

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 47 (1911)  
**Heft:** 172

**Artikel:** Mouvement épeirogéniques dans le haut bassin du Rhône et évolution du paysage glaciaire  
**Autor:** Romer, E.  
**Kapitel:** VI: Appendice  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-287529>

### **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:** 18.04.2026

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

miocène supérieur. De ces trois cycles, seul le dernier a entraîné une glaciation. Les classifications du pléistocène, si nombreuses et si différentes pour les divers pays ou chaînes de montagnes, n'expriment-elles pas d'une manière éloquente la localisation topographique de l'époque glaciaire? Ce sont des questions auxquelles je voudrais bien répondre affirmativement et qui sont dignes en tout cas de recherches futures.

## VI. Appendice.

### § 72. *Relation entre les anomalies de gravitation et les mouvements quaternaires du bassin du Rhône.*

Pendant la rédaction de ce travail ont paru deux publications d'une si grande importance pour les problèmes examinés ici, qu'il me paraît nécessaire de terminer par quelques remarques sur ces travaux.

Il s'agit ici surtout du mémoire de Niethammer<sup>1</sup> sur les anomalies de la gravité dans la partie occidentale de la Suisse. Ce mémoire basé sur les mesures effectuées pendant les dernières années dans le bassin supérieur du Rhône, a fait connaître des résultats nouveaux. D'après les observations faites jusqu'ici le défaut de masse (réduit au niveau de la mer) se trouve dans les Alpes, au Nord des altitudes les plus hautes.<sup>2</sup> Des relations semblables existent dans les Carpathes, à en juger d'après l'unique profil de gravité mesuré sur la ligne Léopol-Munkacs.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Th. Niethammer. *Schwerebestimmungen der Schweizerischen geodätischen Kommission*. Sep. Abdr. a. d. Verh. d. Schweiz. nf. Ges. 91. Jahres-Vers. Glarus 1908. Bd. I.

<sup>2</sup> Messerschmidt. *Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche*. Braunschweig 1908. p. 135.

<sup>3</sup> Sterneek. *Relative Schweremessungen, ausgeführt im J. 1893. Mit. k. u. k. milit. geogr. Ges.* 1893. Bd. XIII. p. 294.

Dans le bassin supérieur du Rhône, les plus grandes anomalies négatives de la gravité semblent être complètement indépendantes de la position des masses montagneuses; elles suivent au contraire le talweg de la vallée principale, puis à partir du coude du Rhône près de Martigny, elles s'incurvent vers le Sud-Est. le long du val d'Entremont, dans la direction du col du Grand-Saint-Bernard. Niethammer incline donc à admettre que la distribution des anomalies de la gravité s'accorde avec celle des masses montagneuses. Les maxima absolus des défauts de masse apparaissent près de Stalden, au confluent des vallées de la Viège, ainsi qu'au sud de Martigny, et sont par conséquent enserrés entre les plus fortes saillies montagneuses, les massifs de l'Aare et du Mont Rose dans un cas, et les massifs du Mont Blanc et du Grand-Paradis dans l'autre.

Tout ceci montre pourtant que la compensation, suivant la théorie de Pratt n'est pas complète dans le bassin du Rhône, ni pour l'intensité, ni pour la coïncidence des centres du défaut de masse avec les élévations maximales au-dessus du niveau marin. Cherchant à s'appuyer sur les théories modernes de la tectonique alpine, Niethammer suppose que la ligne actuelle du maximum de défaut de masse s'accorde avec le maximum primitif d'élévation. Il veut voir celui-ci dans la zone des racines de certaines nappes au voisinage du talweg du Rhône, zone qui s'incurve de la même manière que les courbes du défaut de masse entre Martigny et le col du Grand-Saint-Bernard.

Nous voilà donc de nouveau devant un problème qui met en rapport génétique des causes et des effets si éloignés dans le temps. Je suis bien d'avis que les anomalies de la gravité sont l'expression retardée de certains phénomènes tectoniques déjà accomplis, mais il m'est difficile d'admettre que ce retard soit aussi grand. En comparant la carte des anomalies de gravité de Niethammer avec mes reconstructions d'isobases il est facile de constater de gran-

des analogies entre ces graphiques. Bien que les reconstructions d'isobases donnent un tableau plus compliqué, le maximum des surélévations pléistocènes, cependant, coïncident topographiquement avec le plus grand défaut de masse dans la vallée du Rhône. Toutes les isobases, excepté celles de la II<sup>e</sup> époque, montrent un maximum d'élévation bien développé à la confluence des deux Vièges près de Stalden; quelques-unes montrent aussi un excès d'élévation au voisinage du val Ferret ou du val d'Entremont. En admettant que les anomalies de gravité expriment avec un certain retard la somme des mouvements

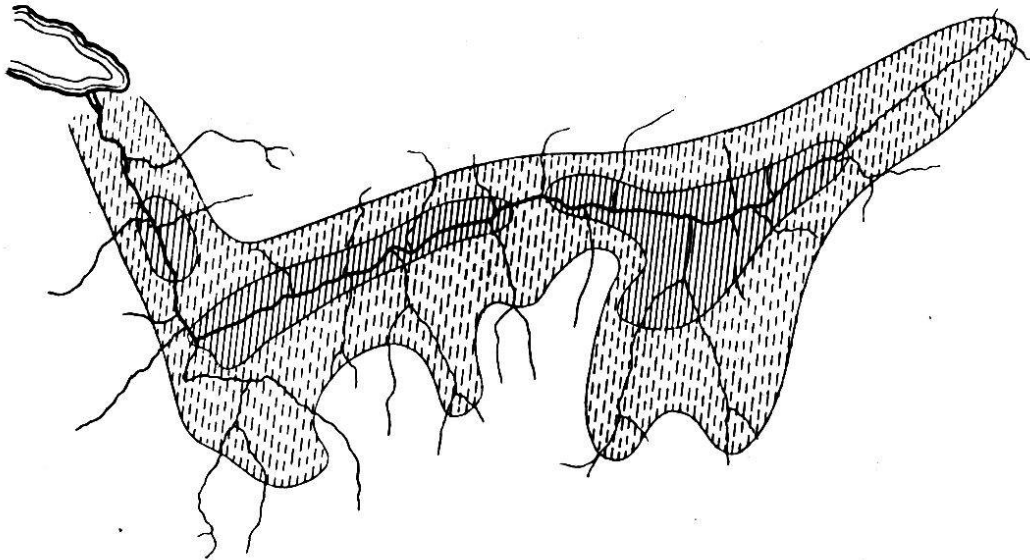


FIG. 8. — Les isobases du bassin du Rhône pour la période allant du Pré-glaciaire au Riss. Grandeur du soulèvement : blanc, moins de 1000 m. ; grisé en traits discontinus, de 1000 à 1300 m. ; plus de 1300 m. : traits continus.

tectoniques, j'ai calculé les isobases qui expriment le soulèvement du bassin du Rhône depuis l'époque préglaciaire jusqu'à la fin de la période de Riss inclusivement. J'exclus la dernière période glaciaire, non seulement à cause de l'influence hypothétique du retard, mais surtout à cause de la puissante accumulation contemporaine, qui a voilé jusqu'à un certain point les dimensions du soulèvement le plus jeune. La fig. 8 montre une grande ressemblance avec le dessin de Niethammer. Ne serait-il pas plus juste

de mettre les anomalies contemporaines de la gravité en rapport génétique avec les dislocations les plus jeunes, que de les lier à des phénomènes tectoniques aussi anciens que la formation des nappes alpines? L'accord entre les isobases de toute l'époque glaciaire et les lignes d'anomalies de la gravité existe non seulement dans l'allure des courbes, mais les dimensions mêmes des anomalies sont presque identiques. Le soulèvement du bassin du Rhône pendant le pléistocène varie, d'après mes isobases, de 750 à 1400-1500 m. environ, et il est parfaitement égal au défaut intérieur de masse, constaté par Niethammer, défaut qui dans les régions des hauts sommets s'abaisse à moins de 1000 m. et qui, dans la vallée du Rhône, et près de Stalden, est d'environ 1300-1450 m. Malgré la grande coïncidence de ces phénomènes, en distribution géographique et en intensité, je suis loin de proclamer comme sûre la corrélation génétique entre eux.

§ 73. *Les idées de Martonne sur le développement du paysage glaciaire.*

Depuis les travaux de Niethammer qui, par une voie complètement inattendue, ont donné un appui si fort et si efficace aux idées sur la genèse tectonique de la morphologie alpine, le célèbre géographe français E. de Martonne, professeur à l'Université de Lyon, communique au dernier moment quantité d'idées et d'observations qui entrent dans la sphère de mes recherches. Ses idées sont en rapport si direct avec mon hypothèse, que malgré le caractère préliminaire de cette publication, je dois m'expliquer à ce sujet.

Dans ses nombreux travaux morphologiques sur les Carpathes Méridionales, E. de Martonne s'est placé exactement au point de vue de l'école autrichienne, et s'y est maintenu dans ses dernières recherches morphologiques

sur les Alpes du Dauphiné<sup>1</sup> et dans son parfait traité, dont le dernier fascicule, exposant entre autres choses la glaciologie, a paru en novembre 1909.<sup>2</sup>

Mais, en décembre 1909 et janvier 1910, paraissent trois notes dans les C. R.<sup>3</sup> de l'Ac. qui confirment quelques-unes des opinions antérieures de de Martonne, et introduisent dans la science un nouveau point de vue.

Ce que je trouve de plus important dans les notes de de Martonne, c'est une observation qui est devenue le sujet de mes recherches. De Martonne constate, comme je l'ai fait moi-même, que les ruptures de pentes dans les vallées glaciaires se trouvent toujours aux mêmes endroits que les gradins, et que les bassins sont emboîtés les uns dans les autres. Cependant les conclusions de M. de Martonne ne sont pas tout à fait en accord avec les miennes.

Pour M. de Martonne la morphologie actuelle du paysage alpin est un héritage morphologique des temps reculés, et présente une forme accentuée du paysage alpin préglaciaire. Le paysage préglaciaire n'était pas du tout sénile, comme le veut Penck ; de Martonne suppose au contraire qu'il était relativement jeune, « avec des vallées à profil longitudinal discontinu et à profil transversal plus ou moins large. » L'invasion pléistocène des glaciers et leur travail n'ont pas pu changer les bases morphologiques du paysage. L'exagération de la puissance de l'érosion glaciaire est donc, d'après les dernières idées de M. de Martonne une impossibilité mécanique aussi frappante que la négation absolue de cette force morphogénétique. Pour établir cette thèse de Martonne développe la théorie mécanique suivante sur l'érosion glaciaire.

---

<sup>1</sup> E. de Martonne et A. Cholley. Excursion géographique dans les Alpes du Dauphiné. Soc. de Géogr. de Lyon. 2<sup>e</sup> série. T. I. 1909, p. 201 sqq.

<sup>2</sup> E. de Martonne. Traité de Géogr. phys. Paris 1909. p. 607 sqq.

<sup>3</sup> C. R. de l'Ac. 1909 du 27. Déc. 1910, du 10 janv. et du 24 févr.

Son point de départ est la formule du frottement exercé par le glacier sur son lit

$$F = gv \cos \alpha Ph A$$

« Le frottement dépend de la vitesse ( $v$ ) et de la pression de la glace, qui, assimilée à une pression hydrostatique, varie comme le cosinus de la pente superficielle ( $\cos \alpha$ ), le périmètre du lit ( $P$ ) et la profondeur ( $h$ ). » Le coefficient  $A$  exprime l'adhérence du glacier sur son lit. Quant à la vitesse du mouvement des glaciers, de Martonne ne lui attribue pas une trop grande importance, vu que les oscillations sont peu remarquables et restent « entre 10 et 80 mètres par an. » Il attribue pourtant un grand rôle au changement de pente, qui est décisif, vu qu'il oscille entre 5 et 50 0/0. Appuyé sur cette base, de Martonne arrive à la conclusion que « ... les lieux d'érosion maximum ne peuvent donc coïncider avec les plus grandes pentes... les lieux de frottement maximum doivent être en amont et en aval des ruptures de pentes ». D'autres conclusions impressionnantes suivent d'elles-mêmes de ce principe. Les ruptures de pentes du réseau fluvial préglaciaire restant en général intactes malgré l'érosion glaciaire, ont donc été augmentées par l'érosion pendant l'élargissement des vallées préglaciaires. Ces élargissements, par opposition aux vallées secondaires faiblement ou pas du tout érodées, se sont transformés en bassins de surcreusement, où sont venus se jeter en cascades les torrents suspendus au-dessus d'eux. Les bassins torrentiels fermés par des étranglements ont été transformés en cirques glaciaires. Toutes les formes du paysage glaciaire trouvent une explication dans le principe que le glacier perd toute sa force d'érosion dans les lieux où il parcourt des vallées à forte pente. Un point reste obscur cependant ; c'est la formation des bassins terminaux. Ces bassins terminaux, qui, récemment encore, ont été proclamés par de Martonne comme preu-

ves évidentes de l'érosion glaciaire, <sup>1</sup> sont maintenant « dûs en partie à la diminution de l'érosion sous la langue terminale du glacier, en partie à l'augmentation de l'érosion, qui devait déterminer les variations du profil longitudinal et de la section transversale du lit, au débouché des grands glaciers quaternaires sur le Vorland alpin. » Cette explication des lacs marginaux alpins semblait ne pas satisfaire de Martonne lui-même, d'autant plus que d'après ses principes mécaniques l'érosion glaciaire, qui doit se développer en raison inverse de la pente du glacier, devient en tous cas nulle aux deux extrémités de celui-ci. M. de Martonne appelle donc à son secours le principe tectonique de Heim, avec la restriction pourtant que ces mouvements pouvaient seulement coopérer à l'époque précédant la période glaciaire.

La revue historique du problème de la morphologie glaciaire éveille mes soupçons que l'hypothèse de de Martonne est née comme tant d'autres idées, du dogme de la stabilité tectonique pendant le pléistocène.

J'essayerai d'éclairer les principes de de Martonne. Son principe morphologique est basé sur la supposition que le réseau des vallées alpines était déjà, dans le temps préglaciaire relativement jeune, les vallées riches en ruptures de pentes et les élargissements suivis par des étranglements. Cette hypothèse s'appuie sur la coïncidence topographique du développement irrégulier des vallées dans tous les niveaux pléistocènes. Cette coïncidence, comme je l'ai démontré précédemment, n'est qu'apparente. Les différences de développement morphologique pendant les diverses périodes glaciaires ont donc servi à la reconstruction des isobases, qui prouvent évidemment que le paysage actuel n'est pas l'héritage d'une morphologie préglaciaire, mais, au contraire, que cette dernière est le produit de mouvements

---

<sup>1</sup> E. de Martonne. *Traité de géogr. phys.* 1909, p. 611

tectoniques postérieurs aux mouvements qui ont affecté toutes les Alpes durant le pléistocène entier. L'immense largeur des vallées préglaciaires dans l'intérieur des Alpes d'une part, la position culminante des anciennes couvertures fluvioglaciaires dans le Vorland de l'autre, parlent d'elles-mêmes avec une telle force contre le principe de de Martonne, que sa thèse ne peut pas être considérée sans des arguments spéciaux, qui cependant n'ont pas encore été publiés par l'auteur.

Sur le principe mécanique de M. de Martonne on peut faire les remarques suivantes.

La formule même,  $F = gv \cdot \cos a \cdot hA$ , accepté par de Martonne, n'est que la formule connue du frottement qu'exerce un solide glissant sur sa base. Cette formule peut être considérée comme équivalent à l'expression du travail exécuté par un fluide, laquelle, d'après Pascal est de la

forme de 
$$F = \frac{g v h A}{\cos a}.$$

Supposant avec de Martonne une densité uniforme du glacier, j'ai négligé, dans cette formule, tant le coefficient  $\rho$ , qui exprime la densité du corps glissant, que le coefficient  $P$  (périmètre), afin d'exprimer le travail exécuté sur l'unité de surface du lit glaciaire en projection horizontale. Laquelle des deux formules est la mieux justifiée? Nous n'en savons rien, car nous ne connaissons pas la valeur des facteurs. Il est vrai que nous possédons une théorie qui semble bien s'adapter à beaucoup de phénomènes de la vie physique d'un glacier. C'est la théorie du mouvement «stationnaire» des glaciers, développée presque simultanément par H. F. Reid<sup>1</sup> et Finsterwalder.<sup>2</sup> D'après cette

<sup>1</sup> Reid. The mechanics of glaciers. *Jour. of. Geology*. Chicago. 1896. p. 912 sqq.

<sup>2</sup> Finsterwalder. Der Vernagtletscher, seine Geschichte und seine Vermessung i. d. J. 1888 u. 1889. *Wiss. Ergb. z. Zeitschr. Deutsch. u. Oesterr. Alpenver.* 1897. 112 S.

théorie, dans chaque profil transversal d'un glacier coule toujours la même quantité de glace, par conséquent

$$Ph v \cos a = c \text{ (constante). Donc}$$

$$hv = \frac{c}{P \cos a}$$

En substituant cette valeur dans les formules exprimant le travail, on obtient :

$$F = \frac{cg A}{P} \quad \text{pour un solide}$$

et

$$F = \frac{cg A}{P \cos^2 a} \quad \text{pour un fluide.}$$

Dans chacun de ces cas la valeur de  $P$  (périmètre) est décisive pour la force hypothétique d'érosion glaciaire. La dernière s'accroît quand  $P$  diminue; donc les étranglements des vallées devraient être les points de plus forte érosion glaciaire.

L'opinion de M. de Martonne sur l'insignifiance de la vitesse et l'importance de la pente est un malentendu, ce qui peut être démontré non seulement par les anciennes et intéressantes expériences de Hopkins<sup>1</sup> ou par les observations détaillées de J. Vallot,<sup>2</sup> mais aussi par un simple calcul. La pente des glaciers varie, il est vrai, de 5 à 50 0/0, mais à ces grandes variations de pente répondent des différences insignifiantes de 1 à 0.9 pour  $\cos a$ . Quelque restreinte que soit notre connaissance de la mécanique des glaciers, ce qui est sûr, c'est qu'on ne peut tirer aucune conclusion du principe de M. de Martonne.

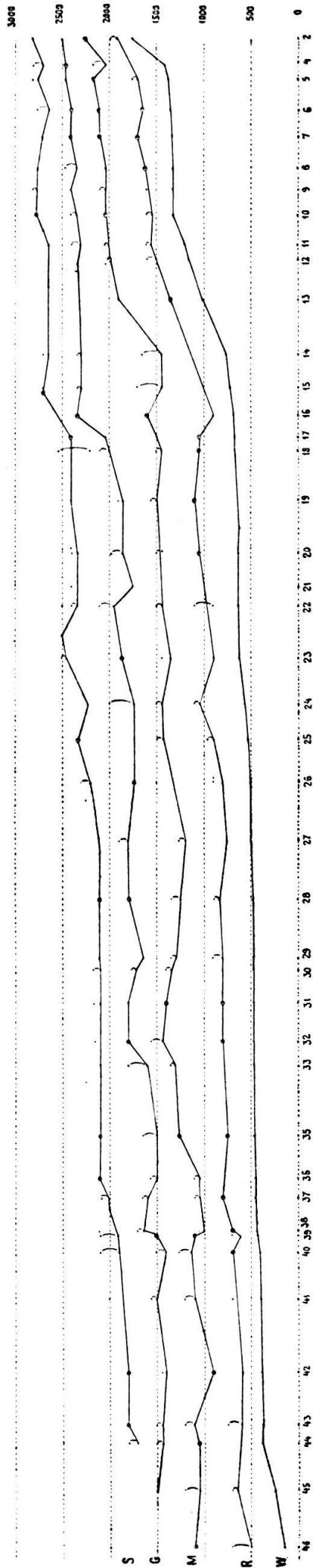
LÉOPOL, avril 1910

<sup>1</sup> Hopkins. On the mechanism of glacial motion. *Phil. Magazine*. 1845 T. 26. p. 3 sqq.

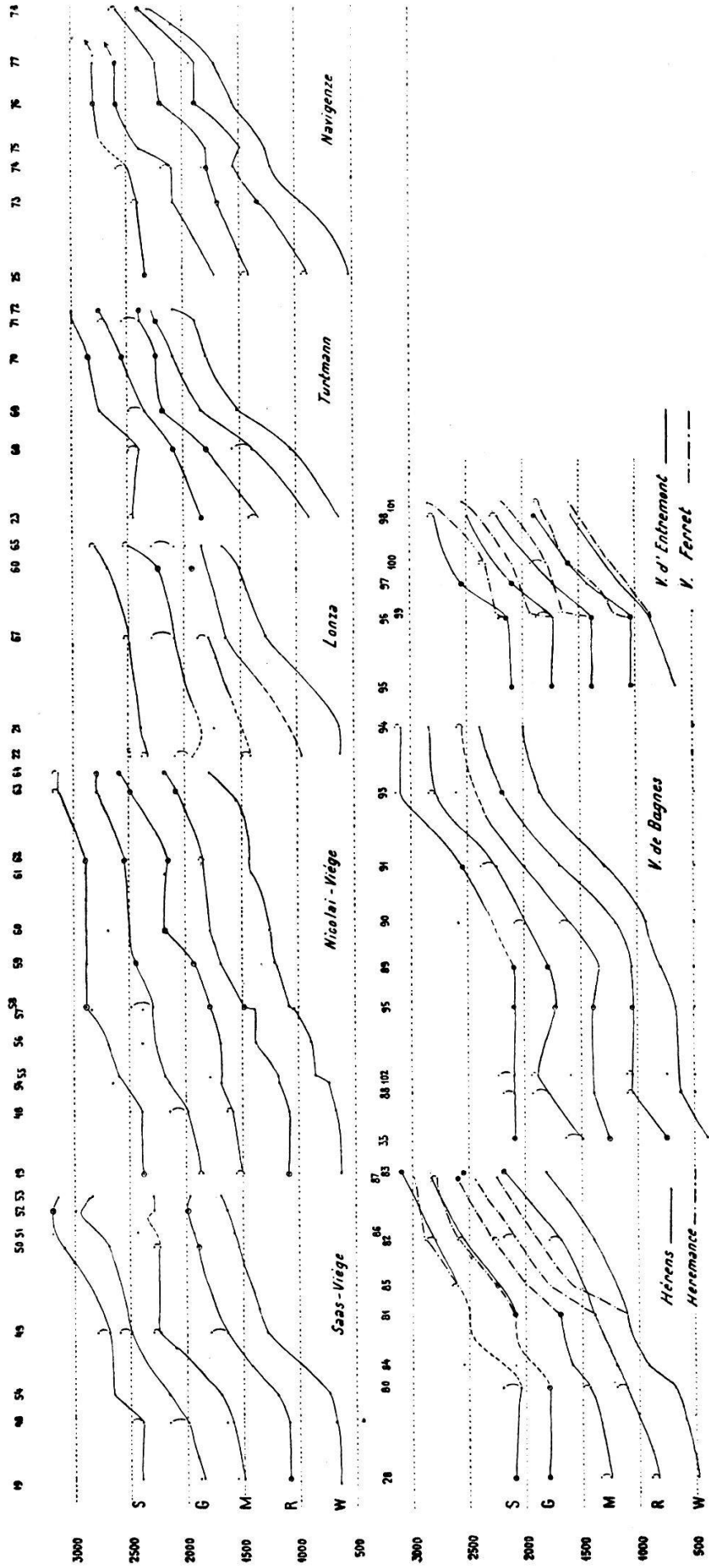
<sup>2</sup> Cité dans Hess. *Gletscherkunde*. 1904. p. 140.

<sup>3</sup> Mes remarques sur le point de vue mécanique de M. de Martonne sont développées d'après une discussion avec M. Smoluchowski, professeur de physique à l'Université de Léopol.

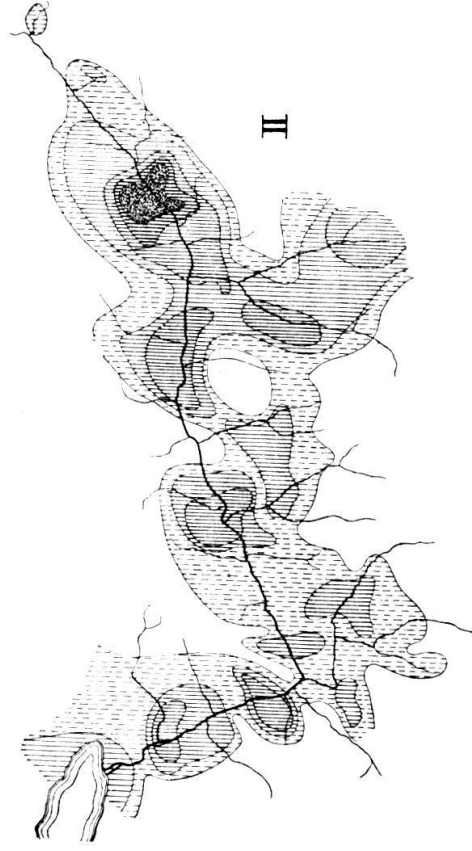
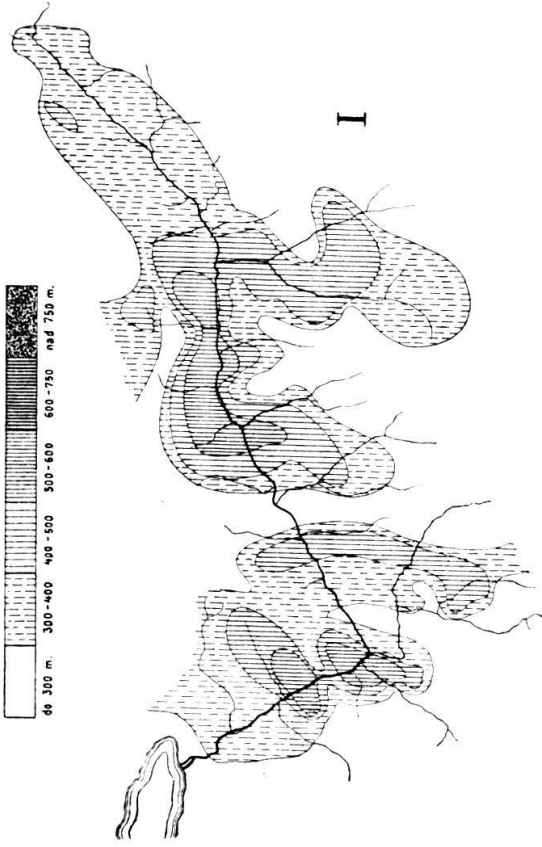
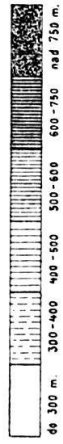




Pl. I. — Les anciens profils longitudinaux du Rhône I : 2,000,000 (longueur); I : 200,000 (hauteur); S == préglaciaire; G == Günz; M == Mindel; R == Riss; W == (Wurm) Actuel.  
Petits cercles == observations concordantes sur les deux bords; observations discordantes == réunies par crochets.



Pl. II. — Les profils longitudinaux anciens des vallées secondaires. 1 : 2,000,000 (longueur) ; 1 : 200,000 (hauteur).



Pl. III. -- Les isobases quaternaires du bassin du Rhône.

I. Avant la période interglaciaire G/M.

III. Avant la période interglaciaire R. W.

II. Avant la période interglaciaire M R.

IV. Pendant le Würm 1 : 1,400,000