

Alpes : versant nord

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **2 (1890-1892)**

Heft 4

PDF erstellt am: **14.08.2024**

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.

n'avait encore vu le jour. C'est donc une œuvre méritoire qu'a entreprise M. Noë, de coordonner et de réduire à la même échelle les diverses cartes publiées en Autriche-Hongrie, en Bavière, en Suisse, en France et en Italie. L'échelle de cette carte, qui est celle de la future carte géologique de l'Europe, n'a pas permis d'y marquer tous les détails renfermés dans les cartes spéciales et locales, mais le coup d'œil, qui fait ressortir l'unité des Alpes et les relations de cette grande zone de dislocation avec les montagnes et massifs voisins, en est d'autant plus parfait; il montre la distribution des terrains, le parcours des zones de plissement, et, pour qui connaît déjà la structure des diverses régions, le rôle orographique général des terrains apparaît très clairement. Cette carte sera d'une grande utilité pour tous les géologues; pour les explorateurs des Alpes, elle sera d'une valeur inappréciable; de plus, elle remplira, dans le matériel pour l'enseignement supérieur, une lacune vivement sentie depuis longtemps. Ajoutons que le coloriage, très heureusement choisi, à quelques exceptions près, est sensiblement conforme à la gamme de couleurs, adoptée par le congrès géologique international.

ALPES, *versant nord*. — M. KILIAN¹ a résumé comme suit ses conclusions sur les phases orogéniques qui ont marqué l'évolution tectonique des Alpes occidentales françaises :

1. Mouvements paléozoïques, accentués seulement dans la première zone alpine Belledonne; simple exhaussement ailleurs.
2. Mouvements post-houillers ou permien; discordance du lias ou trias sur le houiller.

¹ *Compte rendu Soc. de statistique de l'Isère*. Mars 1890.

3. Émersion probable d'îlots à la fin du jurassique et pendant le crétacé.
4. Réduction de la mer; formation du golfe nummulitique, dépôts transgressifs de ce dernier.
5. Plis et failles affectant le nummulitique, avant le dépôt de la mollasse.
6. Grands mouvements post-helvétiques et tortoniens; bouleversement de la mollasse; formation des chaînes subalpines.
7. Derniers mouvements pliocènes. Retrait total de la mer.

M. SACCO¹ a publié un aperçu sur la structure générale de la Haute-Italie occidentale, entre le Mont-Blanc et les Alpes maritimes. Il conteste certaines hypothèses généralement admises sur l'origine de la dépression lombarde et exprime sa manière de voir dans les conclusions suivantes :

1. La chaîne alpine occidentale doit son origine à un grand pli de la croûte terrestre; ce pli, qui se résout en plusieurs plis secondaires, avec des failles nombreuses, se disposa en ligne courbe par suite de l'obstacle formé par le plateau central de France qui en empêcha le développement libre et régulier de l'est à l'ouest.
2. Le plissement originel de la chaîne alpine a pris naissance à la fin de l'ère archaïque; il s'accrut fortement au commencement de la période jurassique, atteignit son maximum d'intensité à la fin de l'éocène, ne présentant plus, par la suite, que des périodes secondaires d'accentuation à la fin de l'helvétique et à la clôture des temps tertiaires.
3. Dans la région piémontaise, la vaste vallée du Pô ne peut nullement être considérée comme une zone d'effondrement ou de chute verticale, mais bien comme une zone de plissement affectant la forme d'un large pli synclinal qui cependant se souleva graduellement dans son ensemble pour conduire à un assèchement complet.
4. Dans l'intérieur de la courbe du grand plissement alpin prirent naissance, par suite de la forte pression, une série de plisse-

¹ Sacco. La géotectonique de la Haute-Italie occidentale. *Bull. Soc. Belg. de géol.*, 1890, IV, 3-28, 1 carte et 1 profil.

ments secondaires qui constituèrent les collines de Turin-Valence, entre la Ligurie et les Alpes.

5. Les plissements, les failles et les érosions des régions alpines et apennines ont atteint une épaisseur de formation d'environ 40,000 mètres.

M. G. MAILLARD¹, attaché à la carte géologique de la France, a décrit sommairement le caractère orographique et la nature des terrains de la région des Alpes entre le lac d'Annecy et la frontière suisse, c'est-à-dire la région des chaînes crétacées et jurassiques des Alpes, le plateau des Bornes et le chaînon du Salève.

Nous avons déjà mentionné (*Revue* pour 1889, p. 11) la note de M. Maillard sur la géologie élémentaire de la Haute-Savoie. Ce nouveau travail apporte beaucoup de détails sur cette région, sur les chaînes crétacées des Alpes surtout; impossible de passer en revue toutes les dispositions tectoniques étranges, les replis, failles, etc., expliqués très clairement par un grand nombre de croquis et de profils de détail.

C'est cette région qu'ont rendue classique les études de M. Alph. Favre. Les profils et dessins de M. Maillard montrent presque partout la justesse des vues de ce savant, mais ce qui fait surtout la valeur du travail de M. Maillard, ce sont les détails qu'il a su mettre dans ses profils et qu'il a complétés encore par une multitude de croquis. L'auteur a réussi à mettre en accord la théorie des failles avec celle des plis. La disposition des plis montre clairement qu'ils ont pour cause le refoulement et il n'est pas difficile de voir aussi que les failles — qui sont pour

¹ G. Maillard. Note sur la géologie des environs d'Annecy, La Roche, Bonneville, etc. *Bull. serv. carte géol. France*, 1889, n° 6, 64 p., 9 pl.

la plupart des plis-failles et des chevauchements — ont été causées par cette même force, à l'exception de quelques-unes qui sont dues à des affaissements verticaux, produits sans doute par la formation de voûtes creuses; telle la faille de Sainte-Catherine au Semnoz, celles du col d'Ablon, de Taine, etc.

Aux environs d'Annecy, les Alpes se lient intimement au Jura. Leurs chainons se ressemblent, mais ceux des Alpes sont plus bouleversés, plus déjetés, plus faillés.

Le mont Semnoz au sud du lac d'Annecy, qui se rattache aux Alpes par sa direction, ressemble par le facies de ses terrains (rhodanien, urgonien, valangien) au Jura, dont il a la forme régulièrement voûtée, compliquée seulement d'une flexure en forme de genou, avec faille, suivie d'un second pli, créant le petit vallon de Sainte-Catherine, où il y a du miocène. Le caractère jurassien du mont Semnoz est encore attesté par l'existence d'une zone de molasse miocène à l'est qui le sépare des chaînes alpines proprement dites. Cette montagne offre aussi sur ses bords du gault sans fossiles et le sénonien.

Entre l'Arve et le lac d'Annecy, les montagnes se divisent en trois massifs ou groupes de chainons, formés de plis successifs et séparés par de profondes vallées d'érosion, creusées transversalement aux plis à partir de la chaîne des Aravis, qui est continue depuis Faverges jusqu'à Magland.

Il est remarquable que la dépression du lac d'Annecy et la vallée qui la précède soient transversales à la direction des plis; mais ce qui est bien plus étrange, c'est que les plis ne se correspondent pas de part et d'autre de la dépression. Une faille horizontale, un décrochement, paraît avoir porté vers le N.-O. toute la masse de la

rive E. du lac et se serait même fait sentir jusqu'au Salève. Le pli de la montagne de Veyrier correspond probablement sur la rive O. au chaînon d'Entrevernes qui est plus au S. Le roc de Chère au bord du lac est une zone d'affaissement très manifeste. Un massif étrange, modelé par l'érosion de deux voûtes néocomiennes, est la Dent de Lanfon, reste d'un synclinal urgonien couronnant, en étroite arête, un double talus de néocomien. Les rochers et les Dents du Cruet bordent le vallon de Lindion, dont le synclinal, compliqué de plusieurs replis et failles, précède la superbe voûte néocomienne de la Tournette; l'urgonien de cette montagne morcelé en lambeaux, forme des sommets massifs, entourés de néocomien. Cette région contient en tout sept plis successifs.

Les montagnes entre le Fier et le Borne forment un second tronçon de ces mêmes plis. Les plis multiples du flanc N.-O. de la montagne de Veyrier se retrouvent au pied N.-O. du plateau de Parmélan, vaste voûte surbaissée qui n'est autre chose que la continuation du grand pli anticlinal affaissé, rompu et érodé, du col de Bluffy et du roc de Chère, au bord du lac d'Annecy. Les autres plis, un peu moins érodés, se succèdent aussi dans ce tronçon avec plus ou moins d'analogie. La voûte de la Tournette est transformée par l'érosion en une vallée anticlinale, celle de Thuy-Entremont; le flanc S.-E. de cette voûte forme l'arête urgonienne du Mont-Lachat.

A l'E. de la 3^me coupure transversale, celle du Borne, jusqu'au cours de l'Arve, les sept plis précédemment étudiés subissent des changements profonds. Les plis du bord s'affaissent de plus en plus en s'entassant d'abord, puis s'éteignent, un à un, au bord de la vallée de l'Arve. A Romme, à l'extrémité N.-E. de tout ce groupe, il n'existe

plus qu'un seul pli, en voûte fermée, le 7^{me}, qui se relie par le Bargy (Vergy), le Jalouvre, le Mont-Lachat à la Tournette.

L'arête urgonienne du 7^{me} pli la Tournette-Mont-Lachat-Jalouvre forme comme toutes les autres chaînes un contour en arc de cercle très accusé. Il forme la bordure N.-O. du grand bassin éocène de Serraval-Reposoir, dont le bord S.-E. est formé par l'arête de la Pointe-Percée ou des Aravis, également urgonienne et néocomienne.

Un point capital du travail de M. Maillard est l'explication qu'il cherche à donner de l'apparition de massifs de terrains triasiques et liasiques au milieu des dépôts éocènes de cette région. Jusqu'alors la plupart des géologues avaient considéré les affleurements liasiques et triasiques des Almes et du Mont de Sulens comme des klippes ou bien comme des horsts. Cette dernière hypothèse avait même été adoptée précédemment par M. Maillard lui-même. Or M. Bertrand, en décrivant dans les Alpes provençales les lambeaux de recouvrement, dont il a été le premier à établir l'existence, exprima l'idée que l'origine des massifs liasiques et triasiques des Almes et du Mont de Sulens seraient peut-être à rechercher dans des phénomènes analogues. M. Maillard a essayé de construire deux profils interprétant cette hypothèse. Les massifs liasiques du bassin de Serraval-Reposoir ne seraient ainsi que des lambeaux de recouvrement détachés d'un pli couché, venu du S.-E., dans la direction de Mégève. S'il est presque inadmissible qu'un tel phénomène ait eu lieu, étant donnée la haute arête des Aravis (Pointe-Percée), la difficulté tombe d'elle-même, en admettant que le recouvrement a précédé le plissement définitif

des chaînes crétacées. L'hypothèse est hardie, mais elle s'accorde si bien avec les découvertes récentes dans le domaine de l'orotectonique, qu'elle devient vraisemblable; elle demande pourtant à être confirmée.

A l'E. de la vallée de l'Arve, entre celle-ci et la vallée du Giffre, les chaînes crétacées sont totalement différentes. Les deux chaînes du Bargy et des Aravis, jointes pour un moment à Romme, se séparent de nouveau au delà de l'Arve. La première forme le rocher de Cluses, la seconde le plateau de Platé et l'arête des Fiz. Il n'y a plus de répétition de plis dans cette partie; le rocher de Cluses et la Pointe de Chevrau correspondent du reste au 7^{me} pli de la région précédente. Il est donc étrange de voir cette grande surface de crétacé et d'éocène peu repliée, coupée seulement de quelques failles, de chevauchements et présentant dans son ensemble la forme d'une vaste voûte surbaissée. Il faut signaler sur un point en dessous de ce plateau, les remarquables replis du jurassique connus sous le nom de *faucilles de Chantet*.

Sur le versant opposé de la vallée du Giffre s'élève le Criou, les Avoudruz et la Pointe-Rousse, arêtes crétacées qui se lient aux Dents Blanches et aux Dents du Midi, en Suisse. M. Maillard a examiné le point de l'arête des Avoudruz, où Alph. Favre avait constaté deux couches de gault, séparées par de l'aptien. Il croit devoir expliquer cette disposition étrange par un repli étranglé de l'aptien, ce qui paraît probable. Dans cette région, on trouve de nouveau une succession de plis qui sont pour la plupart déjetés au N.-O. Le massif du Buet offre un entassement de plis du jurassique inférieur et supérieur sur le flanc N.-O. et qui sont tout à fait analogues à ceux du Mont-Ruan.

Les massifs jurassiques des Almes et du Mont de Sulens dans la vallée éocène de Serraval-Reposoir ont aussi été l'objet d'une étude de M. HOLLANDE¹. Ce géologue s'est surtout efforcé de recueillir des documents stratigraphiques sur ces intéressants îlots, sans perdre de vue cependant les accidents tectoniques et leur explication. L'auteur examine d'abord les contacts entre les terrains sédimentaires et les schistes cristallins dans la portion S.-O. du vallon de Mégève et près de Flumet. La superposition régulière du trias, du lias et du jurassique repliés se montre fort bien près de Gieltaz au pied de l'arête des Aravis.

Il y a autour du massif liasique du Mont de Sulens plusieurs affleurements de malm. Le premier, indiqué déjà par Alph. Favre, est coupé par la route de Saint-Ferréol à Serraval. M. Hollande y a constaté cinq failles parallèles, découpant cet affleurement en bandes étroites et offrant chacune la même série de cinq assises de l'oxfordien au Berrias. Le Mont-Nambette a une disposition analogue. Ce seraient, selon M. Hollande, des plis-failles ; en effet, la quadruple répétition de couches donne à cet affleurement une structure imbriquée. Mais il est étrange que cette montagne apparaisse presque entièrement entourée d'éocène.

Un second massif jurassique s'appuyant au S.-E. contre l'éocène et le crétacé et bordé au N.-O, par l'éocène se montre à l'est de Morlens. Le rocher du Bouchet et celui de Toret sont des îlots jurassiques sortant du flysch ; M. Hollande y distingue les cinq assises de l'oxfordien au

¹ Hollande, Étude stratigraphique des montagnes jurassiques de Sulens et des Almes, *Bull. Soc. géol. France*, 1889, XVII, 690-718.

Berrias, mais avec d'autres directions; les couches du Bouchet sont dirigées O.-E., celles de Toret N.-S., comme au massif de Marlens. Il est à remarquer que le rocher du Bouchet est tout entouré de poudingue éocène.

De chaque côté du massif de Sulens se montrent encore deux arêtes de malm, celle du Cuchet et celle du Plan-du-Tour. Celle-ci est séparée du Mont de Sulens par de l'éocène, du poudingue tertiaire et du sénonien; mais il paraît exister des failles entre ces affleurements et le Mont de Sulens. Le Mont de Sulens lui-même affecte franchement la forme d'un synclinal, laissant affleurer sur ses deux bords du gypse et de la cargneule triasiques surmontés de marne calcaire rouge, d'infralias, de sinémurien et de liasien formant le noyau synclinal. A Planbois, il y a visiblement une voûte, tandis qu'au col de Sulens, au milieu de deux arêtes liasiques anticlinales; existe un dépôt de poudingues tertiaires. Presque au sommet du col, le sénonien redressé est en contact avec le lias et le trias.

M. Hollande a aussi étudié le massif liasique et triasique analogue des Almes ou Annes. Sa manière d'interpréter la structure de cet îlot de roches anciennes au milieu du bassin éocène du Reposoir, diffère sensiblement pour les détails tectoniques des profils donnés par M. Maillard; M. Hollande donne de nombreuses coupes stratigraphiques locales des diverses parties de cet îlot ancien formé par trois sommets, la Pointe de l'Alme ou d'Almet, le Mont Lachat et la Croix de Châtillon.

D'après les conclusions de M. Hollande, il ne faudrait pas songer à appliquer la théorie des lambeaux de recouvrement, ni au Mont de Sulens, ni au massif des Almes. M. Hollande pense que les îlots jurassiques de la vallée de Serraval au Reposoir sont dus à des plis anticlinaux rom-

pus à l'ouest en formant ainsi des plis-failles de même direction. Comme on n'a trouvé nulle part, sur aucun sommet et dans aucun pli, le moindre lambeau de néocomien, on pourrait admettre que ces massifs émergeaient déjà à l'époque du crétacé inférieur. La présence du sénonien au col de Sulens, tantôt appuyé contre le trias ou le lias, tantôt reposant sur ce dernier, sa présence sur le jurassique dénudé de la falaise des Lovetiers, sont des faits qui paraissent appuyer cette hypothèse. Le poudingue éocène à gros éléments jurassiques ou néocomiens et à cailloux étrangers à la vallée indiquerait que ces rochers jurassiques formaient des îlots ou des récifs dans la mer tertiaire.

D'après ces conclusions, ce serait l'hypothèse d'un récif ou klippe, accompagné d'affaissements sur les bords, en un mot un horst qui conviendrait le mieux pour expliquer la formation de ces montagnes. L'éperon jurassique entre St-Ferréol et Serraval et les affleurements jurassiques du voisinage s'expliqueraient en effet difficilement comme lambeaux de recouvrement. L'avenir montrera peut-être laquelle des deux interprétations est la vraie, à moins que ce ne soit ni l'une ni l'autre.

Le grand mémoire de M. RENEVIER¹, résultat de plus de 25 années d'exploration dans les hautes Alpes calcaires du canton de Vaud (chaîne de l'Oldenhorn-Dent de Morcles) met en pleine lumière la structure géologique remarquable de cette région si bouleversée. Plusieurs publications dues au même auteur ont déjà paru sur cette région,

¹ E. Renevier. Monographie géologique des Hautes-Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais. *Mat. carte géol. suisse*, livr. XVI (XXII), 1890, 1 carte, 6 planches et 128 clichés dans le texte. (Voir ci-dessus page 307.)

précédées, en 1875, par la belle carte au 1 : 50000 des Hautes-Alpes vaudoises.

La stratigraphie est étudiée avec beaucoup de détails; et certes, sans la connaissance approfondie de la succession des terrains, bien des énigmes n'auraient pas pu trouver de solution; les renversements des couches sont, dans cette partie des Alpes, presque aussi fréquents que leur position normale, sans compter les complications dues à des failles, des écrasements ou des chevauchements. En 1886, la Société géologique suisse dirigea ses excursions dans cette région. Les conclusions de M. Renevier furent vérifiées et par un témoignage unanime les excursionnistes rendirent hommage au travail consciencieux de ce géologue. Le champ d'étude quoique relativement restreint a permis à l'auteur de faire des constatations du plus haut intérêt. Les sillons d'érosion sont dans la plupart des cas dirigés transversalement à l'alignement des plis; les dépressions et les arêtes ne sont que rarement de véritables cuvettes et des chaînes de plissement. Certaines arêtes sont même couronnées par un pli synclinal témoignant de l'action énorme de l'érosion. A la région des hautes Alpes formée par le massif cristallin surmonté des plis des terrains secondaires, s'ajoute, au pied de la chaîne, la région du flysch et entre deux la région salifère de Bex-Col de Pillon.

Dans la description orographique sommaire qui précède celle des terrains, l'auteur établit les divisions suivantes :

Région du flysch. Vallée de la Grande-Eau.

Région salifère. { Chaînon de Perche — Chamossaire — Glai-
vaz.
Vallée de la Gryonne et col de la Croix.

Hautes Alpes calcaires.	}	Chaînon des Diablerets — Vents — Mont de Gryon. Vallée de l'Avançon d'Anzeindaz et col de Cheville.
		Chaînon d'Argentine — Savolaires — Marti- nets. Vallée de Nant de l'Avare et col des Essets.
		Chaînon de Tête Pégnat — Moeveran — Dents de Morcles. Vallée de Derbon et col de Fenestral, etc.
		Chaînon de Montacovoère — Haut de Cry — Grand Chavellard.
Massif cristallin métamorphique et carbonifère.	}	Vallée du Rhône en amont de Marti- gny. Chaînon de Pierre à Voir — Mont Chemin.
Partie détachée des h ^{tes} Alpes calcaires.	}	Vallée de la Liserne et col de Miet. Chaînon de la Fava — Mont Gond — Six Riond. Vallée de la Morge et col du Sanetsch.

L'auteur subordonne la description détaillée de la région à celle des terrains, en parlant, à propos de chaque étage ou formation, du rôle qu'il joue dans chacun des chaînons, groupe, arête ou gisement; une foule de coupes locales, de croquis, etc., permet de saisir la structure des gisements étudiés. Nous ne pouvons suivre l'auteur dans cette analyse qui forme à peu près tout le volume, mais nous devons nous contenter de résumer la disposition tectonique de la région en général.

La zone du flysch, la plus extrême, ne forme qu'une partie accessoire de la région. C'est la zone du flysch du Niesen, avec son immense développement de grès et brèches polygéniques, interrompu seulement par quelques affleurements de terrains secondaires, dogger, lias et

gypse avec cargneule attribués au trias. Mais il est difficile de se rendre compte nettement de la nature de ces affleurements. La région dite salifère est encore plus compliquée; elle est une section de la large zone gypsifère qui suit le pied des hautes Alpes jusqu'au lac de Thoune. On y constate un enchevêtrement inextricable de zones liasiques et jurassiques très irrégulières qui se contournent au milieu d'une immense masse de gypse (anhydrite) accompagnée de fréquents affleurements de cargneule. La structure de cette région est difficile à saisir, d'autant plus qu'à l'approche de la vallée de la Grande-Eau sur le bord de la vallée du Rhône, la région salifère et celle du flysch se confondent en superposant leurs affleurements liasiques et triasiques d'une manière presque inexplicable.

La structure des hautes Alpes, séparées des Préalpes par une faille qui marque un grand affaissement de ces dernières, est plus claire, quoique cette région soit encore plus bouleversée. M. Renevier montre par de nombreux profils, construits à l'échelle de 1 : 50000 et des coupes locales, la structure de cette partie à laquelle il a consacré les plus grands soins. Le caractère général est la présence de plis déjetés et couchés du néocomien, reposant sur un synclinal de terrain tertiaire tel que le montre le profil classique des dents de Morcles où le lacet est simple; mais, plus au N.-E., les plis se multiplient dans le jurassique comme dans le néocomien. Tous les contournements attestent un mouvement ou poussée venu du S.-E. qui a déjeté et entassé les plis les uns au-dessus des autres. Dans certains cas, on croit même voir des plis de néocomien formés après détachement de leur base jurassique. Mais ces nombreux plis ont encore subi des

dislocations dans le sens vertical; plusieurs failles les coupent transversalement ou se substituent aux plis. C'est le cas particulièrement sur une certaine longueur, au contact avec le facies à Céphalopodes ou néocomien I, qui s'avance comme un golfe dans la dépression d'Anzeindaz, bordée de hautes arêtes de plis déjetés et couchés. Aussi, au contact avec le gypse du col de Pillon, il existe fort probablement une grande faille. Le vallon d'Anzeindaz jusqu'au col de Cheville paraît correspondre à un de ces affaissements accusés par deux failles.

Nous ne pouvons donner qu'une bien faible idée de la structure remarquable de cette région; pour bien la saisir, il faut avoir sous les yeux les profils de M. Renevier dont le tracé donne presque l'illusion de la réalité. Ils font ressortir surtout très clairement la transgression des terrains sédimentaires post-carbonifères sur les schistes cristallins et sur le houiller, déjà disloqués antérieurement. Mais la grande dislocation des Alpes est post-éocène, quoique des émergences partielles aient, déjà pendant la fin de l'époque crétacique et au commencement de l'éocène, précédé le soulèvement et l'assèchement définitifs des Alpes.

En résumant les phénomènes de dénivellation qui ont accompagné l'évolution des Alpes vaudoises, M. Renevier distingue les phases suivantes :

Époque houillère-permienne. Phase continentale avec érosions; terres fermes avec végétation terrestre. Origine des premiers plissements.

Période triasique. Lagunes salées, dépôts de gypse, anhydrite et sel gemme.

Période du rhétien au lias supérieur. Affaissements progressifs. Exhaussement local dans les Préalpes (facies des C. à Mytilus); affaissement ininterrompu dans les deux régions.

Période crétacée. Phase d'exhaussement indiquée par le caractère de plus en plus littoral des sédiments du valangien au rotomagien.

Éocène inférieur. Seconde phase continentale. Lacs d'eau douce du nummulitique inférieur; érosion du crétacé.

Éocène moyen et supérieur. Seconde phase d'affaissement.

Éocène supérieur. Phase d'exhaussement à l'est pendant le dépôt du flysch.

Période miocénique. Troisième phase continentale conduisant, à travers la phase glaciaire avec oscillations dans le soulèvement, à l'époque actuelle.

Ces conclusions sont résumées dans un tableau graphique au moyen de deux courbes correspondant, l'une aux mouvements des hautes Alpes, l'autre à ceux des Préalpes. Nous reviendrons à parler de ce mémoire en traitant des terrains de cette région.

Une étude remarquable sur une partie du bassin du lac des Quatre-Cantons est due à M. STUTZ ¹.

L'auteur décrit d'abord la configuration de ce lac, fixe les relations de ce dernier avec les accidents orographiques des sommets voisins; il arrive à la conclusion que primitivement ce lac devait comprendre aussi ceux de Lowerz et de Zoug et même celui de Sarnen, actuellement environ 100^m plus haut. Le mémoire de M. Stutz porte cependant spécialement sur la stratigraphie et la tectonique locale des affleurements triasiques et jurassiques qui apparaissent dans des positions bizarres au milieu d'une synclinale de crétacé et d'éocène; celle-ci en apparence très irrégulière est bordée au N.-O. par l'arête urgienne de Sigrisvyl — Schrattenfluh — Bürgenstock et au sud par celle de Brienzengrat — Grafmatt — Schwal-

¹ U. Stutz das Keuperbecken am Vierwaldstätter See. *N. Jahrb. f. Min. et Géol.* 1890, II, 90-140.

mis. Un petit pli forme au milieu de ce bassin la crête de Mutterschwand-Rotzberg. On trouvera des détails sur l'orographie générale de cette région dans les divers ouvrages de Kaufmann¹ dont nous avons rendu compte (*Revue pour 1886*).

M. Stutz établit la thèse que presque tous ces affleurements ou massifs anciens qui apparaissent surtout sur le bord S.-E. de ce bassin crétacé et éocène, ont comme soubassement du gypse et de la cargneule; c'est ainsi qu'il découvre une ceinture presque complète de gypse autour des blocs calcaires du Giswylerstock, à l'extrémité S.-O. du bassin; les trois massifs du Stanzerhorn, du Buochserhorn et de Clevenalp, avec le petit lambeau d'Arvigrat, reposent aussi sur une base de gypse et doivent avoir formé autrefois un tout, séparé en deux masses distinctes (Stanzerhorn et Buochserhorn) par la vallée d'Engelberg.

Plus étrange encore est la situation des Mythen, blocs de calcaire jurassique surgissant, sur un soubassement triasique, au beau milieu d'un bassin éocène, prolongement de celui de Sarnen, au nord-est du lac des Quatre-Cantons.

L'auteur démontre la présence du rhétien au-dessus des dolomies, cargneules et marnes qui surmontent le gypse. Le rhétien, composé de calcaires et de marnes avec *Avicula contorta*, *Cardita austriaca*, etc., est le mieux visible au Buochserhorn, etc. Au rhétien se superpose, en ordre normal, le lias inférieur avec nombreux fossiles aux Mythen, au Buochserhorn, Stanzerhorn, Enzimatt, Giswylerstock, etc. Le lias supérieur se montre aussi sur la

¹ Mat. carte géol. suisse, liv. XIV et XXIV.

plupart de ces points, suivi du dogger et du malm avec une riche faune de mollusques et surtout de coraux (Mythen et Buochserhorn). Le jurassique supérieur est le terrain le plus élevé de ces massifs.

Ces trois groupes de massifs calcaires ont un facies absolument différent de celui de leur entourage et leur structure est indépendante de celle des chaînes voisines. Chacun de ces groupes est formé de blocs ou massifs qui paraissent s'être déplacés sur leur base de gypse, de manière à créer quelquefois des renversements complets; chaque massif semble s'être bouleversé à sa manière, indépendamment de ses voisins; le seul caractère commun, c'est leur disposition suivant la direction générale des chaînes et le facies des terrains qui est le même chez tous. L'auteur montre comment le groupe des Mythen est formé de cinq massifs (Schollen), dont trois sont renversés. Le Stanzerhorn surgit au milieu d'un synclinal de crétacé, de même que le groupe des trois massifs du Buochserhorn, de Chleven et de Murenalp. Enfin le groupe le plus éloigné à l'ouest, celui des Giswylerstöcke, en offre quatre, disposés absolument comme des blocs de glace dénivelés; dans chaque massif on trouve la série complète du trias au malm. Déjà M. Kaufmann y a cité des gisements du dogger. Les études de M. Stutz complètent ces données et tendent à expliquer l'énigme qui a paru insoluble à M. Kaufmann. M. Stutz est décidément partisan de la théorie des horsts; il considère ces massifs comme des masses restées en place, alors que les terrains tout autour se sont affaissés. Dans tous les cas, la situation de ces affleurements est si semblable à celle des Almes et du Mont de Sulens que la solution du problème sera probablement la même pour ces deux régions.

M. PENCK a annoncé qu'à la suite des excursions des membres de la Société géologique allemande dans la région du double pli glaronnais, les plus incrédules ont pu se convaincre de la justesse de la théorie du double pli telle qu'elle est donnée dans les travaux de M. Heim ; quoique prédisposé contre cette hypothèse et n'ayant rien trouvé de semblable dans les Alpes orientales, M. Penck se déclare parfaitement d'accord avec les conclusions du professeur de Zurich ¹.

Une étude sur les relations entre les schistes cristallins et les terrains sédimentaires des Alpes, est due à M. BONNEY ², ce travail s'applique spécialement à la région entre la vallée d'Andermatt et le Val Piora jusqu'au col du Lukmanier. L'auteur énumère les roches d'aspect sédimentaire de cette région et explique leurs gisements par des profils. Nous ne pouvons résumer ici le long travail de M. Bonney qui augmente d'une façon notable nos connaissances sur ces formations sédimentaires métamorphosées comprises entre les massifs cristallins ; l'auteur est arrivé à des conclusions un peu différentes de celles qui ont eu cours jusqu'à présent parmi les géologues suisses. Il met en doute l'âge jurassique de certains bancs calcaires de la vallée d'Urseren et conteste, entre autres, la nature organique des éponges, coraux, polypiers, etc., que Stapff avait cru reconnaître dans un calcaire cristallin à 2600 m. de l'entrée N. du tunnel ; il les qualifie de figures pseudo-organiques, d'origine minérale. M. Bonney voit dans les

¹ C. R. Soc. helv. sc. nat. Davos 1890. *Arch. sc. phys. et nat.* XXIV. *Eclogæ geol. helv.* II, 172.

² T. G. Bonney, On the cristalline schists and their relation to the mesozoic rocks in the Lepontine Alps, *Quarterly Journal of geol. Soc. London*, XLVI, No. 182, mai 1890, 187-240.

alternances de roches quartzitiques et schisteuses d'une partie du Val Piora une analogie avec la série des terrains carbonifères. Ces terrains ont subi une transformation très apparente, la texture clastique est oblitérée et de nombreux minéraux nouveaux ont été formés. Mais il ne peut concevoir quel rôle peut avoir joué la pression dans la formation des grenats qui paraissent s'être développés avec la même facilité dans toutes les directions dans la roche qui les contient ; les changements de forme leur ont été imprimés plus tard.

L'étude de la cargneule forme un chapitre important de ce mémoire. L'auteur ne comprend pas comment cette roche a pu passer pour un terrain triasique, alors qu'elle se montre bien plus souvent à la surface des terrains schisteux considérés comme jurassiques et que d'autre part, elle contient des fragments de ces derniers terrains. Il considère la cargneule comme une roche de date relativement récente, tout en rappelant qu'il ne faut pas prendre pour telle, des éboulis de débris de schiste et de cargneule consolidés plus tard ; plusieurs profils locaux démontrent cette manière de voir. Cependant à l'inverse des interprétations des géologues suisses, M. Bonney admet souvent l'existence de failles là où peut-être il y aurait lieu de voir des plis-failles, des écrasements, etc. C'est par des failles que M. Bonney essaie de démontrer que les deux bandes de cargneule bordant les schistes du Val-Canaria sont plus récentes que ces derniers. La forme en cuvette de ces terrains serait ainsi une illusion. L'auteur étudie ensuite, en particulier, les schistes à fossiles du col du Lukmanier, du Nufenen. Il indique la position des couches fossilifères dans la grande épaisseur de schistes tachés sur le flanc O. du Scopi, au moyen d'un profil, dans lequel il admet aussi plusieurs failles.

En concluant M. Bonney ne peut admettre l'identité du marbre d'Urseren avec le jurassique, ni celle de la roche tachée du Lukmanier et du Nufenen avec les schistes à grenats noirs, cette classification amenant à considérer la cargneule comme plus ancienne que le groupe des schistes supérieurs extrêmement cristallins, dont elle renferme cependant partout des fragments.

Dans la dernière partie, l'auteur traite de la composition pétrographique et microscopique de certaines roches du Val Piora, en comparant ses résultats avec ceux que M. Grubenmann a tirés de ses études sur les roches du synclinal d'Airolo. Il termine son travail par l'exposé d'une discussion dans laquelle il se montre opposé aux vues de M. Heim et réplique aux critiques que ce dernier avait exprimées contre sa manière de voir.

ALPES. *Versant sud.* — La Société géologique suisse a fait en 1889 des excursions dans les Alpes tessinoises sud aux environs de Lugano ; M. C. SCHMIDT ¹ a publié à cette occasion un programme des excursions, plus un compte rendu des observations, faites par lui, avant et pendant les excursions de la Société. L'auteur rappelle au début l'extinction graduelle des Alpes calcaires, à partir des Alpes bergamasques vers l'ouest, au delà du Lago Maggiore où les masses cristallines des Alpes forment la bordure de la plaine du Pô. Il caractérise ensuite les terrains des environs de Lugano. Les roches cristallines formées de schistes cristallins, sont recouvertes en discordance

¹ C. Schmidt. Allgemeine Darstellung der geolog. Verhältnisse der Umgegend v. Lugano. *Eclogæ. geol. helv.* 1890, II, 5-49, 1 pl. Bericht über die Excursionen etc. *Eclogæ geol. helv.*, 1890, II, 74-82.