

La genèse des Alpes

Autor(en): **Rollier, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Actes de la Société jurassienne d'émulation**

Band (Jahr): **20 (1915)**

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-685239>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La genèse des Alpes

par le Dr L. ROLLIER

Professeur à l'École polytechnique fédérale

Agrégé à l'Université de Zurich

On s'était habitué, depuis A. Escher de la Linth et après Studer, à voir dans les profils géologiques de nos Alpes, un plexus régulier des sédiments et des roches cristallines, à peu près exempt de cassures, failles, chevauchements, décrochements, etc. Dans les Alpes françaises, les Alpes bavaroises et autrichiennes au contraire, on dessinait des profils hachés de failles. Chez nous, on en était arrivé à considérer les cassures comme illusoires, contre nature ou démodées. On ne voyait rien au-dessus des grands plis couchés des Alpes vaudoises ou du double pli glaronnais qui semblaient dominer et régler toute la tectonique alpine. On cherchait à y appliquer le schéma des plis réguliers du Jura, surtout depuis les profils d'Escher dans le massif du Sentis ⁽¹⁾. On a même traité les grands chevauchements des chaînes crétaciques sur la Molasse comme des plis réguliers jusqu'à la dernière décade du siècle écoulé.

La première note discordante dans cette structure régulière fut lancée dans les environs d'Iberg à propos des môles „Klippes” de calcaire d'Iberg (Escher) posés comme des lambeaux ou chapiteaux sur le Crétacique et l'Eocène normaux. Ce fut un élève du Prof. Steinmann, alors à Fribourg-en-Brisgau, un citoyen américain de Chicago (Aurora), Edm. Quereau, qui reconnut dans le calcaire d'Iberg, au moyen de plusieurs fossiles bien déterminés, du Muschelkalk austro-alpin (calc. du Wetterstein et calc. de Recoaro), des Dolomies supra-triasiques (Hauptdolomit), etc. Les cinq môles « jurassiens » de Kaufmann au bord du lac des Waldstätten (Mythen, Buochserhorn, Stanserhorn, Musenalp et Clevelalp), puis plus tard, les môles de

(1) Matériaux (Beiträge) carte géol. suisse liv. 13. publiés après la mort d'Escher, en 1878, la carte, en 1873, par la Commission géologique fédérale.

Voir aussi la série des profils coloriés disposés en relief sur la carte coloriée, répandue dans les musées et collections géologiques.

Giswyl du Prof. Hugi, devinrent également des lambeaux de recouvrement posés sur le Flysch du premier synclinal préalpin. Pour expliquer ce recouvrement, on imagina aussitôt une nappe de terrains jurassiques et triasiques venant du N. et poussée sur les premières chaînes crétaciques avant le dépôt de la Molasse. Les géologues français reconnurent presque en même temps des lambeaux de recouvrement analogues, mais fortement plissés, consistant surtout en roches liasiques et triasiques, dans les môles des Annes et de Sulens au S. et au S.-E. de Taninges, en Savoie. Ils insistèrent d'emblée sur leur dépendance des Préalpes du Chablais. On en vint à considérer les môles et les Préalpes romandes entre l'Arve et le lac de Thoune, puis les môles des Waldstätten en les reliant au Rhätikon et aux Alpes bavaroises, qui sont formés de roches analogues, comme une vaste couverture rocheuse qui se serait détachée du versant méridional des Alpes pour être poussée vers le N., par dessus les massifs centraux cristallins. Les uns font commencer le charriage avant la Molasse, durant le dépôt du Flysch, les autres le continuent jusqu'au plissement principal des Alpes après le Miocène. La théorie du charriage entrevue par Bertrand et par Süess a été acceptée et développée par le plus grand nombre des géologues alpins actuels.

A part cette tectonique de grande envergure, on a reconnu presque partout dans les Alpes des lambeaux de recouvrement et une structure imbriquée générale, de sorte que les nappes ou séries naturelles de roches se sont substituées un peu partout aux anciens plis couchés ou empilés les uns sur les autres. On parle maintenant dans nos Alpes de surplissement, d'emboîtement de plis couchés et de nappes qui, à l'origine, auraient formé une chaîne alpine de 4 ou 5 fois l'altitude actuelle du Mont Blanc. L'érosion aurait détruit toute cette masse de roches depuis l'Oligocène, pendant et pour la formation de la Molasse, puis durant les périodes glaciaires, pour en laisser subsister ce que nous voyons actuellement dans nos Alpes en ruines, les masses cristallines au centre, les hautes chaînes calcaires avec leur structure compliquée et les masses de recouvrement qui gisent à leur pied sur le Flysch.

La découverte des nappes de recouvrement, les idées théoriques qui président à l'élaboration des profils géologiques, ont donné à la tectonique alpine une tout autre allure que le simple plexus de l'ancienne école. Il faut aujourd'hui y joindre les nombreuses petites dislocations longitudinales ou transversales, par exemple, celle du Sentis (Heim et collab.) celle de la chaîne du Pilate (Beck, Schider) jusque dans les Alpes vaudoises (Jeannet), qui donnent aux masses

rocheuses un aspect moins flexible ou plus rigide, plus fissuré dans les détails, un peu comme Gumbel avait construit ses profils dans les Alpes bavaroises. Et les grandes failles que Lory avait reconnues dans les Alpes du Dauphiné, trouvent maintenant aussi leurs pendants chez nous. Elles montrent partout des plans plus inclinés, moins verticaux, que ce que l'on avait d'abord admis, de sorte qu'avec chaque surface de dislocation on peut combiner une nouvelle nappe de recouvrement. En principe, tout pli couché, puis chevauché, constitue les débuts d'une nappe de recouvrement. Nous avons ainsi dans nos Alpes, au lieu d'une structure qui répond simplement à la théorie du plissement, une imbrication et parfois un enchevêtrement de nappes qui n'en laissent pas immédiatement comprendre le mode de formation, ni saisir le mécanisme suivant lequel ont agi les forces orogéniques. Je chercherai dans les pages qui suivent, à décrire le processus d'après lequel la genèse de nos Alpes me paraît naturelle, sans sortir du schéma de plis et de nappes que comporte leur structure aujourd'hui bien démontrée. Tout essai ou synthèse théorique change nécessairement de forme, suivant le point de vue et les faits acquis par l'observation. Je reconnais donc parfaitement les faits qu'ont mis en lumière les théories orogéniques actuelles, dites du charriage, si répandues et si généralement admises. Je ne songe nullement à leur contester leur influence heureuse sur les progrès de la géologie alpine, bien que je les considère toujours comme exagérées et même comme insuffisantes dans le domaine de l'orogénie actuelle. Elles ont été lancées à brides abattues, sans contrôle, elles n'ont tenu aucun compte des critiques qui, à plusieurs reprises, leur ont été adressées.

Il y a bientôt dix ans que j'ai développé dans nos Actes⁽¹⁾ la thèse d'une liaison souterraine des Préalpes romandes avec le Rhätikon, par-dessous les nappes crétaciques des Préalpes de la Suisse orientale, tandis qu'on admet généralement le contraire, les Préalpes romandes reposeraient sans racines sur le Crétacique « autochtone », qui constituerait un socle enfoncé du Crétacique préalpin. Au lieu de considérer les môles (Klippen, Stöcke) de la Suisse primitive comme des lambeaux de recouvrement, je les ai identifiés, malgré leurs dimensions colossales, avec les rocs et blocs dit « exotiques » de la Craie, de l'Eocène et du Flysch. Ce sont pour moi des masses rocheuses déjà plissées, qui se sont détachées des Préalpes romandes et de leur prolongement en chaîne vindélicienne et Rhätikon, ont glissé dans la mer du Flysch, en partie aussi déjà enveloppées dans la mer

(1) Actes de la Société jurassienne d'émulation, série II, années 1905 et 1908.

éocène, et dans la mer crétacique (turonienne) pour former les blocs inclus et les conglomérats polygéniques de ces dépôts, en particulier ceux dits de la Gosau ⁽¹⁾. C'est à dix mouvements et plissements post-miocènes qu'est dû le recouvrement des Préalpes romandes érodées, c'est-à-dire leur prolongement en chaîne vindélicienne enfouie entre le lac de Thoune et la vallée du Rhin. Les blocs inclus dans le Flysch et les rocs isolés qui percent ce terrain au pied des chaînes crétaciques du Pilate sont la preuve que leur lieu d'origine ne peut pas être éloigné sous ces chaînes, c'est-à-dire sur le prolongement des Préalpes vers l'est. Il y avait primitivement sur le rivage S. de la mer molassique, au lieu des chaînes crétaciques, une chaîne marginale, plus ou moins large, faisant le trait d'union entre les Préalpes romandes et le Rhätikon. Elle fut attaquée par l'érosion jusqu'à son noyau cristallin déjà pendant le Crétacique supérieur, l'Eocène et jusqu'au Wildflysch, puisque ce noyau cristallin a pu livrer des blocs de granites verts et roses au Crétacique supérieur (Couches rouges), à l'Eocène et au Wildflysch (Oligocène inférieur ou Eocène supérieur). Les sédiments de la Molasse furent formés plus tard par l'accumulation des débris arrachés aux roches variées et puissantes du Flysch et du Wildflysch qui recouvrit à l'origine toutes les nappes préalpines.

J'ai fait voir ailleurs ⁽²⁾ que sur le prolongement des Préalpes, entre Genève et Vienne (Dauphiné), se trouve à moitié caché par la Molasse un massif cristallin avec des roches, granites à feldspath rose ou vert, porphyres verts, rouges ou gris, gneis et micaschistes très semblables aux roches dont sont composés les galets des Poudingues miocènes subalpins. Il affleure actuellement sur une étendue d'environ 3 km près de Chamagneu (Isère). Il resserre sous son pied N. un synclinal de schistes dyasiques anciens, analogues à ceux de St-Etienne (Stéphaniens), qu'on classe à tort dans le Houiller. Leur plissement est d'âge postpermien ou variscien. Le prolongement de cet amygdaloïde sous le Jura méridional et la Molasse du Plateau suisse prend la direction de Genève, où l'on peut très bien supposer qu'il existe encore, ainsi que d'autres, courant parallèlement, dans le sous-sol du plateau suisse et du plateau bavarois. On doit même en supposer un sous les Préalpes romandes, tout comme dans le Rhätikon, où des roches cristallines sont bien connues, actuellement écrasées, et dont quelques-unes se sont détachées durant le Crétacique et l'Eocène, alors que ces régions subissaient un premier plissement

(1) Die Gosau, vallée au S.-E. de Salzbourg, dans le Salzkammergut.

(2) Ls. ROLLIER : Les montagnes fossiles, conférence à l'Association franc-comtoise, etc. (Mém. Soc. Emul. Jura, série IX, vol. 2, 80, Lons-le-Saunier 1913), p. 333

(plissement vindélicien). Les dislocations remarquables du Rhätikon, les phénomènes de compression intense que présentent ses roches, ainsi qu'il ressort des dernières études sur cette région par le professeur von Seidlitz⁽¹⁾, les forts chevauchements que montrent les Préalpes internes, d'après la carte et les profils de F. Rabowski⁽²⁾, le contraste que présentent les plis énergiques et les fortes érosions (Jurassique-Triasique) de la chaîne du Stockhorn avec les plis plus faibles, plus larges et moins fortement entamés (Eocène-Crétacique) de la chaîne du Pilate, parlent beaucoup en faveur d'un âge différent ou de deux systèmes de plissement. Pour les Préalpes romandes et le Rhätikon, qui n'ont pas d'Eocène proprement dit, on peut admettre un plissement postcrétacique, tandis que les Préalpes suisses-allemandes sont incontestablement d'âge postmiocène, puisqu'elles sont plissées avec la Molasse, ou en partie chevauchées sur cette dernière. Le plissement postmiocène n'a pas été sans effet sur les Préalpes romandes, cela va sans dire, il a renforcé leurs plis, comprimé leur pied de Flysch; il les a aussi fait chevaucher sur la Molasse d'un côté, et les a poussées sur la zone interne du Flysch vers le Sud (Simmenthal-Chablais). De même il a écrasé le Rhätikon entre le grand synclinal de Flysch du Prättigau et celui du Valtserthal qui s'enfonce sous le pied de cette vieille chaîne.

Ces considérations et ces phénomènes ne sauraient être familiers à tout lecteur. C'est pourquoi il me demandera, pour le convaincre, d'établir la genèse de nos Alpes, telle qu'elle découle de nos cartes géologiques et des documents publiés jusqu'ici. Les preuves ou du moins les probabilités en faveur de mon hypothèse s'accumuleront au cours de cet exposé. Je considère mon but atteint si je puis faire entrevoir la possibilité d'un surgissement des Alpes autrement que par les suppositions et les phénomènes invoqués jusqu'ici.

Il n'y a qu'à étudier la série sédimentaire en un certain nombre de points de nos Alpes pour se convaincre que jusqu'au Wildflysch (Oligocène inférieur) tous les étages et groupes de sédiments n'ont pas été déposés sans lacunes sur nos Alpes. Tout au contraire, nombreuses sont les régions où des lacunes sédimentaires plus ou moins longues témoignent d'émersions partielles (séries d'îles) ainsi que d'érosions locales combinées avec les formations de détritiques, brèches, etc. La surface d'ablation la plus considérable et la plus générale se

(1) W. von SEIDLITZ : Geolog. Untersuchungen im östlichen Rhätikon (Berichte natur. Gesell. Freiburg-i.-Br., Bd. 16, 1906).

(2) F. RABOWSKI : Simmenthal et Diemtighal (Carte géologique spéciale comm. géol. No 69, 1912).

trouve à la base du Trias, sur le vieux socle cristallin des Alpes, qui se continue partout à la base des sédiments mésozoïques. Cette arasion eut lieu après le plissement variscien, à la fin du Paléozoïque (Permien, Schistes dyasiques) et transforma ces plis, pour ne pas parler ici de montagnes plus anciennes (plis hercyniens, plis calédoniens, etc.), alors déjà presque effacées, elle les transforma, disons-nous, en une pénélaine plus ou moins ondulée (surface post-permienne). C'est là-dessus que s'étendirent les golfes, lagunes, etc., qui déposèrent le Trias hétérogène de notre pays. Puis plus tard, durant le Mésozoïque, entre le Trias et le Lias, entre le Dogger et le Malm, entre le Malm et la Craie ou le Hils (Infracrétacique) et la Craie (Couches rouges), on constate plus d'une lacune sédimentaire plus ou moins étendue parmi les dépôts alpins. Elles sont de la plus grande importance pour la stratigraphie alpine, pour la paléogéographie ou la reconstruction des lignes de rivage des anciennes mers dans notre pays, plus encore que pour l'orogénie de nos Alpes (1). Dans cet ordre d'idées, il faut relever encore les érosions qui ont affecté l'Eocène avant le dépôt du Wildflysch. On voit par exemple à la base du Flysch du Niesen, un substratum des plus disparates, à peu près tous les étages mésozoïques suivant les points, ainsi que des brèches très hétérogènes ou polygéniques qui continuent dans tout le Wildflysch.

Cette surface d'érosion se prolonge parallèlement à une ingression du Flysch jusque sur les vieux torses des massifs cristallins, d'abord sur les schistes lustrés liasiques, sur les schistes du Dyas ancien (schistes de Casanna) et jusque sur les schistes cristallins.

Ces vieilles roches schisteuses sont parfois si peu différentes de celles du Flysch (schistes grisons, schistes de l'Engadine) elles sont parfois si enchevêtrées par le plissement les unes dans les autres, que l'on ne peut pas toujours tirer convenablement la limite entre des formations de même nature, mais d'âges pourtant si différents. On s'est cru ainsi autorisé, à tort selon moi, à conclure que dans cette région des schistes lustrés, dans les Grisons, en Valais et dans le Briançonnais, une série schisteuse uniforme et ininterrompue s'est déposée sous forme de schistes lustrés depuis le Paléodyas pendant tous les temps mésozoïques jusqu'à l'Eocène et au Flysch. Mais les groupes ou systèmes sédimentaires intermédiaires, ainsi le Malm, la Craie, etc., n'ont pas tous été reconnus sûrement par des fossiles

(1) Une surface d'érosion très remarquable peut être observée dans les Préalpes romandes, depuis la Simmenfluh, à la base du Crétacique supérieur (Couches rouges), avec lacune complète de tout l'Infracrétacique (Néocomien à Aptychus et à Brachiopodes). La carte géologique d'A. Jeannet (Tours d'Al, carte spéciale de la Comm. géol. suisse, n° 68, 1912), la montre magnifiquement dans les grands synclinaux de Roche et de Leysin (Préalpes vaudoises).

caractéristiques dans les schistes lustrés. On sait seulement avec quelque degré d'approximation, que par exemple, des Bélemnites liasiques (Scopi) se rencontrant à la base de la série, que des Algues marines (*Chondrites*) et des traces problématiques appelées Helminthoïdes ou Myrianites, caractéristiques du Flysch, se rencontrent ensemble, dans les mêmes couches, et que de petites Nummulites ont été rencontrées dans des bancs gréseux du Prättigau (Trümpy), qui ont été longtemps considérés comme schistes grisons d'âge liasique. En Savoie et en Tarentaise (Petit-Cœur) on a rencontré des Bélemnites liasiques et des Fougères paléodyasiques dans les schistes noirs de la même carrière, où le Trias, sous la forme de schistes lustrés ne peut être admis. On connaît, par contre, d'autres points où le Flysch oligocène s'est déposé sur du Jurassique, sans qu'on puisse reconnaître aucune trace de Crétacique, ou sur du Crétacique, sans trace d'Eocène intermédiaire. Les coupes relevées dans les Préalpes romandes sont très probantes à cet égard. Il est vrai qu'on ne peut pas toujours expliquer des lacunes sédimentaires par une érosion des sédiments supposés plutôt que par un manque originel des dépôts en question. C'est sûrement à ce dernier cas qu'il faut attribuer le manque de dépôts nummulitiques dans les Préalpes romandes. Dans le massif du Sentis par contre, le manque de l'Eocène et de la Craie supérieure s'explique aisément par des érosions subséquentes. On trouve dans les Fährnern et dans la partie orientale du massif du Sentis toutes les couches crétaciques et éocènes sans lacunes, ainsi que j'ai pu m'en convaincre de visu dans l'automne de 1914. Mais une grande partie du Flysch des cartes publiées doit être corrigé en Crétacique supérieur (Sénonien, etc.). Les parties érodées de l'Eocène et du Flysch ont été enlevées déjà pendant la formation de la Molasse, puisqu'on trouve aussi des galets de calcaires nummulitiques et surtout beaucoup de grès et quartzites du Flysch parmi ceux des Poudingues miocènes.

Des érosions éocènes et oligocènes peuvent être reconnues sur de grandes surfaces de nos Alpes calcaires. Après le soubassement du Flysch du Niesen, on peut citer surtout la grande surface dépourvue de Crétacique et de Nummulitique proprement dit entre Meyringen et Linthal, où l'on trouve du Sidérolithique analogue à celui du Jura. Au Kistenpass, le Dr Gogarten a rencontré des Turrilites cenonaniens inclus comme galets dans l'Eocène, et cela dans une région où le Crétacique supérieur manque souvent. M. le professeur Lugeon (1) a

(1) *Ecolgae geol. Helv.*, Bd. 12, No 2, S. 180-182 (1912).

parlé aussi dernièrement d'une surface d'érosion avec mylonites (brèches cristallines) sur plus de 30 m. d'épaisseur, auxquelles il attribue, il est vrai, une origine tectonique, mais qui me semblent appartenir à la base du Flysch et à sa transgression sur la surface arasée du Mésozoïque du massif des Aiguilles-Rouges, ainsi que le représente déjà Renevier sur sa carte géologique des Hautes-Alpes vaudoises, sur les deux rives de la vallée du Rhône, près de Mex au pied oriental des Dents-du-Midi et près de Javernaz sous la Dent-de-Morcles. Ces brèches et ces grès reposent très horizontalement dans le synclinal de Flysch sous la Dent-de-Morcles et appartiennent à son jambage supérieur. Il faut donc les considérer comme appartenant primitivement au manteau sédimentaire de la chaîne du Mont-Blanc, elles furent donc poussées et repliées vers le N., ainsi que le dit du reste M. Lugeon. Mais il faut rechercher au S. du Mont-Blanc le lieu d'origine de ces brèches. Dans la direction du N., c'est-à-dire dans le jambage inférieur du synclinal, elles ont déjà disparu. C'est donc un faciès littoral détritique de l'Oligocène inférieur.

C'est par ici que nous allons commencer notre genèse et notre tectonique des Alpes. Pendant l'Eocène et immédiatement avant le dépôt du Wildflysch (Oligocène inférieur), le sol alpin est très inégal. Les plissements supracrétaciques (vindéliens) et l'érosion préoligocène ont préparé une surface très irrégulière. Durant le Crétacique supérieur des rocs de gneis et de granite émergeaient de la mer, puisque nous en trouvons des fragments roulés, inclus dans les Couches rouges (Turonien) de Vouvry (Valais), vis-à-vis des carrières de ciment de Roche, puis dans le calcaire nummulitique (Parisien ou Lutétien) de Seewen-Ingenbohl près de Schwyz. Ce sont de vrais granites, non écrasés ou non cataclastiques, qui diffèrent sous ce rapport de la plupart des granites des massifs centraux des Alpes (protogine) et se rapprochent au contraire de celui de Chamagneu (Isère) ou de celui de Gastern (Lötschberg). Les blocs dits exotiques inclus dans les Marnes supracrétaciques et dans le Flysch, les blocs et les rocs de granite, de gneis, de diorite, de radiolarite, etc., qu'on rencontre surtout dans les Préalpes internes du Chablais, des Ormonds, du Simmenthal, dans le grand synclinal de Flysch, des Préalpes centrales (Habkern) et dans le Flysch du Toggenbourg jusque dans l'Allgäu parlent assez d'une chaîne érodée jusqu'au cristallin comme soubassement de la mer du Flysch. On trouve aussi souvent à leur place des blocs de roches des Préalpes romandes et du Rhätikon (triasiques, jurassiques, fossilifères, du faciès des Préalpes), par exemple les blocs fossilifères d'Iberg (Glasstobel), de Schwyz, ceux du Gurnigel et de la

Gruyère (Tour-de-Trême). Quelques-uns, comme le Berglittenstein dans le Haut-Toggenbourg, atteignent des dimensions telles qu'on ne saurait plus tirer aucune limite entre les blocs inclus dans le Flysch et les quartiers de roc, puis les rochers appelés *Klippen* ou môles du Flysch d'Iberg, les Mythen et ceux du Nidwald comme le Buochserhorn, le Stanserhorn, la Clevenalp, la Musenalp et l'Arvigrat, en outre les Giswyler-Stöcke, qui tous représentent des masses isolées, enfoncées dans le Flysch comme des dents gigantesques. On les dit toutefois « sans racines », parce qu'elles sont superposées au Flysch et ne transpercent pas ce terrain, comme on l'a cru autrefois (Escher). Ces môles et blocs isolés ont été, comme nous l'avons déjà dit, engloutis par la mer du Flysch à la suite de glissements sous-marins. Mais comme ils constituent des parcelles de grands plis, comme ils sont eux-mêmes plus ou moins plissés ou chevauchés les uns sur les autres, il faut admettre qu'ils ont fait partie d'une chaîne de montagne déjà plissée aux temps supracrétaciques et éocènes. La pensée arrive naturellement de les rattacher au prolongement des Préalpes romandes et du Rhätikon, que nous avons admise par-dessous les Préalpes de la Suisse centrale et orientale, entre le lac de Thoune et le Rhin. Ils ont donc fait partie de la chaîne vindélicienne et l'ont diminuée d'autant, c'est pourquoi ainsi démantelée, elle a pu être recouverte en chevauchement et disparaître sous les nappes qui portent maintenant les môles. Les Préalpes romandes et le Rhätikon sont les parties non recouvertes et actuellement très disloquées de la chaîne vindélicienne. Cette dernière a subi, dans les Préalpes romandes et le Rhätikon, un deuxième plissement, le plissement alpin. Il est possible qu'il existe, cachés sous la Molasse, d'autres restes ou tronçons de la chaîne vindélicienne, par exemple au N. du Sentis et du Vorarlberg. Les blocs « exotiques » si fréquents dans l'Oligocène de l'Allgäu, par exemple au Bolgen p. Sonthofen, rendent probable l'existence de la chaîne vindélicienne et son prolongement plus loin vers l'Est, sous la Molasse du haut plateau bavarois.

Par places, on peut aussi admettre que les brèches du Flysch viennent du rivage S. de la mer oligocène, comme nous l'avons déjà vu à propos des mylonites du synclinal de Morcles. Les îles qu'elle a dû posséder sur l'emplacement de la chaîne vindélicienne lui ont aussi livré des matériaux. Les blocs et les brèches du Weistannenthal et des Graue Hörner (Monte Luna et Seeligrat) dans le grand synclinal de Flysch de Glaris, proviennent probablement du prolongement du Rhätikon sous le socle de la nappe du Mürtschen et de Glaris.

Nous arrivons ainsi à parler des nappes de la Suisse orientale

pour autant qu'elles ont été chevauchées par-dessus la chaîne vindélicienne. C'est le point de vue nouveau de ce travail, nous avons à le préciser un peu. Prenons en mains une carte géologique de la Suisse et tâchons d'y voir les principaux traits de la tectonique alpine. Nous donnons du reste sur la Pl. I, une esquisse tectonique à l'échelle de 7 : 25.000.000 de la Suisse et des régions voisines, qu'on pourra comparer (ou superposer en décalque) sur une carte topographique à même échelle. Voir aussi la légende de cette esquisse tectonique.

Un chevauchement très important constituant la principale de nos nappes de recouvrement de la Suisse orientale, commence à l'W. du Rhätikon près de Mayenfeld (Lutziensteig) au Fläscherberg. Avec ce dernier se tient l'Alvier, p. Sargans, et sa base de Permien (Verrucano) — Trias-Lias (Magereu) chevauchée du N. au S. sur le synclinal de Flysch de Glaris. Il faut y rapporter aussi le Mürtschen avec les nappes situées plus au N., formant le massif du Sentis. A l'W. de la Linth, la nappe poussée vers le S. continue par la nappe de l'Axen avec ses accessoires les nappes du Glärnisch, du Drusberg et du Frohnalpstock. A l'W. de la Reuss, ce sont les masses de l'Urirothstock, des Alpes d'Unterwalden et bernoises au N. de l'Aar. A l'W. de l'Aar, la nappe chevauchée comprend le groupe du Faulhorn et du Schilthorn jusqu'au Kienthal. Ici son soubassement de Flysch se réunit au Flysch du Niesen. On voit bien le recouvrement sur la carte géologique de Gerber, Helgers et Trösch (Carte spéciale N° 43 de la Commission géologique suisse). Le Flysch du Niesen recouvre de son côté le pied des Préalpes romandes, ainsi qu'on peut s'en convaincre à l'extrémité S.-E. de la chaîne du Stockhorn (Burgfluh près Wimmis), sur la rive S. du lac de Thoune près d'Aeschi, à la Krattighalde, jusqu'à l'W. de Därligen. On voit ici clairement les Préalpes romandes s'enfoncer et se perdre sous les Préalpes de la Suisse centrale et orientale. Ces dernières sont une véritable nappe recouvrant les Préalpes romandes.

A l'extrémité S.-W. de la chaîne du Pilate, à la Schrattenfluh et au Niederhorn, nous avons atteint l'extrémité S.-W. de la grande nappe chevauchée des Préalpes centrales et orientales suisses, laquelle mesure ainsi plus de 140 km. de long, sur une largeur de 20 à 30 km.

On voit sur une carte d'ensemble de la Suisse et des pays voisins que cette zone refoulée du pied N. des Alpes suisses est située juste vis-à-vis du massif de la Forêt-Noire, de même que la partie du Jura suisse la plus resserrée et la plus disloquée est aussi située à l'E. de Soleure, de sorte que ces régions orographiques fortement

comprimées commencent exactement toutes les trois à l'E. de la ligne Bâle-Soleure-Thoune, à peu près perpendiculaire sur la direction du Jura oriental. La vallée d'érosion de l'Aar et du lac de Thoune jalonne donc deux régions totalement différentes au point de vue orographique et stratigraphique : à l'W. la chaîne du Stockhorn qui appartient aux Préalpes romandes, à l'E. la chaîne du Pilate qui fait partie des Préalpes allemandes (ou suisses centrales et orientales).

Le front exact de la grande nappe chevauchée des Préalpes suisses allemandes ressort très bien de la carte géologique de la Suisse, par son substratum de Flysch et d'Eocène. Nous le voyons sans interruption depuis Kienthal jusqu'à Ragaz par *Furgge-Sefinen-Mürren-Scheidegg-Meyringen (S.)-Jochpass-Engelberg-Flüelen-Klausenstrasse-Glaris-Kärpf-Graue Hörner-Ragaz*.

A l'W. et au S.-W. du lac de Thoune, nous pouvons également nous convaincre que les Préalpes romandes et du Chablais, jusqu'à Taninges et Bonneville, auxquelles appartiennent les môles des Annes et de Sulens, sont également, quoique moins fortement chevauchées vers le S., sur la zone de Flysch du Val d'Illicz-les-Ormonds-Niesen. Ce grand front chevauché est aussi de 140 km. de long, avec une largeur de 10 km. à Taninges.

A l'E. du Rhin, dans le Rhätikon et le Vorarlberg, les traits orographiques, tectoniques et stratigraphiques des montagnes sont aussi fort différents de ceux du Sentis et des Churfürsten. Les chevauchements sont disposés inversement, poussés vers le N., et ne correspondent pas exactement aux mêmes zones sédimentaires qu'à l'W. du Rhin. Pourtant les synclinaux de Flysch au N. et au S. du Sentis continuent dans le Bregenzerwald ou le Valsertal, mais en prenant d'autres dimensions et limités par d'autres dislocations.

A quelle date géologique se sont produits les chevauchements que nous venons d'examiner au N. des Alpes ? Ce sont les relations réciproques des nappes qui nous permettront d'établir leur âge relatif. Les Préalpes allemandes débordent et recouvrent partiellement au S. du lac de Thoune la zone des Préalpes romandes. Il en résulte que ces dernières ont d'abord été mises en place. Nous avons vu qu'aux temps crétaciques, éocènes et au commencement de l'Oligocène, lorsque les blocs exotiques et les môles ont été inclus dans la mer crétacique, éocène etc. (v. fig. 1, Pl. II) les Préalpes romandes étaient reliées à ciel ouvert avec le Rhätikon. Il en résulte que le chevauchement des nappes des Préalpes de la Suisse centrale et orientale n'a pu avoir lieu qu'après le dépôt du Wildflysch, c'est-à-dire au commencement

de l'Oligocène. Des mouvements orogéniques considérables se produisent donc durant le passage des temps éocènes à l'Oligocène, et nous pouvons dire qu'ils inaugurent la nouvelle période durant laquelle les mondes animal et végétal subissent de nouvelles transformations et au début de laquelle une nouvelle distribution des terres et des mers a lieu, surtout dans les régions centrales de l'Europe et les pays alpins. La mer du Flysch se resserre en un canal étroit au N. des Alpes, pour produire celle de la Molasse oligocène. Les Alpes commencent à se soulever, les Préalpes romandes et les nappes préalpines de la Suisse centrale et orientale sont poussées vers le S., et ces dernières en partie par-dessus la chaîne vindélicienne, entre les Préalpes romandes et le Rhätikon. Puis nos montagnes se recouvrent d'une végétation forestière, dont les nombreux témoins sont maintenant renfermés dans des gisements fossilifères de notre Molasse oligocène. Il faut citer ici en première ligne la flore tongrienne du Val d'Illicz, celle des grès de Vaulruz et du Gournigle (Gurnigel) avec les remarquables inclusions de résines fossiles (ambre ?), de Planfayon dans le canton de Fribourg et du château des Allinges, près Thonon. Ces résines fossiles et spécialement l'ambre de la Baltique, proviennent d'espèces éteintes de pins, notamment de celle qu'on a appelée *Pinus succinifera*.

Les nappes de la Suisse centrale et orientale sont encore recouvertes en grande partie par du Flysch, avec ses blocs et ses rocs inclus. Schématiquement la position des nappes est indiquée par notre Pl. II, fig. 2.

L'ablation commence maintenant son œuvre de destruction et transporte sables et galets dans la mer molassique. Il en résulte d'abord le dépôt de la Molasse oligocène. Des conglomérats ou poudingues sont d'abord peu nombreux et très localisés dans la Molasse oligocène. On en connaît aux Voirons où ils se montrent déjà très puissants et composés de toutes les roches des Préalpes avec leurs blocs dits exotiques.

Des poudingues oligocènes, le plus souvent calcaires, se rencontrent en outre en petits bancs, alternant avec des molasses ordinaires, dans les synclinaux des Alpes bavaroises, où ils recouvrent le plus souvent le Trias (Reit-im-Winkl). Il peut en exister de pareils dans les parties profondes et insondées des anticlinaux molassiques de la Suisse.

Avec la période miocène, l'érosion des Alpes reprend avec une nouvelle énergie, parce que le corps alpin subit un nouveau soulèvement. Maintenant, de gros galets et des quartiers de rocs descendent dans le canal molassique, les deltas à l'embouchure des fleuves sub-

alpines croissent rapidement et fusionnent leurs bancs de grès, de marnes et de poudingues. On reconnaît encore aujourd'hui dans les massifs des Poudingues subalpins un delta de l'Isère et de l'Arve miocènes (St-Laurent-du-Pont dans l'Isère) un delta du Rhône (Pélerin p. Vevey) de l'Aar (Massif du Napf), de la Reuss (Righi-Rossberg), de la Linth (Speer), du Rhin (Pfänder-Gäbris), de l'Iller, du Lech (Peissenberg) etc. C'est une masse énorme de sédiments détritiques de plus de 2000 m. d'épaisseur, qui subit un affaissement graduel au pied N. des Alpes. Il en résulte une stratification discordante très évidente entre ces sédiments et le rivage alpin. (Pl. II, fig. 3). Insensiblement les eaux marines deviennent saumâtres par places, tandis que l'eau douce prédomine dans les deltas. Le régime marin se maintient aussi plus longtemps en Basse-Bavière (Schlier d'Ottwang) alors qu'il est de plus en plus lacustre en Suisse, parce que le bassin molassique se ferme du côté de Genève et de la vallée du Rhône. Pour finir, le canal molassique se transforme à la fin du Miocène (étage d'œningen ou Sarmatien) en un territoire lacustre et de plaines inondées soumises aux incursions fluviales, dont les eaux marines sont tenues éloignées. La mer ne reviendra plus dès lors sur le plateau helvète-bavarois, tandis qu'au S. des Alpes, il y aura encore un territoire marin avec les dépôts pliocènes normaux de Pontegana et Balerna, puis ceux de la vallée du Rhône et de la Saône. Mais ils se formeront seulement lorsque les Alpes et le Jura auront été affectés par le plissement post-miocène et que le plateau helvète-bavarois aura été placé du même coup au-dessus du niveau de la mer. Il est plus juste de dire que le niveau de la mer s'est abaissé par le surcreusement des océans, par suite de la contraction du noyau terrestre, c'est-à-dire que le zéro de notre hypsométrie actuelle a été autrefois plus élevé, notamment du temps de la mer molassique. Les Alpes en bloc, par suite de leur contraction et de leur plissement, ont par contre été soulevées.

En conséquence, il faut terminer les temps miocènes et commencer le Pliocène avec ce grand événement géographique, qu'on peut bien appeler révolution terrestre, par lequel les Alpes subissent leur plissement principal, tout comme les montagnes qui appartiennent au même système orogénique, le Jura, l'Apennin, le Caucase, l'Himalaya, etc. C'est une révolution terrestre, parce que les mers d'Europe et probablement celles du monde entier ont subi des transformations (regressions et ingressions) importantes. La vraie limite entre le Miocène et le Pliocène est une conséquence directe de cette révolution, en d'autres termes, elle n'est basée qu'en seconde ligne sur la paléontologie.

Pendant le plissement principal des Alpes, une bonne partie de la Molasse est affectée par cet effort orogénique et se soulève en plis parallèles à ceux des Alpes, mais son épaisseur considérable dans la zone littorale subalpine a pour conséquence que tout le bord externe des Alpes, aussi bien celui des nappes suisses allemandes que celui des Préalpes romandes et des Alpes bavaroises est enfoncé et pénétré à l'instar d'une vaste lame ou soc de charrue, par le front de la Molasse et des poudingues subalpins. En d'autres termes, le plissement définitif des nappes et des Préalpes ne pouvait pas être conforme à celui de la masse beaucoup plus rigide de la Molasse. Par suite de sa position plus profonde, ce bord S. maintenant desséché du canal molassique est comprimé en voûtes et chevauché par les Alpes calcaires. Il se forme ainsi la ligne de fracture ou de dislocation la plus évidente et la plus considérable des Alpes, reconnue depuis longtemps (Necker, Escher, Murchison) mais qu'aujourd'hui nous ne pouvons plus nous représenter dans un plan vertical parallèle à la direction des Alpes, mais incliné contre l'intérieur de la chaîne. On la voit très distinctement en un grand nombre de points au contact de la Molasse et des montagnes calcaires. (Voir Pl. II, fig. 4) qui montre les nappes chevauchant sur la Molasse. Ce schéma s'applique avant tout à la Suisse centrale (Righi) et orientale (Speer). Dans la Suisse occidentale, les Préalpes romandes chevauchent sur la Molasse sur toute leur zone externe, et dans la zone interne, elles sont disposées en éventail plus ou moins compliqué. Il faut faire remarquer en outre que nos figures ne représentent pas les plis actuels des nappes pour faire ressortir plus clairement leur position relative et les traits primordiaux de la tectonique alpine.

Le plissement principal des Alpes n'a pas seulement affecté les Préalpes romandes, les nappes de la Suisse centrale, orientale et la Molasse, mais tout aussi énergiquement les sédiments dits autochtones des Hautes-Alpes, et les zones alpines centrales situées entre les massifs cristallins, en un mot, il a remué toute la chaîne des Alpes. Nous n'avons pas à parler ici des anciens plis varisiens, plis antérieurs formés durant l'ère paléozoïque, qui ont fait surgir les massifs cristallins, ébauché les synclinaux dyasiques et carboniques des Alpes, mais avant tout du plissement de la couverture mésozoïque de nos montagnes. Ce phénomène reste le plus remarquable et le plus grandiose de la tectonique alpine, comme on peut s'en convaincre en présence du grand pli couché des Dents-du-Midi et de la Dent-de-Morcles, des plis déjetés et couchés au N. de la grande Windgälle, ainsi que dans le jambage S. du double pli gla-

ronnais surpassé encore en ampleur par les grands plis couchés des Alpes de Davos. Ce plissement principal qui a affecté les Alpes entières ne peut pas être séparé de celui qui a resserré la Molasse sous leur pied et se place très certainement après le dépôt à ce dernier terrain, à la fin des temps miocènes ou au commencement du Pliocène.

Il est évident que ce plissement principal a déployé aussi toute son énergie sur les massifs cristallins et leurs enveloppes de schistes métamorphiques, de telle sorte que l'on a pu découvrir et décrire ici les plus colossales et les plus compliquées des nappes et des plis couchés, ainsi que les montrent les cartes et les profils publiés récemment dans la région de la Dent-Blanche et du Simplon ⁽¹⁾. Ce sont les acquisitions les plus récentes de la géologie tectonique, dont je suis bien éloigné de vouloir nier l'importance ou même la réalité. Mais il me paraît bien illusoire et même inutile de vouloir construire là-dessus quatre ou cinq autres nappes hypothétiques, complètement enlevées par l'érosion, et dont il faudrait pouvoir trouver des traces dans les synclinaux triasiques et dans le manteau sédimentaire normal du Valais, du Tessin et des Grisons. Le schéma en myrianites qui fait dériver du Sud le plissement unilatéral de nos Alpes est non seulement une impossibilité géophysique, mais un emboîtement trop simple, bien que fantastique des nappes alpines, qui ne répond pas du tout à leurs rapports stratigraphiques et géogéniques. La théorie dite du charriage ne correspond pas à une genèse naturelle des Alpes, parce qu'elle ne tient aucun compte des érosions post-crétaciques, ni de l'origine des blocs inclus dans le Crétacique et l'Eocène, et qu'elle n'arrive pas à les expliquer. Les phénomènes orogéniques qu'elle invoque ne sauraient avoir eu lieu progressivement à travers plusieurs périodes géologiques (Flysch-Pliocène), car l'érosion aurait morcelé les nappes et les plis et les aurait rendus impropres au glissement et au plongement par le front. Les grands plis postmiocènes généralement reconnus et admirés, n'auraient pu prendre aucune dimension considérable, ni aucune régularité, s'ils avaient déjà commencé à se former durant le charriage des nappes, toujours pour la même raison du morcellement par l'érosion.

En outre, on peut construire avec les données actuelles des profils très différents de ceux de la théorie du charriage, si au lieu de ses

(1) E. ARGAND : Massif de la Dent Blanche. (Carte spéciale Comm. géol. suisse, no 52, 1903) et Nappes de recouvrement des Alpes occidentales. (Carte spéciale Comm. géol. suisse, no 64 et Profil, 1911).

H. SCHANDT : Note sur le profil géol. et la Tectonique du Massif du Simplon, etc. 40). Lausanne 1903.

SCHMIDT, PREISWERK u. STELLA : Geol. Karte des Simplongebietes (Spezialkarte d. Schweiz. Geol. Komm., no 48 u. Profile, 1907).

lignes théoriques dans les airs on prend des liaisons souterraines qui conduisent à poser les racines des nappes dans le sous-sol au lieu de les chercher sur le versant S. des Alpes. Cette hypothèse se soutient tout aussi bien ou même plus facilement que l'autre. On doit en toute bonne justice et impartialité lui accorder au moins quelque attention. Des travaux d'art et de sondages montreront plus tard quelle est la bonne hypothèse. On sait que dans la région de Fuveau et le massif de la Sainte-Baume près Marseille ⁽¹⁾, les racines des premiers recouvrements de Bertrand ont été trouvées dans la profondeur (tunnel), au lieu que Bertrand les supposait en-dehors du massif.

La question de savoir si la couverture mésozoïque des massifs cristallins des Alpes, ou plutôt entre ces massifs cristallins, était déjà en partie plissée à la fin des temps crétaciques et au commencement de l'Oligocène, doit être examinée dans les relations du Flysch avec les schistes liasiques des Grisons et dans la substratum des schistes de l'Engadine. Il se peut que ce soit le cas, et alors nous aurons l'Oligocène et peut-être l'Eocène supérieur reposant sur une surface de plissement. Ces relations n'ont pas encore été établies, ni même examinées jusqu'ici. Il faut, en tout cas, insister sur le fait que les plissements postmiocènes ont été si intenses que dans les régions occupées par des schistes, la compression peut avoir fait disparaître toute discordance primitive. Renevier a représenté sous la Dent-de-Morcles, un synclinal mésozoïque couché qui est occupé par du Flysch transgressif. Sous le Flysch, il n'y a que du Jurassique avec un peu de Trias, mais pas de Crétacique. On voit en outre, que l'Infracrétacique de St-Maurice, revêtu du faciès pélagique à Céphalopodes jusqu'à Cheville, se coince sous le Mont-de-Javernaz, parce qu'il est érodé et non pas parce qu'il est pincé tectoniquement. Sur le synclinal de Flysch, c'est-à-dire, orographiquement parlant, sous le Crétacique littoral de la Dent-de-Morcles, il y a du Nummulitique et les brèches que nous avons vues citées sous le nom de mylonites. Il devait donc y avoir ici, avant le plissement de la Dent-de-Morcles, un substratum du Flysch déjà un peu plissé et surtout très érodé. Une élimination du Crétacique et du Nummulitique par étirement au-dessous du Flysch n'est pas admissible, parce que le Flysch aurait dû être éliminé le tout premier. Les mylonites ou les brèches du Flysch qui appartiennent au pli de Morcles se coincent aussi vers le N., actuellement vers le S. Elles ne sont pas non plus d'origine tectonique. Nous avons donc

(1) A. FOURNIER : Terrains rencontrés par la galerie de Gardanne à la mer (Bull. Soc. géol. de France, 4^e sér., t. 6, p. 106-116, gr. 8^o. Paris 1906).

L'hypothèse des grandes nappes charriées (Bull. Soc. belge de géologie, t. 20, p. 163-170, 8^o, Paris 1906-1907).

ici sous le Flysch, un exemple d'une surface inégale, déjà plissée quelque peu dans la région dite autochtone de nos Alpes. Renevier y a vu un étroit canal, qui existait déjà aux temps liasiques, et il n'a peut-être pas entièrement tort. Ainsi les plis du Mésozoïque formés à la fin du Crétacique (plis vindéliens) ne sont pas à rejeter, pas même dans la région des Hautes-Alpes. C'est pourquoi j'ai indiqué le synclinal mésozoïque d'Urseren-Furka et d'autres dans le profil de nos Alpes aux temps du Flysch et l'ai dessiné toujours plus resserré à la suite des contractions orogéniques des temps tertiaires (Fig. 1-4). Mais il va sans dire que tout cela n'est qu'un schéma. Le substratum du Mésozoïque, c'est-à-dire l'ossature antémésozoïque de notre pays (Alpes, Plateau et Jura) est aussi plus ancienne dans ses traits primordiaux, affectée par les plissements variscien (postpermien) et hercynien (posthouiller).

Nous sommes ainsi bien loin de voir toute la tectonique de nos Alpes formée dans un seul moule et d'une coulée unique. Avant les plissements pliocènes, il n'y a pas eu pour notre pays une seule et unique période de repos orogénique. Au contraire, les contractions de l'écorce terrestre ont agi périodiquement, après des temps de calme plus ou moins longs, à des périodes de dislocations ont succédé, à plusieurs reprises, des périodes d'érosion ou inversement. La genèse des Alpes, tout comme les grands jours de la Création, est une œuvre de longue haleine. Nos montagnes n'ont pas été aussi promptement terminées que par exemple les montagnes du centre de l'Allemagne et celles du Nord de la France (Harz, Ardennes, etc.), qui ne présentent pas autant de phases de soulèvement ni des mouvements du sol aussi fréquents et aussi considérables.

Nous n'avons traité jusqu'ici que du versant N. de nos Alpes en laissant un peu de côté le versant S. La couverture mésozoïque de ce versant S. n'est pas affectée de plissements aussi intenses, elle n'y présente que quelques failles, mais aucun des grands chevauchements que nous connaissons sur le versant N. Ce n'est qu'au pied N. de la Bernina et dans l'Engadine que les plis acquièrent une forte envergure. Les synclinaux fermés ou comprimés du Tessin avec leurs roches triasiques et carboniques métamorphiques sont de simples restes protégés contre l'érosion de la couverture mésozoïque générale de nos Alpes. Il n'y a rien qui puisse y faire admettre les soi-disant racines des nappes préalpines, comme le supposent les adhérents de la théorie du charriage. Puis la théorie qui veut que tous les sédiments pélagiques des Alpes et des Préalpes aient été déposés par dessus le Trias du Tessin, qui aurait constitué une fosse continue durant tout

le Mésozoïque, n'a rien de bien fondé. Aux temps du Dogger supérieur et de l'Oxfordien déjà, nous voyons une terre ferme exister au S. du Mont-Blanc (Val Ferret) et du Massif de l'Aare (Fernigen). Que les faciès sublittoraux des Hautes Alpes aillent se transformer en faciès pélagiques au S. des Alpes et en faciès littoraux dans la direction du Jura, c'est là une supposition que contredisent les faits. Dans les massifs de l'Aare et du Mont-Blanc, nous rencontrons déjà des dépôts pélagiques qui plus loin, vers le N., quand ils ne sont pas enlevés par l'érosion, vont se relier directement aux dépôts pélagiques des Préalpes romandes. De ce nombre sont les couches à Céphalopodes de l'Infracrétacique (Néocomien à Céphalopodes) des Hautes Alpes vaudoises entre Cheville et Javernaz à l'E. de St-Maurice, au pied de la Dent-de-Morcles, qu'a étudiés et décrits Renevier en 1889 et qu'il faut surtout relever. Nous avons déjà dit que ces dépôts ont été en partie érodés sous le pli de Morcles avant le dépôt du Flysch, on ne peut par conséquent pas voir leur passage aux roches de même âge et du faciès sublittoral de la Dent-de-Morcles. Les plis de Morcles et des Dents-du-Midi proviennent du versant S. du Mont-Blanc, où ont été déposées des roches de faciès sublittoral sur un territoire des Alpes centrales, où l'on devrait déjà rencontrer, dans l'hypothèse du charriage des Préalpes, des roches pélagiques. Au lieu de cela, on voit les eaux mésozoïques des Hautes Alpes vaudoises, revêtir une zone pélagique ou subpélagique du côté du N. et une zone sublittorale dans la direction du S. ou des Alpes valaisannes. On peut du reste s'attendre à trouver plusieurs fois une alternance de zones pélagiques et de zones sublittorales entre les Alpes et le Jura, comme on en voit aussi un exemple dans l'Infracrétacique du Justithal et des autres régions des Alpes bernoises, dans les schistes oxfordiens des Hautes Alpes vaudoises et ceux des nappes bernoises et d'Unterwald. Il faut naturellement combiner ces zones avec les lacunes sédimentaires ou les îles locales que nous avons relevées déjà sur plusieurs points et à différentes hauteurs de la série sédimentaire ⁽¹⁾.

Ces considérations peuvent maintenant suffire pour justifier l'établissement d'une nouvelle hypothèse sur l'origine des Alpes. Nous pourrions l'étendre aussi aux Alpes orientales (bavaroises et tyroliennes) sans y rien changer d'essentiel. Sans doute qu'il reste des questions de détails à traiter, que l'on a du reste abordées ces derniers temps, par exemple, les rapports statégraphiques et orogéniques de plusieurs

(1) L. ROLLIER : Sur les rivages des mers mésojurassiques, etc. (Actes Soc. helv. sc. nat., 1915, 2^e part., p. 166 et s., 8^o, Genève-Aarau) et Eclog. geol. Helv., vol. XIII, no 4, 8^o, Lausanne 1916.

étages en Suisse et dans les Alpes françaises, l'origine des Brèches du Chablais, des Radiolarites et l'extension des Marnes supracrétaciques (sénoniennes, etc.) Pour l'ensemble de notre genèse des Alpes, ces questions n'ont pas d'autre importance, mais suivant les opinions ou le point de vue que l'on occupe, on peut leur en attribuer une plus ou moins grande. Leur étude peut toutefois conduire à des découvertes intéressantes. Rien n'est si complètement, si définitivement établi, que la critique et de nouvelles données n'aient plus rien à y changer. Au contraire, les hypothèses corroborées par des faits nombreux, sont ébranlées à partir du moment où elles ne conduisent plus à de nouvelles découvertes. Puis on les remplace. Ce sont les aéroplanes au moyen desquels notre science s'élève. Quelles que soient leurs divergences, on finira bien par discerner laquelle se rapproche davantage du but qu'un peu de discussion contribue à faire mieux connaître. Que ce soit aussi le but de ces pages.

* * *

On ne s'explique pas comment on a pu ramener chez nous, au pied des grands massifs cristallins des Alpes, l'orogénie alpine à une poussée tangentielle venant du S. On sait pourtant que c'est ici que se trouvent les replis les plus énergiques, marquant les points où la contraction terrestre a rencontré les plus grands obstacles, et où la poussée au vide les a dirigés sur les plans inclinés du bas vers le haut, et non pas à l'inverse. En faisant abstraction de quelques plis déjetés vers le S. qu'on rencontra par exemple à l'E. du lac de Côme, et qui ne parlent pas non plus pour une poussée venant du N., il n'y a rien au S. des Alpes qui parle en faveur d'une force tangentielle prépondérante dont l'origine serait à rechercher au S. des Alpes. C'est l'inverse qui est vrai, c'est-à-dire qu'il faut retourner le processus et le mode d'application des forces orogéniques. La première idée d'une poussée prépondérante venant du N. s'est présentée à moi en examinant les nombreux et forts plis en zigzags du flanc N. de l'Altels (Wildelsigen et Schafberg) que j'ai dessiné pour mon profil non publié du tunnel du Lötschberg, en 1906. Je ne pouvais pas y voir, déjà alors, une poussée venant du S. en plongeant depuis les hauteurs des Alpes bernoises, mais une force agissant en sens inverse et remontant depuis le pied N. des massifs. Ce n'est que de cette manière qu'on peut expliquer rationnellement la présence d'un coin synclinal de Flysch enfoncé et redressé entre deux jambages de Malm érodé, dont la percée du Tunnel du Lötschberg a révélé la présence dans le pied N. des Alpes bernoises. (Voir le profil publié par Hugi

et Truninger en 1914. (J. Weber, Clubführer III, S. 139, 16°, Zurich 1915). Dans la chaîne du lac au S. des Alpes, c'est une application inverse qu'on doit admettre. Au N. des Alpes, la poussée qui a produit à plusieurs reprises des nappes et des plis du sol ne saurait être interprétée comme une réaction d'une force tangentielle venant du S., mais au contraire, cette force a d'abord agi depuis le N. et dans les géosynclinaux préalpins plus énergiquement qu'au S. des Alpes, où les nappes n'existent pas.

La poussée venant du S. à travers le géosynclinal du Pô ne saurait en tout cas pas être rapportée à l'action de la pesanteur, car dans ce cas, elle devrait avoir eu plutôt pour effet un mouvement contraire, c'est-à-dire dirigé des Alpes vers l'Apennin. Et alors à quoi pourrait bien être attribué un déplacement de l'écorce terrestre dans le sens du charriage ? C'est assez dire que ce dernier n'a jamais eu lieu.

De même les soi-disant racines des nappes sont une illusion ou une absurdité, puisqu'il s'agit là de synclinaux témoins de l'extension d'une *nappe sédimentaire* sur l'emplacement à peu près entier des Alpes. Comment pourraient-ils former les racines des roches auxquelles ils ont été reliés par des kilomètres de dépôts de même nature enlevés plus tard par l'érosion ? Les boues à globigérines des océans actuels seraient-elles aussi les « racines » des dépôts littoraux ou disons seulement pélagiques des eaux continentales ?

A l'E. de la vallée du Rhin, dont l'origine est sûrement tectonique, les chevauchements sont disposés presque sans exception à l'inverse de ceux de la Suisse orientale, ils sont tournés vers le N. Les chaînes crétaciques du Vorarlberg sont toutes poussées comme des écailles sur la Molasse, la nappe de l'Allgäu dans le même sens sur la zone de Flysch Feldkirch-Sonthofen qui présente un décrochement horizontal, ou du moins une forte déviation vers le N. dans son extrémité orientale. Puis vient la masse redressée vers le N. de la nappe du Lechthal, qui est composée en grande partie, comme la précédente, de grandes écailles de terrains triasiques. En fin de compte, c'est par là-dessus que chevauche la large nappe géosynclinale de l'Innthal, avec son Lias très réduit (Schistes de l'Allgäu) son Dogger et son Malm à radiolarite et calcaire à *Aptychus*, ses Marnes crétaciques à Orbitolines (Cénomaniens) du faciès schisteux analogue à celui du Flysch. Elle s'appuie au massif cristallin du Silvretta (région de l'Arlberg) et l'a recouvert au moins en partie, stratigraphiquement et normalement sûrement jusqu'aux temps crétaciques proprement dits. Durant le Crétacique supérieur se produit ici également le plissement vindélien, combiné avec l'érosion, qui envoie des blocs détachés et

des môles dans la mer supracrétacique (nappe du Krabach d'Amperer (1)). C'est de ces débris que se forment les Couches de la Gosau (Turonien), avec leurs marnes rouges, leurs conglomérats et leurs quartiers de rocs dits « exotiques ». C'est pourquoi l'on trouve par places ces dépôts détritiques et littoraux en contact avec un substratum triasique (Muttekopf) et ailleurs aussi (Rothkopf vers le Larsenrat à l'W. d'Imst et au N.-E. de Landeck). De même aussi dans la vallée de la Gosau (Tyrol septentrional) les dépôts turoniens reposent transgressivement sur le Trias moyen et supérieur (Voir Palæontographica, vol. 54, pl. 26).

Ainsi les Alpes du Tyrol septentrional et surtout les terrains de la nappe de l'Innthal étaient déjà découpés par l'érosion avant le Turonien et recouverts de nappes et de môles.

Les Couches de la Gosau (dans la vallée de ce nom, près de Salzbourg, très fossilifères, à Actéonelles, Nérinées, Inocérames, Rudistes, etc.) sont le faciès littoral des Couches de Seewen qui est pélagique dans les chaînes crétaciques du Vorarlberg tout comme dans la Suisse orientale. Au Grünten p. Sonthofen, j'y ai recueilli en avril 1914, de nombreux exemplaires d'*Inoceramus Cripsi* Mant. et deux beaux exemplaires munis de leur test de *Micraster breviporus* Ag. Les Couches de la Gosau sont aussi l'équivalent synchrone des Couches rouges, qui représentent les Couches de Seewen dans le Rhätikon et les Préalpes romandes. Les fragments de roches granitiques inclus dans les Couches rouges de Vouvry sont l'analogue des blocs du Muttekopf, ils laissent entrevoir une surface d'érosion sur un massif cristallin dans le voisinage ou sous l'emplacement des Préalpes romandes. La nappe du Krabach trouve son analogue dans la soi-disant nappe rhétique du Simmenthal (Rabowski) et des Ormonds (Jeannet). Dans les Alpes du Lechthal elle peut être dérivée d'une mince nappe sédimentaire du Massif de la Silvretta à la fin du Cénomaniens ou au commencement des plissements vindéliens, tandis que le plissement des Préalpes a lieu après le dépôt des Couches rouges et le Sénonien. Dans la nappe du Krabach, c'est le jambage N. renversé d'un grand pli couché vers le N. qui repose sur les Marnes médio- et supra-crétaciques. Le déplacement horizontal peut faire un peu plus de 6 km. Les autres lignes tectoniques et les chevauchements subséquents ont une ampleur beaucoup plus considérable ; dans l'ensemble ils se sont formés en même temps que les chaînes crétaciques du Vorarlberg, c'est-à-dire après le dépôt de la

(1) O. AMPFERER : Ueber den Bau der westlichen Lechthaler Alpen (Jahrb. K. K. geol. Reichsanstalt, Bd. 64, Heft 1-2, gr. 8o, Wien 1914).

Molasse miocène. Le plissement des nappes triasiques est relativement faible, parce que les chevauchements ont absorbé le principal des mouvements tangentiels. Par suite de la grande épaisseur des roches triasiques, ces nappes sont, dans leur ensemble, plus rigides que les chaînes crétaciques. Les dislocations postmiocènes les plus considérables des Alpes bavaroises se trouvent placées comme en Suisse au contact avec la Molasse. Par contre, le voisinage du massif cristallin de la Silvretta jusqu'au Rhätikon est beaucoup plus affecté par les plissements vindéliens que par les plissements alpins. Mais par places, comme dans le Rhätikon même, il est difficile de séparer les effets des deux périodes de plissements.

Les brèches cristallines du Flysch dans les territoires du Rhätikon (Brand), du Prättigau et d'Arosa ne proviennent pas de la région de la Silvretta, mais il faut les faire dériver, aussi bien que celles du Weisstannenthal, de la partie enfouie et chevauchée de la chaîne vindélienne sous les nappes préalpines de la Suisse orientale. Il en est de même des môles du Toggenbourg (Berglittenstein) et de ceux de la Suisse centrale. Au Bolgen près de Sonthofen et dans le Flysch du Vorarlberg, il y a aussi des blocs et des conglomérats de blocs de grandes dimensions, dont l'origine doit être recherchée dans la région des plis vindéliens cachés sous la Molasse de la Haute-Souabe et de la Bavière. C'est du reste ce tronçon-là de la chaîne hypothétique qui reçut d'abord le nom de chaîne vindélienne. Cette partie septentrionale, avec le Rhätikon et leur prolongement N. et S. vers les Préalpes romandes, sont la région ou chaîne vindélienne au sens large, que nous avons à considérer dans son ensemble pour l'origine des brèches et blocs du Flysch, de l'Eocène et du Crétacique supérieur. Ces deux branches de la chaîne doivent avoir été primitivement séparées par les nappes suisses orientales et centrales. Elles doivent converger vers l'W., c'est-à-dire vers les Préalpes romandes. La raison pour laquelle les nappes suisses-allemandes ont été poussées par la chaîne N. vers le S. est à rechercher probablement dans le fait de cette convergence et peut-être confluence des deux branches dans les Préalpes romandes. La branche S. devait en outre être plus fortement entamée par l'érosion au commencement de l'Oligocène, puisqu'elle a laissé passer les nappes sur ses débris. On ne peut pas écarter entièrement la supposition que la branche N. peut avoir livré aussi des matériaux à la mer du Flysch, puisque nous savons que le Flysch des Préalpes entre la Gruyère et l'Entlebuch renferme de nombreux blocs et que l'Albien, puis les sables sidérolithiques du Jura (Hupper) ont reçu leurs galets et matériaux de quartz des régions plissées cachées

actuellement sous la Molasse. Ainsi les Préalpes ont pu de même envoyer des blocs depuis leurs deux bords externe et interne dans la mer du Flysch, de l'Eocène et du Crétacique supérieur. Mais je n'entends exprimer par là qu'une possibilité et non pas une nécessité.

Quant aux plis du Jura, s'ils sont d'âge postmiocène, comme le plissement principal des Alpes, il ne s'en suit pas qu'ils doivent se rattacher aux Alpes. Ils n'ont pas été engendrés par les mouvements orogéniques que nous avons admis pour la formation de la chaîne alpine. Leur disposition, leur emplacement, les met seulement en rapport avec les plis alpins par une sorte de convergence vers le S. due à l'emplacement de la fosse tertiaire du Rhône et de la Saône et au coincement du plateau molassique à Chambéry. Autrement on n'aurait pas de raison pour que le plateau molassique helvético-bavarois ne fût pas affecté par des plis alpins tout comme le Jura et que les plis du Jura s'arrêtassent au canton de Zurich. La convergence du Jura vers les Alpes du Dauphiné ne saurait être raisonnablement ramenée à celle d'un rameau qui se détache d'un tronc principal. La comparaison, pour être juste, devrait exprimer la naissance du Jura de la même manière que se forme et se développe le rameau. Or, on ne peut pourtant pas admettre que les plis du Jura ont commencé à se former en Savoie pour croître de là vers les Vosges et vers la Forêt-Noire. La chaîne entière du Jura est du même âge dans toute sa longueur sinon dans toute sa largeur, elle n'a pas une extrémité plus jeune que l'autre, ce qui lui donne bien une existence propre. Puis, malgré la différence de relief entre le bord suisse ou interne et le bord français ou externe, les dislocations importantes, longitudinales ou transverses, ne s'atténuent pas en s'éloignant des Alpes, comme on est trop disposé à le croire en Suisse, mais au contraire elles sont plus importantes sur tout le bord externe, dans le Jura idanien, juranien et dubisien que sur le bord interne, autant et plus encore qu'au pied de la Forêt-Noire qui appartient encore au bord externe. Le décollement du Buxtorf (Abscheerung) ne saurait être admis par-dessous le Jura entier, ni même sur toute sa largeur au pied de la Forêt-Noire, mais seulement dans la zone des grands chevauchements au pied de ce massif. C'est une supposition gratuite que d'admettre a priori que l'écorce terrestre, sur de grandes surfaces, s'est déplacée comme une pelure sur le cristallin rigide et immobile. Il y a plutôt lieu d'admettre que c'est le massif cristallin de la Forêt-Noire, avec la Meseta rhénane, qui a marché vers le S. en s'enfonçant sous le Jura oriental affecté de chevauchements importants. Comment les nappes des Alpes auraient-elles pu transmettre un mouvement de refoulement vers le N.

pour faire chevaucher le Jura sur la Forêt-Noire ? puisqu'elles chevauchent elles-mêmes sur la Molasse par une ligne de dislocation qui traverse toute la Suisse en écharpe au pied N. des Alpes ! Après avoir déferlé sur la Molasse subalpine, la vague de pierre ne peut pourtant pas renaître dans le plateau suisse pour déferler une seconde fois au pied de la Forêt-Noire ! A moins que la force tangentielle ne prenne naissance dans les profondeurs des plaines tertiaires, comme je l'ai fait voir précédemment ⁽¹⁾ à propos de la forme et des grands traits du Jura (triangle sphérique entre les plaines tertiaires du Rhône, de la Saône, du Haut-Rhin et le plateau suisse), en d'autres termes, elle ne provient pas des Alpes.

Il nous faut maintenant résumer les idées et les phénomènes examinés dans ce travail sur la genèse des Alpes.

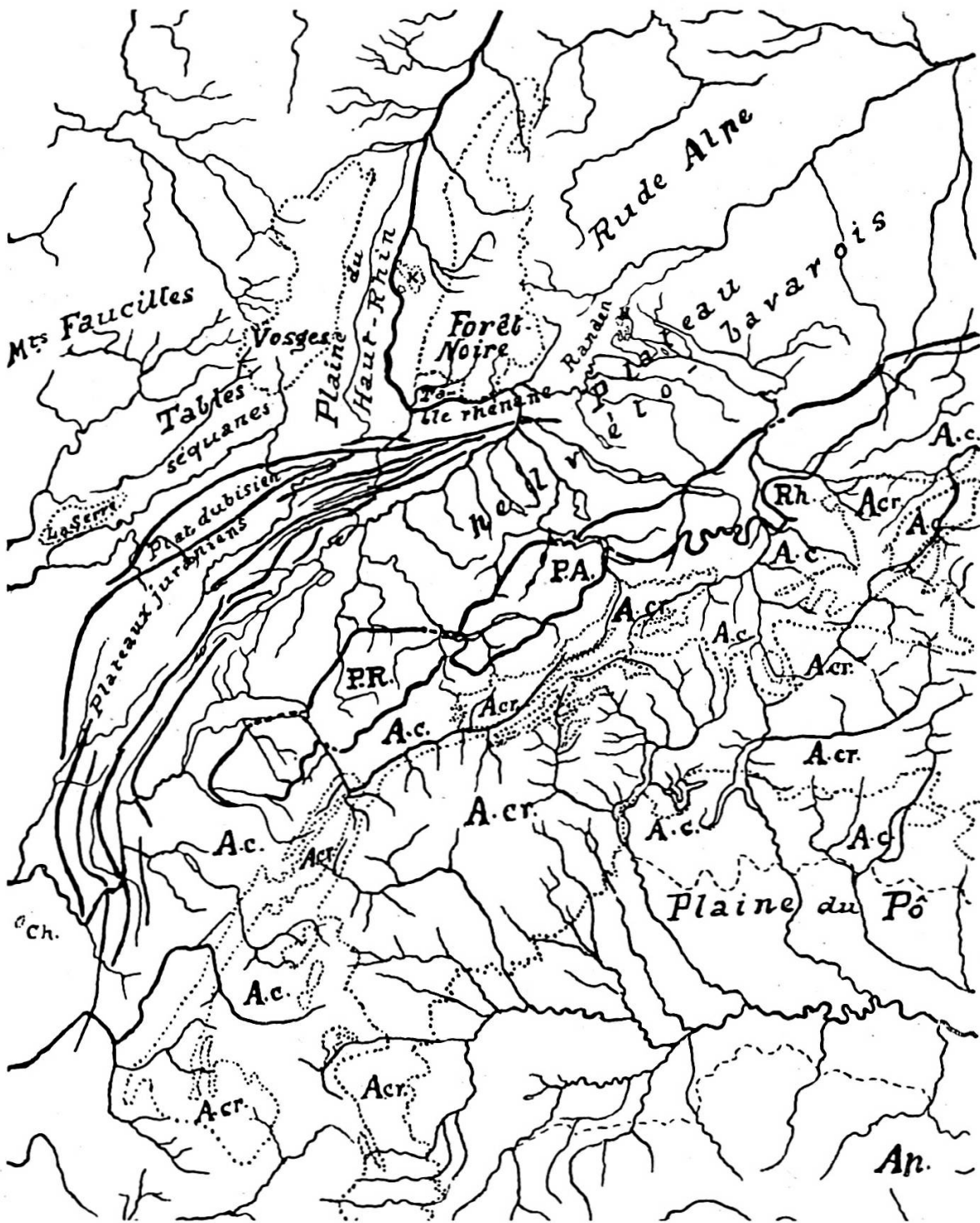
1. Durant le Crétacique supérieur, plissements vindéliens, (Préalpes romandes, Rhätikon, etc.) ;
2. Erosion des plis vindéliens pendant le Crétacique supérieur jusqu'aux temps du Flysch (Wildflysch, Oligocène inférieur), formations des brèches et des môles par glissement sous-marin dans la mer crétacique, éocène et du Flysch (Wildflysch). Voir la fig. 1, de Pl. II ;
3. Grands chevauchements des nappes I-IV avec leur couverture de Flysch à la fin de l'Oligocène inférieur, déplacement et rétrécissement de la mer du Flysch en celles de la Molasse oligocène au N. et au S. des Alpes. Voir la fig. 2, de Pl. II ;
4. Erosion des nappes pendant la Molasse oligocène. Soulèvement des Alpes. Affaissement de la Molasse pendant le Miocène et formation d'une ligne d'effondrement sur la côte S. du canal molassique au N. des Alpes. Voir fig. 3, Pl. II.
5. Assèchement de la mer molassique à la fin du Miocène. Plissement principal des Alpes et des nappes préalpines. Renforcement des plis des Préalpes romandes et plissement des Préalpes suisses allemandes. Chevauchement des Préalpes sur leurs éléments et sur la Molasse. Contraction des massifs centraux et formation de grands plis déjetés dans les Hautes-Alpes. Plissement de la Molasse et du Jura dans les temps pliocènes anciens ;

(1) L. ROLLIER : Le plissement du Jura (Annales de Géographie, année 1903, gr. 8o Paris).

6. L'érosion continue pendant les temps pliocènes. Formation des dépôts de conglomérats pliocènes au S. des Alpes et dans la vallée du Rhône. Voir fig. 4, Pl. II.

Le quaternaire commence par la première glaciation des Alpes et l'érosion glaciaire. Deckenschotter discordant sur les plis déjà érodés de la Molasse et du Jura. Glaciations subséquentes, érosions et formation des systèmes de berges.

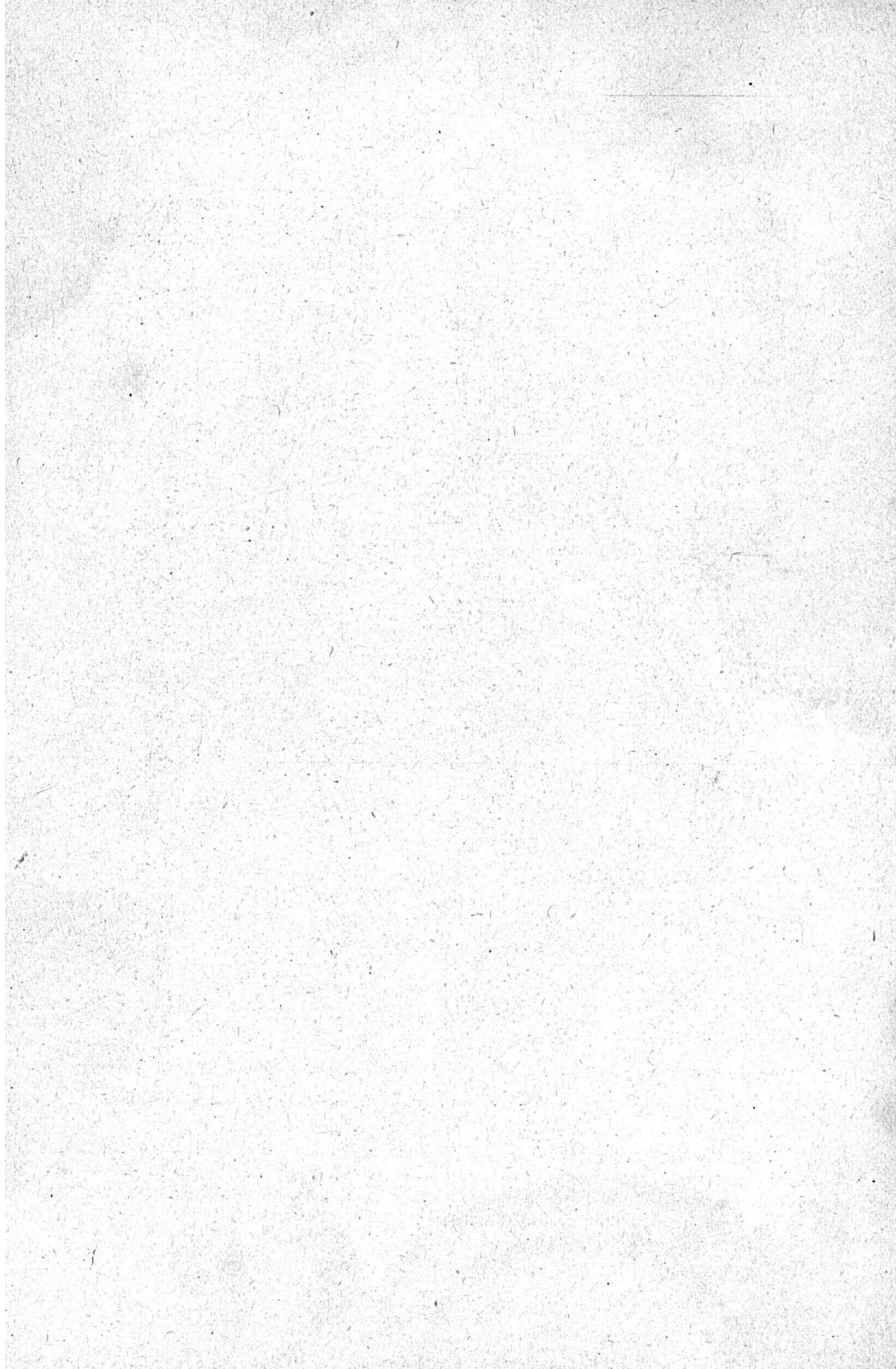




Pl. I. -- Esquisse géognostique de la Suisse et des régions voisines. Echelle, 7 : 25,000,000

— Principaux plis du Jura (Grandes dislocations des Préalpes
 Limites du Cristallin

P. R., Préalpes romandes. — P. A., Préalpes allemandes. — Rh., Rhätikon. — A. c., Alpes calcaires (Trias-Flysch). — A. cr., Alpes cristallines (avec le Permien). — Ch., Ilot granitique de Chamagneu (Isère). — H., Groupe volcanique du Hegau (Hohentwiel, etc.) — K., Groupe volcanique du Kaiserstuhl p. Fribourg-en-Brigau.



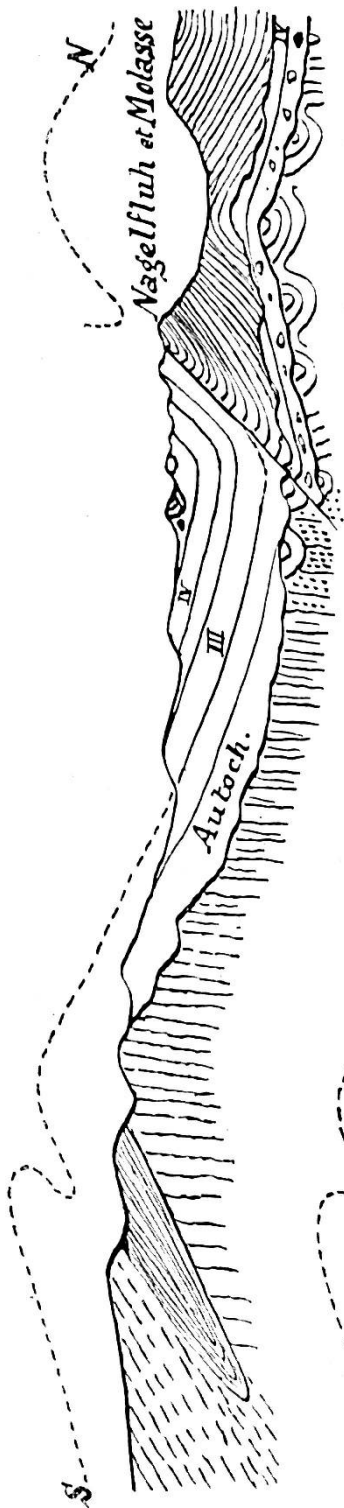


Fig. 4

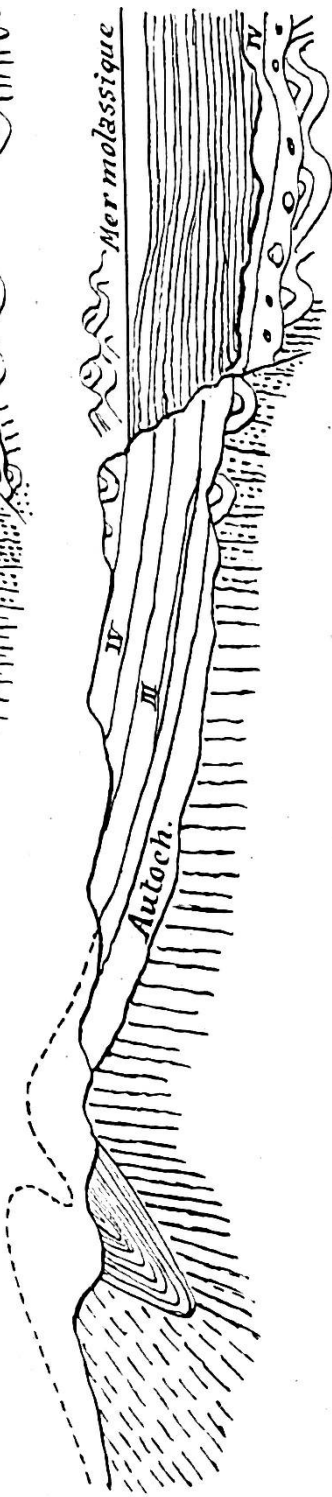


Fig. 3

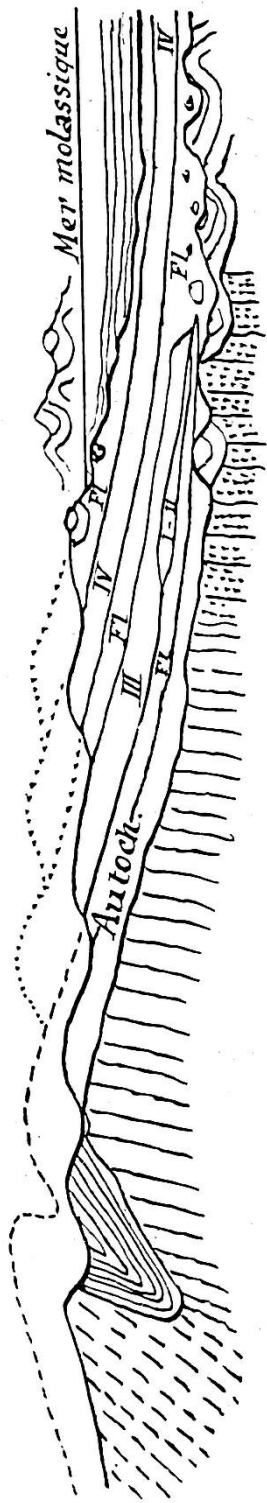


Fig. 2

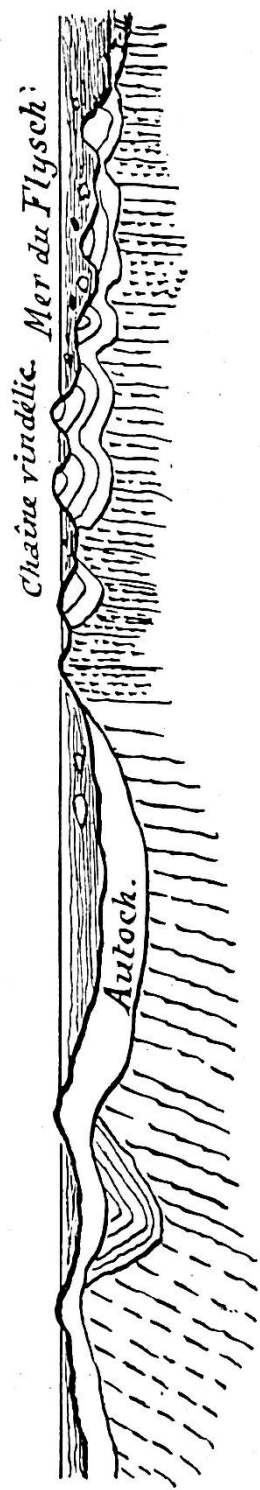


Fig. 1

