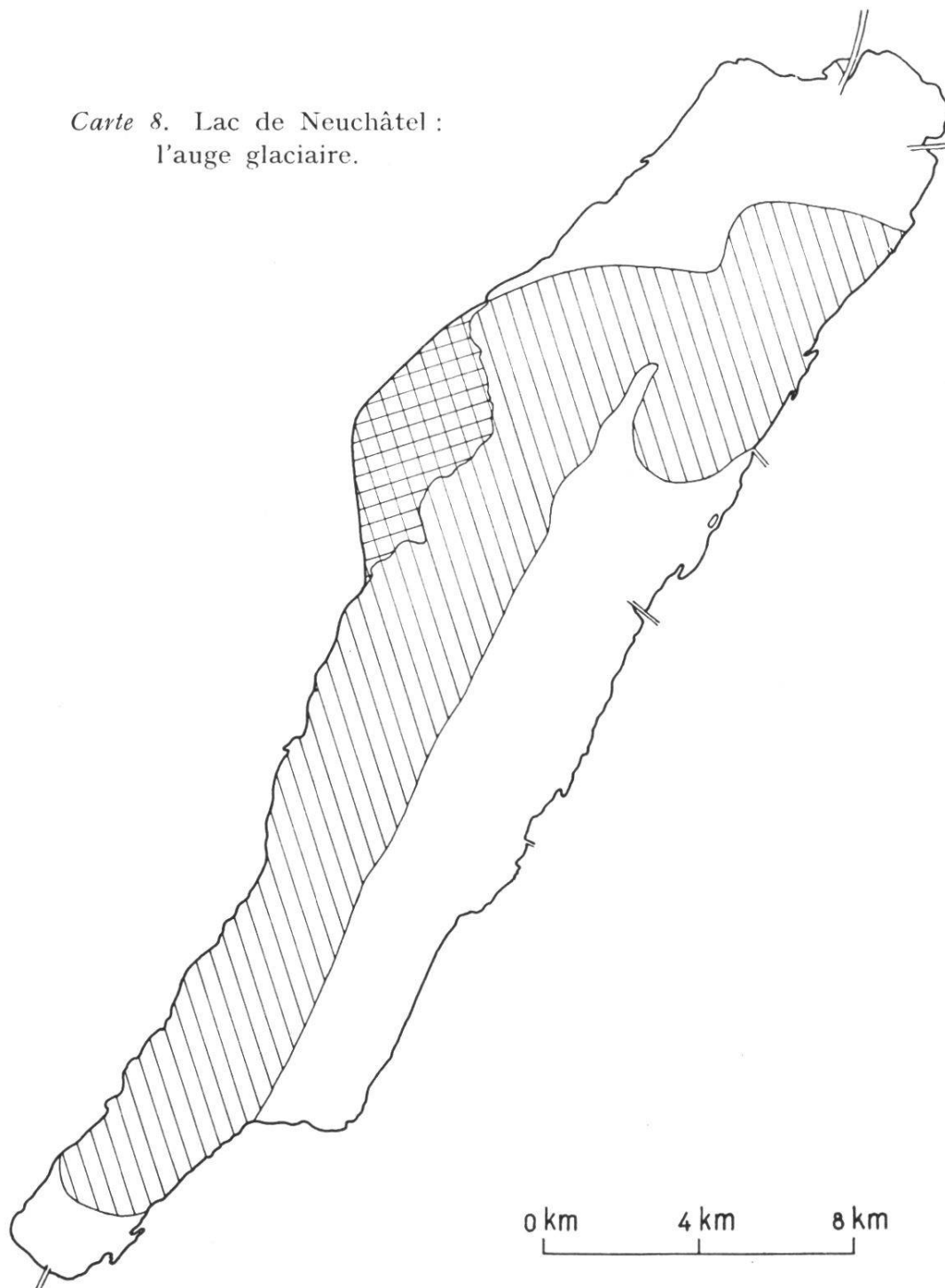
Il nous paraît évident que l'auge profonde est une formation glaciaire. Bien entendu ce n'est pas une certitude, mais une forte probabilité. On ne voit pas quel facteur autre qu'un glacier aurait pu remanier les vallées fluviales submergées qui se trouvaient au fond du lac. L'auge profonde serait tout simplement l'empreinte en creux d'un glacier qui est venu occuper une partie du lit du lac.

Si glacier il y eut, d'où venait-il ? Certes, toute étude géologique ou géographique de notre région doit tenir compte du fait que le glacier würmien est venu se traîner tout le long du pied du Jura. Mais les formes que nous avons décrites, qui sont certainement post-würmiennes, ne donnent pas l'image du fond du lac telle qu'elle avait été laissée après le retrait du glacier würmien, mais l'image d'un pays qui avait été déjà remanié et modifié par l'érosion fluviale. On pourrait éventuellement penser que l'auge profonde, du moins dans sa partie située entre la dorsale et la rive gauche, est l'empreinte du glacier en retrait : mais alors on ne comprendrait pas comment les deux vallées du Haut-Lac n'ont pas été aussi transformées et modifiées par le glacier en retrait qui aurait forcément passé dans ces vallées. On peut penser que nous avons fait une erreur en considérant ces vallées comme plus anciennes que l'auge profonde, et admettre qu'en réalité elles sont plus récentes : mais alors, dans ce cas, on pourrait les suivre tout le long de l'auge profonde, ce qui n'est pas le cas. Par contre, si on attribue la formation de l'auge profonde non pas à un glacier qui *reculait* de l'aval vers l'amont, mais à un glacier qui *avançait* de l'aval vers l'amont en empruntant la vallée fluviale qui préexistait à l'auge profonde, les vallées du Haut-Lac ne posent plus de problème : le glacier s'est arrêté là où elles deviennent nettement visibles et il n'est pas allé plus loin. Nous avons vu plus haut que l'auge profonde a forcé la dorsale par la cluse dont nous avons parlé, la conséquence en est que les vallées du Bas-Lac ont subi le même sort que celles du Haut-Lac : leur partie inférieure a été occupée, modifiée et plus ou moins colmatée par le glacier tandis que leur

partie médiane restait indemne et témoigne encore de nos jours, pour autant que nos hypothèses soient justes, de l'existence d'un ancien réseau fluvial post-würmien repris et remanié par un glacier également post-würmien.

Qu'était et d'où venait ce glacier ? Deux hypothèses sont possibles. Ou bien il s'agit d'un reste du glacier würmien, d'un bras de glace morte qui après avoir séjourné plus ou moins longuement le long du Jura aurait fini par fondre sur place. Dans ce cas, tout ce que nous

*Carte 8. Lac de Neuchâtel :
l'auge glacière.*



avons dit plus haut au sujet de l'ancien réseau fluvial serait faux, les vallées du Haut et du Bas-Lac se seraient formées aux deux extrémités de ce glacier fossile qui aurait protégé l'auge profonde contre l'érosion des eaux courantes. Cette hypothèse soulève de nombreuses difficultés, et l'on ne voit pas bien en particulier comment se faisait l'écoulement des eaux et l'on ne comprend pas que les vallées des extrémités du lac, les ruissellements de la région de Neuchâtel, ainsi que ceux de la partie située entre la dorsale et la rive droite, viennent tous buter contre une masse de glace. Ou bien — et c'est l'hypothèse qui nous semble la plus probable — nous serions en présence d'une récurrence glaciaire locale et notre glacier serait issu du Jura, plus précisément de la vallée de l'Areuse, donc du Val-de-Travers. Il ne faut pas oublier qu'à l'époque, le delta de l'Areuse devait être inexistant et le glacier a très bien pu s'étaler en direction du SO ; rien ne l'empêchait non plus d'avancer en direction du NE et de l'E et d'atteindre la région de Cudrefin en traversant obliquement l'actuelle cuvette de notre lac. L'existence d'erratique jurassien dans le Grand Marais et jusque dans la région de Morat tendrait à prouver que la glace ne s'est pas arrêtée à Cudrefin, mais qu'elle aurait longé le pied du Vully et qu'elle aurait même contourné cette montagne. Je sais les difficultés soulevées par la théorie des glaciers récurrents mais ce que nous avons constaté au fond de notre lac permet à tout le moins de poser une nouvelle fois le problème. La carte N° 8 donne l'image de l'auge profonde, autrement dit celle du glacier. L'actuel delta de l'Areuse ainsi que la basse vallée de cette rivière ont été, sur cette carte, hachurés deux fois.

4. La mise en eau du lac

L'auge profonde est ravinée jusqu'à environ 110 m sous la surface actuelle du lac. Ces ravins se sont formés après la disparition de la glace ; nous avons vu qu'ils sont tous situés le long de la rive gauche, là où cette rive est tangente au Jura. Ces ravins participent à un autre cycle d'érosion que les vallées du Haut et du Bas-Lac. Au-dessous de 110 m de profondeur, le fond du lac ne montre plus de trace nette d'érosion. Il faut dire que les dépôts lacustres sont venus colmater et effacer les formes préexistantes. Cependant, il semble que l'on peut admettre qu'un premier lac de Neuchâtel occupait le fond de la

cuvette du lac actuel et que les ravins venaient se déverser dans cette étendue d'eau. La morphologie de la dorsale montre que seul son point culminant, la Motte, a subi l'atteinte des vagues. L'arête qui continue la Motte est restée aiguë et tout à fait semblable au sommet des collines mollassiques que nous observons autour de nous. C'est dire que la mise en eau du lac s'est faite assez brusquement. Cela est confirmé par le fait que nous n'avons pas trouvé de terrasses d'érosion prouvant un niveau inférieur à celui du lac actuel. Pour une raison ou pour une autre, l'écoulement par l'émissaire a dû s'obstruer assez rapidement et notre lac a pris sa physionomie actuelle en relativement peu de temps.

Les affluents de la rive gauche ont vu leur niveau de base se modifier sensiblement et ils se sont mis à édifier des deltas plus ou moins importants dont nous avons retrouvé les traces sur nos levés. Nous en arrivons ainsi à l'état actuel des choses, et l'on peut penser que depuis relativement longtemps le lac de Neuchâtel a l'aspect que nous lui voyons.

IV. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Pour terminer ce travail je vais résumer brièvement les principaux faits constatés en les classant sous diverses rubriques et en les considérant sous divers points de vue.

1. Résumé chronologique

A première vue on peut résumer les événements de la manière suivante :

- a) L'avancée würmienne du glacier du Rhône vient recouvrir la région des trois lacs sub-jurassiens et laisse de nombreux blocs erratiques sur leurs rives.
- b) Après probablement un certain nombre de phases d'avancée et de retrait le glacier du Rhône quitte définitivement la région.
- c) La topographie glaciaire würmienne telle qu'elle avait été laissée par le glacier est reprise et remaniée par un réseau fluvial qui modèle la dorsale, creuse une vallée entre elle et la rive gauche, perce une cluse dans la dorsale, la démantèle à son extrémité SO. L'écoulement se fait par l'ENE (Cudrefin) et le cours d'eau produit

par la réunion de tous les futurs affluents du lac de Neuchâtel devait longer la base du pied du Vully et rejoindre quelque part dans le Seeland le grand sillon de l'Aar.

- d) Un glacier, probablement issu du Val-de-Travers, arrive par la vallée de l'Areuse, il envahit le réseau fluvial décrit sous lettre c. Un lobe s'étend vers le SO entre la dorsale et la rive gauche et il s'arrête à environ 2 km en aval d'Yverdon. Un autre lobe s'avance vers l'E et le NE, traverse le lac en écharpe jusqu'à Cudrefin. Dans cette région, la rive droite qui n'était probablement pas formée comme maintenant a pu être franchie par le glacier qui s'étale alors dans le futur Grand Marais.
- e) Le glacier disparaît et semble avoir été remplacé par un lac peu profond qui occupe le fond de la cuvette glaciaire. Le flanc gauche de cette cuvette est creusé par des ravins.
- f) Probablement par suite du comblement progressif du Grand Marais par les alluvions de l'Aar, le lac semble avoir monté régulièrement et assez rapidement pour atteindre à peu près son niveau actuel.
- g) Attaquée et arasée par les vagues, la partie culminante de la dorsale qui devait former île perd peut-être une cinquantaine de mètres et devient la Motte ; aux deux extrémités du lac les vagues créent une large beine et effacent l'origine des vallées du Bas-Lac et du Haut-Lac. Les affluents qui se jettent sur le flanc gauche de l'auge profonde forment des deltas, une beine s'installe le long de la rive droite.

Telle serait, très résumée, l'histoire de notre lac dans les temps post-glaciaires. On ne sait pas trop où placer le fameux grand lac qui se serait étendu de Soleure au Mormont. D'après FAVRE ce grand lac serait post-glaciaire, tandis que selon SCHARDT il serait pré- ou inter-glaciaire. De toutes façons, si l'on admet un écoulement par l'ENE, on ne voit pas comment les eaux auraient été retenues de Soleure jusqu'au Mormont, car l'écoulement par le NE suppose un seuil d'altitude plus basse que celui que l'on aurait eu près de Soleure. Cette question du grand lac de Soleure, de même que beaucoup d'autres devront être reprises plus tard.

2. Classification des formes

Si l'on essaie maintenant de classer rapidement les diverses formes qui nous ont été révélées au fond du lac on arrive aux résultats suivants :

- a) Les deux vallées du Haut-Lac et les deux vallées du Bas-Lac seraient les restes du réseau fluvial que nous avons décrit. Leurs parties inférieures ont été effacées par l'auge profonde et leurs parties supérieures par l'action des vagues.
- b) L'auge profonde serait d'origine glaciaire et devrait être considérée simplement comme l'empreinte en creux du glacier dont nous avons parlé.
- c) La Motte et son sommet aplati, les beines qui entourent le lac, de même que les deltas, sont dûs, directement ou indirectement, aux phénomènes qui se passent sous l'eau.
- d) Il est plus difficile d'interpréter les régions qui se trouvent au large de Neuchâtel, et entre la dorsale et la rive droite. Elles montrent des traces d'érosions fluviales et ne semblent pas avoir été occupées en totalité par le glacier. Ce seraient des régions qui ont été émergées assez longtemps, et leur situation géographique était telle qu'elles ne pouvaient pas être parcourues par des affluents importants.

Ainsi, les formes que l'on observe actuellement au fond du lac de Neuchâtel seraient dues à trois causes et elles seraient de trois origines différentes. Ces formes n'ont pas le même âge. Elles sont emboîtées les unes dans les autres et interfèrent les unes sur les autres. Il faut noter enfin que toutes ces formes ont été plus ou moins effacées et empâtées par les dépôts lacustres qui colmatent peu à peu le fond du lac de Neuchâtel à une vitesse d'environ 1 mm par an.

Si l'on prélevait des carottes au fond du lac de Neuchâtel, on devrait s'attendre à des résultats très différents suivant l'endroit où elles sont prélevées, et il semble qu'avant de prélever des carottes il serait bon d'effectuer l'exploration hydrographique d'un lac, car cela peut éviter des pertes de temps et des dépenses inutiles.

3. Conclusions au sujet des sondages par ultra-sons

Le présent mémoire a montré quel intérêt présentent les sondages par ultra-sons. Selon nous, ils permettent avant tout de distinguer des différences de topographie au fond d'un lac. Les sondages au fil, même nombreux, ne peuvent en aucun cas permettre ces distinctions et ils donnent des résultats d'ensemble mous et peu différenciés. Par leur sensibilité, les ultra-sons corrigent très heureusement le côté aveugle des sondages au fil et jusqu'à maintenant les ultra-sons constituent la meilleure méthode pour explorer les parties de notre pays qui sont submergées et qui, par conséquent, échappent à l'observation directe. Leur application à la limnologie et à la géologie constitue une méthode nouvelle, importante, qui mérite d'être perfectionnée et poursuivie. Il n'y a aucun doute que les résultats viendront confirmer ce point de vue. D'autre part, cette méthode a l'immense avantage d'être rapide et pratique. Elle permet de prendre une vue d'ensemble des problèmes, et pour relativement peu de travail elle peut donner des résultats nombreux et importants.

Du point de vue topographique, il est certain que l'on peut faire des critiques fondées aux levés par ultra-sons. On sait que dans les régions où les pentes sont raides on risque de faire des erreurs assez importantes, et je pense qu'il ne serait pas possible d'effectuer le levé topographique précis d'un lac uniquement avec les ultra-sons. Par contre, je pense aussi qu'il est absurde de se priver de ce mode d'investigation qui pourrait doubler très heureusement les levés au fil, compléter ces levés et leur donner une allure qui serait en définitive presque semblable à ce que l'on obtient sur terre ferme. Il est souhaitable que nos spécialistes de la topographie en Suisse ne dédaignent pas systématiquement cette nouvelle méthode sous prétexte qu'elle peut mener à certaines imprécisions.

Pour terminer, je m'excuse de ne pas citer pour le moment de bibliographie. Comme je l'ai dit plus haut, je n'ai pas voulu donner à ce travail la forme d'un travail académique. Je me réserve de reprendre plus tard, lorsque je connaîtrai mieux les lacs de Morat et de Bienne, l'étude du problème d'ensemble posé par les trois lacs sub-jurassiens, et à cette occasion j'entreprendrai l'étude de la littérature concernant l'ensemble de notre région.