

AVIS GÉOLOGIQUE
SUR LA QUESTION DU
DIVORTIUM AQUARUM INTEROCEANICUM
DANS LA
RÉGION DU LAC LACAR

PAR

DR LEO WEHRLI

GÉOLOGUE DE LA SECTION D'EXPLORATIONS NATIONALES
AU MUSÉE DE LA PLATA

Avec une carte et deux planches

AVIS GÉOLOGIQUE SUR LA QUESTION
DU
DIVORTIUM AQUARUM INTEROCEANICUM
DANS LA
RÉGION DU LAC LACAR

PAR
Dr. LEO WEHRLI
GÉOLOGUE DE LA SECTION D'EXPLORATIONS NATIONALES
AU MUSÉE DE LA PLATA

*Appendix technique au rapport préliminaire sur mon expédition
géologique dans la Cordillère argentino-chilienne du 40° et 41°
latitude sud, région du Nahuel-Huapi.*

1. Données géologiques et topographiques

Entré le 22 mars 1898 dans la région du Lacar, j'ai consacré nombre d'excursions à l'étude géologique de ce terrain. Le détail de mes routes est énoncé dans le rapport préliminaire sur mon expédition qui précède ces remarques techniques ⁽¹⁾.

Mon dernier campement vers l'ouest fut dressé près de l'embouchure du rio Hua-Huma sur du *granit*. Cette rivière, tranquille d'abord, coule dans la première demi-lieue sur un plan d'alluvions peu incliné.

Les versants de la vallée sont formés par la roche granitique. autant qu'elle est visible dans les forêts épaisses. Je présume que la Cordillère d'Ipela est granitique également. Dans la zone des sommets, qui atteignent 2000 mètres et plus au-dessus de la mer, existent des restes d'une nappe basaltique horizontale.

Les nombreuses vallées latérales s'ouvrent dans la vallée principale par une brusque inclinaison de leur thalweg. Le fond de ces vallées est bien plus élevé que celui de la vallée principale. Aux versants de celle-ci correspondent des terrasses d'érosion notablement bien conservées. J'en

⁽¹⁾ « Revista del Museo de La Plata », tome IX, pag. 221 et suivantes.

ai observé six depuis l'embouchure jusqu'à deux lieues plus bas, cinq à gauche et une sur la rive droite. et dans quatre niveaux différents au-dessus du rio Hua-Huma; et toutes ces terrasses sont *inclinées vers l'est. c'est-à-dire contrairement à la direction actuelle du rio Hua-Huma.*

Ces terrasses rétrogrades prouvent que la région située à l'ouest du lac Lacar appartenait autrefois au domaine hydrographique de celui-ci et ce n'est que dans un temps plus moderne qu'une rivière du Chili, le Hua-Huma, a attaqué cette terre par l'érosion et s'est fait tributaire les eaux du Lacar pour les emmener au Pacifique.

Avec le courant a augmenté la force érosive du petit ruisseau de sorte qu'il a creusé une gorge profonde. Les affluents latéraux n'ont pas encore pu le suivre partout. Ils se déversaient ailleurs au lac et doivent maintenant s'alligner à la nouvelle base d'érosion.

Quant au paysage, le lac Lacar, qui a six lieues de longueur environ, rappelle le lac de Brienz dans l'Oberland bernois (Suisse).

Le bord nord du lac étant inaccessible dans sa partie orientale, on gravit, pour faire le contour de ces parois à pic, une *rampe de porphyre* s'élevant dans la partie centrale du bord nord à une hauteur de 400 mètres au-dessus du lac (lago Lacar 614 m.), et ce n'est que vers *San Martin de los Andes* qu'on se retrouve au bord du lac.

Au-delà de la rampe, on est surpris par une grande vallée plane, qui par sa configuration se manifeste à première vue comme *fond d'un ancien lac* qui se déversait probablement vers l'est; là encore, presque au même niveau, se trouvent deux régions semblables quoique plus petites. Les eaux presque dormantes d'un ruisseau (Arroyo Quinalahué) serpentent à travers le fond marécageux de cette cuvette topographique pour s'animer ensuite et se jeter de cascade en cascade. par une gorge sauvage, dans le lac Lacar. Un second ravin occidental va également au Lacar en traversant la parois porphyrique.

C'est un contraste frappant entre ces deux gorges jeunes en formation, descendant vers le Lacar, et le fond plat de l'ancien lac de Quinalahué en haut. J'en ai déterminé le point le plus bas avec 824 mètres, tandis que la ligne de circonférence de l'ancien bord du lac se trouve à 1000 mètres à peu près au-dessus de la mer. Regardant plus haut, l'œil rencontre des formes tranquilles et douces, des sommets arrondis; depuis longtemps l'érosion s'y est équilibrée. Au contraire, en bas, vers le Lacar, la formation des vallées est en pleine activité; il s'y forme des gorges étroites à formes aigües et prononcées.

Plus à l'est, suit le *basalte*. C'est la zone basaltique déjà décrite qui perce les granits dans cette localité à une largeur de six kilomètres environ. Elle forme des montagnes très caractéristiques par leur aspect de « têtes » isolées et leur surface arrondie par l'action des anciens gla-

ciers; quelques unes de ces montagnes sont encore couvertes de moraines.

Vis-à-vis du bord sud du lac Lacar, les basaltes forment des parois verticales: un éventail droit, grandiose, de colonnes de lave refroidie. C'est ici qu'a dû passer la fente d'éruption très large dans une direction plus ou moins méridionale. Les basaltes s'en sont écoulés, s'élargissant au-dessus des granits et des grès en forme de nappes, de couvertures volcaniques. L'examen pétrographique des échantillons de cette zone, passant du Lacar par la vallée du Limay jusqu'aux monts Carmen de Villegas et Trenque-Malal au Nahuel-Huapi, démontrera si c'était oui ou non une éruption unique.

A son extrémité orientale, près de San Martin de los Andes, le lac Lacar touche le *granit* pour la seconde fois au flanc est des basaltes, desquels le granit est séparé par endroits par un banc puissant de *porphyre quartzifère*. Celui-ci s'incline vers l'est et gagne des deux côtés le fond de la Vega de Maipú. Granit et porphyre montrent des surfaces moutonnées. Au-dessus s'élève le *Chapelco*, haut-plateau immense de laves et de tufs correspondants. Les tables de basalte s'inclinent de deux à quatre degrés en moyenne vers l'est sortant de la zone d'épanchement.

La *Vega de Maipú* représente aussi un ancien fond de lac. On est frappé de nouveau par les jeunes gorges des petites rivières qui se jettent dans la plaine de la Vega située à cent mètres plus haut que le niveau du Lacar. Mais si l'on remonte un de ces ravins, par exemple celui du milieu du versant nord, on parvient à un col assez large (800 mètres au-dessus de la mer; Vega Maipú: 711 mètres) qui conduit dans une grande vallée ouverte mais *sans rivière*. Nous passons une rampe de porphyre surmontée de basalte, puis deux *remparts morainiques* en forme de demi-cercle ouvert vers le sud, et nous voici arrivés, à 848 mètres au-dessus du niveau de la mer, sur la grande terrasse d'accumulation du *Rio Quilquihué* qui vient du lac Lolog et se déverse au rio Chimehuin, appartenant aussi au système atlantique du Collon-Cura —Limay!

Au fond de la Vega de Maipú, il y a une petite rivière marquée Arroyo Calbuco sur la carte du Musée de La Plata de 1896. Elle forme un marécage dans la Vega, puis descend, par une courte gorge de roches granitiques, à San Martin de los Andes et au lac Lacar. A l'extrémité supérieure, orientale de la Vega de Maipú, cette rivière est formée de deux ruisseaux qui viennent de directions exactement opposées. Le premier, celui du sud, descend du Chapelco. Mais suivons d'abord l'autre, celui du nord! Nous y rencontrons une petite gorge modelée récemment, dans le sens géologique, et puis, à 783 mètres au-dessus de la mer, nous arrivons dans un marécage étroit mais long de deux kilomètres et dont

les bords bien accentués sont en même temps les bords d'une surface de *terrasse accumulée de graviers* s'élevant continuellement quoique très peu vers l'ouest.

Ce marécage est le lit d'une *ancienne et puissante rivière dont les eaux venaient de l'est et se réunissaient à celles du Rio Quilquihué*. La terrasse est la continuation de la *terrasse du Quilquihué* qui vient du lac Lolog et que nous avons déjà rencontrée plus haut; et, côtoyant le marais, nous allons trouver le rio Quilquihué même, à un kilomètre plus au nord-est et à peine dix mètres plus bas. Un ruisseau insignifiant, autrefois affluent droit de l'ancienne rivière de ce marécage, profite aujourd'hui de ce lit abandonné pour joindre le Quilquihué.

L'autre partie de l'arroyo Calbuco, le ruisseau du sud, est séparé du premier, celui du nord, par une large colline basaltique couverte en parties de moraines et de blocs erratiques. En amont, cette partie du Calbuco nous conduit *sur la même* terrasse fluviale du Quilquihué, mais à une lieue plus au sud où il se présente également un ancien lit de rivière avec inclinaison vers l'est, mais dont le ruisseau ne profite pas; il a sa source plus au sud et plus à l'intérieur du plateau du Chapelco.

À l'est, à une distance d'un kilomètre ou deux et sans colline intermédiaire, la terrasse continuant, il existe une autre rivière qui descend du plateau du sud, mais qui tourne vers le nord-est pour suivre l'inclinaison continue de la grande terrasse et se joindre au Quilquihué.

2. Résultat

Résumons tous les résultats obtenus par l'observation du terrain et tâchons de combiner les faits topographiques avec l'explication géologique!

Le passage de la Vega de Maipú vers Lolog, le marécage au nord-est de la Vega de Maipú et l'ancien lit de rivière entre la colline de basalte et le Chapelco *sont trois points très remarquables du « divortium aquarum interoceanicum »*. La ligne de la division des eaux quitte la Cordillère en cet endroit formant une longue courbe. Par ces trois points ont passé dans un temps antérieur des cours d'eau puissants appartenant au système du rio Quilquihué, c'est-à-dire à l'Océan Atlantique. Aujourd'hui, il n'y a plus d'eau, la région supérieure correspondante faisant défaut; ou bien, s'il y en a, elle est drainée vers l'Océan Pacifique.

Les faits sont très clairs. La vue générale est à peine interrompue par des dépôts morainiques. J'ai fixé le niveau de plus de cent points; parmi ceux-ci une vingtaine d'altitudes calculées par différence barométrique observée avec un anéroïde très exact, système Goldschmid.

Nous arrivons donc à la conclusion que la région du lac Lacar en-

voyait autrefois ses eaux vers l'est à l'Atlantique, tandis qu'une érosion de plus en plus active a croisé les Andes du côté occidental et a fini par dévier au Pacifique les eaux du Lacar.

Un canal de trois kilomètres de long et huit mètres de profondeur minimale suffirait pour communiquer le bras septentrional de l'arroyo Calbuco avec le rio Quilquihué, et alors le rio Quilquihué, et avec lui tout le système du lac Lolog, enverrait ses eaux au Chili par Maipú—Lacar. Du reste, l'érosion rétrograde de l'Arroyo Calbuco achèvera ce travail d'une manière *naturelle* dans le délai de quelques siècles!

En concordance complète avec ces conclusions, nous avons trouvé au rio Hua-Huma des terrasses d'érosion rétrogrades, c'est-à-dire avec une inclinaison vers l'est. Et il faut considérer les nombreux fonds d'anciens lacs comme restes d'un niveau plus haut du Lacar et par conséquent d'une étendue de ce lac beaucoup plus grande. Le fait est sûr. Mais ce qui ne m'est pas encore clair, c'est l'ordre chronologique des phénomènes: la formation des vallées, la genèse du lac, son dessèchement partiel, la déviation des fleuves, les relations avec les éruptions de basalte et avec les glaciations, de même que l'âge absolu de la déviation définitive du lac au Pacifique.

Pour ce rapport préliminaire, il ne m'a pas été possible de considérer tout cela. J'ai levé un croquis topographique au 1:100 000 de la région en question, sans théodolite, avec de simples anéroïde et boussole, afin d'y pouvoir noter les observations géologiques. Les cartes existentes marquent à peine les rivières actuelles omettant les anciens cours d'eau. C'est là une région qui méritait une étude plus détaillée tant par ses complications géologiques que par sa position politique dans la zone de la frontière internationale.

3. Quelques remarques comparatives

Les déviations de fleuve qui ont eu lieu dans la région du lac Lacar, pendant des périodes géologiques relativement jeunes, ne sont point un phénomène isolé. Nous avons pu constater de pareilles apparitions au nord, bien qu'à une plus petite échelle dans notre expédition de 1897 au Valle de los Ciegos, Valle Grande, Valenzuela et autres. Dans d'autres montagnes aussi, ces phénomènes sont bien connus.

Les vallées du côté océanique d'une chaîne de montagnes ont ordinairement plus d'eau et d'autant plus de force érosive, et, dans des cas extrêmes, elles ont percé la montagne entière comme à Lacar.

Ordinairement, les lignes de faite coupées ne sont que d'ordre secondaire, séparant deux bras du même ruisseau ou deux affluents du même fleuve ou bien deux systèmes hydrographiques du même océan.

Mais les circonstances particulières, très secondaires pour le phénomène même qu'offre une chaîne de montagnes dans laquelle surgit une ligne divisoire interocéanique (comme, par exemple, dans les Andes), peuvent introduire la complication qu'une déviation de vallée, par le travail érodant d'une rivière voisine, signifie en même temps la déviation de la ligne interocéanique, quelque petits que soient les deux systèmes en question, quelque local que paraisse le fait.

C'est alors une coïncidence que la ligne de faite entre les deux petits systèmes forme en même temps partie du *divortium aquarum inter-oceanicum*. Mais le phénomène naturel reste le même, quand même cette ligne serait prétendue comme frontière politique.

Le cas du Lacar est un exemple de déviation par excellence; c'est vrai. C'est parce qu'il s'agit casuellement de la ligne interocéanique et parce qu'il y a évidemment trois cours d'un «Rio Lacar» disparu qui allaient du côté opposé à l'embouchure actuelle du lac.

Dans les Alpes, il existe un grand nombre de cas plus au moins semblables.

Par exemple:

La *Maloja* est le passage de la vallée de l'Engadin supérieur à la vallée de Bregaglia; c'est une descente immédiate de la grande vallée de l'Inn large et avec un fond plan dans la gorge sauvage de la Maira, saut de 1 800 à 1 400 mètres au-dessus de la mer. Les premières rivières latérales de la Maira sont les anciennes sources de l'Inn que la Maira a déviées par l'érosion. On voit encore la direction du Val Marozzo, etc. vers l'Engadine, et les niveaux de leurs terrasses correspondent avec ceux de l'Engadine et non pas avec ceux de la Maira. Privée d'une grande partie de ses rivières, l'érosion est restée en arrière dans la vallée de l'Engadine; c'est pour cela qu'elle est encore si élevée. Elle appartient au système du Danube de la Mer Noire, tandis que la Maira va au Pô, à la Mer Adriatique (voir la planche).

Du *lac d'Achen* (Tyrol, entre Innsbruck et Kufstein), débouchait un affluent de l'Inn avant la grande glaciation diluviale. Une petite moraine l'a barré ensuite, et aujourd'hui ses eaux cherchent une pénible sortie vers le nord à travers la haute montagne et se joignent avec l'Isar. Mais puisque l'Isar et l'Inn sont tous les deux des affluents du Danube, cette moraine qui a barricadé le lac d'Achen n'est pas une ligne interocéanique.

Il est du reste possible que le Lacar ait aussi été barré temporairement par des moraines à l'extrémité orientale de l'ancien lac (c'est-à-dire de la Vega de Maipú d'aujourd'hui), ce qui aura facilité peut-être les déviations, car on trouve beaucoup de dépôts glaciaires autour des anciennes lignes de ce fleuve disparu, quoique la longue colline entre les deux rameaux de l'arroyo Calbuco soit constituée en grande partie de basalte en place.

Au pied nord-est du Righi, en Suisse, s'étalent le *lac de Zoug* et le *lac de Lowerz* comme restes d'une ancienne vallée noyée de la Reuss. L'érosion et un soulèvement tectonique, travaillant ensemble, ont dévié ce fleuve et lui ont fait chercher une autre issue près de Lucerne. Et les eaux du lac de Lowerz vont quasi en arrière, en comparaison avec la direction de la Reuss ancienne, pour gagner, avec la Muotta, le lac des Quatre-Cantons dans sa partie supérieure près de Brunnen (voir la planche).

Un cas semblable à celui de l'amphithéâtre morainique de la Vega de Maipú vers Lolog, c'est le passage du *Brünig* en Suisse. C'est également un passage d'abord assez plan et ensuite très rapide unissant la haute vallée étendue de la Sarner-Aa avec la grande vallée de l'Aar près de Meyringen. Aujourd'hui, les eaux de la Sarner-Aa vont au lac des Quatre-Cantons appartenant donc au système de la Reuss. Mais, au temps diluvial, le grand glacier de l'Aar a couvert tout le passage du Brünig, pénétrant bien loin dans la vallée de la Sarner-Aa en y laissant des dépôts erratiques en forme de moraines.

De la même manière, le grand glacier du Lacar a pu déboucher de la Vega de Maipú vers Lolog où il a laissé les deux amphithéâtres morainiques.

Les exemples cités jusqu'ici me sont connus par l'autopsie. Pour les comparer avec d'autres montagnes, je citerai encore les *Balkans* et le *Caucase*.

L'*Isker*⁽¹⁾, affluent droit du Danube, croise les Balkans naissant au versant sud qui est, du reste, tributaire des fleuves de la Mer Egéïque. Ce serait une espèce de *divortium interoceanicum* si l'on admettait que la Mer Noire et la Mer Egéïque fussent deux mers différentes.

Au *Caucase central*, les conditions du *divortium aquarum* sont bien nettes et ont beaucoup d'analogies avec notre profil transversal du Lacar.

D'après un profil géologique récemment publié par M. le professeur Alb. Heim⁽²⁾, le Caucase central est formé par un massif central de granit avec un peu de gneiss, de diorite, etc., sur lequel reposent les sédiments plissés des formations paléozoïques et mésozoïques. Les montagnes sont percées par des éruptions de laves andésitiques qui forment les plus hauts sommets, l'Elborus et le Kasbek, s'élevant à plus de 5000 mètres au-dessus du niveau de la mer. «Avec ses cônes volcaniques et avec ses laves» — je cite l'auteur en traduction verbale — «le Caucase est parent avec les Andes»; et pour la physionomie et pour la tectonique ses jeunes volcans lui paraissent «des créatures complètement neuves et exotiques».

(1) SUPAN: «Grundzüge der physischen Erdkunde» 2^e édition, Leipzig 1896.

(2) HEIM: *Querprofil durch den Central-Caucasus*, «Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft, Zürich», XLIII, cahier 1, p. 25 et suivantes, Zurich 1898.

«Pour notre profil transversal du Caucase central», dit M. Heim. «la ligne de faite n'est point située dans le massif central. Le Terek a coupé le massif central dans la gorge de Dariel. La ligne de faite de notre profil se trouve même beaucoup plus au sud de l'axe de l'éventail». c'est-à-dire du massif central. Au lieu de toute autre description, voir la planche où je donne le profil du Caucase central de Heim à une échelle réduite et un peu schématisé.

Puisse-t-il résulter de ces appréciations comparatives la conviction que la déviation de la région du Lacar par l'érosion pacifique représente un phénomène très intéressant et très essentiel, mais que des cas semblables ne sont point rares ni dans la Cordillère ni dans d'autres montagnes!

Musée de La Plata, le 28 juillet 1898.

DR. LEO WEIRLI,
Géologue.



PROFIL GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE MAIPÚ (par Leo Wehrli)

Roches granitiques, porphyriques etc.
 Couches tertiaires (S. Roth)
 Roches basaltiques et trachytiques
 Terrasses d'érosion
 Ancienne direction des eaux
 Direction actuelle des eaux

ECHELLE 1 : 300 000



PROFIL SCHEMATIQUE DU CAUCASE CENTRAL (d'après M. Albert Heim)

pour démontrer le "divortium aquarum"

Grant
 Couches paléozoïques et mésozoïques
 Andésite etc.

ECHELLE 1 : 300 000

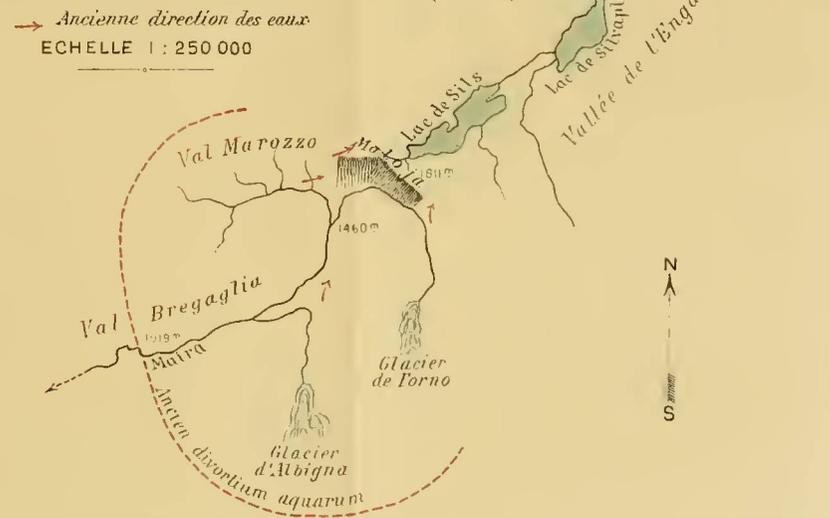


DÉVIATION DE LA REUSS (Suisse)

--- Ancienne vallée de la Reuss

ECHELLE 1 : 500 000

DÉBONDEMENT DE L'ENGADINE SUPÉRIEURE (Suisse)





1. Montagne tabulaire basaltique du Chapelco

G = Granit; P = Porphyre, B = Basalte, T = Terrasses du Rio Quilquihué



2. Passage de l'ancien glacier de Lacar, de la Vega de Maipú à la Vega de Lolog (Rio Quilquihué)

R = Roches moutonnées de porphyre, M = Moraine frontale.

Croquis topographique et géologique

DE LA

RÉGION DU LAC LACAR

(40° L. S. 71° 30' W GREENWICH)

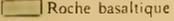
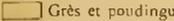
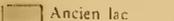
LEVÉ AVEC LE BAROMÈTRE ANÉROÏDE GOLOSCHMID ET LA BOUSSOLE
SANS THÉODOLITE

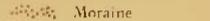
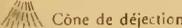
T A N

Dr LEO WEHRLI

GÉOLOGUE DU MUSÉE DE LA PLATA

1898

- | | |
|---|--|
|  Granit |  Roche basaltique |
|  Diorite |  Grès et poudingue
<small>(tertiaires S. Roth)</small> |
|  Gneiss et autres roches
crystallines schisteuses |  Ancien lac |
|  Porphyre quartzifère |  Alluvion fluviale |

- | | |
|---|---|
|  Moraine |  Cône de déjection |
|  Surface moutonnée |  Marécage |
|  Terrasse d'érosion |  Rocher |
|  Plongement |  Maison, cabane |



ÉCHELLE 1:100 000

Itinéraire et campement de l'expédition III et IV, 1898

706	} Altitude au-dessus de la mer (mètres)	} calculée par différence barométrique
628		

Les rapports avec une moyenne de San Martín de los Andes