

# Ire partie, Tectonique

Autor(en): **Sarasin, Ch.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **7 (1901-1903)**

Heft 7

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-155943>

## **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.

1<sup>re</sup> PARTIE — TECTONIQUE*Alpes.*

En commençant cette première partie je dois d'abord citer deux publications qui, quoique parues seulement en 1902, ont été analysées déjà par M. Schardt dans la revue pour 1901 ; ce sont : l'étude de M. A. ROTHPLETZ<sup>1</sup> sur la région du Rhätikon et du Prättigau et l'étude de M. A. TORNQUIST<sup>2</sup> sur les chaînes qui entourent les lacs de la haute Italie.

M. SCHARDT<sup>3</sup>, qui suit depuis le début les travaux du percement du tunnel du Simplon, résume comme suit les observations qu'il a pu faire jusqu'ici :

Le **massif du Simplon** se compose des terrains suivants :

1<sup>o</sup> Schistes lustrés, micacés ou calcarifères avec bancs calcaires et intercalations de schistes verts et de roches amphiboliques.

2<sup>o</sup> Calcaires dolomitiques gris, micacés, avec gypse, anhydrite et schistes intercalés.

3<sup>o</sup> Micaschistes et gneiss, souvent calcarifères ou granatifères, avec intercalations de schistes chloriteux et d'amphibolites.

4<sup>o</sup> Gneiss schisteux et fibreux du Monte Leone et gneiss massif d'Antigorio.

Le groupe 1 est jurassique ; le groupe 2 appartient vraisemblablement au Trias ; le groupe 3 correspond à un complexe sédimentaire métamorphisé et traversé par des roches éruptives ; il paraît n'être en partie qu'une forme plus métamorphique du groupe 1 ; le groupe 4 représente le terrain primitif tantôt fortement laminé (gneiss schisteux), tantôt peu modifié (gneiss massif).

Ces terrains divers se superposent plusieurs fois, formant plusieurs replis empilés, dont le plus important serait le grand pli de gneiss d'Antigorio constaté déjà en 1869 par

<sup>1</sup> A. ROTHPLETZ. Das Gebiet der zwei grossen rhätischen Ueberschreibungen zwischen dem Bodensee und dem Engadin. *Sammlung geol. Führer*, X. Berlin, 1902. Gebr. Bornträger. 256 pages et 81 fig.

<sup>2</sup> A. TORNQUIST. Das Gebirge der oberitalienischen Seen. Berlin, 1902. *Sammlung der geol. Führer*. Gebr. Bornträger. 302 pages et 30 fig.

<sup>3</sup> H. SCHARDT. Résultats géologiques obtenus par le percement du tunnel du Simplon. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 19 fév. 1902 et *Arch. Genève*, t. XIII, p. 605.

Gerlach. Il paraît évident que les schistes calcarifères qui sont infraposés au gneiss d'Antigorio sont le prolongement de ceux que le gneiss supporte, et ne forment pas, comme certains auteurs l'ont admis, le cœur du massif. En profondeur le tunnel du versant S., après avoir traversé plus de 4 km. de gneiss d'Antigorio est entré dans les calcaires dolomitiques sans rencontrer de schistes calcarifères qui, en surface, séparent le gneiss des calcaires.

Etudiant de son côté la tectonique<sup>1</sup> du massif du Simplon, M. M. LUGEON<sup>1</sup> fait remarquer que le gneiss d'Antigorio et du Monte Leone, par suite d'un abaissement vers l'W de l'axe des plis, s'enfonce dans cette direction sous le Laquinhorn, tandis que vers l'E, à l'Ofenhorn, il plane sur des masses considérables de schistes lustrés. A la Cisterna il existe de véritables lambeaux de recouvrement de gneiss. Au S du village de Simplon on peut voir le gneiss du Monte Leone se relier à celui du Seehorn par une disposition périclinale des couches ; on peut donc admettre que la bande de gneiss, qui s'étend du Seehorn par le Pizzo d'Albione et Crevola jusque dans le massif tessinois, n'est autre chose que la racine d'un grand pli couché vers le N, dont la tête forme le massif du Monte Leone et de l'Ofenhorn. Le massif de Lebendun doit être formé ou bien par un repli de cette vaste nappe ou bien par un pli indépendant développé d'une façon analogue. Ainsi le massif gneissique du Tessin donnerait lieu à des nappes considérables empilées et couchées vers le N.

M. T. TARAMELLI<sup>2</sup>, après avoir résumé la question des relations du gneiss d'Antigorio avec les schistes sous-jacents du Simplon depuis l'époque du rapport présenté en 1878 par M. Renevier, expose un certain nombre d'observations concernant ce point, qu'il a faites dans les environs de Varzo.

Près de cette localité, le long de la Cairasca, affleurent des schistes calcarifères, micacés associés à des micaschistes et à des gneiss schisteux. Ce complexe qui plonge de 25° au SW s'enfonce près de Tresquera sous le gneiss d'Antigorio ;

<sup>1</sup> M. LUGEON. Sur la coupe géologique du massif du Simplon. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.* C. R. de la séance du 16 avril 1902 et *Archives de Genève*, t. XIV, p. 79. Voir aussi *C. R. de l'Ac. des sciences de Paris*, 24 mars 1902.

<sup>2</sup> T. TARAMELLI. Alcune osservazioni stratigrafiche nei dintorni di Varzo. *Rendiconti del R. Ist. lomb. di Sc. e Lett.* Série II, vol. XXXV, 1902.

à Gebbio il renferme des dolomies saccharoïdes ; à San Bernardo on y trouve du gypse ; ces mêmes schistes calcarifères forment toute la région entre Varzo, San Carlo et Torriggia. Tandis qu'ils plongent faiblement vers le SW au N et à l'W de Varzo, ils plongent de 35° vers le NW, près de Castello, à une faible distance du gneiss d'Antigorio.

L'auteur, se basant sur l'analogie des schistes calcarifères du Val Cairasca avec les roches des Alpes occidentales et sur l'existence d'une véritable zone de passage entre les schistes et le gneiss du Monte Leone, admet que la zone gneissique du Tessin sous-jacente aux schistes lustrés ne correspond pas aux gneiss du massif de l'Aar et du Gothard, mais représente des formations paléozoïques métamorphisées. Quant au gypse intercalé dans les schistes calcarifères avec des dolomies en maints endroits, son origine paraît être primaire et sa présence constitue un argument en faveur de l'âge triasique des formations qui le contiennent.

La publication parue en 1902 et concernant la tectonique alpine qui a le plus attiré l'attention est incontestablement celle que M. M. LUGEON<sup>1</sup> a intitulée **les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse** et dans laquelle il développe la thèse que le front N de la chaîne alpine de l'Arve à Salzburg est formé par de grandes nappes superposées, qui couvrent complètement le vrai front, tandis que les régions profondes des gneiss montrent elles aussi le phénomène de nappes analogues.

Entre l'Arve et l'Aar on peut voir partout le long de la zone dite des cols les plis des Hautes-Alpes s'enfoncer sous les terrains plus anciens des Préalpes. Le fait est particulièrement manifeste dans la vallée du Rhône où les anticlinaux de Collombey et de Muraz sortent sous le massif triasiquo-jurassique de Tréveneuse. Dans les montagnes de Bex on peut voir aussi le Néocomien du jambage inférieur du grand pli de Morcles s'enfoncer sous le Flysch recouvert par le Néocomien préalpin ; plus à l'E ce dernier s'appuie directement sur le jambage normal du pli de Morcles, ainsi au col des Esserts.

Du côté de l'E, le pli couché de Morcles, qui s'abaisse rapidement, est recouvert par un second pli couché, celui des Diablerets, qui recouvre en même temps une lame préalpine de Néocomien à Céphalopodes. Un troisième pli couché

<sup>1</sup> M. LUGEON. Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. Soc. géol. de France*, 4<sup>e</sup> série, t. I, p. 723-825.

s'amorce dans la série renversée de Néocomien et de Malm qui, près de Miet, se superpose au Nummulitique des Diablerets; il se suit par le Sanetsch et l'Oldenhorn et sa tête est représentée par la série renversée de grès de Taveyannaz, de Nummulitique, d'Urgonien et de Néocomien qui forme le Scex Rouge. Cette troisième nappe se retrouve au Wildhorn et à partir du Creux du Champ elle entre en contact avec les Préalpes sous lesquelles elle s'enfonce.

Dans les Préalpes du Chablais on distingue facilement deux nappes superposées : celle de la Brèche et celle des Préalpes médianes; celle-ci, très développée en avant de la précédente vers le N, où elle chevauche sur une zone imbriquée de Flysch, de Crétacique et de Malm, s'amincit sous la Brèche et du côté interne, jusqu'à être réduite à de simples lames ou même jusqu'à disparaître complètement. La zone imbriquée de Flysch avec écailles de Néocomien et de Malm, sur laquelle s'appuient au N les Préalpes médianes, doit d'après M. Lugeon s'écraser en profondeur au-dessous de celles-ci; on pourrait ainsi expliquer son absence au Bouveret et à Saint-Gingolf en admettant simplement qu'elle a été enlevée par l'érosion avec les plis externes qui la recouvraient. Partout ailleurs, aux Voirons, dans la chaîne Pleïades-Niremont au Gurnigel, etc...., elle est bien développée.

Du côté S des Préalpes une zone analogue se suit depuis la montagne du Culet, les montagnes de Bex, le Chamosaire, la haute vallée de Lauenen jusqu'au Niesen, c'est la zone interne, dont les relations avec les Préalpes varient. Tandis que dans le Chablais les Préalpes médianes s'appuient au S sur la Mollasse rouge, elles reposent dans les Alpes bernoises (Spielgärten, Amselgrat, Gumfluh) sur la zone interne et le Flysch du Niesen. Au N du massif des Diablerets, la corniche des Préalpes subit une inflexion remarquable; en même temps elle est partiellement recouverte par le Flysch de la zone interne qui paraît avoir été refoulé au-dessus d'elle lors de la poussée en avant de la nappe du Mont Gond et du Scex Rouge.

Après cet exposé général de la tectonique des Préalpes telle qu'il la conçoit, l'auteur réfute la théorie de l'éventail composé imbriqué émise par M. Haug en se basant sur les arguments suivants : 1° dans la zone bordière externe et en particulier dans les collines du Faucigny les lames sont étirées en profondeur jusqu'à leur disparition, il manque donc une branche à l'éventail; 2° la discontinuité de la cor-

niche triasique qui regarde vers le S s'explique par la répercussion sur les Préalpes des grandes nappes des Hautes-Alpes ; 3° le contact anormal des Préalpes médianes sur le Flysch est continu avec la seule exception du Mont d'Or et ne peut pas se comparer aux chevauchements de l'intérieur des Préalpes ; 4° il n'existe pas dans les Préalpes de véritables plis déjetés au S, et à ce propos M. Lugeon corrige plusieurs de ses profils (Tréveneuse, Savonnay, Culet).

Examinant ensuite les relations qui peuvent exister entre les diverses parties des Préalpes, l'auteur adopte l'hypothèse de M. Schardt d'après laquelle la zone externe serait formée par des paquets entraînés depuis la zone interne jusqu'à leur emplacement actuel par la nappe préalpine qui glissait sur leur dos.

L'absence d'une charnière anticlinale sur la bordure N n'est nullement un argument contre l'origine lointaine des Préalpes, tandis que le fait que partout leurs terrains reposent sur le Flysch, en particulier à Furche au S de la vallée du Giffre, s'explique naturellement par l'hypothèse du charriage d'une nappe chevauchée. A Taninge on peut voir la superposition des Préalpes médianes sur le Flysch et du Carboniférien du massif de la Brèche sur les Préalpes médianes ; un profil analogue existe sur le versant oriental de la Pointe d'Orchez ; entre Chatillon et Marignier c'est encore le Flysch qu'on trouve sous le Lias préalpin ; au Môle c'est la Mollasse rouge sur laquelle s'appuie la bordure des Préalpes. Il reste ainsi à peine la place pour une racine des Préalpes, en outre les relations qui existent dans la région de l'Arve entre les plis préalpins et haut-alpins peuvent difficilement s'expliquer si l'on n'admet pas que les premiers se continuaient au-dessus des seconds en une nappe dont la klippe des Annes est un reste. Enfin l'anticlinal de Vouvry qui, dans la vallée du Rhône, est très rapproché de l'axe des Préalpes et qui se suit par le Mont Chauffé et les montagnes de Vésin jusqu'à la vallée du Giffre, repose ici sur un substratum de Flysch.

Quant à la zone interne l'auteur considère les écaillés de terrains secondaires qui s'y trouvent comme des têtes anticlinales enfoncées dans le Flysch et dont les racines se trouvaient au S de la chaîne du Wildstrubel. Cette manière de voir est basée sur le raccord établi entre les calcaires jurassiques du Rätzliberg au fond de la vallée de la Simme et dans la zone interne et le jambage renversé d'un pli jurassique recouvrant le Nummulitique depuis les montagnes de

Sierre par le Mont Tubang, le Rohrbachstein et le Laufbaldhorn ; elle est confirmée par l'analogie que montrent soit le Jurassique supérieur, soit le Crétacique de la zone interne avec les formations correspondantes du versant S du massif du Wildstrubel.

Ainsi les Préalpes romandes peuvent être considérées comme constituées par la superposition de trois nappes : celle de la zone interne, celle des Préalpes médianes et celle de la Brèche.

Après cet exposé de la tectonique des Préalpes romandes, M. Lugeon passe à l'examen des klippes de Giswyl étudiées récemment par M. Hugi et discute les profils établis par cet auteur. A la Rossfluh, la charnière, que M. Hugi a considérée comme un synclinal couché de Hauptdolomit, est en réalité une tête anticlinale de Muschelkalk entourée de Hauptdolomit et appartenant à un pli couché vers le N. Au Jänzimatberg, sur le flanc N, du Flysch semble s'intercaler entre le Dogger et le Trias que M. Hugi considérait comme son substratum. En résumé, les observations de M. Lugeon l'ont amené à assimiler les klippes de Giswyl aux Préalpes en les faisant venir du S et non du N comme l'avait fait M. Hugi.

Pour comprendre maintenant les relations qui existent entre les Préalpes et les Hautes-Alpes, il faut se rappeler que, comme les travaux de MM. Bertrand, Ritter, Lugeon, Golliez, etc. l'ont montré, il existe dans le domaine des Hautes-Alpes depuis la bordure septentrionale du massif du Mont Blanc jusqu'à celle du massif de l'Aar, de vastes plis couchés vers le N et empilés les uns sur les autres. M. Lugeon admet que ces plis se superposent de telle façon que chaque nappe s'amorce plus en arrière et s'étend plus en avant que la nappe sous-jacente, qu'elle recouvre ainsi complètement, de telle sorte que les nappes supérieures sont aussi les plus larges. En étendant cette conception aux nappes préalpines, il en vient à considérer celles-ci comme superposées aux nappes haut-alpines et ayant dû par suite s'amorcer plus au S et s'étendre plus au N. La seule qui ferait exception à cette règle serait celle de la Brèche qui n'a pas atteint le front N des Préalpes médianes. Cette tectonique ne peut avoir été créée que par l'effort tangentiel ; quant aux plis de moindre amplitude, qui ont été longtemps seuls constatés, soit dans les Préalpes, soit dans les Hautes-Alpes, ils représentent des ridements secondaires des nappes

en mouvement ; ils tendent toujours à se déverser vers le N et chevauchent souvent les uns sur les autres.

Cherchant ensuite à raccorder la tectonique des Alpes bernoises avec celle des Alpes glaronnaises, M. Lugeon développe l'hypothèse du grand pli unique couché vers le N émise par M. Bertrand. En l'absence de charnières anticlinales opposées, le principal argument en faveur de l'hypothèse du double pli soutenue par M. Heim consiste dans la présence du Malm normal au Mürtschenstock, dans les Churfirften et au N du Klausen, tandis qu'il manque sur le flanc normal plus au S, entre la Sernifite et les schistes grisons. Or l'absence du Malm vers le S n'est pas générale ; cette formation existe dans le Galanda et dans la région de Coire où elle s'enfonce sous les schistes grisons ; de plus, là où le Malm manque, son absence peut s'expliquer, soit par une transgression stratigraphique des schistes grisons, si ceux-ci sont éocènes, comme quelques-uns l'admettent, soit par une transgression mécanique s'ils sont liasiques.

Dans les montagnes du Klœnthal on voit, reposant sur le Flysch, une nappe inférieure qui comprend la série normale complète du Verrucano au Nummulitique et qui plonge au NW. Dans la chaîne du Wiggis cette nappe est recouverte par une seconde, qui est formée de Crétacique et qu'on peut suivre jusqu'à la Friedlisplitz. Le Flysch qui sépare ces deux nappes s'étend depuis le Deyenstock jusqu'à Næfels, et l'on peut admettre qu'il se raccorde en profondeur avec celui sur lequel s'appuie le Crétacique de la Friedlisplitz et de Ober Urnen. Cette nappe de Wiggis n'est pas terminée au S par un anticlinal couché au S comme l'a admis M. Burckhardt ; elle se superpose à celle de Glaris absolument comme la nappe de la Brèche recouvre les Préalpes médianes. Elle est divisée en plusieurs digitations distinctes, empilées, terminées chacune vers le N par une charnière anticlinale bien nette et coupées chacune brusquement vers l'E par une vallée transversale. Une première digitation forme le Wiggis, une seconde le Ræderten et le Schienberg, une troisième le Fluhberg. Ainsi s'expliquent d'une façon toute différente les conditions tectoniques de la région que M. Burckhardt avait expliquées par l'hypothèse de plissements transversaux.

Vers l'W la structure de la nappe de Wiggis se simplifie et à l'Axenstein le pli du Fluhberg se superpose directement à la nappe inférieure de Glaris. Vers l'E cette même



nappe se continue par le Gross Farlen jusqu'aux Churfiristen et au Sentis qui ne sont pas autre chose que son front plusieurs fois digité. A l'W de la vallée de la Linth la nappe inférieure de Glaris ressort devant le front de la nappe de Wiggis et forme les plis de Wageten, de l'Auberg, de la Righi Hochfluh, du Pilate, de la Schrattenfluh et du Justithal jusqu'au lac de Thoune.

A l'E du Rhin le Fläscherberg, considéré par M. Lorenz comme un fragment orienté NE-SW d'un grand pli hémicirculaire reliant le pli N et le pli S glaronnais, est en réalité un lambeau de la nappe de Glaris qui s'enfonce ici sous les montagnes du Vorarlberg. Le front de cette nappe paraît se poursuivre fort loin vers l'E jusqu'au Schliersee au S de Munich dans des anticlinaux à faciès helvétique qui émergent du Flysch.

Le massif du Falkniss est constitué par une grande nappe superposée à la précédente et formée de terrains à faciès vindelicien ou chablaisien. Tandis que M. Lorenz admettait ici un grand pli hémicirculaire déversé sur le pli du Fläscherberg, soit vers le SW, M. Lugeon considère le Falkniss et les Kirchlispitzen comme appartenant à une nappe digitée dont la racine devait se trouver au S. C'est sur cette nappe du Falkniss que se superpose la nappe du Rhætikon, qui est constituée essentiellement de Trias. Or les masses triasiques du Rhætikon se raccordent d'une façon continue par la bordure orientale du Prättigau, par le fond des vallées de Plessur et de Parpan avec le Trias du massif d'Arosa; cette nappe qui s'appuie partout sur les schistes grisons ne peut donc avoir sa racine qu'au SE. La nappe du Falkniss qui tectoniquement correspond aux Préalpes médianes, paraît avoir été laminée comme celles-ci dans sa partie méridionale, on n'en retrouve en effet plus de trace au S de la Drusenfluh.

Dans un chapitre consacré à l'étude de l'origine du Flysch, M. Lugeon expose que celui-ci était déjà formé avec sa composition actuelle avant d'avoir été entraîné vers le N par le charriage des Préalpes. Ainsi les bancs de conglomérats et de brèches intercalés dans ses dépôts sont antérieurs au charriage; par contre, les blocs cristallins empâtés dans le Flysch supérieur doivent être considérés comme ayant été arrachés à la base de la nappe en mouvement et enfoncés dans le substratum tertiaire.

En ce qui concerne le contraste de faciès entre les Préalpes

et les Hautes-Alpes mis en avant par M. Schardt et par lui-même, contesté par M. Haug, l'auteur reconnaît qu'il y a dans le massif du Wildstrubel passage graduel du faciès haut-alpin au faciès de la zone interne, ce qui du reste n'est pas surprenant, puisque la racine de la zone interne et de la zone externe qui en est le prolongement se trouve précisément sur le versant S de la chaîne du Wildstrubel.

La racine des Préalpes médianes ne peut être cherchée qu'au S et elle doit probablement avoir existé dans la zone des amphibolites d'Ivrée, qui se prolonge vers l'E jusqu'au Pitz d'Err et où l'on peut voir de grands plis couchés dans les gneiss et les granites.

Ainsi il existe dans les Alpes deux grands systèmes de nappes : le premier, qui comprend les plis des Hautes-Alpes vaudoises et bernoises et des Alpes glaronnaises, s'amorce dans le voisinage des môles cristallins de la première zone alpine (massifs du Mont Blanc et du Finsteraarhorn); le second, qui comprend les nappes des Préalpes médianes et de la Brèche, devait s'amorcer au S des Alpes valaisannes, qui sont constituées par les grands plis couchés du gneiss d'Antigorio, du Monte Leone et du Mont Rose. L'ensemble des Alpes a donc subi un mouvement intense vers l'avant pays mollassique avec la seule exception des anciens massifs hercyniens de la première zone alpine. La cause première de ce mouvement doit être l'effort tangentiel qui a provoqué la formation puis la marche vers le N des nappes successives. Mais, pour expliquer le laminage des nappes inférieures, il faut admettre que celles-ci ont été entraînées par le mouvement des nappes supérieures et étirées jusqu'à se rompre entre leur racine et leur front. Les nappes qui ont dû se former les premières sont les plus internes, c'est-à-dire les nappes de la Brèche, des Préalpes médianes et des zones interne et externe; puis sous ces plis supérieurs se sont développés ceux des Hautes-Alpes calcaires et des massifs gneissiques. Enfin un dernier effort a fait naître dans l'intérieur de ces nappes des plis secondaires ou du moins a exagéré des plis déjà existants.

M. Lugeon a eu la satisfaction de convertir à sa manière de voir M. E. HAUG et M. A. HEIM<sup>1</sup> qui a tenu à faire connaître son adhésion dans une lettre ouverte. Le savant professeur de Zurich reconnaît que l'interprétation donnée par

<sup>1</sup> A. HEIM. Lettre ouverte à M. M. Lugeon. *Bull. Soc. géol. de France*, 4<sup>e</sup> série, t. I, p. 823-825.

M. Lugeon de la tectonique des Alpes glaronnaises permet d'expliquer plusieurs faits restés obscurs, ainsi : *a*) l'absence de racine à la masse jurassique de l'Urirothstock, du Kinsigpass et du Glärnisch ; *b*) l'absence d'une charnière S à l'anticlinal supposé s'appuyant sur l'Eocène de Sissikon-Pragel-Leistkamm ; *c*) la tectonique si compliquée du Glärnisch ; *d*) le fait que les formations crétaciques et tertiaires du Bifertenstock et du Calanda ressemblent plus à celles de la chaîne externe qu'à celles de la zone intermédiaire Titlis-Windgälle et le contraste marqué que présente le Crétacique de part et d'autre de la zone éocène Sissikon-Bättlis ; *e*) l'absence de tout indice d'un mouvement vers le S dans le Flysch sous-jacent au Verrucano ; *f*) la présence au S du lac de Wallenstadt d'un Lias très analogue aux schistes grisons, qui est beaucoup moins développé ou manque complètement entre la Windgälle, le Tödi et Vättis.

M. Heim ne fait à M. Lugeon que quelques observations de détail ; il pense en particulier que la chaîne de la Righi Hochfluh se rattache plutôt à l'anticlinal de Morschach qu'à la région crétacique au S de Fluelen.

M. LUGEON<sup>1</sup> a résumé son étude de la tectonique alpine devant la Société helvétique des sciences naturelles dans la session de 1902 à Genève et cette communication a été suivie d'une intéressante discussion entre son auteur et M. H. SCHARDT<sup>2</sup>. Celui-ci, après avoir fait observer qu'il est arrivé le premier à la conception de l'origine lointaine des Préalpes et de la relation qui devait exister entre les nappes préalpines et les plis couchés des Hautes-Alpes calcaires, déclare accepter sans réserve le mouvement général vers le N., tel que M. Lugeon l'admet pour l'ensemble des Alpes ; il considère depuis longtemps le pli glaronnais comme un pli simple venu du S et la chaîne des Churfirten comme formée par une nappe supérieure à la nappe glaronnaise. Par contre il ne peut se rallier à la notion du système helminthoïde de plis superposés, tel que l'a décrit M. Lugeon ; les plis couchés des Hautes-Alpes ne se couvrent pas sur de grandes largeurs, mais s'amorcent l'un après l'autre obliquement à la

<sup>1</sup> M. LUGEON. Les grandes dislocations et la naissance des Alpes suisses. *Actes de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 141-153 et *Eclogæ*, vol. VII, p. 335-343. Voir aussi *Arch. Genève*, t. XIV, p. 461-463.

<sup>2</sup> H. SCHARDT. A propos de la conférence de M. Lugeon : « Les grandes dislocations et la naissance des Alpes suisses. » *C. R. des trav. 85<sup>e</sup> session de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 110-115. *Arch. Genève*, t. XIV, p. 483-488, et *Eclogæ*, vol. VII, p. 343-346.

direction générale de la chaîne et se relaient de façon que, à mesure qu'un nouveau pli prend plus d'amplitude, les plis inférieurs s'éteignent en profondeur. Ainsi le pli Wildstrubel-Wildhorn repose directement sur le cristallin sans aucune intercalation de pli sous-jacent.

M. Schardt ne croit pas d'autre part que la formation des plis couchés se soit faite à une grande profondeur ; il admet que les nappes préalpines se sont formées les premières, et que les plis haut-alpins en se formant et en se déplaçant ensuite au-dessous d'elles les ont arrachées de leur racine et poussées vers le N.

Répondant plus spécialement à l'objection de M. Schardt sur la formation des plis helminthoïdes, M. LUGEON<sup>1</sup> maintient que, au Balmhorn, le pli du Wildstrubel repose sur un autre pli et non sur le cristallin.

A propos de la note de M. Lugeon sur l'origine des vallées des Alpes occidentales que nous avons analysée l'an dernier, M. E. HAUG<sup>2</sup> fait remarquer que dès 1894 il admettait l'existence dans le massif des Diablerets d'un grand pli couché recouvrant sur une largeur importante le pli de Morcles et le relayant vers l'E. Or cette constatation, qui montre que les Hautes chaînes calcaires suisses sont le prolongement de la zone du Briançonnais, a été publiée à nouveau en 1901 par M. Lugeon sans que celui-ci cite le travail de M. Haug.

M. ED. GERBER<sup>3</sup> a entrepris l'étude de la **tectonique de la région du Kienthal** et a résumé ses observations dans une notice préliminaire. Il a établi un profil qui s'étend du SE au NW depuis le sommet du Büttlassen jusqu'à Kienthal, et qui montre la superposition sur le versant oriental de la vallée de deux complexes représentant deux unités tectoniques distinctes. A la base affleure du Malm, qui présente dans la chaîne du Büttlassen de beaux plissements secondaires et qui s'abaisse lentement vers le NW, de façon à affleurer au niveau de la vallée au pied du Golderenhorn. Sur

<sup>1</sup> M. LUGEON. Réponse à M. Schardt. *C. R. des trav. 85<sup>e</sup> session de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 415. *Arch. Genève*, t. XIV, p. 488, et *Eclogæ*, vol. VII, p. 346.

<sup>2</sup> E. HAUG. Sur le pli couché des Diablerets. *Bull. Soc. géol. de France*, 4<sup>e</sup> série, t. I, p. 596, 597.

<sup>3</sup> ED. GERBER. Vorläufige Mittheilung über das Eocän des Kienthales. *Eclogæ*, vol. VII, p. 301-304.

ce Malm se superposent : 1° des schistes de Berrias très réduits comme épaisseur ; 2° des grès de Taveyannaz ; 3° des grès quartzeux identiques aux grès nummulitiques du Bundsteg. C'est sur ce complexe basal que repose une sorte de grande nappe, plissée en quatre anticlinaux déjetés vers le N et qui se compose : 1° de Lias fossilifère à *Pentacrinus tuberculatus*, *Belem. Oppeli*, *Bel. Oosteri*, etc...., qui forme un important lambeau au-dessus des schistes de Berrias et des grès de Taveyannaz ; 2° de Dogger inférieur représenté par des grès ferrugineux ; 3° de Dogger supérieur (calcaire spathique à *Belemmites*) ; 4° d'Oxfordien (schistes et calcaires à *Ammonites pyriteuses*) ; 5° de Malm ; 6° de schistes berriasiens.

On peut expliquer cette tectonique ou bien par un chevauchement, ou bien par un grand pli couché ; la seconde hypothèse serait infirmée par le fait qu'on n'a pu découvrir aucune trace de flanc renversé ; elle paraît d'autre part vraisemblable, si l'on tient compte de la tectonique des régions correspondantes du Männlichen et du Doldenhorn. L'auteur se réserve de se prononcer sur cette question lorsque ses explorations dans le massif auront été poussées plus loin.

A l'occasion de la réunion de la Société géologique suisse à Genève M. CH. SARASIN<sup>1</sup> avait préparé une excursion dans la région des **Hautes-Alpes calcaires de Savoie** et dans le massif des Annes et rédigé un programme sommaire avec une planche de profils. L'excursion n'a pu avoir lieu, mais M. Sarasin a fait devant la Société un court exposé de la stratigraphie et de la tectonique de la région qui a été publié ensuite dans les *Eclogæ*<sup>2</sup>.

La vallée du Borne, qui coupe transversalement les chaînes calcaires de Saint-Pierre de Rumilly au synclinal du Reposoir, traverse successivement du NW au SE cinq anticlinaux, dont l'importance augmente vers le S et qui sont tous plus ou moins déjetés vers le N ; ce sont : 1° l'anticlinal de Dessy qui forme une voûte presque droite et peu élevée d'Urgonien ; 2° l'anticlinal d'Andey beaucoup plus important que le précédent et déjeté vers le N ; 3° l'anticlinal du Brezon, dont la voûte urgonienne est rompue et dont le flanc N

<sup>1</sup> CH. SARASIN. Programme des excursions de la Société géologique suisse du 11 au 14 septembre 1902. *Eclogæ*, vol. VII, p. 311-318.

<sup>2</sup> CH. SARASIN. Quelques observations sur la région des Vergys, des Annes et des Aravis. *Eclogæ*, vol. VII, p. 321-333 et *Archives Genève*, t. XIV.

est localement renversé; 4° l'anticlinal des Rochers de Leschaux qui forme une belle voûte régulière d'Urgonien, séparée de l'anticlinal du Brezon par un synclinal peu profond de Gault, de Crétacique supérieur et de Flysch; 5° l'anticlinal déjeté des Vergys dont la voûte rompue montre l'Hauterivien et qui est bordé au N par le profond synclinal de Cenise, au S par le synclinal plus important encore du Reposoir et du Grand Bornand.

Dans l'axe de la vallée du Borne, entre Saint-Jean de Sixt et la Clusaz, le synclinal du Reposoir est divisé en deux par une voussure anticlinale d'Urgonien et de Nummulitique.

La chaîne des Aravis est une chaîne isoclinale formée de Jurassique moyen et supérieur, de Crétacique, de Nummulitique et de Flysch, le tout plongeant vers le N.

M. Sarasin a constaté vers l'extrémité orientale de l'anticlinal de Leschaux trois failles transversales avec affaissement chaque fois de la lèvre occidentale qui sont évidemment en relation avec l'abaissement brusque de l'axe du pli vers le NE. La chaîne des Vergys est également coupée près du Grand Bornand par plusieurs failles transversales.

Quant à la **klippe des Annes**, M. Sarasin a étudié plus spécialement les environs de la Touvière sur le versant N et les environs des Annes et de Maroly du côté S. A la Touvière il a observé la coupe suivante :

1° A la base des schistes marneux du Flysch plongeant au SE ;

2° Une écaille de Crétacique supérieur laminé (même plongement) ;

3° Des grès et conglomérats éocènes (triasiques d'après Maillard) ;

4° Des argiles schisteuses probablement triasiques ;

5° Des alternances de calcaires noirs et de lits marneux de l'Infralias.

La partie supérieure de cette série, qui plonge uniformément vers le SE, disparaît sous un éboulement, puis au-dessus affleurent en série normale les argiles rouges du Trias, le Rhétien et le Lias.

Sur le versant S de la chaîne d'Almet vers les chalets des Annes la série normale du Trias et du Lias repose avec un plongement au NW sur le Flysch renversé. Au col de Maroly et dans le vallon du même nom on peut voir le Trias d'Almet

chevaucher sur celui de la Pointe de Lachat; ce chevauchement contesté par M. Lugeon a été constaté d'une façon évidente par M. Sarasin sur les flancs de la chaîne d'Almet au-dessus des chalets de Maroly.

A propos de la communication de M. Sarasin, M. M. LUGEON<sup>1</sup> dit qu'il a constaté autour de la klippe des Annes de nombreuses écaillés de Crétacique supérieur laminé analogue à celle de la Touvière; ce fait est un argument de plus en faveur de l'hypothèse d'après laquelle cette klippe est un lambeau détaché par l'érosion de la nappe des Préalpes. M. Lugeon considère qu'entre la klippe d'Almet et celle de Lachat il y a non un chevauchement mais une faille verticale coupant des couches presque horizontales.

M. G. RÖESSINGER<sup>2</sup>, étudiant la géologie des environs de Territet avec M. S. Jenkins, a pu suivre sur une distance importante, soit de Bon-Port jusqu'en Raveyres à l'E de Caux le contact anormal du Lias inférieur de Glion avec le Toarcien de Montfleury. Il se demande s'il n'y a pas ici une surface de chevauchement, qui correspondrait à celle qu'on peut voir au pied du Cubly, c'est-à-dire au grand plan de glissement des Préalpes médianes. Il faudrait alors admettre que le Lias inférieur de Glion se raccorde avec celui de They près de Chillon par dessus le Dogger de la Veraye.

M. SCHARDT a rendu compte dans la revue pour 1901 d'un travail de lui-même et d'un autre dû à MM. G. RÖESSINGER et A. BONNARD, qui concernaient tous deux de nouveaux gisements de roches cristallines empâtées dans le Flysch sous la nappe de la brèche de la Hornfluh. A peu près en même temps que MM. Rössinger et Schardt, M. FR. JACCARD<sup>3</sup> a noté l'existence de gisements analogues situés sur les flancs du Rinderberg au S de Zweisimmen et formés par un gabbro hypoabyssique plus ou moins altéré. M. Jaccard a constaté d'autre part la présence, dans le Flysch à Regemoos (SE de Boltigen) et en avant de la brèche, de roches siliceuses, qu'on retrouve alignées sur 2 km. 5 de longueur entre Garstatt et Zimmerboden.

<sup>1</sup> M. LUGEON. Observations à propos de la communication de M. Sarasin sur la région des Annes. *Eclogæ*, vol. VII, p. 333-334 et *Archives Genève*, vol. XIV, p. 480.

<sup>2</sup> G. RÖESSINGER. Recherches géologiques faites dans les environs de Territet. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 4 juin 1902 et *Archives Genève*, t. XIV, p. 312.

<sup>3</sup> FR. JACCARD. Blocs exotiques de la Hornfluh. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 18 déc. 1901.

*Jura.*

Nous devons à M. TH. RITTENER<sup>1</sup> une monographie complète de la région des **Aiguilles de Baulmes, du Chasseron et de la Côte aux Fées**, complétée par de nombreux profils. Je reviendrai plus loin sur la partie stratigraphique de ce travail.

Au point de vue tectonique, l'auteur distingue les éléments suivants :

1° L'anticlinal du Mont des Verrières est une voûte régulière dont le cœur est formé de Séquanien. Sur les marnes à *Ter. humeralis* reposent les calcaires oolithiques du Séquanien supérieur, puis le Kimmeridgien et le Portlandien ; le jambage septentrional de ce pli se renverse du côté des Verrières par dessus le Néocomien.

2° Le synclinal de la Côte aux Fées est dissymétrique par suite du relèvement beaucoup plus rapide de son flanc SE ; il est formé dans les environs de Bolles par le Valangien et l'Hauterivien ; dans la direction de Buttes on voit l'Urgonien se superposer à l'Hauterivien. La bordure valangienne est beaucoup plus large et moins redressée sur le flanc NW qu'au SE.

3° L'anticlinal de la Vraconne-Longeaigue forme dans sa partie NE une voûte sensiblement droite ouverte jusqu'à l'Argovien ; mais dans la région de la Vraconne, par suite de l'élargissement brusque du synclinal de Noirvaux-Auberson, l'anticlinal s'élève rapidement, s'ouvre jusqu'au Callovien et se déjette vers le SE ; il s'est en outre rompu suivant trois failles transversales à décrochement horizontal, dont l'une passe au N de l'usine de Miguet et du Mont Buclard, la seconde se suit depuis le vallon de Noirvaux par le Parchet, l'extrémité du Mont de la Chèvre et les Rochettes, et la troisième passe un peu plus au SW.

4° Le synclinal de Noirvaux-Auberson, très étroit à ses deux extrémités, s'élargit dans la région de l'Auberson en un important bassin elliptique. Vers le SW, il forme la combe de Varnon, vers le NE il se continue par le vallon de Noirvaux, puis par le Grand et le Petit Suvagnier sur le flanc oriental du Val de Travers. Au centre le bassin de l'Au-

<sup>1</sup> TH. RITTENER. Etude géologique de la Côte aux Fées et des environs de Sainte-Croix et de Baulmes. *Mat. p. la carte géol. de la Suisse*. Nouvelle série, 13<sup>e</sup> livraison.



berson est formé essentiellement par le Crétacique et la Mollasse ; le village de l'Auberson est sur l'Hauterivien supérieur à la limite de l'Urgonien ; au S des maisons on peut discerner facilement la combe hauterivienne et la combe purbeckienne séparées par un crêt valangien. Entre l'Auberson et la Prise Périer l'Urgonien forme deux replis anticlinaux séparés par un synclinal de Gault et d'Aptien. La bordure crétacique du bassin vers le N a subi des dislocations importantes en relation avec les failles qui traversent l'anticlinal voisin. Ainsi près du Miguet une série renversée de Crétacique et de Portlandien plongeant vers le NW butte au NE contre un mur de Kimmeridgien et de Portlandien ; à l'E du Parchet un complexe plissé de Néocomien, d'Urgonien et d'Aptien butte au N contre le Malm décroché et renversé. Enfin la fracture qui traverse le Mont de la Chèvre a provoqué un décrochement bien visible de la zone infracrétacique. Du côté SE la bordure crétacique du bassin de l'Auberson est fortement redressée et même renversée par places ; de nombreuses complications de détail résultent évidemment de tassements et de glissements pléistocènes.

Près de Noirvaux dessous et du Grand Suvagnier on peut voir l'Aquitaniien formé de marnes rouges, de calcaire d'eau douce et de conglomérats s'appuyer directement en discordance sur le Portlandien du flanc occidental, tandis que du côté E il recouvre l'Hauterivien. Au-dessus du Grand Suvagnier affleure la Mollasse à *Ostrea crassissima*. Au Petit Suvagnier la Mollasse n'existe plus, puis, plus loin, vers le NE, le synclinal n'est plus marqué que par une zone de Portlandien encadrée à l'E et à l'W par le Kimmeridgien ; enfin, près de Buttes, il se confond avec le synclinal de la Côte aux Fées.

5° L'anticlinal Mont des Cerfs-Chasseron débute au SE par une voûte droite ouverte jusqu'au Séquanien ; il est ensuite divisé en deux crêts séparés par une combe anticlinale dans laquelle se montrent l'Argovien, le Spongitiien, la marne de Furcil et la Dalle nacrée. En même temps le pli se déjette vers le SE ; au Mont des Cerfs le Kimmeridgien et le Portlandien du jambage NW sont verticaux ; près de la gare de Sainte-Croix le jambage SE est renversé.

Au N de la vallée de Sainte-Croix, la voûte argovienne se referme et le déjettement cesse ; puis, peu après, l'axe de la chaîne est de nouveau profondément entamé par le bassin de la Déneyriaz. Le Séquanien forme autour de cette dépression

une arête discontinue qui comprend la crête des Roches Blanches, le Mont de Mayaz, le Vy d'Amont, le Mont Cochet et la crête du Chasseron et des Petites Roches. Au N du Cochet l'anticlinal s'élargit et sa voûte se festonne de façon à former deux synclinaux secondaires de Séquanien et trois anticlinaux d'Argovien. La profonde coupure créée par le Déneyriaz est creusée dans l'Argovien, le Spongilien et le Dogger qui s'ouvre jusqu'au Bathonien. Le Dogger du jambage NW de l'anticlinal est renversé. Le sommet du Chasseron est en Kimmeridgien ; c'est là que se termine le repli synclinal du versant oriental, qui est bien marqué à la Grandsonnaz. L'arête des Roches Blanches est formée par le Séquanien et le Kimmeridgien du jambage NW qui plongent presque verticalement.

6° Le synclinal Jougne-Colas est le prolongement du synclinal de Jougne en France ; depuis le col de sur la Tour jusqu'à Culliairy il est très resserré et se compose de Valangien et d'Hauterivien surmontés par des sables mollasiques. Avant Culliairy il se divise en deux branches, dont l'une va se perdre aux Grangettes Cuendet au-dessus de Sainte-Croix, dont l'autre suit le ravin de Colas et les Guerraz. Au Colas le Néocomien est presque vertical ; sous les Guerraz, on ne trouve plus que le Valangien inférieur et le Portlandien. A partir de là le synclinal, formé de Portlandien, s'élargit, se relève, et se bombe en son milieu en une voûte secondaire.

7° L'anticlinal des Aiguilles de Baulmes-Suchet est représenté par une belle voûte rompue, dont le cœur, constitué d'Argovien, de Bathonien et de Bajocien supérieur, dessine une combe profonde bordée à l'E et à l'W par les deux crêtes des Aiguilles de Baulmes et du Suchet. Cette voûte, presque régulière aux gorges de Covattannaz, se déverse fortement vers le SE au-dessus de Baulmes. La voûte séquanienne, rompue entre les Aiguilles de Baulmes et le Suchet, se ferme au N de Baulmes, puis, au N de Covattannaz, la voûte kimmeridgienne se ferme à son tour.

Le vallon anticlinal de la Baumine montre diverses dislocations secondaires dans le Dogger. Le Suchet est formé par la série du Malm plongeant au SE ; ici le déversement du pli n'existe plus et il paraît probable que la cluse de la Baumine correspond à une fracture qui sépare la région déversée de la voûte de celle qui ne l'est pas.

Dans sa partie SE l'anticlinal des Aiguilles de Baulmes

présente la complication suivante : les couches verticales de Séquanien et de Kimmeridgien du jambage NW cessent brusquement au-dessus de l'Aiguillon et disparaissent sous les éboulis. Dans leur prolongement, un peu plus bas, affleurent des sables, des marnes et des poudingues tertiaires appartenant au synclinal de la Jougnenaz ; d'autre part, on peut voir sur le flanc occidental des hauteurs de Grange Neuve le Bathonien du cœur de la voûte plongeant vers le NW en contact mécanique avec le Portlandien plongeant verticalement et supportant en concordance la série infracrétacique de Gascon. Ce n'est qu'au SE de ce point que le Kimmeridgien, puis le Séquanien, puis l'Argovien viennent s'intercaler successivement entre le Portlandien et le Dogger. Gascon est sur un synclinal d'Urgonien et de Néocomien qui se prolonge au NE jusque près d'Aiguillon et qui est séparé du synclinal de la Jougnenaz par une voussure de Malm. M. Rittener admet ici que les deux synclinaux de Gascon et de la Jougnenaz se confondent près d'Aiguillon et que le synclinal qui en résulte chevauche sur l'anticlinal des Aiguilles de Baulmes antérieurement rompu et ouvert jusqu'au Dogger. En outre les formations tertiaires sont en transgression évidente sur le Crétacique et le Malm.

8° Sur le flanc oriental du Suchet se développe à partir de la Mathoulaz un repli synclinal rempli par des calcaires oolithiques du Valangien, qui se continue par Six Fontaines et Baulmes jusqu'à Vuitteboëuf et Grandevent. Ce synclinal est supporté au SE par une nouvelle voûte de Portlandien et de Kimmeridgien qui paraît se prolonger dans les affleurements de Malm de Feurtilles. C'est contre le flanc de ce dernier anticlinal que s'appuie la série du Valangien, des marnes d'Hauterive qui dessinent une combe aquifère, de l'Hauterivien supérieur qui affleure aux Grands Crêts, et de l'Urgonien qui se perd au bas de la pente sous l'erratique.

La description tectonique de M. Rittener est rendue très claire par l'adjonction de nombreux profils et d'une excellente carte au 1 : 25 000.

M. L. ROLLIER <sup>1</sup> continue ses recherches sur le Jura bernois et nous lui devons cette année une **carte géologique au 1 : 25 000 des environs de Moutier**, sur laquelle figurent outre le synclinal de Moutier, ceux de Soulce et de Court et les

<sup>1</sup> L. ROLLIER. Carte tectonique des environs de Moutier (Jura bernois) au 1 : 25 000, publiée par la Commission géologique suisse.

chaînes anticlinales de la Stalfluh, du Graiter, des Raimeux et de Vellerat.

La chaîne de la Stalfluh est une voûte droite formée de Jurassique et ouverte au N du Bettlachstock jusqu'au Lias moyen. L'anticlinal du Graiter, formé en grande partie par le Kimmeridgien, s'ouvre jusqu'au Bathonien au SE de Moûtier.

Dans la chaîne des Raimeux, l'axe anticlinal est marqué presque partout par le Bathonien, tandis que dans la cluse de Roche et ses environs affleurent le Lias et même le Keuper. L'anticlinal de Vellerat est également ouvert sur une grande partie de sa longueur jusqu'au Bathonien. Les synclinaux, assez uniformément développés, sont formés par le Malm supérieur, dans lequel se logent des zones discontinues de dépôts mollassiques. Tous les plis ont une direction WSW-ENE.

M. le professeur G. STEINMANN<sup>1</sup>, frappé du contraste qui existait entre la tectonique très simple des plis du Weissenstein et du Graiter et les phénomènes de recouvrement et de chevauchement admis par MM. Mühlberg, Grepin, Rollier, Rothpletz, pour expliquer l'origine des cluses qui traversent ces chaînes, a repris l'étude de cette région, dont il a acquis une conception toute nouvelle. D'après lui la région des cluses est traversée par deux systèmes de failles, dont les unes sont parallèles aux plis, tandis que les autres sont orientées à peu près NNE-SSW et se trouvent dans le prolongement des grandes fractures constatées par M. v. Hühne dans le Jura bâlois.

Pour les failles de la première catégorie c'est la lèvre N qui s'est affaissée, pour celles de la seconde c'est la lèvre W.

Les cluses de Mumliswyl et d'Ënsingen se trouvent toutes deux vers l'intersection de deux failles de deux systèmes différents, qui délimitent un angle ouvert vers le NW. Le triangle inclus ayant subi dans les deux cas un affaissement par rapport aux parties voisines de la chaîne, celle-ci s'est trouvée échancrée sur son versant N. Les quatre failles principales en relation avec la formation de ces deux cluses ont été déterminées par M. Steinmann comme suit :

1<sup>o</sup> La faille de Bereten se suit depuis la chaîne du Passwang par le versant occidental du Beretenkopf jusque sur le flanc N de la Roggenfluh ; là elle devient momentanément

<sup>1</sup> G. STEINMANN. Zur Tektonik des nordschweizerischen Kettenjura. *Centralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, 1902, p. 481-488.

ment presque longitudinale pour reprendre près de la cluse d'œnsingen une direction N-S; elle finit près d'Aussere Klus, à l'W d'œnsingen, où elle se joint à angle droit à la suivante.

2° La faille de la Wannenfluh, après avoir été longitudinale, s'incurve à l'approche de la cluse de façon à prendre une direction E-W jusqu'à son intersection à Aussere Klus avec la précédente.

3° La faille de Mumliswyl coupe obliquement la chaîne Graiter- Breitenberg - Farisberg avec une direction NNE-SSW et passe à l'W du Farisberg.

4° La faille du Breitenberg, après avoir été longitudinale comme celle de la Wannenfluh, s'incurve vers le SE et se joint à la précédente par un angle aigu au N de Wolfgang.

Le caractère d'effondrements triangulaires des cluses de Mumliswyl et d'œnsingen ressort tout d'abord du niveau du Hauptrogenstein, beaucoup plus bas dans les cluses que dans les parties voisines des chaînes; en outre, l'axe des chaînes est nettement incurvé vers le S dans le voisinage des cluses en même temps que les synclinaux qui bordent les chaînes au N s'élargissent (synclinaux de Balstal et de Mumliswyl). Les failles sont du reste rendues très nettes par places par des contacts anormaux, par des modifications brusques de plongement et par des flexures verticales.

Ces effondrements datent probablement de l'époque miopliocène, car la Mollasse recouvre le Malm dans les parties affaissées, tandis qu'elle a été enlevée par érosion sur les flancs des anticlinaux restés intacts. Ainsi les cluses de Mumliswyl et d'œnsingen sont des coupures d'origine tectonique agrandies ensuite par le travail des eaux.

Dans son rapport sur l'excursion que la Société géologique suisse a faite en 1902 dans le Jura bâlois et argovien M. F. MÜHLBERG <sup>1</sup> a exposé d'une façon très claire le **chevauchement de la chaîne du Hauenstein** sur la bordure S du Jura tabulaire. Au S de Läuelfingen le Trias du Hauenstein, qui chevauche sur la Mollasse, n'est pas simple, mais forme sept écailles superposées. La Mollasse ainsi recouverte repose directement sur une surface corrodée de Jurassique supérieur.

<sup>1</sup> F. MÜHLBERG. Bericht über die Exkursionen der Schweizerischen geologischen Gesellschaft in das Grenzgebiet zwischen dem Ketten und dem Tafel-Jura, in das aargauische Quartär und an die Lägern. *Eclogæ*, vol. VII, p. 153-199.

Un peu au N la chaîne du Homberg est formée par un anticlinal de Hauptrogenstein déjeté vers le N, dont la charnière chevauche sur les couches horizontales de la Mollasse.

Plus à l'E sur le flanc N de la Geissfluh vers Oltingen, le Hauptrogenstein plongeant au S chevauche sur la Mollasse horizontale, puis se replie de façon à former un anticlinal, dont le flanc S supporte les couches à *Rhynch. varians*, la partie inférieure du Malm et la Mollasse. C'est sur cette série normale que chevauchent des lames écrasées de Malm et de Dogger, puis le Muschelkalk replié plusieurs fois et brisé en écailles, qui supporte la succession complète du Keuper, du Lias et du Dogger de la Geissfluh.

La dernière partie du rapport est consacrée à la tectonique de la chaîne du Lägern que M. Mühlberg a décrite d'autre part dans une notice explicative de sa **carte géologique du Lägern au 1 : 25 000**<sup>1</sup>.

La région figurée sur cette carte, qui correspond aux feuilles 37, 39, 40 et 42 de l'atlas Siegfried, se subdivise de la façon suivante : 1° la chaîne du Lägern ; 2° les environs d'Ober Eendingen et la bordure du Jura tabulaire ; 3° le pays mollassique qui entoure le Lägern au N, à l'E et au S ; 4° les formations quaternaires.

La chaîne du Lägern est un anticlinal formé de Trias, de Jurassique et de Tertiaire, qui est déjeté vers le N et dont le flanc méridional chevauche par un pli-faille sur le flanc septentrional. Malgré la lacune considérable qui existe entre le Jurassique supérieur et le Bohnerz éocène il y a concordance absolue entre ces deux dépôts. L'axe de l'anticlinal s'abaisse fortement de l'W à l'E sur la rive gauche de la Limmat, ensuite il se relève faiblement vers l'E depuis la rivière jusqu'à Ober Ehrendingen, puis, après être resté horizontal jusqu'à la région de la Hochwacht il s'abaisse de nouveau rapidement vers l'E.

Considérée jusqu'ici comme un exemple typique de voûte normale, la chaîne du Lägern présente en réalité une tectonique beaucoup plus compliquée. Le flanc N de l'anticlinal est nettement renversé depuis le Geissberg jusqu'au-dessus de Sünikon. En outre, au N de ce jambage renversé, la

<sup>1</sup> F. MÜHLBERG. Geologische Karte der Lägernkette Maasstab 1 : 25 000. *Beitr. z. geol. Karte der Schweiz*, 1902.

F. MÜHLBERG. Erläuterungen zur geologischen Karte des Grenzgebietes zwischen Ketten- und Tafel-Jura 1. Theil Geologische Karte der Lägernkette und ihrer Umgebung. *Eclogæ*, vol. VII, p. 246-270.

Mollasse est couverte en discordance mécanique par de véritables klippes de Malm qui doivent être considérées comme des lambeaux du flanc N renversé, replissés et détachés subséquemment de leur amorce par l'érosion. C'est une de ces klippes qui forme la colline de Hertenstein. Au Sackhölzli c'est le Dogger du flanc S qui vient chevaucher sur la Mollasse et le Malm du flanc N; dans les carrières d'Ober Ehrendingen ce sont les couches à *Rhynch. varians* et les couches de Birmensdorf du flanc S qui s'appuient en discordance sur les couches d'Effingen renversées du flanc N; celui-ci est si laminé sur ce point que les couches d'Effingen sont presque en contact avec la Mollasse.

L'anticlinal du Lägern qui est coupé par l'Aar près de la Habsburg et par la Reuss à Schambelen, se poursuit vers l'E jusqu'à l'Eschenberg, à l'E de Dielsdorf, où la Mollasse dessine une voûte déjetée au N. Dans l'axe de la vallée de la Limmat une faille transversale, qui coupe le jambage N, a provoqué un décrochement très net. La crête du Lägern est formée sur toute sa longueur par le Séquanien du jambage S qui plonge vers le S et s'enfonce sous les dépôts plus récents du Malm et de la Mollasse. Le jambage N, qui est renversé sur presque toute sa longueur, ne donne lieu qu'à une saillie peu élevée et discontinue qui comprend le Flueli, le Geissberg, le Steinbuck, le Ries et le Buchhölzli. La voûte de Malm ne se ferme du reste pas à l'extrémité orientale de la chaîne, où les deux jambages restent bien distincts et il est possible que l'anticlinal ait été ici encore rompu par un chevauchement.

Sur le flanc S du Lägern la Mollasse dessine un synclinal, puis elle se relève en un anticlinal bien accusé, dont l'axe passe par Neuenhof et Würmlos et qui s'étale vers l'E.

Dans son angle NW, la carte de M. Mühlberg est traversée par la flexure importante qui suit le versant méridional du Jura tabulaire par Brugg et Endingen jusque dans le Jura souabe.

### *Plateau mollassique.*

M. E. RENEVIER<sup>1</sup> vient de résumer les nombreuses observations qu'il a pu faire depuis une cinquantaine d'années sur la position de l'axe anticlinal de la Mollasse aux environs de Lausanne.

<sup>1</sup> E. RENEVIER. Axe anticlinal de la Mollasse. *Eclogæ*, vol. VII. p. 287 299.

Au N de la route Lausanne-Savigny le plateau est formé de Mollasse marine horizontale tandis qu'au S et à l'W affleure la Mollasse d'eau douce burdigalienne qui s'appuie au SE sur la Mollasse aquitanienne à lignites.

L'axe anticlinal a pu être observé aux points suivants :

1° Vers les carrières de Nialin au NW de Savigny dans la Mollasse marine.

2° Au Crêt-des-Côtes au NE du hameau de la Clef-aux-Moines, puis à partir de ce point le long de la route Savigny-Lausanne jusqu'au grand tournant vers Pré-des-Maules dans la Mollasse marine.

3° Dans le ravin de la Chandelard un peu au S de Rovéraz dans la Mollasse langhienne.

4° A Chailly dans la Mollasse langhienne.

5° A Bellevue (E. de Lausanne) dans la Mollasse langhienne.

6° A Lucinge sur l'avenue de Rumine dans la Mollasse langhienne.

7° Dans la tranchée de la ligne de chemin de fer Lausanne-Vevy à 500 m. environ de la gare.

Plus au SE l'axe anticlinal n'a été constaté nulle part ; par contre le fait que la Mollasse langhienne plonge fortement au SE, soit sur l'emplacement de l'hôtel Beau-Rivage à Ouchy, soit au bord du lac vers Ouchy, montre que l'axe anticlinal doit passer au N de ces deux points. On le retrouve en Chablais sur le cours inférieur du Foron, entre Excuvilly et Sciex et de là il se poursuit jusqu'au Salève.

Entre l'axe anticlinal de la Mollasse et le bord des Préalpes on peut observer plusieurs lignes de dislocations parallèles. C'est d'abord une grande faille, qui est bien visible dans le ravin de la Paudèze au-dessus de Belmont. Puis plus au S-E, entre Corsy-Echerin et le château de Bochat, la Mollasse dessine une voûte régulière et peu accentuée. Enfin un anticlinal beaucoup plus accusé se marque à l'E du ravin de la Lutrive dans la tranchée du chemin de fer.

En résumé, l'axe anticlinal de la Mollasse représente la limite entre la région mollassique à couches horizontales et la région plissée subalpine ; il prend dans les environs de Lausanne la forme d'une simple flexure sans faille ; il est séparé des Préalpes par plusieurs anticlinaux vaguement parallèles.