
X.

MÉMOIRE

SUR LA

CARTE GÉOLOGIQUE

DES CHAINES CALCAIRES ET ARÉNACÉES ENTRE LES LACS DE THUN ET DE LUCERNE,

PAR M. STUDER.

La carte géologique et les deux profils que j'ai l'honneur de soumettre à l'examen de la Société (Pl. XXV), se rattachent immédiatement à l'atlas qui accompagne mon ouvrage sur les Alpes occidentales suisses. Vers l'Occident cette carte est limitée par la vallée de Lauterbrunn et le lac de Thun, vers l'Orient par le col du Susten, la vallée d'Engelberg et le lac de Lucerne. La vallée de la Reuss aurait à la vérité fourni une limite plus naturelle; mais nos connaissances sur la distribution des terrains dans le pays d'Unterwalden sont encore trop imparfaites pour permettre la réunion de cette région à celle mieux connue des Alpes d'Obwalden et de Lucerne. Un essai de carte géologique des terrains secondaires d'Unterwalden et d'Uri paraîtra cependant sous peu dans l'atlas que M. de Léonhard publie à la suite de sa *Géologie des Gens du monde*. Elle est établie principalement sur les profils de M. Lusser, qui ont paru dans le premier volume des Mémoires de la Société des naturalistes suisses, et sur les données que nous a fournies, à M. Escher et à moi, notre propre connaissance du pays. Depuis plusieurs années M. Escher prépare un travail bien plus complet sur les cantons de Schwytz, de Glaris et de Saint-Gall, de sorte que nous pouvons espérer de posséder d'ici à une époque peu éloignée une carte géologique de nos Alpes calcaires, depuis le lac de Genève jusqu'à la vallée du Rhin, aussi exacte que le comportent l'état actuel, et malheureusement trop peu avancé, de la topographie de ce pays, et la difficulté souvent invincible de trouver la ligne de séparation entre le terrain crétacé alpin et le terrain jura-liassique,

Les terrains qui composent les collines et montagnes figurées sur notre carte sont : 1° celui de la *molasse* et du *nagelfluh*, ou le terrain tertiaire suisse; 2° le terrain de la *craie*; 3° le terrain du *lias* ou *jura-liassique*; 4° le terrain de *mica-*

schiste, gneiss et granite. Quant aux roches anomales, nous n'y trouvons que divers gîtes de *gypse* et un seul des *grès de Taviglianaz*.

TERRAIN DE MOLASSE ET DE NAGELFLUH.

Je me bornerai à rappeler ici les traits principaux qui caractérisent le terrain tertiaire dans cette partie de la Suisse.

La ligne de faite qui, à quelque distance des premières chaînes calcaires, traverse le terrain de la molasse depuis les environs de Lausanne jusqu'en Appenzell, coupe la limite occidentale de la carte près de Diesbach et y donne lieu à la belle voûte de la Falkenfluh, dont on voit depuis Berne les couches épaisses de nagelfluh plonger en sens opposés. Cette voûte se continue plus ou moins distinctement jusqu'aux environs d'Escholzmatt dans l'Entlibuch. Là, par la rupture du faite, il s'est formé une grande vallée anticlinale, dans laquelle se jette la petite Emme en sortant des défilés de Flühli. Mais près du village d'Entlibuch le cirque se ferme de nouveau, et la ligne de faite s'engage dans la région subalpine des contre-forts du mont Pilate, dans laquelle elle reste jusqu'aux bords du lac de Lucerne. Ici, d'après les belles observations de M. Mousson, la voûte se trouve remplacée par un éventail, les couches étant verticales dans l'axe des chaînes de collines, et à peu près parallèles aux deux versants de chaque côté.

Au pied de la Falkenfluh et dans le fond de la vallée de l'Entlibuch, on voit partout affleurer de la molasse dure, qui elle-même repose souvent sur des marnes rouges ou bigarrées. De même dans les environs de Lucerne, les couches en partie verticales des éventails sont composées de molasse, et cette roche se montre donc décidément inférieure au nagelfluh dans cette partie de la Suisse, comme dans le canton de Fribourg et aux environs de Vevey.

Entre la vallée de l'Aar et celle de la petite Emme, la molasse du versant septentrional est surmontée par un massif de Nagelfluh à cailloux principalement primitifs, composés de granites et de porphyres rouges et verts, de serpentine, d'amygdales, de variolite et d'autres roches étrangères aux Alpes. Les couches très épaisses et peu distinctes de ce nagelfluh sont faiblement inclinées au N., et se perdent en s'enchevêtrant avec celles de la molasse des collines des environs de Berne et de l'Emmenthal, de manière qu'il ne peut guère rester de doute sur l'origine à peu près contemporaine de ces deux roches. Dans le pays moins élevé des environs de Lucerne, ce nagelfluh du versant N. a presque disparu, la molasse et les marnes dominant, et ce n'est qu'en couches et en amas subordonnés que l'on rencontre les traces de ces énormes massifs de poudingue qui composent les collines alpestres du Haut-Emmenthal.

Une particularité intéressante de ce versant septentrional, c'est le charriage de paillettes d'or des confluent de l'Emme, entre Langnau et Sumiswald, en quantité suffisante pour donner lieu à des lavages. Tout mal conduits que doi-

vent être ces lavages, ils font cependant dans la saison favorable un revenu journalier de 7 à 10 batz aux paysans qui s'en occupent. Les torrents aurifères sourdent dans une crête peu étendue, à l'O. du Napf. Des couches horizontales de molasse y alternent avec des couches de nagelfluh, et il est digne de remarque que les galets de ce nagelfluh sont composés principalement de quartz et de roches amphiboliques, et que le sable des derniers lavages renferme presque exclusivement des grains de fer magnétique et de grenat rouge. Ce sont les mêmes roches et les mêmes substances qui se trouvent avec l'or des lavages dans les pays les plus riches de ce métal. Ne doit-on pas conclure de cette coïncidence, que ces galets et les paillettes d'or qui sont mêlées à leur ciment, sont originaires du même gisement primitif, et que ce gisement ne peut être très éloigné. En supposant, d'après une opinion très accréditée, que les galets étrangers aux Alpes qui composent principalement le nagelfluh de Thun et de l'Emmenthal aient été charriés par d'anciens courants de la Forêt-Noire et des Vosges, trouvera-t-on probable ou même possible que dans ce long trajet à travers le Jura, les paillettes d'or et les grains de fer magnétique soient toujours restés réunis aux galets caractéristiques originaires de leur gisement primitif connu, et que l'ensemble de ces roches et de ces sables ait été accumulé sur un espace d'environ une lieue suisse carrée de superficie?

Ce même versant renferme quelques localités des plus connues pour leur richesse en fossiles caractéristiques de la molasse.

Près de Hütligen, sur les hauteurs qui bordent la vallée de l'Aar, se trouvent les grandes Huitres, *Ostrea crispata* et *longirostris* Goldf., accumulées dans un banc de marne. Au-dessus de Münzingen et vis-à-vis de ce village, au Belpberg, des Turritelles, *Trochus*, *Natices*, *Vénus*, *Cythérées*, *Pectunculus*, *Panopées*, *Cardium*, *Arca*, *Modiola*, etc., sont empâtés en grande quantité dans des bancs de marne sableuse, qui alternent avec des couches de molasse grossière et de nagelfluh. Au nord de Lucerne, les mêmes espèces, associées à des *Balanus*, *Pholas*, *Conus*, *Pyrula*, *Pinna*, etc., se trouvent en grande quantité dans la molasse marneuse des environs du Rothensee. Près de Hutwil, d'après les observations de M. Mousson, la molasse renferme un mélange de coquilles d'eau douce et de mer; on y trouve entre autres le *Cerithium plicatum* et des Pholades analogues à celles de Court dans l'évêché de Bâle. Au Buacker enfin, près d'Affoltern dans l'Emmenthal, on trouve dans la marne de la molasse des moules d'Hélices, voisines de l'*H. thyroïda*.

Quoique la plupart des fossiles de la molasse aient perdu leur test, le nombre des espèces déterminées paraît suffisant pour nous former une opinion sur l'étage tertiaire, auquel le terrain de la molasse doit être rapporté. D'après les recherches de MM. Deshayes et Bronn, le terrain tertiaire se divise en trois étages, dont le plus ancien est représenté par le système parisien, le moyen par les faluns du S.-O. de la France, et le plus récent par le système des collines subalpines. L'é-

tage moyen paraît beaucoup plus rapproché du système supérieur que de celui de Paris, et il est assez probable que dans plusieurs localités ils passent l'un à l'autre. Or en comparant les fossiles des trois étages tertiaires avec ceux de la molasse, l'on est arrivé à des résultats différents selon la classe des fossiles que l'on a principalement envisagée. MM. Deshayes et Elie de Beaumont en se fondant sur les restes de la classe des mammifères qu'on a trouvés à Hæppnach, à Elgg et ailleurs, ont placé la molasse dans l'étage moyen des terrains tertiaires, et d'après ces autorités M. Lyell, qui du reste ne paraît pas avoir connu le grand nombre d'espèces que nos collections possèdent, a réuni la molasse à son système miocène. D'après M. Bronn au contraire, les nombreux fossiles de la molasse qui appartiennent à la classe des mollusques sont identiques avec ceux des collines subapennines, et j'avoue que moi aussi, d'après l'étude comparative que j'ai faite des deux terrains, je ne saurais sans de fortes raisons me décider à séparer la molasse du terrain subapennin.

Peut-être fera-t-on accorder ces résultats en considérant que les restes de mammifères sur lesquels les géologues français appuient leur manière de voir proviennent presque sans exception de la partie inférieure du terrain de molasse, tandis que les mollusques se trouvent principalement dans les couches supérieures, et que ces mêmes couches renferment des restes de grands animaux tels que Cerfs, Castors, et de grands carnassiers, qui s'accordent très bien avec la place que nous leur assignons, etc. La même divergence que l'on remarque entre les débris du règne animal se soutient aussi dans les végétaux fossiles de la molasse, et les palmiers de Kæppnach, de Bollingen et de Lausanne paraissent annoncer un autre climat que les feuilles dicotylédones de Münzingen et d'Oeningen. La grande épaisseur du terrain de molasse et d'autres circonstances prouvent assez que la période pendant laquelle il s'est formé, a été très longue, et il ne doit donc pas paraître étonnant de trouver dans ces couches à un niveau très différent des fossiles qui appartiennent à des époques aussi rapprochées que le sont celles que M. Lyell a nommées la période miocène et la période pliocène ancienne.

Le versant méridional de la voûte de nagelfluh présente une complication bien plus grande de problèmes géologiques que le versant opposé.

Depuis la Falkenfluh jusqu'au milieu environ de la rive droite du lac de Thun, on remarque une succession de gradins qui vont se réunir vers l'intérieur du pays à une grande et haute masse alpestre qui en domine toute l'étendue, entre Thun et le cours supérieur de l'Emme. Tous ces gradins, qui probablement sont dus à des failles locales, et la masse elle-même, dont ils dépendent, sont composés d'un nagelfluh analogue à celui du versant septentrional, à galets de granite et de porphyres rouges et verts étrangers aux Alpes. Ces couches plongent au S. en se rapprochant de l'horizontale aux environs de Ralligen, non loin du contact avec les terrains secondaires. On doit remarquer

que ce nagelfluh forme avec celui de l'Emmenthal une masse continue, dont l'axe passe à peu près par Hilterfingen au midi de Thun et par la montagne de l'Ahorni, en coupant l'horizon au point de N. 27° E. Sur trois de ses côtés, ce groupe de nagelfluh est entouré de molasse, et par le quatrième il est adossé aux terrains secondaires des Alpes.

De Tschangnau au lac de Lucerne le versant méridional change de caractères. Les couches sont plus fortement inclinées, et il en résulte des chaînons très prononcés et assez élevés, dont la direction est celle de l'axe principal des Alpes. Ces chaînons commencent par la Lochseite près de Tschangnau; puis suivent en augmentant de masse et de hauteur à mesure qu'ils s'avancent vers l'E., le Hürndli, la Bæuchlen, la First, le Schwarzflühli et le Schattenberg, et de l'autre côté du lac de Lucerne ce même groupe passe au Rigi et au Rossberg. Ce n'est que dans ces dernières montagnes que le nagelfluh est la roche dominante. A l'extrémité occidentale de ce groupe, et même jusque dans la masse de la Bæuchlen, il ne se rencontre qu'en couches subordonnées, et des grès foncés et presque compactes, en tout semblables aux grès du *Flysch* ou terrain à Fucoïdes, associés à des schistes marneux, règnent presque exclusivement. On a de la peine à se persuader, lorsqu'on se trouve parmi ces montagnes alpestres, composées de roches que nos anciens géologues classaient dans les *grauwackes*, que ce soit ici le même terrain de molasse qui à quelque distance des Alpes ne présente que des masses friables et marneuses, et cependant le passage évident des grès durs et compactes à la véritable molasse, et l'alternance assez fréquente des deux roches ne laisse aucun doute sur ce fait. Il n'y a guère de localité peut-être qui soit plus propre à démontrer que les caractères minéralogiques ne doivent être comptés pour rien dans la fixation de l'âge relatif des terrains, et que ceux de ces caractères que l'on croyait autrefois n'appartenir qu'aux terrains anciens ne sont que des effets secondaires, intimement liés aux circonstances qui ont accompagné le soulèvement des chaînes.

Le nagelfluh de ce groupe diffère de celui du groupe de l'Emmenthal. Ce n'est que dans les couches les plus basses et dans les plus supérieures que l'on rencontre les mêmes galets feldspathiques de couleurs variées qui dominent dans le groupe occidental, tandis que la grande masse de ce nagelfluh, qui compose presque exclusivement les montagnes à l'E. de la Bæuchlen, ne renferme guère que des galets de calcaire et de grès d'origine alpine. La distinction que je viens d'établir entre ce groupe du Rigi et celui de l'Emmenthal me paraît donc confirmée tant par la nature des roches que par l'isolement presque parfait du groupe de l'Emmenthal, et enfin par la grande différence qu'on observe dans la direction de l'axe principal des deux groupes.

Les couches du groupe du Rigi s'enfoncent sous le système crétacé de la première chaîne alpine, et l'on retrouve donc ici entre les deux terrains ce rapport anormal que l'on observe généralement dans les cantons de Fribourg et de Berne,

et auquel la localité de Ralligen est la seule qui fasse exception. J'ai dit ailleurs que la seule explication de cette disposition qui me paraissait pouvoir être admise, était de la considérer comme l'effet d'une pression latérale émanée de l'intérieur des Alpes, et par laquelle les couches secondaires alpines auraient été forcées de glisser sur les terrains de leur enceinte.

Les restes organiques sont assez rares dans le versant méridional du terrain de nagelfluh et de molasse. Le peu que l'on y en a trouvé présente le fait intéressant d'être d'eau douce. Près d'Ennerhorn, au midi de Lucerne, M. Mousson a trouvé des Planorbes et des impressions de feuilles dicotylédones, dans une marne subordonnée au nagelfluh, à galets feldspathiques, et inclinée au S.-O. sous un angle de 70°. C'est un fait bien digne d'être remarqué, que de Genève jusqu'au lac de Constance les fossiles que l'on a trouvés jusqu'ici dans ce versant méridional du terrain de molasse sont, à une seule exception près, tous d'eau douce ou terrestres. A Vernier, au nord de Genève et près de Versoix aux bords de la rivière des Vengerons, des coquilles d'eau douce se trouvent dans un système de marnes rouges et de calcaire subordonné à la molasse et faiblement incliné au Midi. Sur la rive orientale, entre Lausanne et Vevay, on connaît depuis long-temps les lignites et fossiles d'eau douce de Pandex et St-Saphorin, et, à l'Occident du Moléron, ceux de Semsales et de St-Martin. Au Gourniguel la molasse qui plonge sous le grès à Fucoïdes contient des écailles de poissons d'eau douce et de petits *Unio*. Enfin la molasse dure de Bolligen près d'Uznach, dans laquelle s'est trouvée la mâchoire de *Palæotherium*, s'incline au Midi sous un angle de 30°. La seule exception à ce fait général qui me soit connue, c'est le banc de molasse qui renferme des *Cardium* et des Turritelles à l'O. de Gouggisberg. Les conclusions qu'on est en droit de tirer de cette prédominance des terrains d'eau douce dans la molasse rapprochée des Alpes se présentent trop facilement pour qu'il soit nécessaire de nous y arrêter.

TERRAIN DE CRAIE.

La description du terrain de craie, qui constitue à lui seul la presque totalité des Alpes calcaires et arénacées de la Suisse centrale et orientale, a été ébauchée, tant dans ma Géologie des Alpes occidentales que dans la notice jointe à la coupe de M. Eschers sur les Alpes de Lucerne, et publiée dans le journal de MM. de Léonhard et Bronn pour 1834. Nous y avons distingué quatre étages principaux, savoir, en partant du plus supérieur, 1° le *flysch* ou les schistes et grès à Fucoïdes; 2° le *grès et calcaire à Nummulites*; 3° le *calcaire à Hippurites*; 4° le *calcaire et schiste noir à Spatangues et Exogyres* (1). A ces quatre étages il faut en ajouter encore deux, très importants en d'autres parties des Alpes, mais peu développés ou manquant tout-à-fait entre les lacs de Genève et de Lucerne. Immédiatement sous le grès et

(1) Par une inadvertance qui s'est reproduite dans la gravure de la carte (Pl. XXV), l'ordre naturel des signes des couleurs avec leur chiffre a été interverti.

le calcaire à Nummulites on trouve à l'E. du lac de Lucerne et dans le pays d'Appenzell le *calcaire de Seewen*, compacte, gris clair, tacheté de noir, passant quelquefois au rouge, distinctement stratifié, ou même rendu schisteux et noduleux par des feuillettes d'argile interposés. Il ressemble beaucoup à la *scaglia* du versant méridional des Alpes. En Appenzell on y doit trouver des Spatangues, mais en général il est presque dépourvu de fossiles. Ce calcaire de Seewen recouvre les bancs ou plutôt les nids de *grès vert*, très remarquables par la grande quantité de fossiles du véritable grès vert qu'ils renferment à la montagne des Fiz, dans le pays de Schwitz, d'Einsiedeln et au Sentis. Ce grès vert alpin est composé d'un calcaire noir, renfermant souvent beaucoup de grains verts fondus dans sa masse, et ne se montrant distinctement qu'à la superficie de la roche, souvent aussi très ferrugineux et passant à la chamoisite, ou à du fer oligiste oolitique ou compacte. Le grès vert recouvre de son côté le calcaire à Hippurites. La justesse de ces divisions a été pleinement confirmée par le travail de M. S. Gras sur le département de la Drôme, et par là nous avons pris connaissance du fait très intéressant de la correspondance presque parfaite entre les terrains des Alpes du midi de la France et ceux de la Suisse centrale.

Malgré ces progrès que la géologie alpine des terrains de sédiment a faits depuis quelques années, il nous reste encore beaucoup à faire avant que l'on puisse la regarder comme de niveau avec nos connaissances sur les terrains d'autres pays plus faciles à étudier. La succession des six étages que je viens d'énumérer n'est bien prononcée que dans les chaînes extérieures ou rapprochées du terrain de molasse. Vers l'intérieur, les caractères deviennent beaucoup moins faciles à saisir; des failles, des contournements, des renversements sur une échelle énorme, des changements dans la couleur, l'état d'agrégation, et les principes constituants des roches, mettent en défaut l'examen le plus scrupuleux, et les fossiles, qui seuls pourraient nous guider dans ce chaos, sont rares ou manquent absolument dans des chaînes entières. Il serait peu convenable de confondre la description des parties mieux connues avec celle de ces masses encore problématiques, nous consacrerons donc un article séparé à ces dernières.

A. Craie des chaînes extérieures.

1. Flysch.

La formation des schistes et grès à Fucoïdes occupe un grand espace lenticulaire entre la chaîne du Hohgant et le mont Pilate d'une part, et les Brienzgræte et la vallée de Sarnen de l'autre. Encaissée à son extrémité occidentale dans la vallée de Habkern, elle prend plus d'extension à mesure qu'elle avance vers l'Orient, et se divise en plusieurs massifs de montagnes très considérables par leur grandeur, mais sans formes bien prononcées et couvertes de végétation. Vers le centre de cette lentille on distingue la grande masse de la Hagleren et du Neunalpspitz,

et un peu plus au N. le Feuerstein, élevé de 6000 pieds au-dessus de la mer et renommé pour ses richesses botaniques. Le Schlierenberg forme la principale continuation de ce système vers l'Orient; sa largeur va en diminuant, et il se perd enfin sur les bords du lac d'Alpnacht.

Des *schistes marneux calcaires*, gris foncé, et des grès plus ou moins fins, calcaires ou marneux, bruns ou noirâtres, passant d'une part à un calcaire compacte argileux et sableux, de l'autre à un grès quarzeux, composent principalement cet étage. Les grès dominent surtout dans la partie centrale, mais en général les deux roches alternent entre elles sans règle, et ordinairement les strates des grès sont séparés par de minces strates de marne, qui y adhère de manière que les échantillons sont toujours couverts de marne des deux côtés, et ne montrent la structure arénacée que dans la cassure.

Dans le fond de la vallée de Habkern, jusqu'à travers le col qui la sépare des confluent de l'Emme, on trouve enveloppés par le flysch des blocs de granite rose d'une grande beauté et très différents des granites alpins. Quelques uns de ces blocs atteignent près de 10 pieds en tous sens. Malheureusement les localités s'opposent à une investigation très précise de leurs rapports avec le flysch; mais tout porte à croire qu'ils faisaient partie d'un conglomérat à éléments colossaux dont le ciment est un grès grossier, formé de détritiques du granite rose, et mêlé de points verts, et que ce conglomérat était subordonné aux assises moyennes du flysch. On ne peut guère douter de l'identité de ces rapports avec ceux des blocs du Bolgen dans la Bavière alpine, sur lesquels ont été émises des opinions si diverses, ni de leur analogie avec ceux de ce curieux conglomérat de serpentine à blocs du même granite rose, que j'ai trouvé près de Vianino dans l'Apennin de Parme. (V. Journal de Léonhard, 1829).

Les fossiles caractéristiques du flysch sont des Fucoïdes: le *F. intricatus*, le *F. æqualis*, le *F. Targionii*, Brong. Outre ces restes assez distincts pour être déterminés, les surfaces des strates sont quelquefois couvertes de fragments et de poussière de végétaux détruits, à l'état de charbon. Rarement on trouve des Bélemnites, et dans un ancien ouvrage sur l'Entlibuch par Schygyder, il est parlé d'Ammonites qui doivent se trouver dans les schistes de la Hagleren.

Le flysch n'est recouvert par aucun autre terrain. Sur toute sa limite septentrionale on le voit reposer sous des angles de 20° à 50° sur le grès à Nummulites. Il se tient généralement au pied de la pente, et ne monte qu'en très peu d'endroits sur les hauteurs supérieures des chaînes du Hohgant et du mont Pilate. La faible cohérence de ses roches marneuses a probablement causé sa destruction sur les hauteurs plus exposées à l'influence des eaux atmosphériques.

On sait que les rapports du gisement de la molasse sont très énigmatiques du côté des Alpes, tandis qu'elle recouvre régulièrement le calcaire du Jura à sa limite septentrionale. De même aussi le contact du flysch avec la chaîne qui le sépare du lac de Brienz, est loin de présenter toute la clarté désirable. A l'entrée

de la vallée de Habkeren, le flysch s'enfonce évidemment sous les bancs calcaires du Harder, inclinés vers le S.; mais, en montant la vallée, l'on voit cette inclinaison devenir peu à peu plus forte jusqu'à être verticale, le calcaire lui-même auquel le flysch est adossé présente aussi, à mesure que l'on s'élève avec le fond de la vallée, ces diverses variations de l'angle d'inclinaison. Sur la Bohlegg enfin, qui sépare la vallée de Habkeren de celle de l'Emme, l'inclinaison du calcaire est devenue septentrionale, ainsi que celle du flysch. Celui-ci recouvre donc le calcaire, et depuis la Bohlegg jusqu'au Rothhorn, sur toute l'étendue du versant septentrional des Brienzergræte, le flysch reste généralement supérieur au calcaire et plonge comme lui au N. Tout obscurs que soient ces rapports, je ne crois pas me tromper en regardant l'inclinaison méridionale à l'entrée de Habkeren, et de là jusqu'à la Bohlegg, comme exceptionnelle, et celle qui rend le flysch supérieur au calcaire comme la véritable.

Les grès et schistes à Fucoïdes se montrent aussi au revers septentrional de la chaîne du Hohgant, entre celle-ci et le terrain de nagelfluh. Ils contribuent de leur côté à compliquer l'important problème que nous présentent les rapports de gisement des terrains secondaires et des terrains tertiaires sur la ligne de leur séparation. D'abord au-dessus de Ralligen, on voit des schistes et des grès que je crois différents de ceux qui nous occupent, parce qu'ils en sont séparés par une assise de calcaire, à la vérité très peu épaisse, mais qui recouvre presque immédiatement les schistes, et s'incline comme eux au Midi. De là le sol est couvert jusqu'à la base des escarpements supérieurs, où l'on voit sortir, sous les calcaires inférieurs du système crétacé, des roches de grès de *Taviglianaz* qui méritent d'être examinés, à cause des cristaux de *laumonite* qui tapissent leurs nombreuses fentes, et parce qu'ils paraissent servir de passage à un grès, que je crois être le véritable grès à Fucoïdes, quoiqu'il semble plonger sous le système inférieur de la craie. Plus loin, vers l'E., près du point de partage des eaux entre le plateau de Sigriswyl et les pâturages de l'Eritz, on trouve de nouveau ces grès au pied de la chaîne calcaire, dans une position verticale, ou fortement inclinée au S. A l'extrémité orientale de la chaîne enfin leurs débris recouvrent en partie la pente du Schœritz, par laquelle la chaîne de Ralligen s'abaisse vers la Zug.

La difficulté de distinguer les grès à Fucoïdes de la molasse dure et compacte s'oppose à ce qu'on sache précisément ce que devient le flysch dans l'Entlibuch et du côté de Lucerne. Il paraît ne pas exister dans la presque totalité de cet intervalle, et les grès qui plongent immédiatement sous le calcaire et ses marnes, bien qu'ils soient minéralogiquement presque identiques avec ceux à Fucoïdes, paraissent néanmoins faire partie du terrain tertiaire.

2. Calcaire et grès à Nummulites.

Ce système de roches, assez riche en fossiles, est surtout développé dans les chaînes qui séparent la molasse de la grande masse de flysch de Habkeren et du

pays d'Obwalden. Il couronne les hauteurs des crêtes de Ralligen et de Beatenberg, atteint une grande épaisseur sur le Hohgant, est en partie détruit sur les chaînes des Schratteu et de la Vordere Fluh ou Schafmatt, et reprend de nouveau sa prépondérance dans le groupe du mont Pilate et dans sa continuation dans le mont Bürgen. Du versant méridional de ce groupe, il s'étend très en avant dans le pays de Stanz et de Sarnen, et y vient en contact avec notre division problématique du terrain crétacé alpin, avec lequel il paraît presque se confondre, les roches des deux systèmes étant à peu près identiques.

Les roches qui composent principalement cet étage sont :

Un *schiste marneux* brun et gris foncé, peu dur, à stratification peu continue, se désagrégant souvent en fragments prismatiques.

Un *calcaire* très variable dans ses caractères, brun ou gris foncé, compacte ou écailleux, souvent impur et renfermant des grains de sable quarzeux. Une variété de ce calcaire, tachetée de noir et de brun, à écailles disséminées dans la masse, est travaillée comme pierre de taille près de Ralligen, où elle se trouve en grands blocs par suite d'un ancien éboulement. Par la variété souillée de sable quarzeux, ce calcaire passe à un.

Grès plus ou moins fin, tantôt à ciment calcaire, gris ou blanc, tantôt éminemment quarzeux, compacte, et passant à un quartzite gris, blanc, ou légèrement coloré en jaune brun. Quelques unes des couches de ce grès renferment des points verts en quantité très variable. Dans les environs de Sarnen et du Bürgenberg, ce *grès vert* ressemble assez à celui de la perte du Rhône; d'autres variétés sont plus compactes et plus foncées; enfin, dans quelques cas, les parties vertes sont fondues les unes dans les autres, la roche prend un aspect homogène noir verdâtre, et devient très compacte, à cassure esquilleuse, se délitant facilement en fragments rhomboïdaux. Ces variétés compactes, voisines ou identiques avec la *chamoisite*, forment plutôt des nids dans le schiste ou les grès, que de véritables couches.

Sur les hauteurs de Beatenberg et de Habkeren, ce système renferme des nids et des couches de *houille*, qu'on exploite depuis environ quarante ans. Les travaux interrompus pendant une vingtaine d'années, parce qu'on croyait les mines épuisées, ont été repris dans les derniers temps avec plus de vigueur.

Les *Nummulites* sont le fossile caractéristique de ce système. On les trouve également dans le grès vert ou gris et dans le calcaire, souvent en si grand nombre, que toute la roche en paraît composée. Une étude particulière de ces corps est un des besoins les plus impérieux de la paléontologie alpine. Les plus communes sont de la grandeur d'une pièce d'un franc, plates et peu ou point différentes de la *N. lævigata*. D'autres atteignent la grandeur d'un écu de six livres; d'autres enfin sont petites et bombées.

Sur les crêtes du Ralligen et dans les schistes bitumineux qui accompagnent la houille au Niederhorn, à Gemmen Alp et au Seefeld au-dessus de Beatenberg,

on trouve d'autres fossiles de genres d'apparence tertiaire, et présentant beaucoup d'analogie avec les fossiles des Diablerets, qui en effet se trouvent dans le même terrain, et ceux des Alpes autrichiennes du même niveau géologique (1). Ce sont de ces espèces des genres *Ampullaria*, *Melania*, analogue sinon identique avec le *M. costellata* Lam., *Turritella*, *Cancellaria* ou un genre voisin, *Cytherea*, *Corbula*, *Ostrea* (*O. flabellula*) *Plicatula* (*P. aspera*) etc. Au mont Pilate les Nummulites sont accompagnées de *Pecten*, *Cardium*, etc. Près du Rotzloch, M. Mousson a trouvé les Orbitolites de la perte du Rhône, et au Mutterschwandenberg des Ananchites et des Spatangues

3. Calcaire à Hippurites.

Une suite de couches calcaires, tantôt peu développées, tantôt épaisses de plusieurs centaines de pieds, sépare le grès à Nummulites de l'étage qui lui est inférieur. Ce calcaire est gris tirant sur le brun, écailleux à petites écailles, passant au compacte; il est très défavorable à la végétation. Le versant méridional des Schratteu, qui a presque entièrement perdu son grès et son schiste à Nummulites, ne présente, sur une très grande étendue, qu'une surface inclinée, rocheuse, sur laquelle ne croît pas la moindre mousse. Par les eaux atmosphériques cette surface est sillonnée d'entailles, qui ont de quelques lignes jusqu'à une dizaine ou une vingtaine de pieds de profondeur, et qui conduisent à des cavités souterraines, dans lesquelles les eaux s'engouffrent pour n'en sortir qu'à une distance souvent fort grande. Les cloisons qui séparent ces profonds sillons présentent ordinairement des arêtes si vives, qu'on y marche comme sur des lames de couteaux. C'est, dans le même terrain, la même configuration du sol que l'on trouve développée sur une plus grande échelle en Dalmatie et en Morée, et la même encore qui donne lieu à l'aridité des déserts d'Afrique.

Ce système renferme une grande quantité de fossiles, mais ils sont tellement fondus dans la masse, qu'il est presque impossible de les dégager. A la surface extérieure leur test est un peu en relief et assez souvent d'une couleur plus foncée que la masse blanchie de la roche. M. Lusser compare ces dessins à des hiéroglyphes, et en effet on croit voir des caractères sculptés par la main de l'homme. Beaucoup de ces fossiles appartiennent à des Hippurites, que j'ai nommées *H. Blumenbachi*, à des Dicérates, à des Huîtres voisines ou identiques avec l'*O. carinata*, et à des corps que j'avais cru être des *Tornatella gigantea*, mais que, sur des exemplaires mieux dégagés de la roche, j'ai reconnus depuis pour un fossile bien différent, et que je crois inédit.

(1) Voyez *Geologie der westlichen Alpen*.

4. Calcaire et schiste à Spatangues.

La roche qui domine dans la moitié inférieure des chaînes que nous décrivons, est un calcaire à couches peu épaisses et très distinctes, passant au schisteux, et alternant assez souvent avec des schistes marneux calcaires ou sableux. Ce calcaire est noir ou gris foncé, esquilleux à esquilles très fines, en partie grenu, quelquefois mêlé d'argile ou de silice; cette dernière substance est ou fondue dans la masse ou en grains de sable distincts. On lui voit subordonné un calcaire chargé de points verts, analogue à celui de l'étage supérieur. D'autres couches contiennent une si grande quantité de silice, qu'elles passent à un véritable silex corné. Près de la limite supérieure enfin, il y a des couches épaisses d'un calcaire analogue à celui qui recouvre ce système, ou bien c'est celui-ci même qui alterne avec le calcaire schisteux noir avant de devenir la roche dominante.

Les fossiles qui se trouvent dans ces calcaires et schistes noirs sont épars çà et là dans la roche, de laquelle ils se détachent assez facilement. Ce sont des *Spatangus retusus* et autres espèces; et ce genre, s'il n'est pas le plus fréquent dans ce système, y est cependant le plus répandu. On trouve en outre des *Exogyra aquila* Goldf., *Ex. cornu arietis* Goldf., *Ex. auricularis* Goldf., *Ostrea carinata* Lam. *Terebratula Defranci* Brg. (?), *Lutraria Jurassi* Brg. (?). Les Nummulites ne sont pas non plus étrangères à ce système.

D'après ces fossiles, il paraît que c'est particulièrement cet étage du terrain crétacé alpin que nous devons assimiler au terrain néocomien ou jura-crétacé.

Le calcaire noir à Spatangues forme l'assise la plus basse des chaînes qui s'étendent entre le lac de Thun et celui de Lucerne, des crêtes de Ralligen au Mont-Pilate. Incliné au midi, comme toute cette partie du terrain de craie, il recouvre immédiatement la molasse et le nagelfluh, du côté septentrional de ces chaînes.

B. Craie des chaînes intérieures.

Les difficultés majeures que l'on rencontre à mesure que l'on s'avance vers le terrain de gneiss et de granite n'ont pas encore permis d'établir une division, même imparfaite, dans les assises puissantes de calcaire et de grès des chaînes intérieures, que nous croyons devoir réunir à la craie. Pour quelques unes de ces assises il est encore douteux si elles ne doivent pas plutôt être placées dans le terrain jurassique, ou parmi ces terrains énigmatiques et abnormes qui forment de puissants amas au sein même des terrains réguliers, et dont l'origine paraît être intimement liée au redressement de chaînes alpines. Pour toutes enfin il reste à décider si elles doivent être regardées comme contemporaines les unes des autres, ou de l'un des étages que nous venons de faire connaître dans les chaînes extérieures.

Ces incertitudes nous engagent à traiter séparément de ces divers groupes ou masses de montagnes, afin que les conclusions que nous serons dans le cas de tirer pour quelques uns ne soient pas généralisées et étendues à l'ensemble, avant que nous ayons acquis la certitude que ces groupes forment vraiment un seul et même terrain.

1. Chaîne des Brienzergræte.

Cette puissante chaîne, dont le versant méridional va plonger dans le lac de Brienz, s'étend de la vallée d'Interlaken jusqu'au passage du Brünig. Ses principales sommités, le Tannhorn et le Rothhorn, s'élèvent en pyramides surbaissées à plus de 7,000 pieds, et même le dôme arrondi du Wylerhorn, au pied duquel on passe le Brünig, atteint encore la hauteur d'environ 6,000 pieds.

Le versant septentrional de cette chaîne est, comme nous venons de voir, couvert par le flysch, qui cependant ne s'élève pas jusqu'à la crête. A son extrémité orientale, la masse du Wylerhorn repose très distinctement sur le terrain liassique, qui paraît s'étendre jusqu'à la hauteur du passage du Brünig, tandis que du côté du pays d'Obwalden, les roches de notre groupe continuent sans interruption dans le groupe du Hohenstollen.

Près d'Unterseen, dans le Harder, les couches s'inclinent au S.-E. et paraissent recouvrir le flysch; mais à peu de distance vers l'E., lorsque la chaîne gagne en hauteur, la tête des couches se redresse et se recourbe en tournant son côté abrupte vers le Midi; et tout le long du lac de Brienz, l'inclinaison de la partie supérieure reste septentrionale. Ce n'est que près de Brienz qu'un contre-fort vient s'adosser à la chaîne principale avec une inclinaison opposée, de manière qu'il se forme, aux deux tiers de la hauteur une vallée anticlinale qui est occupée par les pâturages de la Plan Alp.

La roche qui compose presque exclusivement cette chaîne ressemble au calcaire schisteux à Spatangues. C'est un calcaire noir chargé d'argile et de silice, esquilleux, à esquilles très fines, distinctement divisé en strates de six pouces d'épaisseur à peu près. Il est exploité dans les environs d'Interlaken, pour dalles que l'on obtient aisément de toutes les dimensions et qui servent dans une grande partie de notre canton. Ce calcaire est très souvent mêlé de sable quarzeux, et passe à un grès de couleur grise assez claire et d'un grain ordinairement très fin, divisé en strates épais, ou plus souvent schisteux. D'autres variétés sont plus pures, compactes, à cassure conchoïde, noires ou grises tachetées de noir. Avec ces diverses roches enfin alternent des schistes marneux noirs ou gris.

A l'O. du lac de Lungeren on remarque une grande masse, abrupte de tout côté, et sans trace de végétation: c'est le Gyswylerstock, montagne dolomitique, qui paraît devoir ses grandes dimensions et ses formes très sauvages à l'expansion et à la métamorphose des éléments primitifs de sa masse.

Sur la crête même de la chaîne, au pied de l'Augstmatthorn, nous avons trouvé des lambeaux de couches d'un grès quarzeux identique avec celui qui domine sur les hauteurs du Hohgant et du mont Pilate, et, enclavés dans les grès schisteux ordinaires, des nids de grès vert remplis de Nummulites. En suivant près de la crête le versant méridional, on voit dans tous les amas de détritits des débris de grès vert qui prouvent que cette roche se prolonge dans les cimes du Tannhorn et du Burghorn ; on y rencontre aussi d'autres débris de calcaire renfermant des Bélemnites, près des chalets de la Retsch Alp et de la Plan Alp ; enfin le calcaire et le schiste calcaire contiennent beaucoup de noyaux de silex noir, et dans ce même calcaire nous avons trouvé beaucoup d'empreintes vides et un exemplaire bien conservé du *Spatangus retusus*.

Ce sont les seuls indices qui doivent servir à nous guider dans la détermination de l'âge de ces roches, et il paraît en résulter que cet âge est celui de la craie. Il sera plus difficile de préciser l'étage de ce grand terrain, auquel on devra particulièrement rapporter ces masses. Le genre Nummulite et les grès verts de l'Augstmatthorn paraissent indiquer le grès supérieur à Nummulites ; mais les Spatangues et les caractères de la roche en général la feraient plutôt rapporter à l'étage inférieur ou au calcaire à Spatangues, et comme les Nummulites ne sont pas non plus étrangères à celui-ci, la probabilité serait de ce côté.

L'embarras dans lequel nous nous trouvons par rapport à cette chaîne augmente, si nous cherchons des liaisons entre elle et les masses des montagnes voisines.

En supposant que l'inclinaison septentrionale soit la normale de la chaîne, on sera disposé à admettre que le même système de couches que nous avons vu recouvrir la molasse dans la chaîne du Hohgant, se continue sous les trois étages supérieurs de la craie pour se relever du côté du Midi dans la chaîne de Brienz. Les calcaires à Hippurites et à Nummulites de la chaîne extérieure devraient dans ce cas se terminer au fond de la vallée de Habkern et de la Rieder Alp, à moins que l'on ne voulût voir un faible représentant du dernier de ces calcaires dans les couches supérieures près de l'Augstmatthorn. D'un autre côté, la chaîne de Rugen et de l'Abendberg paraît être la continuation naturelle de celle de Brienz. Les couches plongent au S.-E. comme celles du Harder, et près d'Unspunnen, sur le versant méridional du Rugen, on exploite les mêmes dalles qu'à Golswyl, et les roches dans la vallée de Saxeten ne paraissent pas non plus différer de celles que nous venons de décrire. Cependant si l'on suit la route vers le lac de Thun, sur la rive gauche de l'Aar, on voit paraître sous ce calcaire à dalles le calcaire à Hippurites ; c'est lui qui forme ce grand escarpement que l'Abendberg présente au lac de Thun ; et sur le faite du rameau qui sépare le pays de Leissigen de la vallée de Suld, on acquiert la certitude que le calcaire à Hippurites est accompagné par le véritable grès à Nummulites, qui plonge aussi sous le calcaire à dalles. Comme base enfin de tout ce système, on

trouve, tant sur le faite mentionné qu'un peu au-dessus du lac et jusqu'au col qui sépare le Suldfthal du Kienthal, un schiste marneux-calcaire, que l'on croit reconnaître pour le véritable flysch. Des blocs épars dans le bois de Dærligen, tombés probablement des couches à dalles qui couronnent l'escarpement de l'Abendberg, renferment des *Spalangus retusus*. Tout le système crétacé paraît donc renversé de ce côté du lac, de même que dans le Harder, et les assises moyennes du système, les calcaires à Hippurites et à Nummulites ont pris part à ce renversement. En regardant la fig. 10 de mon Atlas des Alpes occidentales on verra, que ce renversement se montre même dans le Dreyspitz, qui forme la continuation de l'Abendberg vers l'O.

2. Groupe du Hohenstollen.

Les roches qui composent les hauteurs au-dessus des pâturages de Hasliberg ne paraissent pas différer de celles des Brienzerggræte, dont ils formeraient la continuation immédiate, sans la dépression du Brünig. Ce sont toujours des calcaires sableux et argileux noirs, distinctement stratifiés en couches peu épaisses et alternant avec des schistes noirs marneux et des grès compactes. Le terrain jura-liassique, qui compose jusqu'à plus de la moitié de sa hauteur toute la base de cette masse de montagnes, isole ce système de couches du côté de l'E. et du Midi. Au N. ses limites sont loin d'être aussi claires. C'est bien lui qui, selon l'apparence des roches, forme le sol de la partie supérieure des deux vallées de Melch, et les hauteurs des rameaux qui les séparent entre elles et des vallées du Brünig et d'Engelberg; mais je n'affirmerais pas que le terrain jura-liassique, qui se montre si puissant et peu incliné du côté du Midi, ne se fasse pas jour aussi du côté opposé, et il serait très possible que ce fût lui qui composât ces gradins escarpés, par lesquels on descend dans toutes ces vallées de la partie haute de leur fond à la partie basse et antérieure.

Les seules fossiles trouvés dans les grès quarzeux entremêlés de schiste argileux noir du fond de la Melch Alp sont des traces assez peu distinctes de *Pentacrinites*.

Les couches du Hohenstollen et de la crête qui couronne le Hasliberg s'inclinent au Midi, et leurs têtes forment du côté des vallées de Melch d'affreux précipices. Mais l'inclinaison normale de tout ce groupe est septentrionale, de même que celle de leur base, et ce n'est qu'aux environs de la descente des pâturages du fond aux vallées contiguës que les couches se relèvent.

3. Chaîne du Titlis.

La masse principale de la chaîne qui sépare la vallée de Gadmen de celle du Gentel appartient au système jura-liassique, qui présente la tête de ses couches

à la première de ces vallées, en s'inclinant vers la seconde. Cette inclinaison septentrionale cependant n'est pas assez forte pour donner lieu à une pente régulière du côté opposé, et les couches sont coupées à pic dans la vallée inférieure du Gentel, comme par celle du Gadmen. Mais si de la partie supérieure du Gentel, qui porte les alpes d'Engstlen et de Scharmatt, on monte sur le dos de la chaîne, on y trouve le terrain jura-liassique recouvert par un système de couches, qui, tant par leurs caractères minéralogiques que par leurs fossiles, doivent être réunies au terrain de craie.

Si l'on gagne dans une échancrure, au nord du Tellistok, le bord du précipice au pied duquel, à 3,000 pieds de profondeur environ, se trouve le village de Gadmen, l'on y voit alterner les couches supérieures du calcaire jura-liassique avec des schistes marneux et des grès très compactes qui ne diffèrent pas sensiblement de ceux de la Melch Alp. Après peu d'alternances, ces grès deviennent très puissants, et les cimes de la chaîne, le Tellistok, le Wendenstok, le Titlis lui-même et le Grassen en sont principalement composés. A toutes les hauteurs on voit alterner avec ces grès des calcaires et des schistes, et d'après les débris il doit s'y trouver aussi des nids de grès vert ou de chamoisite. Les schistes sont peu ou point marneux, luisants, d'un éclat soyeux, et au bord du lac d'Engstlen et sur le passage de Joch leur couleur, qui ordinairement est noire ou grise, est bigarrée, rouge et verte.

Près de la limite inférieure de ce terrain on lui trouve subordonné un banc de *schiste carburé*, d'un mètre de puissance environ. Puis vient, en montant, un banc de calcaire d'égale épaisseur, rempli de zoophytes. Après lui commencent les alternances de grès et de calcaire, et à ce niveau les couches calcaires renferment des pétrifications, qui présentent sous tous les rapports la plus grande analogie avec celles des Diablerets. Parmi ces analogies nous ne devons pas omettre de mentionner particulièrement le schiste carburé, qui paraît correspondre aux nids d'anhracite qui, aux Diablerets, se trouvent également à la base des pétrifications. Malgré tous nos efforts, nous n'avons pu recueillir qu'un nombre très limité d'espèces sur la Gadmenfluh, ce sont :

1. *Nummulites elegans* Sow. (10 26)* De 9^{mm} en diamètre, ordinairement plus petit.

2. *Melania costellata* Lam? (10 28). Longueur 48^{mm}; largeur du dernier tour 12^{mm}; les tours bombés, ornés de bourrelets.

3. *Cerithium diaboli* Brong? (gd 3. 8). Trop mal conservé pour être déterminé avec certitude, mais présentant dans tout ce qu'on peut reconnaître les caractères de l'espèce citée.

4. *Ampullaria* (10 31. gd.). Grande espèce, très grosse, qui paraît identique avec celles des Diablerets.

(*) Ces lettres et ces chiffres entre parenthèses renvoient aux catalogues et aux échantillons de la collection de Berne.

5. *Cardium productum* Sow.? (gd 7). Très voisin de l'espèce de ce nom qu'on trouve à Gosau, et qui est représentée à la suite du mémoire de MM. Sedgwick et Murchison. Geol. Trans. II.

6. *Cardium* (io 27). Moins bombé que le précédent, équilatéral, orbiculaire.

7. *Astarte*? (gd 2). Ressemble à l'*A. nitida* Sow., avec des rides d'accroissement très distinctes et serrées.

8. *Pholas*? (io 23). Coquilles très bombées, à peu près cylindriques, à stries longitudinales très fines, la séparation des valves très peu distincte. L'intérieur de ces cylindres est rempli de sable grossier ou de chaux carbonatée, dont l'axe de cristallisation est parallèle à celui du cylindre. Longueur 2 à 3 pouces; épaisseur 7 lignes.

9. *Turbinolia* (io 30), Ressemblant à l'espèce assez commune dans le terrain crétacé des Alpes occidentales.

10. *Lithodendron granulosum* Goldf. (io 24). Ne paraissant pas différer de cette espèce que l'on trouve dans le terrain analogue de l'Abtenau.

Ces fossiles font naître de nouvelles difficultés pour la classification de ces terrains. Les roches du Brienzgræte et leur continuation dans la Melch Alp nous paraissaient devoir être rapportées à l'étage inférieur de la craie, ou au calcaire à Spatangues. Ici nous trouvons immédiatement sur le terrain jura-liassique des couches à fossiles d'apparence tertiaire, et le système de couches qui les renferme paraît être le même que celui que nous avons trouvé supérieur au calcaire à Hippurites et associé à des houilles sur les montagnes de Beatenberg et de Habkoren. Nous sommes donc réduit à admettre, ou que ces roches de la chaîne du Titlis représentent réellement cet étage supérieur de la craie, qui dans cette localité reposerait immédiatement sur le terrain jura-liassique; ou que les fossiles d'apparence tertiaire n'appartiennent pas exclusivement à l'étage supérieur ou au calcaire à Nummulites, mais peuvent bien aussi se trouver au milieu ou à la base même du système crétacé.

4. Groupe du Faulhorn.

La masse de montagnes limitée par la vallée de Meyringen, le lac de Brienz, la vallée de Lauterbrunn et le terrain feldspathique du Schreckhorn et de la Jungfrau se présente comme un plateau très élevé, en pentes abruptes ou très roides, dont la surface porte des chaînes peu régulières qui se ramifient de tous côtés. La seule vallée de la Lutschinen perce jusqu'au centre de ce plateau et y aboutit au fond riant et évasé de Grindelwald, qui doit peut-être son origine à un enfoncement de la partie moyenne de ce grand massif. Les autres torrents, qui prennent leur source dans ces montagnes, se précipitent presque tous en cascades dans la vallée de l'Aar; ce sont: le Reichenbach, l'Oltschibach et le Giesbach, dont la beauté pittoresque est si célèbre.

Comme dans le groupe du Hohenstollen, la partie inférieure de celui-ci jusqu'à 5 ou 6,000 pieds de hauteur absolue, appartient au terrain jura-liassique, qui vient plonger vers Grindelwald des deux côtés, montrant la tête de ses couches au lac de Brienz pour se relever du côté des glaciers. Cette masse inférieure est recouverte par les mêmes roches dont se composent aussi les crêtes du Hohenstollen et de la chaîne du Titlis. Au Faulhorn même ce sont des calcaires noirs sableux en couches distinctes et peu épaisses, alternant avec des schistes marneux noirs et des calcaires moins impurs. Près de la limite inférieure de ces calcaires, il leur est subordonné un système assez épais de grès quarzeux et de quarzite, accompagné et entremêlé de schiste argileux noir luisant. Ce même schiste domine du côté de la grande Scheidegg, et en montant de Grindelwald à la Wengern Alp on le voit affleurer en beaucoup d'endroits. Mais les crêtes qui dominent celle-ci sont composées principalement de grès quarzeux et de quarzite, souvent coloré en noir par son mélange avec la pâte du schiste argileux, passant aussi au brun et au gris, et se désagrégant en blocs, qui par leur forme et les cryptogames qui y croissent pourraient être pris pour des blocs de gneiss ou de granite. Ce grès noir quarzeux qui porte dans le pays le nom de *roche de fer* (Eisenstein) est dispersé en blocs erratiques sur toute la partie basse de ce canton. Le même grès et quarzite enfin, alternant avec du calcaire compacte noir ou gris, recouvre la pente N.-O. de la Jungfrau et de son contrefort, le Mœnch noir.

Je ne possède de tout ce groupe d'autres fossiles qu'un *Clypeaster*, que j'ai cru devoir rapporter au *C. Bouei* Goldf. Il a été trouvé dans les décombres au pied du Roth-Brett à la pente méridionale du Mœnch noir. Les calcaires du Faulhorn contiennent assez rarement des Bélemnites; et celles-ci sont trop fondues dans la roche pour qu'on puisse espérer d'en déterminer l'espèce.

TERRAIN JURA-LIASSIQUE.

Nous regardons comme appartenant à ce terrain toute la masse de calcaire noir ou gris alternant avec des schistes argileux et marneux noirs, qui sépare le terrain crétacé du terrain feldspathique, ou plutôt de ces couches intermédiaires de conglomérat rouge, quarzite, dolomie caverneuse et schistes bigarrés qui forment une zone très variable en hauteur entre le calcaire et le gneiss. Ayant déjà décrit autre part les rapports très remarquables qui ont lieu à la base du terrain jura-liassique, je me bornerai ici à la description des parties sur lesquelles les roches feldspathiques paraissent avoir exercé moins d'influence.

Le *calcaire* noir ou gris, compacte ou écailleux, avec une tendance à devenir schisteux, est la roche dominante dans ce terrain. Dans la masse qui s'appuie sur les roches feldspathiques ou qui y est enclavée, la tendance schisteuse devient plus prononcée, et la roche éclate sous le marteau en fragments à bords

tranchants, en résonnant comme du verre. A quelque distance des montagnes de gneiss le calcaire est en général plus compacte, divisé en couches souvent très épaisses et quelquefois traversé par beaucoup de filons spathiques. Il y a aussi des couches subordonnées d'un calcaire noir très grenu. D'autres variétés sont chargées d'argile et d'autres encore de silice, en grains de sable, ou fondue dans le calcaire, qui dans ce cas devient extrêmement tenace et à cassure conchoïde. Le *schiste* argileux ou marneux alterne avec ce calcaire en bancs souvent très puissants. Quelques uns de ces bancs du côté de Meyringen fournissent une bonne ardoise, d'autres sont très peu tenaces; ou leur stratification est trop irrégulière pour qu'on puisse les employer à cet usage. Ces ardoises, toujours effervescentes avec les acides, ne diffèrent sous aucun rapport minéralogique de celles qu'on exploite au Niesen ou dans le canton de Glaris, et qui cependant sont subordonnées au terrain crétacé.

Une modification très remarquable de ces roches a lieu à la limite supérieure de ce terrain, qu'il soit recouvert par le système crétacé ou non. Le calcaire y est très grenu ou saccharoïde, gris clair ou blanc, et alterne avec des schistes d'un éclat talqueux, rouges, verts ou bruns, et des grès quarzeux ou quarzites, qui contiennent des feuilletés de talc. J'ai décrit ces roches dans les Alpes occidentales, p. 65, sans me douter qu'elles serviraient à distinguer deux terrains, qu'on a tant de peine à ne pas confondre dans nos Alpes. Depuis, nous les avons retrouvées, M. Escher et moi, au pied du Roth-Brett, à la Jungfrau, et je crois ne pas me tromper si je leur associe les quarzites de la Wengern Alp et de Tschingelfeld au pied du Faulhorn et les schistes rouges et verts d'Engstlen, dont j'ai fait mention plus haut comme base du terrain crétacé. En effet ces roches paraissent faire le passage du terrain jura-liassique à ce système supérieur, de manière que l'on peut les réunir à l'un ou à l'autre. Mais en les regardant comme appartenant au terrain crétacé, on en sera d'autant plus embarrassé pour donner une explication plausible du mode de formation de ces roches. Car si l'on peut admettre qu'avant le dépôt de la craie les masses inférieures aient par une cause quelconque subi une modification à leur surface long-temps peut-être exposée à nu, il sera difficile de se former une opinion sur les causes d'une altération qui n'ait affecté que les couches inférieures d'un dépôt continu sans changer en rien de semblables couches à des niveaux plus hauts et plus bas que le leur.

A peu près au même niveau géologique que ces couches saccharoïdes et bigarrées, on trouve sur le bord oriental du plateau du Hohenstollen, en haut de l'escarpement droit de la vallée du Gentel, des couches d'une *mine de fer* qui a été exploitée jusqu'au commencement de ce siècle. C'est un fer oolitique noir, attirable à l'aimant, qui paraît composé principalement de fer magnétique et de silice, et ne pas différer de la chamoisite du Valais. La surface des couches exposées à l'atmosphère a passé à l'état d'ocre rouge ou jaune. On trouve une description détaillée de ce gîte dans l'ouvrage de Besson. L'ensemble des couches fer-

rugineuses présente une épaisseur d'environ seize pieds, mais le banc qui a fourni la bonne mine n'a qu'une puissance de six pieds. Les principales exploitations ont eu lieu à la Planplatte qui sépare la vallée du Gentel de l'Hasliberg, et dans le prolongement septentrional de ce bord de la montagne, au Balmerckhorn ou à l'Erzeck, sur les confins des Alpes d'Engstlen et de Tann. Immédiatement au-dessus de ces mines de fer s'élèvent les crêtes du Hohenstollen composées de ce grès quarzeux et de ce calcaire noir sableux que nous avons rapportés à la craie.

Nous connaissons jusqu'ici dans le pays et dans le terrain que nous décrivons, des fossiles de cinq localités diverses. A Stufistein et Kriegsmatt, sur le versant occidental de la Jungfrau, ces fossiles se trouvent dans les haldes des mines de fer anciennement exploitées à la base de ce terrain. Comme ces fossiles ont été décrits ailleurs et que les suivants se trouvent à un niveau géologique très différent du leur, je n'y reviendrai pas ici. Un second gîte de fossiles se trouve à côté du sentier qui conduit de Zweilütschenen à Iselten. Avant d'entrer dans les pâturages d'Iselten on voit à gauche en montant des fossiles dans un calcaire noir compacte, renfermant des grains de quartz et alternant avec du calcaire noir grenu et des schistes marneux noirs. Le versant opposé du Faulhorn nous fournit un troisième gîte, et comme dans celui d'Iselten, les fossiles y sont très rapprochés de la limite supérieure du terrain. C'est dans la pente méridionale du chaînon des Burghorner, dans l'Alpe d'Oltshenen, qu'on trouve assez fréquemment des Ammonites dans un schiste marneux noir et gris qui recouvre le calcaire noir des Burghorner, et plonge sous le calcaire sableux et les grès du Wildgerst. Au pied de ces montagnes, près de la route qui conduit de Brienz à Meyringen, on connaissait déjà dans le siècle passé un quatrième gîte d'Ammonites dans les carrières d'ardoises d'Unterheid. La cinquième et dernière localité enfin, riche en Ammonites comme celles que nous venons de faire connaître, se trouve sur le faite même de l'Erzeck, qui termine l'alpe de Tann du côté de Gentel. Comme à Unterheid les fossiles se trouvent principalement dans l'intérieur de nœuds argileux noirs enveloppés par le schiste, et quelquefois ils ont passé à l'état de pyrite. Ces mêmes schistes alternent avec le fer oolitique, qui lui-même aussi, quoique plus rarement, contient des fossiles. Les espèces trouvées jusqu'à ce jour dans ces quatre dernières localités sont les suivantes :

1. *Ammonites annularis* Bronn (ez 2. 9, 10 33; ut. 3 c) d'un pouce environ de diamètre, le dos large et plat. Peut-être aussi *Amm. Braikenridgii* Bronn. L'espèce se trouve dans tous les étages du terrain oolitique, mais plus particulièrement dans l'Oxford clay. Assez commune à Oltshenen, Unterheid et à l'Erzeck.

2. *Amm. communis* Sow. (ez. 3. 4. 5. 8. mr. 11 x 78 b). Quelques exemplaires de plusieurs pouces de diamètre. Ammonite caractéristique du lias. Pas rare à Unterheid et à l'Erzeck.

3. *Amm. triplicatus* Sow? (e). Trente côtes régulières qui se partagent sans bourrelet ou nœud, en 3-4 côtes. L'espèce est du corail rag. Unterheid.

4. *Amm. Murchisonæ* Sow. (t) Tous les caractères se retrouvent dans notre exemplaire qui a 2 p. de diamètre. Lias supérieur. — Planplatte.

5. *Amm. depressus* Bronn? (fh. 48-51) Fragments; les tours extérieurs recouvrent presque entièrement les intérieurs. Diam. égal, 1 p. — Oolite inférieure. — Erzeck.

6. *Amm. depressus* Ziet.? (ez 1 ut 2) D'un pouce de diam. au plus. Lisse. — Lias. — Erzeck, Unterheid.

7. *Amm. Birchi* Sow. (ez 2) Ressemble mieux encore à l'*Amm. latæcosta* Ziet. q uine paraît pas différer de l'espèce citée. Lias. — Erzeck.

8. *Amm. rotula* Sow.? (fh. 46) Lisse, ouverture orbiculaire, d'un pouce de diam. Chaque tour est marqué par 3-4 échancrures. — Assez commune à Olt-schenen.

9. *Inoceramus ellipticus* Roem.? (st 2-3) Les valves égales, très bombées près de la charnière, presque plates vers le bord antérieur, la longueur à peu près triple de la largeur. Près de Meyringen, dans un bloc de calcaire ferrugineux très sableux. Ce bloc pourrait aussi bien, d'après les caractères de la roche, appartenir au terrain crétacé. L'espèce citée est du schiste à Posidonies dans le lias.

10. *Posidonia lata* nob. (fh 35) Largeur 10^{mm.}, longueur 7^{mm.}. A la grandeur près très ressemblante à la *P. minuta* du muschelkalk. — D'Iselten.

11. *Lima*. La même roche contient des impressions lisses, dont le contour s'accorde avec celui de la *L. pectinoides* Roem.

12. A Unterheid et à l'Erzeck, on trouve assez fréquemment des corps cylindroïdes noueux aplatis, de l'épaisseur d'un pouce, de la longueur de plusieurs pieds selon toute apparence, se ramifiant en rameaux très courts qui finissent par une bosse globulaire. Deux fragments seuls montrent un canal assez large dans l'axe.

Les plus caractéristiques de ces fossiles appartiennent au lias supérieur; parmi les autres il y en a qui sont particuliers au jura inférieur et même aux étages supérieurs du terrain oolitique. Il en résulte une grande probabilité pour la coordination de notre système de couches au lias supérieur, et à l'oolite inférieure, ou bien au lias, s'il est permis de donner à cette dénomination un sens plus étendu en parlant des Alpes. Le parallélisme entre les terrains des Alpes suisses et celui des Alpes françaises et des Pyrénées, se soutient donc jusqu'à la base même des terrains de sédiment, puisque, d'après MM. Gras et Dufrenoy, le terrain crétacé du midi de la France repose également ou directement sur le lias, ou bien sur un système de couches dont les caractères nous laissent indécis entre le lias et le jura.

Je ne dois pas omettre cependant de signaler une difficulté locale, qu'il ne

nous a pas été possible de résoudre et qui pourrait jeter du doute sur notre classification. Les grès et schistes à Nummulites qui recouvrent le système liassique de la Gadmenfluh, se prolongent tout le long du versant septentrional de la chaîne, jusqu'au passage du Joch et au-delà, toujours inclinés au N. Le passage lui-même est creusé dans ces schistes qui l'entourent des deux côtés. Mais à gauche, en montant depuis Engstlen, les schistes sont recouverts par le système calcaire du Grauhorn, composé d'un calcaire noir, grenu et compacte, et ce même système forme le gradin par lequel on descend de la Tann Alp à Engstlen, et qui, un peu plus loin, supporte les schistes et tout le système ferrugineux de l'Erzeck. Il paraîtrait donc que ces schistes à Ammonites du lias sont superposés à notre système créacé, caractérisé par des Nummulites et les fossiles des Diablerets. S'il en était vraiment ainsi, et malgré notre désir de lever cette difficulté, nous n'avons pas pu voir autrement, il faudrait, pour ne pas mettre en défaut les résultats de la paléontologie, supposer une différence assez grande dans le niveau du lias des deux côtés de la vallée d'Engstlen, et un glissement de la partie supérieure du lias du Grauhorn sur les schistes créacés, analogue à celui que nous avons admis pour expliquer la superposition du terrain alpin secondaire sur le nagelflüh et la molasse.

5 GYPSE.

A l'extrémité septentrionale de la grande masse dolomitique du Gyswylerstok sur le col de Glaubenhühlen, qui conduit de la vallée de Sainte-Marie à Gyswyl, il sort de dessous les couches de calcaire, dont est composé un contre-fort peu élevé de la montagne dolomitique, du *gypse blanc* passant à l'albâtre. Sa puissance est très considérable, car on le voit former des précipices et des éboulements presque jusqu'au pied de la montagne dans la vallée de Gyswyl.

Deux autres gîtes de gypse sont connus sur le revers méridional du Stanzerhorn, l'un au-dessus de la forêt de Kerns, l'autre au-dessus de Dallenwyl, à la sortie de la vallée d'Engelberg.

Ces gisements conduisent à des rapprochements très hasardés il est vrai, mais que cependant je ne veux pas passer sous silence. Le gîte de Glaubenhühlen se trouve à la limite méridionale de la grande masse de flysch de l'Entlibuch. En suivant cette limite vers le S.-O., sur une ligne qui part de N. 52 E., et qui est parallèle à la direction de la chaîne de Beatenberg, des Brienergræte, du lac de Brienz et de la limite du terrain feldspathique, on tombe de l'autre côté du lac de Thun sur les gypses de Leissigen, qui forment l'extrémité orientale de la grande ligne de gypse des Alpes occidentales. La même direction va tomber du côté opposé sur les gypses du Stanzerhorn.

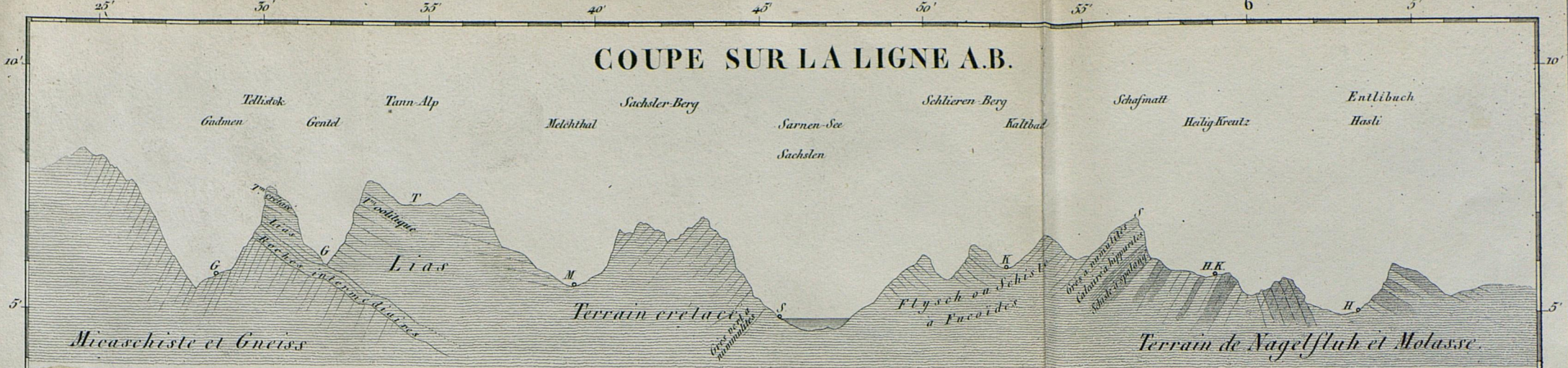
Il est difficile, dans ces circonstances, de ne pas penser à une connexité de tous ces divers gîtes. La ligne des gypses de Bex à Leissigen se trouve du

côté du N., en contact immédiat avec le terrain du Niesen, composé de schistes et grès à impressions de Fucoïdes, et sous des rapports de gisement très analogues nous voyons le gypse de Glaubenhüblen en contact avec le flysch de l'Entlibuch. Ce flysch serait-il la continuation du terrain du Niesen? Tous les faits mentionnés paraissent appuyer cette conclusion, et cependant si nous l'admettons, il nous naîtra des embarras majeurs, qui dans l'état actuel de la géologie alpine nous défendent d'y adhérer. Car, d'une part, nous retrouvons les grès à Nummulites et le calcaire à Hippurites des hauteurs au-dessus de Leissigen, dans les chaînes de Beatenberg et de Ralligen; et de l'autre, le grès de Taviglianaz de même, qui, depuis Bex jusqu'au lac de Thun, reste toujours au midi des gypses, perce de nouveau à la base du terrain crétacé au-dessus de Ralligen.

Nous serions donc, si les rapprochements indiqués devaient être adoptés, forcés d'admettre un croisement très bizarre de la ligne du calcaire à Nummulites et du grès de Taviglianaz avec celle du gypse et du grès à Fucoïdes. D'un autre côté, nous avons cru reconnaître la continuation du flysch de Habkeren dans les schistes marneux de Dærligen et de la vallée de Suld, qui, comme lui, s'enfoncent sous le calcaire à Spatangues de la chaîne de l'Abendberg. Dans toutes ces localités, on trouve au N. de ce flysch des grès quarzeux et à Nummulites, semblables à ceux de Habkeren, tandis qu'au N. de la chaîne du Niesen il n'y a plus une trace du calcaire à Nummulites ni des autres étages du terrain crétacé, les schistes à Fucoïdes exceptés. Mais, quoi qu'il en soit, l'alignement des quatre gîtes de gypse indiqués sur notre carte, et le parallélisme de leur direction avec les lignes les plus importantes dans la géologie de cette partie de la Suisse ne laisse pas d'être frappant, et prouve une connexité intime entre les gypses de nos Alpes, le grand phénomène du redressement des chaînes et l'apparition des terrains feldspathiques.

FIN DU TROISIÈME VOLUME.

COUPE SUR LA LIGNE A.B.



CARTE GÉOLOGIQUE
des Chaînes calcaires et arénacées
comprises entre les lacs de Thun et de Lucerne.
par
M. STUDER.
1859.

Explication des couleurs

1	Molasse, T. tertiaire supérieur	2	Nagelfluh à galets polygéniques et calcaires
3	Grès à nummulites et Calcaire à hippurites, T. crétacé inférieur	4	Calcaire et Schiste à spatangues, T. crétacé inf. des chaînes extérieures et intérieures
5	Flysch ou Schistes à fucoides, T. crétacé inférieur	6	Calcaire et Schistes noirs à bélemnites et ammonites, T. jurassique
7	Grès et Schistes de kaligen	8	Micaschiste, Gneiss et Granit
9	Gypse	10	Grès de Tavignan

COUPE SUR LA LIGNE C.D.

