

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 33 (1897)
Heft: 124

Artikel: Leçon d'ouverture du cours de géographie physique professé à l'Université de Lausanne
Autor: Lugeon, Maurice
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-265053>

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: 18.02.2026

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

LEÇON D'OUVERTURE
DU COURS DE
GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

professé à l'Université de Lausanne

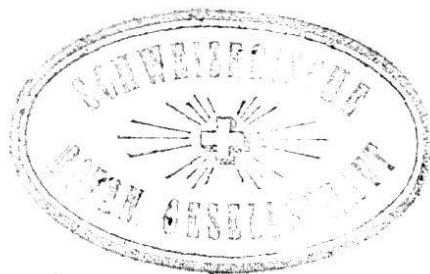
PAR

Maurice LUGEON, Docteur ès sciences.

La vieille géographie. — La nouvelle méthode. — La géographie physique. — Quelques pages du cours : La loi de formation des vallées transversales des Alpes occidentales. — L'histoire de l'Isère. — Le Rhône était-il tributaire du Rhin ?

Leçon prononcée en séance publique devant le Conseil de la Faculté des Sciences le 6 novembre 1896.

Monsieur le Doyen,
Messieurs les Professeurs,
Messieurs les Etudiants,
Mesdames et Messieurs,



Le premier homme qui sut discerner et reconnaître son domaine, qui sut le délimiter, le décrire, fut un géographe. La géographie serait donc vieille comme le monde. En effet, de tout temps, les hommes ont cherché à connaître ce qui les environnait et à pousser aussi loin que possible l'étendue de leur connaissance du globe. Mais ces premiers observateurs, préoccupés surtout du bénéfice matériel de leurs investigations, n'élevèrent pas leur savoir au delà de la pure connaissance des faits, lesquels n'étaient envisagés que pour eux-mêmes, au titre souvent de simple curiosité. Ce qui les occupait surtout était l'étendue d'un territoire, ses frontières, le peuple qui l'habitait, ses mœurs saillantes et ses aptitudes au commerce. Cette géographie ainsi

comprise n'était pas une science, c'était un art. L'art de décrire un pays par ses habitants, par les productions de son sol, par les animaux utiles ou dangereux pour l'homme qui l'habite, par ses fleuves navigables ou non, et par quelques données fantaisistes sur les montagnes, tout cela envisagé comme faits purs et simples, voilà ce qu'était hier et ce que fut durant des siècles la géographie. Alors, tout effort pour étendre les connaissances n'est tenté que dans le but commercial ou colonial; tout enseignement de cette géographie-là n'est qu'une citation de faits, de chiffres, de statistiques : mosaïque dont on ferait voir un à un les cubes sans montrer, parce qu'on ne s'en doutait pas, l'ensemble harmonique des grandes lignes qu'elle représente.

Beaucoup de gens comprennent encore la géographie sous ce jour purement descriptif. C'est ainsi qu'elle est offerte aux élèves dans un grand nombre d'établissements d'enseignement secondaire et primaire. Qui ne se souvient pas avoir appris que telle ville était peuplée par tant de catholiques, tant de protestants, tant de juifs, qu'elle était célèbre par une fabrique de ceci ou cela, etc. ? Sans doute, cette méthode simple, où les faits sont purement accumulés à la même échelle, a sa grande valeur et ne doit pas être entièrement retirée de l'enseignement des jeunes gens. C'est dans l'enfance, alors que la mémoire est vive, alors que tout s'apprend avec aisance, qu'on parvient à se graver en tête ces foules de détails, mais il ne faut pas abuser; il ne faut pas que le maître laisse l'élève s'en aller ainsi sans lui présenter les lignes générales qui, seules, persistent dans le cours de l'existence. Il ne doit pas se dire que plus tard chez l'élève viendront les coordinations. Il faut l'habituer de bonne heure aux généralisations. De louables efforts sont tentés dans ce but nouveau en Suisse; on ne peut que les encourager; la Patrie sans colonie doit offrir plus qu'ailleurs à ses enfants une éducation géographique soignée, car l'émigration si malheureusement nécessaire, est là qui en guette plusieurs.

* * *

La nouvelle méthode ne fait pour ainsi dire qu'apparaître. Aujourd'hui, ce qu'on cherche, c'est la raison de la distribution géographique. L'énumération pure et simple des faits ne nous satisfait plus. La méthode scientifique s'introduit alors par la recherche de la relation de cause à effet, principe même de la science. La géographie s'élève, elle s'anoblit; d'art elle devient

science, et à ce titre elle entre au milieu de ses sœurs leur demandant appui et offrant en retour l'immense étendue de son programme, programme éminemment complexe et dont les racines pénètrent dans tous les domaines. Elle comprend l'étude de la surface du globe et de toutes les manifestations qui s'y révèlent, qu'elle envisage au point de vue de la répartition dans l'espace au moment considéré. Elle s'occupe du globe comme partie indépendante de l'univers, de l'étude de la surface du globe, du relief, de la constitution extérieure de la croûte terrestre, des phénomènes externes et internes qui y ont siège, de l'hydrographie, de la climatologie, de la météorologie, de la répartition des êtres qui l'habitent et de leurs relations entre eux. Vous sentez par cette énumération l'immensité de cette science : c'est plus de la moitié des connaissances humaines. L'activité intensive d'un homme de haute intelligence ne suffit plus pour embrasser avec égal savoir ce multiple programme. La division du travail s'impose et le géographe doit se spécialiser dans ses recherches.

Les subdivisions de la géographie s'enchaînent en un ensemble harmonique

Au sommet, la géographie sociale, politique et coloniale, géographie où des remaniements continuels sont à introduire tant à cause des fluctuations humaines que de la variabilité dans le courant des idées de relations. A la base de cette partie de la géographie nous voyons l'ethnographie, plus fixe, plus conservatrice, sans laquelle, du moins pour un homme qui tend à chercher la raison de toute chose, la géographie sociale devient incompréhensible.

Mais l'ethnographie doit aller puiser ses renseignements dans la géographie biologique, rationnelle, car elle confine aux sciences pures qui s'occupent des diverses manifestations vitales.

Poussant plus loin, nous voyons que les organismes qui peuplent le globe ne se groupent pas selon leur volonté. Le relief du globe et les conditions physiques sont là leur ordonnant par leur immutabilité relative des groupements définis auxquels ils se sont adaptés. Comme base de toute éducation géographique un peu élevée, doit donc être offerte la géophysique, but de ce présent enseignement.

* * *

Il n'est aucune science dont le domaine soit absolument déterminé et indépendant. La géographie se ressent particulièrement

de cette influence réciproque, car elle procède des autres. En effet, on peut dire que chacune d'elles ayant son point de vue de répartition dans l'espace a par conséquent un point de vue géographique. Des choses humaines dépend la géographie sociale et l'ethnographie; à la botanique se rattache la géobotanique; à la zoologie, la géographie zoologique, et à la géologie, prise dans le sens large, s'attache la géographie physique.

On comprend alors la raison de cette tardive venue de la géographie rationnelle. Plutôt pure manière d'envisager les faits, surtout pour les sciences biologiques, que corps de doctrine bien indépendant, elle ne pouvait naître qu'une fois les sciences naturelles, analytiques, arrivées à un certain degré de maturité. Comment se faire, par exemple, une idée de la répartition des espèces si celles-ci ne sont pas connues, et comment les connaître, si la science qui les étudie n'avait pas, par de longs tâtonnements, appris à les déterminer ?

Placée sous ce jour, la géographie devient même une science synthétique. A elle de coordonner les analyses des autres sciences et de les faire valoir dans le sens de la répartition dans l'espace. Il se fait même sentir dans son programme une condensation philosophique, et cette méthode de synthèse ouvre des champs nouveaux et permet — et c'est là sa haute utilité dans l'enseignement supérieur, — permet d'envisager plus facilement, selon les grandes lignes, les choses de ce monde si difficile à connaître un peu à fond dans le domaine de l'analyse, tant sont exigeantes les sciences contemporaines.

Cette méthode nouvelle fait sentir un peu partout son influence bienfaitrice. Partout, dans les milieux universitaires, apparaissent des chaires de géographie ou bien des efforts libres, volontaires. Ce vide se faisait trop sentir dans notre Université et je veux essayer aujourd'hui, sous la haute approbation de l'autorité supérieure du Département de l'Instruction publique, de le combler dans la mesure du possible en ce qui concerne la Faculté des Sciences. Trois fois déjà, un tel cours fut ouvert et deux fois ici même, en cette salle. Il n'y eut pas de suite. Vers 1830, Guinand donnait un cours intitulé comme le nôtre en notre vieille Académie. J'ai sous les yeux le manuscrit d'un de ses élèves, peu jeune à l'heure qu'il est, mais qui me disait encore il y a quelques instants la jouissance qu'il avait eue jadis à entendre ce cours. Si cet enseignement, d'une rare perfection pour l'époque, n'a pas été maintenu, c'est sans doute que la géogra-

phie était partout considérée au titre misérable de dictionnaire. Aujourd'hui, la géographie rationnelle revendique sa place; l'effort que je tente est purement libre; je demande le soutien et l'appui de tous; de mon côté, j'offre les plus grands efforts comme marque de ma gratitude pour ceux qui, dans cette Université, m'ont appris leur science en leurs magistrales leçons.

Plus qu'en tout autre pays, me semble-t-il, la géographie physique devrait être en honneur. N'est-ce pas un de nos compatriotes, le Neuchâtelois Guyot, qui fut le pionnier de la grande réforme géographique? N'est-ce pas Agassiz, Desor, de Charpentier, qui nous ont donné ces immortelles recherches sur les glaciers et le modelé glaciaire? N'est-ce pas à Rutimeyer qu'on doit ce si fécond travail sur le relief de la Suisse, travail qui entraînait tant d'autres? Et n'est-ce pas Escher de la Linth et Heim qui écrivirent ce monument le *Mechanismus der Gebirgsbildungen*, renfermant tant de lois de géomorphogénie? Enfin, n'est-ce pas sur les travaux d'un savant vaudois, dont la présence nous honore et à qui nous demandons pardon d'atteindre à sa modestie d'homme de science, à M. Forel, que doivent se baser toutes les recherches limnologiques en prenant comme modèle ses magistrales pages sur le Léman?

* * *

La géographie physique ou Physique du globe envisage la terre comme une masse indépendante de l'espace. Elle étudie sa forme, son relief, et décrit successivement les groupements naturels de la surface et des êtres, sans se préoccuper des divisions artificielles dues aux régimes politiques. En plus, entrant dans le domaine analytique, recherchant la liaison de cause à effet, elle étudie la raison du relief. Or notre globe est formé par quatre agents qui, continuellement en lutte, modifient leurs actions réciproques dans le temps. Ce sont : l'air, soit l'atmosphère, l'eau, c'est-à-dire l'hydrosphère, la croûte terrestre appelée lithosphère et la masse interne, ignée, la pyrosphère, qui se manifeste à la surface par les phénomènes volcaniques. Ce sont les relations de ces facteurs entre eux qui ont déterminé la forme actuelle du relief de la lithosphère. Nous devons donc connaître ces facteurs, le géophysicien doit être à la fois météorologue, physicien et géologue, et dans les sciences biologiques, zoologue et botaniste. Cependant, le bagage à puiser dans ces sciences est minime, mais par contre indispensable; sans lui, il serait inutile

de se faire une idée, par exemple, de la genèse des formes topographiques, chapitre des plus importants de la géographie physique que les savants américains désignent par le mot caractéristique de géomorphogénie.

Mais il est un facteur important qu'on voit immédiatement apparaître dans la définition même de la géomorphogénie, c'est le temps. En effet, le relief du globe n'a pas été créé en un seul jour. Il est le résultat d'une longue suite de manifestations qui se perdent dans l'origine de la terre. Il nous faudra donc des notions sur ce passé, notions que nous demanderons aux historiens de la terre, c'est-à-dire aux géologues stratigraphes. La géographie physique a donc un point de vue historique, mais formant des corps de doctrines indépendants : la *stratigraphie* ou étude des couches de la croûte terrestre, en y comprenant la *paléogéographie*, soit la géographie des époques passées et la *tectonique*, ou étude des manifestations mécaniques qui ont présidé à l'ébauche du relief par la dislocation de la lithosphère. On voit immédiatement quelle est l'étroite parenté de la géophysique et de la géologie. Un Anglais, M. Mackinder, d'Oxford, a donné, saisissante définition, le programme exact des deux sciences sœurs. La géologie, dit-il, est *l'étude du passé à la lumière du présent*; la géographie dans sa nouvelle méthode, est *l'étude du présent à la lumière du passé*. Ceci suffit pour montrer que l'enseignement de la géographie rationnelle est du domaine du géologue. Elle est nécessaire dans l'enseignement supérieur, parce qu'elle est à la base de la géographie biologique, et celle-ci fait pénétrer ses racines dans tous les domaines que cultive l'esprit humain.

Ce cours ne s'adresse donc pas seulement aux gens qui ont souci de connaître le relief du globe et la genèse des formes topographiques ¹, mais il s'adresse à tous ceux qui s'intéressent aux sciences biologiques y compris les sciences politiques. Les naturalistes, tout aussi bien que ceux qui s'occupent de sciences abstraites, trouveront une ample moisson de faits utiles dans un cours de géographie rationnelle.

¹ Le cours de l'hiver 1896-97 ne traite que du relief du globe.

Mon cher maître, M. Renevier,

Vous avez vu dans votre longue carrière bien des tentatives de la part des jeunes. Moi, plus heureux que les autres, j'ai toujours eu en vous un Mentor qui, depuis dix ans, me prodigue sans cesse la lumière de sa vieille expérience dans les choses de la science. Vous m'avez élevé dans vos idées scientifiques; plus que tout autre, je réclame et je revendique ce titre d'élève qui m'est cher. Aujourd'hui encore, voulant essayer la valeur de votre disciple, vous venez de marquer votre bonté à mon égard en me chargeant du plus important de vos cours, celui de la géologie générale. Il y a six ans vous m'avez associé à votre travail dans le Chablais où, à la suite de mes recherches, le gouvernement français, dans la personne de M. Michel-Lévy, membre de l'Institut, m'attachait comme collaborateur de la grande œuvre de la Carte géologique de France. C'est dans cette deuxième patrie, pour ainsi dire, dans cette Savoie que nous avons tant parcourue ensemble, que, à côté de notre tâche de géologue, vous me faisiez remarquer les effets de l'érosion et que vous me donniez, chemin faisant, vos idées sur les vallées, les glaciers, etc. En créant un géologue, vous avez en plus formé un géographe. Si je me crois à même de tenter aujourd'hui un effort dans cette nouvelle voie, c'est grâce à vous.

La géographie rationnelle dépend de la géologie. Quand sur un arbre vigoureux, maître, on vient à placer une greffe, l'arbre ne refuse pas la sève au nouveau rameau qui va naître. Aujourd'hui, j'ajoute à votre œuvre scientifique une branche nouvelle, mais directement dépendante. Continuez à surveiller votre élève, ne lui négligez pas votre critique, dût-elle même être amère, je n'aurai pour vous qu'une dette toujours grandissante de reconnaissance.

* * *

**La loi des vallées transversales des Alpes occidentales.
L'histoire de l'Isère. — Le Rhône était-il tributaire du Rhin?**

Mesdames et Messieurs,

La chaîne des Alpes, telle que nous la voyons se profiler à l'horizon, n'est pas née en un seul jour. Sans doute, pour nous qui l'observons durant une vie si courte, son aspect géographi-

que nous paraît immuable, mais les recherches des géologues viennent nous montrer, nous prouver, que ces formes découpées n'existent que depuis un temps relativement court. Dès le premier jour de sa lente naissance, la chaîne fut sous le coup des actions atmosphériques, torrentielles et fluviales. Plus un massif est élevé, plus le duel est intense entre la roche et ses adversaires, l'air et l'eau, sous toutes ses formes, et ce combat de chaque jour, créateur du relief, ne sera satisfait que par le nivellement total et certain de la chaîne.

Les fleuves et les rivières qui naissent dans les Alpes et qui acheminent vers la mer ou dans les lacs le produit de leur érosion et celui de leurs affluents ne sont pas, tels que nous les voyons aujourd'hui, les premiers cours d'eau qui ont parcouru la masse montagneuse.

Dès le début du soulèvement, à l'époque miocène, lorsque le plateau suisse était encore sous les eaux d'un golfe dépendant de la mer danubienne, ou bien couvert par des lacs allongés, de grands cours d'eau sillonnaient déjà la chaîne naissante. Ils déversaient leurs alluvions grossières dans la mer helvétique et leurs anciens deltas sont encore visibles. Ces immenses masses de galets agglutinés, plissés par des mouvements postérieurs de l'écorce terrestre, et qui forment cette roche particulière si abondante en Suisse, le *poudingue miocène*, en sont les débris. On reconnaît aisément l'apport de quatre ou cinq fleuves principaux, ayant formé tout autant de cônes de déjection transformés maintenant en massifs montagneux. Ce sont la chaîne du Gäbris, du Speer, la masse du Righi, le groupe du Napf et le Pèlerin au bord du lac Léman. Ces cours d'eau ont entièrement disparu. Directement en amont de leurs deltas « fossiles » on n'en trouve aucune trace. Leur indice nous est cependant donné, me semble-t-il, bien que ceci soit une spéculation hardie que je mentionne sans la soutenir maintenant, dans les cours d'un Rhin, d'une Reuss, d'une Aar et d'un Rhône miocènes qui n'auraient rien de commun avec les cours actuels, sauf la direction imprimée, *héréditaire*, de la partie supérieure de ces cours, là où la Reuss, par exemple, scie du sud vers le nord le massif du Gothard, là où l'Aar coupe le massif du Finsteraarhorn, là où la Dranse valaisanne entame si profondément les ramifications du Combin et du St-Bernard. Il n'est pas téméraire de dire que les hautes vallées alpines doivent être très anciennes, qu'elles remontent aux temps miocènes. Ce n'est plus sans doute la vallée primitive que

nous voyons maintenant : l'érosion a travaillé depuis lors ; nous n'avons plus sous les yeux que la *direction*, que la « surimposition » par approfondissement dans le sol de ces anciens cours qui alluvionnaient les mers de la Suisse.

Mais à la fin des temps miocènes, un mouvement, crise finale, se produisit dans les Alpes et souleva le massif à des altitudes qu'il n'avait pas encore atteint. Bouleversement complet du régime fluvial dans ses parties inférieures et naissance des cours d'eau tels que nous les voyons aujourd'hui !

Vous saisissez alors l'énorme difficulté du problème ! Sur un régime ancien, disloqué, est venu s'en ajouter un autre, puis des « captures », phénomènes d'un autre ordre, sont encore intervenues, engendrant des « cycles d'érosion » différents. Il est excessivement difficile de déchiffrer, au milieu d'un nombre si élevé de facteurs, l'histoire de tel ou tel cours d'eau. Nous allons cependant essayer de le faire pour deux fleuves, le Rhône et l'Isère.

La loi des vallées transversales des Alpes occidentales ¹.

(Pl. I.)

Mesdames et Messieurs,

Avant d'entamer ce difficile problème, il importe que nous en résolvions un autre, non moins difficile, mais dont je crois être à même de donner aujourd'hui la solution, celui de l'origine des vallées transversales des Alpes.

Quand on jette un coup d'œil sur une carte à grande échelle des Alpes, on constate que presque toutes les grandes vallées sortent du massif suivant des lignes transversales à celui-ci. Il en est ainsi du Rhin, de la Reuss, de l'Aar, du Rhône, de la Dranse de Savoie, de l'Arve, de la Borne, du Fier, d'une partie de la vallée déserte en amont du lac d'Annecy, du Chéran, de la vallée abandonnée de Chambéry, du Guiers, de l'Isère à Grenoble, etc.

Que signifie, quelle est la raison de cette remarquable homologie ? Pourquoi ces vallées ne sont-elles pas obliques à la direction de ces chaînons frontaux du grand massif, et enfin quelle

¹ Les lignes qui suivent ayant été lues en conférence publique, n'ont pas la portée d'un travail définitif sur lequel je reviendrai.

est la raison de leur emplacement ? Pourquoi le Rhône, par exemple, a-t-il plutôt creusé son cours entre Martigny et Villeneuve, qu'entre Sion et Fribourg ?

La résolution du problème est aisée pour qui sait lire une carte géologique.

On a dit et répété que lors de la formation de la chaîne des Alpes des fissures s'étaient produites dans de multiples directions et en particulier à l'emplacement des grandes vallées transversales. L'eau, qui choisit toujours le point faible pour diriger sa course, aurait profité de ces fentes plus ou moins béantes qui s'offraient ainsi naturellement, les aurait élargies, pour établir petit à petit ces grandes dépressions telles que nous les voyons aujourd'hui. Si l'on objectait qu'aucune de ces cassures n'était plus visible, la réponse était facile. L'élargissement de la vallée avait fait disparaître entièrement les parois primitives ; les failles encore visibles sur d'autres points étaient l'indice de cassures semblables que l'eau n'avait pas su utiliser.

Mais quand on vint à creuser le tunnel du Gothard, et que l'on vint à passer plusieurs fois sous la Reuss, dont la vallée était le type d'une de ces vallées par cassure, on ne rencontra rien d'anormal. Aucunes traces de faille, de froissement particulier dans les couches ne furent remarquées ¹. La théorie tombait, il en fallait une autre. Sans vouloir ici faire un historique de la question, il est bon de faire remarquer que plusieurs auteurs avaient de bonne heure abandonné l'idée que ces sillons de l'écorce étaient dus à des fractures de celle-ci. Grâce à la démonstration de l'existence d'anciennes terrasses dans les vallées alpines de la Suisse, Rutimeyer, en particulier, fut un de ceux qui contribua le plus à montrer que ces vallées étaient dues à l'érosion et à l'érosion seule. Le problème n'était cependant pas résolu. Il restait à expliquer la raison de l'emplacement des sillons. C'est ce que je vais essayer de faire rapidement, quitte à revenir plus en détail sur ces points délicats dans le courant des leçons.

Les actions de dislocation qui se font sentir sur la lithosphère sont de deux genres. Ou bien l'action dynamique s'exerce sui-

¹ Heim, *Mechanismus d. Gebirgsbildungen*, p. 314 : « Im Gotthardtunnel der in der Schöllenen viermal unter der Reuss durchgeht, war auf's Ueberzeugendste zu sehen, dass keinerlei Verwerfungskluft zur Tiefe geht, auch die Infiltrationen mehrten sich nicht »

vant une force rayonnante et donne naissance à une série de fractures plus ou moins obliques dans la croûte terrestre, ou bien l'action est tangentielle, l'écorce du globe se plie alors sous l'influence de ces poussées latérales ; les roches qui nous paraissent les plus dures, les plus compactes, ne sont plus que pâte d'une extrême malléabilité quand elles sont soumises à des pressions si énormes. Tel a été le cas de toutes ou du moins de la plus grande partie des Alpes occidentales. Quand vous parcourez les flancs des vallées ou lorsque vous longez le pied des escarpements, examinez un peu les roches qui vous environnent. Vous les verrez formées de plis, de couches aux contournements multiples. En considérant les masses en grand, les géologues parviennent à suivre sur des longueurs considérables ces plis de l'écorce terrestre qui se divisent en deux groupes simples, les *anticlinaux* et les *synclinaux*. L'*axe* d'un pli est la ligne qui joint les affleurements d'une même couche. On peut suivre, dis-je, ces plis sur une grande longueur. En effet, jetez les yeux sur une carte géologique et prenons, par exemple, la nouvelle petite carte de la Suisse au 1 : 500 000 ¹. Vous voyez près d'Erlenbach, dans la vallée de la Simmen, un de ces plis prendre naissance, s'élever au nord de Boltigen, de là former, grâce à la particularité des roches qui le constitue, cette admirable et unique chaîne des Gastlosen. Le pli traverse la Sarine, puis se perd au sud de celle-ci pour réapparaître dans la vallée du Rhône, la traverser sous son épais plancher d'alluvion, monter sur l'arête franco-suisse, donner lieu au Mont Chauffé, puis disparaissant encore nous voyons cette bande anticlinale réapparaître dans le massif de la haute vallée de Bellevaux et venir s'arrêter brusquement dans la Pointe d'Orchez sur les bords de la vallée de l'Arve. Ce pli, formé souvent par une série conjuguée de plusieurs anticlinaux, se suit ainsi sur environ 120 kilomètres. Il est formé par des roches dures, des calcaires jurassiques compacts enveloppant des roches triasiques. Et cependant ce grand bourrelet se laisse traverser par la Sarine, par le Rhône, par la Drance d'Abondance, par celle du Biot, par le Brévon, par le Giffre ! Y aurait-il donc en chacun de ces points une fracture du pli ? Non. On constate que chaque fois que le *pli s'approche d'une vallée*,

¹ Heim et Schmidt, Geologische Karte der Schweiz 1 : 500 000, unter Mitwirkung von Herren Renevier, Rollier, Schardt, Lugeon, Muhlberg, Peuck.

son axe, au lieu de rester horizontal, s'abaisse vers la vallée pour se relever dans le flanc vis-à-vis. Tel est le secret de l'emplacement des vallées transversales des Alpes occidentales!

En effet, comme j'ai pu m'assurer que ce fait est général pour un nombre important de vallées que j'ai parcourues dans ce but, permettez-moi de ne vous présenter et d'analyser devant vous qu'un seul exemple, celui de la *vallée du Rhône*, entre Martigny et Villeneuve. Prenons un à un les plis importants (v. pl. I). Le pli synclinal des Rochers de Naye aurait, sous le sommet même, l'axe du Jurassique supérieur, qui constitue une partie de sa masse, à l'altitude de 1600 mètres. Quatre kilomètres plus bas, sous le Mont Sonchaud¹, la charnière du Jurassique n'est plus qu'à 800 mètres d'altitude. Elle s'est abaissée de 800 mètres en se dirigeant vers la vallée du Rhône. Or le pli des Rochers de Naye réapparaît dans le massif du Grammont, sur le flanc gauche de la vallée. On voit le Crétacé s'intercaler dans le Malm doublé sous Chalavornayre, à l'altitude d'environ 900 mètres et remonter avec grande rapidité sous le sommet de la Croix d'Allex, où il atteint, après un parcours de 1,5 km., l'altitude de 1900 mètres, faisant ainsi un bond de 1000 mètres en s'éloignant de la vallée du Rhône.

Prenons un autre pli. L'anticlinal du col de Vernaz sur le côté valaisan de la vallée est rompu le plus profondément dans sa partie la plus élevée, au col même. Ceci est la preuve que son axe s'abaisse vers la vallée du Rhône, car le pli devrait, si l'axe était horizontal, s'ouvrir de plus en plus, au fur et à mesure qu'il serait atteint par des altitudes de plus en plus basses. Sur la même rive, le pli du col de Linleux montrerait d'une façon remarquable le même phénomène. Sur le flanc vaudois, il me serait des plus faciles de vous montrer que tous les axes des plis s'abaissent vers la grande dépression du Rhône. Ces plis du système des hautes Alpes subissent le même sort, il n'y a qu'à considérer les plis à axe très inclinés de Colombey pour s'en assurer.

Seuls, en arrière, les massifs de Morcles et de la Dent du Midi paraissent faire exception, mais la distance énorme qui sépare les deux sommets est telle — 10 kilomètres — qu'elle ne nous permet plus d'appliquer la méthode.

¹ Voir la feuille XVI de l'Atlas géologique suisse et la feuille géologique Thonon (de l'Atlas géologique de la France), par MM. Renevier et Lugeon.

Nous ne rechercherons pas ici la raison de cet abaissement des axes, ce serait vouloir déchiffrer un problème de géologie.

Mais ceci suffit pour nous montrer que le cours du Rhône est sur l'emplacement d'un *pli synclinal transversal*, et que c'est ce pli qui est la cause de l'existence de la vallée. Aucune cassure primitive n'est à rechercher.

La vallée du Rhône, entre Martigny et Villeneuve, est une vallée tectonique due au plissement transversal. Or, ce remarquable état qui n'avait pas échappé aux auteurs des « formes du terrain », à MM. de la Noë et de Margerie, quand ils se sont mis à rechercher l'origine de certaines cluses transversales du Jura¹, n'avait pas été démontré dans les Alpes. Par une série de recherches, je puis établir que les vallées de l'Aar, d'une partie de la Sarine, des Drance de Savoie, de l'Arve, de la Borne, de la vallée déserte de Faverges, du Chéran, de la cluse abandonnée de Chambéry, sont soumises à la même loi, à savoir : *les vallées transversales des Alpes occidentales occupent l'emplacement d'un synclinal transversal au plissement normal des régions considérées*. Telle est la résolution du problème.

Mais il y a plus encore. Lorsqu'une chaîne se forme, à part

¹ En 1896, dans mon ouvrage sur la région de la Brèche du Chablais (p. 266), j'ai déjà fait remarquer que la vallée du Rhône, entre Martigny et Villeneuve, était une vallée due au plissement transversal. En 1896 aussi (Compte rendu des collaborateurs de la Carte géologique de France pour la campagne de 1895, p. 182), j'ai montré qu'il en était de même pour certaines vallées de la Savoie. M. le Dr Ritter a, de son côté et indépendamment de moi, trouvé la même loi pour quelques vallées de la même région et en particulier pour la haute vallée de l'Isère. Mes publications m'assurent la priorité, mais je dois établir ici que les recherches de mon collègue et ami poursuivies en même temps que les miennes enlèvent ici la question de priorité; le phénomène s'impose trop, il ne pouvait rester inaperçu. En 1891 déjà, nous étions arrivés au même résultat, M. Renevier et moi, en étudiant les vallées de la Drance; nous n'avions pas saisi la généralité du phénomène, faute d'avoir eu le temps de la rechercher ailleurs. Il eut été trop téméraire de publier nos résultats sans de nouveaux documents, mais c'est depuis cette époque que je me suis mis à l'étude de cette question, au fur et à mesure de mes voyages. Les recherches de M. Ritter confirment les miennes et celles-ci les siennes. La loi n'en est que mieux établie. Du reste, en lisant attentivement les cartes géologiques des différentes parties des Alpes occidentales, on voit le plissement transversal synclinal se reproduire dans presque toutes les vallées. Il y a donc là une loi générale. Les exceptions, si fréquentes dans les lois naturelles, ne peuvent être analysées ici.

le plissement longitudinal qui est le plus important, il y a, voyons-nous, un système transversal, moins accusé et à plus grande courbure, mais qui a pour lui l'avantage de faire descendre les axes des plis longitudinaux dans les points les plus bas. L'axe du pli transversal subit lui-même une inclinaison moyenne vers la plaine. Or, dans un système ainsi formé, il n'est pas difficile de voir que les vallées transversales ont dû, pour la plupart d'entre-elles du moins, servir de collecteur important pour une région considérable. On pourrait démontrer en outre, et je ne puis songer à le faire ici, que l'axe du pli de ces vallées paraît s'incliner de plus en plus sur l'horizontale à mesure que l'on marche d'amont en aval. Ce fait a donné lieu à une intense érosion régressive, de telle sorte que ces vallées dont le pli est court ont fini cependant par être des plus importantes en s'allongeant vers l'intérieur du massif. Avec ces données, cherchons à résoudre maintenant un problème important, celui des cours d'eau alpins de l'Isère.

L'histoire de la haute vallée de l'Isère.

(Pl. II.)

Mesdames et Messieurs,

Le voyageur, qui des hauteurs du superbe massif de la Tournette, quitte un moment le ravissant aspect du bleu lac d'Annecy pour diriger son regard vers le sud, reste étonné devant un spectacle qui, pour être moins beau, n'est pas moins saisissant. Une large dépression, dont il aperçoit la partie comprise entre Faverges et Marlens, s'ouvre non loin de lui. Placé dans de meilleures conditions, sur l'extrémité nord de la montagne du Charbon, par exemple, sa première idée, instinctive pour ainsi dire, serait de rechercher le fleuve qui devrait couler dans cette vallée. Mais rien ! de grandes et fertiles prairies s'offrent seules à son regard. Considérant la dépression avec sa lunette, il verrait se traîner mollement un cours d'eau sans importance, l'Eau-Morte, qui, descendant des hauteurs du col de Tamié, paraît immobile entre Faverges et le lac d'Annecy. Même aux abords de celui-ci l'eau reste stagnante, elle n'a pas la force de couler, la pente semble être *trop faible* pour elle. Et c'est là le seul affluent important du lac. Le cours ne correspond plus avec l'ampleur de la vallée. Les montagnards, avec leur bon sens ha-

bituel, ont compris la cause de cette désharmonie. L'« Eau-Morte ! » n'est-ce pas là pour eux le reste presque éteint, la manifestation dernière de l'ancien cours important qui a creusé l'énorme vallée transversale du plissement ? La dépression qui s'étend du lac d'Annecy à Ugine est une vallée abandonnée par un cours d'eau jadis puissant, c'est une *vallée morte*.

Descendons sur les bords du lac et remontons la vallée.

La route, presque plane, s'élève insensiblement vers Faverges (pente moyenne de $6 \frac{1}{4} \text{ ‰}$). Elle traverse en pont plusieurs fois l'Eau-Morte.

Notre voyageur, après avoir quitté la petite ville, pénètre sur une grande plaine, et quel n'est pas son étonnement de rencontrer un autre cours d'eau qui, à l'inverse du premier, et dans la même vallée, coule pour ainsi dire à l'inverse du bon sens, contre le centre de la chaîne alpine. Le seuil qui sépare la Chaise de l'Eau-Morte est si faible, cinq mètres seulement, que l'eau alimentant les fabriques de Faverges et provenant de l'Eau-Morte est déversée artificiellement dans la Chaise.

Continuant son chemin, descendant le cours plus rapide de la Chaise, le voyageur traverse le défilé de Marlens, taillé dans les roches urgonienne, néocomienne et dans le Malm, puis, après avoir constaté que le cours de la Chaise est chassé sur le bord sud de la vallée par d'importants cônes de déjection de torrents, il arrive près d'un autre cours d'eau, l'Arly, descendant des hauteurs du Flumet. L'Arly sort d'une gorge profonde, taillée dans les gneiss et le Houiller. L'aspect du pays a changé. Devant lui se dressent des pentes couvertes de forêts et de pâturages. Des parois rocheuses grises dont la teinte tranche faiblement sur le vert, remplacent les belles parois blanches urgoniennes, taillées comme à coups de hache, heurtant le ciel par des coupures vives, qui, là-bas entre le lac d'Annecy et le défilé de Marlens, donnaient au paysage cet enchanteur aspect de la *zone subalpine des Alpes*. Il entre dans la *première zone alpine*.

La vallée morte de Faverges nous donne la clé de l'important problème hydrographique de l'Isère.

En jetant les yeux sur une carte topographique à grande échelle (Pl. II, fig. 1), on constate une harmonie frappante dans la direction des grands cours d'eau alpins de la Savoie. Ils ont une tendance marquée à se diriger vers le nord. Nous voyons le Drac décrire une ligne brisée qui devient sud-nord entre Savel et Grenoble. Il en est de même de la Bréda, de l'Arc, entre

St-Jean et Aiguebelette, de l'Isère entre Moutiers et Tours, près d'Albertville. Ces trois derniers cours d'eau présentent en outre la même singularité : près de leur débouché dans la grande dépression du Grésivaudan, leur tracé change subitement de direction, c'est vers l'ouest qu'il se dirigent alors et même vers le sud-ouest, pour la Brèda du moins.

Ces cours d'eau semblent, à une époque ancienne, s'être tous dirigés vers le nord, puis ayant été captés aux dépens de cours latéraux, ils se sont alors acheminés par un plus court chemin, du côté de la Méditerranée. L'hypothèse est du moins facile à démontrer pour plusieurs d'entre eux.

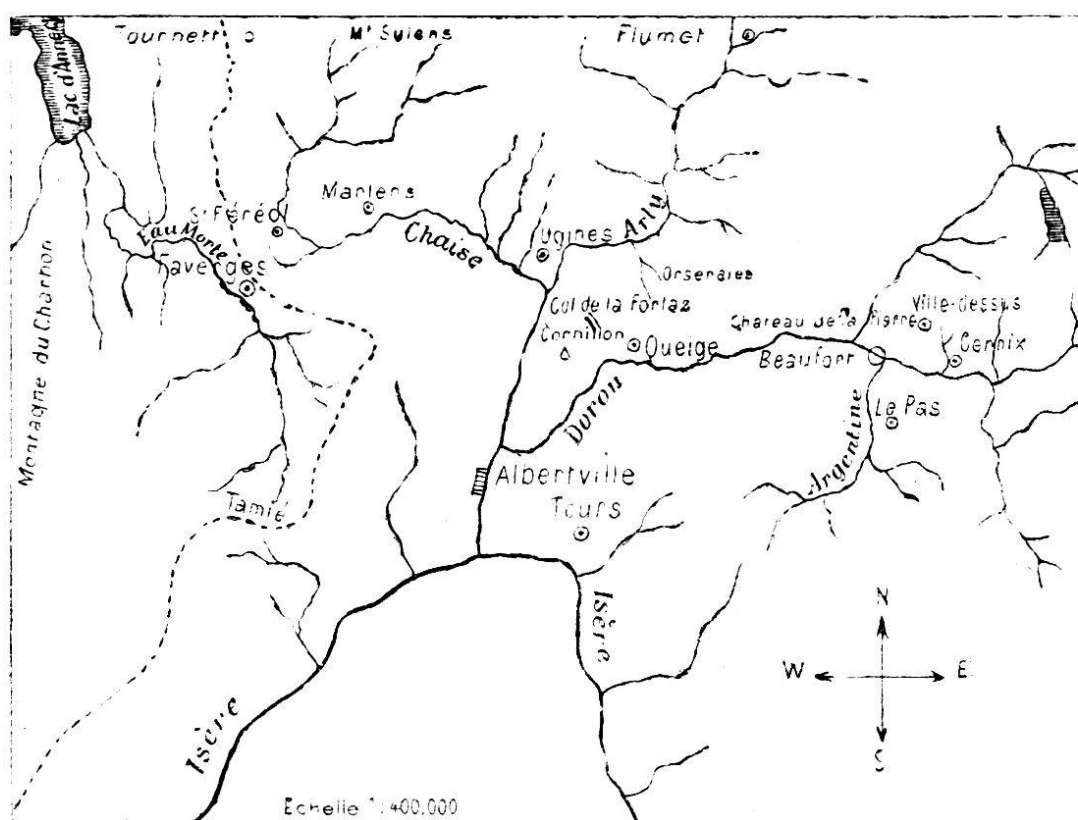


Fig. 1. — Régime hydrographique actuel de l'Isère et de ses affluents.

Le Doron s'écoule de Beaufort jusqu'à Queige de l'est à l'ouest. En ce point, à l'altitude de 560 mètres, il tourne rapidement au sud-ouest. Or, immédiatement dans la direction indiquée par le parcours est-ouest¹ nous constatons dans l'arête de la montagne une dépression importante, le col de la Forclaz, à l'altitude de 879 m., entre le Cornillon (1005 m.) et les Orseraies (1356 m.).

¹ Voir la feuille au 1 : 80 000, 169 bis, Albertville, de l'Atlas du dépôt de la guerre de la France.

Ce col ne peut être expliqué que par l'ancien passage du Doron, lorsque ce cours d'eau, avant d'être capté par un cours latéral dépendant de l'Isère, continuait à s'écouler suivant sa direction primitive, de l'est à l'ouest. On m'objectera ici que la différence de niveau entre le cours actuel au pied du col (560 m.) et le col lui-même (879 m.) paraît infirmer l'hypothèse au plus haut point. Non. En amont de Queige, le Doron coule au pied d'un abrupt rocheux déterminant une terrasse très érodée, il est vrai, ancien thalweg du cours d'eau. Nous poursuivons les débris de cette terrasse jusqu'au château de la Pierre (997 m., cours du Doron, au pied 700 m.); nous les retrouvons aux Villes-Dessus, près de Beaufort (1100 m.). En aval de Queige, par contre, le Doron a un cours plus torrentiel, la pente moyenne est plus rapide. L'hypothèse alors est certifiée par les faits. Coupé par un cours d'eau latéral, le Doron a dû abandonner son ancien tracé. Le cours ravisseur l'a atteint grâce à l'érosion régressive qui abaisse régulièrement d'aval en amont les thalwegs. Le Doron capturé trouvait donc devant lui un chemin nouveau qu'il dut prendre; l'érosion régressive s'est dès ce jour accusée pour lui; il entra dans un nouveau *cycle d'érosion*, grâce à la force vive plus grande qui lui était donnée par sa plus grande chute. Le cours a dû s'encaisser, se creusant un nouveau lit, mais le nouveau cycle ne se traduit pas encore dans toute sa vallée; l'érosion régressive s'étend jusqu'au Pas, le long du cours de l'Argentine, et le long du Doron jusque près des Cernix.

Mais le cours du Doron, en aval du point où est actuellement le col de la Forclaz, ne pouvait que se diriger vers l'ouest, *où se trouve actuellement la vallée de la Chaise dont la direction du cours est inverse*, d'où la conclusion à déduire : *le Doron et l'Arly réunis s'écoulaient anciennement par la vallée morte de Faverges*. Cette conclusion nous explique en outre l'anomalie de la Chaise, qui, avons-nous vu, coule vers l'intérieur des Alpes. En effet, toutes les fois qu'un cours d'eau est coupé par un affluent d'un autre bassin hydrographique le cours capturé s'encaisse par le simple fait de l'érosion régressive, car le ravisseur a pour lui le bénéfice, cause de sa victoire, de couler plus bas.

En avant du coude de capture, par conséquent, doit s'établir un col de vallée qui, en vertu de l'érosion régressive, doit s'éloigner petit à petit du coude dans la direction de l'aval de la partie décapitée. De ce col qui s'éloigne ainsi descend un cours d'eau, faible d'abord, de plus en plus puissant, le cours « obsé-

quent », suivant l'expression des géographes américains, coulant forcément, de par son origine, dans le sens *inverse* de l'ancien cours. La Chaise est un cours obséquent d'une vitalité remarquable, car il a, à son tour, capturé le cours supérieur de la Chaise de St-Féréol du massif de Sulens. Le seuil si surbaissé de Faverges s'est accentué momentanément par l'apport de cônes de déjection dus à la Chaise et à l'Eau-Morte, mais l'érosion régressive continuant à s'exercer, il arrivera un jour où l'Eau-Morte elle-même sera capturée et le lac d'Annecy n'aura plus de tributaire venant de Faverges.

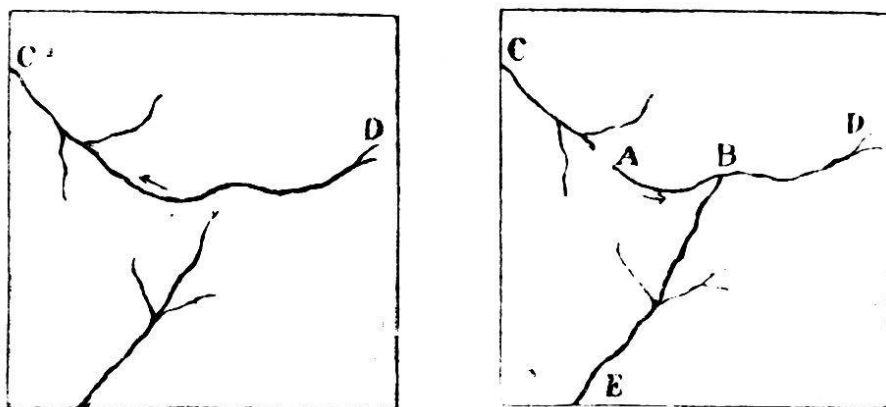


Fig. 2. — Naissance d'un cours « obséquent ». — AB cours obséquent. — AC cours décapité. — D coude de capture.

L'Arly est une fraîche capture. Immédiatement en amont du coude de capture, à Ugine, le voyageur qui remonte ce torrent pénètre en une profonde gorge de toute beauté taillée dans les terrains carboniques et cristallins. Cette gorge est due à l'action de l'érosion régressive, l'ancien plancher de la vallée en a été ainsi complètement modifié. A Flumet, l'impétueux cours d'eau qui a déjà reçu deux affluents en reçoit un troisième important, le torrent des Aravis. Il a obligé ces cours, grâce à son encaissement propre, à s'encaisser eux-mêmes. Remontons la vallée du torrent des Aravis pour nous faire une idée du travail de ce nouveau cycle. La gorge est si profonde que la route ne peut la suivre. Elle s'élève sur la rive gauche dominant le torrent. Tout à coup, près de la Giettaz, la gorge cesse; la route longe le torrent. C'est en ce point, où le torrent se précipite en chute dans son étroit chenal, que se fait sentir actuellement tout le travail de l'érosion régressive. Le point recule de plus en plus, il atteindra la Giettaz un jour, mais à l'heure qu'il est l'ancien cycle subsiste encore : l'ancienne vallée nous est conservée en amont,

telle qu'elle était, à peu de chose près, lorsque l'Arly s'écoulait dans le lac d'Annecy !

Combien plus parlante apparaît cette sauvage nature de la Savoie, quand on peut saisir ainsi la raison de son relief.

Le problème topographique que nous venons ainsi d'élucider, en appelle un autre, beaucoup plus difficile. Le cas que nous venons d'étudier est simple, car les traces de l'ancienne topographie sont trop éclatantes et donnent par elles-mêmes les solutions ; il n'y a pour ainsi dire qu'à lire la carte.

Le cours de l'Isère à Tours, celui de l'Arc à Aiguebelle tournent subitement vers l'ouest. (Pl. II, fig. 1.) Etant donné le système général du plissement, et l'allure de la direction principale de la vallée, ce régime est-ouest ne semble pas être celui qui fut le premier existant.

Directement en avant de ces deux coudes, l'arête montagneuse qui fait face s'abaisse subitement, comme si anciennement, à une époque où les vallées étaient beaucoup moins creusées, elles eussent été une partie de l'ancien plancher de ces vallées. Les débris de cette ancienne topographie sont trop rudimentaires pour que nous puissions serrer de très près le problème, les deux rivières en question semblent avoir voulu tout détruire de leur passé. L'Isère alors se serait écoulée aussi par le lac d'Annecy ; l'Arc, lui-même, aurait suivi le même chemin. En effet, très loin au nord, il est vrai, du coude de l'Arc, nous voyons les montagnes calcaires traversées par un synclinal profond, entamé au col de Tamié jusqu'au Jurassique supérieur. Pour être entamé si profondément, un cours d'eau important a dû jadis suivre ce profond sillon, à une époque où la vallée large de l'Isère actuelle *n'existait pas*. En outre, le pli lui-même, si accusé, a dû, dès sa formation, jouer un rôle important dans l'hydrographie primitive. Il a dû être la voie naturelle, conséquence de sa forme synclinale si marquée d'un régime hydrographique absolument éteint. Et, comme je viens de le dire, c'est justement sensiblement dans sa continuation vers le sud que se trouve le coude si accusé de l'Arc. Y a-t-il dans ces faits une pure coïncidence ? C'est possible, mais bien que les débris de ces anciennes topographies soient par trop rudimentaires pour imposer l'hypothèse, je suis cependant porté à admettre, par ce que j'ai établi pour le Doron et l'Arly, qu'anciennement, à l'époque pliocène, l'Isère et l'Arc s'écoulaient vers le nord. (Pl. II, fig. 2.)

Quel rôle vient alors jouer dans cet ensemble la grande dépression transversale de Chambéry, sans prolongation vers l'est ? De bonne heure, semble-t-il, elle a peut-être été l'ancien tracé de la Bréda, car on peut démontrer qu'elle est le résultat d'un plissement orthogonal plus ou moins net. M. Vivien, de Chambéry, a montré, par une sagace étude des alluvions entourant cette ville, que l'Isère, un moment donné, entre deux grandes glaciations, a coulé dans cette dépression, à la suite d'un barrage morainique. Mais cette démonstration remarquable est en dehors du problème dont nous cherchons maintenant la solution, car ce phénomène est de beaucoup postérieur. Et, du reste, jetez les yeux sur la carte et vous trouverez la démonstration que même la Bréda s'est écoulée vers le nord, délaissant cette entaille actuelle qui paraissait cependant s'offrir à elle. Cet écoulement septentrional ne paraît pas aussi ancien, à cause des altitudes plus faibles de tout ce réseau, que celui de l'Arc et de l'Isère, mais il paraît être toutefois l'impression, la surimposition, à un niveau inférieur de ce qu'il existait à l'époque pliocène, quand toute cette partie alpine était la tributaire du nord.

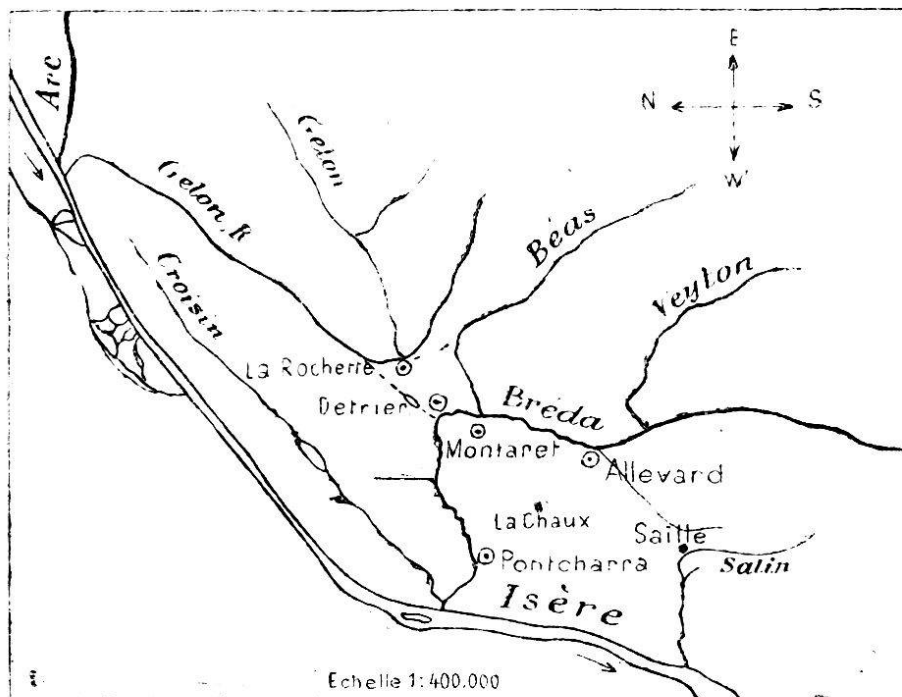


Fig. 3. — Le cas de la Bréda.

En effet, la Bréda se coude brusquement à Détrier pour couper en gorge profonde le chaînon de la Chaux, alors qu'en avant du coude se trouve la large dépression de la Rochette. Cette direction nouvelle que le cours d'eau a choisi lui a été imposée par un torrent latéral; il y a en ce point un des plus manifestes

exemples d'un coude de capture, et le cours décapité, le Gelon, coule vers le nord, dans une large vallée hors de proportion avec lui-même, impuissant dans sa lutte avec les marécages qui l'envahissent. La capture est récente, car aucun cours obséquent n'a pris encore naissance, un petit lac est né sur le col de capture. Mais la Bréda elle-même, devenue autonome, a été mutilée aussi. Le Salin, à la Saille, délaisse à l'heure qu'il est son ancien cours de tributaire. lorsqu'il descendait vers Allevard. Aujourd'hui, grâce à une capture par un torrent latéral ayant pour lui le bénéfice de la ligne de plus grande pente, il a abandonné son ancien trajet et descend directement à l'Isère.

Telles sont les lignes générales du captivant problème que révèle l'hydrographie de cette remarquable région. Une monographie détaillée apporterait à la géomorphogénie des documents précieux que l'heure et l'insuffisance des matériaux d'étude m'obligent à abandonner momentanément.

Cherchons maintenant la raison de la dérivation des cours d'eau vers le sud.

Comme on le voit dans la fig. 2 de la planche I, le régime hydrographique pliocène était le suivant : l'Arc, l'Isère et tous leurs affluents s'écoulaient vers le nord ; le Drac traversait les chaînes frontales dans la cluse de Grenoble et se dirigeait seul vers l'ouest. La grande vallée actuelle du Grésivaudan n'existait pas.

Dans un examen rapide d'une carte géologique à grande échelle, on pourrait croire que le Grésivaudan est une vallée longitudinale. En effet, à l'ouest, nous voyons les massifs des Bauges et de la Chartreuse formés surtout par les roches du Jurassique supérieur et du Crétacique, tandis qu'à l'est, sur la rive gauche, ces terrains n'existent pas ; à leur place, nous constatons le Jurassique inférieur, le Lias et le Trias s'appuyant sur la grande zone cristalline de Belledonne. Cette différenciation remarquable n'est due qu'à l'érosion et la vallée n'est absolument pas parallèle aux plis, elle les coupe obliquement tour à tour. Ce fait a une importance qui ne doit pas nous échapper. En effet, les vallées primitives du système alpin ont dû, dès leur début, coïncider soit avec les synclinaux, soit avec les dépressions transversales. La grande vallée qui nous occupe ne rentre pas dans cette catégorie, elle a donc dû être postérieure. On reste cependant saisi en considérant sa direction presque recti-

ligne NE-SW, dont la raison semble rester mystérieuse. Cependant, si nous étudions une coupe géologique à grande échelle, transversale à la vallée, nous voyons qu'elle longe à quelque distance un brusque ressaut, longitudinal à la chaîne, du substratum cristallin. Sous les Bauges et sous la Chartreuse, celui-ci est placé à quelques cents mètres au-dessous de la mer, alors qu'au sommet du Belledonne (et ce n'est pas le point le plus élevé qu'il atteignait), il monte jusqu'à l'altitude de près de 3000 mètres. Les vallées transversales, avant l'existence de ce Grésivaudan, subissait donc un changement rapide de pente au point où la zone cristalline s'enfonce actuellement sous les terrains sédimentaires de la Chartreuse et des Bauges. C'est grâce, du reste, à cette altitude plus faible que les terrains relativement jeunes de ces deux régions, en particulier tout le Crétacique, ont été préservés de la dénudation intense qui de tout temps s'est effectuée dans la partie interne plus élevée des Alpes.

On conçoit alors la possibilité qu'en ces points de brusque ressaut, déterminant une ligne sensiblement parallèle aux Alpes, mais oblique aux plis des terrains sédimentaires, des conditions différentes que partout ailleurs s'offraient aux actions de l'érosion fluviale et torrentielle. Ces conditions particulières, pour des causes que nous ignorons, ont suffi à la création lente de ce Grésivaudan.

La mer existait encore dans le bassin de Lyon quand le régime primitif, pliocène, que nous avons rétabli, s'écoulait vers le nord. La Romanche possédait, par conséquent, un niveau de base beaucoup plus bas, autrement dit une hauteur moyenne de chute beaucoup plus grande. Or, l'érosion régressive est d'autant plus intense que la pente d'un cours d'eau est plus considérable, et cela non seulement pour le cours d'eau lui-même, mais encore pour ses affluents. Un de ces derniers aura un jour coupé le cours disparu qui s'écoulait par la cluse de Chambéry et cette action de régression se poursuivant inévitablement vers le nord, l'Arc, puis l'Isère, ont été capturés et en dernier lieu le Doron et l'Arly, pendant que la Bréda, qui avait, malgré l'abaissement de l'altitude moyenne du relief continué à couler vers le nord était elle aussi déviée vers l'est, par un cours latéral de la grande dépression alors existante du Grésivaudan.

Telle est la solution, aussi rapidement exposée que nous le permet cette courte leçon, du problème du régime hydrographique si singulier de la haute vallée de l'Isère.

Le Rhône était-il tributaire du Rhin ?

(Pl. III.)

Mesdames et Messieurs,

Notre pays présente un bien singulier phénomène géographique, une sorte d'anomalie qui demande la recherche. L'exposé que je viens de vous faire nous permettra de le résoudre plus facilement.

Deux grands fleuves naissent dans notre patrie, au voisinage l'un de l'autre, et se partagent les eaux du plateau suisse, mais l'un d'eux, le Rhône, ne recoit qu'une infime partie de ces eaux, alors que le Rhin s'alimente de la plus grande majorité. Et pourtant le système du plateau suisse forme une unité géographique remarquable à une foule de points de vue, pourquoi n'en est-il pas ainsi du régime hydrographique ? Jetez les yeux sur une carte géologique. Vous voyez la grande étendue de terrains mollassiques occuper sans interruption, sous son voile parfois très épais de terrains glaciaires, toute la partie comprise entre le Jura et les Alpes jusque dans les plaines de Rumilly, entre les lacs d'Annecy et du Bourget, au point où les arcs alpins et jurassiens se rejoignent. Au point de vue physique, c'est jusqu'en ces lieux que vers le sud-est s'étend le haut plateau de l'Europe centrale. Il se termine dans cette direction par une série de hauteurs relativement importantes au travers desquelles le Rhône s'est frayé une vallée accidentée. C'est sur ces hauteurs qu'on serait tenté de rechercher la ligne de démarcation des eaux méditerranéennes de celles tributaires des mers du nord de l'Europe. Tout au contraire, ce faite se fait sentir entre le Jura et les Alpes en suivant une ligne sinueuse sans importance topographique. Le Rhône vient frôler cette ligne aplanie ; si l'on fait abstraction du Léman, le fleuve coule pour ainsi dire sur l'arête. La carte géologique n'est pas en accord avec le régime topographique. Le Rhône, en arrivant dans le plateau suisse désobéit à l'allure générale des cours d'eau qui sillonnent cette partie de l'Europe qui, primitivement, étaient tributaires du bassin danubien, plus tard du Rhin seul, quand ce fleuve, cherchant son chemin entre les Vosges et la Forêt-Noire, devint autonome. Le Rhône n'a-t-il pas été arraché au bassin du Rhin, son indivi-

dualité n'est-elle pas le fait d'un captage postérieur à son existence? Essayons d'élucider le problème ainsi posé.

Pour cela, remontons un peu dans l'histoire de la terre et voyons ce que nous pouvons tirer des documents accumulés par les géologues.

Dans les âges de l'époque nummulitique, une longue méditerranée occupait l'emplacement des chaînes frontales de nos Alpes. Celles-ci ne formaient qu'un archipel. Les couches marines les plus anciennes de cette époque qui puissent nous intéresser contenaient la *Nummulites perforata*. Ces couches, dont on n'a constaté que des traces excessivement rudimentaires et très douteuses dans nos Alpes vaudoises sont absolument absentes dans le massif de la Dent du Midi, dans tout le Genevois, et c'est seulement dans les Bauges que nous les retrouvons, représentées par un faciès littoral manifeste. Il y avait donc un axe qui, sinon complètement exondé du moins accusé sous les flots, devait exister entre l'emplacement des Alpes bernoises et les Bauges dans cette méditerranée éocène. Puis l'axe s'accuse avec le soulèvement alpin. La mer se retire vers le sud et vers l'est. Pendant l'Aquitanién, la mer qui s'était complètement retirée des Alpes centrales est remplacée chez nous par de grands lacs. Mais, après des vicissitudes multiples sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre, la mer réapparaît durant l'âge helvétien. Les eaux de la méditerranée danubienne s'approchent vers le Pays de Vaud en marchant de l'est vers l'ouest. Du sud, remontant un golfe occupé par le bassin du Rhône actuel, une autre méditerranée vient rejoindre la première. L'axe que nous avons établi s'était transporté vers le nord, à l'emplacement du plateau; il est de nouveau submergé, puis lors de la crise finale du soulèvement alpin, les eaux sont de nouveau chassées vers l'est; l'arête s'accuse au point où le Jura se rattache aux Alpes. La ligne de partage des eaux des bassins danubien et méditerranéen a donc subi plus d'une vicissitude sur cet espace remarquable de l'Europe. Si l'axe paraît en dernier lieu s'être fait sentir surtout au sud du plateau suisse, au point d'attache du Jura et des Alpes, le Rhône, dont la vallée transversale était née avec les derniers plissements alpins — cause du refoulement des eaux marines — ne pouvait alors que s'écouler dans la direction de l'est dès son débouché dans le plateau mollassique, car il y avait une trop grande barrière de plis à l'ouest. Le Rhône, la Drance, peut-être l'Arve, étaient alors et durant tous les temps pliocènes des tri-

butaires du Rhin. Voyons maintenant si la topographie du pays de Vaud appuie l'hypothèse géologique, ou même, ce qui est mieux dire pour nous ici, si cette topographie ne doit pas être expliquée par l'hypothèse; ce serait ainsi la démonstration de celle-ci.

Le partage des eaux des bassins de la Méditerranée et de la mer du Nord se fait suivant une ligne sinueuse à travers le Pays de Vaud. (Pl. III, fig. 1.) Longeant le bassin fermé du lac de Joux, l'arête remonte vers le nord-est; elle se contourne, indécise, vers l'est, séparant le Nozon de la Venoge, divise le Mormont où deux entailles la coupent : celle de la Sarraz et la vallée morte d'Entreroche. De là, elle descend vers le sud-est, courant sur le plateau mollassique, traverse les forêts du Jorat, lance une pointe vers le sud, sur Grandvaux, à *deux kilomètres seulement du Léman*. Elle remonte légèrement vers le nord, tout en côtoyant le grand lac, puis le cours des Veveyse rejette cette ligne de partage vers le nord, d'où elle redescend encore vers le sud, au-dessus de Villeneuve : elle vient d'entrer dans le système montagneux des Alpes.

Malgré ces contournements multiples, on voit que la ligne a une tendance marquée à se rapprocher de l'embouchure du Rhône dans le Léman.

Si nous faisons abstraction du Léman dont la formation récente, due au tassement du système alpin, comme M. Forel et les géologues zurichois l'ont démontré, est postérieure aux phénomènes dont nous cherchons l'explication, les masses mollassiques du plateau devaient s'étendre jusqu'au pied des Alpes pendant le Pliocène. Le Rhône, dans sa vallée transversale, coulait à une altitude bien supérieure à l'actuelle. *Juste en avant* du coude qu'il fait en arrivant dans le Léman, *nous constatons dans la ligne de partage une forte dépression*. Cette dépression d'*Attalens*, entre le mont Pèlerin et le mont Vuarat, n'est sillonnée que par un misérable cours d'eau, non en harmonie de volume avec la grandeur de la vallée. Le col, en amont de ce vallon est à l'altitude de 757 mètres. Le mont Pèlerin mesure 1077 m. et le Vuarat 981 m. La direction de la dépression est absolument celle de la vallée transversale du Rhône. Elle se continue au nord par la grande vallée de la Broie. Ceci posé, il nous est permis d'établir l'hypothèse suivante : *la dépression d'Attalens est une vallée morte sillonnée par le Rhône à l'époque pliocène quand le fleuve était tributaire du Rhin*.

On m'objectera ici que la dépression présente, relativement à la vallée transversale du Rhône, un profil plus accidenté qui ne lui est pas comparable. Sans doute, mais il ne faut pas oublier dans toute cette recherche que ce ne sont plus que des débris de l'ancienne topographie, pour ainsi dire, qui nous restent de ces temps disparus, et plusieurs fois les actions glaciaires générales et les actions torrentielles locales sont venues les déran-ger. Ainsi, le profil du thalweg de la Broie n'est pas celui qui nous intéresse, c'est toute la dépression, et elle est considérable, sur laquelle nous devons nous baser. Autrement dit, ce sont seules les grandes lignes topographiques qui peuvent nous guider, abstraction faite des nombreuses sculptures postérieures du sol.

Une autre dépression, plus importante encore, sillonne notre pays. Elle s'étend du lac de Neuchâtel au Mormont et de là à l'embouchure de la Venoge dans le Léman. Regardez la carte : cette dépression considérable est immédiatement en face du cours de la Drance, c'est là que doit être recherché l'ancien chenal par lequel cette rivière torrentielle se rendait dans la partie basse du pied du Jura, tributaire du Rhin.

Rutimeyer, avec son génie, avait bien saisi le rôle qu'avait dû jouer cette sorte de col du Mormont dans l'histoire du réseau hydrographique suisse. Pour lui, le seuil si bas c'était l'ancien passage du Rhône pliocène ; il n'y a eu en effet que 76 mètres de différence entre le niveau du Léman et la ligne de partage des eaux des deux grands bassins. L'idée du Rhône tributaire du Rhin n'est donc pas nouvelle. Nous devons cependant abandonner la manière de voir du savant bâlois, tant s'impose à nos yeux le rôle qu'a dû jouer la dépression d'Attalens, car pour se rendre au Rhin par le Mormont, le fleuve valaisan aurait dû faire un coude singulier que rien ne justifie.

Quel rôle a joué l'Arve dans cet ancien réseau fluvial ? Il est possible qu'elle ait coulé aussi vers le Rhin, mais l'absence de documents topographiques nous laisse dans le cadre des conjectures.

Pendant que le Rhône et la Drance s'écoulaient ainsi vers le nord-est, la mer méditerranée pliocène s'étendait jusqu'à Lyon et la grande vallée de la Saône entre le Jura et le massif central constituait un vaste lac dont la longueur nord-sud était d'environ 250 kilomètres. Or le travail de l'érosion fluviale est d'autant plus intense que la hauteur de chute est plus grande. Sur

le noyau de l'Europe centrale, les eaux qui se rendaient vers le sud, grâce à la proximité de cette mer, devaient établir dans leur cours une érosion régressive plus active que celles se rendant dans le nord. C'est ce que nous avons déjà vu pour l'Isère. La ligne de partage des eaux de l'Europe devait donc et doit donc reculer vers le nord.

Un jour est venu où l'Arve, si elle a coulé vers le nord, a été capturée au bénéfice de la Méditerranée. Plus tard, la Drance à son tour, est devenue cours latéral de l'Arve et le Rhône a suivi, détourné par un torrent latéral de la Drance. Cette succession de captures s'est faite dans l'ordre indiqué, car le cours obséquent dû au détournement de la Drance, soit la Venoge (dans sa partie comprise entre la Sarraz et le Léman) est bien plus considérable que celui qui descend du haut du col de la dépression d'Attalens; ce n'est qu'un misérable ruisseau sans importance, descendant en cascade du haut du col de la dépression d'Attalens vers le Léman.

Le Rhône, devenu autonome, a cherché à étendre son domaine vers le nord, suivant la loi de l'érosion régressive, conséquence de cette sorte d'appel des eaux de l'Europe centrale vers la mer méditerranée. En effet, si nous examinons sur une carte à grande échelle (1 : 100 000) l'aspect général de la topographie vaudoise, nous voyons l'ancien régime prédominer *en direction* dans les cours supérieurs de deux tributaires du Léman : la haute Venoge et la haute Veveyse.

Le Veyron, affluent de la Venoge, prend naissance près de Bière. Au lieu de s'écouler vers le Rhône, il coule dans une direction opposée et rejoint la Venoge près de Chevilly. De ce point de confluence, la Venoge coule vers l'est, effleurant d'un kilomètre à peine la ligne de partage des eaux du Rhône et du Rhin. L'arête, si on ose s'exprimer ainsi, présente ici une coupure bien nette, celle de la Sarraz, taillée dans les roches néocomiennes. Cette entaille est l'ancien lit de la Venoge, quand ce cours d'eau, avant d'être détourné par le cours obséquent (Venoge inférieure), dû à la Drance, s'écoulait dans le bassin du Rhin. Le Mormont présente en outre un fait digne de remarque, dont nous chercherons plus tard la signification, c'est la vallée morte d'Entreroche, taillée sur la ligne de faite dans la roche relativement dure du calcaire urgonien. Il y a du reste en ce point, le plus bas de la ligne de faite, plusieurs problèmes à résoudre, que le temps m'oblige à remettre dans la suite de nos leçons.

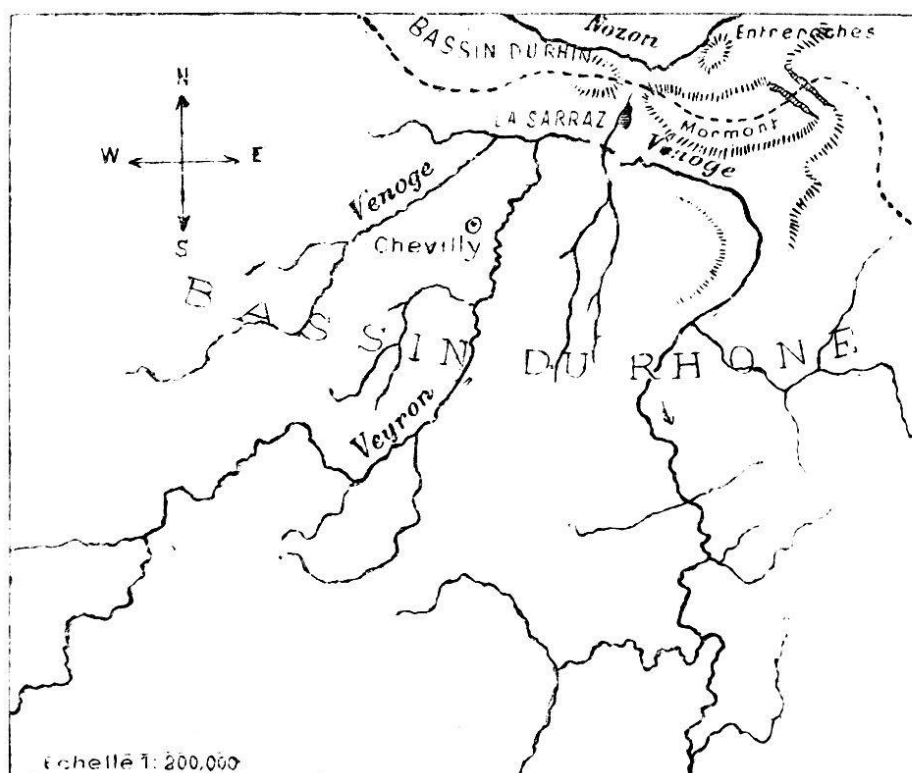


Fig. 4. — Coude de la Venoge.

La Veveyse de Châtel-St-Denis est une capture encore plus fraîche que le Veyron et la Venoge. Ce torrent, qui naît sur les flancs de la Dent de Lys, coule de l'est à l'ouest, sans paraître se soucier de son sort, tant sa direction indique comme une flèche la vallée de la Broye. Mais à Châtel, bien qu'une vallée taillée dans le poudingue aquitainien s'offre à lui, le torrent semble la dédaigner, et brusquement, à angle droit, changeant la direction de son thalweg, s'oriente nord-sud et se dirige vers le Léman. La vallée dédaignée, c'est son ancien tracé, quand le torrent était tributaire du Rhin. Rien n'est plus caractéristique que ce cours décapité de la Veveyse. Placé sur les hauteurs du mont Cheseau, un observateur attentif, examinant la vallée de la Veveyse de Châtel, reste frappé de voir dans sa continuation une vallée verte jusqu'au fond du thalweg où se trouve un petit ruisseau. S'il ne sait pas que la Veveyse subit ainsi un coude si brusque derrière le Vuarat, cette disparition lui paraîtra tenir du mystère. Ce coude de la Veveyse de Châtel est un des plus caractéristiques et des plus frais coudes de capture que l'on puisse imaginer. Le seuil qui sépare le thalweg actuel de la vallée abandonnée n'est que de 7 à 8 mètres. Il suffirait d'une simple tranchée pour faire reprendre à la Veveyse supérieure son ancien lit.

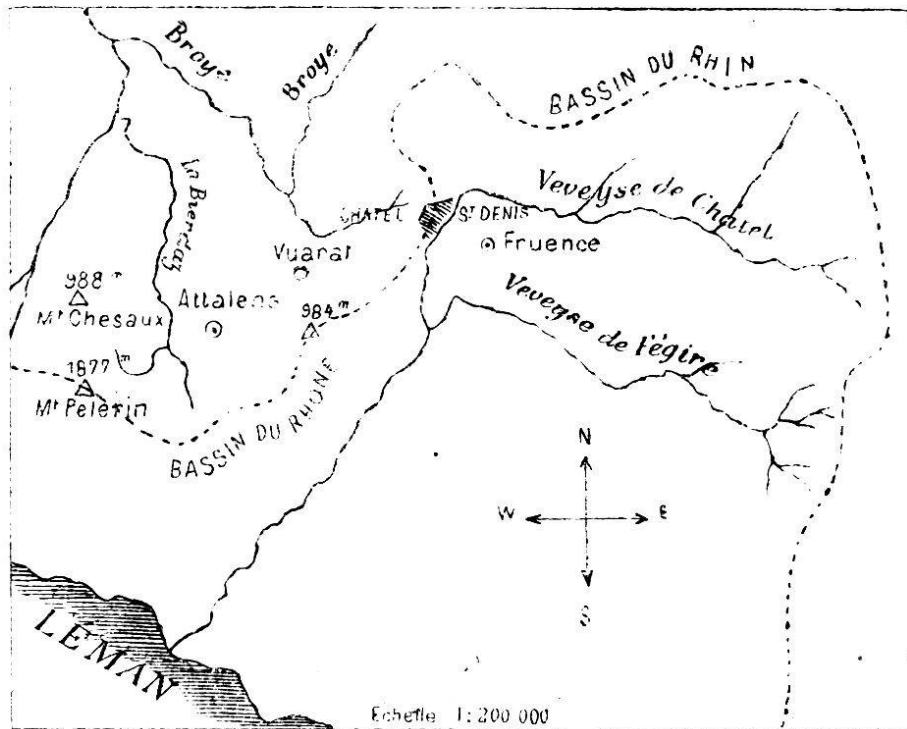


Fig. 5. — Coudes de la Veveyse.

La Veveyse de l'égire paraît avoir suivi aussi ce chemin délaissé par sa sœur, comme sa direction, manifestement orientée, semble l'indiquer, mais ici les preuves laissées par l'ancienne topographie sont si rudimentaires qu'on est, pour le moment du moins, réduit aux conjectures. Quoi qu'il en soit, qu'une ou les deux Veveyse aient coulé dans la direction de l'ouest, à une époque antérieure à l'actuelle, il suffit que le phénomène de capture soit bien patent pour l'une pour que nous ayons la démonstration que dans ce point aussi la ligne de partage des eaux des deux grands fleuves a reculé vers le nord au détriment du Rhin. Ce fait, avec celui que nous a montré l'étude sommaire du cours de la Venoge, ne viennent-ils pas corroborer notre hypothèse ? Le Rhône, devenu autonome, a cherché à agrandir son domaine. Il cherche même, fleuve vigoureux qu'il est dans le Valais, à cause de son tracé facilité dans une vallée transversale du plissement, à réduire ses propres tributaires. Ainsi, le torrent du Morgin, qui s'écoulait anciennement par le col du même nom dans la Drance d'Abondance, a été capturé, et la jeune capture n'a pas même eu le temps encore de fixer son profil vertical ; au-dessous du coude, c'est dans une gorge profonde, par cascades, que s'écoule le torrent, et l'encaissement dû à l'érosion régressive se fait à peine sentir en amont du coude de capture.

Mais laissons ces phénomènes secondaires. Il y aurait un

autre point à discuter ici pour que nous puissions nous faire une idée complète de la genèse de la topographie vaudoise : l'origine du Léman. Le Rhône s'écoulait déjà dans la Méditerranée lorsque le lac a pris naissance, à la suite du tassement des Alpes. La forme arquée si singulière du Léman nous est expliquée par ces captures successives de la Drance et du Rhône ; c'est un lac composite. Mais l'étude de ce phénomène nous entraînerait trop loin, et d'autres déjà, et des plus éminents, ont cherché la clé du mystère. Il nous suffit, pour aujourd'hui, d'avoir apporté quelques lumières dans ce problème de géomorphogénie, si long à déchiffrer, celui de l'origine du Léman.

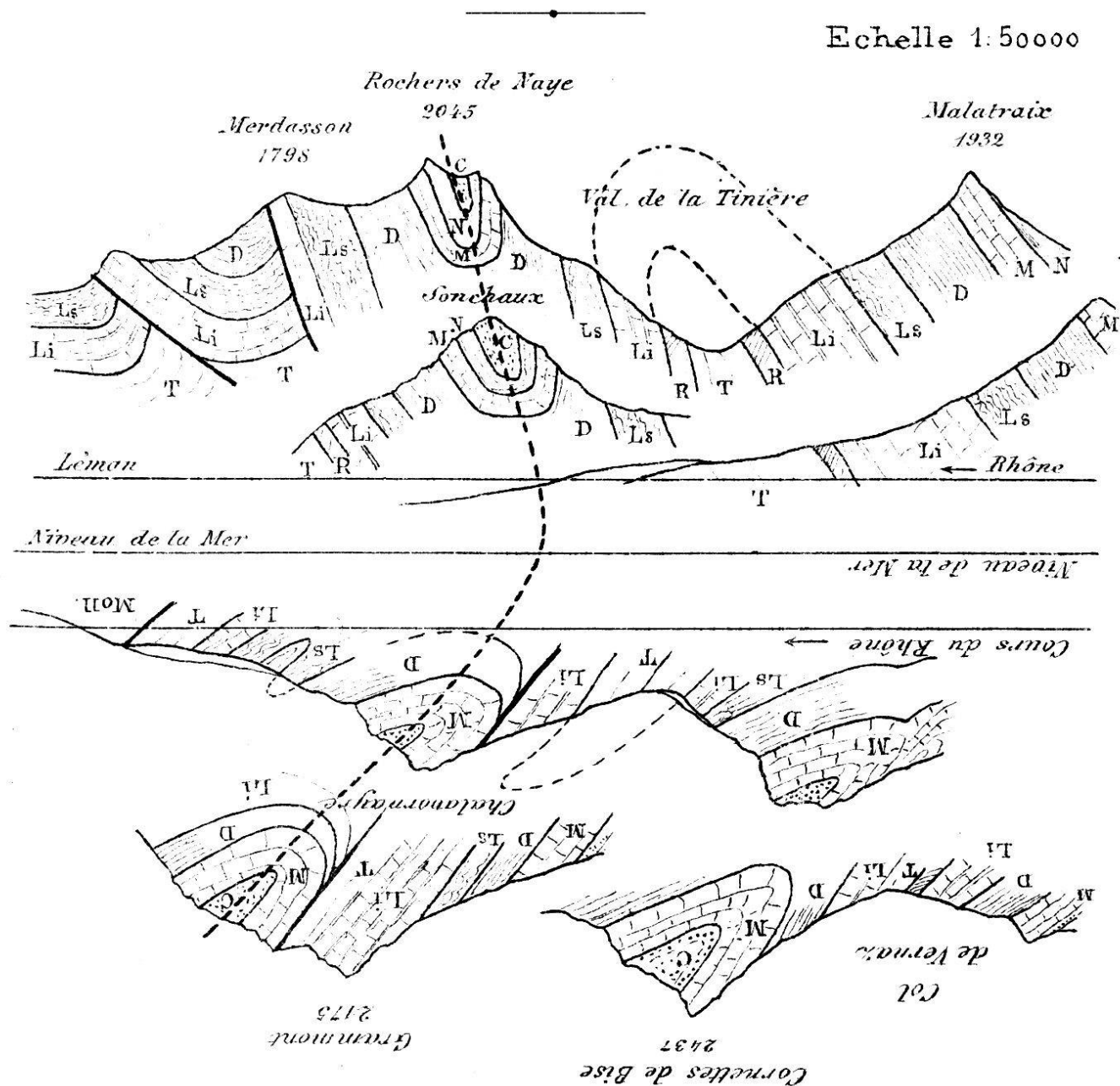
Mesdames et Messieurs,

Vous venez de voir, par ces quelques problèmes, dont j'ai essayé de trouver la solution, combien plus captivante devient l'étude du relief, quand on cherche à en connaître la cause. Cette leçon, pendant laquelle je n'ai fait qu'effleurer des questions sur lesquelles je reviendrai au fur et à mesure du développement de ce cours de géophysique, a cependant suffi — je l'espère du moins — à vous montrer la méthode et l'avenir de cette science. Vous aurez compris la raison de cette hydrographie du bassin de l'Isère et des collines vaudoises. Nous verrons plus tard quelle a été l'influence des glaciers et de leurs apports venant encore modifier l'ancien état : l'eau, c'est l'outil du sculpteur ; l'apport du glacier, c'est la glaise que le modelleur ajoute à sa maquette. Nous ne nous contenterons pas d'étudier l'œuvre produite, les outils doivent nous être familiers aussi. Chemin faisant, tour à tour, nous étudierons donc les différents agents du modelé terrestre, et cette topographie, qui paraît morte aux yeux du vulgaire, nous apparaîtra comme une manifestation vivante de cet immense organisme qu'est la terre.

J'ai dit.



Fig. 1. — Coupes géologiques des deux flancs de la vallée du Rhône, montrant l'abaissement des axes des plis.

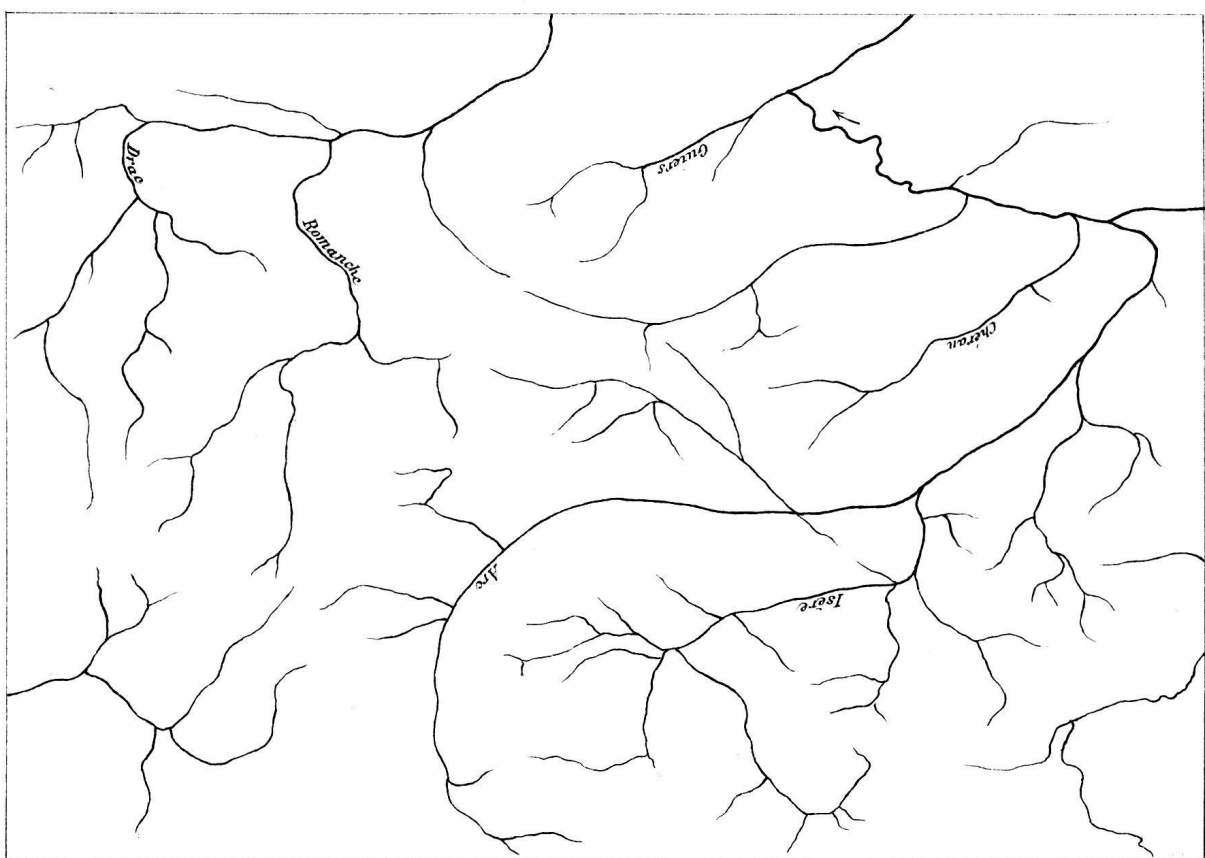
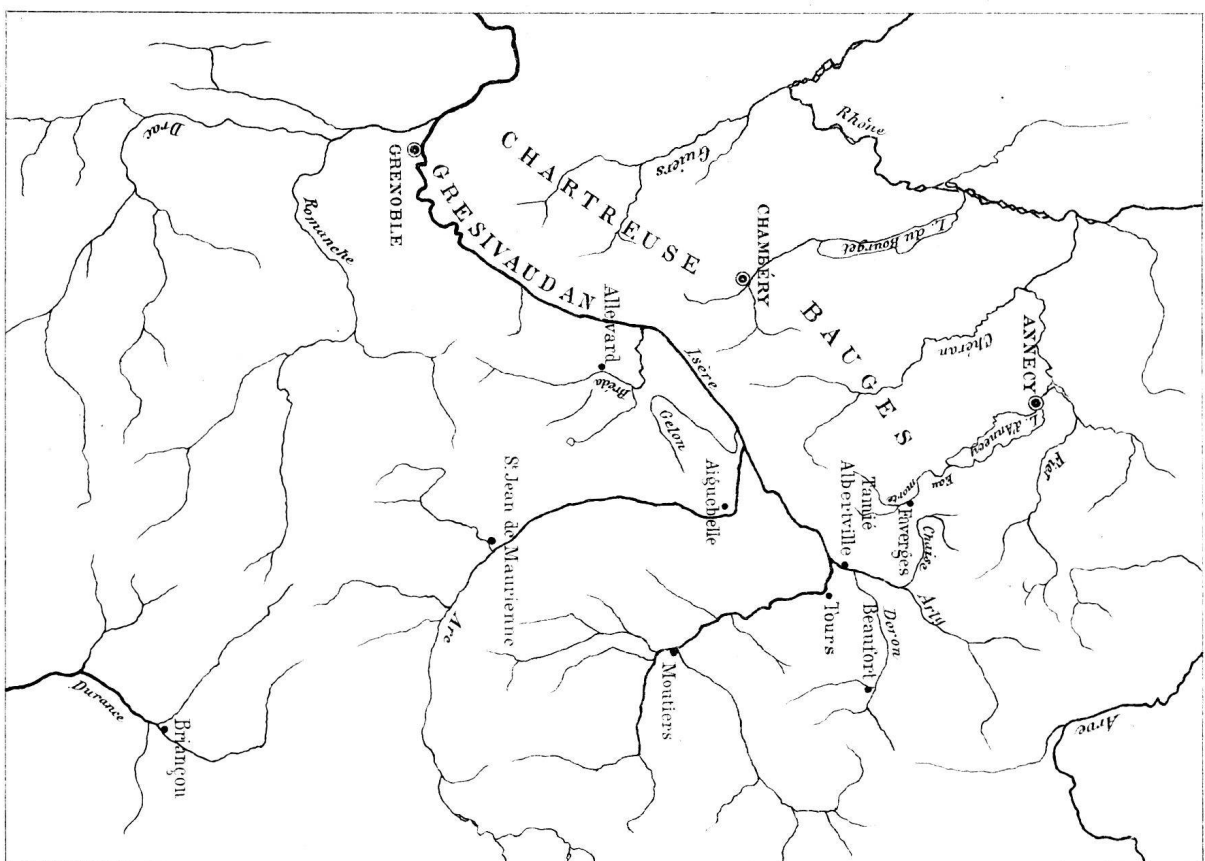


Profil longitud. du Grammont à Naye, avec projet de la charnière intérieure du Malm du pli synclinal Grammont-Naye. Ech. 1:250000



Légende : Moll = Mollasse rouge. — C = Crétac. sup. — N = Néocomien
M = Malm. — D = Dogger. — Ls = Lias sup. — Li = Lias inf. — R = Rhétien
T = Trias.

Fig. 2. Régine pliocène.



HISTOIRE du RHÔNE

Fig. 1. Régime actuel.

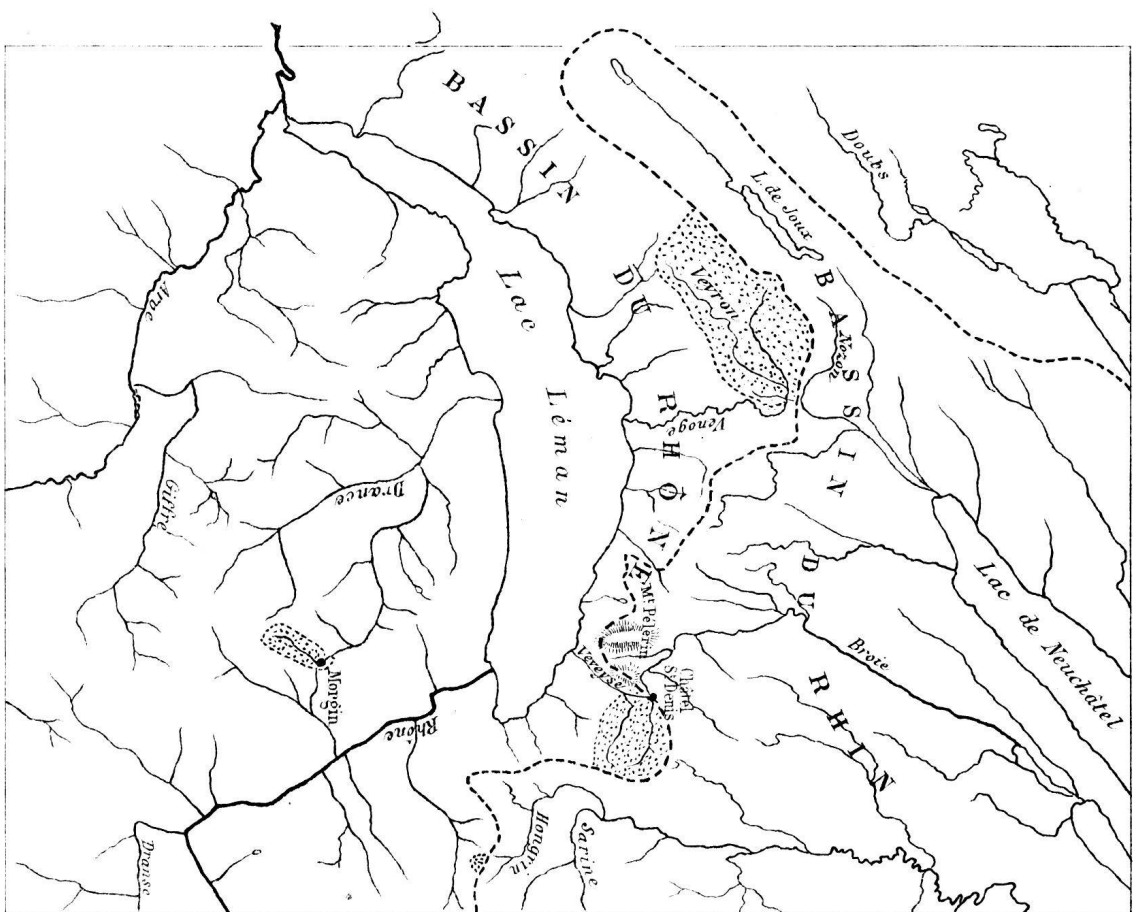
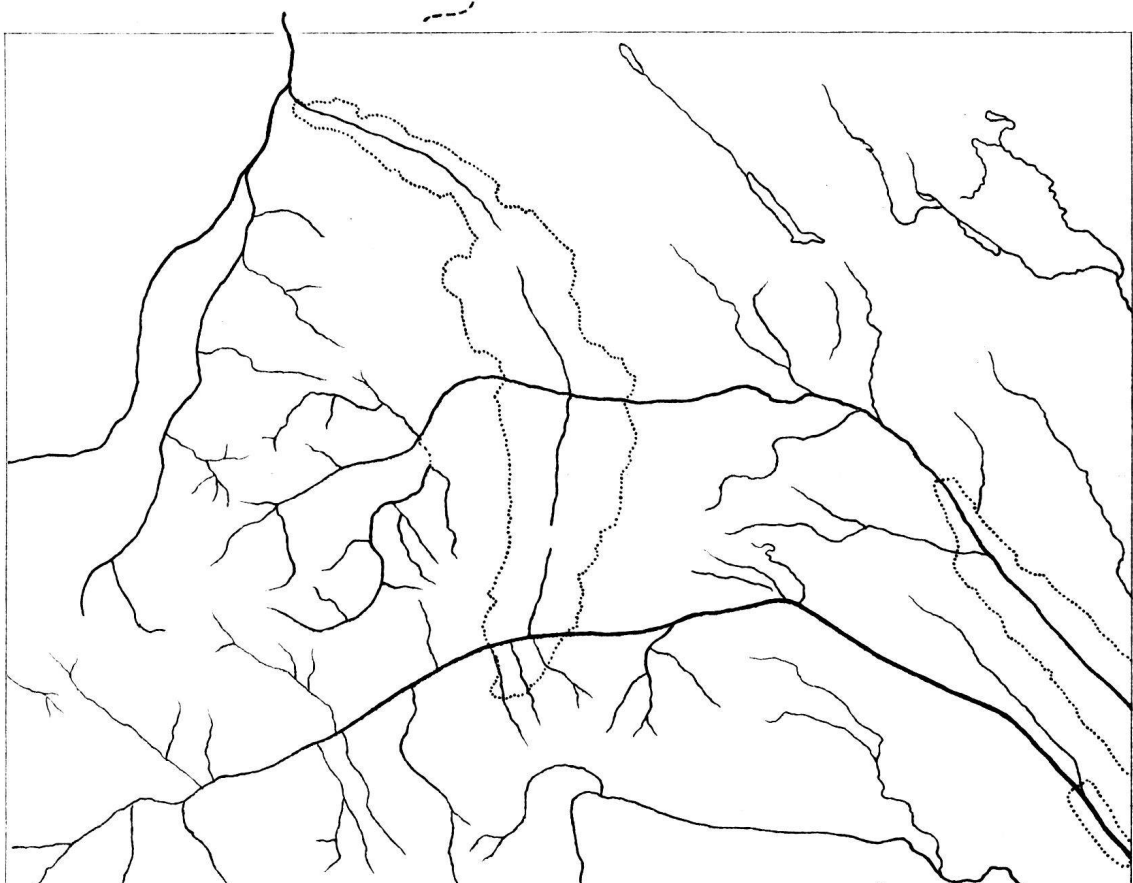


Fig. 2. Stade du régime pliocène.



Régions fraîchement
captivées par le Rhône.