NOTICE EXPLICATIVE

D'UNE CARTE GÉOLOGIQUE DE LA SAVOIE ET DES RÉGIONS LIMITROPHES

A L'ÉCHELLE DU 200.000e

(*avec une carte tectonique et une planche de coupes*)

Par Léon MORET,

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble.

AVANT-PROPOS

La présente notice est destinée à expliquer et commenter le schéma structural ci-joint (pl. A) ainsi qu'une carte en couleurs parue ailleurs, grâce au généreux concours d'industriels savoisiens [1] et du Touring-Club de France [2], et dont le but est de mettre au point, sous une forme claire et facilement accessible, l'état des recherches géologiques relatives à ce tronçon important des Alpes occidentales envisagé dans ses relations avec les régions avoisinantes (région jurassienne, Alpes suisses, Alpes italiennes, Alpes du Dauphiné).

[1] Société d'Electro-Chimie, d'Electro-Métallurgie et des Aciéries électriques d'Ugine.

[2] Qui a bien voulu répondre aux démarches de M. le professeur Raoul Blanchard, que je suis heureux de pouvoir remercier ici.

Cette carte a été établie sur l'excellent fond à 1/200.000e du Service géographique de l'Armée.

C'est la première fois qu'une carte géologique de cette région est publiée à cette échelle, assez réduite pour que l'on puisse y faire état de détails intéressants, assez grande pour permettre la vision des ensembles et les synthèses.

La carte structurale (pl. A) est la réduction d'un calque direct de la grande carte en couleurs dont elle constitue l'expression tectonique très schématisée. Toutes les grandes zones géologiques ou entités tectoniques y sont représentées par des figurés spéciaux. Elles sont amplement décrites et commentées ci-dessous.

Les profils (pl. B) ont été également construits d'après la carte en couleurs au 200.000e, puis réduits. On a choisi naturellement les régions les plus typiques, celles où toutes les zones géologiques sont représentées, et avec leur maximum de complication. On a conservé le groupement des terrains et les symboles employés dans la carte en couleurs, et schématisé le plus possible pour répondre au but que s'est proposé l'auteur, celui de rester clair et compréhensible.

SOURCES

Il a été tenu compte, pour l'établissement de la carte en couleurs, de la carte structurale et des profils, des documents suivants :

1° Cartes géologiques au 1/80.000e éditées par le *Service de la Carte géologique de France* (feuilles Saint-Claude, Thonon, Nantua, Annecy, Vallorcine, Chambéry, Albertville, Tignes, Grenoble, Saint-Jean-de-Maurienne, Bonneval, Briançon).

2° Carte géologique d'Italie au 1/100.000e publiée par le *R. Ufficio Geologico* (feuilles Montebianco, Aosta, Gran-Paradiso) et la très belle *Carta delle Alpi occidentali* à 1/400.000e (*R. Ufficio Geologico*).

3° Cartes des *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse:*

RENEVIER, Carte géologique des massifs des Diablerets-Muveran-Dent de Morcles (1/50.000e).

LUGEON, Carte géologique des Hautes-Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander (1/50.000e).

L.-W. COLLET, Carte géologique des Tours Sallières-Pic de Tanneverge (1/50.000e).

A. JEANNET, Carte géologique des Tours d'Aï et des régions avoisinantes (1/25.000e).

E. GAGNEBIN, Carte géologique des Préalpes entre Montreux et Moléson et du Mont Pèlerin (1/25.000e).

C. SCHMIDT, Geologische Kartenskizze der Alpen Zwischen Saint-Gothard und Mont-Blanc (1/350.000e).

4° Carte géologique de la Suisse (1/100.000e) (feuilles Martigny-Aoste et Vevey-Sion).

5° Geologische Karte der Schweiz (1/500.000e).

6° Travaux et documents cartographiques (publiés ou inédits) dus à MM. H. Butler, A. Chaix, L.-W. Collet, P. Combaz, P. Corbin, J. Favre, M. Gignoux, E. Haug, F. Hermann, Ch. Jacob, Ad. Jayet, E. Joukowsky, W. Kilian, M. Le Roux, P. Lory, M. Lugeon, N. Oulianoff, Ed. Paréjas, E. Raguin, J. Révil, P. Termier; et recherches de l'auteur relatives au territoire des feuilles au 80.000e d'Annecy, Albertville, Saint-Jean-de-Maurienne.

7° Enfin, les ouvrages suivants ont été mis à contribution dans la présente notice :

Albert HEIM, *Geologie der Schweiz. II Die Schweizer Alpen* (Leipzig, 1921-1922).

E. HAUG, Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, t. XXV, 1925, n° 3).

L. MORET, Enquête critique sur les ressources minérales de la Province de Savoie, précédée d'une esquisse géologique (*Annales Univ. Grenoble*, 1925).

I

Les grandes unités géologiques.

Les géologues ont depuis longtemps reconnu l'existence, dans la région alpine, de grandes unités ou zones géologiques caractérisées à la fois par l'âge, la nature et le faciès des terrains que l'on y rencontre (Stratigraphie, Pétrographie) et aussi par l'architecture, la structure de ces terrains (Tectonique).

On a même pu dire (W. Kilian) que ces zones résultaient de « l'interférence complexe des zones de sédimentation avec les zones tectoniques de divers âges ».

Ces zones sont admirablement représentées sur le territoire de la carte (cf. carte structurale).

En voici la succession d'Ouest en Est, c'est-à-dire de l'extérieur vers l'intérieur de la chaîne alpine :

- **Z. alpines externe.**
  - Zone jurassienne..... } Avant-pays.
  - Zone molassique..... } Avant-pays.
  - Zone subalpine..... } donnant les nappes helvétiques et ultra-helvétiques (Préalpes ext. et int.).
  - Zone des massifs cristallins hercyniens (avec leur couverture de sédimentaire) = 1re zone de Ch. Lory ou zone externe..... } donnant les nappes helvétiques et ultra-helvétiques (Préalpes ext. et int.).
- **Z. alpines internes ou intra-alpines.**
  - Zone du Briançonnais s. l.
    - Z. de l'Embrunais (= Z. du Flysch = Z. des Aiguilles d'Arves), racine possible de la nappe du Flysch du Niesen.....
    - Z. du Briançonnais s. str. (Bande houillère et Vanoise), racine possible de la nappe des Préalpes médianes.
    - Z. des Gneiss du Grand-Saint-Bernard, racine possible de la nappe de la Brèche du Chablais.....
    } Nappe du Gd-St-Bernard (1re nappe pennine[1]).
  - Zone du Piémont.
    - Massifs cristallins internes (noyaux anticlinaux).....
    - Schistes lustrés (synclinaux)
    } donnant les autres nappes pennines (nappe du Mont-Rose-Grand-Paradis-Ambin-Dora-Maira, nappe de la Dent-Blanche représentée sur le schéma structural par quatre lambeaux dans les environs d'Aoste).

---

[1] Haug (*loc. cit.*) insiste avec raison sur ce fait que ces nappes pennines d'Argand sont plutôt des *plis-couchés*.

La zone jurassienne est une région bien individualisée et régulièrement plissée. Ses derniers chaînons viennent frôler la zone subalpine à l'Ouest de Chambéry et réduire à une bande insignifiante la zone molassique si développée au Nord. L'ensemble de ces deux premières zones constitue ce que les tectoniciens appellent l'avant-pays, parce qu'elles n'ont pas été directement engagées dans l'effort alpin et que leur plissement résulte plutôt d'un contre-coup. C'est sur cet avant-pays que se sont déroulés les grands plis couchés et les nappes alpines, à long cheminement.

La zone suivante, ainsi que l'indique son nom, fait partie, elle, de la chaîne alpine; c'est la zone subalpine, parce que située en avant des hauts massifs cristallins, ou 1re zone alpine de Ch. Lory. La série stratigraphique de la zone subalpine passe insensiblement par sa base à ce que l'on a appelé, improprement d'ailleurs, la couverture sédimentaire des massifs cristallins, laquelle entoure complètement ces massifs. Mais la limite entre zone subalpine et couverture sédimentaire est parfois purement arbitraire. Toutefois, comme les terrains crétacés sont largement conservés dans la zone subalpine et qu'ils dominent en une corniche puissante (bord subalpin) les terrains jurassiques de la couverture sédimentaire, plus tendres et creusés en sillon par les cours d'eau, on a choisi cette corniche comme limite toute géographique des deux régions. Nous verrons d'ailleurs que dans les secteurs où existent des nappes de charriage, cette couverture sédimentaire est complexe; elle y est en effet formée d'une partie dite autochtone, incrustée sur le cristallin, et d'une partie parautochtone, séparée de la précédente par une surface tectonique.

La zone subalpine est formée de plis très reconnaissables, mais parfois violemment refoulés vers l'extérieur. A partir de la vallée du Lac d'Annecy, les plis subalpins et la couverture sédimentaire des massifs cristallins se sont étalés vers l'extérieur en véritables nappes pendant les plissements alpins : c'est ce que l'on a appelé les nappes helvétiques.

Les massifs cristallins ont joué un rôle très important dans l'économie alpine. Ce sont des restes de la grande chaîne hercynienne (double discordance du Houiller sur le Cristallin et du Trias sur le Houiller) repris par les plissements alpins qui les ont débités en coins gigantesques. Ils ont été un obstacle, mais non insurmontable, pour les nappes venues de l'intérieur de la chaîne et qui sont maintenant posées comme un « morceau de terre étrangère » en avant des Alpes (nappes ultrahelvétiques, Préalpes médianes, Brèche).

Les pays situés à l'intérieur de l'arc alpin sont désignés par le terme de pays internes ou intraalpins. Ici, plus de comparaison structurale possible avec les zones externes. Plus de plis conservés, mais une succession de terrains difficile à caractériser, et le plus souvent en séries isoclinales. C'est un pays de racines. Et de fait, la grande zone du Flysch, qui chevauche partout la couverture des massifs hercyniens, est une racine de nappe incontestable et que l'on peut, avec E. Haug, rattacher à la nappe du Flysch de Niesen. Elle est elle-même chevauchée par la zone du Briançonnais, pays complexe qui comprend la grande bande houillère, racine possible de la nappe des Préalpes médianes, les gneiss de la Vanoise et leur couverture mésozoïque, les gneiss du Grand-Saint-Bernard, tout cela constituant la nappe du Grand-Saint-Bernard. Enfin, par derrière cet ensemble, viennent les autres nappes pennines, nappe du Mont Rose, nappe de la Dent Blanche, interprétées par M. Lugeon et E. Argand comme de volumineux noyaux anticlinaux couchés de gneiss paléozoïque, plongés dans une couverture mésozoïque métamorphique (schistes lustrés). Ces massifs cristallins étaient autrefois opposés aux massifs hercyniens de la zone externe sous le nom de massifs cristallins internes : on voit déjà que leur histoire est fort différente.

Au delà de ces grands plis couchés penniques (il n'y a plus ici de zone de racine), issus des parties médianes, les plus profondes, donc les plus métamorphisées du géosynclinal alpin, se montrent de nouvelles régions de racines, mais très laminées.

Nous arrivons sur le bord oriental du géosynclinal alpin. Pour des raisons d'ordre géométrique, les géologues suisses pensent que c'est de là que sont parties les nappes préalpines, contrairement à l'opinion de la plupart des géologues français qui les rattachent plutôt au pays briançonnais. C'est là une question difficile à trancher. Ces ultimes zones alpines (Z. du Canavese), qui nous conduisent à la plaine du Pô, ne sont pas visibles sur notre carte.

Mais sur la bordure septentrionale des Alpes sont conservées, en Chablais, en Suisse, d'énormes masses exotiques, sans rapport avec leurs racines et qui reposent sur les nappes ultrahelvétiques : ce sont les Préalpes médianes, la nappe de la Brèche du Chablais, enfin, sur cette dernière, de menus lambeaux d'une unité supérieure, la nappe Rhétique. Nous verrons plus bas les rapports et l'origine possible de ces nappes.

II

Les terrains.

1° Zone jurassienne. — Les terrains que l'on y rencontre vont du Trias au Quaternaire. Ce dernier y couvre de vastes espaces (cailloutis fluviatiles, moraines), vestiges du glacier du Rhône (Mont de Sion) et des branches des glaciers de l'Arve et de l'Isère (région des Bornes, d'Annecy, du Bourget). Tous ces terrains sont parfaitement reconnaissables et bien représentés sous leur faciès dit jurassien.

Le Trias (T) ne se montre, sur le territoire de la carte, qu'en un seul point, à Champfromier, c'est le Keuper (marnes irisées, gypses et dolomies). D'ailleurs, dans toute l'étendue du Jura, c'est le seul étage du Trias qui soit connu; ce n'est que par le sondage tout récent de Torcieu que l'on a pu toucher les calcaires à entroques du Muschelkalk.

Le Lias (L) n'affleure qu'à Culoz (Lias supérieur) et à Chazey où il est presque complet et comporte des calcaires à Gryphées. Mais ce sont surtout les terrains jurassiques et crétacés qui prédominent et qui, par leurs faciès spéciaux, vont caractériser cette zone.

Le Jurassique moyen (Jm, Bajocien-Bathonien) comprend à la base des calcaires à entroques et des calcaires à silex, tandis qu'au sommet calcaires oolithiques et calcaires marneux apparaissent.

Le Callovo-Oxfordien (Jo) est plutôt oolithique à la base (oolithe ferrugineuse autrefois exploitée à Chanaz) et marneux au sommet (marnes à Ammonites pyriteuses et calcaires marneux à Spongiaires de Trept).

Quant au Jurassique supérieur (Js, Rauracien-Séquanien-Kiméridgien-Portlandien), il est formé presque uniquement de calcaires francs bien lités, avec çà et là des niveaux coralligènes. Ce n'est qu'au sommet qu'apparaissent les calcaires dolomitiques, puis les couches lacustres du Purbeckien, période laguno-lacustre soulignant ici la limite du Jurassique et du Crétacé.

Le Crétacé inférieur (Ci) se caractérise par la présence des calcaires compacts coralligènes (infravalanginien) et des calcaires roux du Valanginien, surmontés par les calcaires à silex et les marno-calcaires bleus de l'Hauterivien. Ceux-ci sont couronnés par la falaise urgonienne (Ur, Barrémien-Aptien, calcaires récifaux à Rudistes et Orbitolines) toujours bien marquée et qui joue un rôle topographique important. Cet Urgonien est asphaltique à Seyssel, à Pyrimont.

Le Crétacé supérieur (Cs) est bien représenté par les fameux grès verts phosphatés, très fossilifères, de Bellegarde (Ain), qui se retrouvent le long du flanc oriental du Salève (sondage ancien) et de la montagne de Mandalaz. Le Sénonien n'est connu qu'à l'état de lambeaux près de Chézery (L.-W. Collet et Paréjas) et à Bromines (L. Moret).

Pas de Nummulitique, mais des sables continentaux (e) très

développés au Salève où ils sont exploités (verrerie fine, briques siliceuses); c'est de l'Eocène.

Enfin, la molasse inférieure (mi) est représentée par des marnes et calcaires à *Helix Ramondi* et des conglomérats rouges (Chattien) (ex. à Vimines), et des grès fins à ossements de vertébrés (Aquitanien de Pyrimont). Quant à la molasse marine (ms), elle affleure largement au Sud de la chaîne et dans les principaux synclinaux (Burdigalien-Vindobonien ; cailloutis pontiens).

2° Zone molassique. — Cette zone prolonge directement la grande zone molassique suisse. A part le pli jurassien du Salève, rien ne se montre dans cette zone que la molasse et le Quaternaire.

La molasse, grès calcarifère tendre, parfois sableux et conglomératique, est surtout représentée, entre Annecy et Chambéry, par sa division supérieure (ms), tandis qu'à partir d'Annecy, seule la division inférieure (Chattien, Aquitanien), fossilifère à Ferrières, Lovagny (*Helix Ramondi*), semble affleurer, l'autre ayant disparu par érosion. Enfin, en se dirigeant d'Ouest en Est, la base de la molasse s'enrichit de termes nouveaux, si bien que la lisière tertiaire des chaînes subalpines, aux abords d'Annecy, montre la série complète de l'Oligocène à l'Eocène.

Cette molasse est peu fossilifère, aussi son étude est-elle rendue difficile et incertaine [1].

3° Zone subalpine et couverture des massifs hercyniens. — On y retrouve tous les terrains de la zone précédente, mais généralement moins fossilifères et de faciès plus profond.

Le Houiller y forme de minces écailles (ex. Westphalien sup. de Petit-Cœur en Tarentaise).

---

[1] Il est probable que la base du complexe molassique de la partie septentrionale de la zone devra être attribuée à l'Oligocène sup. (Stampien), comme cela vient d'être démontré pour les molasses suisses des environs de Fribourg, Berne, Thoune.

Le Trias (T) existe sur presque tout le pourtour des massifs hercyniens et en grandes bandes anticlinales dans le Lias (région orientale de Belledonne). Il y présente son faciès dit réduit: quartzites à la base, généralement grossiers et peu épais, puis dolomies, calcaires dolomitiques siliceux, enfin cargneules, argilites et gypses [1]. Mais il est rarement aussi complet en un seul point. A signaler, dans ce Trias, les fameux jaspes de Saint-Gervais, ainsi qu'un curieux faciès de schistes noirs qui existe au Belvédère des Aiguilles Rouges (Collet et Paréjas) et dans les environs de Mégève (Lugeon et Oulianoff) et assimilés par ces auteurs aux schistes à *Equisetum* (Keuper) du massif de l'Aar. Ce niveau existe en Maurienne au Mont Charvin où il a fourni une espèce triasique, *Equisetum arenaceum* (M. Gignoux).

Le Lias (L) est très développé, c'est lui seul qui enveloppe les massifs cristallins [2]. Il a été très étudié récemment dans les régions du synclinal de Chamonix et de Mégève par M. Paréjas, puis par M. Oulianoff, et subdivisé par ces auteurs en Rhétien, Lias inférieur (schistes avec bancs calcaires à Ammonites), Lias moyen (calcaires compacts souvent à entroques), Lias supérieur (schistes noirs argileux à Ammonites). D'une façon générale, le faciès y est plus profond (Ammonites) que dans la zone jurassienne; c'est le faciès dit dauphinois.

Le Jurassique moyen (Jm, Dogger) y est à l'état de calcaires marneux bien lités, donnant des falaises surmontées par les talus marno-schisteux du Callovo-Oxfordien (Jo) (schistes à Ammonites et schistes à Posidonomyes). Ceux-ci sont, à leur tour, surmontés par la haute falaise du Malm (Js), qui possède une grande continuité; c'est une succession de calcaires sub-

---

[1] Il s'y intercale des coulées de spilite au S.-W. de Belledonne et au massif cristallin du Rocheray, près de Saint-Jean-de-Maurienne. Les gypses sont activement exploités dans la même région.

[2] Dans la couverture orientale de Belledonne, on y a reconnu des bandes de Dogger à Ammonites (J. Révil). En Maurienne, à Flumet, le Lias fournit des ardoises de qualité inférieure.

lithographiques ou finement grumeleux, à Ammonites, comprenant tous les étages du Rauracien au Tithonique; les formations corraligènes y sont rares et d'ailleurs ne se montrent que dans les chaînons les plus occidentaux de la zone subalpine (Nivolet).

Le passage du Jurassique au Crétacé se fait ici d'une façon continue par les assises marines du Tithonique et du Berriasien (marno-calcaires à ciments des environs de Chambéry et de Grenoble). Le Valanginien est, lui aussi, marneux, donc de faciès profond. On ne trouve de formations coralligènes crétacées que dans les chaînons voisins des plis jurassiens, où le Jurassique est lui aussi coralligène (ex. marbre bâtard infravalanginien et lentilles coralligènes du Valanginien supérieur du Corbelet et de la chaîne Nivolet-Revard-Semnoz). L'Hauterivien superposé donne des talus (marnes et calcaires à Spatangues, marnes à Céphalopodes). Entre Valanginien et Hauterivien existe, en Chartreuse et dans les Bauges, une couche glauconieuse de quelques décimètres, riche en fossiles phosphatés, et très constante; on l'a retrouvée récemment dans le Genevois (L. Moret).

L'Urgonien (Ur) n'a pas un faciès différent de celui qu'il possède dans les chaînons jurassiens. Le Crétacé supérieur (Cs) est très développé ici. L'Albien, riche en fossiles, le Cénomanien, fossilifère dans le Genevois (Ad. Jayet) et le massif de Platé (L.-W. Collet), sont presque toujours présents dans les synclinaux où leurs grès verts, coupés de lits marneux, constituent de bons réservoirs d'eau. Le Sénonien (fossiles à Sévrier) est formé de marno-calcaires, de calcaires à silex, ou, le plus souvent, de petits bancs de calcaires fins, très purs, à Foraminifères. On y trouve des bancs rouges, très semblables aux « couches rouges » des Préalpes, dans les environs de Thônes et dans le massif de la Tournette [1].

---

[1] A Faverges, au Charvin, ce sont, au contraire, des plaquettes calcaires noires à tubes aplatis d'Annélides (Jéréminelles).

Le Nummulitique (N) est très développé. Il comprend (L. Moret), à la base et en quelques points seulement (Roc de Chère, Grand-Carre, Arâche, Samoëns), des couches à grandes Nummulites lutétiennes, puis les calcaires à petites Nummulites, les schistes, les grès de Taveyannaz (Orthophragmines à Arâche) du Priabonien. Au Roc de Chère, à Arâche, à Samoens, Lutétien et Priabonien sont séparés par des couches lacustres à Bulimes ou à Limnées. Au Grand-Carre, le passage se fait par des grès grossiers à grandes Nummulites.

Enfin, au sommet de l'autochtone, en bordure des chaînes subalpines et surtout dans le Val d'Illiez, se développe la « molasse rouge » (Oligocène). Cette molasse a pu être partiellement entraînée par les nappes préalpines, dont elle constitue le socle (ex. grès de Bonneville à la base des collines du Faucigny, grès de Lucinges à la base des Voirons, grès du Bouveret et de la lisière orientale du massif des Pléiades).

Nous retrouverons tous ces terrains et sous des faciès à peu près analogues dans les nappes helvétiques et ultrahelvétiques qui sont issues de la zone subalpine et de la couverture sédimentaire des massifs hercyniens. L'étude de ces nappes va donc nous donner des renseignements sur les terrains qui, avant le plissement, recouvraient ces massifs ou occupaient des régions situées au delà de leur emplacement actuel. Dans la nappe de Morcles-Aravis, dont la racine se trouve dans le synclinal de Chamonix, les faciès des terrains sont encore ceux de la zone subalpine proprement dite, toutefois plus littoraux (Dôme helvétique). Dans les autres nappes helvétiques, dont les racines sont plus orientales (Diablerets, Wildhorn) et dans les nappes ultrahelvétiques, les faciès sont, d'une manière générale, plus profonds. Ainsi, le Lias est complet et de type dauphinois, c'est-à-dire vaseux; le Jurassique (Jm, Jo, Js) est également formé de schistes et de calcaires profonds (calcaires à *Aptychus* et à Pygopes). Nous avons des faits analogues avec le Crétacé qui devient de plus en plus vaseux à mesure que l'on se dirige vers l'Est (Néocomien à Céphalopodes des nappes ultra-

helvétiques). L'Urgonien perd son importance et finit par se fondre dans une série marneuse. On retrouve toujours le Crétacé supérieur, gréseux à la partie inférieure (Albien-Cénomanien), schisteux et profond au sommet (Turonien, Sénonien, couches de Wang).

Quant au Nummulitique de ces nappes, il se complète par la base et augmente d'épaisseur d'Ouest en Est. Les grès de Taveyannas sont très développés dans la nappe des Diablerets. Le Flysch ultrahelvétique présente des brèches calcaires à Orthophragmines à Saint-Féréol (massif de Sulens) et des niveaux à gros blocs (Wildflysch) sur la rive gauche du Giffre, en face de Samoëns (L. Moret). Les terrains de la base de la klippe de Sulens possèdent tous un faciès ultrahelvétique (Jo, Js, Ci, Cs, N).

Enfin ajoutons que dans le synclinal complexe de Chamonix, au col de Balme, Lugeon et Oulianoff ont signalé, en 1925, du Crétacé et même du Nummulitique.

4° Zone des massifs hercyniens. — La carte montre la longue traînée de ces massifs (Mont-Blanc et Aiguilles Rouges, Belledonne, Grandes-Rousses, Pelvoux...) dans lesquels on a seulement distingué les schistes cristallins avec injections éruptives (X) et les massifs de granite (Gr) [1].

Le Houiller y est à l'état de conglomérats (conglomérats à galets cristallins de Vallorcine) de grès et de schistes ardoisiers, avec plantes d'âge Westphalien supérieur (Paul Bertrand); ardoises à Cevins et couches pulvérulentes d'anthracite au Coupeau, près des Houches. Ce Houiller est discordant sur le Cristallin.

Le massif du Mont-Blanc-Aiguilles Rouges a fait l'objet d'une étude récente très poussée due à MM. P. Corbin et N. Oulianoff. Ces auteurs ont montré que ces massifs, *de même ori-*

---

[1] C'est la zone des filons sulfurés plombo-zincifères.

gine, pouvaient être, pour des raisons tectoniques et lithologiques, divisés en sept complexes qui traversent en écharpe la zone synclinale complexe de Chamonix :

1° Le complexe du Prarion (gneiss fins, gneiss riches en mica passant aux micaschistes, filons d'aplite, de pegmatite, de lamprophyres).

2° Complexe de la zone Servoz-Les Houches (granite monzonitique enveloppé de schistes cristallins dans lesquels le granite envoie des filons de microgranite et de lamprophyre).

3° Complexe de Pormenaz (granite alcalin avec apophyses d'aplite, pegmatite, lamprophyres, injectant la série cristallophyllienne encaissante, elle-même formée de schistes chloriteux ou cornés, de quartzites, rares micaschistes plus ou moins graphiteux, calcaires anciens).

4° Complexe du Brévent et de l'arête de Tricot formé de roches très différentes (gneiss granitoïdes, filons de microgranite aplite pegmatite, gneiss injectés, calcaires anciens, cornéennes, amphibolites, micaschistes, schistes graphiteux, leptynites).

5° Complexe de l'Aiguille du Goûter et de Vallorcine (surtout formé de cornes et de gneiss parfois conglomératiques avec bancs calcaires, amphibolites, schistes graphiteux, le tout injecté de roches acides, surtout dans la partie orientale).

6° La zone de métamorphisme de la protogine, très complexe.

7° Le complexe de la protogine, granite acide de teinte claire, à cristaux de quartz et de feldspath parfois très visibles et orientés, et de structure variable (types granitique, gneissique, porphyroïde). Cette protogine est parfois riche en enclaves de schistes cornés qui sont les restes d'anciens synclinaux non digérés par le granite.

Au voisinage du col Ferret italien, et sur toute la bordure gauche du val Ferret suisse, existe une zone de roches porphyriques (microgranites), probablement postérieures à la protogine.

Dans l'écaille du Mont Chétif, on retrouve la protogine (sommets) et les roches porphyriques.

Ajoutons que dans les granites (surtout protogine) apparaissent des zones de roches broyées (r. mylonitiques), déterminées par les plissements alpins.

Nous ne possédons pas, pour le massif de Belledonne, d'étude aussi complète que celle que MM. Corbin et Oulianoff ont consacrée au Mont-Blanc. On y retrouve des schistes cristallins et des granites. Parmi ces derniers, notons deux types : le granite de Beaufort, basique, et le granite de Cevins, acide, qui se retrouve à Epierre et dans la grande traînée granitique qui passe aux Sept-Laux. Une bande granitique, encore mal connue, est celle qui forme tout le massif de la Grande-Lauzière. Une autre variété de granite à biotite, avec filons de microgranulite, existe au petit massif du Rocheray. Ces granites sont fréquemment laminés et se débitent en grandes dalles qui peuvent être parfois confondues avec celles que forment les schistes cristallins. Ceux-ci séparent les massifs granitiques; ce sont des complexes plus tendres : schistes sériciteux micacés ou chloriteux, schistes rouges et verts de Cevins, avec amphibolites, gneiss à amphiboles, parfois lardés de roches filoniennes.

Aux Grandes-Rousses, bien visibles sur la carte, se voient de vastes synclinaux houillers (grand développement de conglomérats) dans des schistes cristallins parfois peu métamorphiques et carburés, injectés de granulites, ou très métamorphiques (gneiss et micaschistes formant les crêtes). Il existe aussi un granite acide analogue à celui des Sept-Laux.

Le massif du Pelvoux est caractérisé par son granite alcalin (sodico-potassique) à feldspaths roses, duquel irradient des apophyses de microgranite et d'aplite; il existe en outre des orthophyres, diabases, microdiorites à amphibole, minettes, etc. La série cristallophyllienne comporte des gneiss, amphibolites, cipolins.

5° Zone de l'Embrunais. — Immédiatement adossée à la bor-

dure sédimentaire de Belledonne et du Mont-Blanc, dont elle est séparée partout par une ligne de contact anormal (φ), vient une nouvelle zone caractérisée par le grand développement qu'y prennent les terrains nummulitiques (N, Flysch). Mais il n'y a pas que du Nummulitique dans cette zone. En effet, le cristallin y est représenté (petites écailles de Villarly et de Hautecour, gneiss du Petit-Saint-Bernard), de même le Houiller (Hautecour, route des Chapieux et jusqu'au col de la Seigne). Le Trias s'y montre avec des quartzites, calcaires phylliteux, calcaires dolomitiques et même des gypses, mais il est surtout caractérisé par les schistes rouges et verts (argilites, quartenschiefer) qui envahissent la partie supérieure de l'étage et qui semblent localisés sur la bordure orientale de la zone.

Le Rhétien et le Lias, l'un à l'état de schistes scoriacés (gisement du Pas-du-Roc, abbé Vallet), le second à l'état de calcaires cristallins, parfois bréchoïdes (brèche violette à Bélemnites de Villette; brèche du Télégraphe, W. Kilian), y sont développés.

W. Kilian y a décrit, au Grand-Galibier, du Dogger (Jm, calcaires à entroques, à Polypiers, à coquilles) et du Jurassique supérieur (Js, brèches roses, schistes roses et verts à faune tithonique). Le Crétacé supérieur (Cs) y est lui-même représenté par les quelques affleurements de « marbres en plaquettes » des environs de Montricher (W. Kilian et M. Gignoux) et du Nord de Saint-Michel-de-Maurienne (L. Moret).

Quant au Flysch, il occupe des espaces parfois considérables. C'est en Maurienne qu'il est le plus typique. J. Boussac y a distingué les conglomérats polygéniques transgressifs des Aiguilles d'Arves (Lutétien), les calcaires blancs à grandes Nummulites lutétiennes de Montricher, un Flysch calcaire, un Flysch noir avec bancs de calcaires gréseux à petites Nummulites et Orthophragmines (Priabonien)[1]. Plus au Nord, en Tarentaise,

[1] Les schistes du Flysch sont exploités pour ardoises dans la région de Montricher.

au delà du Petit-Saint-Bernard et jusque dans le Valais, le prolongement de cette bande de Flysch est plus difficile à interpréter. On y retrouve toujours une succession de conglomérats grès, schistes, mais devenus très métamorphiques et dépourvus de fossiles (Sl). L'âge de cette série a été l'objet de longues discussions, les uns y voyant uniquement du Lias, les autres n'y voyant que du Nummulitique. Sur la carte nous avons adopté une solution mixte en introduisant dans le complexe métamorphique (Sl, faux schistes lustrés) des bandes de Nummulitique (N). H. Schoeller a pu montrer récemment que la succession lithologique de ces couches était analogue à celle du Nummulitique de Maurienne et que, par conséquent, elles devaient être en grande partie nummulitiques. Ajoutons toutefois que le Lias y est sûrement représenté sur la bordure Est de la zone (gisement de Bélemnites de l'Alpe Verney, près du col du Petit-Saint-Bernard).

Rapprochons de ce Flysch de la zone de l'Embrunais le Flysch dit du Niesen, qui affleure, lui, en bordure des Alpes. D'après M. Lugeon et Andrau, qui l'ont étudié dernièrement dans la région du Pic Chaussy (Alpes vaudoises), il serait formé de trois complexes : le Flysch inférieur, surtout caractérisé par ses brèches polygéniques à gros éléments et ses calcaires blancs à silex (Spongiaires); le Flysch moyen avec un curieux niveau marno-siliceux à Nodosaires; enfin le Flysch supérieur banal et semblable à celui des Préalpes médianes (grès micacés et schistes argileux à Chondrites et Hiéroglyphes). Dans la région des Annes et de Sulens, et sur le plateau de Châtillon-sur-Cluses, on a surtout des conglomérats à galets, cristallins et calcaires, avec grandes Nummulites et Orthophragmines (Lutétien) et des schistes (Priabonien).

6° Zone du Briançonnais. — Cette nouvelle zone double la précédente qu'elle recouvre partout d'une façon anormale (φ). Nous y étudierons les trois éléments suivants qui se succèdent d'Ouest en Est :

a) ***Bande houillère.*** — Large zone où le terrain houiller est seul représenté; elle est particulièrement développée dans sa partie moyenne (Maurienne, Tarentaise) et s'amincit à ses deux extrémités (Valais, région de Monêtier). Tout le mésozoïque de cette zone a été enlevé par érosion, sauf dans les environs de Briançon.

Le Houiller (H) est une formation complexe très épaisse qui comprend des répétitions indéfinies de grès, schistes, conglomérats avec lits d'anthracite en chapelets exploités en Maurienne, en Tarentaise, aux environs de Briançon. On y a trouvé des plantes permettant d'en fixer l'âge (W. Kilian, Ch. Pussenot). Ainsi, dans le Sud de la carte, dans la vallée du Monêtier-de-Briançon, aux cols de la Ponsonnière et du Chardonnet, le Houiller est Westphalien inférieur. Cet étage existe encore au col de la Vallée-Etroite et au col du Petit-Saint-Bernard (*Sphenophyllum Höhninghausi*). Au col des Encombres et en Tarentaise (région de Peisey, Macot, Sangot), c'est au contraire le Westphalien sup. (niv. de La Mure) [1] qui est représenté (*Pecopteris lamurensis*).

On peut donc dire que, *grosso modo*, le Houiller est surtout Westphalien inf. dans le Sud de la carte, Westphalien sup. au Nord. Dans ces complexes houillers, il y a de fréquentes intercalations de roches éruptives, surtout dans le Sud. Citons les orthophyres des Grandes-Rousses et les microdiorites des environs de Briançon. Enfin, lorsque ces roches se sont épanchées au voisinage des bancs fertiles, elles ont transformé localement l'anthracite en graphite (ex. au col du Chardonnet et dans la forêt de Malgovert).

Le Permien n'existe bien développé que dans la région de Briançon : schistes violacés et conglomérats à grains roses (verrucano). Le Trias comprend des quartzites blancs très purs et très épais, tout à fait caractéristiques de la zone du Brian-

---

[1] En adoptant la classification de P. Bertrand. C'est ce que l'on attribuait, avant les travaux de cet ar teur, au Stéphanien.

çonnais[1], des cargneules, des schistes siliceux, enfin des calcaires gris à Diplopores et Encrines et des dolomies capucins.

Le Rhétien existe au Nord du Monêtier-de-Briançon, sous le faciès à *Terebratula gregaria*.

Le Lias est surtout représenté par les brèches du Télégraphe, transgressives, et des calcaires à Gryphées; le Dogger par des calcaires noirs cristallins à *Rhynchonella Hopkinsi* (Pussenot), rappelant un peu le Dogger à *Mytilus* des Préalpes médianes; le Jurassique supérieur par des brèches rouges et surtout les marbres roses amygdalaires et calcaires gris à Calpionelles de Guillestre. Quant au Crétacé, il semble devoir être, jusqu'ici du moins, représenté par le seul groupe supérieur transgressif (Cs), ce que l'on a appelé les « marbres en plaquettes », lesquels rappellent étonnamment les « couches rouges » des Préalpes par leur richesse en Foraminifères pélagiques (Globigérines, Rosalines) (L. Moret et F. Blanchet). Enfin, le Nummulitique est à l'état de Flysch calcaire et de Flysch noir (Lutétien-Priabonien).

b) Digitation de la Vanoise. — La bande houillère confine à l'Est, en Maurienne et Tarentaise, à une nouvelle région où commence à se faire sentir le métamorphisme. On y trouve des parties très transformées (gneiss de Modane) et des parties moins atteintes (schistes cristallins de la Vanoise et du Mont Pourri), accompagnées elles-mêmes d'une couverture de terrains mésozoïques métamorphisés, souvent décollée à la base (F). L'âge des terrains cristallins de la Vanoise est difficile à préciser : on peut dire qu'ils sont paléozoïques, mais probablement en grande partie permo-houillers (Hm) (H. Lachat, P. Termier). Ils passent insensiblement en différents points (N. de Modane, région des Brévières et de Peisey) au Houiller non métamorphique. Quant à la couverture mésozoïque, elle comprend sûre-

---

[1] On y trouve à Peisey, à Macot, des galènes argentifères. Ces gisements célèbres sont de nouveau exploités.

ment du Trias (quartzites, calcaires dolomitiques[1], calcaires siliceux, cargneules et gypses), du Lias (calcaires à Gastéropodes et à Pentacrines, calcaires phylliteux à Bélemnites, brèches du Télégraphe) (M. Gignoux), du Jurassique supérieur (brèches roses à Bélemnites du Plan de Nette) (W. Kilian), du Crétacé supérieur (calcschistes métamorphiques à Rosalines et glaucophane du vallon du Paquier) (E. Raguin) et même du Flysch (E. Raguin).

Mais tout cela forme un complexe rendu méconnaissable par le métamorphisme (développement de minéraux phylliteux et de glaucophane) et dans lequel il est difficile de faire des subdivisions. C'est pourquoi nous avons groupé tous ces terrains (rapportés au seul Trias sur la feuille Saint-Jean-de-Maurienne) sous le symbole Tc (Trias-Crétacé).

c) Région des gneiss du Grand-Saint-Bernard. — La série des terrains est variable avec les points considérés. Au Grand-Saint-Bernard, on a des gneiss (gneiss œillés, orthogneiss) qui reposent brusquement sur le Houiller productif. Ailleurs, entre les gneiss et la bande houillère très réduite, s'intercale une série de schistes métamorphiques (schistes de Casanna) et même du mésozoïque (Trias) très laminé.

7° Zone du Piémont. — On y retrouve des massifs cristallins (Hm) émergeant d'une vaste couverture de schistes lustrés (Sl) dont la base comporte presque toujours un Trias net (calcaires gris, gypse), parfois laminé, où Franchi a pu trouver des fossiles. Les massifs cristallins sont des noyaux anticlinaux séparés par de larges synclinaux de schistes lustrés.

Le massif désigné par E. Argand sous le nom de Dora-Maira (noms de cours d'eau) affleure dans l'angle S.-E. de la carte. Il est surtout constitué de schistes cristallins laissant apparaître,

---

[1] Au Roc Tourné, près de Modane, ces calcaires sont lardés de cristaux de feldspath (albite) développés sous l'influence du métamorphisme.

dans la région de Pignerol, des formations graphitiques associées à des roches laminées rappelant les microdiorites du Houiller du Briançonnais.

Le massif d'Ambin, entièrement compris dans la carte, est surtout formé de schistes très cristallins, micacés et chloriteux, avec glaucophane et feldspath (comme en Vanoise).

Le massif du Grand-Paradis comporte les fameux gneiss du Grand-Paradis (*gneiss ghiandone* des géologues italiens).

Tous ces massifs sont rapportés par Argand à sa nappe du Mont Rose.

Il existe sur le territoire de la carte quatre petits lambeaux de gneiss fins (ç), bien marqués sur les feuilles italiennes et que F. Hermann attribue à la nappe de la Dent-Blanche.

Quant aux schistes lustrés, ce sont de monotones et épaisses successions de calcschistes plus ou moins métamorphiques, parfois bréchiques, dont on ignore l'âge précis. Les géologues italiens les voyant toujours au-dessus d'un Trias net l'attribuent au Lias. Les géologues français, à la suite de P. Termier, ont une tendance à en faire une série compréhensive allant du Trias supérieur au Flysch inclus. On y trouve fréquemment des roches vertes laminées (serpentines, euphotides, variolites, prasinites) [1].

8° Zone préalpine ou région du Chablais. — Il convient de mettre à part cette zone sur l'origine de laquelle les géologues ne sont pas encore d'accord. Le doute ne subsiste d'ailleurs que pour les régions d'enracinement de la nappe des Préalpes médianes, de la nappe de la Brèche et de la nappe Rhétique (ou de la Simme) dont nous allons rapidement étudier les terrains.

Dans les Préalpes médianes, la série débute par le Trias, lequel est représenté par des gypses, argilites, cargneules (Trias sup.), ainsi que par des calcaires gris ayant fourni des Gyroporelles à Tréveneusaz et, à Saint-Triphon, toute une faune de

---

[1] Et dans lesquelles peut se développer secondairement de l'amiante.

Mollusques dont les affinités sont considérées par les géologues suisses comme austro-alpines[1]. Le Rhétien est bien représenté et rappelle celui du Pas-du-Roc (Briançonnais), le Lias également, mais sous un faciès très néritique, géanticlinal (Peterhans) (brèches, calcaires à entroques, oolithiques, coralligènes...). Le Dogger (Jm) se présente sous deux faciès : faciès de calcaires marneux à *Cancellophycus*, profonds, dans les chaînes externes, et couches à *Mytilus* dans les chaînes internes (Jo+Jm). L'Oxfordien et le Jurassique supérieur (Js) réunis (calcaires grumeleux rougeâtres, schistes, calcaires blancs massifs à Calpionelles du Tithonique) constituent le Malm. Le Néocomien a été presque partout enlevé par la transgression des « couches rouges » (Crétacé supérieur à Rosalines), lesquelles sont ici particulièrement typiques et épaisses.

Le Flysch préalpin est banal (schistes gris) et passerait insensiblement par sa base aux couches rouges.

Dans la nappe de la Brèche, les faciès vont changer. On y connaît du Houiller (Westphalien inf. de Taninges), du Permien (verrucano), du Trias (quartzites, cargneules, gypses, calcaires dolomitiques), du Rhétien, du Lias inférieur à l'état de calcaires siliceux. Mais c'est surtout le grand développement des faciès bréchiques qui va caractériser cette entité. En effet, la plus grande partie du Lias, ainsi que le Jurassique moyen, sont probablement englobés dans la masse dite de la Brèche inférieure (Jmb), séparée de la Brèche supérieure (Jsb, Malm) (caractérisée par ses calcaires gris fins à Calpionelles) par les schistes ardoisiers (Job) représentant probablement le Callovo-Oxfordien. Sur ces masses s'étale, aux Gets et au Praz-de-Lys, un Flysch complexe (calcaires gris, schistes et grès micacés, schistes rouges et verts) et épais.

Enfin, dans ce Flysch des Gets se rencontrent çà et là des blocs parfois énormes de roches éruptives diverses (X) (granite

---

[1] C'est l'équivalent du Muschelkalk.

protoginique, porphyrites, serpentines, gabbros, etc.) et de radiolarites auxquelles sont associées, dans les klippes de la rive droite du Rhône, les calcaires à *Aptychus* du Jurassique supérieur (Jc). Ces blocs, sur l'origine desquels on a beaucoup discuté, ont été finalement rapportés à la nappe Rhétique par les géologues suisses.

III

La tectonique.

Le lecteur voudra bien se reporter, pour suivre les descriptions, aux planches A et B ci-jointes.

1° Zone jurassienne. — Cette zone est représentée sur notre carte par les ramifications du Jura méridional, assez bien développées d'abord et formées de plis pressés, puis s'effilochant peu à peu à partir de Chambéry jusqu'à Grenoble, où Jura et Alpes sont séparés par la grande faille de Voreppe.

C'est un pays de montagnes calcaires, régulièrement plissées, où alternent des synclinaux herbeux et les monts boisés, formés d'anticlinaux plus ou moins déversés vers l'Ouest et accidentés alors de failles ou de petites surfaces de refoulement (plis-failles). Quelques plis, surtout dans le Sud, s'individualisent dans la molasse tout en gardant leurs connexions septentrionales avec le massif. Citons le gros Foug (Chambotte), la chaîne de l'Epine-Mont du Chat, orientés N.-S. Seul, le pli du Vuache s'écarte résolument vers le S.-E. en prolongeant le Crêt-d'Eau et vient se terminer près des Usses par la petite taupinière du Mont de Musiège.

D'autres plis, celui du Salève et celui de la chaîne de la Balme, sont complètement isolés dans la zone molassique. Le Salève est caractérisé par de multiples petits décrochements transversaux. Certains auteurs (E. Joukowsky et J. Favre) pensent même que le Salève est le prolongement décroché de la

chaîne de la Balme (décrochement de Cruseilles), elle-même décrochée dans la région de la Balme de Sillingy de la Montagne d'Age (coteau de Lovagny). Cette opinion est contestée par d'autres auteurs (J. Révil et L. Moret) qui voient dans ces massifs deux plis parallèles. Notons que la faille de la Balme de Sillingy semble se prolonger par le pli-faille du Vuache, la tête de Mandalaz serait un anticlinal transversal à la direction générale de la chaîne.

On a signalé récemment des refoulements importants dans la chaîne du Jura, mais hors des limites de notre carte (Jura bâlois). D'ailleurs la structure en plis-failles assez étirés semble devoir être adoptée maintenant pour toute cette zone.

2° Zone molassique. — Du point de vue tectonique, il n'y a rien de bien important à en dire. C'est une grande aire synclinale replissée, aux ondulations douces très rarement chevauchantes. Cette zone, très largement développée en Suisse et dans la région d'Annecy, s'amincit progressivement jusqu'à Chambéry où elle se réduit à zéro.

3° Zone subalpine. — Cette zone est bien représentée sur notre carte, du S.-W. vers le N.-E., par une série de massifs séparés par des vallées transversales : ce sont le Vercors, la Chartreuse, les Bauges, le Genevois, le massif de Platé, le massif du Haut-Giffre.

C'est encore une région de montagnes calcaires régulièrement plissée, toutefois l'effort orogénique alpin a été plus violent parce que plus direct que dans le Jura. Les surfaces de refoulement sont fréquentes. Exemple : la faille de Voreppe, la ligne de refoulement qui accidente toute la bordure occidentale de la zone, de Chambéry à Annecy (F, chaîne Nivolet-Revard-Semnoz), et qui expliquerait à Aix-les-Bains, d'après W. Kilian, l'ascension des eaux thermales. C'est aussi une zone de plus grande surélévation que le Jura, d'où l'existence de synclinaux perchés, surtout dans les Bauges (ex. Arclusaz, Charbon, etc.).

Enfin, on note la structure en plis empilés (ex. Nivolet), structure qui va devenir la règle au fur et à mesure que l'on se dirige vers le N.-E. C'est ainsi qu'à partir de la région d'Annecy, les plis des Aravis se couchent de plus en plus, se digitent, pour donner les plis du massif de Platé et les plis du massif du Haut-Giffre, lesquels concourent à former la Dent du Midi, prolongement évident de la Dent de Morcles. Expliquons-nous : le grand synclinal de Serraval-Le Reposoir, sur lequel se couchent les plis des Aravis, se prolonge par le synclinal étiré du torrent de Balme dans la vallée transversale de l'Arve où se voit magnifiquement la succession des plis couchés. Ce synclinal de Balme donne, sur la rive droite du Giffre, le petit synclinal également étiré du torrent du Clévieux, chevauché par le pli couché du même nom. Deux anticlinaux naissent vers l'Ouest, à partir de ce synclinal: ce sont ceux de Tuet et de Bostan qui se renversent progressivement pour aller se fondre avec tous les autres plis de la zone subalpine dans le grand pli couché de la Dent du Midi.

Sur le bord oriental de la zone subalpine (bord subalpin), les traces du refoulement et du charriage ne sont pas moins nettes, mais elles se manifestent cette fois dans la série jurassico-triasique. On connaît de longue date les magnifiques plis couchés de Lias et de Trias de la région du Mont Joly et du signal de Bisanne; de l'autre côté de la vallée de l'Arve, la nappe est cette fois individualisée, car le massif de Platé chevauche par sa base liasique les Aiguilles Rouges, sur lesquelles sont restés incrustés quelques lambeaux de mésozoïque autochtone (Trias, Jurassique supérieur). Et plus on monte vers le N.-E., plus cette structure se précise, si bien qu'au niveau des Tours Sallières (noyau jurassique de la boucle crétacée des Dents du Midi), au col d'Emaney, le synclinal nummulitique (prolongement du grand synclinal du Reposoir) réapparaît fortement laminé. Et l'on arrive ainsi à la Dent de Morcles qui a donné son nom à cette première nappe du type *helvétique,* laquelle résulte du refoulement progressif de la bordure orientale de la zone subalpine, de la

couverture de Belledonne et des Aiguilles Rouges, et enfin des terrains sédimentaires du synclinal de Chamonix (parautochtone).

Plus loin encore, de nouvelles unités tectoniques viennent recouvrir cette nappe de Morcles-Aravis; ce sont la nappe des Diablerets et la nappe du Wildhorn, issues de zones de plus en plus orientales (Mont-Blanc pour la première, Val Ferret pour la seconde). Enfin, une dernière unité, bien visible sur notre carte, est celle formée par les nappes ultrahelvétiques dont on a pu limiter l'enracinement à la zone des écailles cristallines du Mont Chétif. La partie frontale de cette dernière nappe est allée jusqu'en Chablais, mais elle est laminée dans sa partie médiane par la masse des Préalpes médianes, d'où sa division en Préalpes externes ou bordières (carte structurale, I) et en Préalpes internes (II).

Les premières comprennent les collines mésozoïques du Faucigny, le massif de Flysch des Voirons avec ses écailles mésozoïques (carte str., m), le massif des Pléiades de l'autre côté du Léman. Les Préalpes internes (carte str., II) sont de structure très compliquée; on peut les diviser en plusieurs unités secondaires successives qui sont : l'écaille de Néocomien à Céphalopodes (carte str., II, n), lambeau qui s'est insinué entre la nappe de Morcles et la nappe des Diablerets, la zone de Bex ou zone des cols, surtout formée de Trias (carte str., II, T), enfin l'écaille du Chamossaire (carte str., II, Ch). En territoire suisse, la nappe helvétique la plus élevée (Wildhorn) se raccorde aux nappes ultrahelvétiques (ici représentées par une unité inférieure, la nappe du Mont Bonvin) par un petit synclinal visible au Mont Bonvin, aux abords de Sion. M. Lugeon a récemment découvert dans les Préalpes internes vaudoises (Ormonts-dessus) des esquilles de roches porphyroïdes incluses dans le Néocomien à Céphalopodes et qui font immédiatement penser aux roches porphyroïdes du Mont Chétif, racine vraisemblable de ces nappes.

Enfin, il faut rattacher aux nappes ultrahelvétiques toute la

base du socle du massif de Sulens, formée d'un Flysch très épais, avec écailles de Néocomien et de Jurassique, ainsi que la partie Nord du plateau de Châtillon-Arâche où le Flysch ultra-helvétique est dominant.

4° Zone des massifs hercyniens. — Formés de schistes cristallins, de granite et autres roches éruptives parfois très laminées, ces massifs ont une très vieille histoire. Ce sont des restes de la chaîne hercynienne, car les sédiments houillers (Westphalien sup.) y sont discordants sur le cristallin.

Le plissement, comme le métamorphisme général qui a produit ces schistes cristallins, de même que la mise en place des granites, sont anté-houillers.

Mais le Trias, lui-même discordant, est engagé en synclinaux dans ces massifs, ainsi que le mésozoïque de la couverture. Il y a donc lieu d'y étudier une tectonique hercynienne et une tectonique alpine.

On a cru pendant longtemps à une dualité d'origine des massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges, séparés par le synclinal mésozoïque complexe de Chamonix. Nous avons vu plus haut que P. Corbin et N. Oulianoff avaient pu y distinguer toute une série de complexes cristallins et qui passent invariablement du Mont-Blanc dans les Aiguilles Rouges. Cette première direction de plissement qui, d'après ces auteurs, est de N. 10°-20° E., est donc différente de celle des mouvements alpins (direction du synclinal de Chamonix). Ces auteurs ont employé d'autres procédés pour obtenir cette direction *hercynienne* (alignement des cristaux de feldspath et des enclaves, de la protogine, des filons de microgranulites, des bandes d'amphibolites...); ils sont arrivés à des résultats du même ordre : N. 5°-10° E. Quant aux directions alpines, ces mêmes auteurs les ont obtenues par l'observation des zones d'écrasement, des filons de quartz, des zones de contact de la protogine et des complexes cristallins. Cette direction alpine est d'ailleurs celle prise par l'ensemble du massif, soit N. 45° E. environ. En gros, le massif

du Mont-Blanc, comme celui des Aiguilles Rouges, possède une structure isoclinale poussée vers l'Ouest. Ces massifs ont réagi aux plissements alpins à la manière du « vieux matériel » déjà lointainement plissé, c'est-à-dire en se débitant en coins gigantesques et acérés (ex. : extrémité Sud du Mont-Blanc). Une seule exception a pu donner lieu à l'ancienne idée de la structure en éventail, c'est celle du Val Ferret italien; au droit de Courmayeur, en effet, le cristallin est localement renversé vers l'Est.

Les plissements alpins ont parfois été si violents qu'ils ont arraché aux coins cristallins de petites esquilles. Ces esquilles ont été transportées assez loin dans le sédimentaire (ex. : esquilles du col de Balme, de la base de la Dent de Morcles, du col d'Emaney, etc.).

Dans le massif de Belledonne, la tectonique hercynienne n'a presque pas été étudiée et nous devons nous borner à l'examen des vieux synclinaux de Houiller, dépourvus de terrains secondaires et sur lesquels le Trias est discordant. Par contre, grâce aux travaux de Marcel Bertrand et E. Ritter[1], de P. Corbin et surtout de P. Lory, la tectonique alpine est mieux connue. D'après ce dernier auteur, l'élément essentiel de Belledonne est la grande zone de racine, très étirée, qui divise longitudinalement le massif, des Bigeards et de Fau-Laurent au col de Basmont, et même au delà, en passant par le col de Clarand (carte str., Fi). Ce « faisceau des plis marginaux », homologue du synclinal de Chamonix dont il tient le rôle ici, divise Belledonne en une zone externe (Dôme de La Mure, Les Bigeards, Montsec, région de Flumet) et une zone interne d'altitude élevée (Taillefer, Grande-Lance, Sept-Laux, Charvin, etc...). Tout le massif est très poussé vers l'Ouest. Pour P. Lory, une bonne partie des collines liasiques qui bordent la zone externe serait charriée. Sur la carte structurale, notre ligne Fii marque précisément la base de la série charriée (ou simplement refoulée!).

---

[1] V. *ante*, pour la structure en plis-couchés de la région du Mont Joly.

Cette structure serait à mettre en relation avec celle de la bordure des chaînes subalpines des environs de Grenoble où les plis sont fortement refoulés vers l'Ouest (P. Corbin, W. Kilian) et ne subsistent parfois qu'à l'état de charnières anticlinales (ex. Moucherotte).

La tectonique des Grandes-Rousses est plus simple. Mais celle du Pelvoux se rapproche davantage de celle du Mont-Blanc et de Belledonne; comme ces massifs n'interviennent que pour une faible partie sur notre carte, nous ne nous y arrêterons pas.

5° Zone de l'Embrunais. — Avec elle commence ce que l'on appelle les zones alpines internes. C'est une région de nappes, ainsi que l'a nettement établi J. Boussac et comme y a longuement insisté E. Haug. Elle chevauche sur toute l'étendue de son bord occidental les terrains de faciès dauphinois de la couverture des massifs hercyniens, et ce bord est jalonné de lentilles de terrains divers; Boussac a même pu établir, notamment dans la région nord-orientale du Pelvoux, que le contact se faisait sur le Nummulitique autochtone. Haug, dans sa dernière et magistrale synthèse stratigraphique (*loc. cit.*, p. 103) a indiqué le trajet de cette ligne que nous avons dessinée sur notre carte. D'après H. Schoeller, « toute la bordure occidentale de la nappe de l'Embrunais est formée d'une série d'écailles imbriquées les unes sur les autres, alors que l'intérieur de la zone est constitué par des plis simples », parfois accumulés en certains points avec laminage et étirement dans la masse. Des écailles de terrains plus anciens (Mésozoïque, Houiller) et même de Cristallin, y font apparaître sporadiquement le substratum, comme à Villardy, à Hautecour, au Petit-Saint-Bernard (pl. B, fig. III et IIIa), sur la bordure orientale de la zone [1].

E. Haug met en relation cette zone avec le Flysch du Niesen, qui forme une nappe spéciale entre les nappes ultrahelvétiques

---

[1] Cette bordure a d'ailleurs été rattachée récemment par Schoeller à la zone du Briançonnais. (V. plus bas.)

et les Préalpes médianes (pl. B, fig. II). Cette zone, très développée en Suisse, se retrouve à la base des Klippes savoisiennes des Annes et de Sulens;. dans ce dernier massif, elle sépare nettement les deux unités dont nous venons de parler. On en trouve encore quelques lambeaux sur le plateau de Châtillon, près de Cluses.

6° Zone du Briançonnais. — Cette nouvelle zone, qui réunit la bande houillère, la Vanoise et la région des gneiss du Grand-Saint-Bernard, constitue une puissante unité tectonique qui vient s'appuyer par contact anormal sur la zone précédente. Le trajet de ce bord occidental n'est pas encore nettement défini. Certains auteurs, en effet, rattachent au Briançonnais la zone du Galibier, la région des écailles cristallines d'Hautecour, le bord oriental des schistes lustrés avec roches vertes des environs de Bourg-Saint-Maurice, l'écaille des gneiss et les schistes lustrés liasiques avec roches vertes du Petit-Saint-Bernard (H. Schoeller). Dans notre carte tectonique, nous avons, au contraire, laissé tout cela dans la zone de l'Embrunais, et la limite Ouest du Briançonnais y est déterminée par le bord même de la bande de Houiller, presque partout très nettement chevauchant.

Nous avons vu quelle était la constitution stratigraphique de cette zone et remarqué que les terrains devenaient progressivement métamorphiques en se dirigeant vers l'Est, le maximum de métamorphisme étant réalisé en Vanoise.

Sa constitution tectonique est très complexe dans le détail, mais relativement simple dans l'ensemble. D'après les travaux de E. Argand, la zone du Briançonnais (*sensu lato*) constituerait une seule et même unité tectonique, la nappe du Grand-Saint-Bernard, plus ou moins digitée et dont la structure en éventail (éventail briançonnais des anciens auteurs et qui pour eux était enraciné) serait due à l'encapuchonnement de la nappe suivante ou nappe du Mont Rose, dans la partie dorsale de cette nappe du Grand-Saint-Bernard. Cette idée a été adoptée par P. Termier, qui de longue date avait interprété la Vanoise comme un

éventail soudé au Briançonnais. Par la suite, J. Boussac a séparé la Vanoise des autres éléments du Briançonnais pour en faire une unité supérieure individualisée sous le nom de nappe du Mont Pourri, unité plus métamorphique, donc d'origine plus interne que la nappe du Grand-Saint-Bernard.

M. Gignoux, après avoir cherché à vérifier l'hypothèse séduisante de Boussac, adoptée par E. Haug dans sa grande synthèse stratigraphique (*loc. cit.*), est revenu à l'opinion de P. Termier, opinion d'ailleurs renforcée par les récentes recherches de E. Raguin et L. Neltner.

C'est l'hypothèse adoptée dans notre profil III de la planche B. On y voit nettement l'éventail de permo-houiller métamorphique sur lequel ont cheminé par place les terrains mésozoïques de la couverture sédimentaire, eux-mêmes très métamorphiques. Cette couverture, réduite au Trias inférieur (quartzites), forme les synclinaux aigus qui sertissent le massif du Mont Pourri.

On peut dire avec P. Termier que la Vanoise (s. l., c'est-à-dire l'ensemble Chasseforêt, Vanoise, Mont Pourri) est « cette région de la nappe briançonnaise qu'envahit graduellement le métamorphisme ».

Mais l'étude de la Vanoise, clef de la tectonique briançonnaise, est cependant loin d'être terminée, et de nombreux problèmes restent encore sans solution.

C'est ainsi qu'il reste à faire le raccord entre la Vanoise (soudée à la bande houillère) et la région des gneiss du Grand-Saint-Bernard.

De ce point de vue — et d'accord avec M. Gignoux — nous avons, dans notre carte et dans nos coupes (pl. B, fig. III), adopté l'hypothèse suivante : les schistes lustrés de la région de la Grande-Sassière (Haute Isère) viennent se laminer, ainsi que les écailles de mésozoïque et le cristallin de la Vanoise-Mont Pourri, entre le Houiller productif et les gneiss du Grand-Saint-Bernard. Le Mésozoïque qui, plus au Nord, au Sud de la zone de Sion-Val Ferret, réapparaît en masse dans une situation tectonique analogue, serait le prolongement exact de la Vanoise.

Dans cette hypothèse, les gneiss du Grand-Saint-Bernard sont une digitation de la nappe, supérieure à celle de la bande houillère-Vanoise.

Enfin, un autre problème est celui des paquets de Mésozoïque de la Vanoise, parfois si curieusement replissés et décollés à leur base (ex. lambeaux de recouvrement du Pelvoz) et dont l'allure n'a pas encore reçu d'explication satisfaisante.

7° Zone du Piémont. — Cette zone, largement développée dans l'angle S.-E. de la carte, est formée, d'après Argand, de noyaux gneissiques, énormes anticlinaux couchés, séparés par des synclinaux de mésozoïque très métamorphique (Trias, Schistes lustrés). Ce sont les nappes pennines, dont la première est la nappe du Grand-Saint-Bernard. La nappe suivante ou nappe du Mont Rose est représentée sur la carte par les massifs du Grand-Paradis, d'Ambin et de Dora-Maira, massifs dessinés par E. Argand dans ses coupes classiques comme des anticlinaux plongeant ayant provoqué par leur masse le redressement et même le renversement des couches constitutives de la partie dorsale de la nappe du Grand-Saint-Bernard (éventail de Bagnes, éventail briançonnais). Quant à la nappe de la Dent Blanche, d'un style tectonique semblable, la carte n'en comporte que des lambeaux (cf. *ante*).

Les schistes lustrés qui enveloppent ces plis-couchés s'avancent très loin en territoire français où ils recouvrent indifféremment tous les terrains de la zone briançonnaise, d'où l'hypothèse de la nappe des schistes lustrés de P. Termier et W. Kilian. Cette hypothèse tend de plus en plus à devenir une réalité. Dans le massif de la Vanoise, les schistes lustrés sont presque partout séparés des terrains mésozoïques par un lit continu de gypses chaotiques désignés sous le terme de « zone des gypses » par M. Gignoux et de « nappe des gypses de la Vanoise » par E. Raguin. Des lambeaux de ce niveau de gypse se trouvent çà et là dans le massif.

De plus, on connaît, en plein pays de schistes lustrés, des fe-

nêtres au travers desquelles se montrent les terrains briançonnais (ex. fenêtre de gypses entre Termignon et Lanslebourg, P. Termier) et enfin des lambeaux isolés et épars sur le même pays briançonnais et parfois très éloignés de leurs racines (ex. petit lambeau du Jeu, près Bramans, et massif du Mont Jovet, où les schistes lustrés sont même accompagnés de roches vertes, pl. B, fig. III a). Tout cela est bien la caractéristique d'une nappe. Mais il reste à interpréter cette nappe des schistes lustrés dans l'architecture pennique. P. Termier la rattache au Mont Rose. Sur notre carte, nous avons adopté une suggestion de M. Gignoux en la faisant passer, au Nord, sous le Grand-Saint-Bernard. Or, la masse des schistes lustrés, largement plissée, est partout semblable à elle-même, de sorte qu'il est permis de la rattacher à des unités différentes suivant les régions.

Signalons enfin, dans le massif Dora-Maira éventré, la fameuse zone graphitique de Pignerol, réapparition sous la nappe du Mont Rose de la zone du Grand-Saint-Bernard pour Argand, simple digitation du Mont Rose pour R. Staub.

8° Zone préalpine ou du Chablais. — C'est là une région classique pour l'étude des nappes (fig. 1).

On sait que le Chablais est formé de nappes successives qui, dans leur ordre d'empilement, sont, de bas en haut : les nappes ultrahelvétiques, la nappe de Flysch du Niesen, la nappe des Préalpes médianes, la nappe de la Brèche, enfin la nappe Rhétique.

Nous avons déjà étudié les deux premières. Il nous reste à dire quelques mots des trois suivantes, parmi lesquelles la nappe Rhétique ne subsiste qu'à l'état de menus lambeaux.

Les Préalpes médianes constituent de grands massifs montagneux qui se dressent de part et d'autre de la vallée du Rhône. En territoire français, les principaux sommets : Cornettes de Bise, Dent d'Oche, culminent face au Léman; plus au Sud, où les plis s'infléchissent, c'est le massif des Brasses et enfin le curieux Môle aux formes géométriques.

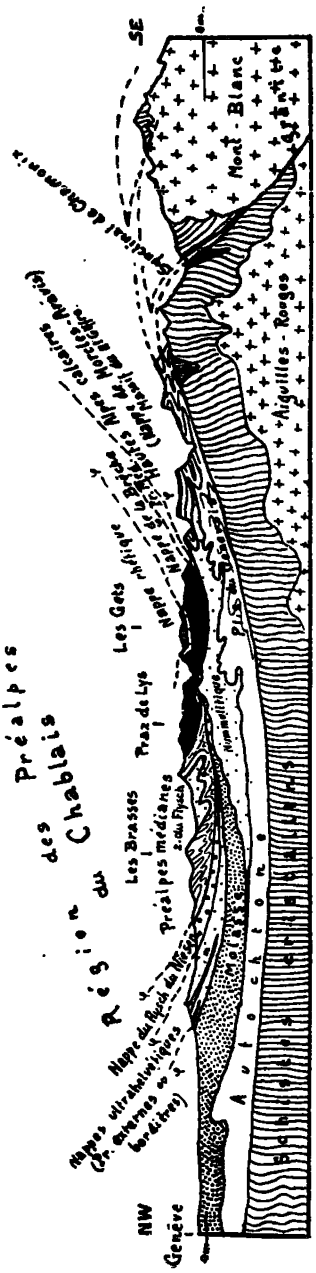

Fig. 1. — La région des Préalpes du Chablais (d'après E. ARGAND).

Ces Préalpes médianes s'appuient sur les nappes ultrahelvétiques dont un bourrelet (collines du Faucigny, Voirons, Pléiades) est conservé au Nord-Est (zone bordière), tandis qu'elles se laminent au Sud-Est. Chose remarquable, leur tectonique est relativement simple : c'est une tectonique de style jurassien aux plis successifs pouvant être suivis sur de grandes distances. Cette structure s'oppose immédiatement à celle des paquets d'écailles laminées et bouleversées des nappes ultrahelvétiques (Pléiades, E. Gagnebin). Au Sud-Est, les masses préalpines mésozoïques se complètent par l'adjonction d'une grande zone de Flysch qui supporte la nappe de la Brèche, nouvelle unité, bien individualisée en Chablais, et dont on doit une étude magistrale à M. Lugeon.

On sait que cette nappe tire son nom des faciès spéciaux qu'y prennent le Jurassique moyen (brèche inférieure, Jmb) et le Jurassique supérieur (brèche supérieure, Jsb). Cette nappe, qui couvre de grandes surfaces en Chablais, n'est plus représentée, de l'autre côté de la vallée du Rhône, que par quelques fragments (ex. Hornfluh). Cette nappe possède son Flysch spécial, développé en synclinal au Praz de Lys et surtout dans la région des Gets.

La région de la Brèche forme, d'après M. Lugeon, un immense pli-couché, ployé en faux synclinal (région des Gets) et qui se termine sur son bord frontal (région du col de Brion et de Saint-Jean-d'Aulph) par une charnière anticlinale, plongeant sous le Flysch des Préalpes médianes, et de structure complexe.

C'est dans la région des Gets que se rencontrent, égrenés dans le Flysch, des blocs énormes de roches de la série ophiolithique (variolites, porphyrites, gabbro, serpentines), des blocs de granite, de radiolarites, dont on a fait, après les avoir longtemps interprétés comme blocs exotiques noyés dans le Flysch, des débris d'une nouvelle entité tectonique, la nappe Rhétique (G. Steinmann, A. Jeannet, Rabowski). On connaît de cette nappe des lambeaux plus importants sur la rive droite du Rhône où, aux radiolarites jurassiques s'ajoutent des calcaires à *Apty-*

chus (torrent de Nairvaux, à l'Ouest de la Tour de Mayen et à l'Ouest du Mont d'Or). Pour les rapports réciproques de ces différentes nappes, le lecteur voudra bien se reporter à la fig. I de la pl. B, ainsi qu'à la fig. 1.

Au Sud du Chablais, dans le synclinal de Serraval-Le Reposoir, deux lambeaux de Préalpes médianes sont conservés, ce sont les Klippes des Annes et de Sulens. On sait que la première repose directement sur le Nummulitique autochtone par l'intermédiaire de menues lentilles de Flysch du Niesen, tandis que la seconde montre superposées, sur le socle des écailles mésozoïques ultrahelvétiques enveloppées de leur Flysch, la nappe du Niesen bien développée, et enfin la charnière liasico-triasique de la Montagne de Sulens proprement dite (Préalpes médianes) (pl. B, fig. II).

Il nous faut bien dire quelques mots du problème de l'origine de ces nappes, qui est encore très discuté. Nous avons déjà vu que les Préalpes médianes seraient, d'après Argand, originaires de la zone du Canavese; mais, d'après les recherches récentes des géologues suisses, le Flysch du Niesen lui-même et toutes les unités préalpines supérieures (Médianes, Brèche et nappe Rhétique) seraient à rattacher à d'autres nappes, supérieures à toutes celles-là, les nappes austro-alpines.

Ces conclusions sont combattues par E. Haug (*loc. cit.*, p. 215), pour qui aucune racine préalpine n'existe au Sud du bord méridional du Piémont (Z. du Canavese). La nappe rhétique (N. de la Simme) serait, pour cet auteur, originaire du bord Nord de la zone du Piémont (Z. du Combin), et les Préalpes médianes de la nappe du Briançonnais et plus spécialement de la zone houillère. Dans cette hypothèse, la racine de la nappe de la Brèche serait constituée par la nappe du Grand-Saint-Bernard.

Note pour la carte structurale (Pl. A). — On a délimité sur cette carte le Nummulitique du synclinal de Serraval-Le Reposoir, ainsi que le Flysch de la Brèche (Les Gets, Praz de Lys) et des Préalpes médianes (zone du Flysch).

Note ajoutée pendant l'impression. — Je dois des remerciements tout spéciaux à M. le professeur Lugeon qui a bien voulu me communiquer dernièrement des contours géologiques (à l'échelle du 250.000e) de la partie des Alpes suisses comprise dans le coude du Rhône (Massifs de la Dent de Morcles-Diablerets-Wildhorn, Chamossaire, etc.) et faire ainsi bénéficier ma carte de documents très importants, encore en grande partie inédits.

L. M.