

LES
COUCHES EN FORME DE C DANS LES ALPES

PAR

M. B. STUDER

Professeur de Géologie à l'Université de Berne

Parmi les courbures des roches sédimentaires de nos Alpes, ce sont celles que de Saussure déjà avait signalées comme couches en forme de C, qui demandent une attention particulière, tant par leur fréquence que par l'explication de plusieurs cas anomaux de gisements qu'elles nous laissent entrevoir. Depuis que j'étudie les Alpes, je me suis convaincu de plus en plus que ce sera par ces plissements que se résoudront finalement les difficultés qui, sous le rapport de la paléontologie, paraissent faire des Alpes une région différente des autres pays de l'Europe, et, en présumant cette solution, j'ai posé en principe que, dans les cas qui ne se prêtent pas de suite à cette explication, il était plus sûr d'avoir confiance aux fossiles, ou de suspendre son jugement, que de recourir à des hypothèses qui attaquent les bases les plus solides de notre géologie moderne ¹.

¹ Les couleurs géologiques de notre carte de la Suisse ont été choisies d'après ce principe. Les terrains marqués *j* et *h'* dans la légende sont les plus anciens des terrains alpins qui jusqu'ici ont

Les couches en forme de C, parmi lesquelles je comprends aussi celles qui forment un coin, peuvent être distinguées en deux classes : si on les regarde du sud-ouest, les unes tournent la partie convexe du C, ou l'arête du coin, du côté des Alpes, c'est-à-dire, pour la plus grande partie de la Suisse vers le midi ; les autres, en forme de C retourné, présentent aux Alpes leur ouverture, et leur partie convexe ou coude, regarde le nord.

De Saussure a expliqué les courbures de la première classe par un repli qui aurait renversé le prolongement d'un système de couches sur lui-même, et, le coude se trouvant du côté des Alpes centrales, il est naturel d'admettre que le foyer de la force qui a agi se soit trouvé du même côté. Quoi qu'il en soit, si la supposition de de Saussure est juste, et je crois qu'elle l'est, les couches extérieures du C doivent être les plus an-

présenté des fossiles ; après viennent les schistes sans fossiles, en grande partie métamorphiques, qui peuvent être de tout âge. Au nombre de ces schistes indéterminés se trouve le schiste gris, *h*. Il y a des localités où des schistes analogues renferment des fougères ; il y en a d'autres qui présentent des bélemnites ; il y en a encore qui contiennent des fucoïdes. Les premières sont signalées par un *h'*, les secondes par un *j*, et il aurait été conséquent de marquer les dernières par *e*². La couleur uniforme *h* ne signifie donc pas que tous ces schistes soient contemporains, mais que jusqu'ici il n'a pas été possible de fixer une limite précise entre eux. M. d'Archiac (*Hist. de la Géol.*, t. VII, p. 142) a présenté ma manière de voir avec toute la clarté désirable, et, après son exposé, il m'est impossible de concevoir comment M. Pillet (*Études géol. sur les Alpes de la Maur.*, p. 43) a pu se méprendre sur mon opinion à tel point qu'il me range parmi les géologues qui croient que les fougères et les bélemnites ont vécu ensemble, tandis que dans toutes mes publications, depuis plus de dix ans, je m'efforce de soutenir le contraire

ciennes, celles du milieu les plus récentes, et si, ce qui est ordinairement le cas, le C est rempli de manière que le prolongement de son ouverture se présente comme une série de couches parallèles, on doit trouver, à la base et sur la hauteur, des fossiles de même âge d'un terrain plus ancien, ou tout au plus contemporain de celui qui forme la partie moyenne. C'est par un pareil plissement qu'en 1830 mon ami Voltz et depuis M. Favre ont cherché à expliquer l'anomalie de Petit-Cœur; c'est encore d'après le même principe que M. Lory et M. Favre¹ viennent de nous rendre compte du gisement des nummulites en Maurienne.

Dans les Alpes calcaires, entre la vallée de l'Aar et celle de la Kander, les couches en forme de C sont très-fréquentes, et leur coude est généralement tourné vers le midi. L'on observe ces plissements dans les coins calcaires intercalés dans le corps granitique de la Jungfrau, du Mettenberg et du Wetterhorn²; j'ai donné une figure du plissement plus restreint de la Hunnenfluh, à l'entrée de la vallée de Lauterbrunnen³, et un coude pareil se voit dans la partie supérieure de la Schwalmereu. La justesse de notre loi, posée plus haut, sur l'ancienneté des couches extérieures et intérieures, se vérifie au Mettenberg: les couches supérieures du coin, immédiatement sous le gneiss, sont les mêmes quartzites, oolithes ferrugineuses, dolomies et schistes bigarrés, en partie regardés comme triasiques par M. Favre, que l'on voit ordinairement à la base du calcaire oxfor-

¹ *Bull. géol.*, 2^e série, t. XVIII, p. 54.

² *Bull. géol.*, 1^{re} série, t. II, pl. I; 2^e série, t. IV, p. 210.

³ *Physikal Géogr.*, t. II, p. 216.

dien qui compose la masse principale du coin, à la limite méridionale de celui-ci. Ces couches descendent verticalement jusqu'au glacier, et l'on ne peut douter que si le glacier laissait la base du calcaire à découvert, on ne les vit au-dessous de lui.

Il est permis peut-être d'appliquer ce même principe au groupe du Faulhorn. La base de ce groupe, exposée au Giessbach, et dont on traverse les couches en montant de là aux chalets de la Bättenalp, appartient au jura-oxfordien. Cette formation constitue à peu-près les deux tiers de la hauteur de la montagne comprise entre le niveau du lac de Brienz et la cime du Faulhorn. La partie supérieure du groupe appartient, d'après ses ammonites et ses bélemnites, au néocomien inférieur ¹. Les deux terrains plongent vers la chaîne centrale en couches concordantes et sous un angle peu élevé. Au-dessus du néocomien, et non au-dessous, comme je l'avais dit en 1838 ², se développe une assise très-puissante de schiste noir très-quartzueux, connu dans le pays sous le nom de *Roche-de-fer* (Eisenstein). Tantôt cette roche alterne avec un schiste gris calcaire et ne diffère pas d'une ardoise ordinaire, tantôt elle ressemble aux schistes noirs et gris qui accompagnent l'antracite en Savoie, tantôt elle prend presque les caractères d'un micaschiste ou d'un quartzite micacé. C'est elle qui forme toutes les crêtes et cimes au nord de la Scheidegg et le sol du passage même; de là à l'ouest, elle recouvre le flanc méridional du Faulhorn jusqu'aux glaciers de Grindelwald, compose la hauteur et les trois sommités de la Wengernalp qui séparent Grindelwald de

¹ *Bull géol.*, t. XIII, p. 372.

² *Mém. de la Soc. géol.*, t. III, p. 396.

Lauterbrunnen, et se retrouve au-dessus de Mürren dans le groupe du Schilthorn et Schwarzbirg, dont elle compose toute la masse. N'y trouvant aucun fossile, j'avais réuni en 1838 ce terrain au néocomien du Faulhorn. Plus tard, à l'époque de la publication de notre carte et de ma *Géologie suisse*, j'en avais fait avec doute du terrain nummulitique, en m'attachant à sa position supérieure au terrain crétacé, aux caractères minéralogiques de la roche et à des nummulites trouvés à Rozenlauï et à Mürren. Tous mes efforts pour y trouver des fossiles sur le revers méridional du Faulhorn avaient encore été infructueux. Ces dernières années cependant, en parcourant avec plus de soin ce terrain dans toute son étendue, accompagné par quelques jeunes amis habiles à trouver des fossiles, j'ai encore dû changer d'avis, et je dois reconnaître, quelque étonnant que cela soit, que ce terrain ne peut être que jurassique. Sur le revers méridional du Schwarzhorn, à l'est du Faulhorn et superposé à la continuation de son terrain crétacé, nous avons trouvé des bélemnites et un morceau d'ammonite à côtes simples, qui peut être comparé à l'*Ammonites radians*. Près de l'hôtel de la Scheidegg, l'un de mes amis a trouvé un autre débris d'ammonite à côtes simples, et muni d'une quille saillante qui correspond également à l'*A. radians* ou à l'*A. Edouardianus* d'Orb., le même qui se trouve à l'Erz-eck¹, où il est par erreur nommé *Edwardsianus*. Dans tout le groupe de la Wengernalp, que nous avons parcouru avec soin jusqu'à son bout septentrional, nos recherches n'ont pas été heureuses ; à la base seulement de ce groupe, dans le passage entre Zweilütschinen et

¹ *Géol. de la Suisse*, t. II, p. 57.

Grindelwald, nous avons trouvé dans un bloc de *roche-de-fer*, sur la rive gauche, une empreinte qui ne peut provenir que d'une *Trigonia costata*, et un moule d'un *Trochus* indéterminable.

Après avoir consacré, sur les hauteurs au-dessus de Mürren, plusieurs jours à ces recherches, nous avons recueilli d'autres empreintes de *Trigonia costata*, l'une d'elles presque à la cime du Schilthorn, d'autres dans l'Engithal, au nord du Schilthorn, d'autres encore dans les éboulements des Hundshörner, à la descente de la Furgge vers le Kienthal. Au sommet des Hundshörner, les fossiles, bélemnites et ammonites, sont assez fréquents et rappellent les localités connues de Oltschen, Unterheid et Erzeck, surtout la dernière. J'ai rangé ces localités dans l'Oxfordien ¹, mais avec quelque hésitation, plusieurs ammonites parlant plutôt pour le Bajocien ou même le Toarcién. Les fossiles des Hundshörner et la *Trigonia costata* favorisent l'opinion qui regarde ces localités comme appartenant à un terrain plus ancien. En effet, une bélemnite paraît se rapporter au *B. sulcatus* : les ammonites correspondent à l'*A. radians* ou à l'*A. Edouardianus* d'Orb., à l'*A. Murchisonæ* et à l'*A. communis* Sow. Le même *A. radians* a été trouvé à l'occident du Kienthal, au sommet de la Wermuthfluh, au-dessus des chalets de Dünden, et du Dündenhorn nous possédons les *Gryphites* mentionnées dans la *Géologie suisse*, t. II, p. 56.

D'après ces données, je ne puis douter que cet étage de la *roche-de-fer*, dont j'estime la puissance, s'il n'y a pas de plissements, à près de mille mètres, n'appartienne à la partie inférieure du système jurassique. Les fossiles

¹ *Géol. de la Suisse*, t. II, p. 53.

ayant été trouvés en partie dans les éboulements, et le métamorphisme de la roche ne permettant pas des distinctions pétrographiques, il est possible que cette grande épaisseur représente plusieurs étages, de l'Oxfordien jusqu'au Lias; c'est une question sur laquelle je ne discuterai pas ici; ce qu'il importait de constater, c'est la priorité de l'âge de la *roche-de-fer* au Néocomien de la chaîne du Faulhorn, et ce fait, je crois, doit être accepté comme suffisamment établi.

Mais les fossiles d'Oltshen et d'Unterheid formant évidemment le mur du terrain qui compose la chaîne du Faulhorn, et la *roche-de-fer* recouvrant ce même étage dans toute la largeur de la vallée de Grindelwald, il en résulte que, de même qu'au coin du Mettenberg, la roche récente est ici enclavée dans un terrain plus ancien. Le coude, à la vérité, n'est pas visible, mais les coudes dans tout ce groupe étant tournés du côté du midi, et l'inclinaison dans les masses supérieures étant méridionales, il est naturel de chercher ce coude du même côté. Sa position doit se cacher dans la base du Wetterhorn, du Mettenberg et du groupe de la Jungfrau. En effet, les couches jurassiques sur la rive méridionale du lac de Brienz sont inclinées au midi, comme celles du Schwarzhorn, de la Scheidegg et des groupes du Faulhorn et de la Wengernalp, et si l'on suit les schistes noirs de l'étage de la *roche-de-fer* jusqu'au pied du grand escarpement du Wetterhorn, du Mettenberg et de l'Eiger, on les voit plonger sous les couches calcaires les plus basses de la montagne.

Si nous quittons ce massif qui entoure sur trois côtés la vallée de Grindelwald, pour nous porter sur les hauteurs à l'ouest de Lauterbrunnen, nous y trouvons le même renversement sur une échelle encore plus grande.

L'escarpement du Staubbach se compose d'un calcaire gris, en partie schisteux, que nous rapportons au terrain jurassique alpin et que l'on peut suivre à l'œil jusque dans les calcaires qui, au fond de Lauterbrunnen, bordent au nord la vallée d'Ammerten et le glacier du Tschingel. Cet escarpement est couronné par la terrasse de Mürren, au-dessus de laquelle s'élèvent les hauteurs du Schwarzbirg, du Schilthorn et des Hundshörner, que nous avons reconnues pour appartenir également au système jurassique. La roche, sur laquelle repose le hameau de Mürren, consiste en un calcaire gris-brunâtre, en partie tacheté de rouge et bréchiforme, renfermant des silex ; ses couches sont horizontales ou faiblement inclinées au midi ; leur surface, lorsqu'elle est à découvert, est sillonnée par des Karrenfelder. Au-dessous de l'hôtel et dans un banc qui sort du gazon à peu près 30^m plus haut que cet hôtel, cette roche renferme de petites nummulites et des orbitolites distinctement caractérisées et assez nombreuses. Ce sont ces nummulites, qu'alors je ne connaissais pas en place, qui m'avaient engagé, il y a dix ans, à colorier comme éocène le terrain schisteux supérieur à la puissante masse jurassique. Mais, environ 50^m au-dessus du banc nummulitique supérieur, un autre banc, qui sort de la pente de gazon, consiste en *roche-de-fer*, et de là jusqu'aux sommets du Schilthorn et des Hundshörner, on se trouve toujours entouré du même terrain. Un lambeau de terrain nummulitique, d'une puissance d'environ 100^m, se trouve donc ici enclavé au milieu du jura-alpin qui, au-dessous de Mürren, forme les escarpements du Staubbach de 800^m de hauteur, tandis qu'au-dessus il s'élève au Schilthorn à la hauteur de 1300^m au-dessus du terrain nummulitique.

L'extension horizontale de ce calcaire nummulitique ne m'est pas connue. On le trouve encore au Bründli, à une demi-heure au midi de Mürren, et, d'après la configuration du terrain, il doit s'étendre assez loin au nord de cet endroit. Je ne l'ai pas jusqu'ici retrouvé du côté de la Wengernalp. Le coude de ce renversement, qui doit se trouver du côté d'Ammerten, n'est pas visible, et il est difficile de se former une idée juste sur la liaison des trois terrains au milieu desquels se trouve Mürren, avec les roches calcaires qui s'élèvent au fond de Lauterbrunnen. Il n'est guère probable que le calcaire nummulitique s'étende jusque-là.

Du reste, l'opinion qui explique la position anormale de ce lambeau éocène par un renversement venant du midi, gagne en force par l'aspect des contournements du même genre dans les chaînes à l'ouest du Kienthal et du Kanderthal, quoique les parties de ces chaînes dont il est question ne soient pas situées sur la ligne de Mürren, mais plus au nord, sur une ligne qui passerait par la Schwalmeren et le Faulhorn. Sur cette ligne les deux chaînes présentent à peu près le même contournement. Un banc ou plutôt un étage très-puissant de calcaire est à découvert à peu près au milieu du flanc oriental de l'une et de l'autre chaîne. Il part de leur extrémité septentrionale, s'incline faiblement au midi, mais se relève brusquement dans un coude et se renverse vers le nord, en formant les cimes escarpées de l'Aermighorn et de la First¹. Évidemment ces coudes, correspondants dans les deux chaînes, ont fait partie d'une même nappe, coupée transversalement par les vallées du Kienthal et

¹ *Alpes occidentales*. Atlas, profil II.

du Kanderthal. Ce calcaire nu et escarpé appartient au Néocomien supérieur et renferme les rudistes caractéristiques de cet étage. Il est recouvert par le terrain nummulitique qui, aux extrémités septentrionales, s'élève dans le Gerihorn et le Mittaghorn, et, en suivant le calcaire à rudistes vers le midi, se relève avec lui dans le coude, sans pouvoir atteindre à la même hauteur. La règle que, dans les couches en forme de C, dont le coude est tourné vers la haute chaîne, le terrain plus récent occupe l'intérieur du C, se soutient donc ici comme dans les coins calcaires de la haute chaîne.

L'explication de la seconde classe de courbures, de celles en C dont l'ouverture regarde les Alpes, présente plus de difficultés. Un exemple de ce genre de courbure se présente dans la chaîne de Brienz, au nord du lac de ce nom. Les couches de l'extrémité occidentale du Harder, près Unterseen, plongent au sud-est et doivent appartenir au calcaire à rudistes, d'après les caprotines que l'on trouve dans leur continuation, au pied septentrional de l'Abendberg. Ce calcaire se redresse du côté de la vallée de Habkeren dans la verticale, et se contourne, sur le faite de la chaîne, dans l'Augstmatthorn au midi. Le revers septentrional de la chaîne, en forme d'un C, dont le coude se tourne vers Habkeren, est recouvert par du terrain nummulitique et du flysch qui, au fond de la vallée, plongent sous le calcaire, se redressent avec lui dans la verticale, et le recouvrent sur la crête près de l'Augstmatthorn. Au pied méridional de la chaîne, en montant du pont d'Interlaken vers Goldswyl, l'on trouve dans un calcaire marneux des *Toxaster complanatus*, et le même fossile se rencontre à la Retschalp et Planalp, au-dessus de Brienz, dans le même calcaire. L'ordre des

terrains dans ce coude est donc l'opposé de celui de la première classe : les couches extérieures sont les plus récentes, et les intérieures sont les plus anciennes du contournement.

Une courbure du même genre, mais sur une plus grande échelle, se voit dans la haute et large chaîne qui sépare le fond des vallées de la Lenk, de Lauenen, du Châtelet et de l'ancien Gouvernement d'Aigle du Valais. J'ai décrit, il y a près de trente ans, la partie orientale de ce contournement ¹, et nous venons de lire la description de la partie comprise entre les Diablerets et la Dent de Morcles dans l'excellent mémoire de MM. De la Harpe ². Le coude de la courbure est également tourné vers l'extérieur des Alpes, au nord et nord-ouest, et la loi donnée par la chaîne de Brienz se confirme : les couches extérieures appartiennent au flysch et au terrain nummulitique ; après viennent, vers l'intérieur du C, les différents étages crétacés, et au centre on trouve le terrain jurassique.

Étant monté, en 1858, depuis Sion au glacier qui alimente les canaux d'irrigation de la vallée, dans le creux à l'ouest de la Pointe de Sex Rouge de la carte fédérale (ce nom paraît devoir s'appliquer à la pointe située au sud-est de celle de la carte), je restai dans le calcaire schisteux, en partie talqueux, incliné au sud-est, qui compose principalement la pente méridionale de la chaîne, jusqu'au pont qui, en passant la Sionne, conduit de Drono à Arbaz. Ici, sur la rive gauche, on exploite du gypse qui est accompagné de corgneule et de schistes rouges et

¹ *Alpes suisses occidentales.*

² *Bull. Soc. vaudoise, déc. 1859.*

verts. Entre Arbaz et Avent, le gypse doit être à découvert sur une assez grande étendue. Ce sont des amas subordonnés au calcaire, pareils à ceux placés au nord de Tourbillon, à Saint-Léonard et en beaucoup d'autres points de cette contrée. Le calcaire continue au-dessus d'Arbaz, toujours incliné au sud-est, jusqu'au fond du vallon nommé La Combaz. Mais la crête qui sépare ce vallon des chalets de Tsalland se compose, d'après les éboulements, d'une autre roche. C'est un grès très-compacte qui renferme des nummulites. Ce grès, que je ne m'attendais pas à trouver sur ce revers de la montagne, constitue probablement le prolongement le plus méridional du terrain nummulitique qui s'étend sur toutes les hauteurs de la grande chaîne. Je possède des *Orbitolites patellaris* Rutilim. de la cime du Wildhorn, la plus élevée de toutes les pointes entre la Gemmi et Saint-Maurice; j'ai trouvé en place de grandes *Nummulites distans* Desh. près du bord méridional de la plaine du Rawyl. Au fond de la Combaz, le calcaire schisteux sans fossiles, sur lequel on a marché jusqu'ici, forme une ligne anticlinale et va plonger, sous un angle peu élevé, au nord-ouest, sous des terrains plus récents. L'on trouve cette ligne anticlinale, sous la forme d'une voûte, au fond de la plupart des vallées ascendantes de la grande vallée du Rhône vers le faite de la chaîne. Une longue rampe conduit par une pente assez roide du fond de La Combaz aux chalets supérieurs, et de là, par une autre montée, l'on gagne un plateau calcaire, d'où l'on descend par un champ de neige au cirque, entouré, excepté au midi, de hautes parois rocheuses sur lesquelles se déverse à gauche un beau glacier. La dernière assise, au-dessous du plateau calcaire et recouvrant la branche septentrionale de la voûte du

calcaire schisteux, se compose d'un calcaire sableux foncé, qui présente les caractères du calcaire à spatangues alpin ou du néocomien inférieur. L'inclinaison est au nord. Le calcaire qui forme le plateau est évidemment le calcaire à rudistes, rempli de *Caprotines*, de *Tornatelles* ou autres grands gastropodes et de *coraux*. Les sections de ces fossiles se dessinent à la surface dénudée sur une grande étendue. Des boutons noirs implantés à cette surface présentent, si on les casse, tantôt une masse compacte à cassure unie, tantôt ce sont des fossiles qui signalent le gault. Quelques années auparavant déjà, j'avais vu chez le chanoine Rion une *ammonite* et un *Inoceramus concentricus* originaires de cette localité; les fossiles que je recueillis moi-même, ou qui me furent cédés à Sion par l'inspecteur des conduits d'irrigation Schmid, qui me servit de guide, sont comparables à *Turbo Saxoneti* Pict., *Cerithium excavatum* d'Orb., *Plenrotomaria*, *Solarium*, *Natica*, *Pholadomya Favrina* Ag., *Inoceramus concentricus*. Au fond du cirque, sur le bord d'un petit lac, les fossiles doivent être plus nombreux; mais une forte grêle nous força de quitter cette place sauvage peu après l'avoir gagnée. Les rochers qui s'élèvent, au-dessus du calcaire à rudistes, à la Pointe du Sex-Rouge et au Wildhorn, sont roux et en décomposition. Je n'eus pas le temps de les examiner de près; mais je ne puis douter qu'ils n'appartiennent au terrain nummulitique. Les terrains se suivent donc ici dans leur ordre régulier, et, quoique l'âge des calcaires et des gypses qui constituent la partie inférieure de la montagne, du fond de La Combaz jusqu'au Rhône, reste indécis, l'on admettra sans peine que ce calcaire appartient à une forma-

tion plus ancienne que le terrain créacé qui le recouvre, celui-ci lui-même étant recouvert par le terrain éocène.

Un point d'appui, pour la détermination de l'âge de ce calcaire inférieur, se trouve dans les fossiles du minerai de fer au fond de la gorge de Chamoson : ces fossiles sont oxfordiens, et le schiste calcaire qui enveloppe le minerai ne paraît guère différent de celui de Savièse et de Sion, qui se trouve sur son alignement. Ce résultat s'accorde aussi avec la disposition des terrains dans la chaîne du Moveran, à laquelle va aboutir la gorge de Chamoson. Là de même, sur l'Oxfordien bien déterminé par ses fossiles, l'on voit se succéder les terrains créacés et nummulitiques dans leur ordre naturel.

Sur le dos de la grande chaîne que, par les passages de la Gemmi, du Rawyl et du Sanetsch, on met plus plus d'une heure à traverser, les couches oscillent autour de la position horizontale ; mais, étant arrivé au bord septentrional du passage, on les voit fléchir vers le nord, se courber dans la verticale, et, au pied de la montagne, plonger, par une seconde courbure, vers l'intérieur de celle-ci, en s'inclinant au midi. La corde verticale de ce C, qui se soutient sur une étendue de 12 lieues suisses et paraît même s'étendre en Savoie, peut être estimée égale à un kilomètre, en prenant la différence entre les hauteurs des passages les plus bas de la chaîne et de son pied septentrional.

Si l'on cherche à se rendre raison de cette singulière structure et des forces qui l'ont produite, il est impossible de ne pas faire des suppositions qui d'abord effraient l'imagination la plus hardie. Dans ma *Géologie des Alpes suisses occidentales*¹, j'avais essayé d'expliquer le fait par

¹ Page 77.

l'affaissement de la partie septentrionale de la voûte, en admettant que l'inclinaison méridionale, au pied nord de la montagne, n'était qu'un pli de peu d'étendue vers l'intérieur; mais évidemment cette explication, que je n'avais avancée en hésitant que pour en éviter une autre qui se présente de prime-abord, n'est suffisante ni pour la chaîne du Wildhorn et du Moveran, ni pour celle de Brienz. L'axe des chaînes, originairement vertical, a pris une position inclinée, même horizontale; l'on croit voir une voûte de notre Jura couchée sur son flanc opposé aux Alpes et présentant à celles-ci sa base. En effet, dans la chaîne de Brienz, l'inclinaison méridionale de sa partie inférieure est trop prononcée et trop constante pour n'être qu'un accident tel qu'un pli, et d'ailleurs on chercherait en vain ici le dos et l'autre branche descendante de la voûte; quant à la chaîne du Wildhorn, la coupe de l'étage oxfordien, qui forme son noyau, est mise à découvert par les gorges qui entrent dans son flanc méridional, et cette coupe nous présente la forme d'une voûte complète, mais écrasée et renversée sur son flanc¹. La structure extraordinaire de ces chaînes n'est pas, du reste, un fait exceptionnel; elle se trouve en connexion intime avec d'autres contorsions et déplacements de nos Alpes calcaires et arénacées, et chaque progrès que nous faisons dans l'étude de ces faits nous force à agrandir la sphère de nos idées sur leurs causes.

Tous ces faits nous portent à reconnaître une force latérale immense, dont l'action s'est propagée de l'axe des Alpes centrales sur les bords de la chaîne. Cette force ne paraît pas devoir se rapporter directement aux

¹ *Atlas de la Géol. des Alpes suisses occid.*, fig. 16.

massifs granitiques ; car l'axe du massif cristallin des Alpes valaisannes fait un angle de 15 à 20 degrés avec la vallée du Rhône, qui est à peu près parallèle à la chaîne du Wildhorn. Elle est plutôt due, je crois, à l'origine ou à l'élargissement de la crevasse dans la croûte terrestre, par laquelle toute la zone de nos Alpes centrales, composée de protogine, de serpentine, de schistes métamorphiques, de terrain anthracifère, de verrucano, et de tout ce qui y tient, a été mise à découvert, comme un corps qui sort d'une boutonnière en forçant ses bords à lui donner passage.

Ainsi l'on revient toujours aux idées de l'ancienne géologie sur l'origine des chaînes de montagnes, et si, dans la figure par laquelle, déjà en 1825, M. Poulett Scrope¹ a représenté le principe de ces théories, l'on remplace le granit central par le système complexe de nos Alpes centrales, si encore on y ajoute des renversements de couches en forme de C, tournant leur convexité du côté des Alpes, cette figure répondra assez bien aux conclusions qui résultent des dernières études faites en diverses parties du système alpin.

Dans des proportions plus petites, nous retrouvons une courbure en C, du genre de celle de la chaîne du Wildhorn, dans les Voirons près Genève, si l'explication que j'ai donnée du gisement du néocomien et de la mollasse au-dessous de l'oxfordien de Lucinge peut être admise. Cette explication, du reste, a acquis plus de probabilité par la découverte du néocomien au-dessus de l'oxfordien près de Châtel-Saint-Denis, dans le prolongement oriental des Voirons². Nous avons ainsi, dans la même chaîne,

¹ *Considerat. on Volcanos.*

² *Bullet. Soc. vaudoise*, t. VI, p. 50.

coupée, il est vrai, par le lac de Genève, le néocomien et le flysch tantôt au-dessous, tantôt au-dessus de l'étage oxfordien, et, en joignant le chaînon des Playaux aux Voirons, nous constituons un C régulier du second ordre, auquel il ne manque que le contournement extérieur des terrains récents qui, à l'origine, ont dû envelopper le noyau oxfordien. Ce revêtement de roches qui offrent peu de résistance doit avoir été détruit par l'érosion.

Par le fait que la chaîne calcaire la plus extérieure a été poussée sur la mollasse, aux Voirons, à Châtel-Saint-Denis et sur toute la lisière des Alpes, l'époque de cette grande convulsion est fixée avec une précision suffisante. Le soulèvement auquel elle se rapporte est nécessairement postérieur au dépôt de la mollasse. C'est ce même résultat auquel j'avais été conduit déjà en 1825 par l'étude de notre mollasse suisse¹, et qui depuis a été généralement adopté.

¹ *Monogr. de la mollasse*, p. 406.