

Zeitschrift:	Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali
Herausgeber:	Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
Band:	122 (1942)
Artikel:	Les idées actuelles sur la formation des Alpes
Autor:	Gagnebin, Elie
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-90434

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: 07.01.2026

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

Les idées actuelles sur la formation des Alpes

Par

ELIE GAGNEBIN, prof., Lausanne

L'origine des chaînes de montagnes, dont l'éénigme a hanté tant de grands esprits — Goethe, Descartes, Léonard, Dante, pour ne citer qu'eux — reste au centre des préoccupations des géologues, et le progrès des idées à ce sujet marque les principales étapes de leur science.

1^o Il y a cent ans régnait presque sans conteste la théorie des *cratères de soulèvement*, élaborée en Allemagne par LÉOPOLD DE BUCH, développée par ELIE DE BEAUMONT en France. Le plus important des géologues suisses, BERNARD STUDER, de Berne, l'appuyait aussi de son autorité. Les montagnes étaient dues, selon cette doctrine, à des montées volcaniques de laves profondes qui auraient soulevé les terrains sédimentaires de l'écorce terrestre. Dans le Jura, ces laves, montant en bourrelets arqués à peu près parallèles, n'avaient pas atteint la surface du sol. Dans les Alpes au contraire, les « massifs centraux » formés de roches cristallines d'origine éruptive (massifs du Mont Blanc, de l'Aar, etc.) avaient réussi à percer la couverture des terrains sédimentaires et, dans leur ascension, avaient rejeté de part et d'autre les couches de calcaires, de grès, de schistes, qui en glissant s'étaient plissées et bouleversées.

Jusqu'à sa mort, en 1887, STUDER soutint cette théorie que semblaient confirmer ses nombreuses et remarquables observations. Mais dès 1870 deux intrépides géologues, ARMIN BALTZER de Berne et ALBERT HEIM de Zurich, l'un par l'étude de la Jungfrau, l'autre par l'étude de la Windgâlle, démontrent que loin d'être les moteurs du plissement des couches sédimentaires, les roches cristallines des « massifs centraux » ont été entraînées, engagées de

façon passive dans ces plissements, qu'elles les ont subis tout comme les terrains sédimentaires et avec eux.

En 1875 paraissait un petit livre qui fait date en géologie; il s'intitule « Die Entstehung der Alpen »; il était l'œuvre d'un Viennois, d'un homme de génie, EDOUARD SUESS. De façon lumineuse il prouvait que les plissements des Alpes sont l'effet non pas de poussées verticales de bas en haut, mais de gigantesques poussées horizontales, tangentielles, d'un *refoulement latéral* de toutes les roches, aussi bien d'origine éruptive que sédimentaires, qui constituent la chaîne. En Suisse, cette poussée latérale s'est produite du SE au NW et son action se fait sentir dans tout le pays.

SUESS reprenait du reste une idée ancienne : un siècle avant lui, dès 1771, c'est HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE qui le premier avait reconnu dans les plissements des Alpes l'effet d'un refoulement horizontal. Ses conclusions avaient été oubliées, effacées plutôt par le triomphe de la théorie des cratères de soulèvement.

2^e Comment concevoir le *mécanisme* d'un refoulement latéral créateur des Alpes, quel peut être le *moteur* d'une poussée tangentielle de cette envergure ?

En 1859, le grand géologue américain JAMES HALL, par ses observations dans les Appalaches, montrait que les terrains plissés de cette chaîne sont d'une épaisseur beaucoup plus grande que les mêmes terrains des régions voisines qui sont restés horizontaux. Or ces terrains plissés, d'une puissance atteignant 12.000 à 15.000 m., sont des sédiments de mer peu profonde. Il faut donc que le fond de cette mer se soit affaissé, enfoncé, au fur et à mesure que les dépôts de sédiments s'y accumulaient.

L'idée fut reprise environ 25 ans plus tard, en 1873, par un autre géologue illustre des Etats-Unis, JAMES DANA. Vérifiant les données de JAMES HALL, DANA insiste sur leurs conséquences : les chaînes de montagnes naissent du plissement de zones faibles de l'écorce terrestre; de zones sur lesquelles, auparavant, le fond de la mer s'affaissait, tandis que sur les espaces voisins la terre restait beaucoup plus stable. Ces zones faibles, déprimées, DANA les appelait des *géosynclinaux*. Le rapprochement de deux régions stables et plus rigides comprime entre elles, comme dans les mâchoires d'un étau, les terrains de la zone faible et plastique, et réalise leur plissement par refoulement latéral.

Ainsi se confirmait la vue prophétique de LÉONARD DE VINCI : « ce qui était le fond de la mer est devenu le sommet des montagnes ».

Quant au moteur, on pensait depuis 1830, depuis un célèbre mémoire d'ELIE DE BEAUMONT, que c'était la *contraction du noyau de la terre*. Le noyau terrestre se refroidit, se contracte; l'écorce solide doit s'y adapter; elle le fait en écrasant les zones de moindre résistance, les géosynclinaux instables, entre les serres des masses plus rigides, des *aires continentales*.

Jusque vers 1910, tout le monde a cru saisir, dans la contraction du noyau terrestre, la cause des chaînes de montagnes.

3° L'importance des poussées tangentielles, des refoulements latéraux s'est fort amplifiée par la découverte des grandes *nappes de recouvrement*.

Soupçonnées dans les Alpes suisses dès 1884 par MARCEL BERTRAND, leur réalité fut établie moins de dix ans plus tard, en 1893, par HANS SCHARDT. Il prouvait que l'ensemble des Préalpes romandes, qui s'étend de l'Arve au lac de Thoune sur près de 120 km. de longueur, avec une largeur de 20 à 30 km., n'est pas à sa place originelle. Constitué par des roches sédimentaires datant de l'ère secondaire en majeure partie, cet ensemble repose entièrement sur des terrains plus jeunes, tertiaires, les terrains molassiques qui forment le Plateau suisse entre les Alpes et le Jura. Les Préalpes ont été charriées du SE au NW, par-dessus les « massifs centraux » de roches cristallines, par-dessus les Hautes Alpes calcaires de Morcles, des Diablerets, du Wildhorn.

Mais SCHARDT, lorsqu'il lança son idée en 1893, et en 1898, lorsqu'il la défendit dans un mémoire admirable, croyait encore que les Préalpes sont une exception dans la chaîne alpine, que seules en Suisse elles ont été charriées sur des terrains restés à peu près en place et dits « autochtones » par rapport aux nappes de recouvrement.

C'est MAURICE LUGEON, en février 1902, qui démontra que l'ensemble des Alpes suisses était formé de grandes nappes, sauf les « massifs centraux » et les terrains qui les enveloppent. Les Hautes Alpes calcaires, de la Dent du Midi au Säntis, sont comme les Préalpes charriées par-dessus ces « massifs centraux » autochtones, et plus en arrière les gneiss du Simplon, ceux des Alpes pennines,

sont aussi constitués en grands plis couchés, en nappes empilées les unes sur les autres.

En 1903, PIERRE TERMIER étendait cette conclusion aux Alpes autrichiennes jusqu'à Vienne, et déjà HAUG, KILIAN, TERMIER, l'avaient étendue aux Alpes françaises et italiennes, jusqu'à la Méditerranée.

C'est alors qu'intervint EMILE ARGAND. En précisant les formes, les structures, les volumes des unités qui composent les Alpes, il fit voir dès 1911 que le phénomène principal, le fait essentiel dans la formation de la chaîne, est le plissement des *nappes penniques*, dont l'épaisseur totale dépasse 25 km. Elles se sont accumulées en énormes plis couchés entre les socles rigides représentés d'un côté par la zone insubrienne des Dinarides, de l'autre par les « massifs centraux » autochtones. Et tout ce qui a passé par-dessus les massifs centraux, c'est-à-dire les nappes des Hautes Alpes calcaires (dites « nappes helvétiques ») et celles des Pré-alpes, ne sont malgré leur importance qu'un surplus de matière ayant débordé le cadre de l'auge originelle dont la compression a provoqué le plissement des nappes penniques.

Quant aux nappes les plus hautes, dont le matériel rigide et cassant constitue presque toutes les Alpes orientales, TERMIER avait déjà reconnu qu'elles sont des parties du socle insubrien, poussées en « traîneau écraseur » par-dessus les volumineux plis couchés des Pennines.

En 1916, ARGAND analysait les phases successives du phénomène. Il découvrait que le plissement se prépare depuis la fin de l'ère primaire dans le géosynclinal alpin complexe où les principales nappes penniques apparaissent déjà sous forme de bombements, de *plis embryonnaires*, dont la nature des sédiments nous révèle la disposition et la mobilité.

4° Entre temps, la théorie de la contraction du noyau terrestre comme cause initiale des refoulements latéraux créateurs des chaînes de montagnes, s'était effritée peu à peu grâce aux progrès de la géophysique.

ALFRED WEGENER y avait substitué l'hypothèse de la *dérive des continents*, du déplacement des socles continentaux rigides flottant sur une masse plus dense et plus plastique de lave à l'état vitreux, dont la croûte forme le fond des océans. La résistance

opposée par cette croûte à la dérive de l'Amérique vers l'ouest était, pour WEGENER, la cause du plissement de la chaîne andine.

ARGAND reprend cette idée. Dans sa magistrale conférence au Congrès géologique international de 1922, à Bruxelles, il montre que le mouvement des masses continentales est en effet le phénomène capital et initial dans la naissance des chaînes de montagnes. La déformation des socles continentaux en « plis de fond » détermine en Europe, par exemple, le relief du Massif central français, des Vosges et de la Forêt-Noire, de l'Ardenne, de la Bohème, etc. Il montre la création des géosynclinaux s'opérant par un amincissement, un étirement, une distension du socle continental qui se divise en deux, puis la compression des géosynclinaux par le rapprochement graduel de ces deux blocs plus rigides.

Lorsqu'on pousse un train de wagons contre un autre, la pression est suivie d'un recul; de même dans l'affrontement des socles continentaux. Après que toute l'Afrique soit venue buter contre l'Europe, au milieu de l'ère tertiaire, écrasant les terrains déposés dans l'ancienne Méditerranée équatoriale des temps secondaires et plissant la chaîne des Alpes, il n'y eut plus de Méditerranée. Mais l'affrontement continental fut suivi d'une réaction : l'ensemble de l'Europe fut lancé vers le nord plus vite que la masse africaine et une nouvelle Méditerranée, l'actuelle, s'ouvrit par distension entre les deux. C'est ainsi que le climat de l'Europe passa des chaleurs tropicales aux rigueurs des périodes glaciaires.

5° Mais le moteur des dérives continentales ? C'est dans l'énergie radioactive des profondeurs terrestres qu'on le cherche aujourd'hui.

Les mesures, très délicates, qui ont permis d'évaluer la durée des temps géologiques — par comparaison du poids des produits de désintégration avec celui des éléments radioactifs, dans les minéraux qui les contiennent — ont révélé que les grandes chaînes de montagnes qui se sont succédées au cours de l'histoire de la terre, se sont formées périodiquement, en gros tous les 200 millions d'années.

D'autre part, on a mesuré que la quantité de chaleur produite par la désintégration des corps radioactifs disséminés dans la terre, est beaucoup plus grande (16 fois plus grande environ) que la chaleur dégagée par la surface de la terre, qui est à peu près

d'une petite calorie par m² chaque minute. On a donc pu croire, il y a une quinzaine d'années, que la terre se réchauffait constamment, au lieu de se refroidir. Mais ARTHUR HOLMES estime plutôt que la chaleur engendrée dans les zones profondes, au-dessous de l'écorce terrestre proprement dite, s'accumule inégalement, surtout à la base des socles continentaux qui sont de mauvais conducteurs caloriques, et provoque dans les magmas sous-jacents des *courants de convection*, comme la chaleur solaire en fait naître dans l'atmosphère. Ces courants, qui atteindraient tous les 200 millions d'années une énergie suffisante, entraîneraient les grandes dérives continentales qui compriment les géosynclinaux, plissent par refoulement latéral les chaînes de montagnes, et rouvrent bientôt après de nouveaux géosynclinaux par distension du socle continental.

6° Ainsi les Alpes, dont nous pouvons suivre le développement embryonnaire depuis la fin de l'ère primaire, ont mis quelque 200 millions d'années à se former. Avec une lenteur extrême d'abord, puis dès avant la fin des temps secondaires avec des mouvements de plus en plus intenses jusqu'vers le milieu de l'ère tertiaire où s'accomplit le grand « paroxysme » du plissement, créateur de la chaîne dans l'essentiel de son architecture. Dès lors des mouvements tardifs ont continué à se faire sentir, de moins en moins puissants, et il est probable qu'à une échelle fort réduite ils persistent encore aujourd'hui.

Esquissée très brièvement, réduite à ses grands traits et sans tenir compte d'une foule de théories éphémères ou accessoires, telle était l'idée que se faisaient la plupart des géologues sur la formation des Alpes, il y a seulement 4 ou 5 ans. La « Geologie der Schweiz » d'ALBERT HEIM, achevée en 1922; le « Bau der Alpen » de RUDOLF STAUB, en 1924; le « Guide géologique de la Suisse » publié en 1934 pour le cinquantenaire de notre Société géologique, sont les principaux ouvrages d'ensemble où s'exprime cet état des connaissances. Le refoulement latéral, par compression d'une zone relativement plastique de l'écorce terrestre, semblait le seul mécanisme, la seule force à invoquer comme cause directe de l'architecture si complexe de la chaîne.

Mais ces derniers temps on s'est avisé, on s'est souvenu plutôt qu'un autre mécanisme, une autre forme d'énergie avait joué

un rôle considérable dans l'édification d'une partie des Alpes — et cette énergie est tout simplement celle de la *pesanteur*. Or le rappel de cette notion pourtant bien commune ouvre actuellement des horizons nouveaux, un champ presqu'inexploré dans l'histoire des nappes de recouvrement.

Et c'est à ces recherches toutes récentes, à peine amorcées aujourd'hui, que je voudrais consacrer la fin de cette conférence.

7^e Certaines idées sont dans l'air, à telle ou telle époque. Celle du rôle de la pesanteur, c'est-à-dire du glissement des terrains par gravité dans le mouvement des nappes de charriage, était dans l'air depuis quelques années. En France, en Allemagne, en Autriche, en Pologne, en Roumanie, au Maroc, des géologues la formulaient plus ou moins explicitement. Mais un seul en a saisi l'importance, a compris le premier quelles méthodes d'investigations insoupçonnées cette idée si banale permettait d'introduire et d'utiliser. C'est mon cher vieux maître, M. MAURICE LU-GEON. Dès lors il en a fait le fil directeur de ses réflexions, auxquelles je me suis trouvé tout naturellement associé. Ensemble nous avons cherché des preuves, des précisions, des exemples, et fait lever un vrai vol d'hypothèses, qui maintenant exigent d'innombrables vérifications et suscitent partout des observations nouvelles.

ARGAND avait montré, nous l'avons dit, que le phénomène principal, dans la formation des Alpes, est le plissement des nappes penniques, par écrasement du géosynclinal alpin entre les socles continentaux de l'Afrique et de l'Europe. Le bord du socle européen est marqué par les « massifs centraux » des Alpes, Mont Blanc et Aiguilles Rouges, Aar et Gothard; et tout ce qui les a dépassés, les nappes helvétiques et les Préalpes, n'est qu'un surplus de matière, débordant de l'auge comprimée entre les deux serres de l'étau.

Ces conclusions restent acquises, du moins pour le moment. Mais comment se sont mises en place les nappes qui ont débordé par-dessus les massifs centraux ?

Conséquence du refoulement latéral, pensait-on. C'est en découvrant les plis des nappes helvétiques dans la région de Grindelwald que DE SAUSSURE avait été conduit à l'idée de ce refoulement. Et ARGAND avait dessiné, en 1916, la façon dont il se

représentait les différentes phases du mouvement, en ne faisant intervenir que des poussées tangentielles.

Mais certaines de ces nappes (les nappes inférieures de nos Préalpes, l'une de leurs nappes supérieures également) sont presqu'entièrement constituées de terrains mous, d'une alternance de grès et de schistes que BERNARD STUDER a nommée le « Flysch », du verbe allemand « fliessen », couler. On conçoit mal, de terrains si plastiques, qu'ils puissent transmettre des poussées. C'est d'abord la considération de nappes analogues, dans certaines régions des Alpes françaises, des Carpates, du Maroc, qui a récemment fait penser qu'elles pourraient s'être mises en place comme d'immenses glissements de terrains, s'écoulant sous l'effet de la pesanteur, suivant une pente plus ou moins forte.

8^o C'était une idée; il s'agissait d'en faire la preuve. Nous l'avons apportée, MAURICE LUGEON et moi, en 1941.

Dans le Pays d'En Haut vaudois, la principale nappe des Préalpes romandes (dite nappe des Préalpes médianes) présente une structure très remarquable dont la planche ci-jointe montre une coupe. Les chainons du Rubli (Rocher Plat) et de la Gummfluh sont formés de grandes dalles calcaires, plantées obliquement dans le Flysch des nappes inférieures, et tout à fait isolées, sans liaison aucune avec les calcaires semblables des chainons voisins.

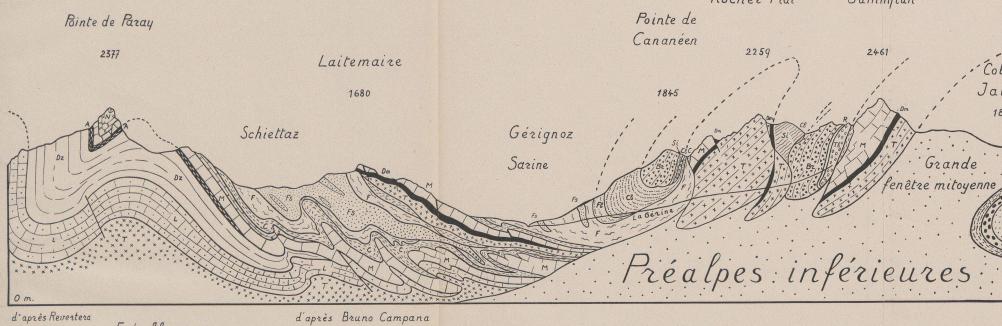
Ces dalles ont donc été disloquées, arrachées l'une à l'autre; et les masses calcaires qui se trouvent en avant, au nord de la Sarine, ont été arrachées de ces dalles restées en arrière. Donc des mouvements de *traction* sont intervenus, qui ne peuvent pas être l'effet de poussées tangentielles. Il n'y a que la pesanteur qui ait pu faire s'écouler plus vite la partie antérieure d'une nappe et l'arracher à une partie plus interne, au mouvement plus lent.

Ces disjonctions par traction, révélatrices de glissements par gravité, abondent dans les Préalpes. Sitôt que nous avons eu l'attention fixée sur ce phénomène par l'exemple si frappant du Rubli et de la Gummfluh, nous en avons trouvé de nombreux autres, des exemples que nous avions côtoyés et observés bien souvent sans jamais en remarquer l'importante signification.

9^o Ces grands glissements de nappes, dans quelles conditions se sont-ils produits ?

Préalpes supérieures

NW



d'après Reverteras Echelle

d'après Bruno Campana

Préalpes supérieures

Nappe de la Brèche

Nappe des Préalpes médiennes

Préalpes inférieures

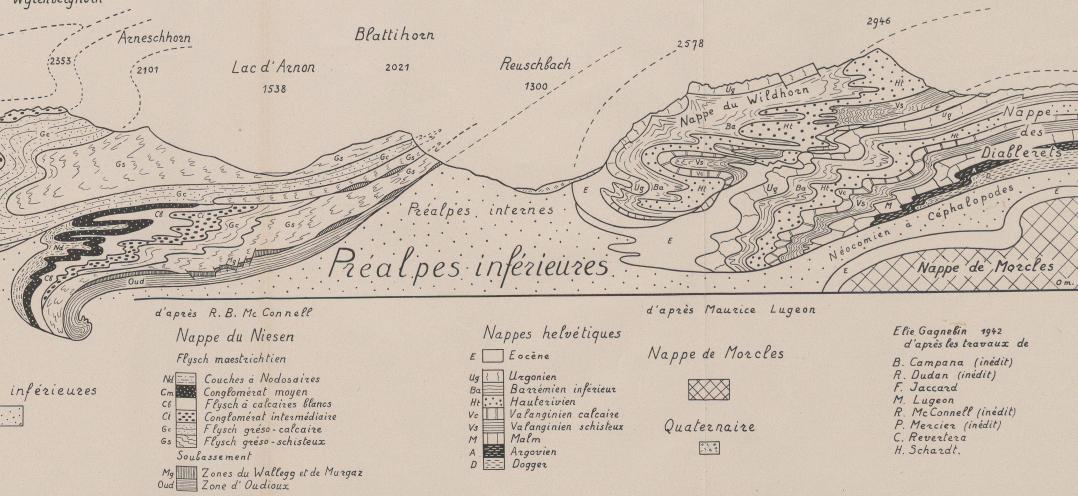
Préalpes inférieures

0 m.

Nappe du Niesen

Nappes helvétiques

SE



d'après R. B. McConnell

Nappe du Niesen

Flysch maastrichtien
N_l Couloches à Nodosaires
C_m Conglomérat moyen
C_o Conglomérat à calcaires élancés
C_i Conglomérat intermédiaire
V_c Flysch grès-calcaire
G_s Flysch grès-schisteux
Sousassement
Mg Zones du Wallegg et de Murgaz
Oud Zone d'Ouchoux

d'après Maurice Lugeon

Nappes helvétiques

E Eocène
Ug Uligonian
Bo Basocomien inférieur
Hj Hautezouian
Vc Valanginien calcaire
Vs Valanginien schisteux
M Malm
A Argovien
D Dogger

Quaternaire

Etie Gagnepain 1942
d'après les travaux de
B. Campana (inédit)
R. Duden (inédit)
F. Jaccard
M. Lugeon
R. McConnell (inédit)
P. Mercier (inédit)
C. Reverteras
H. Schatzl.

On imaginait toujours, de façon plus ou moins explicite, que la mise en place des nappes de charriage avait dû s'effectuer sous de puissantes épaisseurs de terrains, pour avoir plissé comme de l'étoffe des masses de calcaires rigides. Et certainement il en est ainsi pour beaucoup de nappes alpines. Mais les glissements de roches sont en général des phénomènes de surface. Peut-on savoir de quelle façon s'est déplacée telle ou telle nappe ?

Il a presque suffi de poser le problème pour en trouver la solution, toujours dans nos Préalpes. Si l'on observe, à la surface d'une nappe, des effets d'*érosion* subaérienne qui soient sûrement antérieurs à sa mise en place actuelle, c'est que l'avancée de cette nappe s'est effectuée à l'air libre. Et bientôt divers exemples nous sont venus à l'esprit, des faits que nous connaissons depuis long-temps sans avoir soupçonné ce qu'ils révèlent.

Sur la nappe des Préalpes médianes s'étend la « nappe de la Brèche », qui est localisée en deux grands lobes distincts, le plus important au Chablais, l'autre dans les bassins de la Sarine et du Simmental.

Or on constate, en Chablais, que partout où la nappe de la Brèche repose sur celles des Médianes, les épaisses couches calcaires de celle-ci n'existent plus, ou sont réduites à de maigres lentilles. C'est qu'elles ont été écrasées, pensait-on jusqu'ici. Mais non, car si elles avaient été laminées par l'avancée de la nappe de la Brèche, on les retrouverait reportées plus en avant. Et devant le front de la nappe de la Brèche n'existent que des fragments tout à fait isolés, sporadiques, de ces calcaires, nullement écrasés. Le rapport de cause à effet est donc l'inverse de ce qu'on avait cru : la nappe de la Brèche s'est écoulée, par glissement, là où elle a trouvé passage, c'est-à-dire là où les épais remparts calcaires des Préalpes médianes avaient été enlevés par l'érosion. C'est dans les creux qu'une masse de terrain s'écoule : c'est parce que l'érosion avait taillé deux vastes dépressions à la surface des Préalpes médianes que la nappe de la Brèche s'est épanchée sur elle en deux grands lobes; entre ces deux lobes, entre la frontière française et la vallée de la Tornieresse, la nappe de la Brèche n'a pas pu s'écouler.

Et l'on est sûr que ces érosions se sont produites avant la mise en place des nappes, car là où nous les voyons aujourd'hui, il est manifeste que les Préalpes médianes et la Brèche ont été

plissées ensemble, après le chevauchement de la Brèche sur les Médianes.

10^e Examinons encore la coupe des Préalpes du Pays d'En Haut, telle qu'on peut l'établir dans l'état présent de nos recherches. Elle est bien révélatrice, à l'analyse, et nous sommes certes loin d'en avoir épousé les aveux.

Toutes les nappes préalpines y sont représentées. On saisit au premier coup d'œil que les trois supérieures — nappes de la Brèche, de la Simme, des Médianes — ont été plissées ensemble, comme nous le remarquions tout à l'heure.

La nappe de la Simme, qui est actuellement réduite à d'assez petits lambeaux dispersés, est faite en majeure partie de Flysch datant de l'ère secondaire (c'est une jolie découverte de nos collègues TSCHACHTLI et CAMPANA) et repose presque partout sur le Flysch tertiaire des Médianes. Il est probable que son glissement sur le dos des Médianes s'est produit très anciennement, peut-être avant que les terrains des Médianes ne soient chassés de leur bassin sédimentaire par la compression du géosynclinal.

Le chevauchement de la nappe de la Brèche sur les Médianes est à coup sûr beaucoup plus tardif; nous venons de voir qu'une période d'érosion, sans doute fort longue, est intervenue entre la mise en marche de la nappe des Médianes et son recouvrement par la Brèche. Ici cette érosion n'a pas supprimé les remparts calcaires des Médianes, puisqu'il en subsiste les grandes dalles du Rubli (Rocher Plat) et de la Gummfluh; c'est que nous sommes au bord occidental du lobe oriental de la nappe de la Brèche, c'est-à-dire de la dépression où ce lobe a pu s'écouler. Plus à l'est, entre la Gummfluh et les Spillgerten, ces masses calcaires sont fort entamées.

Nous avons déjà parlé des effets de traction disjonctive qui ont isolé, arraché l'une à l'autre les dalles du Rubli et de la Gummfluh. Cette disjonction a précédé le chevauchement de la nappe de la Brèche, puisque ses plis plongeants sont ici pincés entre les dalles isolées; il est même probable que cette disjonction a précédé la période d'érosion antérieure à ce charriage.

En tout cas ces dalles de l'arrière des Médianes ne sont pas tombées du ciel pour se planter dans le Flysch tertiaire des nappes inférieures. Elles ont dû glisser comme des radeaux, avec

une faible inclinaison; et leur redressement en lames de jalousies suivant la forte pente que nous leur voyons aujourd'hui est certainement l'effet d'une poussée postérieure. Or cette poussée ne peut être que l'action de la nappe du Niesen, qui elle aussi est venue s'enfoncer, épaisse masse plastique, dans la pâte des Préalpes inférieures. La mise en place de cette volumineuse nappe du Niesen est donc plus tardive que celle du paquet Médianes-Simme-Brèche. Et c'est probablement plus tard encore que les nappes helvétiques sont arrivées, d'abord celle de Morcles, puis d'un même mouvement celles des Diablerets et du Wildhorn.

Ces trois grands ensembles, dont l'individualité ressort si bien de notre coupe (Préalpes supérieures, nappe du Niesen, nappes helvétiques) flottent sur le complexe des Préalpes inférieures, dans lequel elles sont engagées. C'est donc que ces Préalpes inférieures se sont étendues sur l'autochtone en tout premier lieu, avant l'arrivée des masses glissantes qui successivement sont venues s'échouer sur elles. Voilà quelques-unes des constatations que l'on peut inférer de l'étude d'une telle coupe.

11° Ces exemples suffiront pour faire entrevoir les problèmes nouveaux qui se posent en foule dans nos Préalpes et dans les Alpes helvétiques. On se rend compte maintenant qu'entre la mise en marche de ces nappes et leur mise en place, un temps extrêmement long, et des phénomènes très divers sont intervenus. Pendant qu'elles glissaient, d'une façon presqu'insensible et probablement intermittente, des cours d'eau ont pu s'établir à leur surface, tailler tout un réseau de vallées et de dépressions, pendant des millénaires et des millénaires. C'est sur de telles topographies déjà usées que les nappes supérieures sont venues à leur tour s'écouler, l'ensemble continuant ensuite sa lente reptation vers les creux de l'avant-pays. C'est tout une histoire, très compliquée, qu'il est passionnant de chercher à reconstituer, en analysant les effets qui nous en restent visibles.

12° Il n'y a rien de nouveau sous le soleil. Cette idée du glissement des terrains sur le versant des « massifs centraux » qui se soulèvent, elle rejoint en somme la vieille théorie des cratères de soulèvement, considérablement modifiée.

Surtout, c'est la première idée qu'avait eue HANS SCHARDT, lorsqu'en 1893 il avait établi que les Préalpes sont des nappes

charriées. Et il avait tout pressenti : traction disjonctive, érosion des nappes pendant leur écoulement. D'où vient que cette notion, si simple, ait presque disparu pendant près de trente ans, reniée par SCHARDT lui-même ?

C'est que SCHARDT, nous l'avons dit, croyait d'abord que les Préalpes seules étaient charriées dans les Alpes suisses. Lorsque les travaux de LUGEON, de TERMIER, d'ARGAND ont fait considérer l'ensemble de la chaîne, l'ampleur des nappes penniques, il apparut clairement que l'hypothèse d'un glissement de terrains sous l'effet de la pesanteur leur était inapplicable.¹ Alors SCHARDT a renoncé, comme tout le monde, à son idée première. Il fallait invoquer une cause unique, un mécanisme qui rendît compte à la fois de toutes les parties des Alpes. Le besoin d'unité de l'esprit, qui a fait accomplir tant de progrès en science, induit souvent aussi en erreur.

Aujourd'hui, nous envisageons plusieurs mécanismes différents, complémentaires. Pour les grandes nappes penniques, pour leur partie du moins restée entre les deux serres de l'étau continental, la compression du géosynclinal par poussée latérale, par dérive du socle africain. Pour le surplus de matière qui a débordé le cadre du géosynclinal, écoulement lent sous l'effet de la pesanteur. Il faudrait ajouter encore l'action des mouvements isostatiques provoqués par les surcharges que représente l'accumulation des nappes, laquelle doit se faire sentir jusque dans le magma profond. Mais c'est un domaine où les vérifications sont encore trop difficiles pour que les hypothèses aient actuellement grande valeur.

Ainsi nos conceptions se compliquent, mais se précisent; une synthèse s'édifie peu à peu, où trouvent leur place des éléments de toutes les théories anciennes. Un nouveau champ de recherches s'ouvre devant nous : nous en avons pour des années à reviser nos observations, à serrer nos déterminations, à critiquer nos interprétations. Les hypothèses qui surgissent de ces vues nouvelles sont vraiment des hypothèses « de travail » et vont nous donner, comme on dit, bien du fil à retordre. Mais qu'y a-t-il de plus beau que retordre du fil ? C'est l'incorruptible joie de l'homme de science.

¹ La tentative d'un HAARMANN, par exemple, pour l'y appliquer semble désespérée.