



HAL
open science

Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie)

Jean Favre

► **To cite this version:**

Jean Favre. Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie). Mémoires du BRGM (Paris) , 1961, 2, pp.315. hal-03694133

HAL Id: hal-03694133

<https://brgm.hal.science/hal-03694133>

Submitted on 13 Jun 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MÉMOIRES

du

**Bureau
de
Recherches
Géologiques
et
Minières**

N° 2

JEAN FABRE

**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA
ZONE HOUILLÈRE EN MAURIENNE
ET EN TARENNAISE (ALPES DE SAVOIE)**

1961

ÉDITIONS

techni

1961

MÉMOIRES

du

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

N° 2

**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA
ZONE HOUILLÈRE EN MAURIENNE
ET EN TARENTEISE (ALPES DE SAVOIE)**

JEAN FABRE

« Il n'est aucun voyageur qui ne puisse faire quelque bonne observation et apporter au moins une pierre digne d'entrer dans la construction de ce grand édifice. En effet on peut être utile sans atteindre la perfection... »

DE SAUSSURE
« *Voyage dans les Alpes* »

Avant-propos

En 1939 rien ne semblait nécessiter une nouvelle étude du Houiller briançonnais : il était connu depuis fort longtemps. Des recherches méthodiques, tant minières que scientifiques — celles-ci suivant celles-là — avaient été plusieurs fois entreprises, notamment dans les périodes de pénurie d'énergie. Après les rapports des ingénieurs des Mines de la Première République vinrent les découvertes paléobotaniques en Tarentaise confirmant l'âge Carbonifère des terrains de la zone houillère et des bassins externes. La querelle de Petit Cœur en fut le fruit et y mit un terme. A la suite de la guerre 1914-1918, qui avait vu renaître l'activité de nombreuses exploitations abandonnées, une équipe de jeunes chercheurs, sous la direction de W. KILIAN⁽¹⁾ et avec l'appui financier de P. CORBIN, reprit à nouveau ce problème, en commençant par le Briançonnais. Depuis quelques années déjà (1909), d'une manière moins systématique, un autre grenoblois, le capitaine Ch. PUSSENOT parcourait nos montagnes, récoltait des fossiles que déterminait R. ZEILLER, tandis que l'ingénieur MOULINIER visitait les mines et tentait d'en dégager les lois et une méthode d'exploitation appropriée. Et peu à peu apparaissaient les grandes lignes de la stratigraphie de ce « bassin ».

La guerre et la défaite de 1940 suscitèrent un nouvel intérêt pour ce charbon, quasiment inexploité. En 1942, le Bureau de Recherches Géologiques et Géophysiques (B.R.G.G.) nouvellement créé, en reprit l'étude à la demande du Service des Mines de Marseille. Comme précédemment on commença par le sud, par Briançon.

En 1948, les Charbonnages de France s'y intéressèrent, C. MONOMAKHOFF étant chef du service Géologie et Gisement. Durant trois ans, en Savoie, un peu plus en Briançonnais, cet organisme va contribuer, techniquement et financièrement, aux recherches. L'abondance revenue, l'intérêt pour ce charbon faiblit. Sans l'appui persévérant du directeur du Bureau de Recherches Géologiques et Géophysiques, l'Inspecteur Général des Mines E. FRIEDEL, la reconnaissance géologique n'aurait pu continuer sans à-coups. Une première « tranche » de

(1) F. BLANCHET, L. MORET et E. ROCH (1923).

ces études en a été présentée par R. FEYS (1957) ⁽¹⁾. Le présent ouvrage en quelque sorte lui fait suite. Outre son intérêt proprement technique (la reconnaissance du terrain houiller en tant que tel est resté mon but principal), j'ose espérer que le lecteur non spécialisé y trouvera des données et des idées nouvelles sur une zone qui est, après tout, l'axe médian des Alpes occidentales.

Si des préoccupations d'ordre économique sont ainsi à l'origine de ce travail, c'est à la formation reçue à l'Université de Lille que je dois de m'y être attaché.

Aussi je tiens en premier lieu à exprimer ma reconnaissance au professeur P. PRUVOST, membre de l'Institut, dont l'enseignement, au laboratoire ou sur le terrain, dans le Nord ou la Bretagne, m'a révélé la valeur irremplaçable des observations précises, la relativité des hypothèses cependant nécessaires. Par la suite, à Paris, en dépit de ses lourdes charges, il a toujours suivi mes recherches avec bienveillance et c'est pour moi un grand honneur de lui dédier les résultats de mon travail.

Je ne puis oublier mes autres maîtres de Lille, les professeurs DEHORNE, DUPARQUE, CORSIN, WATERLOT, qui, chacun dans leur discipline, m'ont initié aux méthodes de la recherche scientifique.

Géologue « houiller », je dois l'essentiel de ma formation de géologue alpin à mon ami François ELLENBERGER. Au cours de nombreuses courses communes sur son terrain ou sur le mien, il m'a conseillé et initié aux problèmes particuliers de cette région. Au reste, nos terrains d'étude respectifs se chevauchaient sur une certaine bande, ce qui nous a permis d'étudier ensemble (et parfois de discuter pied à pied) les problèmes spéciaux à cette « zone Sapey-Peisey », tels que l'irritante énigme des « migmatites du Sapey ».

Au laboratoire de Grenoble j'ai toujours trouvé un accueil amical tant auprès de Maurice GIGNOUX, qui jusqu'à la fin m'a suivi et encouragé, que des professeurs L. MORET et R. BARBIER. Celui-ci dès le début m'a communiqué ses minutes et fait part de ses observations personnelles. E. RAGUIN et J. GOGUEL, successivement directeurs du Service de la Carte Géologique de France, en me nommant collaborateur auxiliaire, puis collaborateur adjoint, m'ont constamment aidé. Le professeur E. RAGUIN a bien voulu m'accueillir quelques mois dans son laboratoire et par la suite a revu celles de mes lames minces dont l'interprétation était délicate. Qu'il me soit permis de lui exprimer ici ma profonde gratitude, ainsi qu'à M. J. GOGUEL qui a toujours porté à mon travail une bienveillante attention et a bien voulu faire une course avec moi dans le massif du Ruitor.

Au Bureau de Recherches Géologiques et Géophysiques (devenu ensuite le Bureau de Recherches Géologiques et Minières), c'est grâce à l'appui de son directeur, E. FRIEDEL, puis P. LAFFITTE que j'ai pu poursuivre cette étude dans de bonnes conditions. Louis GUILLAUME fut pour moi, comme pour mes camarades, un second maître, censeur redoutable de nos proses, méfiant à l'extrême envers les généralisations hâtives et soucieux cependant de nous faire toucher à des problèmes très variés. Son successeur, G. CASTANY m'a facilité la tâche autant qu'il a pu et de plus a bien voulu revoir minutieusement mon manuscrit.

L'étude du houiller « briançonnais » a été au début un travail d'équipe. Si très vite celui-ci fut réparti en trois « lots » circonscrits, il a toujours gardé l'empreinte de son origine collective. R. FEYS, Ch. GREBER et plus tard M. GRANGEON ont été des compagnons de courses et plus encore de discussions passionnées où se confrontaient les observations et s'élaboraient nos idées sur l'histoire du Permo-Carbonifère de cette partie des Alpes.

⁽¹⁾ R. FEYS. Etude géologique du Carbonifère briançonnais. Thèse, Paris. Editions Technip. Paris (sous presse).

Je ne puis citer ici sans crainte d'être incomplet tous les camarades du Bureau de Recherches Géologiques et Minières qui se sont intéressés à mes recherches et m'ont guidé de leurs conseils. Je dois cependant citer K. LUCAS qui, à force d'ingéniosité, a réussi à établir des plans miniers cohérents en partant de documents hétérogènes. P. YOUTCHENKO a taillé de nombreuses lames minces dans des conditions matérielles difficiles avec un dévouement qui ne s'est jamais démenti. Enfin je suis redevable de toutes les analyses nouvelles à la sympathique équipe du Laboratoire de chimie du Bureau de Recherches Géologiques et Minières animée par P. MONTAGNE qui a toujours suivi attentivement mon travail.

Depuis 1951 le service géologique de l'Electricité de France, dirigé par J. GRONIER-LECONTE, professeur à l'Ecole Centrale, a bien voulu me faire participer à ses recherches, notamment pour l'étude des galeries qui traversaient la Zone Houillère. J'ai beaucoup retiré de cette franche et amicale collaboration. Qu'il me soit permis d'exprimer ici à M. J. CRONIER-LECONTE et à son adjoint C. BORDET, ainsi qu'à PETITEVILLE, LAKSMANAN et aux ingénieurs des régions Alpes I et Alpes II ma reconnaissance et mon amitié.

Il ne m'est pas possible de dire ici tous ceux qui m'ont encouragé et aidé. Je ne puis pas cependant ne pas citer Madame E. JÉRÉMINE, les professeurs FELDMANN, FOURMARIER, JONGMANS, qui à des titres divers se sont intéressés à mes recherches.

Enfin je ne puis oublier tous ceux de là-bas, des deux côtés de la frontière, mineurs, guides ou bergers, et en particulier Madame et Monsieur COUTIN, guide à Peisey, M. TALLENDIER, directeur des Mines de Maurienne, ainsi que Jean BLANC, berger à Saint-Martin de Belleville et la famille BOZONNET, de Sainte-Foy-Tarentaise, qui si souvent ont partagé la soupe et le toit dans leurs « montagnes » de Pecllet et de la Sassièr.

INTRODUCTION

I. APERÇU GEOGRAPHIQUE

Le voyageur qui remonte les cluses étroites de l'Arc ou l'Isère, encore engagé dans des reliefs tourmentés, sculptés dans le Flysch des Aiguilles d'Arves ou le Mésozoïque subbriançonnais, voit soudain devant lui s'ouvrir la vallée : les crêtes s'élèvent; les lourdes pentes, couvertes de prés au nord, plus boisées au sud, empâtées de moraines et d'éboulis, sont couronnées d'un feston de rochers gris, ruiniformes. C'est la zone Houillère ⁽¹⁾.

Dans ce pays monotone on chercherait vainement une ossature, des lignes directrices. Tout au plus peut-on noter des replats successifs, balcons que l'on suit d'aval en amont et qui semblent se correspondre sur les deux versants, mais rien qui permette de déchiffrer la structure (GIGNOUX-MORET, 1931); aussi la stratigraphie et la tectonique étaient-elles restées jusqu'ici embryonnaires. La géologie de paysage se trouve ici en complet échec; c'est pas à pas, mètre par mètre, qu'il faut tenter de lire la structure, fort compliquée en vérité, comme on le verra par la suite.

Des barres de grès, de quelques mètres de haut, percent çà et là le manteau morainique; des écorchures au flanc de la vallée, en forme de cirques surbaissés, dégorgent vers le bas leurs blocs et leur pierrailles. La montagne s'affaisse pesamment sur elle-même. En revanche, une agréable couverture végétale et des sources innombrables font des versants des prés-bois agrestes.

Des restes de la couverture mésozoïque couronnent les crêtes de quelques vallées adjacentes et rompent un peu la monotonie des formes et des teintes : chaîne des Sétaz (Valloire), Thabor Cheval Blanc (Bissorte), Arplane Roc Mounio (Les Herbiers), Croix de Verdon (Saint-Bon-Allues).

Avant de passer à l'analyse structurale qui nous occupe essentiellement, nous étudierons rapidement le relief trompeur qui s'y est installé afin de distinguer dès l'abord les formes qui relèvent de la structure même du Houiller de celles dues aux actions glaciaires ou post-

(1) L'altitude moyenne de la Maurienne houillère est 2 111 m d'après H. ONDE (1938).

glaciaires. Chemin faisant nous décrirons succinctement les dépôts récents qu'elles ont engendré.

OROGRAPHIE

L'orographie de la zone que nous avons étudiée est assez simple : trois vallées principales la traversent, dont deux d'est en ouest, c'est-à-dire perpendiculairement à sa direction moyenne. Ce sont du sud au nord :

- La vallée de l'Arc, entre Modane et Saint-Michel-de-Maurienne;
- La vallée de Bozel, entre le Villard-de-Bozel (jadis Villard Goîtreux) et Brides-les-Bains;
- Enfin l'Isère qui, venant du sud, entre dans la zone houillère à la Thuile et coule ensuite vers le sud-ouest, de Bourg-Saint-Maurice à Aime où elle pénètre dans les zones subbriançonnaises.

Des vallées secondaires méridiennes s'ouvrent au-dessus des vallées principales. Elles s'y raccordent, suivant les cas, par de hauts gradins ou de profondes entailles :

— Dans le bassin de l'Arc on trouve, d'amont vers l'aval, la vallée des Herbiers qui descend du col de Fréjus, et en face, sur l'autre versant, le vallon de Polset; plus loin la vallée de Bissorte, puis celle de Valmeinier et enfin la vallée de Valloire (sa partie amont seule est dans le Houiller).

— Dans le bassin du Doron de Bozel, sur le versant sud, les « Trois Vallées » de Saint-Bon (Courchevel), des Allues (Méribel), de Belleville dans le Houiller en amont de Saint-Martin, et sur le versant nord le vallon du Bonrieu.

— Enfin dans le bassin de l'Isère la vallée de Peisey-Nancroix au sud, celles de l'Arbonne et l'Ormente au nord. Toutes ces vallées secondaires, sauf celle de Peisey, sont grossièrement parallèles aux couches ou suivent les bordures orientale et occidentale de la zone Houillère.

FORMES DE PAYSAGE

Afin de mieux situer les adaptations (trop rares) du relief à la structure, il est bon de décrire sommairement les formes générales du paysage.

A côté des pentes molles, invertébrées, du bassin de Saint-Michel, ou de la vallée de l'Isère entre Aime et Séz, on peut trouver des reliefs plus fermes, quoique confus encore : la sauvage vallée de l'Arc, entre le Pont de la Denise et le Freney, le massif de Péclet-Polset (3 500 m), et surtout les contreforts du Ruitor dans le haut vallon du Nant Saint-Claude, montrent des formes abruptes dûes à des séries résistantes. Ce relief peu différencié et souvent mûr doit son modelé à la composition lithologique propre du Houiller, qui elle-même a conditionné pour une part l'activité glaciaire et les phénomènes post glaciaires ou récents.

Le modelé glaciaire

Pour H. ONDE (1938) le modelé glaciaire est prépondérant. C'est lui qui réglerait les paysages Tarins et Mauriennais : auges en U ou en V, verrous et ombilics, sont en effet

encore bien visibles. Ce modelé est surtout marqué dans les zones résistantes de la masse houillère, riches en grès et en conglomérats. La vallée de Bissorte est à cet égard très typique, de même que les vallons de la Sassièrè et de la Louïe Blanche dans le bassin du Nant Saint-Claude. Ces vallées nues sont barrées de place en place par de beaux verrous, franchis en cascades ou entaillés de gorges étroites.

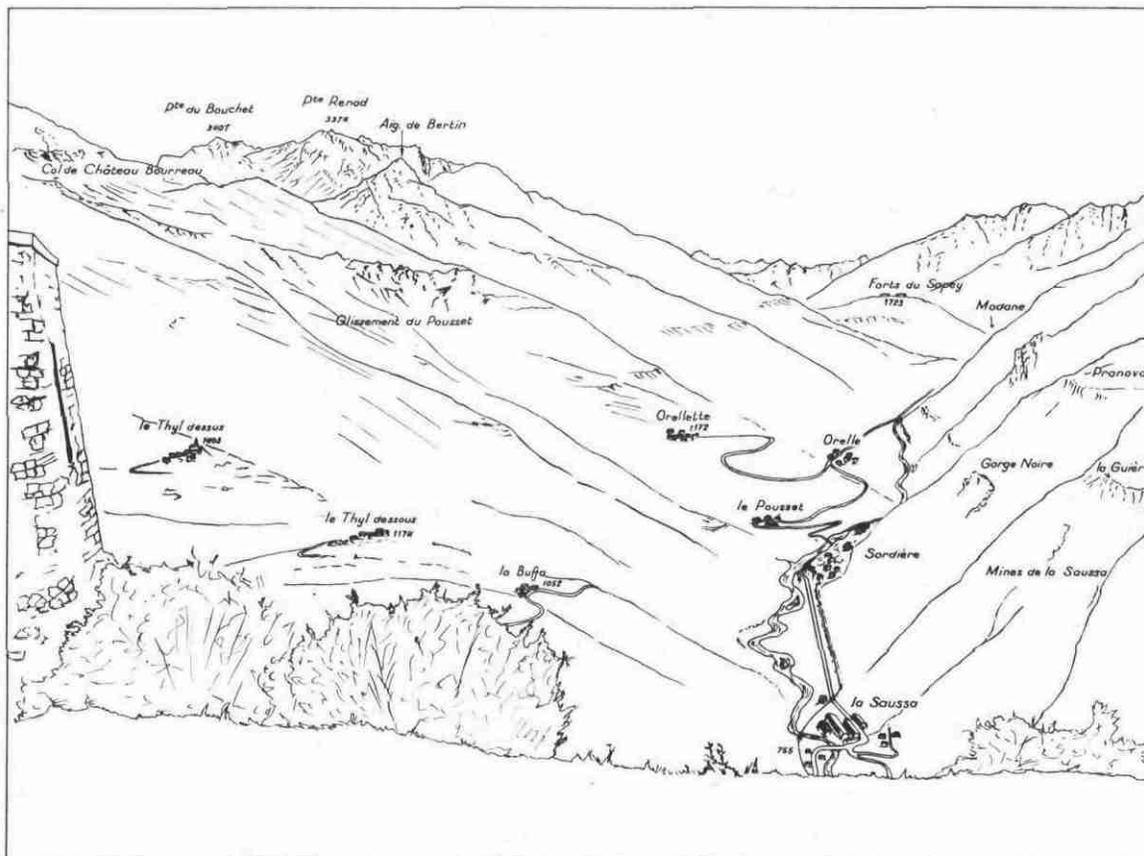


FIG. 1. — Vallée de l'Arc. Vue du Col du Télégraphe (d'après une photographie)

Ce modelé est par contre beaucoup plus empâté dans les vallées creusées dans des couches tendres. Les verrous esquissés ont fait place à de profonds ravins qui se raccordent à la vallée maîtresse. Sur ce point le contraste est frappant entre la vallée de Bissorte, haut perchée au-dessus de l'Arc, et ses voisines des Herbièrès et de Valmeinier (il est vrai que ces dernières, avec un bassin versant plus important, ont aussi un torrent plus actif).

Les replats de versants sont souvent soulignés par des clairières au milieu des bois. Dans la vallée de l'Isère ils ont été répartis par H. SCHOELLER (1930) en trois niveaux de glacière ancien. H. ONDE, remarquant la grande variété de cotes de ces replats, ainsi que la forte pente de plusieurs d'entre eux, n'admet pas l'hypothèse de surfaces cycliques successives, mais préfère y voir des témoins de pédoncules de confluent ou de coude hydrographique aigu « grossièrement nivelés par le débordement des appareils » (p. 742). Si cette hypothèse est valable pour la Tarentaise, elle est moins plausible sur la rive gauche de l'Arc : plusieurs des

« balcons » observés sont dûs au déblaiement de couches tendres surmontant une barre de grès dur, par exemple au débouché d'un petit cirque glaciaire (Plan Bronsin, le Droset). D'autres (Bordelin, Pranova, le Sapey, Lausanne) se succèdent sur près de 4 km à l'aval de Franco, vers 1 400 m d'altitude, à travers des assises différentes. On est manifestement en présence d'un niveau d'érosion individualisé. Un deuxième niveau, plus élevé et moins net, paraît s'abaisser d'amont vers l'aval entre 1 700 (altitude du verrou du Sapey) et 1 600 (altitude du verrou du Télégraphe). C'est à cette cote que se situent, toujours sur la rive gauche de l'Arc, les replats du Prec (en contrebas du barrage de Bissorte), du point 1 643 en face de Bonvillard, du point 1 601 (en contrebas de Plan Bronsin), du Château (1583) et du Plan du Bois. Enfin certains petits replats semblent être le sommet de loupes de glissement.

H. ONDE attribue encore à l'érosion des glaciers sur des pédoncules de confluent, la formation des larges croupes molles séparant la vallée des Allues de celle de Belleville, au nord du Signal d'Arpasson. Il invoque la proximité de ce grand carrefour qu'est l'X Tarin de Moutiers. Cette hypothèse est plausible pour le plateau de Leschaux et le Dos de Crêt Voland, mais non pour toute la crête.

Les moraines

Les moraines anciennes, remaniées, sont rarement caractéristiques. Les moraines récentes, par contre, permettent de suivre pas à pas le recul des glaciers. Certaines ont été conservées à des cotes assez basses (moraine de Bon Conseil, en aval de Bourg Saint-Maurice) mais habituellement on ne peut les cartographier que beaucoup plus haut : moraines latérales aiguës et rectilignes, moraines frontales passant vers le bas d'une façon continue aux « glaciers rocheux » bien visibles sur photographies aériennes. Nous n'avons pu vers l'amont tracer de limite avec les moraines de névé. Ces édifices sont parfois remis en mouvement par des coulées de solifluxion avec lesquelles ils arrivent à se confondre. Anciens ou même récents, ces dépôts glaciaires ne forment aussi bien souvent qu'un revêtement discontinu, d'épaisseur variable, sur les flancs adoucis des vallées.

Phénomènes postglaciaires

Comme le remarquait déjà H. ONDE, il est évident que le creusement postglaciaire est à peine esquissé dans la plupart de nos vallées — tout au moins pour les cours d'eau secondaires. Les ruisseaux courent à fleur de terre, sans entailler profondément le versant (1). Un grand nombre d'entre eux sont d'ailleurs captés dès la zone des alpages et répartis sur toute la pente par un système de canaux d'irrigation qui contribuent à gorger d'eau le sous-sol.

La sédimentation postglaciaire est plus remarquable :

Les alluvions

Les alluvions ont comblé les fonds et en particulier la vallée de l'Isère. Dans de rares coupes naturelles on observe une alternance de phases fines argilosableuses et grossières (galets). Plus haut, de petits verrous ont permis une sédimentation plus calme.

Ainsi au sud de Valloire on peut observer la coupe suivante dans les alluvions du ruisseau de la Ponsonnière entaillés en amont du hameau des Mottets, à 2 150 m d'altitude :

- 0,25 m : Terre végétale;
- 0,30 m : Sable gris clair;
- 0,20 m : Cailloutis;

(1) Certaines formes mineures du relief peuvent être interprétées comme des vallons de gélivation TWIDALE, 1956-1958). Elles passent insensiblement aux formes « de glissement » décrites plus loin (p. 16).

- 0,35 m : Sable roux grossier;
 - 0,80 m : Sable argileux gris, à lits charbonneux, contenant de rares débris végétaux (bois) et une lentille d'argile sableuse fine, plastique;
 - 0,20 m : Sable argileux, friable, jaune, terminé par une croûte ferrugineuse de 1 cm d'épaisseur;
 - 0,70 m : Cailloutis dans sable argileux gris.
- Notons le niveau à bois flottés.

La tourbe

Les tourbières sont nombreuses, surtout dans la zone des alpages, aussi bien dans les ombilics glaciaires, anciens lacs comblés (Plaine de Bissorte, Plan de l'Eau dans la vallée de Belleville, Plan de Tuéda dans celle des Allues) que dans les petits creux de moraines ou de roches moutonnées.

Dans les plaines, les fonds de vallons, la tourbe est chargée d'apports détritiques — argile sableuse, sable, gravier. Le torrent y serpente, créant sous nos yeux de véritables *wash-out*, analogues à ceux qui parcourent les couches de charbon de certains bassins houillers. Les tourbières du second type, plus « propres », étaient jadis et sont parfois encore, exploitées par les bergers. La tourbe y atteint plusieurs décimètres à 2 m d'épaisseur. Fréquemment on peut y distinguer deux niveaux. En Maurienne comme en Tarentaise, et jusqu'à 2 300 m d'altitude au moins, la couche inférieure est une « tourbe de forêt ». Elle contient de nombreux débris de bois, parfois même de gros troncs (extraits comme bois de chauffage) et des graines de pin (1). La couche supérieure est plus fine et plus homogène, formée en grande partie par la végétation herbacée qui la couvre actuellement (Lignaigrettes, etc.). Si l'on rapproche cette observation des faits notés dans les alluvions comme ceux de la Ponsonnière, il apparaît que ces vallées, maintenant dénudées ont été recouvertes, après la dernière glaciation, d'un manteau forestier qui montait jusque vers 2 200 ou 2 300 m d'altitude (2). On a rendu l'homme, et ses chèvres, responsable de leur disparition (3). Il a certainement sa part dans la dénudation actuelle; mais on peut penser aussi que deux siècles n'ont pas suffi pour que se forment plusieurs décimètres ou même 1 m de tourbe herbacée et que de légères modifications climatiques sont intervenues dans la mort des plus hautes forêts. Une mesure d'âge absolu permettrait de trancher ce problème.

Tufs

La présence de tufs calcaires dans des secteurs où le Houiller affleure exclusivement (dans la haute vallée de Belleville, par exemple) ne laisse pas de surprendre. Les analyses chimiques ont confirmé la très faible teneur en chaux des roches qui le composent. Leur origine est donc assez énigmatique. Puisque le seul lessivage du Houiller, même en tenant compte des filons de carbonates divers et de sidérose, ne paraît pas pouvoir en fournir les éléments (4), on peut envisager celui de formations aujourd'hui disparues : lambeaux de la couverture mésozoïque ou de moraines en provenant (5). Ces tufs forment de petits placages sur le glaciaire et les éboulis de pente. Nous n'en avons pas trouvé de plus anciens. Ils peuvent être très riches en oxyde de fer (tuf ferrugineux à l'est de Montauléver, dans la

(1) Déjà notées par Ch. PUSSENOT (1919) et H. SCHOELLER (1930).

(2) W. KILIAN (in KILIAN-RÉVIL, 1904) signale (p. 63) l'existence de cônes et de rameaux de *Pinus uncinata* (= *montana*) au Lautaret dans des tufs attribués au dernier interglaciaire. Si cette position stratigraphique est exacte, il ne s'agirait évidemment pas du même épisode.

(3) HÉRICART de THURY (1806), p. 220 et H. SCHOELLER (1930) p. 24-25 et 45.

(4) Mais peut-être, comme nous l'a suggéré F. ELLENBERGER, la décalcification des plagioclases est-elle encore en cours ?

(5) Comme le champ de blocs calcaires abandonnés sur le verrou du Saut, dans la haute vallée des Allues. Dans ce cas particulier l'origine doit en être recherchée sur l'autre versant de la vallée.

vallée de Belleville). Ceux-ci s'expliquent plus aisément par la décomposition du Houiller ou des filons d'hématite, nombreux ici.

Cônes d'éboulis, de déjection. Ecoulements

Dans la zone du Houiller homogène, qui se désagrège en masse sans donner de pics aigus, nous ne trouverons de beaux cônes d'éboulis qu'au pourtour des lambeaux mésozoïques. Habituellement les nappes de pierrailles, discontinues, passent insensiblement à la roche en place, fragmentée, diaclasée. Si les conditions topographiques s'y prêtent, les reliefs notables sont rongés par des glissements ou des écroulements. Ces derniers atteignent rarement une grande ampleur. On connaît l'écroulement de la Moluire, survenu au-dessus du Miroir de Sainte-Foy-Tarentaise. Il s'agit là d'ailleurs tout autant d'un glissement de dépôts meubles (éboulis et moraines) gorgés d'eau à cette époque (juin). Nous en avons retrouvé d'autres au pied du Mont Brequin, du Roc de Tougne.

Les cônes de déjection sont bien développés au débouché des vallées secondaires lorsqu'ils peuvent s'étaler dans les vallées maîtresses comme c'est le cas pour celle de l'Isère : cônes du Reclus, de l'Arbonne (1), du Ponturin, de Sangôt et Macôt, de Bonnegarde et de l'Ormente, etc... A Aime, la galerie Saint-Jean-Baptiste a donné une coupe de celui du ruisseau de Bonnegarde (sables, graviers, blocs reposant sur des éboulis de pente et de la moraine) avant d'entrer dans le Houiller fissuré.

Glissements

Le visage des montagnes houillères doit beaucoup de son modelé aux glissements de versants. Ces phénomènes commencent à être bien connus (2). Ils peuvent être de deux sortes :

— *Glissements de terrain superficiels*. Ce sont les plus visibles, les plus brutaux, mais ils affectent en général un volume réduit et se produisent souvent à l'intérieur ou autour d'un thalweg. A la fonte des neiges, des terrains gorgés d'eau se mettent en marche : tels sont les glissements qui ont barré à deux reprises (en 1955), la route nationale n° 6 dans la vallée de l'Arc, à Saint-Michel et au Pont de la Denise; la base du glissement peut donner lieu à des coulées boueuses (« laves »).

— Plus discrets, mais cependant plus imposants, sont les *glissements en masse* qui intéressent non seulement le Quaternaire mais aussi la partie superficielle disloquée du substratum rocheux. Au sommet on observe des dépressions étroites, allongées horizontalement ou même des crevasses béantes de plusieurs mètres de long, comme dans la vallée de l'Arc à l'ouest-sud-ouest des chalets de Polset. Lorsqu'ils ne sont pas étendus ils prennent la forme de grosses loupes, couronnées par des niches d'arrachement ébouleuses (à Aime, sur la rive droite du ruisseau de Bonnegarde, au-dessus de la mine). Lorsqu'ils affectent tout un versant, la niche d'arrachement est moins caractéristique : au-dessous d'une zone de crevasses et de dépressions allongées qui peut débiter dès la crête s'étalent des loupes mal individualisées, coalescentes, de roches brisées, basculées, passant insensiblement à des éboulis remaniés et en profondeur à la roche saine. C'est là l'origine des « crêtes bifides » (3), si curieuses, de nos

(1) D'après H. SCHOELLER, ce cône serait produit par des débâcles après rupture de barrages formés par des glissements de terrains.

(2) M. LUGEON et OULIANOFF 1922, J. GOGUEL 1943, p. 147 et L. MOULINIER 1924, p. 218.

Récemment ils ont été étudiés d'une manière approfondie par C. BORDET (1957) dans sa seconde thèse de doctorat, notamment en ce qui concerne les épaisseurs affectées et les conséquences pour les travaux de Génie civil.

(3) Ces formes, que nous décrivions en 1952 dans un rapport inédit (B.R.G.M., A 352) ne sont pas propres au houiller : C. BORDET en a observé dans les schistes cristallins de Belledonne (1957b).

montagnes houillères : au sommet s'allonge un fossé qui peut atteindre 100 ou 200 m de long et renferme parfois un petit lac (Belleville : Côte Brune), ou un résidu de glacier (entre Mont Brequin et Cime Caron). En contrebas s'allongent d'autres dépressions. La crête entre les vallées de Belleville et des Allues montre une série de formes de ce type entre le Mont de Péclet et le Roc de Fer ; de même celle au nord du col de Pierre Blanche.

Ce phénomène intéresse rarement tout un versant : on peut citer la montagne de Boismain, dans la vallée de Belleville (pente 20° environ), le versant nord du vallon des Moulins, au sud du Petit Saint-Bernard. Habituellement les massifs glissés se succèdent sur la pente, séparés par des bosses de roches en place (ou qui du moins le paraît).

Les cirques surbaissés et croulants, à forte pente, remplis de blocs, qui apparaissent sur les flancs des vallées au milieu des alpages, n'ont souvent pas d'autre origine ⁽¹⁾.

Presque tous les versants sont affectés par ce phénomène. Plusieurs facteurs interviennent dans sa localisation et son extension : la nature des roches, la direction des bancs et la topographie glaciaire. L'expérience montre que des couches grossièrement parallèles à la pente et contenant des veines de charbon sont presque toujours glissées : citons dans la région du Petit Saint-Bernard le vallon des Moulins et les deux versants de la crête de Montseti, dans la vallée de Belleville le versant est et la montagne de Boismain, dans la vallée de Valmeinier le vallon des Marches ⁽²⁾.

En valeur absolue, le déplacement ne paraît jamais très important, quelques mètres ou quelques dizaines de mètres. Sauf en crête, il est très difficile de le chiffrer, d'autant plus qu'il s'applique, comme l'a bien montré C. BORDET, à des terrains déjà disloqués par le « fauchage ».

Dislocation, fauchage des couches en surface, etc.

Les roches qui se fissurent, les bancs qui s'inclinent au voisinage de la surface ont été souvent décrits ⁽³⁾. Les travaux miniers nous ont montré que les grès et schistes houillers peuvent être fissurés jusqu'à 250 m en horizontale et 150 m de profondeur verticale. C. BORDET cite des chiffres plus importants encore pour les schistes cristallins. Les fissures, larges de quelques millimètres ou centimètres, parfois 10 ou 20 cm, sont vides ou remplies d'eau, d'argile, de terre, de graviers.

Une autre conséquence de ce « foisonnement » au voisinage de la surface est l'écoulement des schistes onctueux et du charbon hors de leurs épontes de grès qui se referment. Une coupe détaillée, même faite sur un affleurement bien dégagé, donne en général une proportion de grès plus forte qu'une galerie dans la même stampe. Les profils publiés par P. CHRIST (1925, pl. V), de la mine d'Isérable, dans le Valais, sont à cet égard très significatifs ⁽⁴⁾. Nous avons obtenu des résultats semblables en comparant les relevés de surface et ceux des galeries de l'adduction Neuvache-Bissorte au sud de l'Arc. Là aussi on pourrait multiplier les exemples. Le cas particulier des migrations de charbon et son expulsion dans les terrains superficiels a été décrit antérieurement (FABRE-FEYS, 1952).

(1) On peut rapprocher de ces dernières formes les « cirques d'érosion » décrits récemment par P. RAUQ (1957). Les conditions sont un peu différentes (matériel intéressé, rôle de l'eau par exemple) mais les deux phénomènes sont du même ordre. Ils sont provoqués par les mêmes causes (glissements) et subissent une évolution analogue.

(2) On pourrait allonger cette liste de tous les cas moins typiques; MOULINIER (1924) a décrit le glissement de la Rossa, dans la vallée du Ponturin : une galerie, partie dans une veine de charbon, a rencontré la moraine à 30 m de profondeur. Une grande partie du versant rive gauche de l'Isère, entre Bourg Saint-Maurice et Aime, est probablement glissé : entre 1900 et 2200 m d'altitude, on note toute une série de formes de départ, etc.

(3) Voir en particulier LUGEON et OULIANOFF 1922, J. GOGUEL 1943, C. BORDET 1957b, C. SCHMIDT, 1920. (p. 48).

(4) L'auteur interprète ces discordances par une disposition lenticulaire des couches.

Tous ces phénomènes, et en particulier les glissements en masse et la plus grande partie des dislocations superficielles nous semblent avoir suivi immédiatement la fonte des grands glaciers quaternaires ⁽¹⁾. En effet de nombreux indices montrent que les dislocations (si l'on ne parle pas de la désagrégation de la pellicule superficielle) sont antérieures au remplissage alluvial des vallées (Houiller fissuré de la galerie Saint-Jean-Baptiste, à Aime). Quant aux glissements en masse ils paraissent maintenant figés pour la plupart — à moins que les travaux miniers ne viennent les réanimer en provoquant un nouveau déséquilibre : défilage et foudroyage d'une couche épaisse par exemple (crevasses du sol et dislocation des maisons du village de Montgilbert à la suite des travaux de la concession de Planamont à Aime).

L'eau d'infiltration, qui provoque les glissements de moraine en liquéfiant l'argile à blocs ne joue plus à cette échelle le rôle déterminant. Le lubrifiant est ici le charbon, mylonitique, onctueux.

Ces phénomènes contribuent à atténuer les reliefs des versants, en particulier la dissymétrie des vallées nord-sud (Belleville amont, par exemple) due originellement au pendage moyen des couches et accentuée par l'érosion glaciaire (H. ONDE, p. 97). Par contre nous pensons qu'ils sont responsables de la dissymétrie de la vallée de l'Arc (E.-O.) : le versant exposé au sud a une pente plus faible, un relief plus dégradé, que le versant d'en face. Or ceci ne provient ni de la nature des couches, identique de part et d'autre de la vallée, ni de leur pendage ou de leur direction, qui est N.-S. Ce versant a été libéré de ses glaces beaucoup plus tôt que l'autre (comme maintenant de ses neiges) et l'érosion thermique, disloquant les roches et facilitant ainsi les glissements, s'y est exercée avec beaucoup plus de force.

Sols

Je ne m'arrêterai pas aux sols et aux phénomènes périglaciaires, souvent bien caractérisés dans ces montagnes où les alpages montent très haut. Disons seulement que la grande hétérogénéité des produits de désagrégation du Houiller, jointe à la rareté des matériaux argileux en altitude, paraissent être les causes pour lesquelles on n'observe nulle part de beaux sols polygonaux ou striés. Par contre, au pied des névés, les dallages naturels sont fréquents, car de nombreux grès se débitent en lauzes.

Plus bas dans la vallée la moraine, constituée à partir des grès et des schistes du Carbonifère est, à faible distance de la surface, noire et compacte, au point que des galeries paysannes, parties sur des traînées charbonneuses à la recherche du « filon », ont pu la traverser sans boisage. En surface, elle s'oxyde et se désagrège.

CONCLUSIONS

Si l'on met à part la morphologie quaternaire, plus ou moins bien marquée dans cette masse homogène mais facilement remise en mouvement, une étude approfondie du paysage ne révélera guère au géologue que la direction générale des couches, et parfois des pendages moyens. Elle suggèrera les zones de roches un peu plus résistantes, c'est-à-dire plus riches en

(1) L'appel au vide, cause de cette dislocation des versants, peut être produit, soit par la disparition pure et simple du glacier, soit, comme nous l'a fait remarquer F. ELLENBERGER, par un creusement post-glaciaire (en aval des Brévières dans la vallée de l'Isère) ou encore par la dissolution du gypse (vallon du Reclus entre Séez et le col du Petit Saint-Bernard, vallon de l'Arbonne au-dessus de Bourg Saint-Maurice).

grès, et les synclinaux majeurs dans la mesure où ils ont conservé en place leur contenu mésozoïque. On pourra relever quelques accidents tardifs soulignés par de petites arêtes obliques sur la direction des couches et un certain nombre de replis aigus, complexes et apparemment anarchiques.

Mais la structure interne du Permohouiller, la position relative des différents ensembles qui la composent ne se révéleront que par l'étude de chaque affleurement.

II. SITUATION GEOLOGIQUE

Si géographiquement la zone Houillère ne constitue pas une entité bien nette et n'apparaît, dans notre région, que comme le glacis avancé des hauts massifs de Vanoise, tectoniquement il en est de même. Située entre deux chapelets de massifs cristallins (Aar, Mont Blanc, Belledonne, Rousses, Pelvoux, Argentera, au nord et à l'ouest; Mont Rose, Dora Maira, Grand Paradis, Sezia Lanzo, à l'est), elle avait été considérée comme zone axiale au centre de l' « Eventail briançonnais » : de part et d'autre en effet les couches sont déversées vers l'ouest et vers l'est. Le triomphe des théories nappistes l'a ensuite réduit au rôle de repère commode, en avant des Pennides, repère que l'on suivait de Ligurie jusqu'au Simplon. Le renversement des pendages, fait capital pour les premiers auteurs, partisans de l'enracinement, est considéré alors, par rapport à la structure générale de la chaîne, comme un phénomène secondaire, dû par exemple à un rétrocharriage tardif vers l'est (voir par exemple F. ELLENBERGER, 1954). La zone Houillère est une digitation frontale de la nappe IV (ou du Grand Saint-Bernard) d'ARGAND, ou de la Nappe des Mischabel (BEARTH-STAUH). HERMANN (1938) en fait une unité indépendante : la Nappe du Briançonnais que les travaux de l'Ecole de Grenoble permettent de séparer des zones externes subbriançonnaises. Mais la distinction du « Houiller briançonnais » et du « Houiller subbriançonnais », nette en France, est plus équivoque dans le Valais. M. GIGNOUX entre autres (1950, p. 318) et tout récemment R. TRUMPY (1957) pensent que « la zone Houillère du Val d'Aoste et du Valais englobe aussi bien des éléments subbriançonnais que briançonnais » (R. TRUMPY 1957, p. 453).

En fait, l'ensemble zone Houillère briançonnaise - Houiller subbriançonnais occupe, tout au moins pour le Paléozoïque, une position médiane entre deux domaines bien différents du point de vue paléogéographique, tectonique et pétrographique :

— A l'ouest l'autochtone (massifs cristallins) et le parautochtone (zones ultra-dauphinoises) comportant du Houiller d'un niveau toujours élevé (Stéphanien moyen) qui représente d'anciens petits bassins limniques, transgressifs sur un substratum cristallophyllien, récemment analysé par C. BORDET (1957).

— A l'est un Permocarbonifère plus ou moins métamorphique, où les veines de schiste charbonneux sont une curiosité, et dont l'âge n'a jamais pu être établi directement par des fossiles (1).

Le Permocarbonifère briançonnais auquel on peut joindre le subbriançonnais (faisceau de Salins en Tarentaise) vient s'intercaler entre eux : 4 000 à 5 000 m de couches où tous les étages sont représentés, du Namurien au Permien inférieur. Entièrement continental, sans aucun niveau marin connu, il contient de très nombreuses veines de charbon. Tectoniquement ces deux Permocarbonifères respectivement briançonnais et subbriançonnais, sont séparés l'un de l'autre ainsi que des deux précédents, par des surfaces de contact anormal, presque toujours soulignées par du gypse ou des cargneules. Auquel de ces deux ensembles, autochtone ou pennique, faut-il les rapporter ? duquel dépendent-ils paléogéographiquement ? c'est l'une des questions que nous nous poserons. D'autre part, c'est le long de la zone Houillère briançonnaise que s'est arrêté le front de métamorphisme alpin; parfois un peu en deçà (Briançonnais) ou au-delà (Valais), toujours à proximité. Cet aspect sera aussi étudié.

Notre terrain représente, dans la zone Houillère, un secteur long de 80 km, large de 4 à 16 km, qui correspond à sa partie savoyarde ou encore au bassin de l'Isère, entre les lignes de partage des eaux d'avec la Durance et la Dora Baltea. La partie briançonnaise proprement dite a été étudiée dernièrement par R. FEYS (1957) : le Carbonifère n'y est pas métamorphique, sa tectonique relativement simple; une stratigraphie fine a pu être établie grâce à de nombreux fossiles. Plus au sud, au-delà du col de Larche, la partie ligure est encore très mal connue. Les études en cours de J. P. BLOCH nous éclaireront à ce sujet. Au nord dans le Val d'Aoste, la zone Houillère se rétrécit. Dans le Valais, elle est réduite à trois bandes minces (les « trains ») tectonisées, écaillées et chevauchées par les Schistes de Casanna métamorphiques. En dépit des recherches minutieuses des géologues italiens et suisses, elle n'a livré aucun fossile caractéristique (à part un *Pecopteris*) qui permette d'établir une stratigraphie et de faire des comparaisons avec la partie française.

En Savoie, les fossiles sont moins nombreux qu'en Briançonnais, presque toujours déformés, et les replis structuraux plus complexes. Par ailleurs le front de métamorphisme alpin prend en écharpe notre zone en intéressant du sud au nord des couches de plus en plus occidentales. L'étude du bassin houiller de Savoie interne est donc rendue délicate par ces divers facteurs convergents : schistosité et dislocations complexes, recristallisation, rareté des repères paléobotaniques. Cette difficulté réelle de l'étude avait jusqu'ici rebuté la plupart des chercheurs. L'on verra par la suite ce que nos recherches ont réussi à élucider et ce qu'elles n'ont pu résoudre. Du moins ont-elles bénéficié de beaucoup plus de moyens et surtout de temps que celles de nos prédécesseurs.

(1) J. GOGUEL et P. LAFFITTE (1952) ont cependant découvert dans les gneiss d'Ambin des tiges cylindriques aplaties, striées longitudinalement, que l'on pourrait, en première approximation, rapprocher des *Calamites*.

III. HISTORIQUE (1)

AVANT 1828

Dans la découverte des richesses minérales de la Savoie le charbon prend figure de tard venu. Si **PLINE** (2) en effet connaît des mines à Macôt, si des concessions ont été accordées dès 1496 pour le plomb argentifère dans la vallée de l'Isère (Macôt), dès 1646 pour le fer dans celle de l'Arc (Sarrazins, etc...), ce n'est que cent ans plus tard que nous trouvons des traces d'une exploitation industrielle de l'antracite. « Vers le milieu du siècle dernier » écrit **LELIVEC** (1806) à propos d'une veine de Macôt, « une société bernoise y fit faire des travaux considérables... Elle employait cette houille, l'une des meilleures du pays, à l'évaporation de l'eau salée dans l'établissement de Moûtiers qu'elle tenait à ferme ».

En l'an III de la République un rapport anonyme fait l'inventaire des ressources de la région et distingue des mines de charbon particulièrement intéressantes à Montagny, Macôt et les Chapelles. Mais il faut attendre quelques années pour voir éclore les premières études scientifiques sur ce sujet. Elles sont l'œuvre, probablement en partie collective, de savants et d'ingénieurs gravitant autour de l'*Ecole pratique des Mines* de Peisey (bientôt transférée à Moutiers) : **HÉRICART de THURY**, **LELIVEC** et **BROCHANT de VILLIERS**, élève de **DOLOMIEU**.

Le premier (1803) remarque à la mine de Chalanche dans la zone externe, que les empreintes trouvées dans les schistes encaissants sont « ou entièrement converties à l'état de charbon

(1) L'évolution des idées sur la géologie de cette partie des Alpes a été analysée à plusieurs reprises et sous des angles variés par de nombreux auteurs, notamment **A. FAVRE** (1865), **W. KILIAN** et **J. REVIL** (1904), **R. BARBIER** (1948), **F. ELLENBERGER** (1958). Nous nous contenterons donc d'indiquer succinctement ce qui, dans la connaissance de la zone Houillère en Savoie, nous paraît être l'apport original des principaux chercheurs. Néanmoins pour ce qui concerne la découverte du métamorphisme alpin, on se reportera aussi avec fruit au mémoire de **F. ELLENBERGER** (1958) et pour celle des flores fossiles et de leur signification à celui de **Ch. GREBER**

(2) Hist. Nat., liv. 36, ch. 1.

ou blanches et filamenteuses dans leur cassure transversale et ayant l'aspect soyeux de l'asbeste dans leur cassure longitudinale, celle dans laquelle les schistes s'effeuillent ». Un peu plus loin il ajoute : « il m'a paru que les premières, celles charbonnées, avaient appartenu à des tiges ligneuses... tandis que les autres dues à des plantes herbacées ont beaucoup plus d'analogie avec des fougères, des *larex*, des *gramens*, des bromes, des equisètes... ».

Ces empreintes et « les brèches quartzieuses, granitoïdes qui recouvrent cette substance... prouvent évidemment que cet anthracite a été formé depuis l'existence et par la destruction des êtres organisés ». Il en conclut que : « cette substance appartient au sol secondaire, et que, voisin du primitif, il est d'une formation de beaucoup postérieure à la sienne ». Il fait la même observation à Venosc, en Oisans, et dans les Rousses (Huez).

Trois ans plus tard, à propos de la mine de plomb du Saut, il décrit dans notre région nos migmatites permienes du synclinal de Gebroulaz, « agglomérats primitifs, porphyres, taches de diallage » contre lesquels s'appuie une masse de « chaux sulfatée » de plus de 100 m d'épaisseur.

La même année LELIVÉC donne un nouvel inventaire, plus complet, des mines de charbon de la zone Houillère et du faisceau de Salins. Il signale des impressions de fougères au toit d'une veine près du col du Petit Saint-Bernard et décrit fort bien la « houille »... « entièrement privée de bitume, en sorte qu'elle s'allume très difficilement ». Il se plaint déjà des méthodes d'exploitation des paysans qui ne boisent pas et criblent la montagne de trous à faible profondeur (ce qui n'a guère changé depuis).

BROCHANT de VILLIERS (1808) rapproche ces mines de celle de la Chandoline, dans le Valais. Il note qu'à Montagny l'anthracite « forme tantôt des amas irréguliers, parallèles aux couches, assez épais mais peu étendus, tantôt des couches déterminées. Elle est souvent entrecoupée de veines de quartz blanc... et mélangée de pyrite... A Montagny le schiste micacé adhère immédiatement à des poudingues quartzieux à pâte de schistes micacés et fragments de roches primitives... ». Il remarque à son tour les empreintes végétales des toits, notamment à Villarlurin, au Petit Saint-Bernard, à Landry.

Il ajoute : « J'ai cherché vainement à trouver dans la Tarentaise de l'anthracite en filons, comme quelques observateurs l'avaient annoncé... On reconnaît que ces prétendus filons sont des veines ou amas irréguliers, contemporains aux couches... ».

Nous retrouverons pourtant ces conceptions curieuses dans des procès verbaux de visite du *Service des Mines* près d'un siècle et demi après.

Ainsi, à l'aube du XIX^e siècle, les caractères particuliers de l'anthracite alpin, de son mode de gisement, des fossiles souvent séricitisés qui l'accompagnent, étaient déjà décrits avec beaucoup de précision⁽¹⁾. Les auteurs n'éprouvaient cependant pas le besoin de distinguer fondamentalement ces formations des autres terrains anthracifères connus à cette époque.

Quelques années plus tard, BAKEWELL montre l'identité des fossiles que l'on y trouve avec les plantes du Carbonifère.

Mais vient l'affaire de Petit Cœur (1828). A. FAVRE en a décrit l'histoire en son temps, et récemment R. BARBIER, F. ELLENBERGER et R. FEYS; aussi n'y reviendrons-nous pas⁽²⁾.

(1) C'est le temps de définitions. Au même moment, le professeur JURINE de Genève, dans la lettre où il crée le terme de « Protogine », proteste contre : « l'abus que l'on fait journellement... du mot schiste, puisqu'il n'arrive que trop souvent aux auteurs de désigner sous ce nom des ardoises, quoique ces deux roches soient nettement séparées par la nature de leurs parties constituantes ». Il est regrettable qu'il n'ait pas été entendu.

(2) La séance de la *Société Géologique* du 7 mai 1855 est presque entièrement dominée par cette question. On y trouvera des lettres et notes de SISMONDA, GAUDRY, etc. et des remarques d'E. de BEAUMONT. Elle contient aussi une bonne bibliographie raisonnée des travaux dans les Alpes, première ébauche de la « bibliographie géologique » que publiera plus tard le laboratoire de Grenoble.

Notons seulement qu'elle stérilise les recherches dans cette zone, en faussant au départ les observations de ceux qui, partisans de la « géométrie », parcouraient notre région. On en retrouve fort curieusement de lointaines réminiscences dans l'une des dernières publications de Ch. PUSSENOT (1930).

DE 1860 A 1915 - PREMIERES SYNTHESSES

Vers 1860 le percement du tunnel de Fréjus, le rattachement de la Savoie à la France, la réunion de la *Société Géologique de France* à Saint-Jean-de-Maurienne provoquent une floraison de notes et de rapports. Les premières concernent surtout la tectonique. A. FAVRE (1860) donne une coupe du Houiller de la vallée de l'Arc fort bonne pour l'époque. Il remarque la zone de couches verticales en amont de la Saussaz, à laquelle fait suite, vers l'est, un dôme anticlinal dont l'axe passerait au Freney; W. KILIAN reprendra cette idée (1904-1918) en déplaçant l'axe anticlinal vers l'ouest. FAVRE s'oppose en cela à Ch. LORY qui voit la zone Houillère dessiner un fond de bateau, ce qui lui permet de considérer les gneiss du Sapey comme le substratum cristallophyllien du Houiller. Quoi qu'il en soit, l'un et l'autre ont remarqué la structure en éventail.

SISMONDA avait suivi, et fait suivre de près, le percement du tunnel de Fréjus. E. de BEAUMONT publie une bonne description des échantillons qu'il lui avait envoyés pour les collections de l'*Ecole des Mines* de Paris.

Grâce à Hippolyte LACHAT, ingénieur des Mines à Chambéry de 1857 à 1865 et de 1881 à 1891, nous possédons une documentation de premier ordre sur les mines de Savoie, leur géologie, leur histoire. Elle se présente sous forme de rapports manuscrits, souvent de sa main, parfois de celle de ses collaborateurs, actuellement dispersés dans les dossiers du *Service des Mines* de Grenoble et de la *Direction des Mines* de Paris.

Mais au total, dans l'apport des chercheurs de cette fin de siècle, si important par ailleurs, notamment sur le métamorphisme alpin, nous trouverons peu de chose. Ch. LORY dont on sait l'importance qu'il attribuait aux failles, a surtout travaillé dans le Briançonnais proprement dit.

Nous retiendrons deux notes de Marcel BERTRAND. Cet auteur décrit les « poudingues quartzeux » au sommet du houiller et observe leur passage aux gneiss du Sapey et de Foglietta⁽¹⁾. Il souligne « l'intercalation en plusieurs points... des assises métamorphiques entre le Houiller typique et le Trias, avec passage insensible à l'une et à l'autre de ces deux formations ». Cette question des migmatites stéphanopermiennes va rester encore longtemps une pierre d'achoppement pour les géologues de Maurienne et de Tarentaise. Par contre, faute de courses suffisantes, il ne voit pas la nature du massif du Ruitor et dessine le Bec de l'Ane comme formé de schistes et grès houillers normaux.

Du point de vue tectonique, il montre l'importance de l'éventail noté par A. FAVRE : « c'est donc bien, au moins pour cette partie des Alpes, la zone axiale des plissements, ce n'est pas un axe de symétrie... ».

(1) Il paraît avoir vu aussi les poudingues gris et verts passer sous les gneiss du Sapey, au bord de l'Arc, en amont du Pont de Saint-André (voir p. 72).

KILIAN et RÉVIL s'aventurent peu dans les « assises houillères » qui, pour l'époque en effet, « ne présentent que peu d'intérêt géologique ». Ils y relèvent, dans la région du Thabor, un certain nombre d'affleurements de roches éruptives. Ils tentent d'y démêler les grands traits de la tectonique; cependant leurs coups du Thabor, de Valloire, des Encombres, fondées sur un examen superficiel des formes et une stratigraphie embryonnaire, nous paraissent aujourd'hui contemporaines de celles de A. FAVRE. Répondant à M. BERTRAND et P. TERMIER, ils ne trouvent pas « d'exemple bien frappant de l'existence de plis transversaux d'une certaine importance... qui auraient motivé le tracé des grandes vallées transversales de l'Arc et de l'Isère... ». Ils décèlent dans leur « zone cristalline delphino-savoisienne » une sorte de fragment remanié de l'ancienne chaîne hercynienne, portant les traces de mouvements antéstéphanien, poststéphanien et permien et découvrent l'écaille cristalline de Villarly. Dans les déformations intimes des roches, ils distinguent « l'étirement », « la fragmentation » (boudinage), « le gaufrage », « la schistosité... indépendante de la stratification » et un « métamorphisme mécanique ».

C'est dans les années précédant 1914 que peu à peu ARGAND, LUGEON, TERMIER, etc... précisent les grandes lignes structurales de cette « zone axiale » des Alpes. On a vu un passage progressif aux schistes cristallins de Vanoise et du Valais; dès lors la zone Houillère n'apparaît que comme un liséré non métamorphique au bord de l'énorme masse permocarbonifère de la nappe du Grand Saint-Bernard. L'éventail n'est plus qu'une disposition secondaire, précoce pour TERMIER, tardive pour W. KILIAN (1903). Il fait peu de doutes que le tout soit charrié; « un puits foré à Briançon rencontrerait probablement, sous le Houiller, les assises oligocènes... » (TERMIER 1902).

Il est donc normal que sa tectonique propre soit inextricable, « confusément agitée » (TERMIER). Dans le Briançonnais cependant cet auteur, comme auparavant Ch. LORY, se livre à une étude précise du Carbonifère. Il tente en vain de trouver des séquences lithologiques, cherche l'origine des galets des conglomérats et des argilolites bariolées du Permien qu'il attribue à des coulées liparitiques ou des cinérites dépendant des éruptions de liparites (1891). Par contre sa conception du bassin de sédimentation, dont la zone Houillère occuperait le bord occidental, est encore simpliste.

LUGEON, de son côté, par l'étude des massifs cristallins externes, cherche comme KILIAN à définir le rôle des plissements antérieurs à l'orogénèse alpine. Il distingue (1911-1930) deux « tempêtes orogéniques » antérieures à celle-ci : les « tempêtes » Ségalaunienne (antéstéphanienne) et Allobrogiennne (antétriasique).

Pendant ce temps, plus modestement, le capitaine PUSSENOT recherchait des fossiles : comme tout le monde, il exploite les gisements connus (les Encombres, Macôt, le Petit-Saint-Bernard) et en découvre quelques autres, soit à proximité (Lachemonde, La Masse dans le massif des Encombres, Ceriseray au-dessus de Macôt), soit dans des zones encore vierges (Valmeinier, Valloire). Ses récoltes sont déterminées par R. ZEILLER. Il tente pour la première fois une synthèse stratigraphique, englobant les bassins externes. Elle est malheureusement faussée par la méconnaissance du chevauchement séparant la Vanoise de la zone Houillère, accident que BOUSSAC redécouvre au même moment. Il distingue :

Stéphanien :

Zone supérieure : Houiller métamorphique de Tarentaise et conglomérats de Sangôt (= *pro parte*, le Permocarbonifère métamorphique du Mont Pourri).

Zone des filicacées ?

Zone des Cordaïtes : Petit Cœur, Grandes Rousses.

Zone des Cévennes : La Mure, Servoz, Outre Rhône, Tarentaise, Maurienne.

Zone de Rive-de-Giers ?

Westphalien :

Westphalien supérieur : Tanninges.

Westphalien moyen : horizons supérieur et moyen en partie : Petit Saint-Bernard, Rive gauche de l'Arc, Briançonnais.

Deux ans plus tôt, il avait découvert les calcaires de Geneuil, près de Valloire « dans les schistes houillers qui se trouvent au contact du Permien ». Lui aussi note la rareté des conglomérats au sein du Carbonifère et leur fréquence au sommet.

DE 1918 A 1940

L'entre-deux-guerres voit apparaître des levés de détail au 1/20 000 et au 1/50 000; ceux de BLANCHET et MORET en Briançonnais *str. s.*; ceux de ROCH (1926) en Briançonnais et aux environs de Moutiers. Deux mises au point paraissent : l'une sur la partie briançonnaise (BLANCHET, MORET, ROCH, 1923), l'autre sur la partie savoyarde (MORET, 1925, chap. II) de la zone Houillère; SCHOELLER déborde des limites de la nappe de l'Embrunais et, pour le 1/50 000 de Bourg-Saint-Maurice étudie le Carbonifère de la vallée de l'Isère. Il donne (1929 et 1930) une bonne description des types lithologiques qui le composent. Comme PUSSENOT il distingue un Westphalien productif, un Stéphaniens stérile et un Permien (schistes violets et arkoses à galets de cristallin), sans toutefois apporter de nouveaux éléments paléontologiques. Dans la « bande Houillère occidentale » qui deviendra le « faisceau de Salins » de R. BARBIER (1948) il note à la partie supérieure du Carbonifère un niveau de « conglomérat de roches cristallophylliennes ».

E. RAGUIN (1931) sur la feuille au 1/50 000 du Petit-Saint-Bernard tente de localiser les niveaux de poudingues dans le Houiller de la zone frontière.

Enfin MOULINIER résume en 1924 son expérience d'exploitant de mine en face des problèmes particuliers que posent les gisements alpins.

En Suisse, GAGNEBIN et OULIANOFF (1924) découvrent les premiers fossiles du Carbonifère valaisan : deux empreintes de cf. *Pecopteris miltoni*. La même année CHRIST (1924) publie une description détaillée des travaux miniers. WINTERHALTER fera le point de la question au Congrès de Heerlen en 1927.

TRAVAUX RECENTS

L. MORET ressuscite en 1947 la nappe du Mont Pourri de J. BOUSSAC. Par ailleurs la poursuite des levés au 1/20 000, pour la carte géologique au 1/50 000, aboutit à d'importants travaux qui renouvellent nos connaissances sur cette partie des Alpes. R. BARBIER (1948), J. DEBELMAS (1955), dans les zones ultradauphinoises et subbriançonnaises, F. ELLENBERGER (1958) en Vanoise, publient d'importants mémoires. Dans la même ligne se placent les recherches de R. MICHEL (1953) dans le Grand Paradis qui mettent l'accent sur la métasomatose sodique alpine, de M. LEMOINE, R. LATREILLE et B. TISSOT dans le Briançonnais, et les mémoires non encore publiés de R. FEYS sur la zone Houillère (1957) et de C. BORDET sur Belledonne (1957).

Un travail analogue est effectué dans le Valais par A. LOMBARD (1942-1949), J. M. VALLET (1950), J. J. CALAME (1954), R. TRUMPY (1954-1957).

A. AMSTUTZ (1954-1955-1957) apporte des idées neuves sur la tectonique des Pennides et la composition du Permocarbonifère métamorphique, tandis que LLOPIS LLADO (1951) et SARROT-REYNAULD⁽¹⁾ remettent en question l'âge du métamorphisme hercynien dans les zones externes.

Quelques notes préliminaires avaient enregistré dès 1949, l'état d'avancement des travaux de l'équipe du *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* (R. FEYS, Ch. GREBER, J. RICOUR, J. FABRE).

⁽¹⁾ In SARROT (J.) et HAUDOUR (J.) 1956.

IV. BUT DU TRAVAIL ET METHODES EMPLOYEES

Dans la vallée de l'Arc la masse énorme et confuse du Carbonifère « briançonnais », semble au premier abord impénétrable. En 1951, alors que les premiers traits de sa structure avaient été dégagés par PUSSENOT et KILIAN, l'auteur de la légende de la carte au 1/80 000 Saint-Jean-de-Maurienne considérait cependant « la tectonique indéchiffrable dans la sous-zone houillère, où toute stratigraphie est impossible ».

De fait l'application des méthodes classiques d'analyse des terrains houillers s'est, dans notre secteur, presque toujours soldée par un échec.

Les fossiles, rares dans ces roches très déformées, ont la plupart du temps été trouvés par hasard et non dans le débitage systématique des toits d'une stampe définie. L. MORET l'avait déjà noté; nous en avons fait l'expérience à nos dépens.

Comme dans le Valais (A. LOMBARD, 1942 et 1949) l'analyse sédimentologique est décevante : nous trouvons ici des dépôts fluviatiles qui s'apparentent autant à ceux des bassins limniques qu'à ceux des bassins paraliques; les variations latérales sont rapides, les repères habituels (niveaux marins, tonsteins, toits particuliers) absents ou méconnaissables dans le froissement généralisé des couches et le métamorphisme alpin naissant.

Les pendages varient rapidement; les plis évoquent beaucoup plus un bouillonnement anarchique qu'une succession de rouleaux; dans ces séries incompetentes des dysharmonies se produisent à tous les niveaux et les stampe se déforment indépendamment les unes des autres. A part le grand chevauchement frontal, les quelques accidents visibles dans la topographie sont des failles tardives, de tassement.

Nous avons été ainsi conduit, sur les conseils de F. ELLENBERGER, à rechercher d'abord les grands ensembles lithologiques ou stratigraphiques. Leurs contours, flous, ne pouvant apparaître dans une aire restreinte, nous avons dû étendre considérablement notre terrain d'étude. Par la suite M. P. PRUVOST nous a demandé de voir aussi le faisceau de Salins afin de pouvoir comparer les différentes manières d'être du chevauchement de la zone Houillère en Briançonnais, en Savoie et dans le Valais.

La base de ce travail est un levé, représentant plus de 900 km², sur le plan directeur au 1/20 000. Ce levé comporte les principaux bancs de grès, de schistes et de conglomérat, les axes de plis et de linéation. Cette carte a été complétée par une série de coupes, réduites ensuite au 1/50 000 et une carte interprétative à la même échelle.

En outre, dans la mesure du possible, les galeries hydroélectriques et les mines ont été visitées et relevées, les archives concernant des travaux anciens dépouillées. J'ai bénéficié pour ce travail de la complaisance du personnel du *Service des Mines* de Grenoble et de la précieuse collaboration de K. LUCAS. Ce dernier a réussi à donner une image au 1/1 000 et au 1/5 000 des principales mines, à partir de documents disparates, de valeur très inégale, ce qui n'avait pu être fait jusqu'à ce jour (exception faite de la mine de Montgirod). Outre des renseignements statistiques, ces coupes et ces plans, malheureusement trop peu nombreux, nous font connaître le style des déformations tectoniques de détail du terrain houiller.

Près de quatre mille échantillons ont été récoltés, dans lesquels nous avons pu faire tailler au *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* environ six cent lames minces. Nous avons pratiquement laissé de côté l'étude du charbon : les problèmes sont sensiblement les mêmes que dans le Briançonnais où ils viennent d'être décrits avec grand détail par R. FEYS (1957). Par contre nous nous sommes attachés à celle des roches houillères stériles et de leur évolution sous l'action du métamorphisme. Nous avons pu bénéficier de soixante-cinq analyses originales exécutées par le laboratoire de chimie du *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* : vingt-quatre portent sur des roches éruptives ou métamorphiques et permettent de rapprocher et de comparer les intrusions « briançonnaises » de celles de la zone Vanoise-Mont Pourri; quarante-deux sont faites sur des roches sédimentaires, schistes et grès, banaux ou exceptionnels : elles sont destinées d'une part à nous renseigner sur la composition chimique du Permocarbone et son évolution possible dans le temps, d'autre part sur les modifications qu'elles auraient pu subir du fait du métamorphisme alpin.

V. PLAN DE L'EXPOSE

La géographie et le sujet lui-même nous ont en quelque manière imposé le plan de cet exposé.

Dans une première partie :

— La coupe de la vallée de l'Arc nous montrera le passage des formations permocarbonifères briançonnaises, avec leurs problèmes particuliers, aux formations savoyardes correspondantes.

A la suite de Ch. LORY, W. KILIAN, Ch. PUSSENOT, nous essaierons d'analyser la structure d'ensemble de la zone Houillère en son point de dilatation maximal. Les rapides variations du Permien, de part et d'autre de cette zone et d'un versant à l'autre de la vallée, seront étudiées en conclusion de ce chapitre, en partant d'une échelle type que nous trouverons au fond de la vallée de Valloire.

— L'étude du bassin du Doron de Bozel éclairera certains points demeurés douteux, notamment l'âge des séries grossières sommitales, et complètera nos connaissances sur le Permien.

— Dans la vallée de l'Isère nous apporterons quelques précisions à la stratigraphie établie auparavant et des données nouvelles concernant les roches intrusives et la tectonique du Houiller. Enfin nous verrons apparaître, sur le bord interne de notre zone, son substratum cristallin. Les résultats stratigraphiques obtenus nous amèneront à discuter de l'âge de séries conglomératiques autrefois attribuées entièrement aux étages inférieurs du Carbonifère productif.

Dans une seconde partie, nous tenterons une synthèse des enseignements que l'on peut tirer du secteur étudié du point de vue de la paléogéographie et des manifestations éruptives permocarbonifères, ainsi que de la tectonique et du métamorphisme alpins.

On trouvera en annexe :

— des coupes au 1/50 000 destinées à donner une image de la zone Houillère et à éviter une description tectonique longue et fastidieuse.

— les résultats des analyses de charbons et de roches silicatées, les tableaux, diagrammes et commentaires qui s'y rapportent.

Les plantes fossiles ont été étudiées et déterminées, sauf indication contraire, par Ch. GREBER. En une matière aussi délicate que la paléobotanique, il ne nous a pas paru souhaitable d'étudier nous-mêmes ou de faire déterminer ces empreintes isolément. Les problèmes qu'elles soulèvent, tant du point de vue conservation que du point de vue paléontologique, ne peuvent être résolus que par une étude beaucoup plus vaste portant non seulement sur la zone briançonnaise toute entière, mais aussi sur les bassins externes, placés dans le cadre de la Cordillère de l'Europe moyenne. Les noms d'espèces cités dans le texte seront donnés à titre indicatif, afin de faciliter le report, nécessaire, aux travaux de notre collègue et ami Ch. GREBER.

PREMIÈRE PARTIE

Dans cette première partie nous tenterons de délimiter les faits géologiques que révèle l'étude du Permo-Carbonifère. Les observations de terrain ou de laboratoire ont été en partie consignées dans des rapports inédits. En les résumant et les interprétant ici nous avons essayé de ne faire intervenir que le minimum d'hypothèses.

L'échelle stratigraphique du Westphalien au Stéphalien est celle adoptée par les Congrès de Heerlen (1927-1935), complétée par les mises au point récentes de P. PRUVOST, P. CORSIN, W.J. JONGMANS. La question de la limite Westphalien-Stéphalien ne sera pas abordée ici. Dans la région étudiée la transition est insensible; le Westphalien terminal (D) et le Stéphalien inférieur (A) ont dû être réunis sous le nom d'Assise de Tarentaise.

Les plantes fossiles ont été, dans le passé, étudiées par plusieurs auteurs différents. Pour notre stratigraphie nous n'utiliserons que les déterminations qui ne peuvent, après examen, être mises en doute : celles de ZEILLER portant sur les récoltes de PUSSENOT, celles de P. CORSIN et de Ch. GREBER.

Nos conclusions, qui sont celles de Ch. GREBER, s'écarteront parfois de ce qui avait été admis avant nous, car plusieurs gîtes fossilifères rapprochés mais d'âge différent ont été jadis confondus sous le même nom (Encombres ou Petit-Saint-Bernard, par exemple), et de nombreux gisements nouveaux ont été découverts.

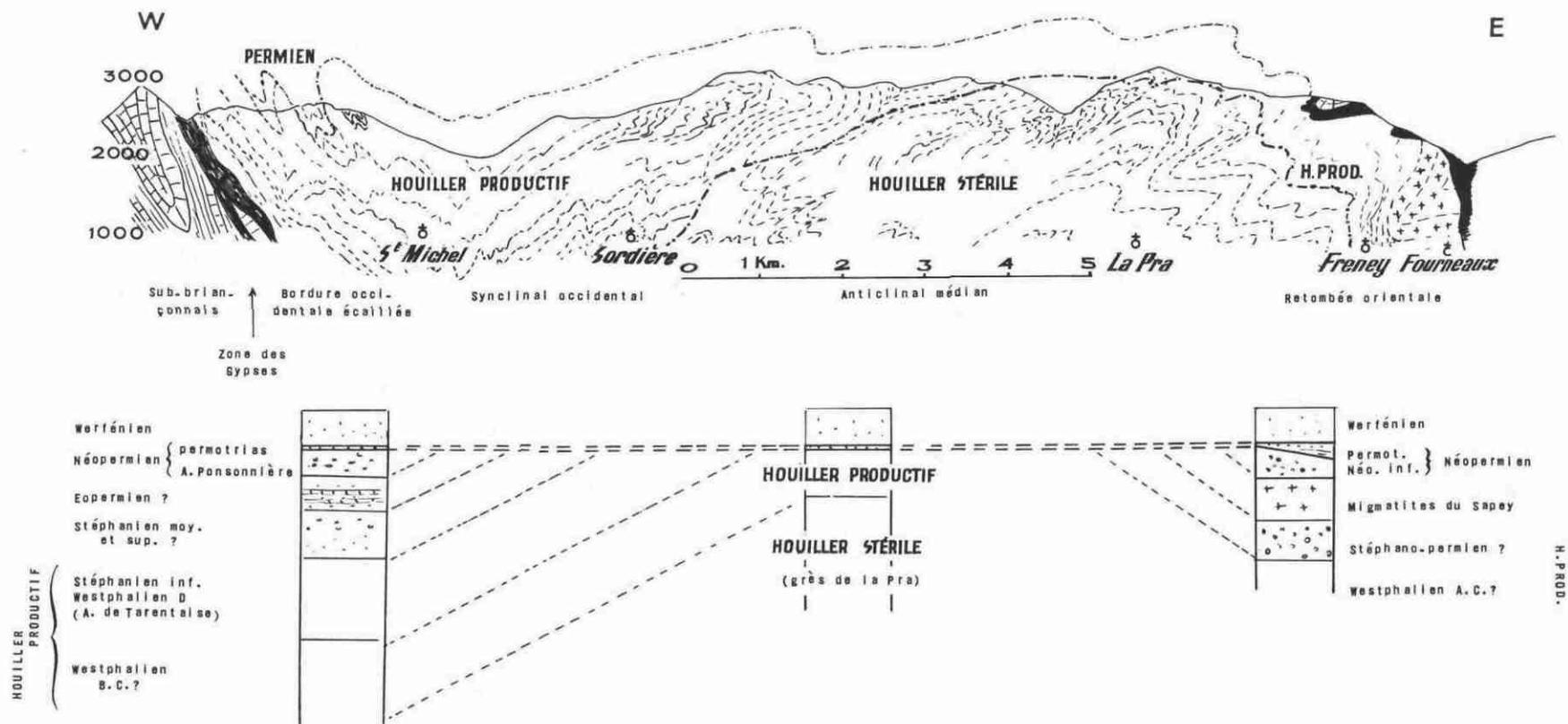


FIG. 2. — Coupe schématique à travers la zone houillère dans la vallée de l'Arc.

I. COUPE DE L'ARC

La première coupe qui s'impose à nous et qui de tous temps a attiré les géologues, est la coupe de la vallée de l'Arc. De Modane à Saint-Michel-de-Maurienne, ce torrent, incomplètement dompté, traverse la zone Houillère dans sa plus grande largeur, orthogonalement aux couches en un point de culmination axiale.

La vallée, profonde de 2 000 à 2 500 m, correspond grosso modo à une limite lithologique : au sud commence le Houiller de type briançonnais *str. s.*, d'âge Westphalien, riche en grès, lardé de microdiorites, surmonté (exception faite de la vallée de Valloire) en discordance par un Permien conglomératique réduit à son terme le plus élevé (Verrucano); au nord s'étend le Houiller tarin, grande masse schisto-gréseuse Westphalien supérieur - Stéphanien inférieur, qui passe en continuité au sommet à un Permien épais, partiellement migmatisé sur le bord est (zone Sapey-Peisey de F. ELLENBERGER).

Notons que c'est à cette latitude qu'apparaissent, lorsqu'on vient du sud, à l'est, la zone Vanoise-Mont Pourri et à l'ouest de nouvelles unités sub-briançonnaises.

Dans la vallée de l'Arc, la structure du Permocarbonifère « briançonnais » peut se résumer ainsi :

a) *La bordure occidentale*

Un accident à pendage est entraîné le chevauchement de la zone Houillère sur les écailles sub-briançonnaises par l'intermédiaire d'un matelas de gypse emballant en vrac des débris de la couverture briançonnaise (R. BARBIER, 1948). Au voisinage immédiat de cet accident le Houiller est écrasé et écaillé; il serait vain d'y chercher une succession normale.

b) *Le synclinal occidental*

C'est l'éventail proprement dit. Il correspond à la zone déprimée, riante, qui s'ouvre en amont du Pas du Roc. Il s'étale au sud sur une partie de la vallée de Valloire et celle de

Valmeinier et au nord, du col des Encombres au Mont Brequin. Au niveau de l'Arc il est formé de Houiller productif. C'est là que s'ouvrent la plupart des mines d'antracite.

c) *L'Anticlinal médian*

L'Arc s'encaisse ensuite dans le Carbonifère stérile sur 7 à 8 km, tandis que les crêtes s'élèvent sur la rive droite jusqu'à plus de 3 000 m d'altitude. Nous sommes au cœur de la zone Houillère, dans ses couches les plus profondes, malheureusement non datées. Les plus hauts sommets du Houiller briançonnais dominant le versant nord : Pointe Rénod (3 374 m), Pointe du Bouchet (3 407 m); en face, au sud, le dôme anticlinal est écrêté par la vallée suspendue de Bissorte.

d) *La retombée orientale*

Le Houiller productif qui couronnait les crêtes descend ensuite rapidement au fond de la vallée qu'il atteint au Freney. Inexploitable, réduit tectoniquement et stratigraphiquement, il affleure largement sur le versant sud aux abords de Modane-Fourneaux, sous l'effet de replis est-ouest; au nord il apparaît peu, étiré et renversé sur un Permien presque entièrement migmatisé, qui constitue le verrou du Sapey. A Modane, la zone houillère s'enfouit en profondeur contre le front de la zone Vanoise-Mont Pourri.

A. LA BORDURE OCCIDENTALE

La surface de chevauchement qui met en contact les zones briançonnaises et sub-briançonnaises par l'intermédiaire de la zone des gypses a, dans la vallée de l'Arc, un pendage est d'environ 45°. Cet accident, qui limite la zone briançonnaise, ne correspond pas au laminage du flanc inverse d'un hypothétique pli couché, mais tranche obliquement les zones stratigraphiques et les unités tectoniques. Cette observation se dégage immédiatement de l'examen des cartes géologiques lorsque l'on considère non seulement l'allure des bandes synclinales de la couverture mésozoïque (qui est assez peu démonstrative), mais aussi celle des unités stratigraphiques dans l'« ensemble siliceux » (1).

Au fond de la vallée le Houiller n'est pas visible. Plus haut quelques petits affleurements près du village de la Porte et le long de la route nationale 202 montrent que les couches grises à charbon sont ici directement au contact du gypse.

1. Valloire

Il en est de même dans la partie inférieure de la vallée de Valloire. Au sud du village, le Houiller à anthracite (deux ou trois veines), daté au Chezlu (921.55-323.65) du Westphalien supérieur (2) vient directement au contact des deux écaillés sub-briançonnaises du Rocher de Saint-Pierre et du Rocher de Ratamorte (3).

En amont, une coupe O.-E. passant un peu au nord du Rocher Bernard montre (Profil 51 bis) :

1) Subbriançonnais : Lias et Dogger du Rocher Bernard. La zone des gypses est masquée et probablement très réduite.

2) Schistes versicolores, glissés, du Permien.

3) Entre 1860 m et 1890 m, deux petits affleurements de calcaire et de quartzite du Trias, broyés. Un peu plus haut (1920 m à 2000 m) les calcaires affleurent plus largement. Ils contiennent à quelques Diplopores.

On peut les interpréter soit comme une dalle qui aurait glissé à la surface du Houiller, entraînant à sa base une petite lame de quartzites, soit comme une (ou deux) écaillés insérées le long d'un accident N.-S. qui se continuerait, invisible à travers le Houiller.

4) Puis viennent à nouveau les schistes gréseux rouges du Permien. Tout à fait au sommet, les schistes gréseux bariolés alternent avec des bancs de quartzites blancs à grains roses et de schistes et grès fins verts qui passent aux quartzites blancs werféniens de la Sétaz des Prés.

Le Houiller réapparaît au sud dans le ravin de Bonnenuit (4) :

— Au-dessus de calcshistes blancs, chiffonnés, rapportés aux Marbres en plaquettes, vient une zone confuse, ébouluse, où semblent passer des cargneules, du gypse, et peut-être même un peu de schistes du Permien.

— A partir de 1870 m affleure le Houiller en place à pendage est d'abord faible, puis devenant progressivement vertical à partir de 1910 m. Il contient deux ou trois petites couches de charbon.

— Il est surmonté par une dizaine de mètres de schistes bariolés et de quartzites écrasés (Permo-Trias ou base du Werfénién).

— Puis viennent les calcaires triasiques de la chaîne des Sétaz.

(1) Sur l'indépendance de « l'ensemble calcaire et l'ensemble siliceux », voir GOGUEL, 1940.

(2) PUSSENOT (1930, p. 31-33) y signale *Alethopteris essinghi*, *Neuropteris gigantea*, *Lepidophyllum lanceolatum*. Un échantillon de même provenance a été déterminé par P. CORSIN : *Pecopteris plumosa dentata*. Enfin, Ch. GREBER et R. FEYS y ont trouvé *Corynepteris sternbergi*, *Sphenopteris* sp., feuilles de *Lepidophytes* et de *Cordaites* qui indiqueraient un âge Westphalien C ou D.

(3) Trias, Lias, Jurassique et Crétacé — voir M. GIGNOUX et L. MORET, 1937.

(4) Coupe levée par R. FEYS.

Le Houiller n'apparaît plus ensuite, masqué par les éboulis et la moraine. La crête de Barbe grise montre un beau développement de schistes, grès et conglomérats schisteux violets permien, surmontés par un Werfénien réduit tectoniquement. Une coupe intéressante est donnée par la coupe de **Côte vieille**, à l'ouest de la Pointe de la Plagnette (Profil 55).

- 1) De 2 200 à 2 250 m **Permien** désagrégé sur place, affleurant mal au milieu des éboulis.
- 2) 2 250 m à 2 400 m, première barre de quartzites blancs broyés. La base et le sommet contiennent des grains roses : **Trias inférieur**.
- 3) Schistes verts et violets déterminant un replat : **Permien**.
- 4) Conglomérat friable vert et blanc à galets de quartz rose et de roche éruptive rouge : **Verrucano (Permo-Trias)**.
- 5) Quartzites blancs disloqués, de 2 400 à 2 500 m : deuxième barre : **Trias inférieur**.
- 6) Schistes gréseux et conglomérats violets à gros galets de roche éruptive, fortement imprégnés d'oligiste et bourrés de fines vacuoles. A la base, au contact des quartzites, affleure un banc de 1 m environ de calcaire brun rouge, à patine gris jaunâtre. Il contient, disséminés dans la pâte fine, de rares feldspaths altérés et de petits grains de quartz, à extinction franche, arrondis ou brisés, dentelés par une corrosion secondaire et montrant parfois des « golfes » identiques à ceux des quartz rhyolitiques.
- 7) Ces schistes sont surmontés par un gros banc (30 à 40 m) de **porphyre** vert pâle, à composition de Rhyolite (An. 6-7). Le centre du banc est massif, alors que la base et le sommet contiennent des vacuoles contournées remplies d'une substance d'aspect cireux, vert foncé⁽¹⁾. Par la rareté des phénocristaux de quartz il se rapproche des « rhyolitoïdes » (P. BORDET, 1951).
- 8) Quelques mètres de schistes, grès et conglomérats gris à galets de quartz et schistes noirs correspondent à une écaille de **Houiller**.
- 9) Celui-ci est surmonté directement par des schistes violets ou lie de vin, des quartzites à galets roses, en bancs de 1 à 2 m et des conglomérats rouges à galets de roche éruptive, type **Verrucano Permotrias**.
- 10) Au-delà viennent les quartzites du **Werfénien**, ici encore laminés (troisième barre), surmontés par les calcaires du **Trias**.

Si la succession des termes 1 à 5 peut être expliquée par des replis aigus, des contacts anormaux passent en tous cas entre les quartzites (5) et le Permien (6) (absence des quartzites à quartz roses), entre la roche éruptive (7) et le Houiller (8), de même qu'entre ce dernier et le Permotrias (9). Cette écaille de Houiller se coince d'ailleurs rapidement vers le nord où l'on pourrait croire à une succession normale des termes 7 et 9, comme plus loin à la Ponsoinière (voir p. 61). Cette coupe donne une bonne image des complications tectoniques que l'on peut rencontrer **au voisinage du chevauchement de la zone Houillère**. Elle rend d'autre part plausible l'hypothèse d'un accident passant au milieu du houiller des Verneys. Celui-ci, outre qu'il a été fort malmené, comme le montrent par exemple des travaux miniers, est certainement incomplet. Il y manque en particulier les termes supérieurs (Stéphanien présumé) qui existent à l'est de Valloire et de l'autre côté de la Sétaz des Prés, dans le vallon de la Neuvachette⁽²⁾.

Quant au Permien, qui, contrairement à celui de Briançon, semble s'être déposé en couches puissantes, il nous faut distinguer entre le laminage dans les écaillles au voisinage du chevauchement et celui qui est produit sous les lambeaux de la couverture (en particulier de la « série calcaire ») qui ripaient sur un socle probablement déjà érodé.

Le « Synclinal des Sétaz » est l'un de ces lambeaux, reposant en discordance sur une surface grossièrement nivelée, sans rapport évident avec des plis du socle Permocarbonifère. Au nord de la Sétaz des Prés, il paraît formé de deux écaillles empilées. En effet, à 2 300 m d'altitude, des schistes rouges et des quartzites à quartz roses affleurent au milieu des quartzites werféniens, soulignant un redoublement tectonique. Ceci explique l'épaisseur anormale des quartzites (450 m environ).

(1) Pl. VIII, fig. 6.

(2) Nous ne croyons pas que les 2 ou 3 m de schistes et grès verts et rouges intercalés dans les schistes et grès à charbon au-dessus des Verneys, au sud du chalet de Fenestrelle, représentent une écaille de Permien. Nous verrons plus loin que des épisodes bariolés existent à différents niveaux du Houiller.

Enfin, les deux écailles de la crête du Galibier, on le sait, sont pour M. GIGNOUX et L. MORET, « arrivées par en haut, et... ont été localement repincées et conservées dans les schistes subbriançonnais, reployés en petits synclinaux de nappes ».

— La première, épaisse de 30 à 40 m, affleure dans le petit col à l'est de la Pointe de Tête Noire (ou de Mandette) entraînée à la semelle des quartzites werféniens de la Roche du Grand Galibier. Ch. LORY (1860-1864) l'avait déjà remarquée (fig. 3).

Les quartzites à quartz roses et les schistes verts associés appartiennent au Verrucano ou à la base du Trias. Les schistes gris ou verdâtres à lentilles ankéritiques et les quartzites phylliteux peuvent aussi être rangés dans le Néopérien.

Les schistes gris et noirs et les grès gris sont typiques du Carbonifère, comme le sill de microdiorite qui en a été séparé et s'est inséré 5 m plus loin entre le gypse et le Flysch.

— La deuxième écaille affleure à l'ouest, entre les bosses 2763 et 2751, au milieu du Flysch, près d'une lame de calcaire triasique brisé, à mauvaises Diplopores. Epaisse d'une dizaine de mètres, elle s'allonge obliquement sur l'arête. Comme la première, elle est formée de grès gris passant à un petit conglomérat à plaquettes de schiste noir, de schistes gréseux à traces végétales (« tiges », *Calamites* en mauvais état) et un peu de charbon durci et graphitisé en enclave dans un sill de roche éruptive. Celle-ci, très laminée et écrasée, est selon toute vraisemblance, une microdiorite.

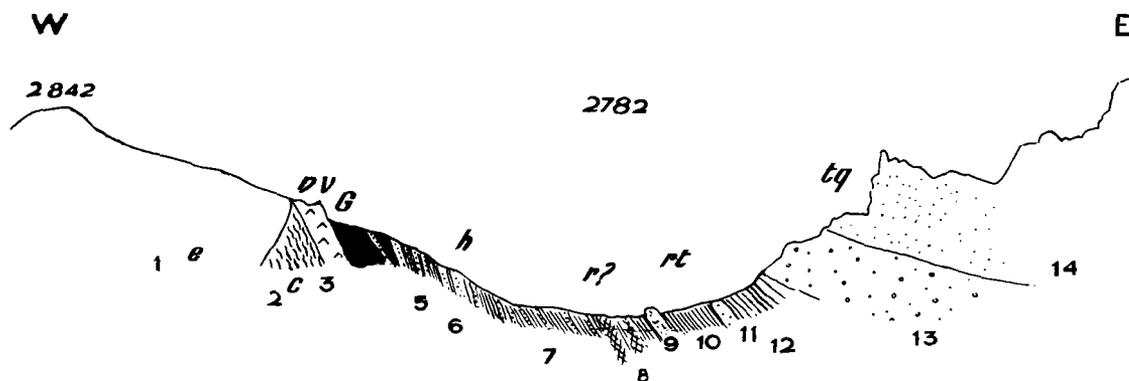


FIG. 3. — Ecaille de Mandette (croquis).

1. Flysch; 2. Marbres en plaquettes; 3. Microdiorite (1,5 m à 3 m); 4. Gypse (5 à 7 m); 5. Grès gris, massifs laminés, ou noirs et fins; quelques schistes noirs gréseux; 6. Arkose ou quartzites phylliteux (1 à 2 m); 7. Schistes et grès gris et noirs (10 m); 8. Schistes gris, verts et noirs; filons de quartz; 9. Quartzite phylliteux gris blanc sale et schiste gris-vert: (2 à 3 m); 10. Schiste onctueux gris-vert clair, à lentilles ankéritiques (4 à 6 m); 11. Schiste et quartzite phylliteux gris sale (1 m); 12. Schiste vert et lie de vin, grès vert, quartzite blanchâtre (5 à 10 m). Au sommet schiste vert, cf. tuf (10 m); 13. Quartzite blanc à grains roses; 14. Quartzite blanc. Filons de sidérose, en particulier dans les niveaux n° 5, 7 et 10.

B. Tissot a découvert une troisième écaille (Houiller et quartzites) plus occidentale encore, dans le haut vallon des Gypsières, à l'ouest de la table d'orientation du col (1). Il est probable que tous ces lambeaux proviennent de la zone Houillère Briançonnaise.

2. Encombres

Au nord de l'Arc, on retrouve des dispositions analogues :

— Au petit col des Encombres, contre le gypse, sont plaqués des schistes noirs, fins ou gréseux, et des grès gris comportant de petites zones conglomératiques sur 80 m environ.

(1) B. Tissot, 1956, p. 184, coupe b.

— Puis viennent des grès feuilletés, gris verdâtres, presque blancs, interprétés sur la carte au 1/80 000 comme une écaille de Permien, mais qui, en fait, ne peuvent être séparés du Houiller supérieur.

— On retrouve ensuite le Houiller banal sur près de 300 m en crête : schistes noirs parfois décolorés, grès souvent très clairs et un ou deux bancs minces de petits conglomérats gris laminés. On suit ces couches en direction sur près de 1 km au sud, dans les escarpements du Peronnet. Quelques centaines de mètres en contrebas, près des chalets de la Léchère et la Bachellerie, elles contiennent deux petites veines de charbon et de nombreuses empreintes végétales; ce gisement, connu depuis longtemps, a été exploité par PUSSENOT, et retrouvé par M^{me} GRANGEON et Ch. GREBER (1).

Il a livré :

P. unita, *P. polymorpha*, *P. saraepontana*, cf. *Alethopteris grandini*, plusieurs *Pecopteris* des flambants supérieurs de Lorraine, ainsi que des *Cordaïtes*. Ces plantes indiquent un âge Westphalien D supérieur.

— Un accident amène, contre ce Houiller, du Permien qui forme le sommet du Rocher du Peronnet. Ce Permien débute par un banc (1 m) d'une roche schisteuse blanche qui montre au microscope, dans un fond quartzeux très fin, parcouru d'une trame sériciteuse ténue, des grains de quartz anguleux ou aciculaires, couchés suivant le litage, et quelques feldspaths non maclés (albite probablement). Il est possible qu'il s'agisse d'un tuf rhyolitique écrasé.

Puis viennent les grès et les conglomérats rouges et violets à galets verts et rouges. Les schistes sont plus abondants vers l'est où ils alternent avec des quartzites feuilletés blancs ou verdâtres à amandes carbonatées. Vers l'est on passe au Houiller sans discontinuité apparente par deux bancs de schistes noirs intercalés dans des schistes et grès verts. Toutes ces roches sont laminées; cependant ni à l'est, ni à l'ouest de la formation nous n'avons observé de véritable mylonite.

Les couches plongent à l'est, dessinant un synclinal pincé déversé à l'ouest, à flanc normal laminé, qui se ferme sur le versant sud 300 m plus bas, au-dessus des chalets de la Léchère et de la Bachellerie.

Sur le versant nord du col, deux nouvelles écailles, l'une de Houiller et l'autre de Trias et de Permien, viennent s'intercaler entre le Houiller du Petit Col et le gypse.

La coupe de l'écaille permienne proprement dite rappelle beaucoup, le Permotrias en plus, celle, plus « interne », du synclinal du Rocher du Peronnet, dont le flanc ouest se complètera d'ailleurs au nord, dans la vallée des Encombres, par des quartzites Werféniens.

Ce style nous le retrouverons en Tarentaise, jusqu'au Petit-Saint-Bernard. Evident quand du Trias ou du Permien sont intéressés, il peut passer inaperçu lorsque les chevauchements ont lieu dans le Houiller seul. Ceci doit nous rendre très prudents quant à l'utilisation, à des fins stratigraphiques ou structurales, des données fournies par cette zone bordière.

(1) Blocs éboulés près du Chemin des Rateaux à la Bachellerie, en 924.05-338.85.

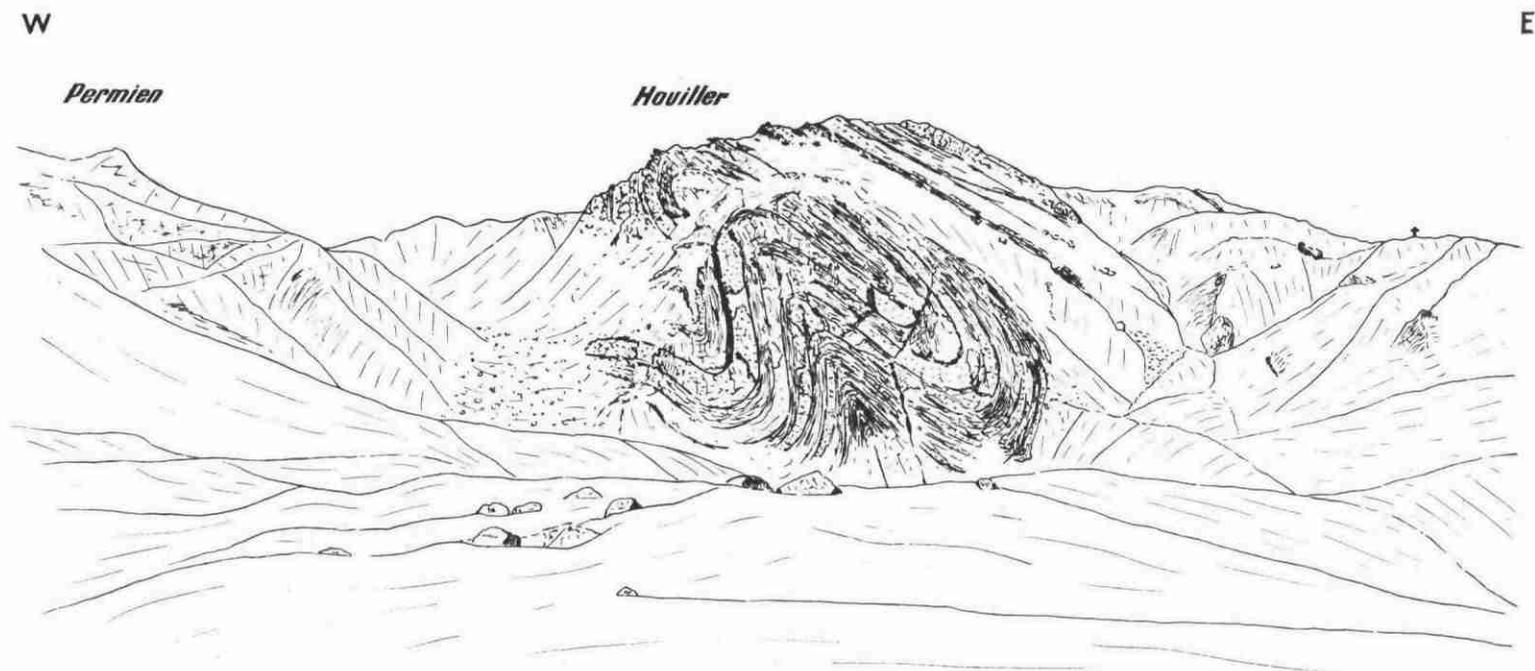


FIG. 4. — Col des Encombres.
Plis aigus dans le Houiller, au voisinage du Permien du synclinal du Perronet (d'après une photographie).

B. LE SYNCLINAL OCCIDENTAL

C'est en fait un synclinorium large de 3 à 4 km au niveau de l'Arc. Son bord occidental est affecté de plis aigus déversés à l'ouest et, comme nous l'avons vu, écaillés au voisinage du chevauchement. Toute la partie centrale est en plis droits. Sur le bord oriental apparaissent des plis déversés à l'est, qui seront de règle dans la zone suivante.

Ce synclinal correspond à la partie productive du Houiller de Maurienne; c'est là que se trouvent la plupart des mines de charbon; une seule, celle de la Saussaz, est actuellement en activité.

Au niveau de l'Arc affleure, à Saint-Michel-de-Maurienne, un Westphalien déjà élevé (C-D).

Au-dessus, vers 1 200 ou 1 300 m d'altitude, sur le versant nord, vient une série d'âge Westphalien D - Stéphalien inférieur, comportant des veines de charbon et quelques niveaux verts et rouges. Sur le versant sud la succession est plus complexe : le Westphalien C-D monte plus haut (Crey du Quart); la série supérieure, connue dans la vallée de Valmeinier, s'amincit. Elle est surmontée par un Stéphano-Autunien et un Permien épais conservés dans la partie amont du vallon de la Neuvachette (Roche Château), affluent de la Valloirette.

1. Zone de Saint-Michel

Le houiller productif affleure au fond de la vallée entre Saint-Michel-de-Maurienne et le Pont de la Denise.

A l'est il s'élève rapidement, formant sur la rive droite les escarpements de Bois Dessus qui dominent le glissement du Pousset. Il atteint la crête entre le mont du Cha⁽¹⁾ et le mont Brequin. Sur la rive gauche, il affleure dans les bois entre la Neuvache et Sordière, et passe en crête entre Valmeinier et le Gros Crey.

Les grès⁽²⁾ constituent environ 50 % de la formation⁽³⁾. Fins ou grossiers, ils se présentent souvent en bancs massifs de quelques mètres à dix ou trente mètres d'épaisseur; ils forment notamment les escarpements ruiniformes de la rive gauche, entre 1 000 et 1 400 m d'altitude et les pitons qui émergent des terrains glissés s'étendant au-dessus. Ils alternent avec des bancs de grès fin et de schiste noirs, parfois très compacts (nord-est du Bois Dessus : 928.05-333.45) déjà notés par H.B. de SAUSSURE (chapitre V).

Les psammites sont rares, les conglomérats presque totalement absents; le mica détritique partout répandu. On observe rarement de fines successions cycliques avec granuloclassement (Pont de la Saussaz, sud-ouest de Château Bourreau) ou des stratifications entrecroisées (Pont de la Saussaz), vraisemblablement à cause de la schistosité oblique; on voit aussi des bancs ravinés.

(1) Orthographié Chat, à tort semble-t-il, sur la carte de l'Institut Géographique National.

(2) Grès au sens de L. CAYEUX. En pratique nous appelons « grès » sur le terrain des roches détritiques, presque toujours grises (dans le Carbonifère), où les grains de quartz et de feldspath, visibles à l'œil nu, dominant par rapport au ciment, en général quartzophylliteux. Ces roches seront décrites avec plus de détails dans la deuxième partie de l'ouvrage.

(3) Sur la croupe au sud-ouest de Château Bourreau, la proportion de schistes est plus élevée (60 à 70 %).

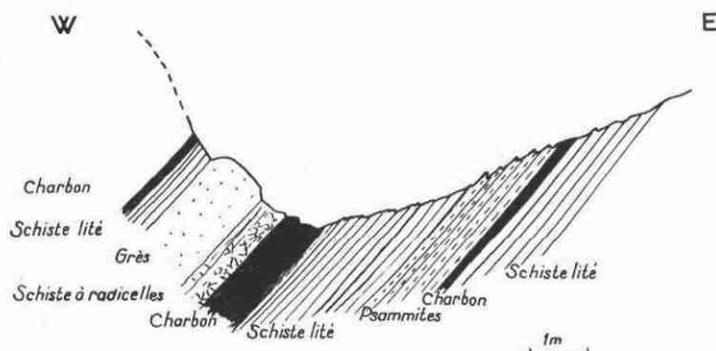


FIG. 5. — Veine renversée au nord de la Lozière.

Dans le tiers ou le quart inférieur de la série, nous avons trouvé un banc de schiste gris-vert pâle, presque blanc. Il affleure sur le bord ouest de la combe du Pousset, à l'est des chalets de la Lozière (928.35-333.75). Épais de 0,50 m environ (fig. 6) il est interstratifié dans des schistes noirs fins et des grès gris, sans passage graduel d'une roche à l'autre. A l'œil nu la roche, où se développe l'amorce d'une schistosité oblique, montre une pâte schisteuse à délits cireux vert jaunâtre, contenant de petits yeux formés autour de grains de quartz disséminés. L'examen des contacts avec les roches encaissantes exclut l'hypothèse de la décoloration sélective d'un schiste ou d'une écaille tectonique.

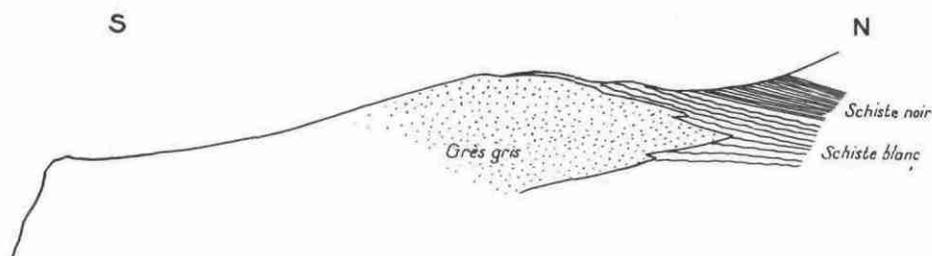


FIG. 6. — « Schiste blanc » de la Lozière.

En lame mince elle montre, dans un fond phylliteux ou à peine teinté de vert jaunâtre, souligné de joints plus foncés, de fines lentilles plus claires, isolées ou juxtaposées, contenant au milieu un œil de quartz mal cristallisé. Quelques lentilles plus grosses renferment de petits feldspaths altérés et quelques gros quartz brisés, rappelant les quartz rhyolitiques; mais les formes sont estompées par la recristallisation du ciment quartzophylliteux qui les enrobe. Celui-ci paraît constitué par une chlorite blanche à biréfringence basse, plus que de séricite.

La composition chimique (An. 54) n'est pas compatible avec l'hypothèse d'une roche éruptive écrasée : si la teneur en alumine est normale pour la teneur en silice, celle des ferromagnésiens, fer ferreux et magnésie en particulier (due probablement à la chlorite blanche), est extrêmement forte, ce qui contraste avec le taux en chaux très faible (invraisemblable dans cette hypothèse) et en alcalins, représentés uniquement par de la potasse. Par ailleurs le pourcentage en titane et en phosphore ne présente rien d'anormal. Notons aussi la forte teneur en eau de constitution. La position de cette roche dans les diagrammes triangulaires dressés à l'aide des paramètres de NIGGLI est excentrique, mais non point aberrante par rapport aux autres schistes carbonifères ou permien.

Les veines de charbon sont relativement nombreuses, surtout à la partie supérieure de la formation. Elles reposent dans bien des cas sur un sol de végétation, à radicules ou à *Stigmaria ficoïdes*. Nous ne pouvons affirmer qu'il en soit **toujours** ainsi : en affleurement la veine et les roches encaissantes sont souvent mal dégagées et ne permettent pas d'observations; bien souvent aussi des mouvements différentiels se sont produits entre toit et mur, altérant les caractères des épontes d'origine. Enfin il est arrivé que le mineur prenne pour une veine une « queue » de charbon injectée dans une faille.

L'épaisseur des couches est variable : « serrées » et renflements se suivent et on ne peut donner que des valeurs moyennes dont les extrêmes peuvent s'écarter considérablement (fig. 7).

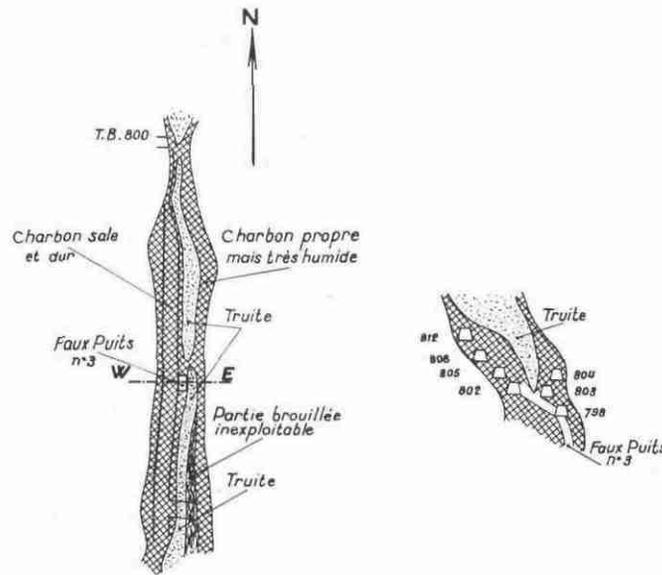


FIG. 7. — Mine de la Saussaz. Lentilles stériles dans la veine 5 (« truites »). Echelle : 1/1 000. Plan de la tranche 802 et coupe E.W. passant par le faux puits n° 3 (levés de M. TALLENDIER).

Dans bien des cas ces variations sont dues à des inégalités du mur tandis que le toit reste relativement régulier comme si la nature du premier, souvent plus grossière, le rendait plus apte à se briser que le second (par exemple : La Buffa : couche de la cascade — Beaurevard : couches des Combettes — Gorge Noire, Sordières).

Le charbon est extrait depuis fort longtemps pour les besoins domestiques ⁽¹⁾ dans de nombreuses petites mines paysannes. Deux exploitations un peu plus importantes (Sordière et la Saussaz) ont occupé à certains moments quelques dizaines d'ouvriers. Quatre concessions ont été accordées sur la rive droite, neuf sur la rive gauche, dont trois dans la série que nous étudions ici; ce sont sur la rive droite : « La Buffa », « Plan d'Arc », « Beaurevard » et « Genevret ».

Cinq à dix veines ont été exploitées dans les trois premières par de très nombreuses galeries habituellement profondes de quelques dizaines de mètres. Elles étaient épaisses en moyenne de 0,50 m à 1 m. Par exception une couche de la concession de **Plan d'Arc**, découverte dans la tranchée du chemin de fer près du pont de la Saussaz avait 3 m de puissance et aurait été suivie jusqu'à 400 ou 500 m de profondeur. La concession du **Genevret** par contre est typique de ces concessions

(1) Voir par exemple DAYMONAZ, 1861.

d'alpages créées pour régulariser une situation de fait, mais sans aucun avenir économique possible : la plus grande partie s'étend sur le large entonnoir creusé par les torrents de l'Arpont, du Pousset et de l'Ile, qui, périodiquement, vomit ses « laves » de blocs et de boue dans l'Arc, en aval du Pont de la Denise. Cette « combe », remplie de paquets de houiller glissé et de moraine remaniée, est fermée au sommet par les escarpements disloqués du Genevret où les veines d'anthracite mettent de longues traînées noires. Chaque été les occupants de ces « Montagnes » y grattent quelques seaux de charbon qui est consommé sur place.

Hors concession, la croupe qui monte de Bois Dessus au Brequin montre, entre 2 300 et 3 000 m d'altitude neuf veines, de 0,50 m à 1,50 m d'épaisseur.

Sur la rive gauche, les galeries sont particulièrement nombreuses dans la concession de **la Saussaz** (fig. 8), étagées sur 750 m entre le fond de la vallée et la cote 1 550. Dix veines au moins y ont été reconnues, dont six réparties sur 200 à 220 m de terrain houiller ont été exploitées par la mine de Saussaz proprement dite. Vers l'ouest, 300 m de stérile au moins séparent ce faisceau, des veines qui affleurent au bord de la Neuvache.

Actuellement toute la production est extraite de la couche 5 ou « Désirée ». Epaisse de 2 à 5 m elle a présenté des renflements de 8 m, des serrées de 1 m. Elle contient de grosses « truites » de stérile dont certaines sont peut-être d'origine sédimentaire (fig. 7). Le charbon est assez sale.

Cette veine est probablement la même que celle qui a été traversée dans la concession de Plan d'Arc en aval du Pont de la Saussaz.

Ces couches sont affectées d'un certain nombre de plis que nous avons dénommés d'ouest en est : synclinal de la Saussaz, anticlinal de Cinq-Sous, synclinal du Merderel, anticlinal de la Pigeonnière, synclinal de la Prenaz.

Dans la concession de **Gorge Noire**, à l'est, on a exploité deux ou trois couches dessinant un synclinal aigu, entre 1 050 et 1 250 m d'altitude.

La veine principale, épaisse de 1,70 m en moyenne (renflements de 6 m) avait un toit régulier alors que le mur présentait « des bosses et des concavités ». Comme la veine de la Saussaz, elle contenait des « truites » de grès : l'une d'elles, épaisse de 2,50 m, longue de 20 m séparait la veine en deux « sillons » de 1,50 m chacun. Le charbon contenait 18 à 30 % de cendres.

Deux veines ont été exploitées dans la concession de **Sordières** et plusieurs autres reconnues dans la partie occidentale de cette concession.

Les deux premières (veines Chaplut et Grand Combet), distantes de quelques mètres, épaisses de 1,50 m à 4 m, dessinent un large synclinal dissymétrique N.-S. à plongement axial au sud de 1 à 3°. Vers l'ouest l'exploitation a été longtemps limitée par un pli anticlinal aigu dont on observe la charnière (dédoublée), dans la falaise au-dessus de la galerie 1 018. Dans le « crochon » des plis, et en particulier dans la charnière du synclinal, le charbon s'est amassé et les deux couches ont communiqué par des « queues ». Ailleurs le toit était relativement régulier, alors que le mur présentait des irrégularités. Deux petites failles dirigées N.-O. ou N.-N.O., décrochent le gisement. L'une d'elles, bien connue par les travaux du fond, a un rejet horizontal de 6 à 7 m; son rejet vertical est inconnu, mais probablement du même ordre; en surface elle a déterminé une petite falaise (fig. 9).

Le charbon est assez cendreux, même lorsqu'il est lité et non mylonitisé.

Le tunnel du chemin de fer de Sorderette est passé sous le fond de bateau. Il aurait recoupé douze couches de charbon et de schiste charbonneux dont quatre avaient été anciennement exploitées au bord de l'Arc. Deux d'entre elles (Bonrieu et Poudrière) ont été reprises entre 1950 et 1954, au-dessus de la route dans le flanc ouest de l'anticlinal. Le charbon de ces veines « en dressant » était complètement écrasé. Une troisième couche, découverte à 70 m à l'ouest était injectée par une microdiorite actuellement très laminée.

Cette roche affleure en plusieurs endroits au-dessus du village de Sordière. Au-dessus du chalet de Chaplut (927.9-330.95) elle montre une belle disjonction polygonale (fig. 10).

Ce filon est probablement en relation avec ceux que nous décrivons plus loin à la Sandoneire et peut-être même avec ceux de Bissorte.

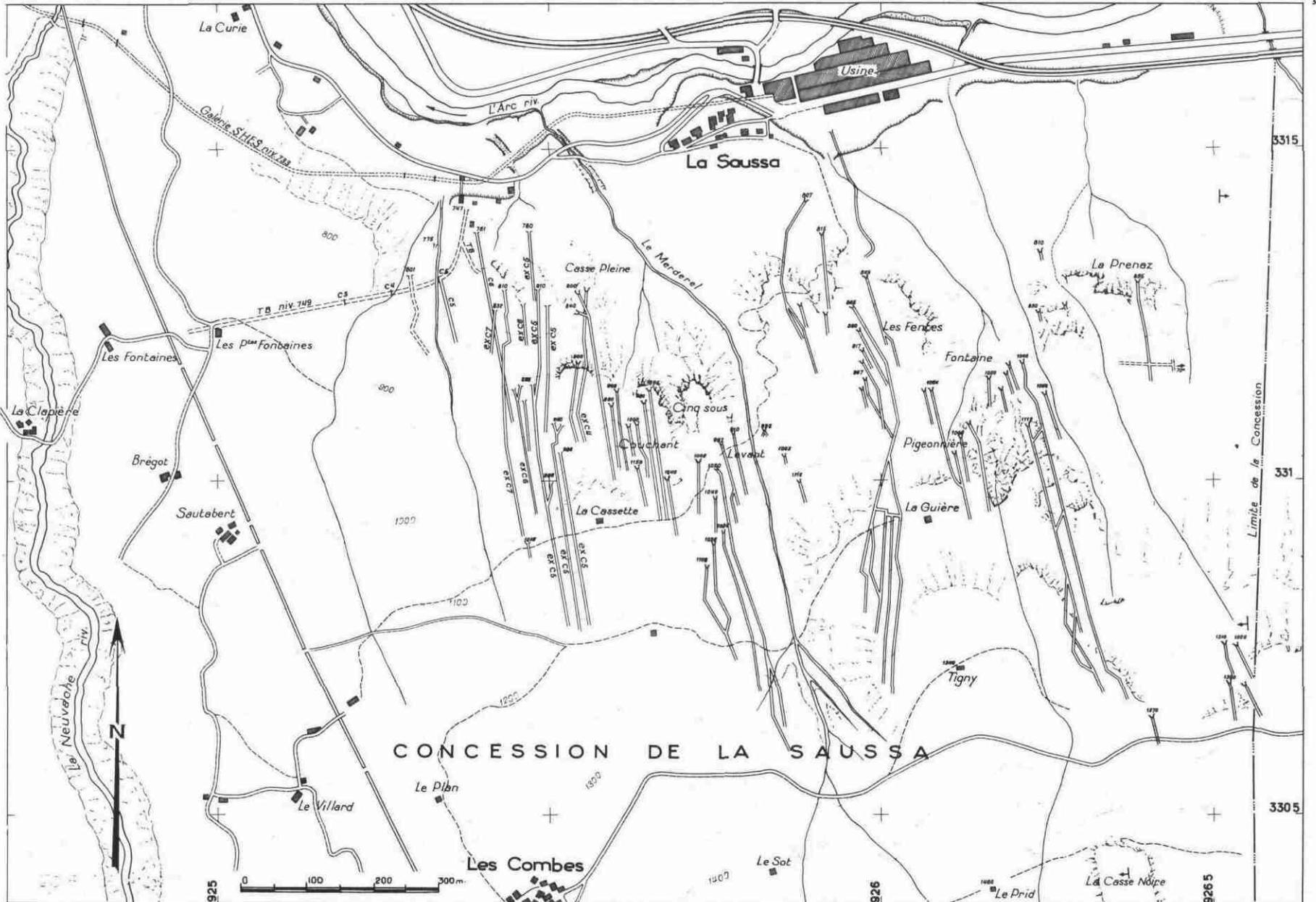


FIG. 8. — Concession de la Saussa.

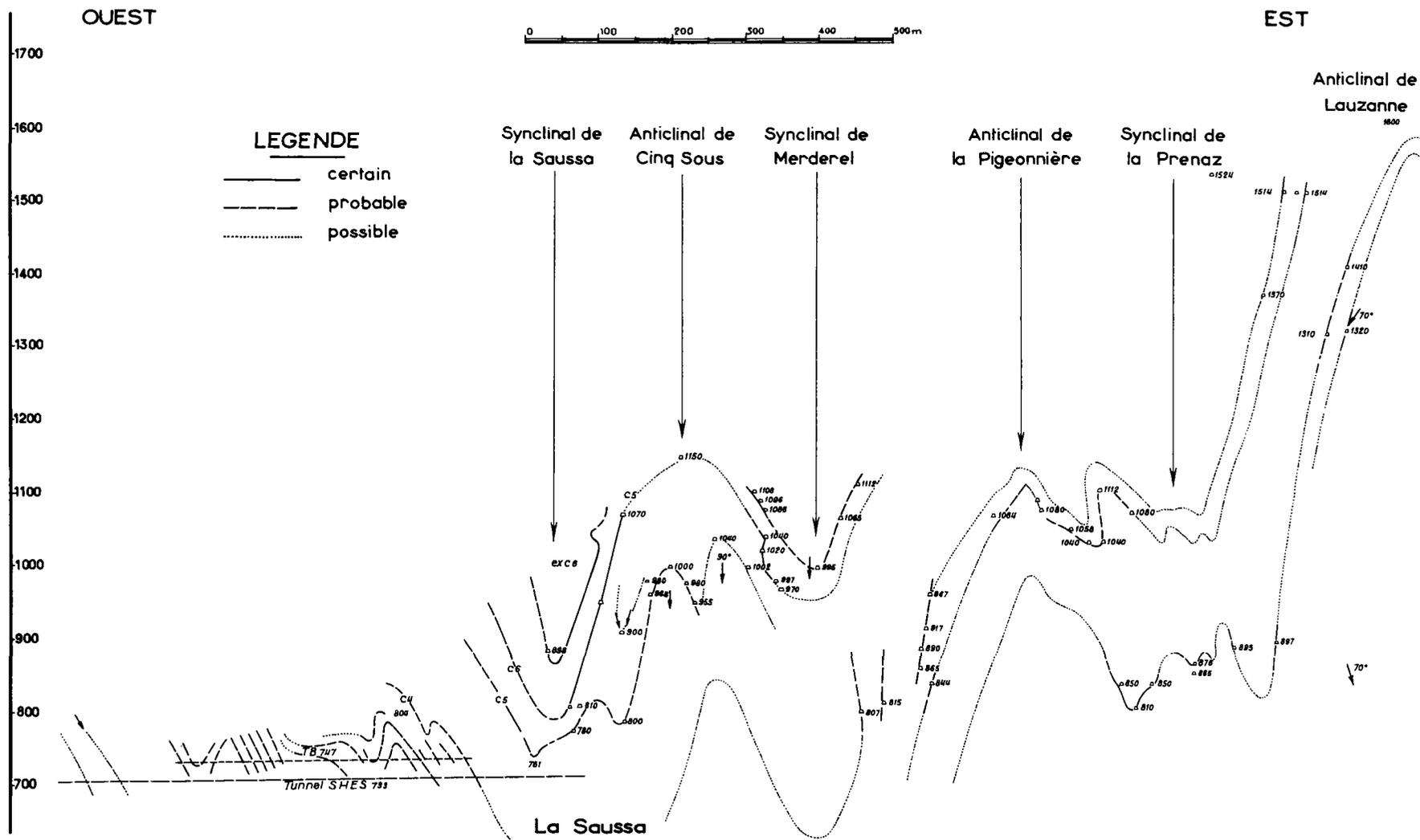


FIG. 8 bis. — Coupe synthétique de la concession de la Saussa.

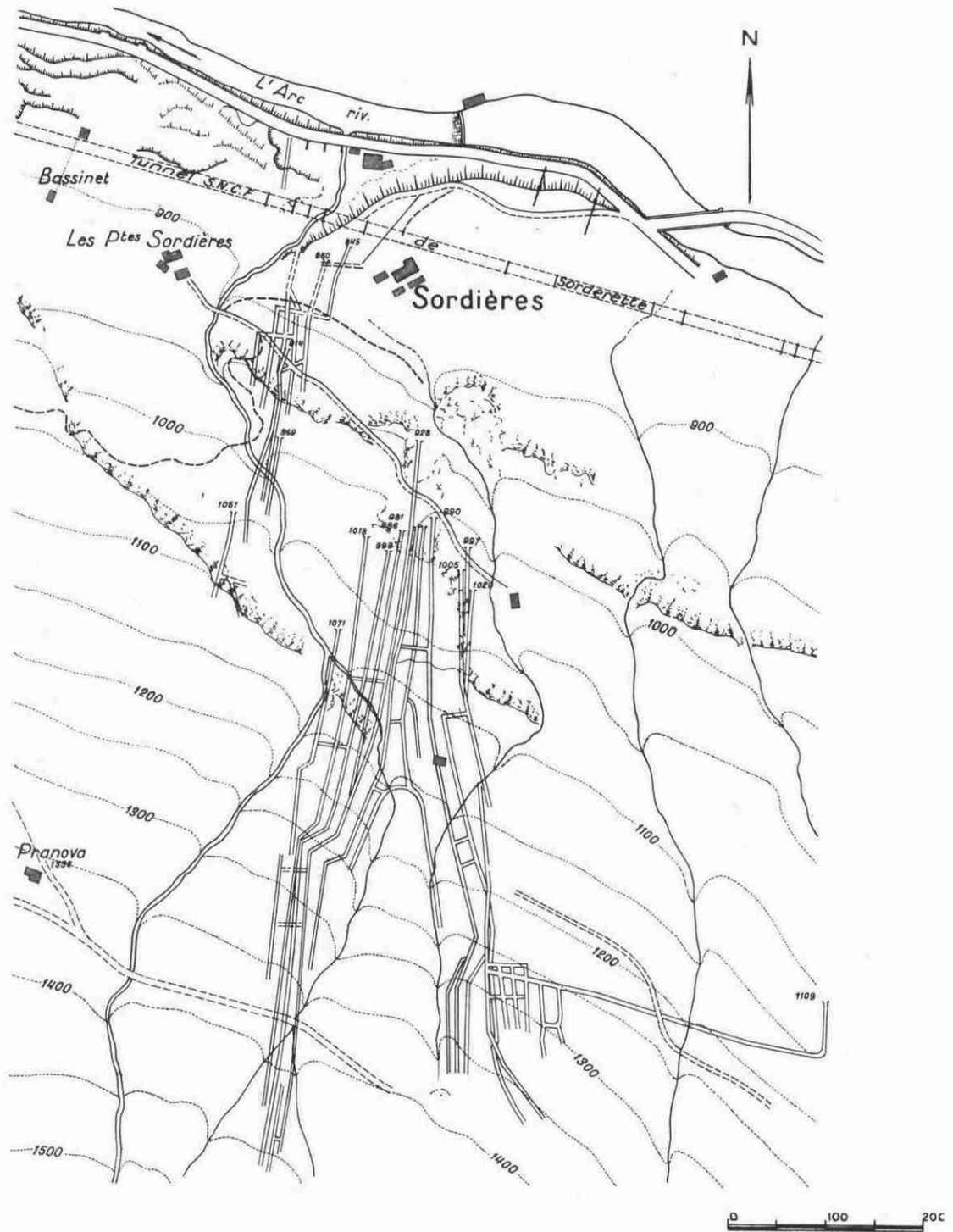


FIG. 9. — Mine de Sordières.

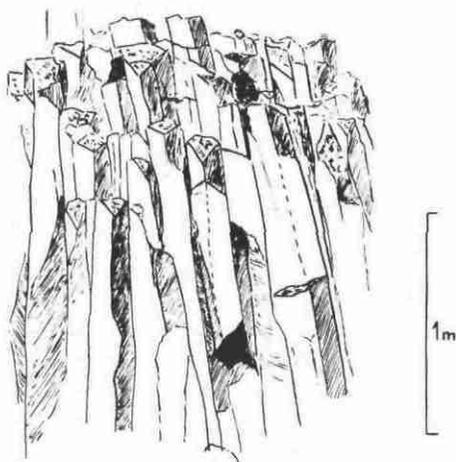


FIG. 10. — Sordières. Disjonction polygonale dans le sill de microdiorite de Chaplut. (d'après une photographie).

a. Allure des couches

L'étude des travaux souterrains, complétant les observations de surface, permet de donner une idée de la structure du Houiller dans ce secteur (voir profil n° 46). D'ouest en est les couches, N.-S., s'élèvent en dessinant une série de plis droits, souvent aigus et dissymétriques. Sur la rive gauche les charnières montrent fréquemment un plongement axial au sud, de 1 à 5°.

Quelques centaines de mètres en amont de la mine de Sordière, on aborde le domaine des plis déversés à l'est bien visibles sur le bord ouest du glissement du Pousset. Si l'on suit la direction des bancs vers le sud ou vers le nord on passe aux grands plis couchés de la Roche de la Pelle, de la Sandoneire et du Brequin. Cette limite tectonique est aussi une limite lithologique entre le Houiller productif de l'aval et le Houiller quasi stérile de l'amont.

Dans le détail, les roches de cette zone sont fort disloquées : les petits bancs de grès sont fragmentés et étirés au milieu des schistes qui ont flué tout autour (boudinage).

De très nombreuses fractures, certaines d'ailleurs postérieures aux plis, hachent les terrains, accompagnées de mylonite terreuse grise, cisillant obliquement les bancs, cassant les plis, encadrant les zones particulièrement étirées.

Les filons de quartz sont nombreux. L'un d'eux, anormalement épais (4 à 5 m) monte de l'Arc ($x = 927$) vers le nord-est, traverse le chemin du Pousset à la Buffa, disparaît ensuite sous les éboulis pour réapparaître vers 2300 à l'entrée du cirque du Bouchet où il forme le petit sommet de Grasse Tête et se poursuit vers le nord-est jusqu'au nord du point 2488. Partout il contient des débris anguleux de houiller; au contact, les schistes encaissants sont froissés, les grès fissurés.

La schistosité oblique, qui à l'ouest du Thyl n'apparaissait en général que dans les schistes, au voisinage des accidents (schistosité de fracture de P. FOURMARIER) affecte à partir du pont de la Saussaz les schistes et les grès fins et produit des diaclases dans les grès; en amont elle s'est développée aussi bien dans les schistes que dans les grès. Pour reprendre la terminologie de FOURMARIER, nous sommes ici au voisinage du front supérieur de schistosité.

b. Fossiles

Si l'on néglige les *Calamites* que l'on trouve un peu partout, les fossiles déterminables sont rares. Tous proviennent de la rive droite :

Neuropteris linguaefolia abondant et *Alethopteris friedeli* au nord-ouest de la Buffa (925.5-332.6) (1).

Mixoneura sp., *Alethopteris lonchitifolia serli* dans le toit de la veine des Combettes, à l'est de la Buffa (926.55-332.35). Le mur contenait de gros *Stigmaria ficoïdes*.

(1) Découverts par M^{me} GRANGEON et Ch. GREBER.

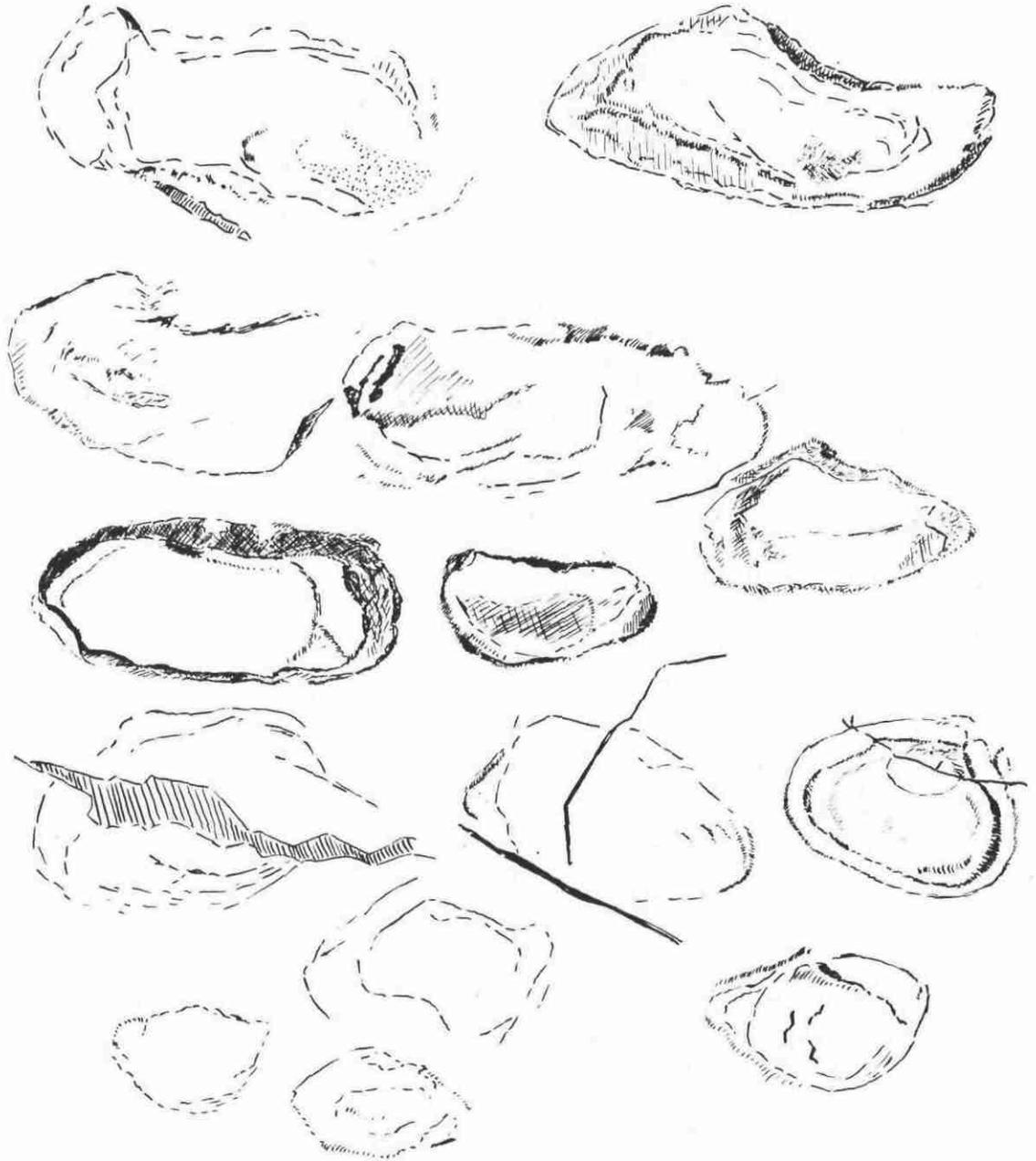


FIG. 11. — Empreintes de Château Bourreau. (Croquis d'après photographies). (Gr. nat.). Voir aussi planche IV.

Enfin au sud-ouest du col de Château Bourreau (928.3-335) à 2 530 m d'altitude, nous avons découvert des empreintes que l'on pourrait, avec quelques réserves, rapporter à des coquilles⁽¹⁾. Le professeur P. PRUVOST, qui a bien voulu les examiner, nous a écrit ceci :

(1) Planche IV, fig. 6 à 11.

« Schistes fins, très gaufrés, avec nodules étirés de sidérose, dont certains ont le contour de grandes *Naiadites* et des *Carbonicola* qui les accompagnent dans le Westphalien moyen.

« Quoiqu'il y ait de fortes probabilités dans ce sens, il faut ajouter qu'en l'absence de test et d'ornementation conservés (car ces corps en carbonate de fer ont glissé dans le schiste et on n'y voit au contact que de fines stries d'origine mécanique) il est impossible d'être tout à fait affirmatif sur la nature organique de ces empreintes. »

On peut ajouter que :

— Les formes de ces « nodules » peuvent être classées au maximum en sept types, qui se ramènent en fait à cinq différents. Chacun de ces types est représenté par quatre à dix individus identiques.

— Ce mode de conservation n'est pas exceptionnel : mise à part une déformation alpine relativement minime, certaines de ces empreintes sont tout à fait semblables à des *Carbonicola* du Westphalien inférieur que nous avons pu voir, conservées au musée de Bruxelles. Nous avons trouvé, près du Pont de la Saussaz, des traces analogues mais moins démonstratives.

Sur la rive gauche, nous ne pouvons signaler que des *Lepidophyllum* et des traces arrondies pouvant se rapporter soit à des *macrospores*, soit à des *Estheria* au toit d'une petite veine renversée qui affleure au-dessus du village de Sordière (927.9-331.45) ; une *Sigillaire* indéterminable un peu plus haut (927.85-331.1) ; enfin, entre Valmeinier et le Gros Crey, vers 2 070, un *Lepidodendron*.

Ces données ne permettent pas une stratigraphie bien précise. On peut déduire, de l'allure générale des couches, que d'ouest en est on descend dans la série, ce qui donne pour les couches de Sordière un âge au maximum Westphalien C, et pour l'ensemble de la série décrite ici une épaisseur de 500 à 1 000 m.

2. Série supérieure, sur le versant nord

Au-dessus de Saint-Michel vient, sur le versant nord de la vallée, une série épaisse de 700 à 1 000 m environ, qui affleure au-dessus du village de la Traverse, aux chalets de Pré Bérard et s'étend jusqu'en crête, du Col des Encombres au Col de Pierre Blanche. Les veines de charbon y sont encore nombreuses mais en général minces.

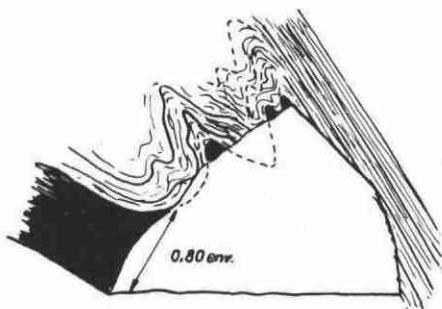


FIG. 12. — La Traverse.
Galerie de Terre noire.

Quelques couches épaisses (1 à 3 m) existent cependant dans la partie inférieure de la série : trois d'entre elles ont été exploitées au-dessus de la Traverse dont deux tout récemment par la *Compagnie des Mines de Maurienne* (la Saussaz) : épaisses de 1 à 2 m en moyenne (renflements de 4 à 8 m) elles donnaient un charbon plus propre que celui du fond de la vallée. Entre les deux veines supérieures et la veine inférieure, on trouve des schistes à patine brune, dont la surface est constellée de fines pustules⁽¹⁾. Cinquante mètres plus bas affleure un petit banc de schistes bitumineux.

(1) Au microscope ils ne nous ont pas montré de minéraux de métamorphisme.

Sous les couches précédentes, au sud de la Traverse (965.65-333.4), des schistes gréseux et des grès fins verts mouchetés de rouge, épais de 5 à 10 m sont intercalés dans des schistes noirs et des grès gris d'aspect franchement houiller, des grès verdâtres et des schistes gris clair.

On retrouve des veines de charbon au nord, de l'autre côté de la dépression de Pralignan (combe Assier), entre les chalets des Avanières et de Beaume, dans une série contenant aussi des niveaux bariolés.

Au-dessus de Beaune, entre le point 1 677 et 1 700 des grès fins et des schistes micacés gris clair et verts sont interstratifiés dans des schistes gris et des grès de faciès houiller. 50 m plus haut on trouve sur 30 m des schistes gréseux verts et rouges désagrégés. L'un de ces bancs est-il celui de la Traverse ? C'est bien possible : le faciès comme la situation sous un faisceau de quelques couches de charbon est le même. Malheureusement les deux affleurements sont distants de près de 3 km sans points d'observation intermédiaires. Il n'est donc pas possible de les raccorder d'une façon certaine.

Au-dessus, les niveaux versicolores deviennent plus nombreux, mais l'on ne peut dire si l'on est encore dans le Carbonifère ou déjà dans les premières couches du Permien.

— Deux petits bancs de schiste vert (0,50 m à 1 m) sont interstratifiés au milieu des schistes et des grès contenant une « passée » de charbon au sud et à l'est de la croix cotée 1 950.

— A l'est de la Croix de Bellecombe (voir profil n° 41) affleurent deux grosses bandes de schiste, grès et conglomérat schisteux verts et violets à petits galets rouges, de 10 à 30 m d'épaisseur pour le premier, 30 à 50 m pour le second, séparés par des schistes noirs et des grès gris. Ils ont été figurés sur la carte au 1/80 000 comme Permien. Les schistes contiennent des traces dichotomes, d'origine végétale (?), indéterminables. Vers le sud, les deux bandes se rejoignent, fermant le synclinal. Vers l'est on passe, comme à l'ouest, progressivement au faciès houiller par l'intermédiaire d'une zone où alternent des grès gris fins, des schistes noirs parfois très compacts, des schistes gris onctueux, à petites taches noires, des bancs de quelques mètres de schistes verts, quelquefois violets, et un ou deux bancs d'arkose grossière qui passent vers le nord à de petits conglomérats schisteux gris clair à grains blancs (contrefort sud-ouest de Roche Jaille). Puis viennent des couches à faciès houiller franc (grès gris et schiste noir) contenant encore un ou deux bancs (de 1 m) de schiste gris vert.

Vers 2 450 affleurent les premières passées charbonneuses.

On suit cette formation jusqu'à 2 km, en contrebas de Roche Jaille et du col de la Grand Combe.

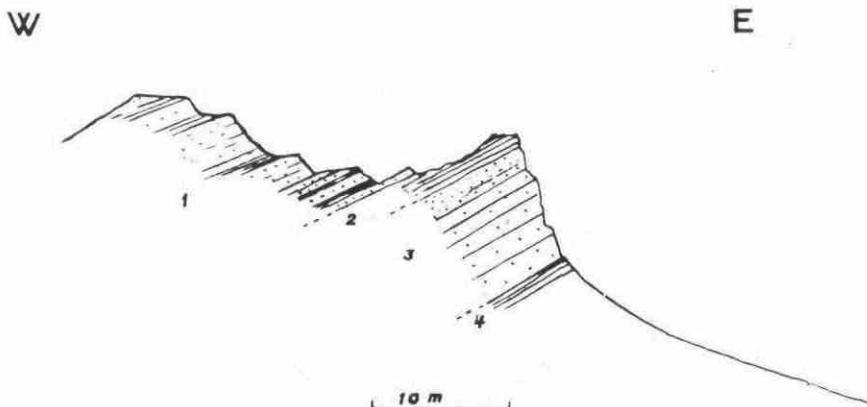


FIG. 13. — Coupe de la crête entre le col de Montfiot et le col de la Grand Combe. 1. Schistes noirs et grès gris; 2. Schistes verts, gris vert, gris clair, rouges et violets; 3. Grès gris; 4. Schistes et grès verts et violets.

La crête elle-même est formée de schistes et de grès gris et noirs contenant, au sud du col de la Grand Combe et au nord du col de Montfiot, de petites veines de charbon. Les schistes (col de la Grand Combe) contiennent *Pecopteris lamurensis*, cf. *P. longiphylla*, *Calamites*.

De l'autre côté de la crête (fig. 13) on retrouve des bancs verts et rouges doublés par un pli aigu. On les suit sur 4 à 5 km du col de Pierre Blanche au nord de la Pointe de la Masse, toujours accompagnés de schistes gris verdâtre à petites taches noires. Avant nous, Ch. PUSSENOT les avait repérés et les considérait comme l'équivalent du Permien des Encombres (1930, p. 38).

— A l'est du Col de la Grand Combe, les deux bancs sont encadrés par des schistes gris à reflets verdâtres, associés à des psammites et une mince veine de charbon. Vers le sud les deux bandes se coincent et n'atteignent pas le Col de Pierre Blanche. Au moment de disparaître, la bande inférieure, réduite à 1 m de large, est formée de schistes verts et violets plissottés entre des épontes de schiste gris réguliers. Les petits plis aigus, déversés à l'est sont soulignés par de minces veines de quartz discontinues. Leur disparition paraît due à un laminage parallèle à la direction N.-S. des plis (fig. 14).

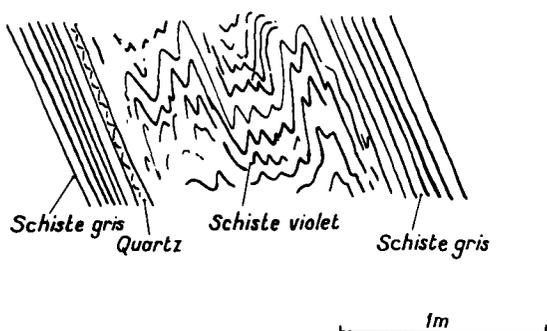


FIG. 14. — Coupe de la bande versicolore au nord du col de Pierre Blanche.

— A l'est et au nord-est de la Pointe de la Masse, on trouve d'ouest en est :

- 1) Schistes noirs et grès à plantes (voir p. 56).
- 2) Schistes noirs en bancs épais alternant avec des bancs d'arkose très grossière et de grès fin compact.
- 3) Schiste gréseux violet (10 à 15 m) (1).
- 4) Grès et schistes noirs contenant un ou plusieurs bancs de schiste et grès fin vert (1 m en moyenne) et de schiste gris, onctueux, à petites taches noires; traces de charbon, un banc de conglomérat (2 à 7 m) à galets de cristallin.

C'est probablement le niveau 4 que l'on retrouve dans la crête ouest-est, au nord-est de la Pointe, répété par une petite faille.

Les coupes que l'on peut dresser ainsi ne sont pas rigoureusement identiques, probablement par suite de laminages. Dans tous les cas cependant les couches versicolores sont **interstratifiées** dans du Houiller stérile et grossier.

La crête est-ouest qui joint le col de Montfiot au col des Encombres ne montre que du houiller banal : schistes noirs, parfois ardoisiers, grès gris, micacés, arkosiques, grès noirs fins, quelques bancs de psammites, huit ou dix veines de charbon, des « passées » pour la plupart (il est probable qu'une

(1) La couleur rouge est due à un semis de très petits grains d'hématite, concentrés dans certains lits en nodules de 2 à 3 mm qui bossellent les délits sériciteux; la couleur verte à des paillettes de chlorite fortement pléochroïque, à biréfringence basse.

galerie en rencontrerait plus), épaisses de 0,20 m à 0,30 m en moyenne. Signalons aussi un banc de schistes à clayats à 2 560 m et au col, près du Permien, un petit banc d'arkose conglomératique. Ces couches alternent régulièrement en bancs de 0,50 m à 4 m d'épaisseur, parfois moins (0,20 m) rarement plus (20 m au maximum). Dans quelques cas on peut observer un passage progressif des grès au schiste, constituant des cycles de quelques mètres à 20 m d'épaisseur.

A 500 m du Permien, non loin du sentier du col, affleure un banc de **phthanite noir**, de 1 m environ, plaqué contre des grès gris, à quelques mètres d'une petite veine de charbon verticale. Le banc paraît se bifurquer vers le nord (par suite de replis probablement). La roche est très caractéristique, tant sur le terrain qu'en lame mince⁽¹⁾. Nous l'avons suivie au nord dans la vallée de Belleville, toujours au sommet du Houiller gris à charbon; nous ne l'avons pas trouvée au voisinage des niveaux verts et rouges de la Croix de Bellecombe — Pierre Blanche — Pointe de la Masse, mais dans le prolongement de cette zone synclinale, en contrebas de la Gratte.

Tout le long de la crête les pendages sont variés : d'abord prises dans les plis aigus du col, déversées à l'ouest, les couches dessinent ensuite trois plis droits, puis le large bombement, déprimé au centre de l'anticlinal de la Masse, bien visible sur le versant sud de la Pointe de la Masse. Le bombement se termine abruptement à l'est par un synclinal aigu, à flanc est laminé et faillé (gros filons de quartz à débris de Houiller, dirigés N.-S., au nord du col de Pierre-Blanche).

Si l'on tient compte de ces replis on doit attribuer à ces couches grises de la crête une épaisseur de 700 m environ.

Quelques fossiles, vers 2 450, dans des couches verticales, d'aspect ruiniforme (925.45-304.4) ont permis de les dater. En compagnie de M^{me} M. GRANGEON et de Ch. GREBER, nous avons retrouvé ce gisement de PUSSENOT qui nous a livré *Mixoneura sarana* peu abondant, *Pecopteris lamurensis*, *Pecopteris plumosa dentata*, des *Pecopteris cyatheoïdes* et cf. *Pecopteridium*. PUSSENOT y signale : *Neuropteris flexuosa* Heer, *Pecopteris candollei* Br., *Calamites*, *Cordaites*.

On suit ces couches vers le nord où elles vont former les massifs de la Pointe de la Masse et de la Gratte. PUSSENOT (1930, p. 38) signale à la Masse : *Neuropteris flexuosa* Heer (non Stern.) abondant, *Pecopteris* cf. *oreopteridia* ou peut-être cf. *lamuriana* Heer, *Stigmaria ficoides*, *Pinnularia* sp. Nous y avons trouvé *Pecopteris opulenta*, et *P. lamurensis* abondant; à l'ouest du sommet occidental : *Pecopteris* cf. *plumosa dentata*, et à la Gratte, au nord du sommet (926.15-343.65) : *Pecopteris lamurensis*, dans des couches contenant quelques minces veines de charbon et surmontant d'épais bancs de grès avec petits conglomérats (La Gratte, Château Philibert).

Au col des Encombres on passe, nous l'avons vu, du Houiller gris aux couches versicolores du Permien présumé en quelques mètres, par deux bancs de schiste vert intercalés dans les schistes noirs. La zone de passage, réduite ici, peut s'étudier sur le versant nord⁽²⁾.

Elle est formée de schistes noirs parfois très compacts contenant quelques bancs de schistes gris clair ou gris foncé avec petites taches noires, ou de schiste gris vert, des grès gris, fins en général, d'aspect houiller, quelques bancs de grès gris vert et un banc de conglomérat laminé, schisteux, polygénique, à petits galets blancs rappelant celui de l'éperon sud-ouest de Roche Jaille.

3. Versant sud

Au sud de Saint-Michel de Maurienne, la route nationale 202 serpente au milieu des prairies et des bois que domine la muraille calcaire du Télégraphe. Celle-ci appartient déjà

(1) J. FABRE, 1956 et 1959.

(2) Voir à la fin de ce chapitre, p. 85.

au subbriançonnais; au pied, le gypse apparaît çà et là. Nous ne retrouvons pas au contact les couches vertes et rouges des Encombres, même en crête, mais seulement les schistes noirs et les grès du Houiller (voir page 39). Celui-ci, disloqué et glissé, affleure surtout dans le vallon de Fontaine Froide, entre 1 050 et 1 450. Il contient de nombreuses veines d'antracite (concessions de **Bernard la Serraz, La Visard, La Clapière, Charbonnière, l'Étarpey et Valmeinier**) inexploitées, car elles sont minces et pour la plupart discontinues du fait des glissements.

Sur une vingtaine de couches reconnues en galerie, la moitié seulement atteint 1 m d'épaisseur et deux atteignent ou dépassent 2 m. Par sa composition (grès gris plutôt fins, schistes noirs, psammites), il se rapproche plutôt de la série supérieure. Nous n'y avons pas trouvé de fossiles caractéristiques.

Une coupe faite au-dessus de Valloire au Gros Crey en passant par le Crey du Quart et Valmeinier ne nous montre plus ces couches (voir profils 47 à 49) :

1) Contre le chevauchement, le Houiller de Valloire et des Choseaux contient quelques veines de charbon autrefois exploitées (mine de **Charbonnières** : 922.05-326.6). Nous n'y avons pas trouvé de plantes déterminables, à part des *Calamites* et des feuilles de *Lepidophytes*. Apparemment il fait partie de la même unité que le Houiller d'âge Westphalien C des Verneys et du Chezlu au sud de Valloire.

2) Il est surmonté par un Permien inférieur, gris à la base, vert et rouge au-dessus, qui contient des bancs calcaires. A Geneuil une bande d'une trentaine de mètres de schistes noirs et de grès gris foncé à charbon peut être interprétée, comme nous le verrons plus loin (p. 84) soit comme une écaïlle, soit comme une récurrence de faciès houiller au milieu du Permien bariolé.

3) Le Houiller forme les pentes molles couvertes de tourbières et de paquets glissés qui s'étendent jusqu'au pied du sommet du Crey du Quart.

Vers 2 300, près des lacs du Truc et de la Vieille, et au-dessus du Plan Palais, les schistes sont peu abondants (quelques lits à nodules ferrugineux). Les veines de charbon sont rares et minces. Les gros bancs de grès contiennent des lentilles de conglomérats à petits galets.

Au sommet du Crey du Quart, par contre, le Houiller encore assez grossier (quelques petits conglomérats) est riche en charbon. Il a livré *Neuropteris linguaefolia*, cf. *Alethopteris friedeli*, *Lepidophyllum lanceolatum*, etc. et en contrebas au nord, vers 2 150, un gros tronc de *Sigillaire* cannelée, dressé dans des grès.

Des sills de microdiorite se sont injectés dans les couches du sommet; un autre dans une veine de charbon au nord-est des Choseaux (point 1913 : 923.3-327.5) a été étudié en détail par R. FEYS qui y a décrit des phénomènes de cokéfaction et de graphitisation (FEYS-GREBER, 1951, pl. 8-9-10).

4) Le versant est de la montagne montre une série houillère productive : des couches de charbon affleurent en particulier au sud, sous le Pas de Cotérieux; un autre faisceau de dix-huit veines minces (quelques décimètres en moyenne) passe plus bas entre 1 900 et 1 700. L'une d'elles a été exploitée (mine Marcelin).

5) Le Houiller qui affleure en face, sur l'autre versant de la vallée, entre Valmeinier et le Gros Crey, est disloqué et glissé. Il contient probablement plus de couches de charbon que ne semblent l'indiquer les affleurements. Nous n'y avons pas trouvé de fossiles déterminables (*Lepidodendron* vers 2 070); il paraît encore Westphalien.

Cette coupe est assez différente de celle des Encombres. En particulier le Houiller du Crey du Quart qui se trouve dans la même position que celui des Encombres, est d'âge Westphalien *str. s.*, alors que le second est Westphalien supérieur - Stéphanien inférieur. Un accident passe probablement entre le Crey du Quart et le Permien du versant ouest.

Une coupe plus au sud donne en effet des résultats différents. On retrouve une succession normale :

1) Les couches versicolores, qui affleurent maintenant sur le versant ouest du vallon de la Neuvachette, sont surmontées par des quartzites à quartz roses et galets de « liparite » alternant avec des schistes gréseux verts et rouges. C'est le *Permotrias* qui passe aux quartzites werténiens de la Sétaz des Prés.

2) Sous ce « Permien » vient un Houiller stérile grossier avec encore quelques bancs versicolores. Il sera décrit plus loin sous le nom de « Série de Roche Château » (*Stéphanien moyen-supérieur* probable). Il affleure sur le versant est du vallon.

3) A l'est de la crête, dans la vallée de Valmeinier, nous le voyons passer vers le bas à un Houiller gris (schistes noirs, grès gris, psammites, quelques lits de conglomérats et quelques veines de charbon) : *Westphalien supérieur* ou *Stéphanien inférieur*. Il a en effet pu être daté en deux endroits :

- A Combe Orsière (926.05-324.6), 180 à 200 m sous la série de Roche Château, des schistes noirs à tubulures et nodules carbonatés ont donné *Pecopteris cyathea* et *P. cf. polymorpha*.
- 200 m plus bas au sud-sud-est, au-dessus des chalets de l'Arendier, nous avons trouvé *Pecopteris lamurensis* (?) et *Neuropteris* sp. (926.3-323.3).
- Au bord du chemin (927-323.4 — gisement découvert par Ch. PUSSENOT et visité en compagnie de M. GRANGEON et Ch. GREBER) — *Mixoneura* abondant, *Pecopteris*, *Cordaïtes*, *Calamites*.
- Enfin, près du pont sur la Neuvache, au bord du chemin de l'Arendier aux Cornions (927.3-323.5), nous avons trouvé *Neuropteris obliqua*, *Mixoneura*, *Pecopteris cf. polymorpha*, *Pecopteris* sp.

Stratigraphiquement ces couches sont équivalentes de celles des Encombres.

Un petit filon de microdiorite passe à Combe Orsière, 150 m sous le gîte fossilifère. Il est injecté dans une « passée » de charbon qu'il a métamorphosé. La roche est écrasée à proximité d'une faille minéralisée en quartz, pyrite, sidérose, avec mouches d'azurite et malachite.

Ce Houiller est fortement plissé : plis souples couchés ou déversés à l'est, n'affectant souvent qu'une tranche de terrain réduite (dysharmonies). Il n'y a pas en général de schistosité oblique, sauf au contact des failles (à l'Arendier par exemple, sur quelques centimètres).

4) Sur la rive droite de la Neuvache le verrou de l'Arendier est formé par des grès massifs en bancs épais comportant quelques lentilles de conglomérats (galets de 1 à 4 cm de quartz blanc et gris⁽¹⁾ et de gneiss) et séparés par des bancs de schiste, et de psammites.

L'ensemble (3-4) jusqu'à la base de la Série de Roche Château, ne doit pas dépasser 1 000 m d'épaisseur.

Les couches plongeant à l'ouest, on descend dans la série en suivant l'arête qui, des chalets des Cornions, monte vers Roche Noire.

5) 20 à 30 m de schistes et de grès vert et rouge séparent les grès de l'Arendier de la formation suivante. Ils ont été traversés (en 1956) par la galerie de dérivation de la Neuvache sous le ruisseau des Culées et affleurent aux chalets des Perches et en crête à l'est du point 2 495. Les schistes contiennent de petits nodules ankéritiques. Les grès sont parsemés de grains de feldspath saumon et passent à des conglomérats gris ou bariolés à galets de quartz et de schiste rouge. Une étude détaillée de la galerie a montré qu'ils étaient bien interstratifiés dans le Houiller Westphalien, et qu'il ne s'agissait ni d'une écaïlle ni d'un synclinal de Permien. Stratigraphiquement ils occupent une position analogue à ceux de la Traverse, au nord de l'Arc.

6) Au delà viennent 500 m environ de schistes (bancs à clayats) et de grès en proportion égale,

(1) La couleur grise ou noire de certains galets de quartz — qui voisinent avec des quartz laitieux banaux — a depuis longtemps intrigué les observateurs. Des interprétations différentes en ont été données (poussière de charbon, rayons cosmiques). Il est possible que plusieurs causes aient abouti aux mêmes résultats.

G. DEICHA a eu l'amabilité de bien vouloir examiner un certain nombre de nos échantillons, provenant de divers points du bassin. Les inclusions noires sont en général très petites (de l'ordre du micron), et difficilement analysables. A l'écrasement on observe un petit dégagement de gaz. A plus fort grossissement les inclusions les plus grandes — moins opaques — montrent une bulle, rarement mobile. La substance noire forme un ou deux amas aux formes vaguement géométriques, ou paraît tapisser les parois de la cavité ou la surface de la bulle.

Ces inclusions sont réparties dans toute la masse, à raison de plusieurs millions à un milliard par centimètre cube. On observe quelques voiles d'inclusions secondaires, petites et serrées, le long de cassures.

contenant une vingtaine de veines de 1 m d'épaisseur (au maximum) avec toit de schiste et mur à radicales, *Stigmaria ficoïdes*. Ces veines représentent environ 2 % de la formation. Ces couches sont ployées en un gros anticlinal au-dessus des Cornions (voir profil n° 50).

7) Les grès dominant dans la série suivante (70 % environ de la formation). Ils se présentent en bancs épais (jusqu'à 50 m dans la petite arête au sud-sud-ouest de Roche Noire) et contiennent fréquemment des galets de quartz disséminés. Les veines de charbon sont un peu moins nombreuses mais souvent épaisses : sur 1 600 m de traversée, la galerie de Neuvache a rencontré vingt à trente veines qui totalisaient 15 à 20 m de charbon; quatre couches approchaient ou dépassaient 2 m.

Cette série, injectée de gros sillons de microdiorite, forme les crêtes de Roche noire, de la Pelle et celle de la Pointe de Névache à la Roche du Chardonnet, qui ferme la vallée au sud. Elles ne nous ont pas livré encore de fossiles bien caractéristiques : *Lepidodendron* (Roche Noire), *Lepidophyllum* cf. *acuminatifolium* (Roche des Marches), *Calamites*, Pistes de vers, cf. *macrospores*, cf. *Estheria* (Roche Noire et dans la galerie Neuvache-Bissorte), et à l'ouest du Passage du Pic du Thabor (point 2 780 en 930.85-321.9), dans des schistes à nodules, deux écailles. M. le professeur P. PRUVOST y a reconnu : *Rhizodopsis sauroïdes* Williamson (pl. IV, fig. 5). Ce poisson ne présente qu'un intérêt stratigraphique limité. Il est connu d'après P. PRUVOST (1918) dans la moitié inférieure du terrain Houiller du Nord et paraît absent de l'Assise de Bruay (Westphalien C). Par contre au pied du Pic du Thabor (931.6-321.45) nous avons trouvé un *Pecopteris pennaeformis* en mauvais état, mais encore reconnaissable à ses rachis ponctués, accompagné de *Neuropteris* sp. et de *Calamites*, dans des schistes qui contiennent comme à Roche Noire des pistes de vers et probablement des Ostracodes.

A la pointe de Névache, les mêmes schistes sont couverts de macrospores (*Triletes* probablement). R. FEYS a décrit non loin de là, au col de la Madeleine, *Estheria simoni* et *Leaia tricarinata*, qui indiquent un âge Westphalien C.

Au pied du Thabor les grès à lentilles de conglomérat (galets de cristallin : gneiss à biotite, aplite, etc de petite taille) appartiennent, semble-t-il, à un niveau inférieur à celui de Roche Noire et de la Pointe de Névache.

C. L'ANTICLINAL MEDIAN

I. Le Houiller stérile

Remontant l'Arc en amont du Pont de la Denise, on entre dans du Houiller stérile qui bientôt occupe les deux versants. Les composants en sont les mêmes que dans le Houiller productif : grès gris arkosiques, foncés ou clairs, parfois légèrement verdâtres (chlorite), schistes noirs micacés, psammites. Les veines de charbon sont rares, en général minces (il n'y a pas de concessions dans ce secteur). Les bancs de grès, souvent puissants (10 à 50 m), dominent. Faute de coupes détaillées de galeries, nous ne pouvons chiffrer les proportions relatives de ces différents éléments. Les lentilles, les nids de petits galets (1 à 3 cm) y sont fréquents, surtout vers la limite Houiller productif - Houiller stérile (fig. 15), mais ne

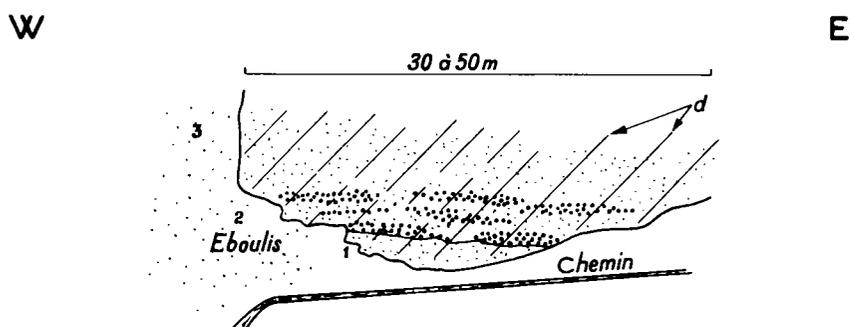


FIG. 15. — Grès de la Pra, au N.E. du village (coupe). 1. Grès massifs; 2. Grès hétérogène à lentilles de conglomérat; 3. Grès. d. Direction des diaclases et des plans de schistosité.

forment pratiquement jamais de gros bancs individualisés. Ce sont des quartz blancs ou gris, rarement des galets de cristallin (gneiss, aplites) ou de phanite noir. Exceptionnellement, sur la croupe du Peyron, à l'ouest de la Pointe du Bouchet, on observe un banc de conglomérat de plusieurs mètres d'épaisseur où les galets de quartz peuvent atteindre 10 cm de diamètre. Les schistes, gréseux, micacés, sont parfois indurés. Ils se présentent souvent en couches minces ou en troupeaux de petites écailles alignées dans les grès. Lorsque la schistosité n'a pas tout oblitéré, ils contiennent des traces végétales (*Calamites*).

— Un banc de schiste clair affleure au bord du chemin de la Pra à Bissorte, vers 1340, au milieu de grès gris clair et de schistes noirs; un autre, d'arkose vert pâle, à côté de la gare de la Pra, près du lit de la Bissorte.

— Un lit de 0,50 m de schiste à nodules ferrugineux brun rouge, est intercalé entre des grès schisteux à filets charbonneux (au toit), et des schistes noirs (au mur) à côté du chalet des Granges (935.6-329.3). Les lits ferrugineux sont étirés et rompus (boudinage). La schistosité fait ici un angle de 10° environ avec la stratification. Cette couleur rouge ne paraît pas due à une imprégnation secondaire (fig. 16).

Toutes ces roches sont profondément déformées par une schistosité qui a feuilleté les grès. En quelques points, de petites ondulations serrées, en S, apparaissent entre les plans de glissement, tapissées de membranes ténues, irrégulières, de séricite. La schistosité n'apparaît alors plus dans les lits de schiste intercalés.



FIG. 16. — Affleurement des Granges. 1. Grès; 2. Grès schisteux, un filet de schiste carbonneux; 3. Banc ferrugineux; 4. Schiste noir.

Le métamorphisme alpin est parfois sensible — surtout dans la partie est de l'anticlinal. Près de Saint-André ou à côté du chalet de la Drière par exemple on observe le développement d'albites non maclées, aux contours déchiquetés, surimposées à la foliation produite par le laminage.

Les grès sont exploités dans deux grandes carrières en aval de la Pra. Ils forment dans la forêt de grosses barres, subhorizontales, séparées par des vires herbues correspondant aux intercalations de roches plus tendres (schistes, psammites, grès schisteux) et occupées par de petites clairières (la Bronsonnière, la Falconnière, etc.).

De SAUSSURE décrivait déjà (voir chapitre V, p. 70) ces « roches feuilletées mélangées de quartz, de mica, de feldspath, alternant çà et là avec des ardoises... ». Récemment R. MICHEL (1953) a souligné l'importance de leur recristallisation alpine. Celle-ci n'est cependant pas suffisante pour masquer la texture originelle. F. ELLENBERGER (1958, p. 64) fait remarquer que ce grès, dont il donne une analyse (1) « a une composition voisine de celle de la moyenne des roches cristallines de l'écorce terrestre sauf l'enrichissement en quartz par tri sédimentaire. Ce n'est, chimiquement parlant, guère qu'une poudre de roche, peu oxydée et non lessivée, en particulier non décalcifiée. De telles roches houillères contenaient en elles-mêmes tout ce qu'il fallait pour pouvoir donner, par recristallisation métamorphique, de véritables micaschistes ou gneiss sans avoir besoin d'apport notable, en particulier de soude ».

2. Le Houiller productif

A la hauteur de la Pra, le Houiller productif ne subsiste plus que sur les crêtes : Mont Brequin, Cime Caron, crête de Caron à Thorens, Pointes du Bouchet et Rénod, au nord de l'Arc; crête de la Sandoneire à la roche de la Pelle et crête des Sarrazins au sud. Les grès et les schistes noirs alternent en bancs épais (jusqu'à 20 m). Les grès, parfois clairs, peuvent contenir quelques galets : quartz blanc ou gris, houiller (grès et schiste), phtanite noir, rarement gneiss, granite ou « rhyolithe » blanche.

(1) Nous avons reporté cette analyse sur nos diagrammes (An. El. 1). On pourra ainsi la comparer à notre analyse n° 30 faite dans un grès arkosique assez fin, mais sans filet schisteux, de la carrière de la rive droite. Si l'on met à part la teneur en silice, accidentelle et plus forte dans l'analyse ELLENBERGER, le fer ferreux et la magnésie plus abondants dans notre roche (correspondant à un ciment ex-argileux plus important) les compositions sont comparables et les conclusions que l'on peut en tirer identiques. On remarquera notamment le paramètre *c* de NIGGLI : 9,9 pour la première, 9,15 pour la seconde.

Ces galets peuvent se rassembler pour former des lentilles ou des bancs minces de conglomérats (1 m au maximum) à Cime Caron, à l'ouest, au nord-ouest du sommet, au point 2 860, entre les cols de la Montée du fond et du Bouchet, dans la face ouest de la Pointe du Bouchet, et, au sud de l'Arc, en plusieurs points et en particulier dans la combe de Bissorte.

Les schistes, souvent gréseux, contiennent fréquemment des traces végétales : *Calamites*, quelques *Lepidodendron* (nord-ouest et sud-ouest de Cime Caron, Glacier de Chavière) notamment *L. obovatum* au pt 2 777 (nord-ouest de Cime Caron sur le versant Belleville), *Lepidophloios laricinius* (en contrebas de la crête des Sarrazins à l'ouest du pt 2 752), *Stigmaria ficoïdes*, Pistes de vers, et sur le bord nord-est du Glacier de Chavière, des schistes à gros nodules carbonatés bruns semblables à ceux de Château Bourreau. Les psammites sont rares, les veines de charbon nombreuses, mais rarement épaisses (quelques veines de 1 à 3 m entre le Brequin et Cime Caron).

En trois points nous avons observé des niveaux de schistes blancs :

— dans la face sud de la Pointe Rénod, vers 3 100, un banc de 1 m environ interstratifié dans des schistes noirs.

— à l'extrémité sud-ouest des Rochers Rénod, trois bancs séparés par deux « passées » charbonneuses. Ils affleurent sur les deux bords d'un couloir qui aboutit à l'ouest de la croix 2 878, soulignant une faille qui décale les couches de quelques dizaines de mètres⁽¹⁾. Cette association schiste-charbon rappelle celle des tonsteins ou des gores blancs des bassins houillers du Nord, de Lorraine ou du Centre. Nos schistes blancs pourraient-ils en être ? Il est impossible de répondre d'une façon catégorique. Les tonsteins sont caractérisés par la présence de leverriérite. Ils sont généralement riches en alumine (ce que ne sont pas nos roches), mais peuvent renfermer une quantité très variable de quartz détritique (voir P. PRUVOST, 1934). Que deviendraient-ils dans les conditions de la zone Houillère ? Probablement des schistes sériciteux assez peu différents des schistes blancs car la kaolinite, qui constitue une part importante de la roche n'aurait pu subsister dans le métamorphisme alpin déjà sensible ici. Ceci ne peut évidemment servir de démonstration mais la question mérite d'être posée. Ajoutons cependant que nous n'y avons jamais trouvé de débris végétaux, fréquents dans les tonsteins typiques.

— au sud-ouest du Mont Coburne (au sud de l'Arc), un banc de quelques mètres de grès et de schistes blancs est intercalé entre des schistes noirs gréseux et des grès gris grossiers. La roche est très déformée.

Ces trois niveaux se trouvent dans la zone de passage du Houiller productif au Houiller stérile. Nous en trouverons un autre à Saint-André (p. 68) dans une position stratigraphique analogue, mais d'une composition chimique particulière.

Toujours dans les mêmes couches, ou au sommet de celles-ci, nous avons noté quelques **épisodes versicolores**.

— Au sud de l'Arc, entre la Sandoneire et le Crey de Longefond, un banc de 0,50 m de schiste vert clair est intercalé entre des schistes noirs et des grès gris.

— Au fond du lac de Bissorte, quelques mètres de grès schisteux gris vert clair sont interstratifiés dans des schistes noirs, des arkoses et des conglomérats gris. Nous les avons retrouvés au nord-est, à l'extrémité de la crête des Sarrazins, entre les points 2 696 et 2 883.

— La galerie Neuvache-Bissorte débouche au fond du lac à proximité de l'affleurement. Elle traverse dans sa partie aval une série de schistes noirs, grès et conglomérats gris, très pauvres en charbon, situés « au mur » des couches productives de Roche Noire. Cette série contient trois bancs versicolores :

entre 815 et 830 : 2,50 m à 3 m de schiste blanc-vert, gréseux, à la base, plus vert et fin au sommet, micacé.

à 305 : 1 m de schiste gris vert.

de 160 à 112 : 20 à 30 m de schiste gréseux et de grès fin vert et gris violacé ou lie-de-vin, passant progressivement et par intrications mutuelles (en particulier au mur) à des schistes gris et noirs.

⁽¹⁾ C'est probablement cet horizon qui a été recoupé par la galerie du Bonrieu à 1 375 m en amont du départ de la conduite forcée.

Ce Houiller productif n'a pu être daté ici. Rappelons que dans la haute vallée de la Clarée il est d'âge Westphalien C (R. FEYS, 1954a) et qu'au pied du Pic du Thabor il appartient au Westphalien moyen sans pouvoir préciser plus (voir p. 59). On peut cependant, par continuité, estimer que le Houiller des Sarrazins fait partie du même ensemble. Quant aux couches au nord de l'Arc, la présence de *Lepidodendron*, rare au Stéphalien, milite plutôt aussi en faveur du Westphalien.

A l'ouest du Thabor, *ce Houiller est directement en contact avec le Permotrias*. Il en est de même aux Sarrazins; les couches à *Calamites*, *Stigmaria*, pistes de vers, sont surmontées par quelques mètres d'un Permien réduit, qui passe aux quartzites du Cheval Blanc.

Au nord de l'Arc et à Modane, la succession est plus complexe : entre le Houiller et le Néopermien vient s'intercaler un Stéphano-permien schisto-gréseux épais dont le sommet est migmatisé (Sapey, Pécelet-Polset).

3. Les roches éruptives

Les roches éruptives sont rares dans la vallée de l'Arc. On connaît quelques filons de 4 à 10 m d'épaisseur dans une zone large de 1 500 m qui, de la Pointe Rénod au Mont Coburne, traverse l'Arc à la hauteur de la Pra.

Roche Noire (3 085 m)

Cray de Longefond (2 787 m)

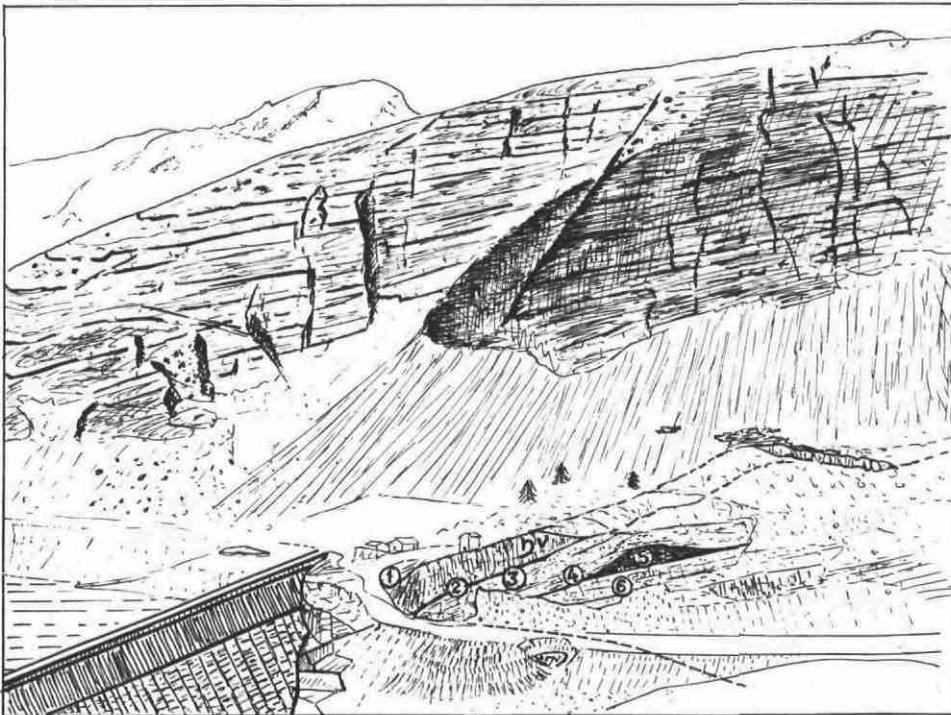


FIG. 17. — Appui rive gauche du barrage de Bissorte. 1. Filon de microdiorite à pseudo-enclaves, disjonction en prismes; 2. Schistes charbonneux; 3. Grès et conglomérats; 4. Grès laminés; 5. Lentille de schistes charbonneux à radicelles; 6. Grès.

La roche est une microdiorite toujours assez laminée. Les grands feldspaths, qui apparaissent comme des dragées blanches sur le fond vert, sont remplacés par un agrégat de séricite, albite, zoïsite, épidote, calcite et exceptionnellement lawsonite (barrage de Bissorte) ou prehnite (1). Les amphiboles ont donné, par rétro-morphose, des amas de chlorite et de produits ferrugineux. Les quartz corrodés sont rares ou absents. Dans la pâte figurent la chlorite (pennine), le quartz, un peu d'apatite et d'ilménite altérée en leucoxène, du mica blanc en traînées effilochées, parfois de la pyrite abondante et des grains de charbon. Dans certains filons, notamment le filon supérieur du barrage de Bissorte, on observe des amas arrondis plus foncés (pseudo-enclaves) pouvant atteindre 20 cm de diamètre. De grain plus fin que la roche encaissante, ils sont riches en quartz et en épidote. Le même filon montre, sur l'appui rive gauche, une belle disjonction en prismes, identique à celle du filon de Chaplut, au-dessus de Sordière.

D'autres, moins aisées à repérer, miment sur le terrain une arkose claire écrasée. Tel est le cas de la roche qui affleure au nord de l'Arc, au bord de la route de Saint-André au Villerey, sous le Villard (fig. 18).

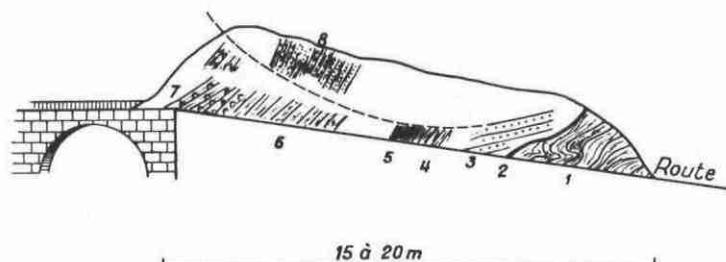


FIG. 18. — Affleurement du Villard. 1. Arkoses grises laminées; 2. Mylonite : 5 à 20 cm; 3. Quartzite feuilleté vert; 4. « Schiste vert »; 5. Schiste noir; 6. Schiste gris et vert; 7. Roche éruptive écrasée; 8. Grès feuilletés brun-noir.

Au microscope on observe un fond de quartz et un peu de séricite, des traînées de chlorite et des plages de carbonate secondaire étirées suivant la foliation, et de grands plagioclases maclés, plus ou moins disloqués et relativement frais.

Il paraît en être de même pour l'« arkose » pâle, gris-vert, qui affleure sur le versant sud de la vallée, en amont de la prise de Bonnenuit, au pied de la falaise.

A l'analyse, une roche récoltée au-dessus de la Pra, près du hameau des Champs (933.35-331.85) donne une composition (An. 14) de microdiorite quartzique : 'II.4'.3'.4(5) [2.1.'2.3.].

Si les symboles magmatiques rappellent une porphyrite de la Ponsonnière (An. 15), notre roche en diffère cependant notablement par la teneur en chaux (6,78 au lieu de 12,60) et en soude (3,90 au lieu de 1,53).

L'un des filons qui injectent le verrou du barrage de Bissorte et se poursuivent dans la face est du Mont Coburne donne (An. 17) une composition analogue, de plagioclasolite leucocrate de type magnésien : 'II.(4)5.3.5.[(1) 2.1.1.3.].

Le filon supérieur (An. 13) à pseudo enclaves a des teneurs un peu plus faibles en alumine, fer, magnésie, soude, un peu plus fortes en chaux et potasse. Paramètres : (I) II.4.4.4(5) [4.1.1.3.].

Ces roches se sont injectées dans le terrain houiller en suivant les joints de stratification, de préférence le long des lits charbonneux ou schisteux. Contre les épontes le grain de la roche éruptive est souvent plus fin.

Un autre groupe de filons s'est injecté suivant les couches de charbon de la Sandoneire, la Roche des Marches, Roche Noire et la Roche de la Pelle. C'est une **microdiorite**, souvent plus fraîche, qui montre des traces d'écrasement (amphiboles tronçonnées) mais les éléments constitutifs sont reconnaissables.

Une roche du Col des Marches (An. 19) nous montre : andésine, hornblende verte parfois cernée d'un liseré bleu et frangée de chlorite (pennine) dans une pâte microcristalline de quartz, épidote et

(1) Voir pl. VIII, fig. 7.

chlorite. Quelques plages de calcite secondaire peuvent apparaître. Sur d'autres échantillons, les plagioclases sont envahis par un réseau d'épidote et de zoisite progressant le long des clivages, ou encore sont complètement altérés en séricite, calcite, épidote, quartz.

A l'analyse, ces roches montrent des variations du même ordre que les précédentes : 'II. (4) 5. (4) 5.1.5. ['2.1.1.3.] pour une roche de la Sandoneire (An. 18), proche de celle de Bissorte; II. 4(5) . 2(3) . 4 ['2.1.1. (2)3] — (An. 16) et 'II. 5. '2. 5 [(1) 2.1.1.(2) 3] (An. 19) pour deux roches au voisinage du col des Marches; une microdiorite de Roche Noire (An. 10) évolue vers un type plus « acide » : II. 3 (4) . 1'3 ['2.1.1. 3'].

Une roche un peu différente, de type exceptionnel, mais qui s'apparente à cette dernière, affleure au nord de l'Arc, au pied ouest de la Pointe de Thorens. Elle se présente comme un filon ou un sill de 1 à 2 m d'épaisseur au milieu des schistes et grès à charbon. L'exiguité de l'affleurement, sur le fil d'une crête éboulieuse ne nous a pas permis d'étudier ses rapports avec les roches encaissantes.

Vert pâle, écrasée, elle montre au microscope une ancienne **texture microlitique**. Un feutrage feldspathique de petites baguettes maclées constitue le fond, parsemé d'une poussière de sphère et de traînées chloritosériciteuses. Celles-ci proviennent probablement de la décomposition des ferromagnésiens, mica noir ou pyroxène. Quelques amygdales claires, remplies de plagioclases (albite en fines baguettes ou largement cristallisée), de séricite et parfois de chlorite, représentent peut-être d'anciennes zéolites. La tourmaline est exceptionnelle. De petites plages de carbonate secondaire (calcite ou ankérite) se sont mises en place en absorbant la trame de la roche.

Du point de vue chimique (An. II) elle présente des analogies avec les roches précédentes, tout en étant plus siliceuse, moins riche en magnésie et en soude, plus riche en potasse. Les paramètres magmatiques donnent : II. (3)4. 2 (3) . 4. [1(2) . 1. 1. 2'].

Enfin, sur la retombée est de l'anticlinal, au bord du glacier de Polset (S.-S.-O. du point 2902.7) un petit banc de roche verte, écrasée, à grain fin, est intercalé dans les conglomérats gris.

La structure intime de cet anticlinal médian est extrêmement confuse. Nous avons déjà noté, sur le flanc ouest, une série de plis de type souple, de quelques dizaines de mètres, voire 100 à 200 m de rayon de courbure (Brequin, Sandoneire, Roche de la Pelle), déversés à l'est comme le prouvent la position des toits et des murs des veines de charbon intéressées :

Veine renversée dans le flanc inverse du pli du Brequin au nord de l'Arc à la Lozière (928.2-223.3); passée charbonneuse verticale avec mur à *Stigmaria* à l'ouest⁽¹⁾ au front du pli de la Sandoneire au sud (930.75-327.70).

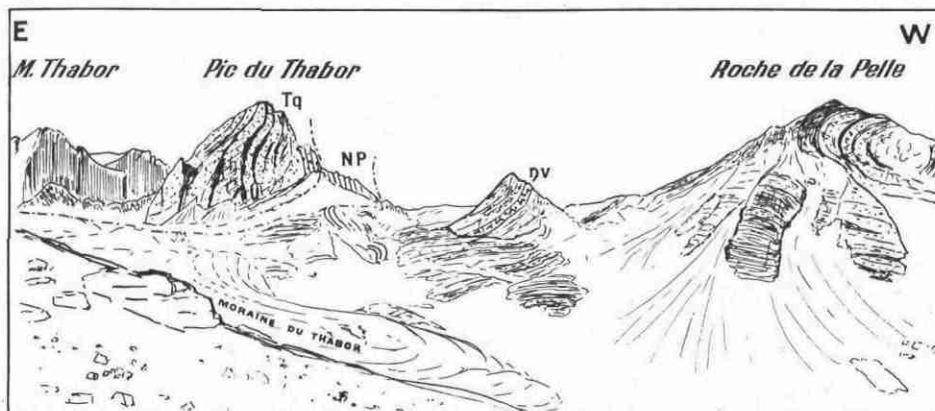


FIG. 19. — Vallée de Bissorte. Pli couché de la Roche de la Pelle et Pic du Thabor : NP = néopermien; Tq = quartzites werféniens; DV = microdiorite.

(1) Comme on ne trouve à proximité aucun autre niveau charbonneux, si mince soit-il, il est bien certain que ces schistes à *Stigmaria* sont le mur de la couche.

Ces plis se continuent au sud dans la haute vallée de la Clarée par les grands plis de l'Aquila décrits par R. FEYS. A cette zone nous devons rapporter aussi les plis aigus dessinés par les bancs de grès sur la rive gauche de l'Arc en face d'Orelle (fig. 20).

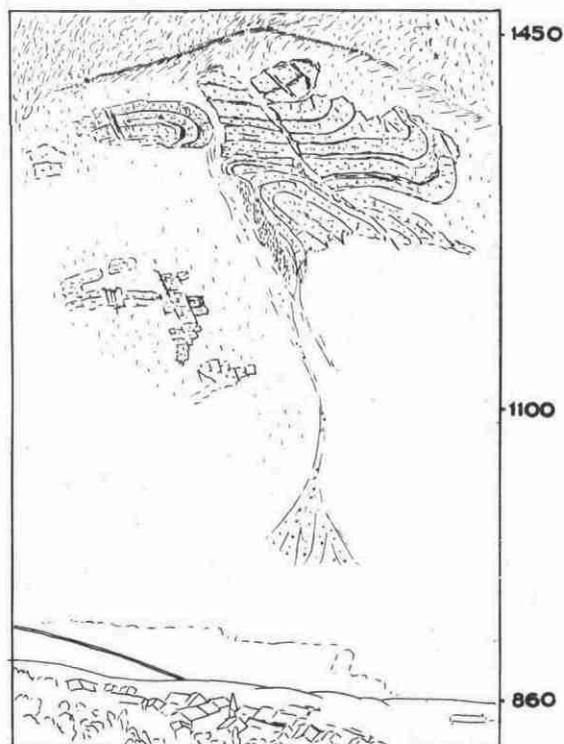


FIG. 20. — « Contournements des grès » en face d'Orelle, sur la rive gauche de l'Arc.

Au cœur de l'anticlinal les couches sont encore intensément plissées (plis aigus de Leschaux par exemple, au-dessus de la Pra) et peut-être plus particulièrement dans le Houiller productif (crête Caron-Thorens, crête des Sarrazins) mais il s'agit là, toutes proportions gardées, de déformations de détail car, prises dans leur ensemble, les différentes assises sont subhorizontales (nord et sud de la Pra).

Les axes des plis secondaires plongent au nord et au sud de 2 à 20°.

Vers l'est, quand s'amorce la retombée orientale, des ondulations plus marquées ont conservé dans leur cœur des lambeaux de Permien et de Mésozoïque : synclinal de Gébroulaz et anticlinal du lac Blanc au nord de l'Arc, synclinal Mounio-Arplane et anticlinal Les Herbiers-le Jeu au sud. Ces replis, déversés à l'est, ont leur flanc « inférieur » laminé :

W. KILIAN (1918) avait déjà noté cette large structure en dôme dans la vallée de l'Arc. Vers le sud il faisait passer l'axe de son anticlinal de Houiller stérile dans la vallée de Valmeinier (petit Fourchon) et la haute vallée de la Clarée. Or nous avons vu que ces deux vallées étaient creusées dans le Carbonifère productif westphalien du synclinal occidental. La charnière qu'il avait observée près de la cabane de Pascalon, au sud-ouest de la Pointe de Névache, n'est en fait qu'une ondulation secondaire sur le flanc est du synclinal.

4. Failles

Rappelons le filon de quartz imprégnant une zone écrasée, que l'on suit sur le versant nord de la vallée de l'Arc depuis le Pont de la Saussaz jusqu'au nord-est de Plan Bouchet. Il est grossière-

ment parallèle aux plis couchés à l'est et probablement en relation avec eux. Un filon de même type, au col de Pierre Blanche, soulignait une zone de laminage.

— Par ailleurs nous avons noté, à côté des plans de glissement et de laminage qui accompagnent les plis, un grand nombre de petits accidents tardifs, verticaux ou fortement pentés, notamment dans la galerie Neuvache-Bissorte : un certain nombre d'entre eux, dirigés en gros nord-sud, abaissent le compartiment ouest, exagérant ainsi la surrection de l'anticlinal.

— D'autres accidents nord-sud, nord-ouest-sud-est ou nord-nord-est-sud-sud-ouest sont parfois accompagnés de quartz et de sidérose. On les trouve un peu partout et notamment sur le bord de l'anticlinal.

D. LA RETOMBEE ORIENTALE

1. Le Houiller productif, au sud et au nord de l'Arc

Les premières veines de charbon réapparaissent au Freney, sur la rive gauche de l'Arc, au milieu de schistes gris ou noirs à *Calamites*, et de grès en gros bancs, à galets disséminés et lentilles de conglomérat.

Trois veines de 0,30 m à 0,50 m ont été ainsi reconnues dans la concession de **Frigirite**.

Montant du Freney vers le signal du Truc on retrouve le Houiller stérile à partir de 1650 (grès, psammites, schistes noirs) surmonté par une centaine de mètres de grès et de schistes charbonneux coiffant le sommet ainsi que la petite crête qui le relie au col d'Arplane.

A l'est, les grands glissements de la forêt de Fourneaux semblent s'être produits à la faveur des schistes et grès à anthracite. En effet, les quelques grattages exécutés pour l'octroi de la concession de la **Lentillère** ont mis en évidence un faisceau de cinq à sept couches de 0,15 m à 0,40 m. Elles avaient, d'après les documents, une direction E.-N.-E. à N.-E. et un pendage S.-E. faible.

Ce Houiller productif est entaillé par le torrent de Charmaix.

Au-dessus de Fourneaux, la mine de **Côte Velin** a exploité deux couches (fig. 21).

— l'une, supérieure, de 0,50 m à 0,80 m, suivie sur une trentaine de mètres; l'autre épaisse de 1 à 2 m en moyenne a été défilée jusqu'aux abords du tunnel de Fréjus. Presque horizontale et relativement régulière, elle était limitée au nord par une « faille », zone broyée à la base d'un paquet glissé de moraine et de houiller disloqué.

Le charbon était assez cendreux⁽¹⁾. Les travaux ont été interrompus par le bombardement de Modane en septembre 1943. Le « stérile » est formé par des schistes noirs, fins ou gréseux, des psammites et des grès gris ou noirs. Le métamorphisme alpin est déjà sensible ici : les délits des schistes et des grès sont bosselés d'yeux microscopiques où l'on reconnaît des baguettes d'épidote (cf. p. 113, fig. 32). Nous n'y avons trouvé d'autres fossiles que des *Calamites*, des tiges indéterminables et les petites empreintes arrondies appartenant à des *Phyllopoques*, ou des macrospores de *Calamites (Triletes)*.

Une autre concession d'anthracite, celle de **Charmet**, existe encore au sud. Deux veines y auraient été reconnues. Elles n'ont jamais été exploitées. Ce sont peut-être elles qui ont été rencontrées dans le tunnel de Fréjus vers 1 425 m.

Sur l'autre rive, au nord de l'Arc, le Houiller du Freney et de Fourneaux est considérablement réduit et peu visible. Il doit passer entre les grès et conglomérats de Saint-Etienne à l'ouest, et le gros môle de migmatites du Sapey à l'est. Il contient à l'ouest de Saint-André un banc de schistes blancs qui affleure au bord de la vieille route de la Pra, au milieu de schistes noirs et de grès laminés et glissés.

Le passage du schiste blanc au schiste noir se fait par une zone de quelques centimètres criblée de cristaux de pyrite, où alternent filets blancs et noirs et débris charbonneux.

Du point de vue chimique (An. n° 45) cette roche est assez différente des autres schistes blancs que nous avons pu analyser, provenant du Houiller ou du Permien, mais elle présente par contre des analogies avec certaines roches éruptives, par exemple du col des Marches (An. 16), de la Pointe de Thorens (An. 11) ou même de la Louïe Blanche, en Tarentaise (An. 12). Il est possible que l'on ait ici une cinérite. Stratigraphiquement elle se trouve à la limite Houiller stérile-Houiller productif.

(1) 25 % à 30 % en moyenne. Une analyse des cendres, faite avant guerre dans le laboratoire de l'usine de la Pra a donné : Si O₂ = 60; Al₂ O₃ = 16,8; Oxyde de fer = 15; CaO = 6,8; MgO = 1. Total : 99,6. La silice est pour une bonne part du quartz secondaire.

LA ZONE HOILLERE EN MAURIENNE ET EN TARENNAISE (ALPES DE SAVOIE)

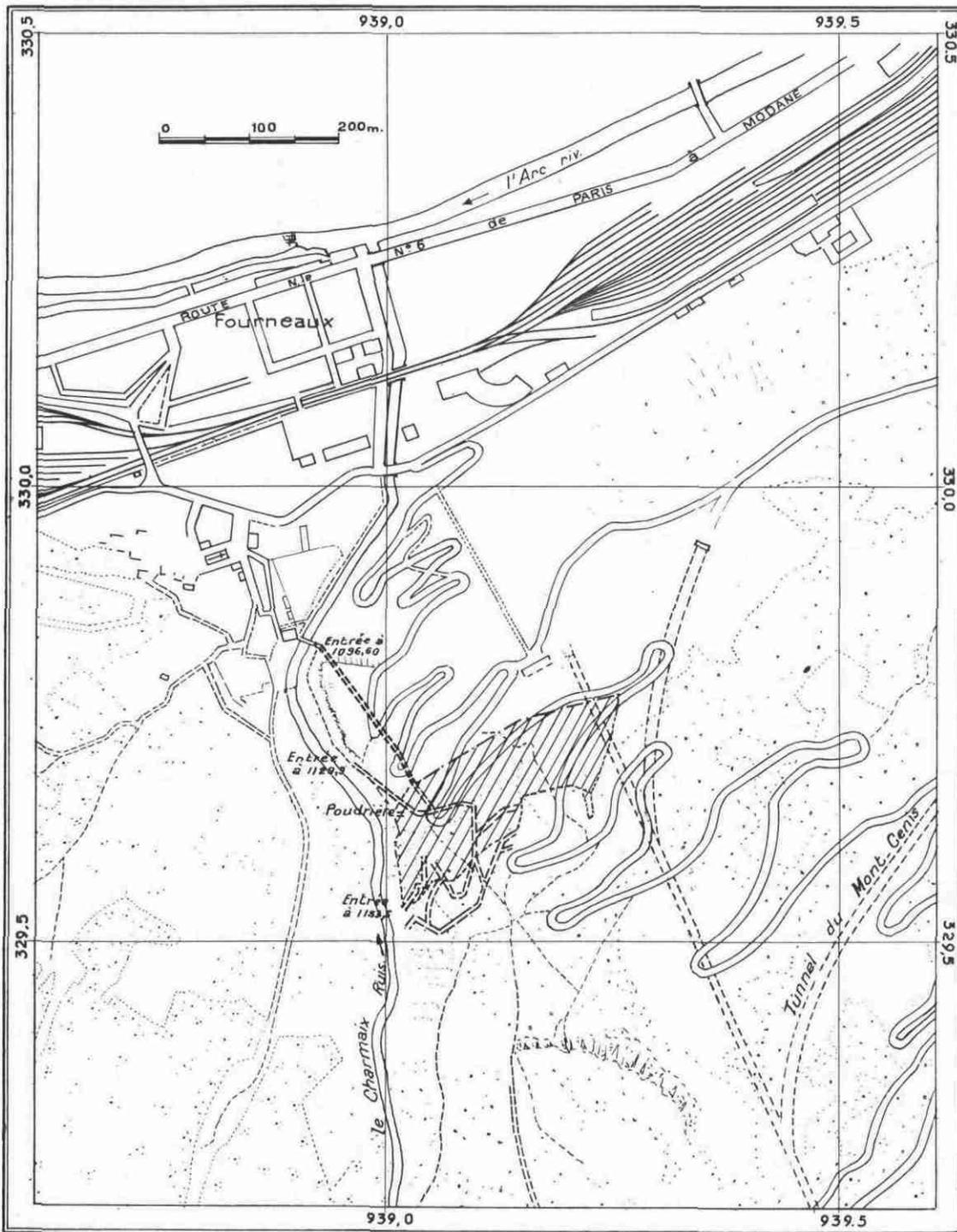


FIG. 21. — Concession de la Côte Velin.

2. Le passage au Permien

Au nord de l'Arc, à l'entrée du vallon de Polset, on a la coupe suivante :

1) Au delà du **Houiller** stérile qui forme les contreforts de la Pointe Rénod et une partie de la dorsale qui en descend vers le sud-est (Rocher des Dents) viennent des grès gris et des schistes noirs.

Les conglomérats sont nombreux, en bancs minces ou en lentilles, dans les schistes comme dans les grès.

Leurs galets (quartz, gneiss, etc.) en général de petite taille, peuvent exceptionnellement atteindre 15 cm de diamètre près des lacs de Chavière.

Les niveaux charbonneux sont minces et rares en affleurement.

Un banc de 1 à 2 m de schiste blanc affleure au pied de la falaise (937.3—4; 335.7) entre 15 à 20 m de schiste noir et des grès gris. La roche est compacte, blanc verdâtre, assez semblable à celle de Saint-André. Une roche analogue est visible au sud du point 2 234.

Les schistes noirs contiennent, comme à Côte Velin, des *Calamites* et de petites empreintes arrondies (*Phyllopodés* ou *Triletes*).

2) Puis viennent quelques dizaines de mètres de grès, arkoses et conglomérats verts et de schistes verts et noirs.

3) De ces couches on passe directement aux **migmatites** qui forment la barre rocheuse en face des chalets de Polset. Aux chalets des Charmettes, des yeux feldspathiques de quelques millimètres ou centimètres se développent dans les grès et les schistes noirs houillers.

4) Le **Néopermien** n'affleure pas ici, mais on peut l'étudier au pied du fort du Sapey, dans le ravin de Saint-Bernard. F. ELLENBERGER nous y a montré une très belle coupe où l'on observe, renversé, un Néopermien vert et violet, ankéritique, transgressif et discordant, sur (stratigraphiquement, non géométriquement) les migmatites qu'il remanie (1958, p. 70).

Dans les pâturages du Grand Planay, en amont des chalets de Polset, on observe une coupe analogue, que l'on peut étudier le long du chemin du col de Chavière :

1) Au-dessus de la Source du Vin : grès et conglomérats gris (galets de gneiss, micaschiste, quartz blanc et noir) psammites et schistes noirs en bancs minces plongeant au nord-ouest.

2) Des **conglomérats gris clairs** alternant avec des schistes gris et verts forment le mamelon 2390,8.

3) Ils passent vers l'est à des **schistes et des conglomérats violets**.

4) A quelques dizaines de mètres de là un petit affleurement montre des **migmatites** à gros yeux feldspathiques, puis des **quartzites phylliteux néopermiens**, un peu de **cargneules** et les **calcaires triasiques**.

Les quartzites de base du Trias sont, comme dans la coupe précédente, supprimés tectoniquement entre le Néopermien et les cargneules. Ils figurent au sud dans la coupe du col de Chavière, où manquent par contre les conglomérats gris et les schistes gris et verts du point 2370,8.

Au sud de l'Arc la succession est plus confuse.

Au sud de Modane, la partie supérieure du Houiller productif contient des niveaux clairs, verdâtres (1) : schistes sériciteux gris ou verts, grès verts, conglomérats à ciment schisteux qui affleurent entre Les Essarts et la chapelle du Charmaix. On pourrait au premier abord les confondre avec des écailles de Permotrias, comme celle qui affleure près du chalet de Fonge Lune (schistes verts et violets à amandes de quartz, arkoses vert pâle à quartz roses, quartzites sériciteux blancs). Nous n'avons pas retrouvé ici les grès et conglomérats versicolores qui couronnent le carbonifère dans le vallon de Polset. Les migmatites (gneiss ocellés verdâtres à grands feldspaths rectangulaires et schistes noirs indurés) forment au-dessus de Modane une grande dalle plissée et disloquée qui, à l'ouest, surmonte le Houiller de Côte Velin, et se renverse à l'est sur le Néopermien. On peut en récolter de beaux échantillons près de l'ancienne entrée monumentale du tunnel de Fréjus, qui ne semble pas les avoir traversées.

(1) Ils paraissent avoir été traversés par le tunnel de Fréjus.

On en retrouve aussi quelques mauvais affleurements dans la forêt de Fourneaux, au-dessus de la gare de triage.

Ces couches sont surmontées, à l'est du Charmaix, par d'épais schistes sériciteux attribués au Néopermien. (F. ELLENBERGER, 1958, p. 69).

3. La Vallée des Herbiers

La croupe qui domine au sud le glissement de Fourneaux donne une succession analogue à celle que nous avons observée au-dessus de Freney.

— Du torrent des Herbiers au point 1599 : schistes noirs en gros bancs alternant avec des arkoses. Ils contiennent, semble-t-il, quelques veines de charbon.

— De 1650 aux Granges d'Arplane affleurent surtout des arkoses et des conglomérats à pendage N.-N.-O., puis O. et E.-S.-E., avec replis secondaires N.-S. et linéation E.-O.

— Puis viennent les couches, à lits charbonneux, du Truc, couronnées par quelques mètres de schistes gréseux versicolores et de conglomérats schisteux violets, attribués au Permotrias, qui s'enfoncent sous les quartzites du massif d'Arplane.

Une coupe à travers la vallée des Herbiers montre d'ouest en est :

— **Le Houiller** des Sarrazins : 150 à 200 m de grès gris arkosiques, feuilletés (schistosité oblique), psammites, conglomérats gris à petits galets (schistes noirs et grès houillers, gneiss, phtanite noir, quartzites blancs ou gris clair) et surtout des schistes noirs (50 % de la formation) en bancs épais. Ceux-ci contiennent de nombreux sols de végétation à *Stigmaria* et de minces veines de charbon. Nous y avons trouvé : *Calamites*; cf. *Lepidodendron*, et des traces indéterminables. Ces couches forment la crête du Cheval Blanc au passage Sainte-Marguerite et se poursuivent au sud dans la Vallée Etroite (« Bande de Banchet », décrite par R. FEYS). Elles sont surmontées par quelques mètres de Permotrias.

Au fond des cirques, apparaît une série gréseuse et conglomératique plus pauvre en schiste et surtout en charbon, qui a été traversée par la galerie de Fontaine froide à la Lause et à Bonnenuit. Elle correspond aux couches stériles du Freney et d'Arplane. Sous le chalet du Brocard, elle plonge vers le sud-est à 40° sous 100 m environ de schistes verts et violets et de quartzites blancs à quartz roses du Permotrias. A l'ouest elle est recouverte directement par les cargneules et les calcaires triasiques.

— Il en est de même au nord-est, aux alentours des chalets des Herbiers et du Jeu où affleurent des schistes noirs gaufrés, onctueux, luisants, des grès gris fibreux, des psammites, et dans le lit du ruisseau, des conglomérats à gros galets de gneiss blanc, de phtanite noir, etc. Les niveaux charbonneux sont rares et minces. Les empreintes végétales sont déformées et la plupart du temps indéterminables (*Calamites*, *Lepidodendron*, au Jeu). Un petit lambeau de Permien, au sud du Jeu, surmonte directement ces couches.

4. Tectonique

Les roches de ce secteur sont assez déformées, notamment par une schistosité oblique qui détermine dans les grès et les conglomérats un feuilletage suivant des délits sériciteux gaufrés et parfois même un microplissement. Au microscope on note une fracturation des grains accompagnée de recristallisation : quartz, feldspath, tourmaline, calcite.

— Dans certains affleurements privilégiés, comme la crête du Cheval Blanc au Passage Sainte-Marguerite, le Houiller ne plonge pas régulièrement vers l'ouest, mais est affecté de **plis complexes**, d'axes N. et N.-E., déversés à l'est.

— On note aussi des **replis transverses** d'axe E.-N.-E. à E. : dans le vallon de Polset à

l'ouest de la Source du Vin, près de Saint-Etienne, et au sud, dans le défilé de la Tanette. Schématiquement, les migmatites de la forêt de Fourneaux sont le témoin d'un fond de synclinal couché vers le nord-est. Le flanc normal, étiré, est représenté au sud de l'Arc au-dessus de Modane, par la dalle de migmatite qui affleure autour de l'ancienne entrée du tunnel de Fréjus; le flanc inverse par les migmatites qui surmontent le Néopermien, sur la route de Modane-Ville au Charmaix. Dans le détail la structure est beaucoup plus complexe, et presque indéchiffrable du fait des glissements. Au bord de l'Arc, en amont du pont de Saint-André, sur la rive droite, le Houiller (schistes gris et noirs, psammites, grès et conglomérats gris) surmonté de couches plus claires (grès fins verts et conglomérats polygéniques à galets de quartz blanc et violet) paraît s'enfoncer en tunnel sous les « migmatites du Sapey » (F. ELLENBERGER, 1954 et 1958).

— Sur ce Carbonifère, intensément plissé, on retrouve des restes de la couverture (quartzites blancs et calcaires dolomitiques du Trias). Comme à l'ouest, **ces témoins ne représentent pas des fonds de synclinaux pincés dans le Houiller**, mais des copeaux restés collés (quartzites) dans les creux de leur substratum, ou traînés (calcaires) à sa surface (voir profils 49-52) sur un matelas de gypse et de cargneules. Au front de ces lambeaux le Houiller a pu être rebroussé (Massifs du Roc Rouge, du Roc Mounio, des Sarrazins) : la galerie de la Lause à Bonnenuit passant à faible profondeur sous ces massifs, est restée d'un bout à l'autre dans le Carbonifère.

Il n'en est pas de même sur le bord est où la zone Houillère s'enfonce rapidement au nord, au front de la zone Vanoise-Mont Pourri et au sud devant la nappe des Schistes lustrés.

— Les failles repérables, accompagnées de quartz, albite (Arplane), sidérose ou galène et cuivre (Sarrazins), sont toujours des accidents secondaires tardifs, N.-S., parfois E.-O.

Nous voyons ainsi, sur le bord oriental de la zone Houillère, le Permien des crêtes descendre au fond de la vallée, plaqué sur un Houiller à charbon considérablement réduit et soulignant ainsi le flanc est étiré d'un gros anticlinal dissymétrique. Nous avons noté il est vrai, qu'en plusieurs points la juxtaposition du Permien et du Houiller pouvait être anormale. Il s'agit cependant en général de témoins de la couverture originelle du Carbonifère plus ou moins laminée. Ailleurs nous la trouvons en place, passant vers le haut aux quartzites triasiques. Les grands décollements tectoniques se produisent au-dessus, dans les « cargneules inférieures », mais aussi au sein du Néopermien, lorsque celui-ci devient épais et sériciteux (région de Modane — MORET, 1947; F. ELLENBERGER).

Dans le Carbonifère, l'allure générale des bancs, les pendages, les couches productives enveloppant un môle de Houiller stérile soulignent donc un anticlinal. On pourrait, comme l'a fait Ch. LORY, penser qu'il n'en est rien et que les couches de Fourneaux ne sont pas l'équivalent de celles de Sordières et Saint-Michel beaucoup plus puissantes. Nous avons cependant retrouvé des deux côtés des séquences identiques : Houiller stérile-Houiller productif passant au nord de l'Arc à des couches versicolores. A la limite des deux premiers termes nous avons noté un horizon de « schiste blanc » : à la Lozière (à l'ouest), aux Rochers Rénod, et dans le vallon de Polset (à l'est).

Ces faits concourent à appuyer notre interprétation, qui était déjà celle de FAVRE (1860).

E. CORRELATIONS DE PART ET D'AUTRE DE L'ANTICLINAL

1. Les variations du Houiller

Doit-on attribuer au seul laminage tectonique ou à une variation de faciès la considérable différence de puissance des séries à charbon qui passent de 2 000 à 3 000 m à l'ouest de l'anticlinal médian, à quelques centaines de mètres à l'est ⁽¹⁾.

Ces couches du bord oriental ne sont datées ni au nord ni au sud de l'Arc. Les *Lepidodendron* trouvés ne donnent qu'une probabilité pour le Westphalien, sans plus. Au sud de l'Arc, dans la vallée des Herbiers, la succession est, nous l'avons vu, en gros la même que dans la vallée de Bissorte ou le Briançonnais : là, sur un Carbonifère Westphalien vient un Permien réduit à son terme supérieur, le Verrucano. On ne retrouve ni le Westphalien D-Stéphanien inférieur que nous avons vu à l'ouest et qui paraît se terminer en biseau dans la vallée de Valmeinier, ni le Stéphano-Autunien à calcaires, limité au bord occidental de la zone Houillère.

La pauvreté en charbon de la série schisteuse immédiatement sous-jacente est aussi un fait nouveau : à l'ouest, la crête Roche Noire-Roche de la Pelle nous avait montré de nombreuses veines, parfois épaisses de plusieurs mètres, dont le nombre diminuait vers le bas. Sur la crête des Sarrazins, située à l'est de celle-ci et dans la même position géométrique, les couches sont encore relativement nombreuses mais réduites à quelques décimètres ou centimètres d'épaisseur. Certains sols de végétation sont même recouverts directement par les schistes du toit. Il en est de même au nord de l'Arc, avec cette différence qu'un Eopermien d'un type nouveau vient s'intercaler entre le Houiller réduit et un Néopermien localement dilaté.

Précisons aussi que :

— Les couches de charbon sont nombreuses sur le bord interne de la zone Houillère (faute de travaux souterrains importants on ne peut donner de chiffre) mais, sauf exception, beaucoup plus minces qu'à l'ouest.

— Les grès contiennent plus de lentilles de conglomérats mais, dans le Houiller tout au moins, les galets ne sont pas plus gros que de l'autre côté de l'anticlinal médian. Ceci ne signifie pas que la sédimentation soit, dans son ensemble, plus grossière qu'à l'ouest : les bancs de schiste fin de Polset (au nord), ou du Jeu (au sud, dans la vallée des Herbiers) en témoignent et excluent l'hypothèse d'un apport torrentiel « étouffant » la sédimentation houillère.

— Les assises inférieures du Houiller productif de l'ouest sont certainement représentées ici (*Lepidodendron* au Jeu et à Chavière) mais rien ne prouve l'existence ici des assises supérieures.

En conclusion : cette diminution de puissance du Houiller productif dans la région de Modane nous paraît due à trois facteurs :

1) Une subsidence localement moins forte qu'à l'ouest. La plus grande fréquence des lentilles de conglomérat serait due en partie à une « condensation » des galets, qui à l'ouest, sont disséminés dans les grès.

(1) Le Houiller productif paraît à première vue plus épais sur la rive gauche, dans la forêt de Fourneaux, par suite d'un repli transverse.

2) Une érosion anté-Néopermien (puisque cet étage est transgressif sur ces couches) soit asturienne ⁽¹⁾, soit saalienne, peut-être les deux.

3) Enfin le laminage alpin au voisinage du « synclinal séparateur » (F. ELLENBERGER). Mais celui-ci ne peut rendre compte de tout le phénomène.

Nous allons voir que l'on observe la même variation latérale dans le Permien.

2. Les variations du Permien

Le Permien, plus encore que le Carbonifère, montre d'un bord à l'autre de la zone houillère et d'une rive à l'autre de l'Arc, des coupes différentes qui font pressentir de rapides changements paléogéographiques.

a. Les coupes fondamentales

Les coupes les plus complètes et les mieux élucidées se trouvent à la limite sud-ouest de notre terrain, au fond du vallon de la Neuvachette (massif de Roche Château-Rochachille) et dans celui de la Ponsonnière à l'est du Grand Galibier.

1. Massif de Roche Château-Rochachille (Profils 52 à 55)

Le massif de Roche Château, pris dans un sens large, est formé par la réunion des crêtes séparant les vallées de la Neuvachette à l'ouest, de la Neuvache (Valmeinier) à l'est et de la Clarée (Névache) au sud. Géologiquement il est formé par du Carbonifère terminal et un Permien épais. Le relief est du même type que celui des montagnes houillères environnantes, mais l'aspect en est assez différent : nous ne retrouvons pas ici les éboulis noirs de charbon, les bosses de grès durs moutonnées; les roches, plus friables peut-être, sont parées de vives couleurs, jaune, rouge, vert.

Dans l'ensemble, les couches plongent faiblement vers l'ouest, sous la chaîne des Sétaz (Trias), aiguilles escarpées et falaises de quartzites roux, de dolomies et de calcaire gris. Dans le détail, elles sont fortement plissées et il est difficile, même avec de bons affleurements, d'en dégager la stratigraphie fine.

PUSSENOT (1919) les décrit et y signale des bancs calcaires. Il attribue l'ensemble au Permien, puis (1922) au « Permohouiller » pour des raisons de position; de même M. GIGNOUX et L. MORET (1938) dans leur « Description Géologique du Bassin supérieur de la Durance ». Ceux-ci soulignent en outre la similitude de certains de ces calcaires avec ceux du Malm ⁽²⁾.

En 1952, M. LEMOINE tente un premier essai de stratigraphie. Il distingue :

1) Un houiller normal gris, Westphalien et peut-être Stéphanien, dont la partie supérieure « contient déjà quelques bancs calcaires et dolomitiques ». Des bancs siliceux noirs associés aux calcaires montrent au microscope des « sections attribuables à des *Ostracodes* », premier indice de fossiles dans cette formation.

2) Au-dessus, 300 m de schistes et pélites, rouges et verts avec passées gréseuses, nombreux bancs de calcaires; brèches à éléments volcaniques et tufs rhyolitiques considérés comme Stéphanio-Autuniens.

⁽¹⁾ La présence des conglomérats terminaux du Carbonifère (Assise de Courchevel) dont nous allons traiter plus loin n'est pas certaine au sud de Modane, mais ne peut non plus être exclue. Nous ne pouvons en effet pour le moment fixer l'âge des conglomérats polygéniques gris qui affleurent dans le thalweg du ruisseau des Herbiers, en aval du Lavoir.

⁽²⁾ Sur échantillons en effet la ressemblance est parfois frappante.

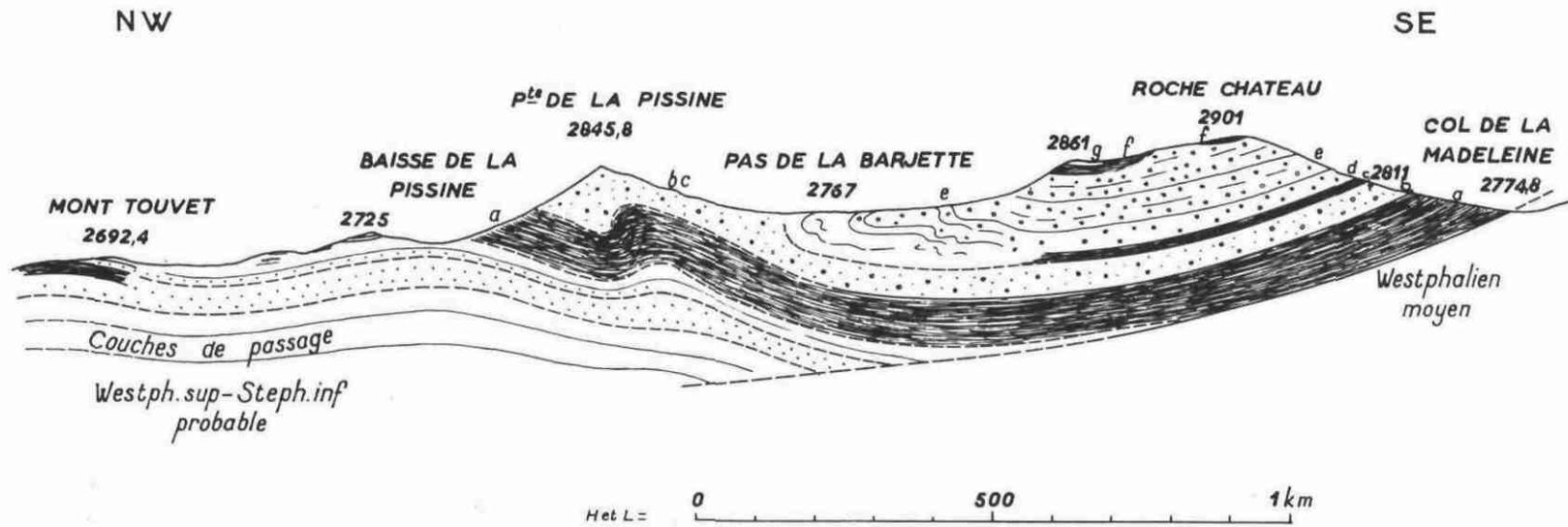


FIG. 22. — Série de Roche Château. Crête entre Valmeinier et Neuvachette, oblique (45° env.) sur la direction moyenne des couches

3) 300 m de conglomérats violacés et verts à galets de roche éruptive, assimilés au Verrucano localement dilaté, donc à un Permien supérieur « largement transgressif » sur les couches sous-jacentes, comme au sud sur le Houiller westphalien.

4) Les quartzites werféniens de l'Aiguille Noire débutant par 20 m de grès à quartz rosés.

Partant de la Clarée, R. FEYS a donné à son tour (1955) une coupe détaillée de la crête Roche Château-Aiguille Noire.

— Au-dessus du Houiller à charbon de la vallée de Valmeinier vient une série grossière, grise et versicolore : **la série de Roche Château** proprement dite.

— Elle est surmontée par des couches grises à la base, versicolores au sommet, qui renferment plusieurs bancs de dolomie et de calcaire (la « **série multicolore inférieure** »). Elles correspondent au sommet de la formation 2 de M. LEMOINE.

— Puis vient une série violette riche en conglomérats : la **série de Rochachille** (le « Verrucano » de M. LEMOINE). R. FEYS distingue ensuite une série gris livide, de schistes, grès et conglomérats que nous réunirons à la formation précédente.

— Le « **Verrucano** » (au sens briançonnais) couronne le tout et passe au sommet aux quartzites werféniens qui forment l'Aiguille Noire.

Précisons la description de cette remarquable coupe :

1. La série de Roche Château

Elle n'est complète qu'au nord du massif (fig. 22).

— Au-dessus du Carbonifère productif du Crey du Quart (Westphalien C), de l'Arendier et de Combe Orsière (Westphalien D) viennent, sans que l'on puisse placer de limite précise, 150 à 200 m de grès gris, arkoses rubanées et schistes noirs (*Cordaites*) contenant quelques bancs de grès arkosique vert, gris ou blanchâtre, de schiste compact dur, gris clair ou vert (traces dichotomes végétales, ou animales) et de très rares filets charbonneux. Ils couronnent la crête du Pas de Cotérieux au Pas des Griffes et descendent plus ou moins sur le versant Neuvachette.

— Ces couches passent vers le haut à 100 ou 200 m de schistes, grès, arkoses et conglomérats où se mêlent les faciès houillers, noirs et gris, et permien, gris pâle, vert, violet ou blanc. Elles affleurent entre le Pas des Griffes et la Baisse de Pissine. Au sommet (entre le Mont Touvet et la Baisse de la Pissine) apparaissent deux ou trois bancs (quelques décimètres) de schistes silicifiés (cf. Lydienne) gris pâle et un lit de phtanite gris à organismes tubulaires ou filamenteux (point coté 2 725). On trouve encore ici une trace charbonneuse.

— En s'élevant encore la sédimentation devient plus grossière : la crête, de la Baisse de la Pissine au col de la Madeleine, et en particulier les sommets de la Pointe de la Pissine et de Roche Château, sont formés par 300 à 350 m d'arkoses blanches et de schistes gris ou verts (rarement violets - horizons *a* et *d*), alternant avec des conglomérats (horizons *b-c* et *e*) clairs en gros bancs (jusqu'à 50 m). Très différents des conglomérats westphaliens, ils sont friables et imprégnés par place d'oxyde de fer ou d'ankérite. Ils renferment des galets de quartz blanc et noir, de micaschistes, de phtanite gris (sans traces organiques), de schistes et de grès noir ou vert, qui peuvent atteindre 30 cm de diamètre. Dans un gros galet de roche blanche, des plages de calcite ont préservé un feutrage de tubes fins rappelant des *Girvanelles*. Enfin, entre Roche Château et le col de la Madeleine, nous avons ramassé à la surface de l'horizon (*c*) des blocs de bois silicifiés (Gymnospermes, d'après BOUREAU et GREBER) provenant probablement du gros banc de conglomérat susjacent (*e*).

Ce sont ces couches qui, au col de la Madeleine, sont au contact du Westphalien C (Assise de la Madeleine, de R. FEYS). Une faille qui n'a peut-être qu'une importance secondaire, passe par là et le point 2 600.

Cette série détritique, épaisse de 500 à 800 m au total, n'a pas livré de fossiles caractéristiques. Comme elle surmonte, en continuité, des couches appartenant, soit au sommet du Westphalien D, soit au Stéphanien inférieur, elle appartient en tout ou partie au **Stéphanien**.

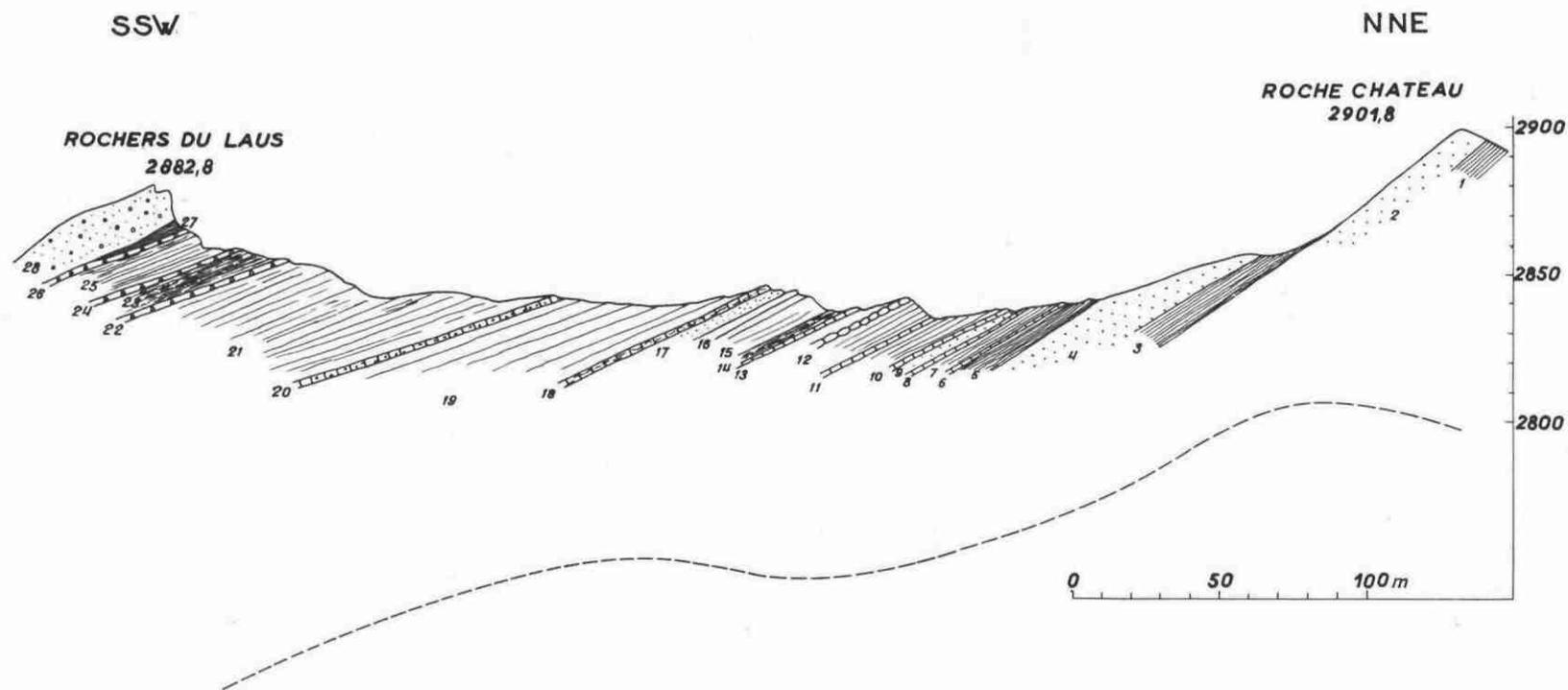


FIG. 23. — Coupe schématique du col entre Roche Château et les Rochers du Laus.

1. Schistes noirs à patine argentée. 2. Grès gris. 3. Schistes noirs. 4. Grès gris. 5. Schistes noirs ou noir verdâtre à empreintes ramifiées énigmatiques (R. Feys). 6. Calcaire à patine rousse, 0,50 m. 7. Schistes gris. 8. Calcaire, 0,20 m. 9. Grès fin schisteux à patine gris argenté et schistes noirs. 10. Calcaire ou dolomie à zones siliceuses noires, 0,80 m. 11. Calcaire, 0,20 m. 12. Calcaire, 1 m. 13. Calcaire, 0,20 m. 14. Calcschistes : schistes noirs contenant des filets glanduleux de calcaire à patine jaune paille. 15. Schistes gris clair surmontés par des grès schisteux mélangés de schiste noir. 16. Schistes verts. 17. Grès schisteux rouges. 18. Calcaire gris clair à délit onduleux de schiste gris. 19. Schistes rouges et verts. 20. Calcaire gris contenant des fragments anguleux d'un autre calcaire noir, de grains de quartz et de petites cloisons siliceuses simulant des tests de fossiles, 2 à 3 m d'épaisseur. 21. Schistes violets et verts, grès gris feuilletés ou gris vert. Quelques petits lits calcaires. 22. Brèche à ciment calcaire, 0,50 m. 23. Schistes rouges, rubanés de petits bancs calcaires. 24. Brèche à ciment calcaire contenant des lentilles de schistes rouges, 2,50 m env. 25. Schistes rouges contenant de petits bancs calcaires. 26. Brèche à ciment calcaire : éléments arrondis et anguleux de l'ordre du centimètre : calcaire gris ou blond (calcisphères), schiste rouge et vert, roche à grain fin verte ou rouge. Lentilles de schiste gréseux rouge. 27. Schistes rouges, 0 à 5 m. 28. Grès grossiers verts et, d'après R. Feys, conglomérats polygéniques à liant lie de vin. Recouvre en discordance les couches sous jacentes.

La présence, au sommet, de bois de Gymnospermes d'un niveau stratigraphique déjà élevé permet de supposer qu'elle représente peut-être le Stéphanien moyen et supérieur.

2. Le Permien inférieur à calcaires

Il affleure entre Roche Château et le col de Beaume Noire (« série multicolore inférieure » de R. FEYS).

— Les couches de base, sur 40 à 60 m ont encore le faciès houiller : schistes et grès noirs ou gris alternant avec des calcaires et des dolomies gris à patine rousse et comportant parfois des zones siliceuses noires (Ostracodes, pl. IV, fig. 2-4. Voir aussi VIII-3).

Les roches sont assez laminées. Elles affleurent dans le col qui sépare Roche Château des Rochers du Laus (point 2882). On en retrouve des lambeaux au nord-ouest et à l'ouest, posés sur la série inférieure.

— Au-dessus viennent des couches à dominante verte et rouge, avec encore quelques récurrences grises. R. FEYS a déjà donné (1955-1957) une description des différents types lithologiques qui la constituent. Bornons-nous à signaler, dans le tiers inférieur de la formation :

— Des grès grossiers, verts et violets, et des conglomérats à ciment schisteux et petits galets arrondis (1 cm au maximum) de schiste et de roche éruptive rose ou rouge. Ils affleurent sur le versant nord de la crête, en contrebas des points 2882, 2835 et 2818.

— Sur le même versant, sous le bec 2882, extrémité nord des rochers du Laus, trois ou quatre bancs de brèche intraformationnelle à ciment calcaire sont interstratifiés dans des schistes rouges à une centaine de mètres au-dessus de la base de la formation. Ils contiennent, remaniés, des éléments des couches sous-jacentes, en particulier des calcaires beiges ou gris pâle. L'un d'eux montre au microscope des *Calcisphères* ⁽¹⁾, des débris de schiste et de roche éruptive rouge. Ils sont recouverts en discordance ⁽²⁾ par des grès grossiers verts, base du Néopermien, qui forment le rocher 2882. Ces derniers s'étalent sur le versant sud en se chargeant de galets variés. D'après R. FEYS, ils sont un témoin de l'assise de Rochachille.

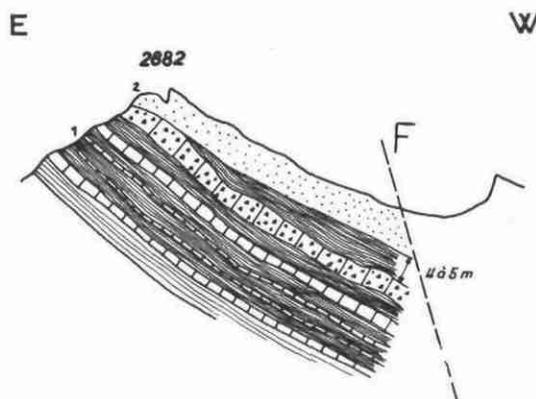


FIG. 24. — Discordance sur le versant nord des Rochers du Laus. 1. Schistes versicolores à bancs de calcaires et de brèches jaunes : Eopermien. 2. Grès grossiers de la série de Rochachille (Néopermien).

Nous n'avons jamais trouvé dans cette formation d'interstratification de tuf rhyolitique caractérisé, et la preuve formelle de leur existence reste encore à donner. Par contre, comme l'avait aussi remarqué M. LEMOINE, les éléments volcaniques remaniés sont nombreux dans les roches détritiques grossières où ils coexistent avec des débris des couches sous-jacentes.

Nulle part on ne peut suivre de coupe continue : plusieurs failles, cisillant des plis, partagent la crête en compartiments qu'il faut étudier séparément. Les coupes relevées diffèrent d'un bloc à

(1) Pl. IV, figure 1. Sous ce terme on a rangé des organismes divers. L'état de conservation ne permet pas ici d'étude anatomique. On peut seulement affirmer que ces petits globules, formés avant le dépôt, ne sont pas des oolithes, et sont trop petits et de taille trop variable pour être des tharacées (R.E. PECK, 1934).

(2) Cette discordance, de 10 à 15°, observée par nous en 1950 sur le versant nord, a été observée aussi par M. LEMOINE sur un affleurement large bien dégagé du versant est, ce qui permet d'exclure un contact tectonique accidentel.

l'autre et nous n'avons pu les raccorder banc par banc : laminages ? Variations latérales rapides ? Probablement les deux.

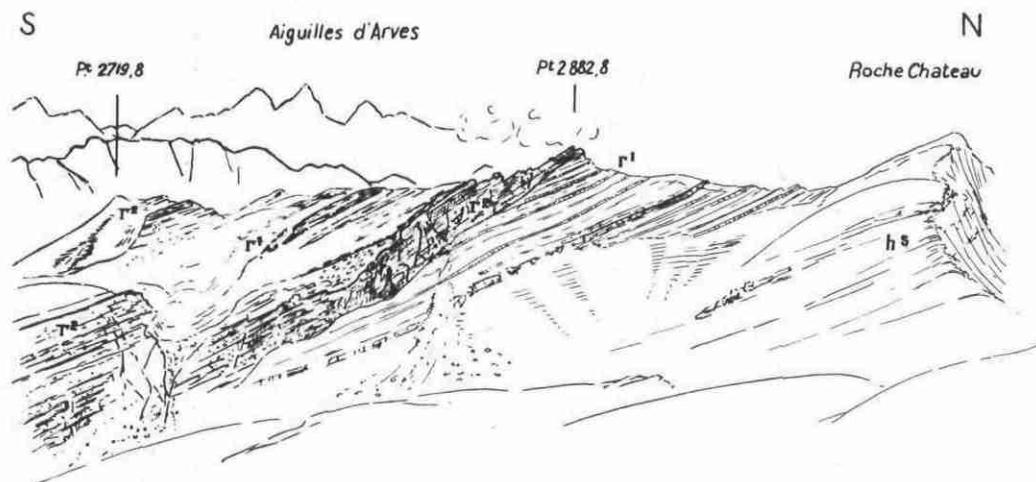


FIG. 25. — Discordance sur le versant E. des Rochers du Laus. h⁸ Série de Roche Château; r¹ Eopermien; r² Néopermien (d'après une photographie).

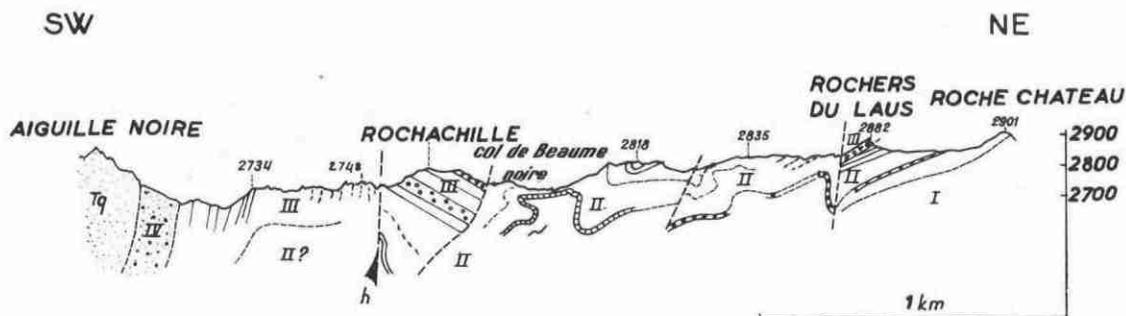


FIG. 26. — Crête de Roche Château à l'Aiguille Noire. h. Houiller. I. Série de Roche Château. II. Eopermien à calcaires. III. Série de Rochachille. IV. Permo-Trias. Tq : Quartzites werféniens.

Nous avons pu cependant mettre en parallèle la coupe de Roche Château au Rocher de Laus et celle que l'on relève à l'ouest du point 2882 au point 2835 et en contrebas.

Par contre deux solutions sont possibles pour celle que l'on relève, du pied du col de Beaume Noire au sommet 2818.

Première solution :

Ces couches sont l'équivalent latéral des compartiments orientaux. En gros l'analogie est acceptable au prix de variations de puissance. Le petit banc de brèche calcaire qui affleure à l'ouest du col vers 2770 correspondrait à ceux que nous avons signalés sous le rocher 2882.

Deuxième solution :

Ces couches sont au-dessus des précédentes. Cette hypothèse, moins satisfaisante au premier abord, est suggérée par l'allure des bancs sur le versant nord de la crête comme d'ailleurs par la coupe donnée par F. FEYS.

Dans le premier cas notre « Permien inférieur » aurait 300 à 320 m d'épaisseur; dans le second, près de 600 m. Dans les deux cas son sommet est inconnu.

3. La série de Rochachille

La série détritico-verte et violette de la Pointe de Rochachille a été assimilée par M. LEMOINE comme par R. FEYS, au Verrucano briançonnais.

Au col de Beaume Noire un contact anormal la sépare du Permien à calcaires. Nous pourrions donc hésiter sur sa position stratigraphique. Mais R. FEYS, étudiant le versant sud, a montré son identité avec les couches des Rochers du Laus qui, nous l'avons vu, surmontent en discordance l'Épermien à calcaires.

Aux Rochers du Laus nous n'avons que les couches basales de cette série. A Rochachille on peut distinguer trois niveaux :

a) Le niveau inférieur, épais de 100 à 150 m, peut être étudié au pied nord de Rochachille, et à l'ouest du sommet, sur la crête où il apparaît à la faveur d'un repli anticlinal. Ce sont des schistes, des grès grossiers et des conglomérats verts, blanchâtres, rarement violets. Ils contiennent des débris de houiller (schistes noirs), de permien (tous les types de calcaires), des galets de quartz et de roche éruptive roses ou rouges.

b) Au-dessus viennent 120 à 150 m de grès, schistes et conglomérats violets à gros galets dont R. FEYS nous a donné un inventaire : les roches éruptives à deux temps de cristallisation sont abondantes; elles s'apparentent aux filons intrusifs du Westphalien. Notons aussi des débris volcaniques, laves ou tufs, des calcaires et dolomies provenant des couches sous-jacentes, des grès et des arkoses houillères. L'auteur signale en outre des phanites qu'il rapproche des quartzolites à Algues décrits par nous en Tarentaise (J. FABRE, 1956). En fait la roche présente beaucoup plus d'analogies avec les zones siliceuses noires à Ostracodes, associées aux calcaires, à la base du Permien inférieur local. Les minéraux de ces roches, notamment les tourmalines, montrent un début de recristallisation tardive.

Ce niveau forme le sommet de Rochachille. On le retrouve en crête à l'ouest du point 2 748.

c) Vers l'ouest les couches deviennent plus claires : les roches sont les mêmes. Seule la teinte change, en particulier dans les bancs de conglomérat ou d'arkose plus perméables et plus aisément décolorés.

4. Permotrias et Werfénien

Au col de l'Aiguille Noire on passe brusquement aux quartzites à grains de quartz roses (50 m de puissance peut-être au total), coupés de schistes verts ou rouges qui forment la base des quartzites du Trias. Ils amorcent le régime marin qui va régner durant presque tout le Secondaire.

Ces quartzites, qui en d'autres points contiennent aussi des galets de jaspé rouge et de liparite, représentent seuls, pour nous, le *Permotrias str. s.*, c'est-à-dire, ici, la zone de transition du Permien au Trias. Comme nous allons le voir dans la coupe suivante, nous ne pouvons en effet interpréter la série de Rochachille comme un simple « épanouissement » du Verrucano briançonnais.

2. La Ponsonnière (Profils 56 et 57 et Pl. III)

L'étude du vallon de la Ponsonnière apporte quelques précisions sur la stratigraphie du Permien supérieur.

B. TISSOT l'a parcouru au cours de ses recherches minutieuses sur les massifs des Cerces et du Grand Galibier, en 1954 et 1955; nous-même en 1955 et 1956.

La meilleure coupe se trouve à 500 m au sud du hameau des Mottets, accessible par la route militaire du camp des Rochilles. On trouve d'ouest en est :

a) Calcaires et quartzites triasiques du Grand Galibier.

b) Eboulis.

c) « Houiller » : une dizaine de mètres de grès gris micacés à débris charbonneux et schistes noirs affleurent sur la rive droite du ruisseau, en face d'un mamelon d'arkoses et conglomérats blancs, verdâtres, de grès verts et de schistes lie de vin, en position anormale. Un lit de schistes noirs montre de fines lentilles blanches et de petits yeux ferrugineux (1).

Les couches, N.-S., plongent à l'ouest de 70 à 80°.

d) Contre le Houiller, en discordance (direction N.-N.-O. à N.-O.) viennent une cinquantaine de mètres de couches versicolores à lits calcaires : schistes verts et lie de vin à rares et minces lentilles de calcaire vert, gris ou blond, grès et conglomérats verts et blancs contenant en abondance des débris de schiste houiller, phanite noir, quartz blanc et rose. Nous rapportons ces couches au « Permien inférieur » qui serait ici réduit ou laminé.

e) Des schistes violets bourrés de feldspaths détritiques roses terminent cette formation. Au-delà vient un banc de 20 à 30 m d'une porphyrite sombre, rouge violacé ou verte, semblable à l'andésite des Gorges du Guil.

Elle est massive, compacte. Nous n'avons pu y trouver de traces de fluidalité, de bulles ou de tufs. Au « mur » le contact est peu net : sur 5 à 7 cm d'épaisseur la roche paraît s'être mélangée au schiste sous-jacent.

Ses paramètres C.I.P.W. LACROIX sont (An. 15) : II.4'.4'.4 [(2) 3.1.3.2(3)]. Le rapport Or/plag = 0,067; An. % en poids = 77,1; baryl = 20,98. C'est l'une des rares analyses pour lesquelles nous ayons été obligé de calculer de l'hématite.

Elle se classe, comme la plupart des roches intrusives briançonnaises, dans le groupe des plagioclases quartziques, émanant d'un magma granodioritique (I-II, 3-4, 3-4, selon LACROIX). Ce n'est pas exactement une andésite, comme on aurait pu s'y attendre (F. TISSOT, 1955, J. FABRE, 1955). Elle se rapprocherait plutôt d'une Dacite. Elle présente des analogies avec certaines roches de Vanoise (Analyses ELLENBERGER, nos 12, 14 et 16) et en particulier avec un métagabbro des Côtes Vertes (E. 12). Elle s'en distingue cependant par une teneur en ferromagnésiens, et surtout en MgO plus faible.

Une faille N. 60° O. la traverse près de l'extrémité nord de l'affleurement, en produisant une zone broyée à quartz, jaspé rouge et roche écrasée.

On suit ce banc, de la tourbière des Mottets jusqu'au pied du col de la Ponsonnière, sur 2 km 600, à la base des escarpements qui dominent le ruisseau.

— Un conglomérat violet à pâte schisteuse (le « tuf » de B. TISSOT) lui fait suite immédiatement à l'est. Il provient presque entièrement du remaniement de la roche éruptive. Par place des lentilles de schistes violet viennent s'intercaler entre celle-ci et le conglomérat.

Il s'agit soit d'une coulée, soit d'un sill mis en place à faible profondeur et presque immédiatement attaqué par l'érosion qui n'en a laissé que de rares témoins.

f) Tout le fond du vallon est rempli par des conglomérats analogues, des schistes et des grès violets, lie de vin, verts ou blanchâtres. L'épaisseur en est difficile à évaluer : 100 m ? 170 à 200 m ? Les galets de houiller et de cristallin sont plus rares que dans les couches de Rochachille. Ceux de roche éruptive peuvent atteindre 10 à 20 cm de diamètre, même au sommet. Comme à Rochachille, les teintes claires sont dues, en partie tout au moins, à une décoloration secondaire. La richesse en fer ferrique est à rapprocher de celle de la porphyrite. L'hématite existe d'ailleurs en grains notables dans les conglomérats.

g) Une coulée de porphyre pauvre en quartz couronne cette série. Vert et rouge, il mime de façon frappante certains types de quartzites Werféniens avec lesquels il avait été jusqu'à présent confondu. Epais de 30 à 50 m il affleure sur notre coupe entre les deux chemins du Lac des Cerces (point coté 2 400). C'est le même niveau que nous avons vu 3 km au nord, à Côte Vieille (p. 40). Les analyses que nous avons pu faire (6, 7, 8 et 9) confirment cette attribution.

A la base la roche montre une fluidalité qui pourrait aussi être interprétée comme un laminage secondaire. La distinction est parfois difficile à faire. Toutefois la localisation de cette texture surtout vers la base du banc, l'absence de structure cataclastique nette nous font penser qu'il s'agit bien d'une fluidalité originelle. Les phénocristaux de feldspath souvent zonés, peuvent atteindre plusieurs millimètres. Ils sont bien visibles au cœur du banc. Les grands quartz « corrodés » sont rares et cantonnés au sommet (ils sont par contre plus fréquents en contrebas du collet de la Fourche). A fort grossissement ils se montrent optiquement vides (2). Tout au plus note-t-on quelques microlithes et quelques zones opacifiées (fractures).

(1) Une roche semblable affleure dans le vallon de la Neuvachette, près du chalet de Chouris sous les conglomérats de la pointe de la Pissine (série de Roche Château, voir page 76).

(2) Nous tenons à remercier ici G. DEICHA qui a bien voulu examiner ces échantillons.

Tout en haut apparaissent des vacuoles contournées, remplies d'une substance d'aspect cireux vert foncé ou parfois d'ankérite et bordées ou non d'un liséré de quartz. Elles sont d'ailleurs mieux développées dans les affleurements de Côte Vieille. Selon toutes probabilités, il s'agit là d'une roche d'épanchement qui s'apparente aux « liparites » du Verrucano.

h) Une vingtaine de mètres de quartzites à grains de quartz et de jaspe rose et rouge, alternant avec des schistes verts et violets, sépare la roche éruptive des quartzites du Trias. Du jaspe rouge emplit d'ailleurs les fissures du sommet de la coulée. Il peut être interprété comme le résultat d'une remise en mouvement permienne de la silice, d'une silicification superficielle qui aurait immédiatement suivi les éruptions.

N'y a-t-il qu'une seule venue épaisse ? C'est ce que cette coupe semble indiquer. Par contre à l'est on trouve au Collet de la Fourche, 20 ou 30 m en contrebas sur le versant sud, d'ouest en est (c'est-à-dire, du haut vers le bas de la formation) :

- Quartzites écrasés, à quartz roses.
- Porphyre écrasé;
- Brèche à éléments de porphyre et pâte schisteuse verte : « tuf »;
- Porphyre fluidal, rubané de jaspe rouge; au sommet imprégnation irrégulière et notable de jaspe rouge.
- Porphyre (1 à 4 m);
- Pélite rouge (0,50 m);
- Porphyre;

Même en supposant des redoublements tectoniques, on est obligé d'admettre l'existence d'au moins deux coulées superposées.

Par contre les trois grosses barres, séparées par des schistes violets et des quartzites à quartz roses, qui affleurent près du lac des Cerces, correspondent à un seul horizon replié.

Vers l'est ce Permien est borné par un accident N.-S. qui, du col de la Ponsonnière au Collet de la Fourche, le met au contact du Houiller. Ce dernier n'a pu être daté ici (*Calamites*). Il se trouve dans le prolongement du Westphalien inférieur de la crête du Chardonnet et de la montagne de la Ponsonnière (R. FEYS) au sud. Or, dans la vallée de Valloire on connaît du Westphalien moyen. Il y a toutes chances pour qu'il soit ici Westphalien, inférieur ou moyen.

Au sud du lac des Cerces une autre faille, transverse (O.-N.-O.) et plus tardive, avec minéralisation de quartz et pyrite, décroche le compartiment sud de 50 à 100 m vers l'est et l'élève de quelques dizaines de mètres. Ce jeu suffit pour faire disparaître complètement le porphyre.

Au sud, sur la crête de la Ponsonnière, la coupe est simplifiée par des laminages. R. FEYS et B. TISSOT l'ont décrite. Rappelons que l'on y trouve, d'ouest en est :

- Calcaires triasiques;
- Schistes et grès versicolores à lentilles et bancs calcaires.
- Houiller : équivalent du niveau c de la coupe ci-dessus (p. 81). Schistes noirs et grès gris. Au voisinage des couches précédentes, quelques bancs verts s'y intercalent (décoloration secondaire ?);
- Schistes versicolores à lentilles et bancs calcaires identiques à ceux de Roche Château. Découverts par Ch. PUSSENOT, ils ont été étudiés par R. FEYS et B. TISSOT. Cet auteur pense y avoir trouvé des organismes (1955) = niveau d.
- Schistes violets et conglomérats de l'Assise de la Ponsonnière (niveau f);
- Houiller (= celui du lac des Cerces).

En résumé, la position stratigraphique (entre des couches versicolores à calcaires et le Permotrias) comme la composition lithologique (roches détritiques grossières, livides et violacées, riches en matériel volcanique) nous induisent à assimiler la série de la Ponsonnière à celle de Rochachille. Cette « Assise de la Ponsonnière » comprise entre deux émissions volcaniques, la première dacitique, la seconde rhyolitique, n'est pas équivalente, mais précède le Verrucano (Permotrias). On peut donc la considérer comme un terme inférieur du Néopermien — un « Saxonien » localement conservé. Comme la « Série de Roche Château » qui lui est antérieure cette Assise correspond à une période de vive érosion, attaquant non seulement le socle cristallin et le Houiller mais aussi et surtout les émissions volcaniques qui venaient de se produire, la Porphyrite en particulier.

Par contre dans le Permotrias de Savoie comme dans le Verrucano de Briançon, les

galets de cristallin et de Houiller sont très rares, ceux de quartz et de jasper rouge communs, ceux de « liparite » cantonnés au Briançonnais et à la Maurienne méridionale : la pénéplanation était presque achevée. Les coulées acides qui devaient couvrir la moitié sud du pays ont à elles seules fourni une grande partie du matériel détritique. Ces couches terminales tranchent par leur aspect, leur couleur, leur extension sur les assises sous-jacentes. La granulométrie, la puissance totale peuvent varier, la limite inférieure est toujours nette. Vers le haut, elles passent graduellement aux quartzites werféniens. Comme l'a fait remarquer R. Feys, elles jouent en quelque sorte dans la stratigraphie, le rôle de conglomérat de base du Trias.

b. Les variations dans le sens sud-nord :

La disparition des calcaires : Valloire, les Encombres

Partant de ces coupes types nous allons essayer de retrouver les différentes unités définies ci-dessus, sur les deux rives de l'Arc, dans la partie occidentale de la zone Houillère, puis dans la partie orientale.

R. Feys a montré que les couches de Roche Château disparaissaient très rapidement vers le sud entre le Carbonifère Westphalien C et le Néopermien. De même on ne trouve, semble-t-il, plus trace d'Eopermien au sud du col de la Ponsonnière. A-t-il été érodé à la phase saaliennienne ou ne s'est-il jamais déposé en briançonnais ? Nous ne savons.

Voyons ce que deviennent ces formations vers le nord, et tout d'abord dans la région de Valloire.

1. Environs de Valloire : le vallon de la Neuvachette et le Crey du Quart

Dans les deux vallons de la Valloirette et de la Neuvachette le Permien, disloqué et glissé, pointe au milieu des éboulis et des pâturages :

— Dans le premier, à l'ouest de la Pointe des Ratioux (profil 54) la crête de Barbe Grise est presque entièrement formée par l'Assise de la Ponsonnière. Plus au nord les couches sont très laminées et le Permien réduit à son terme le plus élevé : quartzites à galets de quartz roses et de liparite et schistes versicolores.

— Dans le second, à l'est de la chaîne des Sétaz, par contre, on trouve sous le Permotrias, des témoins de la Série de Rochachille (= Assise de la Ponsonnière) et du Permien inférieur à calcaires. Ce sont des schistes gréseux versicolores associés à des quartzites et des conglomérats livides, des schistes bariolés à minces lentilles et lits de calcaire beige ou rouge. Vers le bas apparaissent des couches grises; schistes et grès fins gris argentés ou gris verts, contenant encore quelques filets ou nodules de calcaire et dolomie à patine rousse.

Elles affleurent aussi sur le versant est, entre Pragautier et Montissot, ainsi que dans les gorges de la Neuvachette et au-dessus de l'Archa :

a) A Montissot, vers 2 000 m (923.8-324.8), des schistes et grès gris, noirs ou verdâtres, contiennent deux bancs (0,50 m à 0,80 m) de calcaire noduleux à patine rousse. Ils surmontent des schistes noirs et des grès fins à boules, nodules et concrétions allongées et biscornues de carbonate. A l'Archa (922.5-326) affleure un banc de 1 m environ de calcaire noir, par places largement cristallisé. Il ne nous a pas livré d'organismes, ni macro, ni microscopiques (1). Il repose sur des grès gris et est

(1) Cette roche est assez surprenante et inhabituelle pour le Houiller. Emettre une hypothèse sur son origine paraît pour le moment hasardeux, d'autant plus qu'elle a dû subir depuis son dépôt une diagénèse importante. On ne peut cependant exclure l'idée d'un dépôt par précipitation chimique, peut être en rapport avec des phénomènes volcaniques.

surmonté par des calcschistes noirs. A première vue on peut se demander s'il s'agit bien de houiller. Mais les calcschistes des gorges de la Neuvachette, analogues et tout proches, sont eux certainement Permo-Carbonifères.

On peut aussi rapporter au même horizon les schistes argentés verdâtres à rognons calcaires et les calcschistes gris qui affleurent vers 2100-2150 au nord-ouest de Montissot, au-dessus de la Turra.

b) Comme à Roche Château, les couches de la Neuvachette et de l'Archa sont surmontées par des schistes et des grès fins verts, rouges, gris vert, onctueux, à lits et lentilles calcaires, et non en bancs bien individualisés.

c) Au milieu de cette formation vient s'intercaler à Geneuil une trentaine de mètres de schistes noirs et de grès gris foncé contenant une passée charbonneuse : récurrence grise ou écaille de houiller plus ancien ? Les affleurements sont mauvais et leur étude ne permet pas de trancher. On se souvient que dans le massif de Roche Château (à l'ouest des Rochers du Laus) nous avons trouvé un épisode à faciès houiller (en plus satiné peut-être) d'une épaisseur comparable, intercalé dans les couches versicolores à calcaires. Il s'agit peut-être du même horizon, mais on ne peut cependant éliminer l'hypothèse tectonique.

d) Dans les couches vertes et rouges qui affleurent au-dessus de Geneuil et du Désert, nous n'avons plus trouvé de calcaires ; seulement quelques petits bancs de quartzite gris ou blanc. Il en était de même au point 2835, à l'ouest des Rochers du Laus, au-dessus des couches grises.

Deux venues éruptives y sont intercalées :

— La première, acide, affleure à 1780 (933.05-325.3). Elle repose sur un schiste gréseux vert. Au microscope on observe un fond quartzofeldspathique sur lequel se détachent quelques quartz « corrodés » et quelques grands feldspaths brisés. Le laminage l'a grossièrement feuilletée.

Dans le petit conglomérat qui la surmonte on retrouve des débris remaniés d'une roche analogue.

— La deuxième, plus calcique, affleure à 2040 (923.4-325.5). Nous n'avons pu observer ses épontes. Sa structure est peu nette au microscope : les quartz sont petits et rares ; le feldspath constitue une part importante, en baguettes enchevêtrées dans le fond et en gros cristaux disposés sans ordre et envahis par du carbonate.

Nulle part, nous n'avons vu le contact entre ces couches versicolores et le Houiller Westphalien du Crey du Quart. En un point, au-dessus de la Turra, elles sont juxtaposées à des couches grises à calcaires (niveau 1).

Les conditions d'affleurement ne permettent pas de coordinations précises entre ces différents horizons et ceux de Roche Château. On peut seulement en conclure que le faciès « à calcaires » du Permien inférieur décrit à Roche Château s'étend jusqu'à la Ponsonnière vers l'ouest et jusqu'à Valloire vers le nord-ouest (8 km).

Les complications tectoniques au voisinage du grand chevauchement de la zone Houillère sur le subbriannonnais ont perturbé les successions stratigraphiques. Les comparaisons précises sont toujours aléatoires. Notons seulement que vers l'ouest et le nord-ouest :

1) Les épaisseurs sont toujours moindres qu'à Roche Château. Cela peut être dû pour une part à des laminages, les roches étant assez déformées.

2) Même en tenant compte de la tectonique, l'appauvrissement en roches carbonatées est net : nous n'avons pas trouvé de véritables bancs calcaires dans les couches versicolores. Dans les couches grises de base, leur nombre est réduit à deux ou trois.

Si l'on considère, avec A. LOMBARD, les lits à nodules comme des bancs continus avortés⁽¹⁾, on peut estimer que ces lits sont l'équivalent latéral des bancs calcaires plus massifs de Roche Château, et qu'en s'éloignant plus encore vers l'ouest ou vers le nord, on pourrait trouver des formations synchroniques, cette fois entièrement gréseuses et pélitiques.

(1) On peut aussi, et cela revient somme toute au même, considérer les amandes carbonatées comme des galets de calcaire, déposés encore mous dans la vase, et résultant donc d'un remaniement — pénécotemporain du dépôt — des bancs calcaires continus qui se déposaient alors au sud ou au sud-est.

3) Nous avons retrouvé dans le Permien inférieur du Crey du Quart des roches éruptives analogues à celles que M. LEMOINE avait notées au col de Beaume Noire. Elles existent, au sud comme au nord, remaniées dans les brèches et les conglomérats des couches à calcaires sus-jacentes et témoignent d'un volcanisme plus ancien que celui de la Ponsonnière.

2. Les Encombres

La disparition des carbonates est en effet presque totale au nord de l'Arc.

La carte au 1/80 000 indique, d'ailleurs généreusement, un beau développement de Permien au nord du col des Encombres, contre le chevauchement occidental de la zone Houillère. Une coupe à 2 km au nord du col, au-dessus de la Case Blanche, montre d'ouest en est :

- a) Zone des gypses.
- b) Quartzites feuilletés blancs à quartz roses et délits cireux blanc-verdâtres : base du Werfénien ou Permotrias. Ils passent d'une façon continue à :
- c) Poudingues et quartzites grossiers feuilletés blancs ou livides; galets (jusqu'à 10 cm) de quartz rose, de schiste et d'une roche éruptive rouge ou violacée, de quartzite fin blanc et probablement de gneiss : Permotrias (Verrucano) 50 à 100 m.
- d) Schistes lie-de-vin et vert, à rares nodules carbonatés jaunes : 50 à 70 m.
- e) Sur 60 à 80 m, alternance de schistes et grès gris, pâle ou foncé, de schistes et grès verts, de petits conglomérats feuilletés et d'arkoses blancs ou verts, parfois imprégnés d'oxyde de fer. Les poudingues ne contiennent pas de galets rouges, mais des débris de schistes houillers et quelques nodules ankéritiques.
- f) Couches grises et verdâtres sans charbon où sont associées des roches à faciès Houiller typique (grès et conglomérats gris, schistes noirs) et des roches rappelant les couches précédentes : grès verts ou livides, grossiers, à nodules ankéritiques et plaquettes de schistes noirs, schistes verts et schistes gris verdâtres, à zones ankéritiques, schistes fins gris à petites taches noires. Les bancs verts disparaissent presque complètement à l'est.
- g) On retrouve ensuite une deuxième écaïlle de Permien comportant ici des schistes verts et violets. Au nord elle se complète par des quartzites Werfénien. On la suit presque jusqu'à Geffriand.

Si l'on monte vers le col, au sud, on voit les couches *e* et *f* disparaître progressivement. Au col même on n'observe plus que les schistes verts et violets *d* et *g* auxquels se sont ajoutés des grès et des conglomérats schisteux rappelant ceux de Rochachille et de la Ponsonnière. Ils sont ici directement au contact du Houiller gris et noir encore pauvre en charbon, daté du Stéphanien inférieur. Ce dernier contient d'ailleurs, nous l'avons vu plus haut (p. 54 à 56) plusieurs niveaux verts et rouges, interstratifiés dans les couches grises. Le plus bas stratigraphiquement (La Traverse) se trouve dans la même position que celui des Perches dans la vallée de Valmeinier. Les autres (Croix de Bellecombe, col de Pierre Blanche, Pointe de la Masse) qui avaient été considérés par Ch. PUSSENOT comme des synclinaux de Permien, sont associés à des couches à *Pecopteris lamurensis*, équivalentes ou supérieures aux couches de Combe Orsière. Stratigraphiquement on peut les mettre en parallèle avec ces dernières ou celles qui les surmontent : zone de passage du Stéphanien inférieur à la série de Roche Château. Les couches grises et vertes des niveaux *e* et *f* de la coupe ci-dessus rappellent d'ailleurs beaucoup les faciès de la base de cette Série; la granulométrie est cependant un peu plus fine.

Le Permotrias (*c*) est, paradoxalement, mieux développé ici et plus proche du type Verrucano Briançonnais qu'à Valloire.

Entre ces deux formations, où placer les schistes (*d*) verts et violets du col des Encombres et de la Case Blanche ? Une partie appartient peut-être encore au Permien inférieur, ceux de la Case Blanche par exemple. Ceux du col représentent probablement une « Assise de la Ponsonnière » très dégradée. La situation et l'état d'écrasement de la roche blanche du Rocher du Peronnet (voir p. 42) rend impossible toute comparaison précise avec d'autres venues éruptives.

Ainsi, si l'on excepte le Permien inférieur à calcaires qui paraît manquer quasi complètement, nous retrouvons ici les grandes subdivisions stratigraphiques qui ont été distinguées au sud de l'Arc.

c. Les variations d'ouest en est

Si nous nous déplaçons vers l'est nous ne trouvons plus, au sud de l'Arc, qu'un Permien extrêmement réduit.

1. *Thabor*

Au passage du Pic du Thabor le Houiller à anthracite daté du Westphalien moyen, redressé dans le pli couché du Roc de la Pelle, vient affronter le mésozoïque du synclinal du Thabor.

60 à 80 m de schistes et grès verts et violets alternant avec des bancs de quartzites blancs à quartz roses le séparent des quartzites werféniens; ils représentent au moins le **Permotrias**.

Au nord du Thabor le Houiller des Sarrazins est surmonté en discordance par quelques mètres de schistes et de grès verts ou gris vert à lits et nodules carbonatés. Les quartzites et les conglomérats blancs à galets de quartz rose et de liparite qui viennent au-dessus reposent indifféremment sur le Houiller ou sur ces couches vertes. Ils s'enfoncent sous le Werfézien du Cheval Blanc.

On peut, soit attribuer l'ensemble au Permotrias en négligeant la seconde discordance, jugée fortuite (laminages possibles), soit considérer les couches de base comme le témoin d'un Permien inférieur réduit.

Ces dernières manquent d'ailleurs à l'est du Cheval Blanc, sauf peut-être au Passage Sainte-Marguerite (schistes versicolores et minces lits de grès à ciment dolomitique beige). Ailleurs le Permotrias banal est directement au contact du Houiller à charbon.

2. *Roc Mounio-Arplane*

A l'ouest du Roc Mounio et du Massif d'Arplane (à l'est des Sarrazins) on trouve un peu de Permien entre le Houiller redressé et les quartzites. Les couches sont peu affectées par les laminages, au contraire de ce que l'on a au nord (col d'Arplane) et à l'est de la bande triasique.

F. ELLENBERGER (1958, p. 68) en donne une coupe détaillée. Le Houiller, plus ou moins rubéfié au sommet, est surmonté par un Permotrias typique, épais de 40 m environ : « Verrucano dilué » à quartzites et arkoses blancs à grains roses et rares galets de liparite, alternant avec des schistes versicolores et passant d'une façon continue aux quartzites blancs werféniens.

A la base des quartzites blancs, F. ELLENBERGER nous a montré de petits lits irréguliers de schiste cireux vert que l'on pourrait interpréter comme des indices d'émersion.

Dans les premiers bancs du Permotrias on note en outre, à l'est de la Pointe des Sarrazins, un banc de schiste vert à petits lits glanduleux et lentilles de calcaire plus ou moins ferrugineux, beige, comme au nord du Thabor.

Les couches terminales rubéfiées du Houiller semblent au premier abord faire transition avec le Permotrias sus-jacent. Or nous savons que manquent ici le Stéphanien et l'Autunien, peut-être même une bonne partie du Westphalien et du Néopermien ⁽¹⁾.

— Au col d'Arplane on retrouve par places, sous les quartzites du point 2599, quelques mètres de grès, schistes et conglomérats gris et versicolores à galets de quartz et de schiste rouge ou noir. Les lits inférieurs contiennent des filets carbonatés.

(1) Ces apparences trompeuses de passages continus sont fréquentes dans les Alpes; il est parfois impossible, en l'absence de fossiles, de les distinguer des véritables. Nous rencontrerons encore cette difficulté à plusieurs reprises; et ceci doit nous rendre d'autant plus prudents, tant dans les observations que nous pourrions faire sur le terrain que dans l'interprétation des travaux de certains auteurs, anciens ou modernes, car cet argument, à défaut d'autres, a été bien souvent utilisé.

— Au sud-est, au confluent des ruisseaux de la Grande Montagne et de Fontaine Froide, on observe un beau développement de Permotrias banal, tendant vers le faciès Verrucano entre un Houiller stérile (galerie de Fontaine Froide à la Lause) et les quartzites du Trias.

3. Modane

Au sud de Modane, dans le ruisseau du Grand Vallon, un peu de Permien vient, à 1 650, s'intercaler entre le Houiller et les quartzites. Épais de 5 m environ, il comporte :

- à la base, des schistes et arkoses gris et verdâtres;
- 1 m de schistes micacés verts, rubanés de lits carbonatés bruns de 1 à 2 cm d'épaisseur;
- 3 m de schiste versicolore et de quartzites blancs et verts à dragées roses. Ils sont surmontés par les quartzites werféniens verts et blancs. Nous savons⁽¹⁾ qu'à Modane existe un Néopermien épais, conglomératique (Sapey) et riche en séricitoschistes. Il est séparé du Houiller par une formation inconnue au sud et à l'ouest, les migmatites du Sapey. Tout cela manque ici. On peut penser que les couches du Grand Vallon appartiennent aux derniers bancs du Permien, restés collés à la semelle des quartzites, décollés des schistes sériciteux et venus chevaucher le Houiller, peut-être déjà dénudé.

Des écaillés de ce Permien à faciès banal de Permotrias sont, nous l'avons vu, pincés dans le Houiller de Fonge Lune, au nord du Charmaix (Modane).

4. Le Sapey, Massif de Pécelet-Polset

On ne retrouve plus, au nord de l'Arc, la coupe simplifiée que nous avons au sud, dans les massifs du Thabor, du Mounio ou d'Arplane : un Permotrias réduit reposant sur un Houiller « anthracifère », présumé Westphalien. Nous avons vu à Modane l'apparition de bancs verts au-dessus des couches productives de Côte Velin (le Charmaix) et d'autre part un épaississement notable du Néopermien (schistes sériciteux) séparé du Houiller par les « migmatites du Sapey ».

En suivant cette évolution au nord de l'Arc nous pourrions caractériser deux nouveaux termes du « Permien » correspondant à ces « tendances ».

a) F. ELLENBERGER a décrit en détail la belle coupe renversée que l'on observe au nord du Fort du Sapey dans le ravin du ruisseau de Saint-Bernard (Thèse, p. 70-71). Rappelons que sous les gneiss œillés à septa de schistes, grès et poudingues verts on trouve un Néopermien très développé, transgressif et discordant : schistes gris violacé, grès conglomératique vert à nodules ankéritiques et galets de toutes tailles. « Le gros des éléments grossiers provient directement du remaniement des gneiss du Sapey ». Les termes supérieurs de ce Néopermien sont, pour l'auteur, « la continuation du Verrucano briançonnais. Mais ici, localement, un puissant terme inférieur et conglomératique verdâtre, carbonaté, le complète par la base, impossible à séparer des couches permotriasiques de son sommet ».

Il en était de même à l'ouest de la zone Houillère où nous avons distingué deux termes dans le Néopermien : un Permotrias ou Verrucano et une assise inférieure, dite de La Ponsonnère, gréseuse et conglomératique.

b) Entre Fourneaux et le pont de Saint-André, sur la rive droite de l'Arc, on voit le Houiller grossier et stérile du flanc normal du synclinal s'enfoncer en tunnel sous les migmatites du Sapey. Les schistes, psammites et conglomérats, noirs et gris à la base, sont verts au sommet. Il ne s'agit pas là d'une décoloration de roches autrefois grises, mais bien du verdissement

(1) En ce qui concerne la structure des environs de Modane, voir le mémoire de F. ELLENBERGER (1958) notamment p. 68 à 73.

(chlorite) d'anciennes couches rouges : cette couleur subsiste dans certains quartz des conglomérats. On retrouve cette formation, avec cette fois des lentilles carbonatées (rares) sur l'autre flanc du synclinal, renversée sur les migmatites. Elle affleure entre les deux forts du Sapey, près des chalets de Fontagneux, dans le vallon de Polset, au col de Chavière et dans la vallée de Pralognan jusqu'au delà du lac Blanc.

Ce sont les « poudingues et schistes pourprés » de F. ELLENBERGER. Les galets des conglomérats — ils peuvent atteindre 30 cm de diamètre — proviennent soit du Houiller (schistes noirs) soit d'un massif cristallin (gneiss banal, gneiss à grands feldspaths, aplite, pegmatite), soit de venues éruptives (roche vert pâle à grain fin, cf. rhyolite rose). Un grès fin vert récolté à l'entrée du vallon de Polset, sous le point coté 2 234 montre, en lame mince, dans un fond quartzophylliteux, des quartz arrondis, triangulaires ou pisciformes à bords dentelés (corrosion secondaire), quelques albites alpines bourrées d'inclusions orientées et de petits paquets de mica blanc. Cette roche rappelle certains schistes à matériel éruptif que nous trouverons en Tarentaise dans le Stéphanien (la Loze, Plateau de Leschaux). Des teintes violettes apparaissent.

Une coupe relativement complète, comme celle que l'on peut lever dans les pâturages du Grand Planay, montre au-dessus du Houiller gris, riche en arkoses et petits conglomérats, une zone de passage où les schistes noirs alternent avec les grès et les poudingues gris clair ou verdâtres. Puis viennent les schistes et conglomérats violets, les migmatites du Sapey ici très laminées et le Permotrias.

Dans le reste du massif nous trouverons toujours cette formation verte et violette comprise entre le Houiller gris et les migmatites du Sapey. Son épaisseur est extrêmement variable : de quelques dizaines de mètres à Fontagneux, elle est réduite à zéro aux Charmettes, mais retrouve son épaisseur dans le vallon de Polset, pour se dilater (100 m environ) au nord du col de Chavière dans le flanc est, renversé, de l'anticlinal secondaire du lac Blanc, et disparaître au nord, entre le Houiller et le Trias calcaire. Le flanc occidental, normal, de cet anticlinal, est très étiré et les roches sont écrasées (quartz tronçonnés, etc.). Les couches versicolores sont réduites à quelques mètres dans les falaises qui dominent le refuge. Par places nous avons noté, entre le Houiller et cette formation, une zone intermédiaire où alternent schistes noirs, conglomérats gris, arkoses vertes et schistes violets (rive sud du lac Blanc). Ailleurs cette zone n'existe pas et les couches versicolores reposent en discordance sur le Houiller gris à passées charbonneuses et *Calamites* (sources du ruisseau de Saint-Bernard dans le vallon de Polset et flanc ouest de l'anticlinal du lac Blanc).

Il nous semble qu'il s'agit là d'une discordance stratigraphique normale. Nous ne pourrions cependant en tirer argument par la suite (lorsque nous mettrons en parallèle ces couches bariolées avec l'Assise de Courchevel) car la proximité d'un accident, souligné par du gypse, des cargneules et des dolomies triasiques, rend possible aussi une discordance tectonique.

Nous avons pu suivre ces couches vers le sud autour du massif de Pécelet-Polset, avec seulement une courte interruption à l'extrémité sud du glacier de Polset (profils 33 à 39).

Sur le bord nord du Glacier de Chavière, elles soulignent la fermeture du « synclinal de Gebroulaz » (F. ELLENBERGER, 1954, p. 73-75). Ici encore la zone intermédiaire a disparu :

Sur le Houiller gris et noir (schiste en bancs épais, psammites, grès et conglomérats à petits galets) probablement Westphalien⁽¹⁾ viennent en discordance les schistes, grès et conglomérats polygéniques verts et violets (galets tronçonnés et étirés).

(1) Nous n'y avons trouvé que des *Calamites*, de mauvaises empreintes de *Lepidodendron* et un niveau de schiste à gros nodules carbonatés bruns semblable à celui de Château Bourreau dans le massif du Brequin.

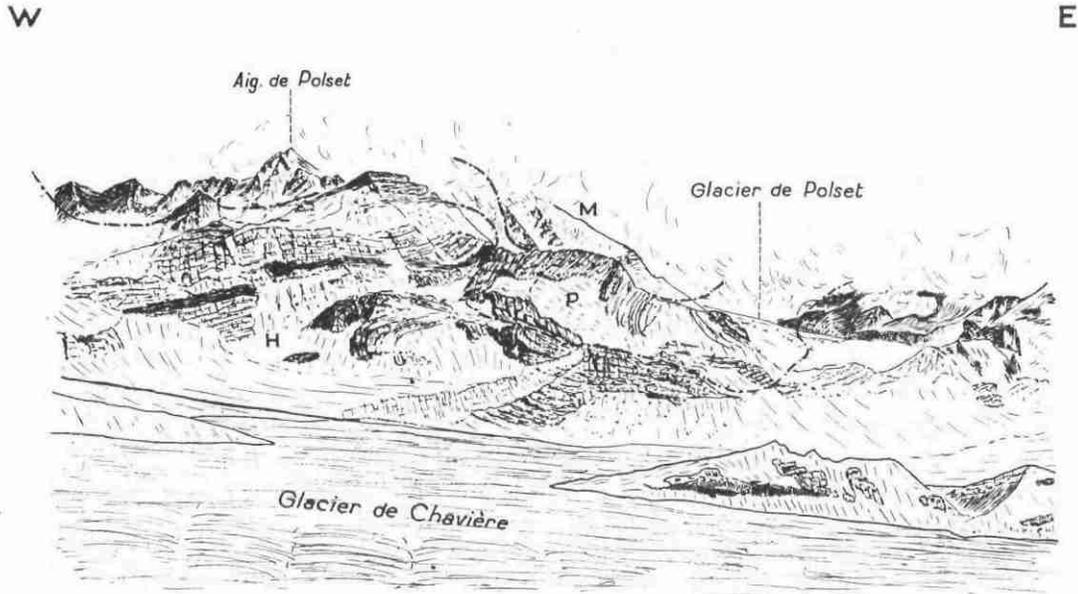


FIG. 27. — Fermeture sud du synclinal de Gebroulaz sur le bord Nord du Glacier de Chavière. H. Grès et conglomérats gris, schistes noirs à filets charbonneux, *Calamites*, *Lepidodendron*. P. Grès, conglomérats et schistes verts et violets. M. Migmatites de Polset (d'après une photographie).

Sur le flanc ouest du synclinal de Gébroulaz, cette formation bariolée atteint son épaisseur maximum (250 à 350 m). Cette grande dalle conglomératique, renversée, à pendage ouest, forme les sommets des Aiguilles de Pécelet et du Borgne, protégeant les migmatites hétérogènes et disloquées qui remplissent le synclinal (Profils 33 à 36).

On peut l'étudier, et ses rapports avec les migmatites, sur l'arête qui monte de l'ouest vers l'aiguille de Pécelet, ou, plus aisément, le long du torrent au nord.

— De sous le Houiller gris, fortement plissé, riche en petits conglomérats, pauvre en schiste noir, sortent des **grès et des conglomérats polygéniques** à liant schisteux. Ici encore les roches montrent des traces d'étirement : les grains de quartz sont brisés, les paillettes de muscovite perpendiculaires à la schistosité actuelle, sont tordues, des amas sériciteux remplacent les feldspaths.

Une discordance entre les deux séries est bien visible dans la face sud de l'arête. Au nord, par contre, dans les deux dorsales O.-N.-O. et O.-S.-O. qui se réunissent au Mont du Borgne, on passe de l'une à l'autre en quelques mètres, mais de façon continue. On peut encore se demander s'il s'agit d'une discordance tectonique entre deux séries différentes (le Houiller se froisse tandis que les couches versicolores se déforment en bloc ou se laminent) ou d'une discordance stratigraphique (discordance asturienne ?).

— Au delà viennent des schistes, grès et conglomérats massifs, verts et violets. Les galets, qui au sommet peuvent atteindre 50 cm de diamètre, proviennent soit du Houiller sous-jacent (schiste noir, psammites et arkose gris), soit d'un massif cristallin (quartz laiteux rougi à la périphérie, gneiss parfois oëillés qui, n'était le pigment ferrugineux qui les imprègne maintenant, ressembleraient fort aux gneiss blancs du Ruitor, leptynite, micaschiste, quartzite gris clair, microgranite). Le ciment schisteux est riche en grains de feldspath et de mica blanc souvent associé à une chlorite secondaire verte, très pléochroïque, à biréfringence basse.

— Au voisinage des migmatites les roches verdissent et sont plus écrasées. Quelques petits bancs de schiste gris rappelant vaguement le facies houiller, y sont intercalés. Les grosses paillettes détritiques de mica blanc sont imprégnées d'oxyde de fer.

— Les migmatites⁽¹⁾ apparaissent brusquement, d'emblée très métamorphiques. Aux sources du torrent de Péclet (petit lac Blanc) le passage se fait par 1 m environ de schiste vert chloriteux passant à 0,50 m d'une roche compacte, cornée, où le microscope montre de petits yeux de quartz et d'albite et du stilpnomélane en abondance.

— Les migmatites typiques, rubanées, à gros yeux occasionnels, sont vertes près du contact. A quelques mètres de là elles virent au noir et au gris. Dans la face est de l'Aiguille de Péclet et de l'arête Péclet-Borgne on suit plusieurs bancs de roche dure, vert pâle, à grain fin et un ou deux de gneiss blancs fins. Les premières sont certainement d'anciennes roches éruptives⁽²⁾. Nous avons pu faire analyser l'une d'elles (An. 2). Sur les diagrammes elle se place au voisinage des microdiorites, ou entre celles-ci et les rhyolites. Ses paramètres magmatiques se rapprochent de ceux de la roche de Thorens : I (II). 3. 2. 4 (5) [2. I. '2. 3.] pour la première — II. (3) 4. 2 (3). 4. [I (2). I. I. 2'] pour la seconde.

Au nord du Mont du Borgne, les grès et conglomérats verts compacts, redressés à la verticale, forment les jolies aiguilles du Borgne. Au-delà les couches versicolores s'amenuisent, entre le Houiller gris (schistes, grès et conglomérats polygéniques stériles du Mont de Péclet) et les migmatites, pour disparaître presque complètement au nord du Mont du Vallon.

d. Conclusions de l'étude du Permien dans le bassin de l'Arc

Nous avons distingué, au sud-ouest de notre région d'étude :

— Une série grossière, stérile, grise et versicolore, présumée **Stéphanienne** : la **Série de Roche Château**. Elle est transgressive sur le Houiller sous-jacent : Westphalien C au Crey du Quart et au col de la Madeleine⁽³⁾, peut-être plus ancien au col de la Ponsonnière (A-B ou peut-être même Namurien), Westphalien D au-dessus de l'Arendier. Cette période stéphanienne voit une reprise de l'érosion qui attaque un massif cristallin granitisé.

— Un **Eopermien** à niveaux calcaires. Versicolore il montre encore des récurrences grises rappelant le faciès houiller. L'apport détritique est moins abondant, plus fin. Dépôt de lac et non plus de marais, il correspond à une période plus calme. Il contient des roches volcaniques (Massif de Roche Château) qui proviennent, semble-t-il, d'éruptions contemporaines.

— Le **Néopermien**, transgressif et discordant sur toutes les séries antérieures. Nous y avons distingué deux termes :

a) Une assise inférieure, dite « **de la Ponsonnière** » (couches de la Ponsonnière et de Rochachille). Essentiellement détritique elle provient de la destruction du Houiller et de l'Eopermien comme du Cristallin. Les galets de roche volcanique y sont très abondants, notamment de la porphyrite à tendance dacitique que nous avons trouvée à la base.

b) Une assise supérieure, le **Permotrias**, équivalent latéral du Verrucano Briançonnais.

A cette époque qui prélude à l'invasion marine Werfénienne, la pénéplation est presque achevée (grande rareté des galets de Houiller). Les dernières coulées acides et les croûtes de jaspe rouge forment, avec les graviers de quartz, l'essentiel du matériel grossier.

(1) Cette formation étrange a été décrite, la genèse de ses minéraux alpins et hercyniens, discutée par F. ELLENBERGER (voir en particulier, 1958, p. 74 à 100). Nous n'avons pas d'éléments nouveaux à apporter à ce problème, irritant à bien des égards. On voudra donc se reporter à l'ouvrage ci-dessus pour tout ce qui la concerne. Elle n'interviendra dans notre texte qu'en tant qu'élément stratigraphique de la zone Houillère, comportant des roches dont on peut retrouver les correspondants dans le Permo-carbonifère non métamorphique.

(2) A l'œil nu elles ne se distinguent pas de la roche vert pâle intercalé dans le Houiller au bord du glacier de Polset.

(3) La faille qui passe au col de la Madeleine n'aurait pu supprimer tout le Stéphanien inférieur. Celui-ci, d'ailleurs, n'existe pas au sud dans le Briançonnais.

Au nord (Valloire) nous avons vu l'Eopermien s'appauvrir en calcaires et l'Assise de la Ponsonnière s'amincir considérablement.

De l'autre côté de l'Arc les différentes unités sont mal individualisées. Si l'on peut, par analogie, assimiler à la Série de Roche Château les couches grises et vertes qui affleurent entre le col des Encombres et la Case Blanche; à l'Assise de la Ponsonnière les grès et les conglomérats violets des Rochers du Peronnet; et au Permotrias le Verrucano de la Case Blanche, l'Eopermien par contre n'apparaît pas. Est-il laminé, réduit ou confondu avec l'une ou l'autre série après la perte de ses calcaires ?

Vers l'est, au sud de l'Arc, le Néopermien (représenté peut-être seulement par le Permotrias) repose directement sur le Houiller, anthracifère ou non suivant les points. Mince sous le Cheval Blanc (Thabor) et le Mounio (indices d'émergence ?), il s'épaissit sur le bord est de notre zone (passage au faciès Vanoise).

De Modane à Pécelet-Polset, la série « Stéphanopermienne » se complète à nouveau : sur un Houiller anthracifère, présumé Westphalien (Modane, Chavière) ou stérile et grossier non daté, probablement Stéphanien, comme nous le verrons plus loin (Sapey, Pécelet), viennent des couches versicolores, détritiques, grossières, épaisses, au nord-ouest, puis des migmatites (gneiss œillés, roches vertes ⁽¹⁾, septa de schistes noirs) recouvertes en discordance par le Néopermien.

A Modane (coupe du Sapey) F. ELLENBERGER a distingué deux termes dans ce dernier étage : un terme inférieur, conglomératique et carbonaté (comme au Cheval Blanc), versicolore — et le Permotrias.

Ailleurs, seul ce second terme est représenté. On est ainsi amené à mettre en parallèle les conglomérats terminaux du Houiller oriental, gris à la base, versicolores au sommet (Stéphanopermien de F. ELLENBERGER) avec la série de Roche Château.

Dans ce cas l'Eopermien de l'Ouest apparaît comme l'équivalent stratigraphique des migmatites du Sapey. Tous les deux contiennent quelques horizons de schiste gris ou noir et des roches éruptives (coulées probablement). Cet « Eopermien » de l'Est aurait été (comme d'ailleurs en partie les couches sous-jacentes) « digéré » par une migmatisation métasomatique stratoïde, contemporaine du paroxysme volcanique du bord ouest dont nous savons qu'il est anté-Néopermien.

CONCLUSIONS DE LA COUPE DE L'ARC — INSUFFISANCE DE SES DONNEES

Si l'on admet les corrélations ci-dessus la partie médiane de la zone Houillère apparaît bien comme un *anticlinal*. L'allure des couches le suggère; A. FAVRE et W. KILIAN l'avaient déjà interprété ainsi.

On observerait d'ouest en est une variation de faciès dans le Permien analogue à ce que nous avons vu dans le Houiller : diminution de la puissance, sédimentation presque exclusivement détritique (à l'est nous n'avons rien trouvé de semblable aux phtanites et aux pélites de la Série de Roche Château) sans pour cela qu'elle soit en moyenne plus grossière. Ni dans le Houiller, ni dans le Permien nous n'avons à proprement parler de conglomérat de piedmont. La diminution de puissance est surtout remarquable au sud de l'Arc, en particulier sur la voûte de l'anticlinal.

(1) Pour F. ELLENBERGER il s'agit d'intrusions ou de coulées antérieures à la migmatisation.

Sans oublier la part des laminages alpins possibles nous pouvons voir, dans cette « condensation » des dépôts la manifestation d'une esquisse précoce (stéphanopermienne) de l'anticlinal médian. Ce bombement se combinerait au gauchissement positif du secteur méridional du bassin houiller « briançonnais » *lat. s.*

Mais ces raisonnements par analogies de position ne sont pas exempts de faiblesses. Ils supposent par exemple admis l'âge Permien des migmatites. Or si les parallèles stratigraphiques au niveau du Néopermien sont peu discutables (grâce au repère du Werfénien), il n'en est pas de même pour le Stéphanien et l'Eopermien présumés. On pourrait même, en se limitant aux environs de Modane et étant donné l'indépendance reconnue du Néopermien par rapport à son substratum, reprendre les idées de Ch. LORY et supposer que les deux séries détritiques grossières de Pécelet, ici non datées, représentent non le sommet, mais la base du Carbonifère, transgressif sur un socle cristallin migmatisé (Sapey). En vérité, la grande analogie de ces séries détritiques avec les conglomérats de l'Assaly et de Santa Margherita, dans le Val d'Aoste, eux aussi gris et versicolores, viendrait encore renforcer cette hypothèse : ceux-ci ont été en effet considérés parfois comme la base du Carbonifère transgressif sur le cristallin du Ruitor. Nous verrons que la question est en fait plus complexe.

Pour lever ces indéterminations, nous nous voyons donc contraints d'aller plus loin. Progressant vers le nord, nous nous efforcerons de dater, directement ou non, ces formations litigieuses. Nous porterons d'abord nos recherches sur le bassin du Doron de Bozel; nous les pousserons ensuite jusqu'au massif du Ruitor, à la frontière franco-italienne.

II. COUPE DE LA VALLEE DE BOZEL LES TROIS VALLEES

L'étude de la Maurienne houillère nous a permis de déchiffrer les grandes lignes de la tectonique et de la stratigraphie du Permocarbonifère. Un certain nombre de points demandent cependant à être précisés : aucun fossile déterminable — si ce n'est des *Calamites* et des *Lepidodendron* assez peu caractéristiques — n'a encore été trouvé sur le bord est de la zone. Aussi les séries conglomératiques grises et versicolores, comprises entre le Houiller et les migmatites du Sapey n'ont-elles pu être **datées directement**; un certain doute pourrait donc subsister quant à leur âge. Elles le seront dans le bassin du Doron de Bozel, et ce en plusieurs points.

Nous retrouverons là les mêmes grandes structures tectoniques que dans la vallée de l'Arc, moins bien caractérisées cependant, et un léger métamorphisme alpin, du même type qu'à Modane.

Quittant à Moutiers la vallée de l'Isère, nous traversons tout d'abord des unités sub-briançonnaises décrites par R. BARBIER. Remarquons en passant le Houiller du « faisceau de Salins », noyé dans le gypse. Il affleure près du pont sur le Doron, au bord de la route qui monte à Saint-Laurent-de-la-Côte (gisement de Villarlurin).

Ses grès, ses schistes noirs et verdâtres⁽¹⁾ à filets charbonneux, ne présentent guère de différences avec ceux du Houiller briançonnais. Tout au plus sont-ils un peu moins indurés. Dès 1808, BROCHANT de VILLIERS y signale des « empreintes végétales dues à des roseaux et autres plantes graminées ». PUSSENOT (1930) y indique, d'après BORSON (1829) : *Neuropteris gigantea*. Avec Ch. GREBER, nous y avons trouvé *Neuropteris linguaefolia* et cf. *Mariopteris* qui confirment un âge Westphalien moyen. Il se différencie en cela des lambeaux « externes », ultra-dauphinois ou dauphinois, exclusivement stéphaniens.

(1) Décoloration probablement due à la proximité du gypse.

Les sources de Brides-les-Bains sortent de la zone des Gypses. Le chevauchement de la zone Houillère traverse la ville (1). Dans la petite gorge creusée par le Doron des Allues on peut observer, près de l'accident, le Trias (calcaire et quartzites) écaillé et redressé contre des arkoses grises et des schistes noirs laminés et froissés, à schistosité oblique.

En amont, le Doron de Bozel traverse la zone Houillère normalement à la direction des couches. Celles-ci, comme en Maurienne, dessinent un gros anticlinorium que nous étudierons en premier lieu. Nous n'y trouverons pas les séries inférieures de Maurienne; « grès de la Pra » et Westphalien moyen de Sordières et de Saint-Michel, car la zone Houillère est affectée ici d'un large ensellement axial. Les plantes récoltées appartiennent toutes au Westphalien D-Stéphanien inférieur. On peut donc estimer que seuls ces étages sont représentés ici. Il en sera de même dans la plus grande partie des vallées adjacentes (Belleville, Allues, Saint-Bon), et de la vallée de l'Isère — d'où le nom d'Assise de Tarentaise donné à ce complexe de couches Westphalien D-Stéphanien inférieur, riche en schistes, et en gros, anthracifère.

Le « Synclinal occidental » est moins bien caractérisé qu'en Maurienne, car fortement entamé par le plan de chevauchement.

Après une incursion vers le sud, dans les vallées des Allues et de Belleville, nous étudierons en dernier lieu la retombée orientale de l'anticlinal.

A. L'ANTICLINAL MEDIAN ET LA BORDURE OCCIDENTALE

1. La Vallée de Bozel

a. Assise de Tarentaise

Les couches les plus anciennes affleurent sur la rive droite du Doron en amont de Vignotan : deux ou trois gros bancs (50 à 100 m chacun) de schistes noirs et de grès fins séparés par des grès et arkoses grossières sans charbon. Ceux-ci nous ont livré à l'est de la Roche (935.1-358.55) des *Mixoneura* à grandes pinnules opulentes et cf. *Pecopteris lamurensis*. Ils sont donc déjà Westphalien supérieur-Stéphanien inférieur.

— Au-dessus vient une série productive : 500 à 700 m de schistes noirs, de grès gris arkosiques, de grès noirs fins et de psammites, comportant quelques bancs ou lentilles peu épaisses d'arkoses claires et de conglomérats gris à petits galets, en bancs de quelques décimètres à 15 ou 20 m d'épaisseur.

Les schistes, souvent un peu sériciteux et blanchis en surface, sont, par endroits, exploités comme ardoises. Les lits de schistes bitumineux sont très rares et minces (vallon du Bonrieu, au-dessus du Pra, sous « les Champs »). Ils peuvent contenir des filets ou des nodules carbonatés (la Tagna, col. 1952 sur le versant sud). Cette série contient deux ou trois faisceaux de couches de charbon.

(1) Dirigé N.-S. dans la vallée de l'Arc il s'infléchit vers le nord-est à la hauteur de Saint-Martin-de-Belleville. Il est ici encore oblique par rapport à la direction moyenne des couches et aux grands ensembles tectoniques du Houiller. A la même latitude (R. BARBIER, 1948), et sans qu'il y ait entre ces phénomènes de relations directes, la Nappe du Pas du Roc, à l'ouest de la zone des Gypses, voit la digitation de la Grande Moenda se substituer à celle du Perron des Encombres, tandis qu'apparaît « au large » la Nappe des Brèches de Tarentaise, d'abord représentée par la digitation du Niélard, puis par celle de Moûtiers et le faisceau de Salins qui vient s'intercaler entre celle-ci et la digitation de la Grande Moenda.

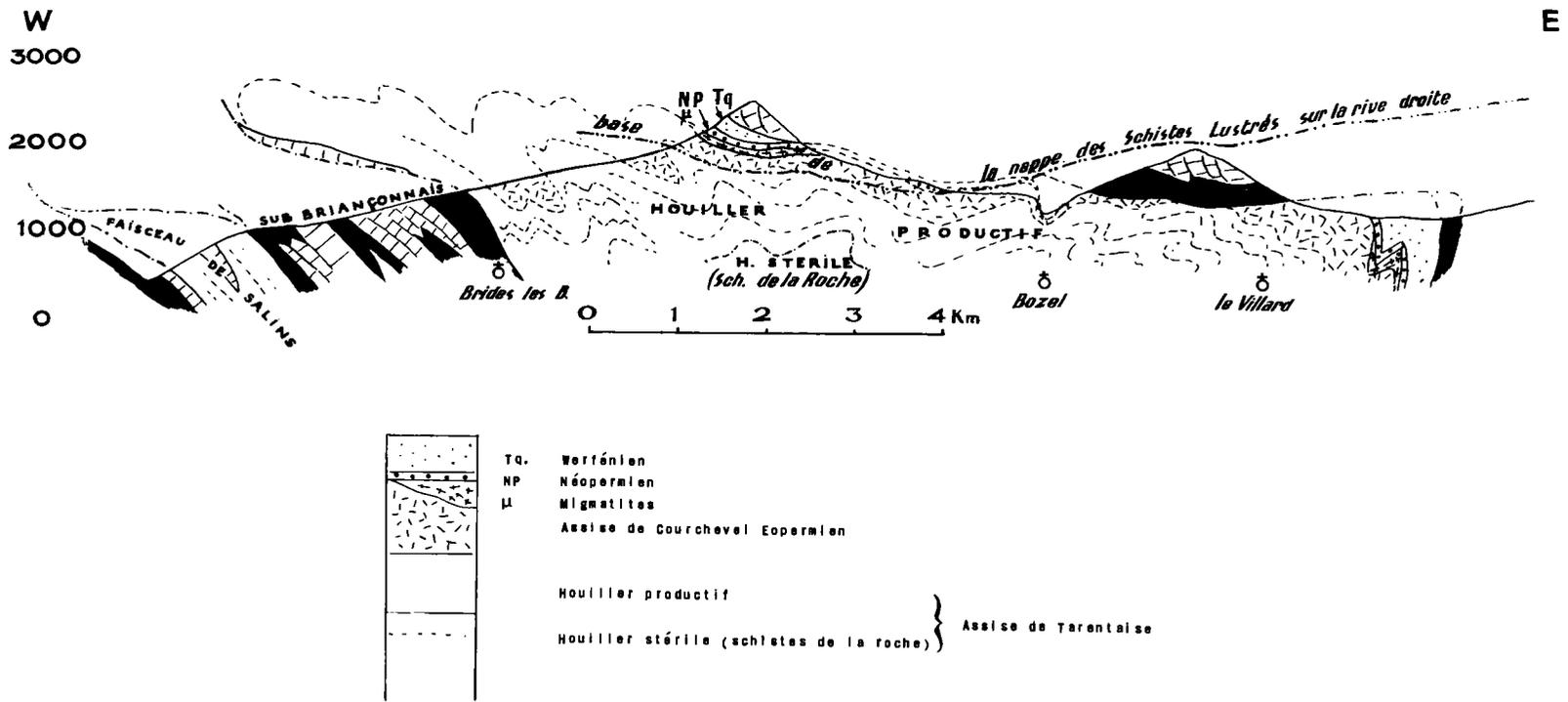


FIG. 28. — Coupe schématique à travers la zone houillère dans la vallée de Bozel.

— Le premier faisceau passe dans la moitié sud de la concession de la **Chénaie** (Montagny). Les grattages paysans et les travaux de la mine ont mis en évidence ⁽¹⁾ sept veines et « passées », épaisses de quelques décimètres à 1,50 m en moyenne; mais des renflements plus importants ont été rencontrés (3 à 6 m). Dans les zones tranquilles le charbon est fréquemment lité, non broyé. Les couches situées à peu de distance du sommet correspondent à celles qui affleurent en face, à l'ouest du Pra de Saint-Bon (le Tal).

— De nombreuses galeries paysannes, aux alentours de Villemartin (le Mont, la Chenal, la Cour) jalonnent le passage de plusieurs couches d'anhracite d'épaisseur comparable. Les veines qui affleurent dans le vallon du Bonrieu, en amont du pont des Molinets font sans doute partie du même ensemble. Ces couches paraissent moins élevées dans la série que celles de Montagny.

— Géométriquement, les cinq ou sept veines reconnues à l'est du Bonrieu, dans la concession de **Pierre Becqua** se trouvent sous les précédentes. Mais la présence de conglomérats rappelant ceux qui couronnent la série à Montagny et l'allure des bancs permettent de penser qu'elles peuvent être encore l'équivalent de celles de Villemartin ou de celles de Montagny. Leur puissance est un peu plus forte : 1 à 2 m en moyenne; renflements atteignant exceptionnellement 16 m (dans un crochon).

Ces veines sont souvent divisées par des bancs de schiste ou de grès fin. La proportion de cendres est de l'ordre de 15 à 30 %, celle des MV., cendres non déduites, oscille entre 3 et 7 % ⁽²⁾.

En face, sur la rive gauche, les affleurements sont plus rares.

Au-dessus de La Perrière, plusieurs affleurements jalonnent deux veines distinctes, distantes de quelques dizaines de mètres, épaisses de 1 à 2 m. L'une d'elles a été exploitée autrefois dans la petite concession de **Champdernier**, entre 900 et 1 100 m d'altitude : les affleurements du Nant David et du Chemin des Gardes appartiennent peut-être aux mêmes couches.

— A l'ouest du Pra de Saint-Bon, au Tal, une veine de charbon dur, peu friable (0,60 à 1 m) à pendage E., a été exploitée par trois petites galeries (15 à 100 m). Une autre couche, plus épaisse (1 à 2 m), a été découverte à l'est lors du creusement de la route forestière vers Méribel.

Roches éruptives

Un banc de roche éruptive, vert jaunâtre clair, de 2 à 3 m d'épaisseur, affleure au nord de Bozel, sur la rive droite du Bonrieu, vers 1 220. Il est surmonté par des schistes noirs, blanchis au contact sur quelques centimètres.

La chlorite, presque blanche, à faible biréfringence, et les prismes de plagioclases de quelques millimètres de long, souvent assez altérés constituent l'essentiel de la roche. Certains amas de chlorite paraissent remplacer de gros prismes d'amphibole ou de pyroxène. La recristallisation alpine se traduit par une frange limpide autour des feldspaths et, dans le fond, par du quartz secondaire et des plages de calcite.

Par sa composition chimique (An. 24) elle présente de grandes analogies avec une prasinite

(1) Les travaux miniers sont peu développés. Il n'existe aucun travers-bancs de reconnaissance de quelque importance; aussi le nombre et les raccordements des couches sont-ils hypothétiques. La galerie hydroélectrique de Bozel à Vignotan, proche de la surface, a traversé surtout les couches inférieures stériles. Ch. PUSSENOT qui l'a visitée à plusieurs reprises au moment du creusement donne (1930, p. 25) les proportions relatives suivantes, pour 2 500 m de sédiments : grès et conglomérats 84,20 %, schistes 15 %, charbon 0,80 %. La proportion de roches grossières, d'après les documents que nous avons pu consulter, paraît nettement exagérée. Le fait est courant; nous le retrouverons. Il est dû sans doute aux mêmes raisons humaines que celles qui ont fait appeler ces roches, dans le bassin Houiller du Nord, des querelles (ou cuerelles).

(2) M. RUFFIER, directeur de l'exploitation de Pierre Becqua, nous a fait remarquer que les veines supérieures, et en particulier la grande couche de Tincave, étaient souvent plus propres (15 % de cendres) que les veines inférieures, de Pierre Becqua proprement dit, et le centre de la couche plus que le charbon pris au voisinage des épontes. Ceci confirme entre autres l'origine étrangère d'une partie des cendres, incorporées après coup au charbon.

en lits rubanés, ancienne diorite à grain fin du Carbonifère métamorphique de Champagny, décrite par F. ELLENBERGER (An. E. 14). Seule la teneur en titane est nettement différente (1,0 au lieu de 2,85) : le sphène est en effet moins abondant dans notre roche. Le soufre est contenu dans les petits grains de pyrite qui parsèment la roche. La perte au feu correspond, pour une grande part, au CO₂ de la calcite. Par ses symboles magmatiques (II) III.5.4.(4) 5.[1'.1(2).1(2).3] notre roche, comme celle de Champagny, peut être classée dans la famille des gabbros.

Schistes blancs

Comme dans la vallée de l'Arc les niveaux clairs sont exceptionnels.

Des schistes et des microgrès rubanés, remarquables par leur couleur blanche ou grise très claire parfois légèrement verdâtre, sont interstratifiés en plusieurs points dans le Houiller à charbon. Ils se présentent en bancs de quelques décimètres ou alternent lit par lit avec des schistes noirs. Seule l'absence de pigment les distingue à l'œil nu des autres roches houillères comparables.

Un horizon, épais de 7 à 8 m affleure au bord de la route de Bozel au Villard (938.3-358.2). C'est probablement lui que l'on retrouve au nord-ouest, au bord de la route de Champagny, redoublé tectoniquement (937.95-358.3), épais de 17 à 18 m.

Un autre (ou le même), moins puissant, passe sur la route de Montagny (sous le téléphérique de la mine de la Chênaie) et probablement près du ravin du Feilay (932.05-360.95).

Nous avons retrouvé un banc identique aux précédents au sommet de la Montagne de Cherferie (sud du point 2293) entre les vallées des Allues et de Belleville.

Il faut enfin signaler les quelques mètres de schistes gris pâle interstratifiés dans des grès et des schistes noirs qui affleurent au bord de la route des Caves en face de Champagny-le-Bas.

Ceux de Montagny et de Cherferie, et probablement aussi les deux premiers (route de Bozel au Villard et route de Champagny), sont interstratifiés dans du Westphalien D-Stéphalien inférieur. Il n'est pas impossible qu'ils appartiennent tous au même horizon.

Par contre ils se trouvent, stratigraphiquement, au-dessus des niveaux analogues de Maurienne, qui paraissent situés dans le Westphalien moyen.

On peut rapprocher de ces derniers un schiste blanc qui affleure au fond de la vallée de Belleville, près du pont de la Chasse (930.2-342.05).

Celui-ci forme deux lits de 0,10 m et 0,80 m séparés par 1 m de schiste fin noir et surmonté par des grès feuilletés clairs. Au microscope on observe un feutrage de séricite et de quartz, quelques lamelles de mica blanc, de chlorite, quelques feldspaths très altérés, un peu d'albite fraîche, secondaire, quelques grains d'oxyde de fer et des touffes de sagénite.

Age

La flore des couches anthracifères est, à peu de chose près, la même que celle des couches stériles sous-jacentes.

Au fond du vallon du Bonrieu (937.70-362.15) des schistes froissés, sous les gypses, contiennent les mêmes *Mixoneura* à pinnules opulentes que les schistes de la Roche; à Tincave les déblais de la mine ne nous ont livré que *Lepidophyllum missouriense*; par contre à l'est de Montagny (est du point 1193 en 934-359.3) nous avons trouvé *Pecopteris lamurensis*. Enfin au sommet de la série, à l'orée de la forêt de Montagny, R. BARBIER a découvert, près des chalets de Prachepaix, *Mixoneura flexuosa*, *Pecopteris cyathea*, *Asterophyllites equisetiformis*, *Cordaites* (détermination P. CORSIN). Ceci pour le versant nord de la vallée.

Sur le versant sud les prairies, les bois, les coulées de blocs masquent presque partout la roche en place. La structure d'ensemble de la zone Houillère est la même; mais le tout est abaissé, par une flexure ou un accident E.-O. qui doit suivre la vallée.

A l'ouest du Pra de Saint-Bon, les déblais des galeries du Tal nous ont donné⁽¹⁾ : *Mixoneura ovata* cf. *deflinei*, *Mixoneura* sp., *Pecopteris pluckeneti*, *Annularia sphenophylloïdes*, *Annularia*

(1) Ces gisements nous ont été signalés par F. ELLENBERGER.

stellata, *Annularia* cf. *pseudostellata*, *Lepidophyllum triangularis*, *Calamites*, *Cordaïtes*, *Aulacopteris* (détermination W. J. JONGMANS et Ch. GREBER).

Les couches les plus élevées de l'Assise de Tarentaise contiennent, au nord-ouest de la Loze (col 1952) : *Pecopteris polymorpha*, *P. lamurensis*, *Mixoneura*, *Cordaïtes*, *Annularia sphenophylloïdes*, que l'on retrouve au Dou du Midi, très effacés : *Pecopteris lamurensis*, *P. cf. polymorpha*, *Cordaïtes* (en 935.2-354.9).

b. Assise de Courchevel et Néopermien sur le versant sud
La Coupe de Courchevel — La Loze

Assise de Courchevel — Coupe de la Loze

Ces gisements sont d'un grand intérêt car immédiatement au-dessus viennent 300 m environ de couches claires, stériles et grossières, admettant quelques intercalations vertes, et que nous avons pris comme type de l'Assise de Courchevel⁽¹⁾ : des arkoses et des conglomérats riches en galets de cristallin souvent très émoussés, gris foncé, gris clair, verdâtres, alternant avec des grès à ciment schisteux, des schistes gris ou noirs ou plus rarement verts.

A côté du lac de la Loze (934.45-353.90), à quelques mètres sous le Néopermien transgressif, un petit banc de schiste nous a livré : *Pecopteris unita*, *P. pluckeneti*, *P. cf. arborescens*, des *Pecopteris cyatheoïdes*, cf. *Diplotmema*, cf. *Odontopteris* sp., *Mixoneura*, *Alethopteris grandini* (détermination W. J. JONGMANS et Ch. GREBER), et au nord-ouest *Annularia stellata*.

Nous sommes donc au sommet du Stéphanien inférieur ou à la base du Stéphanien moyen.

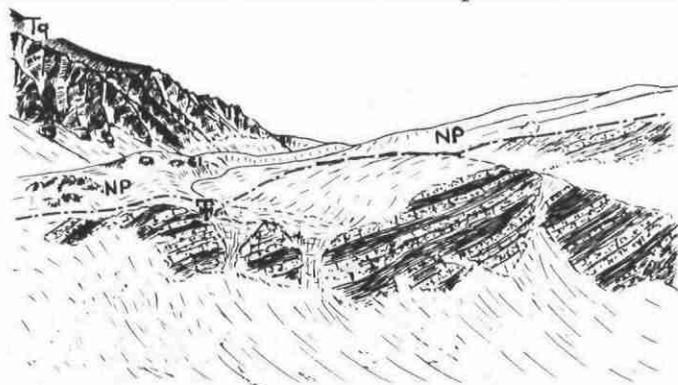


FIG. 29. — Discordance du Néopermien sur l'Assise de Courchevel au N. de la Loze (Lac Bleu). Tq. Quartzites werféniens. NP. Néopermien. F. Gîte fossilifère. Gl. Moraine (d'après une photographie).

Près du col de la Loze un schiste noir, dur, compact, d'aspect gras, montre sur la tranche, de fines lentilles blanches ou rouille de la grosseur d'une tête d'épingle.

Au microscope on observe, dans un fond sériciteux extrêmement fin, poudré d'une poussière noire, quelques quartz rhyolitiques ou en esquilles, quelques paillettes de mica blanc et de chlorite, et de rares bâtonnets charbonneux. De petits amas sériciteux évoquent des lapillis. La texture de cette roche est tout à fait différente de celle des schistes houillers banaux.

Comment interpréter cet accident de la sédimentation ? On peut envisager l'hypothèse de poussières volcaniques déposées en pluie dans un plan d'eau calme sans apport détritique grossier. Nous verrons plus loin, à propos de la vallée de Belleville, qu'au même moment les quartz rhyolitiques apparaissent brusquement, en grand nombre, dans les arkoses houillères (p. 105).

(1) J. FABRE, 1952. Nous l'avions tout d'abord dénommée Assise de la Loze. Mais ce terme géographique, fort commun dans les Alpes de Savoie, risquait de prêter à confusion.

Néopermien. Cette formation est surmontée directement par le Néopermien.

— Des arkoses grossières, blanches, gris clair ou verdâtres, en formant la base. Elles contiennent quelques lentilles conglomératiques (quartz blanc et rose, phtanite noir, microquartzite gris, schiste noir et quelques grains de charbon), et des noyaux, lentilles, ou bancs glanduleux de dolomie ferrifère brune, riche en grains de quartz. Le ciment est lui-même carbonaté et ferrugineux.

— Au-dessus viennent des schistes gréseux verts et violets alternant avec des quartzites grossiers à quartz roses qui passent aux quartzites blancs du Werfénien.

Ces couches, plissées dans le détail, sont dans l'ensemble horizontales ou à faible pendage sud à sud-ouest. Elles reposent en discordance (10 à 15°) sur l'Assise de Courchevel. On pourrait évidemment invoquer, comme toujours en pareil cas dans les Alpes, une discordance tectonique. Nous verrons plus loin comment vers le sud cette discordance stratigraphique est confirmée par une discordance cartographique.

L'Assise de Courchevel sur le versant nord.

Au nord du Doron de Bozel le dos de l'anticlinal, sur lequel reposent au sud les grès et conglomérats de Courchevel a été au contraire raboté tectoniquement jusqu'à l'Assise de Tarentaise, soit avant, soit pendant l'avancée de la nappe du Mont Jovet. Mais nous retrouvons des conglomérats à gros galets de cristallin, identiques, pincés dans deux étroits synclinaux au voisinage du chevauchement occidental⁽¹⁾.

On pourrait à la rigueur interpréter ces deux bandes comme deux lentilles interstratifiées dans l'Assise de Tarentaise, l'une immédiatement au-dessus du faisceau de veines exploitées dans la concession de la Chênaie, l'autre dans les couches stériles qui les surmontent. Mais la bande supérieure nous a livré quelques fossiles qui indiquent sans ambiguïté un âge Stéphanien moyen : *Pecopteris feminaeformis*, *P. polymorpha*, *P. cf. hemitelioides*, *Mixoneura* (rare).

Le gisement (932,75-361,5) se trouve à peu de distance de Prachepaix où R. BARBIER a découvert, nous l'avons vu, une flore Westphalien D supérieur-Stéphanien inférieur.

On peut encore, avec quelques doutes, rapporter à cette Assise des arkoses et des conglomérats polygéniques qui couronnent le Houiller à charbon au nord de Moranche, sur la rive gauche du ruisseau du Verchat et à l'ouest de Champagny.

De même, des affleurements disloqués de conglomérats et d'arkoses grossières, sur la croupe qui descend au nord-ouest de la Loze (Forêt de Fontany) peuvent être interprétés comme des lambeaux de l'Assise de Courchevel, plaqués sur le versant.

2. La Vallée des Allues

Au sud de la Loze nous suivons l'Assise de Courchevel sur les deux versants de la crête Croix de Verdon-Saulire jusqu'au col du Fruit et, de là, jusqu'au Mont du Vallon et au Mont de Péclat, au fond de la vallée des Allues.

a. Le Mennet-Saulire

Une coupe ouest-est (profils n° 26-27) faite au-dessus du Plan de Tuéda, montre de bas en haut :

⁽¹⁾ Les blocs de la bande inférieure sont visibles à la sortie ouest du village de Montagny, au bord de la route.

1) Le Houiller schistogréseux anthracifère, de l'Assise de Tarentaise :

Grès arkosiques gris, massifs, à petits galets disséminés, schistes noirs en bancs épais, quelques petites veines de charbon. Dans l'éboulis à côté du Mennet⁽¹⁾ les schistes provenant du toit de deux « passées » distantes d'une dizaine de mètres, ont fourni : *Pecopteris lamurensis* en abondance, *P. polymorpha*, *P. cf. hemitelioides*, *P. arborescens*, *P. cyathea*, des *Pecopteris* cyatheoïdes, *Annullaria stellata*, *Sphenophyllum*, aff. *oblongifolium*, *Asterophyllites equisetiformis*, *Calamites cisti*, *Cordaïtes*, *Calamostachys*. Nous sommes au sommet de l'Assise de Tarentaise, dans le Stéphanien inférieur. Les couches sont ici en position normale. Au nord-est (933.25-349.60) elles paraissent renversées, mais il ne s'agit, pensons-nous, que d'un repli local.

2) L'Assise de Courchevel commence 150 à 200 m au-dessus (entre 2 050 et 2 100 m d'altitude) et monte jusqu'à la petite barre du point 2 364 : conglomérats gris à galets de cristallin, peu de schistes, des arkoses gris foncé, gris clair ou verdâtres, à petits galets anguleux blancs.

3) A quelques mètres de la barre affleurent des grès et des conglomérats pourpres dont les galets peuvent atteindre plusieurs centimètres. Ils sont associés à des schistes gréseux et des grès fins violets finement micacés. Le contact entre les couches grises et les couches rouges n'est pas visible.

Ces couches rouges affleurent jusqu'à 2 450, épaisses ici de 100 à 150 m. Un peu au sud, au-dessus des bois de la Ramée, elles n'ont plus que 50 à 100 m. Au sommet elles sont décolorées, verdâtres ou gris clair⁽²⁾.

4) 20 m plus haut nous trouvons les premiers blocs de migmatites. Celles-ci forment une carapace, épaisse de 100 à 200 m sur la Crête de la Saulire, où elles ont été décrites par F. ELLENBERGER⁽³⁾. Elles sont beaucoup plus déformées que les roches sédimentaires sous-jacentes. On y trouve de véritables mylonites cicatrisées que l'on rencontre très rarement dans le Houiller. Vertes à la base, elles sont grises et noires plus haut, rubanées de bandes blanches de quelques millimètres à un mètre d'épaisseur (« épibolites », « leptynites »). L'analyse de l'une de ces bandes (An. 3) révèle une forte teneur en alcalins et particulièrement en soude (Na₂O = 4,68; K₂O = 1,90).

Le paramètre *alk* de Niggli (38,15) est supérieur à celui de toutes les roches sédimentaires ou ignées que nous avons analysées et s'apparente à celui de certains filons blancs « intrusifs » dans le Houiller.

La potasse, calculée en orthose virtuelle, vient en réalité dans cette roche des micas blancs, en paquets fusiformes isolés, ou en petites paillettes bien formées, nombreuses dans certaines zones de la roche. Accessoires : quelques traînées de séricite, chlorite jaunâtre et stilpnomélane mal formé, sphène.

L'analyse (E. 10) d'une « leptynite aplitique » du col des Fonds, semblable à la nôtre, a été donnée par F. ELLENBERGER (1956, p. 89). Les résultats sont assez différents : mettons à part les teneurs en silice — qui peuvent varier — et en Fer, Magnésium et Titane (la roche des Fonds contient de la biotite que l'on ne retrouve pas dans notre roche); ce qui frappe le plus est la proportion relative des alcalins : autant de potasse que de soude au col des Fonds alors que le dernier élément domine nettement dans celle de la Saulire. Les paramètres magmatiques sont cependant du même type : I(II).3'.I(2).3(4). Or/Plag. = 0,64. An. % = 9,8 pour la première, I.3'I(2).4 Or/Plag. = 0,26. An. % = 8,4 pour la seconde. Notons aussi la très faible teneur en phosphore de cette dernière. Ces différences nous empêchent de les considérer, sans plus sérieux examen, comme

(1) Gisement indiqué par F. ELLENBERGER.

(2) Au-dessus de la Ramée la zone décolorée a, suivant les points, quelques décimètres à quelques mètres d'épaisseur. Le fond de la roche est vert pâle mais les galets de quartz restent roses.

(3) BARBIER (R.), BLOCH (J.P.), DEBELMAS (J.) et ELLENBERGER (F.), 1954, p. 497 à 501 et F. ELLENBERGER, 1958.

l'ichor, « l'apport à l'état pur », ce que leur composition chimique (en particulier l'An. 3) suggérât au premier abord (1).

Cette carapace de migmatites, éventrée, laisse apparaître en dessous, sur le versant est de la crête - côté Courchevel - les grès et conglomérats versicolores qu'elle enveloppe. La superposition des deux séries est ici indubitable. Malheureusement les contacts francs sont souvent difficiles à voir, au milieu de pans de roche écroulés sur place. Nous avons pu cependant en découvrir en compagnie de J.P. BLOCH. On y observe le même passage rapide que dans le secteur du lac Moncoir (haute vallée des Allues) entre des grès et des conglomérats et les migmatites par l'intermédiaire d'une zone verdie de quelques mètres, progressivement feldspathisée.

Un grès fin rouge et vert pris à 1 ou 2 m du contact, ne montre pas une teneur anormale en alcalins (An. 23).

5) Cette carapace est recouverte par places, en faible discordance angulaire (F. ELLENBERGER), par des lèches de Néopermien (Permotrias = Néopermien supérieur) : quartzites grossiers blancs ankéritiques, schistes verts et violets (sur notre coupe entre 2 580 et 2 640)

Mis à part le Néopermien nous retrouvons ici terme pour terme la coupe de Pécelet (p. 89). Mais cette fois la succession est normale et les migmatites reposent sur des couches non métamorphiques qui appartiennent au moins au Stéphanien moyen (anticlinal en genou).

b. Versant ouest et fond de la vallée

Sur l'autre versant de la vallée des Allues la coupe est beaucoup moins complète. La direction des couches et des structures tectoniques est oblique par rapport aux grandes lignes de la topographie. Le sommet de l'anticlinorium, à la latitude du Mennet, prend en écharpe la crête qui sépare la vallée des Allues de celle de Belleville.

L'Assise de Tarentaise paraît constituer tout le versant.

Quelques affleurements de charbon ont fait l'objet de recherches temporaires : à Combe Cure, vers 1 700-1 750 (une ou deux veines) dans des schistes noirs et des grès très laminés; au nord-est du Col de Leschaux à 1 850 (deux petites galeries); au Col de Leschaux (trois grattages dans des « passées »); au Pas de la Grand Combe (une galerie de 5 m dans une veine de 0,70 m à 0,80 m surmontée à 1,25 m par une passée de 0,20 m). Cinq veines et « passées » subhorizontales affleurent au Mont de la Challe et autant à Côte Brune dans des grès, psammites et schistes ardoisiers. Certains lits à nodules carbonatés rappellent les couches qui affleurent au bord de la route au nord de Mussillon.

En contrebas de la Montagne de Cherferie (au sommet de laquelle nous avons déjà signalé des schistes blancs) des schistes noirs (2) (926.6-351.2 — $z = 2\ 000$) nous ont livré une petite flore du Stéphanien inférieur : *Mixoneura flexuosa* abondant, *Mixoneura* sp., *Pecopteris lamurensis*, *P. polymorpha*, *P. plumosa dentata*, *P. cyathea*, *Acitheca*, *Annularia stellata*, *Calamites* rares.

— En face du Mennet, au Mottaret, les schistes qui descendent des escarpements ruiniformes de 2 050-2 100, contiennent : *Pecopteris lamurensis*, *Mixoneura flexuosa*.

— En crête, au sud du Tougnète (930.8-348.6 et 930.7-384.55) *Mixoneura* sp., *Pecopteris polymorpha*, *Calamites*, pistes de vers.

— Enfin nous avons récolté des *Mixoneura* dans les éboulis provenant de la série schisteuse (Mont de la Challe-Arpasson) qui forme le substratum du Roc de Tougne, et de grandes pinnules indéterminables, rappelant les *Mixoneura* de la La Roche et du Bonrieu dans la vallée de Bozel, à Côte Brune, dans la même série.

(1) On pourrait aussi, comme nous l'a suggéré F. ELLENBERGER, envisager pour la bande blanche de la Saulire, une albitisation ultérieure totale, permienne ou post permienne. Une telle éventualité n'est pas à rejeter entièrement. Elle est cependant fort peu probable dans le contexte de la zone Houillère.

(2) Certains lits (col de la Grand Combe) montrent des traces d'un léger métamorphisme.

Le Roc de Tougne (Tognaz du 1/80 000) est un gros bloc de conglomérat gris à gros galets de cristallin posé sur la crête, dans un petit ensellement de la série schisteuse. Sa lithologie comme sa position géométrique permettent de penser qu'il s'agit d'un lambeau de la série de Courchevel.

A une dizaine de mètres de son sommet s'intercale un filet charbonneux. Le Roc est coiffé par une arkose laminée verdâtre et un schiste gréseux gris foncé, compact, qui rappelle en lame mince le schiste fin à quartz rhyolitiques de la Loze.

Au sud du vallon de Tuéda l'Assise de Tarentaise est presque complètement stérile : les niveaux charbonneux existent encore mais sont minces et inexploitable; la proportion de grès est beaucoup plus forte.

Elle est surmontée au Mont de Pécelet et au Mont du Borgne par les grès, schistes et conglomérats à galets de cristallin qui passent (sur quelques mètres) aux couches versicolores de l'Aiguille de Pécelet et de l'Aiguille du Borgne. C'est ce que l'on avait au Mennet.

En fait la succession est moins simple qu'il ne paraît dans ce flanc ouest renversé du synclinal de Gebroulaz :

— Les schistes et grès à veines de charbon (analyses VIII, IX et XIV) du Mont de la Challe et de Côte Brune, équivalents de ceux de l'Arpasson et de Cherferie, sont recouverts au sud par

— la série gréseuse du Mont de la Chambre. Celle-ci n'a pu être datée, mais on peut la mettre en parallèle avec les grès et arkoses du Roc de Fer qui surmontaient au nord les schistes et grès à charbon de Cherferie (1).

Le Mont de la Chambre, disloqué par les glissements, ne nous a pas montré de charnière de plis. On peut cependant estimer que cette série est renversée sur :

— Les grès et conglomérats gris du Mont de Pécelet qui lui font suite à l'est, et qui, comme elle, ont un pendage ouest (10 à 30°). Si ces couches étaient plus anciennes que les premières on devrait les retrouver en contrebas, au sud-ouest. Elles formeraient l'éperon S.-O.-N.-E. qui, du chalet de Pécelet monte vers le Mont de Pécelet et le col de la Chambre, ce qui n'est pas le cas : celui-ci ne montre que des grès et des schistes contenant quelques minces veines de charbon. Ces grès et ces conglomérats à galets de cristallin passent vers l'est à :

— des schistes, grès et conglomérats verts et rouges.

— Une mince lame de grès fins et de schistes gris et noirs avec traces de charbon vient s'effiler en crête entre le Mont du Borgne et le point coté 3 003. Elle interrompt une succession que nous avons trouvée normale à l'ouest de l'Aiguille de Pécelet (p. 89).

Au-delà nous retrouvons les arkoses et conglomérats gris et versicolores de l'Aiguille du Borgne. On les suit vers le nord; au-delà du Mont du Vallon, ils vont se raccorder à l'Assise de Courchevel de la crête de la Saulire. Les couches versicolores sont parfois réduites à quelques mètres, mais la continuité est presque absolue et l'assimilation certaine.

En résumé, l'identité des grès et conglomérats gris du Mont de Pécelet, du Mont du Vallon, de la Saulire, avec ceux de la Loze et de Montagny nous paraît établie.

A cet horizon on peut rattacher, avec beaucoup de vraisemblance les couches du Roc de Tougne, de Moranche et de Champagny. Or la Loze et Montagny sont Stéphanien moyen (ou sommet du Stéphanien inférieur).

Les couches versicolores qui sont constamment associées à la série grise, au sud de la Croix de Verdon, et dans bien des points superposées à celles-ci (crête de la Saulire) peuvent être considérées comme Stéphanien supérieur, peut-être même Autunien.

Ces deux séries détritiques surmontent :

A la Loze et à la Saulire, du Stéphanien inférieur daté.

A Pécelet et dans le Glacier de Chavière, du Westphalien probable (*Lepidodendron*).

(1) Faute de repère précis nous ne pouvons dire si ces couches appartiennent encore à l'Assise de Tarentaise ou représentent déjà la base de l'Assise de Courchevel. La première hypothèse nous paraît plus probable.

3. La Vallée de Belleville

— Le fond de la vallée de Belleville est presque entièrement dans le Houiller. En amont de Saint-Martin nous trouverons : à l'ouest, dans le vallon secondaire des Encombres, la zone écaillée de la bordure occidentale; la vallée principale éventre le Synclinal occidental et le flanc ouest de l'Anticlinal médian qu'écrêtent les vallons de Pécelet et de Thorens.

Déjà aux Encombres l'anticlinal pincé de Valloire — relais de celui de la Benoîte (R. FEYS) — a disparu. De même nous verrons le synclinal permien de Saint-Martin-de-Belleville disparaître à son tour au nord de Saint-Martin contre la zone des Gypses, tandis que celle-ci, de nord-sud, oblique vers le nord-est.

Au-delà, du col de la Lune à Brides, autant que l'on puisse s'en rendre compte sous l'abondante couverture morainique, le houiller schisteux noir est directement au contact des gypses et des calcaires du Trias.

a. Bordure occidentale

Le long du chevauchement s'allonge le « synclinal de Saint-Martin de Belleville » (R. BARBIER, 1948). Nous en avons étudié le Permien au fond du vallon des Encombres (p. 42 et 85).

Ce synclinal est très fortement écaillé. On y trouve du Houiller, du Permien et du Trias dans un ordre quelconque. Des accidents transversaux le décrochent vers l'est à la Case Blanche (400 m), aux Cariots, au col de la Fenêtre (300 à 400 m). Les roches sont fortement écrasées ou étirées : une schistosité, en général parallèle à la stratification, feuillet les grès dont les délits sont couverts d'un enduit de séricite. Nous avons noté dans quelques schistes du Permien l'amorce d'une schistosité oblique qui se présente, au microscope, sous la forme de petites flexures ou de micro-failles parallèles, accompagnées d'une néo-formation de chlorite. Par places un gaufrage vrai (microplissement) apparaît. On trouve enfin en quelques points, de véritables mylonites, inconnues (charbon et migmatites mis à part) dans le corps de la zone Houillère. Les filons de quartz, éventuellement accompagnés de chlorite vermiculaire (*ripidolite*) sont nombreux.

Rappelons pour mémoire, dans la zone des Gypses, les blocs-klippes de Jurassique supérieur et de Crétacé, découverts et décrits par R. BARBIER (1948). D'après cet auteur le Crétacé supérieur de ces blocs présente plus d'analogies avec celui du Briançonnais classique qu'avec celui de la Nappe du Pas du Roc. Il est donc plausible de les considérer comme des restes entraînés de la couverture du paléozoïque.

Dans le synclinal de Saint-Martin le Trias est représenté par des lambeaux de calcaires dolomitiques (Trias moyen), tout ou partie des gypses et des cargneules, et par les quartzites blancs attribués au Werfénien. Epais de 100 à 200 m, ces quartzites forment des barres discontinues, du fond du vallon des Encombres jusqu'au nord de Saint-Martin (Pointe de la Fenêtre, le Cochet). Ils débutent par quelques mètres de quartzites grossiers feuilletés (Les Cariots), ou de schistes gréseux verts et rouges (Le Roux, près de Béranger). Ils sont en tous points comparables à ceux de la zone briançonnaise dont ils représentent sans doute des lambeaux de couverture.

Le Permien affleure largement mais cependant nulle part nous ne pourrions y relever de coupes stratigraphiques : en quelques points nous avons observé un passage continu au Trias, plus souvent au Houiller, par intrication de faciès gris et bariolés. Ceci nous permet d'y supposer l'existence de plusieurs termes. Mais l'épaisseur de cette formation est ici très

variable, passant de plusieurs dizaines, voire centaines de mètres à quelques mètres seulement (est du Cochet) quand elle n'est pas réduite à zéro (est de la Pointe de la Fenêtre). Tout au plus pourrions-nous y étudier les différents types lithologiques qui la composent.

Au pied du Cochet, au bord de la route de Saint-Martin au Chatelard, elle est formée par :

— Des schistes en bancs de quelques décimètres, lie-de-vin, fissiles, contenant de petites amandes carbonatées ou des languettes chloriteuses vertes; ou verts, parfois très onctueux, à délits bosselés. L'un d'eux, compact, montre au microscope une association de bandelettes sériciteuses et quartzophylliteuses emballant de très nombreuses et fines lentilles de carbonate et des plaquettes de quartz, couchées suivant la stratification. Ils voisinent avec des schistes noirs, gris pâle ou gris vert, parfois carbonatés.

— Des arkoses phylliteuses vertes ou blanches à grains de quartz blanc et rose.

— Quelques rares et minces bancs de quartzites blancs et de grès arkosique rouge, fin. Les grains (quartz, plagioclase, orthose) y sont mal classés, anguleux; le mica est rare; le ciment quartzeux est teinté d'une poussière d'hématite. Un autre grès, vert, récolté au nord des Mures Rouges, contient à côté des grains de quartz banaux, en mosaïque, des grains d'origine rhyolitique à extinction franche, golfes de « corrosion »⁽¹⁾, tronçonnés et étirés dans un ciment sériciteux abondant (cf. grès et arkoses vertes à l'entrée du vallon de Polset, dans la vallée de l'Arc).

Ce Permien est, en contrebas de Saint-Martin, séparé du Houiller par 1 ou 2 m de roches écrasées.

En s'éloignant vers l'ouest les bancs de quartzites et d'arkoses phylliteuses blancs deviennent plus abondants. Ils appartiennent peut-être au Permien supérieur, tandis que les schistes lie de vin à amandes carbonatées et les schistes gris pâle rappellent plutôt le Permien inférieur du massif de Roche Château.

Une coupe intéressante, bien que très laminée, peut être observée à l'est du Roc de la Lune, au Plan du Collet (nord de Béranger). D'est en ouest on trouve :

1) Des grès gris et des schistes noirs fins sériciteux, gauffrés, qui affleurent au bord du chemin (= Houiller).

2) Après une lacune d'observation de 2 ou 3 m vient une roche blanc sale (2 à 3 m), grossièrement feuilletée de traînées sériciteuses vert jaune. Au microscope elle montre dans un fond quartzeux très fin, quelques grands feldspaths (plagioclases et microcline) altérés, quelques quartz corrodés (1 à 1,5 mm) et d'autres plus petits (0,10 à 0,20 mm) anguleux ou en esquilles, rappelant ceux du schiste de la Loze ou des arkoses des couches terminales du Houiller et du Permien. Il n'est pas possible de dire si les traînées sériciteuses à contours flous, signalées ci-dessus, sont les traces d'une ancienne fluidalité ou les produits du laminage. On peut l'interpréter comme un porphyre quartzifère ou un tuf acide. La teneur en alcalins, mesurée au spectrophotomètre de flamme, donne : Na 2O = 3,4, K 2O = 1,9, ce qui exclut une assimilation avec la, ou les coulées acides (cf. Rhyolitoïde) qui couronnent le Néopermien dans la vallée de Valloire (An. 6 à 9).

3) Puis viennent des quartzites grossiers blanc grisâtre (quelques mètres), laminés et plissotés.

4) Vers l'ouest ces quartzites alternent avec de petits bancs de dolomie claire en plaquettes (quelques mètres).

5) Quartzites blancs werféniens du Roc de la Lune.

La coupe est partiellement masquée et l'écrasement du niveau 3 et du Houiller laisse supposer l'existence d'importants laminages. Ceux-ci, et la proximité du gypse, peuvent être responsables

(1) Il s'agit en fait, dans ce cas comme dans beaucoup d'autres, bien plutôt de lacunes de cristallisation que de véritables formes de corrosion (G. DEICHA). Celles-ci, en particulier celles que l'on observe dans la plupart de nos roches sédimentaires, ont un tout autre aspect (pl. V, fig. 6).

de la décoloration des roches. Si l'on attribue, ce qui nous paraît le plus vraisemblable, les niveaux 3 et 4 au Néopermien (faciès de la Loze) peut-être réduit au Permotrias, la roche éruptive en formerait, comme à la Ponsonnière, la base discordante (mais à la Ponsonnière il s'agissait d'une porphyrite, les venues acides se trouvaient plus bas ou plus haut). On peut aussi la rapprocher de la roche blanche énigmatique, du petit col des Encombres, contre des conglomérats violets que nous avons comparés à ceux de la Ponsonnière.

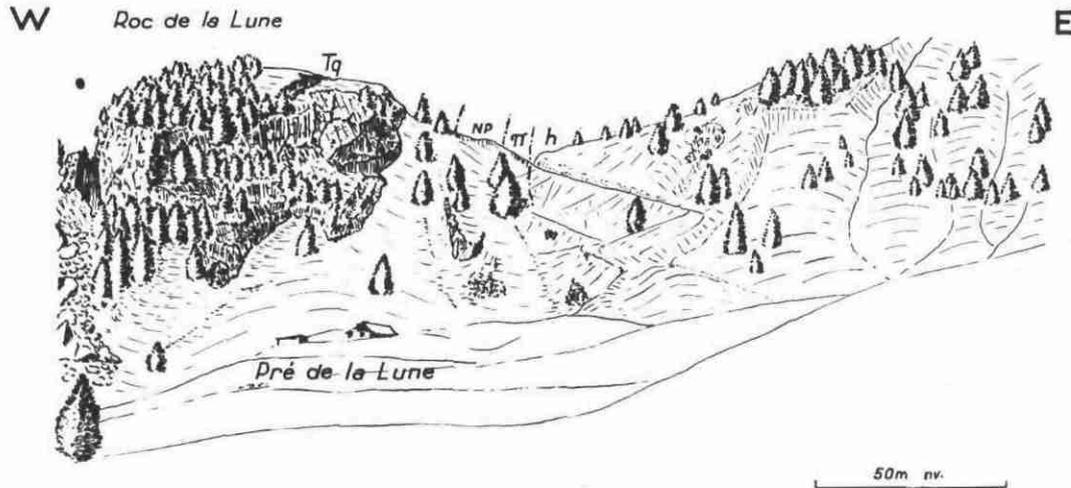


FIG. 30. — Coupe du Plan du Collet. h. Schistes noirs et grès fins. π cf. porphyre quartzifère ou tuf rhyolitique. NP. Quartzites blancs grisâtre à galets disséminés, alternant à l'W avec de petits bancs de dolomie. Tq. Quartzites blancs.

De Béranger aux Encombres, au voisinage du Permien, le Houiller ne contient pratiquement pas de charbon. Les schistes noirs, parfois en bancs épais (10 à 20 m) comportent quelques lits gris, onctueux, à petites taches noires (cf. Roche Château). Ils alternent avec des grès et des arkoses feuilletées gris clair, presque blanches, à plaquettes de schiste noir, galets de quartz, de phtanite noir, et de cristallin.

Les arkoses sont bien développées, au sud de la Pointe de la Fenêtre (Collet blanc); on les suit au nord jusqu'aux abords de Béranger. Quelques lits (Collet Blanc, le Villard) montrent au microscope, dans un ciment surtout quartzeux très fin, de grands quartz souvent brisés, mais rarement écrasés, dont les sections rappellent celles des quartz rhyolitiques. La corrosion ou l'accroissement secondaires des grains par, ou aux dépens, du ciment est constante; mais on ne peut confondre ces formes avec les « golfes » datant de leur vie magmatique. Ces grains coexistent avec d'autres, banaux, moins nombreux, à extinction onduleuse ou en plages engrenées provenant de quartzites, de granites ou de gneiss. Les feldspaths en grands cristaux (cf. microcline, plagioclases) sont assez abondants. On y trouve aussi quelques amas microquartzitiques, quartzophylliteux, ou de fine séricite feutrée, non orientée, que l'on pourrait interpréter comme d'anciens lapillis.

Le mica blanc est rare; l'épidote et la tourmaline occasionnelles; les plages de carbonate secondaire fréquentes (surtout au voisinage du gypse). Il s'agit bien d'une roche détritique, car elle renferme des languettes de schiste noir ou cireux jaune vert. Cette abondance de produits « volcaniques » rappelle ce que nous avons trouvé dans un grès vert du vallon de Polset et à la Loze vers la base de l'Assise de Courchevel.

Au mur de cette formation, marquant en quelque sorte la limite entre le Houiller stérile et le Houiller productif, nous retrouvons le banc de phtanite noir que nous avons observé au col des Encombres. On le suit depuis 2 250, à l'est du Collet Blanc, jusqu'aux chalets des Priaux, tantôt isolé, tantôt répété par des replis, mais toujours avec la même puissance (1 à 2 m)

et séparé, par quelques mètres de schiste noir luisant, d'un gros banc d'arkose grossière qui nous a servi de repère.

Nous avons retrouvé cet horizon au nord, au-dessus du hameau de Béranger et à l'est du Roc de la Lune, au Dos du Pater et au col de Leschaux, épais de 1 à 2 m⁽¹⁾. Il est là interstratifié au voisinage d'une petite veine de charbon. Au toit on observe des schistes noirs, denses, riches en fer, comportant un lit de 10 à 30 cm de schiste à fines lentilles blanches semblable à celui de la Loze. Sur le terrain comme au microscope, ce phanite est identique à celui des Encombres et des Priaux. Nous l'avons suivi sur 300 m de part et d'autre de la crête, une ou deux fois répété par de petits plis aigus.

b. Le Synclinal occidental et l'Anticlinal médian

Les crêtes s'allongent du sud au nord. Nous ne trouverons donc pas ici de bonnes coupes. D'ailleurs une description détaillée de cette austère vallée serait fastidieuse.

1) Un Houiller riche en grès arkosique contenant quelques minces veines de charbon, daté Stéphanien inférieur (*Pecopteris lamurensis*, etc, voir p. 56), affleure à l'est du synclinal de Saint-Martin-de-Belleville, dans le vallon du Gorand et forme les sommets de la Masse, la Gratte, le Teurre. Il dessine un large anticlinal plat (anticlinal de la Masse) qui se termine abruptement à l'est sur un synclinal aigu. Celui-ci est limité à l'est, tout au moins dans la moitié méridionale, par un accident souligné par de gros filons de quartz remplis de débris anguleux de Houiller (col de Pierre Blanche).

2) Au cœur de ce synclinal, du Carbonifère stérile, clair à bandes versicolores, a été préservé. Ces niveaux bariolés ont été déjà décrits (Vallée de l'Arc). Dans les couches grises encaissantes sont intercalés deux ou trois bancs de conglomérats à galets (1 à 3 cm) de Houiller et de cristallin rappelant les conglomérats de Courchevel.

3) En contrebas vient le Houiller à charbon du Lou, Sérachaux, le Mottet (près de Saint-Martin). Il n'a pu être daté par des fossiles, mais tout porte à croire qu'il appartient encore, pour la plus grande part, si ce n'est la totalité, à l'Assise de Tarentaise. Par suite du développement de la schistosité (en particulier au voisinage des flexures), les grès sont souvent plus feuilletés qu'en Maurienne.

Ces grès contiennent toujours, outre le quartz, du feldspath, du mica blanc et quelques grains de charbon. Le mica noir, toujours très altéré, est rare.

Comme les grès, les schistes ont « pris » la schistosité qui les a transformés en ardoises, ou dans les charnières de plis, en baguettes plus ou moins gaufrées. Ils sont en général bien stratifiés. Exceptionnellement apparaissent quelques signes d'un métamorphisme naissant, sous forme de schistes bosselés (nord-est de la Masse).

Les veines d'anthracite sont exploitées depuis fort longtemps par les paysans⁽²⁾. Sur le versant ouest de la vallée nous en connaissons huit ou dix réparties en deux faisceaux :

— Le faisceau du Lou passe à l'ouest du lac du Lou (deux ou trois couches de 1 m en moyenne), dans la Combe des Enverses (recherches des Enverses et de Tortolet : une ou deux couches de 1 m à 1,50 m) au pied du Teurre (Collioure, les Yvoses : quatre ou cinq veines) et, *pro parte*, sur la petite crête qui, au nord, limite le vallon du Gorand.

— Le faisceau de Sérachaux : exploité dans les quartiers de la Chèvre et de Sérachaux. Il est actuellement très difficile de se faire une idée de l'allure de ce gisement, fouillé par des générations de paysans, et complètement éboulé en surface. Des galeries ne dépassant guère 20 à 30 m de profondeur n'ont exploité, semble-t-il, que deux ou trois veines et quelques « passées ».

(1) Il doit passer, au nord, au-dessus des Allues et du hameau du Villard sous la moraine. Nous avons en effet trouvé de très nombreux débris de cette roche vers 1350, sur le chemin du Villard au Pas de Charnavel (928.95-357.85).

(2) Surtout dans la concession communale de Sérachaux. La concession des Bruyères est inexploitée depuis le début du siècle.

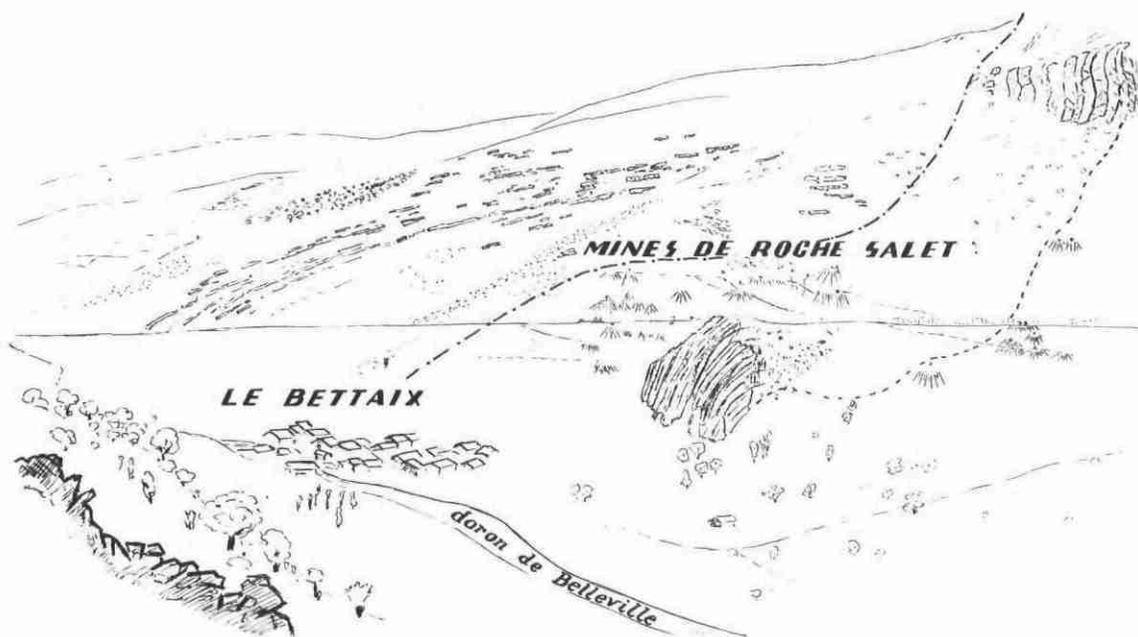


FIG. 31. — Les rochers de Roche Salet sur la rive droite du Doron de Belleville au-dessus du hameau du Bettaix. De nombreuses petites galeries ont bouleversé les terrains superficiels. Elles sont parties en direction dans les couches en dressant. Un accident sépare probablement celles-ci des bancs de grès réguliers de la gauche.

4) Sur l'autre versant de la vallée, les couches du Plan de l'Eau, des Bruyères et de Roche Salet, représentent soit le même faisceau, soit un faisceau inférieur séparé de celui de Sérachaux par une centaine de mètres de schistes et de grès qui forment les ressauts dominant le Plan de l'Eau, les Boyes (Brelin) et le Bettaix.

5) Le Houiller qui affleure au-dessus, dans les prés qui s'élèvent au nord et au nord-est jusqu'à la crête du Tougne et du Mont de la Chambre appartient aux mêmes niveaux plusieurs fois repliés. La partie inférieure est vraisemblablement encore Westphalienne car les schistes de Montaulever nous ont livré *Lepidophloïos laricinius* et des *Lepidophyllum*. Nous avons vu que les couches terminales ont pu être datées en crête (Westphalien D - Stéphanien inférieur) et qu'elles sont surmontées au Roc de Tougne par des conglomérats que l'on peut attribuer à l'Assise de Courchevel.

Vers le sud les différents faisceaux ci-dessus n'ont pu être distingués sur la crête du Mont du Cha au Mont Brequin et Cime Caron. Nous pensons cependant que les veines de charbon du Mont du Cha, de Boismain, de Cime Caron, correspondent aux faisceaux de Sérachaux et des Bruyères - Plan de l'Eau, par suite d'une surélévation axiale de l'anticlinal médian vers le sud.

Les arkoses, petits conglomérats (quartz, phtanite noir, gneiss blanc, quartzites fins) et les schistes stériles du lac de Pierre Blanche représentent, soit l'apparition en fenêtre des « Grès de la Pra », soit une stampe stérile au milieu du Houiller productif — celle qui surmonte les couches du Plan de l'Eau par exemple. Les couches les plus basses stratigraphiquement qui affleurent au nord du Brequin, n'ont pas livré de fossiles caractéristiques : des rachis ponctués, des *Calamites*, des traces pouvant être rapportées à des *macrospores* et des *Estheria*, des pistes de vers, en somme un faciès rappelant beaucoup plus le Westphalien de Maurienne que le Stéphanien inférieur des Encombres ou de Cherferie.

Il est probable que l'on est, dans ce secteur, au-dessous stratigraphiquement de l'Assise de Tarentaise, dans le Westphalien de Saint-Michel, et peut-être, comme à Sordière, à la limite du Houiller productif et du Houiller stérile (Grès de la Pra).

La crête de Boismain (non dénommée sur le plan directeur) qui s'allonge au nord de Cime Caron, est en direction dans des grès, psammites et schistes noirs à veines d'antracite. Les traces végétales sont nombreuses mais indéterminables ou peu caractéristiques (*Calamites*, *Lepidodendron obovatum* au point 2777, gros *Stigmaria ficoïdes* au nord). La schistosité est inexistante ou peu développée ici. Les premiers signes de métamorphisme apparaissent cependant dans les schistes sous forme d'une concentration du pigment charbonneux en petites taches irrégulières et en fins granules qui bossellent les surfaces de clivage. Le versant est, en particulier à l'extrémité nord, est glissé. Le décollement s'est produit le long d'une veine de charbon (ou de plusieurs veines voisines) de 0,80 à 2 m d'épaisseur dont le mur, luisant, émerge du chaos qui s'étend à ses pieds jusqu'au fond du vallon.

Dans le bassin d'alimentation des torrents de Pécelet et de Thorens, une grande part du Houiller est masquée par les épaisses moraines descendues des glaciers de Caron, Thorens, Pécelet. Nous ne savons pas, notamment, comment se fait le passage des puissantes séries à charbon de la vallée de Belleville au Houiller presque stérile du Glacier de Chavière. Ce passage, s'il existe, est rapide : décalage stratigraphique ou variation de faciès ? La première hypothèse paraît plus plausible.

La crête qui monte du chalet de Pécelet vers le mont de Pécelet montre des bancs de schistes, de grès, de psammites, alternant régulièrement; nous n'y avons noté que deux « passées ». Ces couches, équivalent probable de celles de la Chambre, passent vers le haut aux conglomérats du Mont de Pécelet.

Au sud le Houiller qui affleure au-dessus du chalet de Thorens, vers le lac de la Portette et le col de la Montée du Fond est formé de schistes noirs en bancs épais (5 à 10 m) et de grès, comportant quelques bancs de psammites, de conglomérats (2 m; cf. p. 38 ceux de la crête au sud) et quelques couches de charbon. Au sud-ouest du chalet de Thorens (veine de 0,60 m à 1 m et deux passées) les couches sont renversées.

B. LA BORDURE ORIENTALE

Contrairement à ce qui se passe dans la vallée de l'Arc les premiers plis couchés vers l'est n'apparaissent, dans le bassin du Doron de Bozel, que sur le flanc « interne » de l'anticlinorium. Ceci mis à part, la vallée de Saint-Bon-Courchevel rappelle par son style tectonique la vallée des Herbiers :

— Dans le Houiller, les plis sont déversés à l'est, les flancs normaux ou inverses sont laminés .

Un bon exemple en est donné par la coupe que l'on peut faire à l'est de la Viselle (profil 24). Là dans le flanc inverse d'un gros pli déversé, les migmatites, comprises entre les schistes et les conglomérats versicolores du Permien et les quartzites phylliteux rouillés à quartz roses du Permotrias voient leur puissance réduite à quelques mètres, alors qu'à peu de distance, sur la crête de la Saulire elles ont 100 à 200 m d'épaisseur.

— Le Permien et le Werfénien sont en général restés collés au Carbonifère mais peuvent-être parfois complètement laminés.

— La couverture calcaire repose indifféremment sur l'un ou l'autre terme, souvent par l'intermédiaire de cargneules.

— On trouve aussi des cargneules pincées dans la « série siliceuse » : elles soulignent des accidents, peut être des limites d'écaillés :

— les cicatrices ou les « fossés à cargneules » à l'est du Mont du Vallon sont à cet égard très caractéristiques. On notera aussi les cargneules qui affleurent sur la route du Pra à Courchevel, au-dessus de la Choulière.

Dans le Paléozoïque, on n'observe pas comme dans la vallée de l'Arc, de variations de faciès importantes : au nord du Doron de Bozel le Carbonifère contient encore de nombreuses veines d'antracite, parfois épaisses. Tout au plus peut-on noter dans l'Assise de Courchevel une tendance à une granulométrie un peu plus fine (gorges de Ballende) — mais ceci peut n'être qu'une variation locale.

1. Le Houiller

Il affleure surtout au nord du Doron de Bozel où nous l'avons déjà étudié rapidement. Nous avons vu qu'il appartenait probablement tout entier à l'assise de Tarentaise. A l'est du Villard de Bozel il contient encore quelques minces veines de charbon ⁽¹⁾.

2. Assise de Courchevel, Eopermien

Les schistes, grès et poudingues gris et versicolores qui surmontent l'Assise de Tarentaise à la Saulire plongent rapidement à l'est de cette crête en se laminant, au front des lambeaux de la couverture mésozoïque disloquée de la zone Vanoise-Mont Pourri dont les aiguilles et les clochetons barrent l'horizon à l'est (Aiguille du Fruit 3 050 m, Roc Mugnier, Portetta, Aiguille de Mey. Voir coupes ELLENBERGER et profils 24 à 28). Le Stéphanopermien réapparaît cependant non loin de là au nord, et s'étale largement sur le versant méridional de la vallée de Bozel, aux alentours du Pra et de Saint-Bon. Vers l'est, il forme le plancher de l'énorme masse de gypse de la Dent de Villard. Il est entaillé par le Doron de Pralognan dans les gorges de Ballende, forme le Roc du Moine et affleure jusqu'en face de Champagny le long du bord oriental de la zone Houillère.

Les gorges de Ballende sont creusées à l'amont dans des schistes compacts, verts, gris et violets, alternant avec des arkoses vertes et rouges à petits galets disséminés (quartz blanc et rose, gneiss, granite, schiste noir). Ces couches passent à l'aval à des schistes noirs et gris, parfois onctueux et des arkoses grises ou verdâtres à petites lentilles conglomératiques. Dans l'ensemble la sédimentation est plus fine, les lentilles de conglomérat plus rares, les galets plus petits et moins serrés qu'à Courchevel; l'épaisseur (200, 300 ou 400 m) analogue à ce que nous avons trouvé à la Saulire. Les couches sont subverticales, dirigées N.-30° E.

Des arkoses et des poudingues massifs, verts et gris violacé, forment ainsi la paroi ouest du Roc du Moine. On les suit au nord dans la Forêt Noire, à l'est du Villard de Bozel. D'après F. ELLENBERGER, on aurait là « sous une forme atténuée... le phénomène étrange d'imbibition migmatique du sommet de la série Permo-Stéphanienne » (1958, p. 79).

Personnellement nous n'avons pas retrouvé, dans une course en compagnie de J.P. BLOCH, les leptynites qu'il signale et qui seraient par contre incontestables en face, à la Fraïche, de l'autre côté de la vallée de Pralognan (communication orale).

(1) Au cours de l'été 1958 F. ELLENBERGER a découvert dans les déblais d'une petite galerie près de l'église de Champagny une empreinte séricitisée. On peut l'attribuer au *Mixoneura* à pinnules opulentes que nous avons trouvé à la Roche et au fond du vallon du Bonrieu.

Sous le point coté 1 529, au contact du gypse, on observe des arkoses écrasées, laminées, vertes ou noires, contenant quelques galets de quartz et de gneiss, des lits de schiste compact, noir, « huileux », verdâtre ou blanc et de grès noir. Si ces roches sont bien stratigraphiquement au-dessus des grès et poudingues versicolores, on aurait au-dessus des couches bariolées le témoin, exceptionnellement conservé, d'une récurrence noire, rappelant d'assez loin le faciès houiller.

L'un de ces schistes gris a donné à l'analyse (41) une teneur en alcalins, et notamment en soude, supérieure à celle des schistes houillers banaux. Il se rapproche en cela d'un schiste vert du sommet de l'Aiguille de Pécelet (An. 51) prélevé à quelques mètres des migmatites, et l'on pourrait penser ici aussi à un enrichissement par diffusion au contact de migmatites maintenant supprimées tectoniquement.

Mais cette teneur peut être originelle : nous avons trouvé une proportion de soude sensiblement égale (3,54 au lieu de 3,22) dans un schiste (An. 38) absolument intact dans la Série de Roche Château (Mont Touvet) et qui doit se situer en gros au même niveau stratigraphique (Stéphano-Permien).

— La gorge du Doron de Champagny est creusée dans des arkoses grossières grises, parfois verdâtres, feuilletées, à nids de graviers, de plus en plus nombreux à mesure que l'on s'avance vers l'est. Elles alternent avec des schistes noirs luisants. La partie supérieure de la série est dans le prolongement des grès et conglomérats gris des gorges de la Ballende, mais ici les couches sont renversées. Par continuité nous les rapporterons encore à la série de Courchevel.

Sur la route des Caves, au sud de Champagny-le-Bas affleurent plusieurs mètres de schistes onctueux gris clair, blancs et verdâtres, surmontant des grès feuilletés gris clair et des schistes noirs⁽¹⁾. Ils paraissent situés au sommet de la série, mais il n'est cependant pas impossible qu'ils participent de l'écaille anticlinale de houiller que l'on suit au sud dans la forêt jusqu'au-delà du point coté 1 256.

Puis viennent les couches violacées de la Forêt Noire et du Roc du Moine. Les galets (quartz rose, granite, gneiss) peuvent atteindre ici 20 à 30 cm de diamètre. Au voisinage de l'écaille de Houiller (voir profil n° 20) ils contiennent quelques lits de schiste vert onctueux.

3. Néopermien

Des quartzites phylliteux, blanchâtres ou rouille, à lentilles dolomitiques et rares quartz roses affleurent sur la route de Saint-Bon à Courchevel et au nord de la Jaïra. Ils forment des bancs de plusieurs mètres d'épaisseur à côté des grès et arkoses verts de l'Assise de Courchevel.

On peut les interpréter :

- soit comme un faciès particulier des arkoses grises de Courchevel (F. ELLENBERGER, 1958, p. 78) rappelant certains bancs clairs de Roche Château.
- comme les témoins d'une assise supérieure, comme au Roc du Moine.
- comme une décoloration locale au voisinage de la pincée de cargneules de la Choulière.
- comme du Néopermien.

Aucun fait ne permet de trancher d'une façon décisive. La dernière hypothèse nous paraît pour l'instant la plus vraisemblable. En effet :

- ces couches rappellent le Néopermien de la Loze, blanchâtre et ankéritique.
- elles se trouvent au cœur d'un synclinal, dans le prolongement de l'écaille de Néopermien des Creux (profil n° 24).

Nous n'avons cependant pas trouvé, au-dessus, de quartzites Werféniens qui confirmeraient cette attribution.

A l'est le Néopermien est presque partout masqué ou laminé entre l'Eopermien et les quartzites werféniens. Dans la Forêt Noire quelques affleurements de quartzites blancs feuilletés, parfois rouillés, à quartz roses, peuvent être attribués au Permotrias.

(1) A plusieurs reprises, la route, mal assise sur ces couches à fort pendage N. ou N.-O. est descendue dans la gorge. Un bon affleurement de ces schistes onctueux est visible sur le bord de l'arrachement.

4. Filons

Au bord de la route de Champagny, au-dessus du Villard de Bozel (940.05-358.7-8) un filon branchu, irrégulier, d'une roche blanche, imprégnée secondairement de quartz et de limonite, s'est insinué entre les strates. Il a été ensuite plissé avec elles. Il est donc anté alpin. Au contact, les schistes et les grès houillers sont verdissés sur plusieurs centimètres ou plusieurs décimètres; le litage sédimentaire est partiellement effacé sans que pour cela la texture microscopique et la composition chimique soient modifiées de façon perceptible (An. 35-36-62). La roche elle-même, aphanitique, est d'un blanc pur lorsqu'elle n'est pas souillée d'oxyde de fer.

A l'analyse (An. 5) elle donne la plus forte teneur en soude que nous ayons rencontrée. Le calcul de la composition virtuelle donne 73,36 % d'albite et 18,72 % de quartz, représentant au total 92 % de la roche. La potasse de l'« orthose » de la norme, se trouve en fait dans le mica blanc (séricite). Les traces de chaux calculées en anorthite devraient plus vraisemblablement servir à « fabriquer » du sphène (aux dépens du « rutile »). Quant aux ferromagnésiens, représentés en hypersthène, ils se trouvent en réalité dans la chlorite. Notons la teneur en titane, forte sans être anormale. Dans la vallée de l'Isère nous retrouverons des roches analogues qui, accidentellement, pourront être riches en leucoxène ou même sphène idiomorphe. C'est alors seulement, en possession de tous les éléments, que nous pourrions discuter l'origine et la signification de ce curieux phénomène.

CONCLUSIONS

Les faits les plus importants que nous apporte le bassin du Doron de Bozel sont d'ordre stratigraphique. Après avoir daté la base de la série détritique qui surmonte l'Assise de Tarentaise à Courchevel, nous avons pu établir :

— Par des arguments paléontologiques le synchronisme des conglomérats de Montagny et ceux de Courchevel. En l'absence de fossiles on pouvait considérer les premiers non comme des pincées synclinales mais comme des lentilles interstratifiées dans l'Assise de Tarentaise. C'est en particulier ce que l'on aurait pu inférer de la découverte de R. BARBIER à Prachepaix. Nous avons vu qu'il n'en était rien. La découverte de *Pecopteris feminaeformis* dans les schistes associés à ceux de Montagny a prouvé qu'ils étaient bien Stéphanien comme ceux de La Loze-Courchevel.

— Par continuité, l'équivalence des conglomérats et arkoses de Ballende et de Champagny d'une part, du Mont de Pécelet et, partant, du massif de Pécelet-Polset tout entier, avec ceux de Courchevel. Par ailleurs l'attribution à cette Assise des conglomérats du Roc de Tougne (qui surmontent du Stéphanien inférieur daté) nous paraît très probable.

Nous avons montré que l'on pouvait, pour les mêmes raisons, rattacher aussi à cet horizon des couches grossières et stériles qui présentaient à peu de choses près les mêmes caractères lithologiques (granulométrie, couleur) :

— Celles de Ballende et de Champagny sur le bord est de la zone Houillère.

— Celles du Mont du Vallon et du Mont de Pécelet, et partant, celles qui ceignent à l'ouest, au sud et à l'est le synclinal de Gebroulaz.

Enfin les schistes, arkoses et conglomérats gris clair à zones versicolores qui sont juxtaposés ou surmontent le Stéphanien inférieur à la Pointe de la Masse et dans le synclinal de Saint-Martin-de-Belleville (Encombres, Collet Blanc, Béranger) apparaissent comme l'équi-

valent occidental des couches de Courchevel, de même que nous les avons plus haut considérées comme l'équivalent septentrional de la Série de Roche Château. Cette dernière, comme l'Assise de Courchevel, était grise à la base, verte et rouge au sommet, mais le passage d'une tonalité à l'autre était plus progressif.

Nous verrons plus loin que la même succession se retrouve dans la vallée de l'Isère au nord du Mont Jovet. Ainsi l'arrivée en masse au sommet du Stéphanien inférieur d'une sédimentation grossière, polygénique, dans des conditions réductrices, puis oxydantes, paraît être un phénomène qui s'étend à une large fraction de la zone Houillère. Elle représente dans l'histoire du bassin un événement important qui vient s'intégrer dans la grande « transgression » stéphanienne (sommet du Stéphanien inférieur ou base du Stéphanien moyen) sur la « Cordillère de l'Europe moyenne ». Les bassins limniques alpins des massifs cristallins externes en sont les témoins. Cette transgression peut, dans certains cas tout au moins, être en relation plus ou moins lointaine avec les mouvements orogéniques de la phase asturienne.

Aussi nous avons pensé légitime de créer, pour ces dépôts, dans la zone Houillère Briançonnaise, le terme d'Assise de Courchevel (FABRE, 1952).

Au sommet de cette Assise nous avons signalé (avec quelques réserves) au Roc du Moine, des schistes et grès noirs et gris. Dans son étude des migmatites de la zone Sapey-Peisey, F. ELLENBERGER (1958, p. 95) évoque la possibilité d'une réapparition du faciès houiller au-dessus des couches versicolores (c'est le cas par exemple dans le bassin de Blanzey).

Nous ne pensons pas qu'il en soit ici autrement qu'en Maurienne : à Roche Château cette « récurrence » consiste en deux ou trois intercalations, au milieu des couches bariolées, de schistes et grès noirs ou gris de quelques mètres ou quelques dizaines de mètres d'épaisseur.

A la Saulire et au Mont du Vallon les couches migmatisées ⁽¹⁾, gneiss ocellés à septa de schiste noir, leptynites et roches prasinitiques, sont dans la même position qu'à Modane ou dans le synclinal de Gebroulaz, entre l'Assise de Courchevel et le Néopermien. Stratigraphiquement elles occupent en gros la même position que l'Eopermien à calcaires dans le massif de Roche Château. En fait, elles sont bien permienues (comme l'examen des contacts avec les couches rouges semble l'indiquer). Elles se sont formées aux dépens non seulement de cet Eopermien présumé (qui était probablement moins riche en calcaires qu'à Roche Château) mais aussi des grès, schistes et conglomérats violets sous-jacents (dont ce qui reste est parfois réduit à quelques mètres comme au nord du Mont du Vallon) et peut-être même des couches grises.

Ici encore le Néopermien (un ou deux termes) est transgressif indifféremment sur les migmatites ou les couches grises de l'Assise de Courchevel.

Métamorphisme et schistosité

Nos observations ont montré, comme cela avait été entrevu par les auteurs précédents (R. MICHEL, 1953 - F. ELLENBERGER, 1958) comment, en Maurienne, le métamorphisme alpin apparaît dans l'anticlinal médian.

Ce métamorphisme léger est net surtout dans les roches éruptives : hornblendes vertes cernées de glaucophane et de chlorite, feldspaths rétrotransformés en épidote, zoïsite, prehnite,

⁽¹⁾ Les roches originelles sont en général méconnaissables, les septa de schiste noir mis à part. Cependant nous avons observé au milieu des migmatites formant l'arête N.-E. du Dôme de Polset (3 220 à l'est du point 3 323) un conglomérat indiscutable, à galets de quartz blancs et noirs.

apparition de lawsonite, etc. Dans les schistes houillers les premières traces apparaissent à Modane, sur le bord interne de la zone Houillère, sous forme de petits yeux à épidote.

Dans le bassin du Doron de Bozel, la gradation est aussi nette, mais le « front » de métamorphisme gagne vers l'ouest.

Sur le bord occidental, R. BARBIER a signalé en 1948 (p. 24) la disparition totale des minéraux argileux dans les schistes permien de Saint-Martin-de-Belleville. Nous avons vu, à côté du développement de séricite, la croissance et la corrosion des grains de quartz, et une tendance de la matière carbonneuse à se concentrer en petites plages dans les schistes fins (nord du Brequin). F. ELLENBERGER (1958, p. 64) indique que des schistes de l'Arionda, dans la vallée de Saint-Bon-Courchevel, montrent au microscope « les structures caractéristiques de la première zone de métamorphisme de Tilley et Barrow : de la séricite mêlée de chlorite se développe dans le tissu du schiste, soit en paillettes concordantes au litage primitif, soit en amas lenticulaires avec les clivages p en travers ».

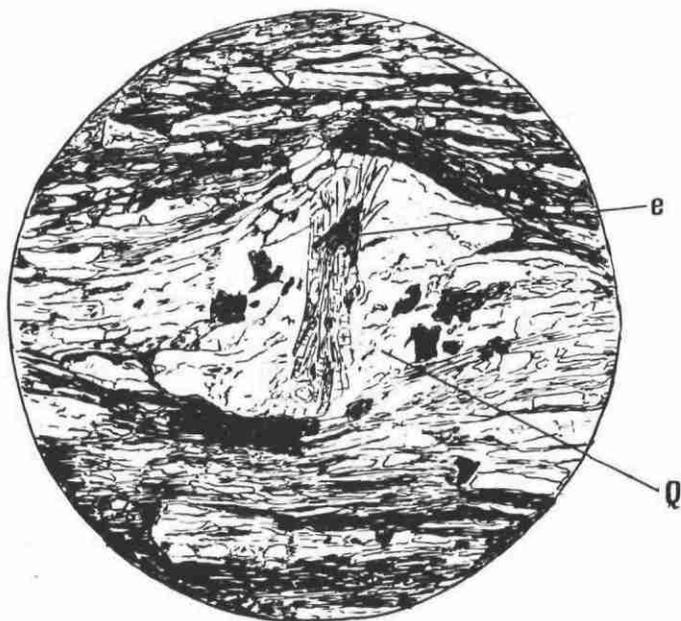


FIG. 32. — Col de la Grande Combe. Schiste bosselé. L'épidote a crû en écartant les lits phylliteux, chargés en matière carbonneuse. e. épidote. Q. quartz recristallisé avec impuretés. (d'après une photographie, lum. par g. 100).

Mais déjà sur la crête de Belleville-Allues, au Pas de Grand Combe, nous avons noté la présence de schistes bosselés par des yeux à épidote semblables à ceux de Modane ⁽¹⁾. Comme à Modane, ils ont une teneur en Ca O un peu plus forte que les schistes banaux (An. 46). Un phénomène analogue, mais plus discret, affecte un schiste gréseux noir, micacé, au N.-E. de la Pointe de la Masse (sous le point 2 475). De l'albite secondaire apparaît dans les schistes blancs de la Chasse, les grès fins de l'arête ouest de l'Aiguille de Pécelet, tandis que la chlorite tend à former des yeux microscopiques (plus nets encore au bord est du glacier de Polset). Mais ce n'est qu'aux alentours de Bozel que l'on voit se former localement de véritables yeux d'albite alpine, contemporains ou postérieurs à l'apparition de la schistosité. P. TERMIER l'avait déjà remarqué en montant à Champagny. Nous en avons observé sous le hameau des Champs (vallon du Bonrieu) et dans les déblais de la Mine de Tincave.

⁽¹⁾ F. ELLENBERGER (1958, p. 65) admet que la lawsonite est déjà remplacée par l'épidote dans la partie interne de la zone Houillère en Maurienne.

Nous n'avons pas trouvé de stilpnomélane typique, sauf dans les roches au contact des migmatites du synclinal de Gébroulaz. Localement, dans les zones tectonisées, la poussière de quartz, provenant de l'écrasement des grains, a recristallisé en donnant l'apparence d'une « fusion ».

La schistosité est inégalement répartie : à proximité de la zone des Gypses, nous avons vu que les roches étaient souvent très écrasées et déformées; une schistosité de « flux » affecte les schistes du plateau de Leschaux. On observe aussi une schistosité oblique, tant dans les schistes (La Tagna, est de La Roche, dans la vallée de Bozel) que dans les grès (Belleville, en contrebas du Roc de Tougne) en bien des points, dans l'anticlinal médian. Ailleurs à l'ouest ou à l'est, des roches ne montrent souvent que des amorces de clivage oblique (voir chapitre général).

III. LE HOUILLER DE HAUTE TARENTEISE

Cette région est l'une des plus anciennement connues des géologues (gîte fossilifère de Macôt), l'une de celles aussi où se posent le plus de problèmes importants tant dans le Houiller lui-même que dans sa juxtaposition (et pour une part son association) avec trois séries métamorphiques différentes mais souvent confondues : migmatites type Sapey, cristallin du Ruitor, et Permohouiller Mont Pourri-Archeboc.

Du point de vue structural le Houiller de Haute Tarentaise se place légèrement « en retrait » par rapport à celui du Doron de Bozel, plus occidental. Du point de vue stratigraphique nous verrons réapparaître sous l'Assise de Tarentaise des couches plus anciennes que nous avons déjà trouvées dans la vallée de l'Arc. Nous pourrons enfin observer le substratum cristallin de la zone Houillère sur son bord interne, à la frontière franco-italienne.

Dans une première partie, une coupe transversale de la vallée de l'Isère en aval de Bourg Saint-Maurice, nous montrera les mêmes termes stratigraphiques que ceux décrits dans la vallée de Bozel : Néopermien, Assise de Courchevel, Assise de Tarentaise, complétés à la base par du Westphalien moyen. Le fait est important car il permet d'estimer l'extension horizontale primitive de ces différents étages, aujourd'hui en grande partie cachés ou érodés.

Dans une deuxième partie, par deux coupes — la première le long de l'Isère en amont de Bourg Saint-Maurice, la seconde du Petit Saint-Bernard à Foglietta et au Ruitor — nous essaierons de démêler la stratigraphie d'un secteur où les différentes assises distinguées plus haut semblent se confondre sous un même faciès conglomératique à l'approche du socle cristallin. Ceci nous amènera à regarder d'un peu plus près certains « conglomérats gneissoïdes », gris et verts à rubans blancs qui affleurent à la Louïe Blanche.

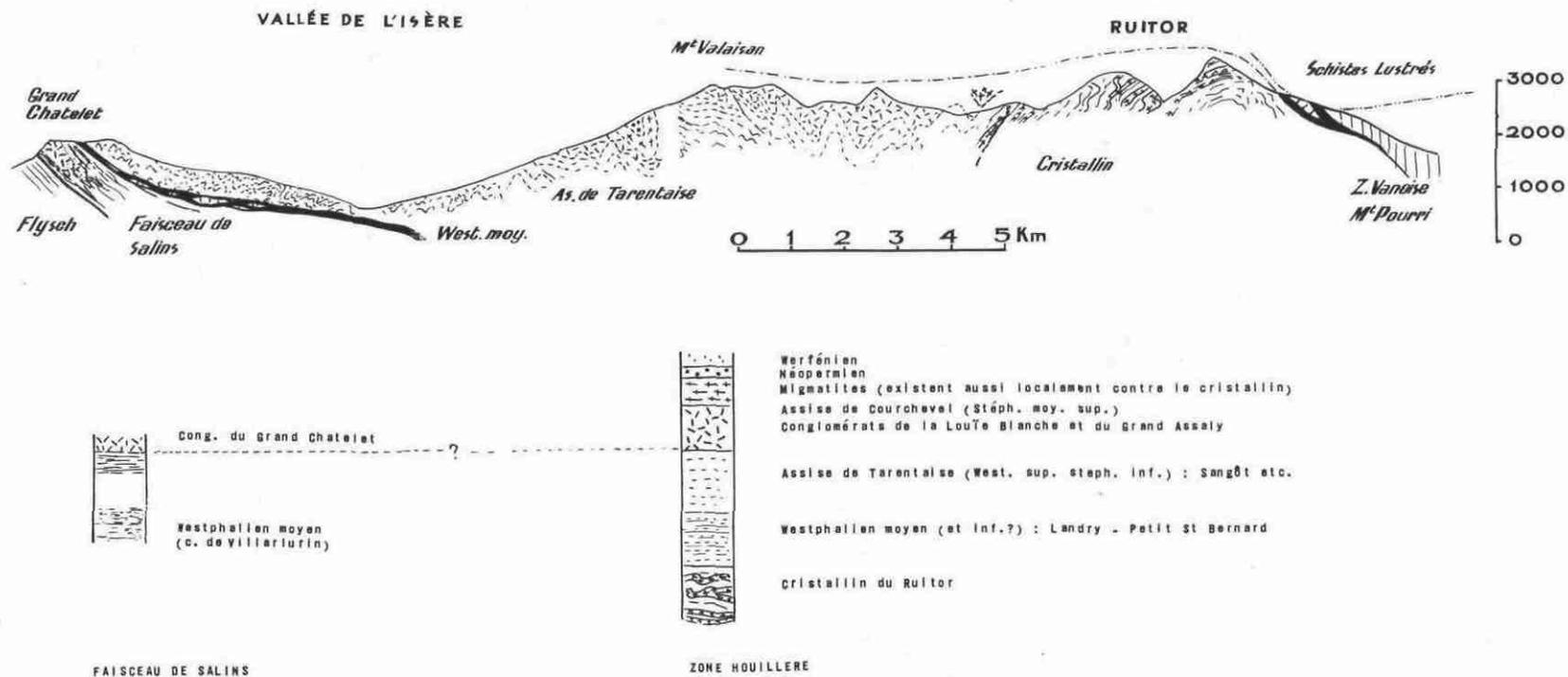


FIG. 33. — Coupe schématique à travers la zone Houillère en Haute Tarentaise.

A. COUPE DANS LA VALLEE DE L'ISERE EN AVAL DE BOURG-SAINT-AURICE

Une coupe N.-O.-S.-E. traversant la vallée de l'Isère entre Bourg-Saint-Maurice et Aime montre en succession normale la plupart des termes de la série Permocarboneuse (profils 10 à 14).

1. Rive droite

Le Houiller de la rive droite appartient, semble-t-il, tout entier à la partie inférieure de l'Assise de Tarentaise ou à des couches plus anciennes. Il contient un important faisceau de couches d'anthracite exploité aux Chapelles (Mines de Montgirod).

Nous avons trouvé peu de fossiles dans ce secteur : contre le chevauchement frontal dans les escarpements de Vaugella, *Calamites cisti* et cf. *Neuropteris gigantea*; à la mine des Chapelles, *Lepidodendron*, *Lepidophyllum*, *Sigillaires* et une fougère indéterminable; enfin au bord de l'Isère, *Mariopteris acuta*. Il convient de noter que ces couches sont dans le prolongement du Westphalien moyen daté du Petit Saint-Bernard.

Du nord-ouest au sud-est nous relevons la coupe suivante :

1) Succédant au sud-est aux cargneules et aux gypses qui soulignent le chevauchement frontal de notre zone, la croupe de Vaugella montre une série surtout schisteuse, formée de grès fins noirs, de grès gris fins ou grossiers en bancs de 1 à 3 m, de schistes noirs parfois très compacts, fins ou gréseux, et de quelques niveaux de psammites. Les veines de charbon y sont rares et minces (quelques centimètres ou décimètres; une veine de 1 à 2 m au nord des Arcénieux).

Un petit banc (0,10 m) de conglomérat à galets de quartz blanc et de phanite noir y est intercalé près du sommet 2 222.

Ce sont, nous semble-t-il, ces couches — ou tout au moins une partie d'entre elles — qui vont au sud-ouest former les affleurements d'Aime et du Villard.

Comme il est normal au voisinage du chevauchement, elles sont fortement plissées (axes N. 25° à 40° E.) déversées au nord-ouest et probablement aussi écaillées. Des lambeaux d'unités stratigraphiques différentes peuvent se trouver juxtaposées au voisinage immédiat du chevauchement. En particulier il ne nous est pas possible d'affirmer que les schistes et les grès qui contiennent un petit banc de dolomie sableuse jaune au sommet du ravin de Plangneux, à quelques mètres de la cicatrice de Trias, appartiennent bien à cette série.

2) Au delà, autour des chalets du Grand Crêt, Bigaret et Croipra, affleurent des couches stériles à dominante gréseuse : grès gris, souvent schisteux et schistes noirs localement exploités comme ardoises. Les pendages dessinent un synclinal d'axe N.-N.-E. : ces couches surmontent donc géométriquement et probablement aussi stratigraphiquement le Houiller productif qui affleure en contrebas.

3) Ce Houiller productif contient un certain nombre de veines d'anthracite et en particulier un important faisceau exploité par la mine de **Montgirod** (profil n° 10). Il couvre la plus grande partie du versant, entre les cotes 1 700 et 1 000 sur notre coupe.

Il est formé de grès gris en bancs de quelques mètres, alternant avec des schistes noirs souvent gréseux, ou encore fins et réguliers rappelant les dépôts à coquilles d'eau douce, rarement rubanés

(microcycles). Quelques bancs contiennent des nodules (clayats), par exemple le mur de la veine 4 de Montgirod (TB 1 111); un autre de petits lits riches en produits ferrugineux actuellement sous forme de goethite ⁽¹⁾.

Les psammites sont rares; les conglomérats quasi inexistantes (quelques petits bancs à ciment de schiste noir dans les paquets glissés de l'Arbonne). Les veines de charbon sont nombreuses: une dizaine de couches de quelques décimètres à trois mètres d'épaisseur ont été reconnues dans la mine de Montgirod, ainsi qu'un certain nombre de « passées ». La teneur en cendres moyenne se tient autour de 20 % (3 à 21 % pour la veine 2). Lorsqu'elles ne sont pas trop tectonisées on peut distinguer le « toit » du « mur » à radicules ou *Stigmaria*.

Dans la mine de Montgirod les grès représentent, d'après nos levés, 60 à 62 % de la formation, les schistes 35 % et le charbon 3 %. Si l'on se réfère aux données des géomètres la proportion des grès est plus forte et peut atteindre 80 %, c'est-à-dire assez voisine de celle donnée par Ch. PUSSENOT (1930, p. 25) pour la galerie de Bozel à Vignot.

Les traces végétales sont nombreuses mais la plupart du temps indéterminables à cause de la schistosité secondaire souvent oblique sur la stratification et du gaufrage des surfaces de schistes. Les *Calamites* sont abondants; nous avons trouvé quelques empreintes de *Lepidodendron*, *Sigillariophyllum*, *pistes de vers* (TB 1 241, passée à 360), ainsi qu'une fronde de fougère, malheureusement hachée par une schistosité perpendiculaire à la stratification et de ce fait indéterminable, au toit de la veine 6 (TB 1 111).

Dans l'ensemble, les couches plongent vers l'ouest et sont affectées de plis isoclinaux déversés à l'est (voir profil n° 10).

Vers le nord le faisceau des Chapelles disparaît sous les terrains glissés de l'Arbonne et vers le sud-ouest sous ceux de la Combe de Rocheray. Les couches autrefois exploitées aux environs de Valezan et de la Côte d'Aime se situent vers la partie supérieure de cette série sans que l'on puisse pour le moment préciser davantage: concessions de Charbonnet et Pra (cinq veines de 0,10 m à 1,50 m), concession de Corbières (trois veines de 1,50 à 2,50 m), concession de Réel (3 à 4 veines de 1 m en moyenne), recherches de la Côte d'Aime (deux veines de 1,20 m et 1,50 m).

Cette partie d'ailleurs est moins riche et correspond probablement aux couches de Vaugella.

4) Sous le Houiller productif des Chapelles apparaissent des couches plus pauvres en charbon. La petite route de Landry a entaillé, en contrebas de la route nationale, sur la rive droite de l'Isère, en face du village, des schistes noirs et des grès gris bleu massifs à écailles de schistes noirs, contenant deux « passées » charbonneuses. C'est au toit de l'une d'elles que nous avons trouvé quelques bonnes empreintes de *Mariopteris acuta* qui permettent de leur attribuer un âge Westphalien moyen.

2. Rive gauche

Lithologiquement le Houiller productif de la rive gauche ne présente pas de différence avec celui de la rive droite: grès gris ou gris-bleu, souvent fins, schistes noirs parfois ardoisiers, psammites, absence quasi totale de conglomérats, veines de charbon nombreuses, de quelques décimètres à 1 ou 2 m d'épaisseur. Il affleure mal sous les moraines et les terrains glissés. Par contre nous savons par des fossiles que sa partie supérieure est d'âge Westphalien D-Stéphanien inférieur. Il est surmonté par l'Assise de Courchevel, les migmatites du Stéphanien-permien, le Permotrias et les quartzites blancs Werféniens.

1) On peut estimer, bien que nous n'ayons pu y trouver de plantes, que les couches de Landry, Montorlin et Montchavin, à la base du versant, appartiennent à la moitié inférieure de l'Assise de Tarentaise.

(1) J. FABRE et J. SARROT-REYNAULD (1956).

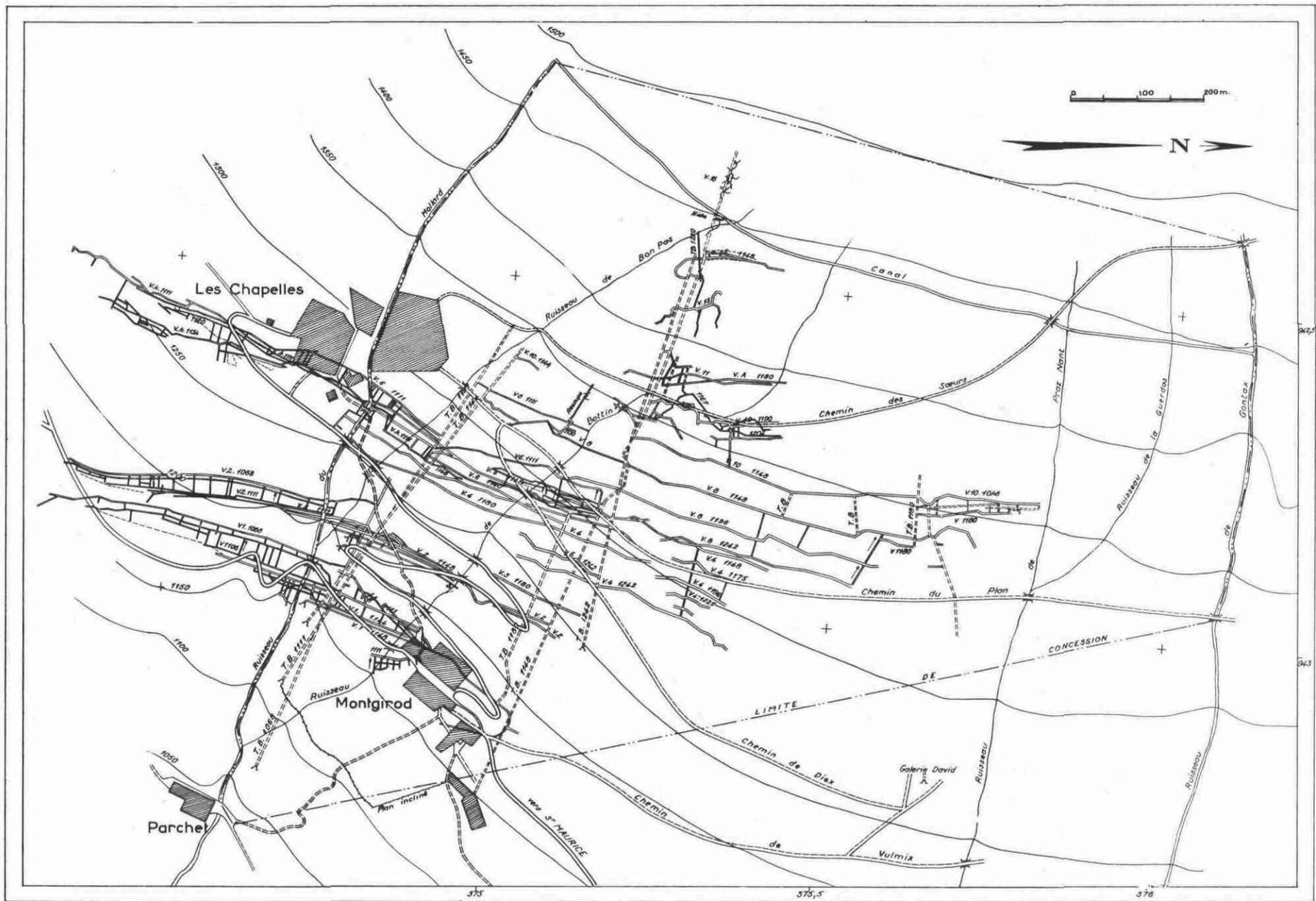


FIG. 34. — Mines de Montgirod.

Signalons cependant, sur la route de Montchavin à Montorlin (942.4-371.3) des schistes à empreintes arrondies qui, d'après R. FEYS, pourraient avec vraisemblance être rapportées à *Estheria simoni* (Westphalien moyen). Ceci, comme d'ailleurs le *Mariopteris* de Landry semble indiquer l'existence, au fond de la vallée, de niveaux inférieurs à l'Assise de Tarentaise.

Pas plus que les affleurements, les travaux miniers (parties nord et ouest de la concession de Montchavin, concessions de Sangôt et de la Planta) n'ont révélé la présence de nombreuses couches d'anthracite (cf. zone stérile de Bigaret sur la rive droite). Par contre, à l'ouest de Macôt passe un faisceau de vingt à trente veines et « passées », reconnues et exploitées dans les concessions de Lequeney et de Planamont, en face d'Aime. Il s'agit probablement, *pro parte*, du faisceau de Montgirod, mais décalée de 500 à 1 000 m vers l'ouest et engagé cette fois dans un système de plis couchés vers l'ouest et non plus déversés à l'est comme aux Chapelles.

2) La partie supérieure du Houiller productif contient encore de nombreuses veines de charbon, sporadiquement exploitées dans les concessions de Monchavin et de la Corbassière, ainsi qu'à Peisey Nancroix.

Un faisceau de douze veines, de 0,50 m à 1,40 m d'épaisseur a été traversé par une galerie de la mine de plomb de la Plagne (travers bancs de Plante Melay).

Au pied du Signal des Têtes la galerie hydroélectrique de Malgovert a rencontré, entre Pisseville et Courbaton (3 km environ) six couches de 2,50 m, 2 m (en deux sillons), 1 m, 0,80 m, 0,60 m (deux fois) ainsi que deux ou trois passées.

Des fossiles sont signalés par Elie de BEAUMONT, R. ZELLER et plusieurs auteurs à la Roche Macot, 500 m environ au nord de l'entrée du travers bancs, puis, plus tard, par Ch. PUSSENOT à Cerisay, à 1 500 m environ au nord-est. PUSSENOT donne pour le premier gisement : *Neuropteris flexuosa*, *Neuropteris soreti* (type de l'espèce), *Pecopteris oreopteridia*, *Lepidodendron*, etc., et pour le second : *Neuropteris flexuosa*, *Pecopteris lamurensis*, *Callipteridium pteridium*, etc.

Nous avons trouvé⁽¹⁾ une flore analogue dans le ravin de la Salla, affluent du ruisseau de Sangôt, entre 1 570 et 1 630, à peu de distance de l'Assise de Courchevel, et dans la vallée du Ponturin des *Calamites* et des *Stigmaria ficoïdes* de grande taille.

Vers l'est apparaissent une schistosité oblique et un métamorphisme léger, sensible dans les épontes de la veine exploitée à Peisey (apparition de petits yeux à trémolite aciculaire).

Un banc de 2 m environ d'une roche curieuse dont nous n'avons pu jusqu'à présent déterminer la nature (sédimentaire ou éruptive) est intercalé dans cette série au bord de la route de Peisey, sous les Balmettes d'amont (944,45-371,35).

Vert clair, elle se montre au microscope formée essentiellement de paquets de chlorite à biréfringence basse, sur un fond de quartz en mosaïque et de plagioclases. Les grosses paillettes de mica blanc (2 mm) sont nombreuses dans certaines zones; elles sont intactes, à peine tordues, parfois dilacérées aux extrémités ou associées à la chlorite. La calcite secondaire, en grandes plages poecilites et l'oxyde de fer (provenant pour une part de la décomposition de pyrite) sont abondants.

Un banc de schiste vert clair est interstratifié dans les schistes noirs et grès gris à charbon du sommet de l'Assise près de Courbaton.

3) Assise de Courchevel, Eopermien. — Au-dessus de Montrigon et d'Hauteville Gondon, la base de l'Assise de Courchevel se situe vers 1 800 m. Dans la vallée du Ponturin elle s'abaisse jusqu'à la hauteur de Nancroix (vers 1 600 m) pour remonter ensuite sur le versant est. Au nord-est du Ponturin l'ensemble des couches grises et des couches versicolores ne paraît pas dépasser 200 m d'épaisseur c'est-à-dire beaucoup moins que dans le bassin du Doron de Bozel. Au sud-ouest du Ponturin, il s'amenuise pour disparaître complètement à l'ouest de la Roche Macôt; au-delà le gypse et les cargneules, à la base des schistes du Mont Jovet, ou le Néopermien (par exemple aux mines de la Plagne) reposent directement sur un horizon quelconque du Houiller.

(1) Ce riche gisement découvert en 1951, a été exploité ensuite en compagnie de Ch. GREBER.

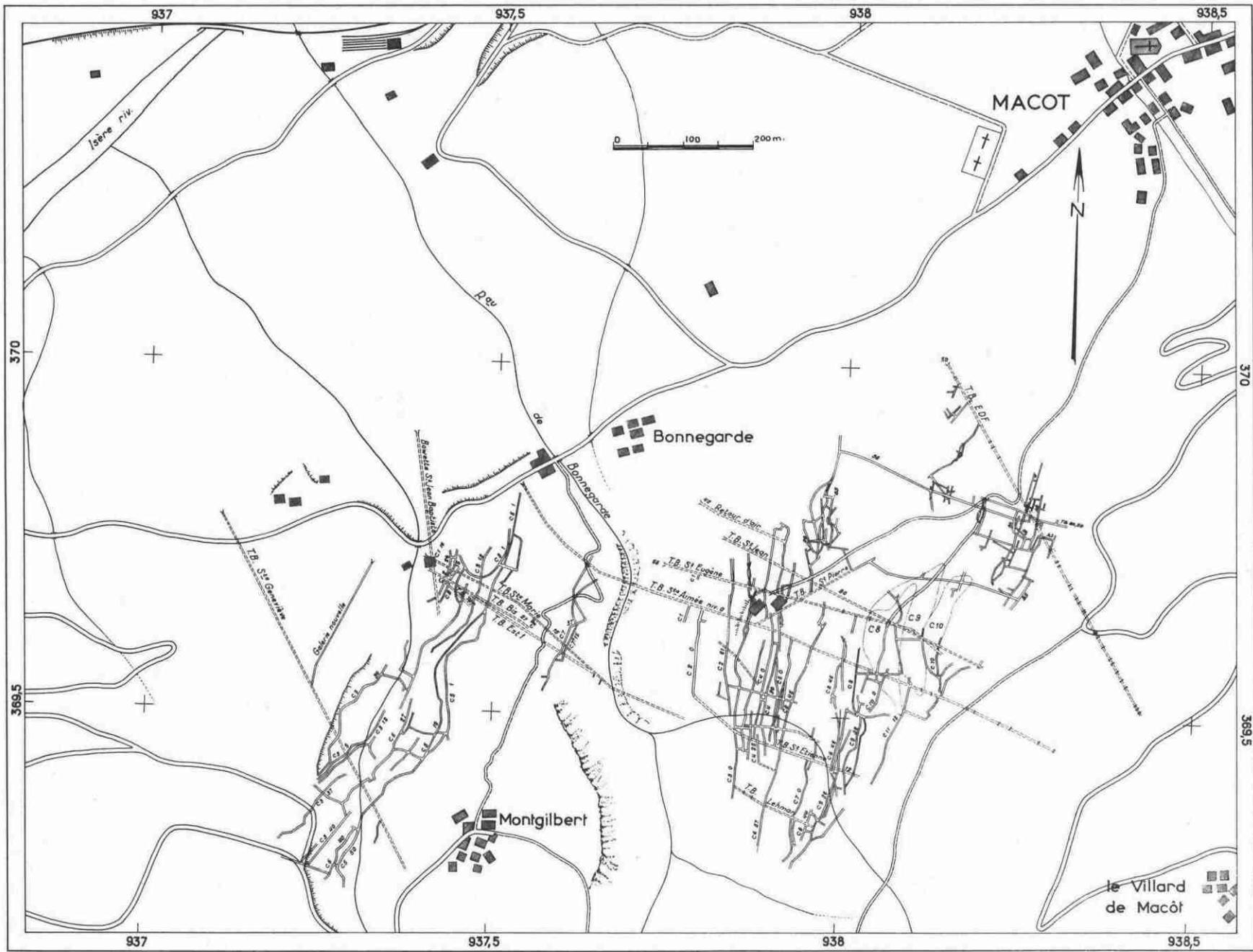


FIG. 35. — Mines de Planamont et de Lequency.

Cet ensemble correspond pour une petite part à « l'Assise des grès et conglomérats séricitiques » de Ch. PUSSENOT, que cet auteur attribuait, sans preuves paléontologiques il est vrai, au Stéphanien, et qui comprenait en outre le Permocarbonifère métamorphique du Mont Pourri.

Comme dans la vallée des Allues nous distinguerons encore deux termes.

Dans le ravin de la Salla les couches datées du sommet de l'Assise de Tarentaise sont surmontées par des grès gris grossiers, souvent arkosiques, contenant des lentilles ou de petits bancs interstratifiés, de conglomérat polygénique (galets de schiste et grès houiller, gneiss, micaschistes, feldspath détritique abondant), et quelques bancs de schiste gréseux gris foncé, compacts. Au-dessus, les teintes virent au vert, et localement au violet, sans que la composition lithologique en soit notablement modifiée. Les galets de gneiss sont fréquents.

E. RAGUIN nous a montré, provenant du Signal des Têtes dans la même formation, des lames minces de galets d'épidote et de micaschiste riche en épidote, semblables à ceux que nous verrons plus loin dans les conglomérats de Santa Margherita. F. ELLENBERGER (communication orale et 1958, p. 114, 116, 126) a observé de nombreux microgalets riches en épidote dans les couches les moins métamorphiques à faciès Houiller de Bellecôte et du Mont Pourri. Toutes ces observations convergentes montrent qu'à certains moments, en particulier au Stéphanien un massif cristallin, riche en roches basiques, sans doute le Massif du Ruiton ou un prolongement de celui-ci alimentait en épidote détritique le Houiller voisin des deux zones : zone Houillère Briançonnaise et zone Vanoise-Mont Pourri. Nous trouverons d'ailleurs plus loin d'autres caractères communs à ces deux unités en Haute Tarentaise.

Dans la vallée du Ponturin, en face de Peisey, les conglomérats gris sont bien développés, dessinant de grosses charnières de plis couchés, alors qu'au-dessus du village on passe presque sans transition des schistes et grès à anthracite aux couches versicolores et qu'à l'est de Nancroit, dans le ravin du Poncet, l'Assise de Courchevel a complètement disparu : les schistes à charbon, pris dans les replis aigus sont au contact des migmatites.

A l'ouest du Ponturin les couches violettes sont presque complètement laminées ou érodées sous le Néopermien. On en trouve encore quelques lambeaux dans le ravin du Thieret, au nord-ouest du Mont Jovet, encadrant du Houiller typique, sous des quartzites blancs, moulus⁽¹⁾ en un sable grossier. La bande inférieure, la mieux visible, comporte des pélites, lie-de-vin ou vertes, à lentilles quartzieuses et carbonatées beiges, quelques bancs de schiste gréseux violet, des arkoses grossières vertes, feuilletées à délités sériciteux, nodules carbonatés, galets variés (schistes noirs, quartz, phanite noir, gneiss, granite (?)) et roche éruptive blancs) ainsi que quelques bancs de quartzite blanc séricitique grossier contenant parfois des grains roses. Une faille sépare cette bande des couches grises. Nous ne pouvons donc affirmer qu'elle leur soit associée. Par contre, on voit le passage graduel du Houiller à la bande supérieure par alternances sédimentaires répétées de grès et schistes gris, noirs et verts.

4) *Les migmatites.* — Les couches versicolores du Stéphanien-Permien sont, du Ponturin au Signal des Têtes, surmontées par des migmatites, comportant par endroits de beaux gneiss œillés ou granitoïdes à feldspaths carrés (Beaudet) mais presque toujours extrêmement laminées. Leur épaisseur est très variable, passant de plusieurs dizaines de mètres, ou même centaines de mètres, entre le col de Frettes et Notre-Dame-des-Vernettes, à quelques mètres seulement entre le Signal des Têtes et la Pointe du Fond Blanc. Même là on y reconnaît encore les gros phénoblastes de feldspath.

(1) Cette mylonite paraît relever ici d'un processus d'écrasement orienté. En effet la répartition et la forme des grains n'est pas quelconque. Ceux-ci sont fréquemment allongés (ils peuvent atteindre plusieurs millimètres à 1 ou 2 cm de long), dans la même direction. Ils constituent des sortes de bancs ou de grandes lentilles à grain plus ou moins fin, parallèles à la surface de ce chevauchement et ce, sur plusieurs mètres (jusqu'à 10 m) d'épaisseur. Nous ne pouvons donc admettre, en ce point particulier, l'hypothèse d'une genèse par éclatement, proposée par F. ELLENBERGER (1958, p. 386) pour des quartzites broyés de Vanoise.

5) Entre les migmatites et les quartzites werféniens écrasés, le Néopermien est souvent masqué ou laminé. F. ELLENBERGER (1958, p. 81) l'a décrit à l'Aiguille Rousse et dans la vallée de Peisey Nancroix où il comprend deux termes (« Néopermien inférieur » et « Permotrias »).

On peut lui attribuer les schistes sériciteux argentés ou blanc verdâtre à lentilles carbonatées qui séparent ces deux formations dans le petit col 2 365, entre le Signal des Têtes et la Pointe du Fond Blanc.

B. VALLEE DE L'ISERE ENTRE BOURG-SAINT-AURICE ET LA THUILE (France) LE MASSIF DU RUITOR

1. Coupe du Vallon du Reclus à la Thuile

En amont de Bourg-Saint-Maurice, à l'est de la zone des Gypses que suit le vallon du Reclus, les lacets de la route du Petit Saint-Bernard montrent d'ouest en est, soit, stratigraphiquement de bas en haut :

1) Au-dessus du Noyeray une **série schisteuse à charbon** : schistes noirs fins à délits sériciteux, psammites, grès fin micacés en bancs de 1 à 10 m, quelques minces bancs de grès plus grossiers à galets dispersés et quelques veines de charbon. Nous n'avons pu, pour l'instant, y trouver d'autres fossiles que des *Calamites*. Comme cette série se trouve dans la même position et, approximativement, dans le prolongement des couches des Chapelles et de Landry au sud-ouest, de celles du Petit Saint-Bernard au nord-est, nous la considérons comme d'âge westphalien.

2) Puis viennent 200 à 400 m de **schistes noirs gréseux** et de **grès arkosiques fins**, parfois rubanés, **sans charbon**. Quelques niveaux clairs de grès fins y sont intercalés. Ils rappellent les bancs de schistes blancs signalés en Maurienne et dans le bassin du Doron de Bozel, en particulier ceux de Montagny. Ils sont associés à des schistes noirs.

La schistosité secondaire est très développée; dans certains grès apparaissent des microplis en S.

3) On retrouve ensuite des **couches à charbon**. Elles affleurent au-dessus et au-dessous d'Hauteville, descendent jusqu'au fond de la vallée, réapparaissent à l'est dans le vallon des Moulins, pour disparaître ensuite dans la forêt du Mousselard sous les éboulis du Bec Rouge. Quelques affleurements, notamment à l'est du Jacquet et à l'ouest de la Falconnière montrent cependant qu'elles passent dans le bas du versant, au Miroir, et au-delà jusqu'aux abords de la Thuile. Là elles sont au contact du Permohouiller métamorphique de la zone Vanoise-Mont Pourri.

En plus des constituants banaux (schistes noirs, grès gris souvent fins contenant quelques conglomérats à petits galets de quartz blancs et noirs, minces veines de charbon) on note en plusieurs points des schistes et des grès gris verdâtres. Au sud de Villaroger, à côté du pont sur l'Isère, ces couches nous ont livré *Calamites* et *Lepidodendron*.

La schistosité est toujours très développée (microplis en S). En quelques points, notamment au sud-est des Mazures et près de la Thuile, apparaissent les premiers signes notables d'une albitisation alpine (délits bosselés).

4) Ces couches passent sous des arkoses claires (1) à plaquettes de schistes et galets de quartz, comportant encore quelques bancs de schistes noirs sériciteux, de grès gris, un ou deux niveaux de schiste et grès vert ou gris-vert (sous la Comba et à l'est de Manessier). Au sommet viennent des conglomérats gris et verdâtres à pâte rubanée et galets (5 à 10 cm) de quartz, granite, etc.

Ils forment le rocher de la chapelle Saint-Michel, au Châtelard. Nous les retrouverons dans la forêt du Moussellard, entre le Miroir et la Falconnière. Ils contiennent des lits à pâte rubanée verte et blanche, et près du Miroir des galets de gneiss, de phanite ou de schiste silicifié noir. Là aussi ils sont intercalés dans une série stérile détritique grossière (grès massifs, conglomérats gris, etc.) qui forme le Bec Rouge et la Pointe d'Averne.

Ces couches paraissent bien surmonter les schistes et grès à charbon du Vallon des Moulins et de Sainte-Foy-Tarentaise. Les quelques affleurements en contrebas, dans la forêt de Moussellard, semblent le confirmer. Il en est de même si l'on dresse des coupes en tenant compte uniquement des pendages (profils 4 à 7).

Pour le vérifier, nous avons recherché si l'on ne voyait pas, sur la rive gauche de l'Isère, les grès et conglomérats du Bec Rouge s'enfoncer en tunnel sous le Houiller à charbon traversé par la galerie de Malgovert. En surface la roche en place apparaît peu, au milieu des prairies et des bois. Comme il est normal ce sont surtout les grès qui affleurent dans les barres qui dominent l'Isère au-dessus de l'usine électrique de Viclaire. Nous ne pensons pas cependant que ces grès banaux à lentilles de conglomérats (petits galets de quartz blanc et noir), interstratifiés de schistes et de petits niveaux charbonneux représentent les couches que nous cherchons. Sont-elles au-dessous ? peut-être. Quoiqu'il en soit la structure, très complexe, de ce secteur n'est pas encore complètement élucidée.

5) A la Thuile des bancs verts sont intercalés au milieu des schistes noirs luisants et des arkoses grossières à galets de quartz blanc et noir du Houiller banal.

On peut les étudier notamment sur la rive gauche de l'Isère, dans le lit du ruisseau de Chapuis (entre 1 200 et 1 450). Ils ont été retrouvés au nord, dans la galerie hydro-électrique de Malgovert, entre les fenêtres 13 et 14 (2).

On a pu penser que dans chaque cas il s'agissait de lames ou de synclinaux pincés de Permien, insérés dans le Houiller à charbon.

De fait, le levé de détail de la galerie (3), effectué en collaboration avec le service géologique d'Electricité de France, en particulier P. PETITEVILLE, ainsi qu'avec J. RICOUR, a montré :

a) Que dans la plupart des cas ces bancs verts (schistes et grès vert foncé, vert clair, gris verdâtre, arkoses vertes à quartz roses), encore visibles à l'entrée de la fenêtre 13 étaient régulièrement interstratifiés dans le Houiller gris. Si l'on se rapporte à la stratigraphie ébauchée plus haut, ces couches se placent soit au sommet de (3), soit à la base de (4). De toutes façons elles surmontent les schistes et grès à charbon (3).

b) La coupe d'ensemble de cette partie de la galerie ne peut cependant s'expliquer que par un écaillage du Carbonifère terminal sous le chevauchement de la zone Vanoise-Mont Pourri (voir profil n° 8). On comprend ainsi que des couches stratigraphiquement élevées puissent voisiner avec le Houiller à *Lepidodendron* nettement plus ancien, semble-t-il, qui affleure à côté du pont de la route de Sainte-Foy à Villaroger.

D'après F. ELLENBERGER, parti d'observations différentes, ces deux ou trois écailles seraient poussées vers le nord.

(1) En lame mince, assez nombreux « minéraux lourds » : sphène, zircon, épidote.

(2) Rapport B.R.G.M., A 324 : A. VAYSSE, J. FABRE et J. RICOUR.

(3) Nous tenons à remercier ici les ingénieurs de la Région d'Équipement hydraulique Alpes I, pour l'accueil qu'ils nous ont toujours réservé à Malgovert et les facilités qu'ils nous ont procurées pour cette étude.

Les plissements, la schistosité et l'albitisation alpines atténuent le contraste entre ce Houiller vert et noir et le Permo-carbonifère à prasinites de la zone Vanoise-Mont Pourri. A la Thuile aucune cicatrice visible de Trias ne les sépare, ce qui explique que l'on y ait vu un passage continu. Au sud-ouest du Sivertet, sur la rive gauche de l'Isère, une lame de quartzite blanc écrasé vient s'intercaler entre les deux formations. Vers le nord elle s'épaissit et se complète par des cargneules; dans le thalweg du ruisseau du Planey elle comporte à sa base un peu de Permotrias (quartzites phylliteux à lits de schiste vert) et surmonte du Houiller noir à filets charbonneux, plissé. Elle a été traversée, écrasée et gorgée d'eau, par la galerie de Malgovert.

2. Du Petit-Saint-Bernard à la crête de Foglietta — Le pourtour du Ruitor

On retrouve sensiblement la même succession, 5 km au nord, entre le vallon du Reclus (ou le col du Petit Saint-Bernard) et la crête de Foglietta, au-dessus du Mercuel. Cette dernière coupe nous permettra de dater indirectement les formations qui entourent le Ruitor.

a. Le Houiller productif du Petit-Saint-Bernard et du Vallon des Moulins

1) Les couches à charbon du Noyeray que nous avons vues plus haut (niveau 1), passent dans le vallon du Reclus et au Petit Saint-Bernard où elles sont réduites tectoniquement. Ce sont, comme en bas, des schistes gris ou noirs, fins ou gréseux, parfois compacts, des psammites, des grès fins, rubanés, parfois plus grossiers et clairs.

Un banc (0,50 m) de schiste blanc affleure à l'ouest de la route (point 1929) mais la proximité d'un filon hydrothermal (sidérose, etc.) rend possible une décoloration secondaire.

Ces couches ont livré quelques fossiles, en particulier au col, malheureusement en mauvais état de conservation⁽¹⁾ : cf. *Neuropteris schlehani*, cf. *Pecopteris pennaeformis*, cf. *Rhodea*, cf. *Zeileria frenzli*, *Sphenopteris* sp., *Calamites* abondantes et parfois de très grande taille, *Lepidodendron*, *Stigmaria ficoïdes*, *Lepidophloïos laricinius* et cf. macrospores (*Triletes*) ou *Estheria* (du type *E. simoni*), indiquant la présence de Westphalien moyen ou inférieur.

2) La crête du col de Traversette (Redoute Ruinée) au Mont Valaisan montre une série supérieure schisto-gréseuse, à charbon (veines minces), à l'endroit, séparée de la première par une stampe stérile qui affleure sous la Redoute Ruinée, et passe la crête au col des Embrasures. On peut la mettre en parallèle avec les niveaux (2) et (3) de la coupe précédente. Comme eux elle contient quelques bancs de grès fin, presque blanc (à 2 240 sous le col de Traversette et le même près du point 2 413). Nous y avons trouvé aussi quelques petits bancs de schiste vert. L'un d'eux (0,50 m à 1 m peut-être) qui affleure au nord-ouest du Mont Valaisan, vers 2 350-2 400, contient des lentilles calcaires blanches ou jaunâtres de quelques millimètres à plusieurs centimètres d'épaisseur.

Ces schistes et grès à charbon forment, au sud-est du Petit-Saint-Bernard, le Mont Belvédère et, de l'autre côté de la crête, le versant glissé du vallon des Moulins. C'est probablement de cette formation que proviennent les *Mixoneura* que l'on trouve dans les éboulis et les moraines du col.

Dans le prolongement de la stampe stérile, la Costa del Belvédère montre des grès gris, à bancs (2 à 3 m) de conglomérats gris laminés : galets étirés de quartz blanc et noir, de phanite noir, de gneiss, de quartzite blanc.

(1) Nous ne donnerons ici que les espèces trouvées en place. Une partie des plantes citées dans la littérature a été, semble-t-il, trouvée dans la moraine et peut provenir de couches plus élevées, ce qui explique l'hétérogénéité des listes. Ch. PUSSENOT (1930, p. 33-34) par exemple cite : *Neuropteris flexuosa*, *Linopteris obliqua*, *Neuropteris gigantea*, *N. schlehani*, *Diplotmema schatzlarensis*, *Sphenopteris cf. grypophylla*, *S. quadridactylites*, etc, qui, si les déterminations sont exactes (et nous n'avons pas lieu, ici, de les mettre en doute) proviennent comme on le voit, les unes du Westphalien supérieur-Stéphanien inférieur, d'autres du Westphalien moyen, d'autres enfin du Westphalien inférieur.

Métamorphisme. — Si les roches sont, par endroits, étirées ou écrasées (au col de Traversette ou au nord-est du Mont Valaisan) le métamorphisme est assez peu sensible ici. Au Petit Saint-Bernard quelques délits de schistes fossilifères (953.6-383.85) sont couverts de très fines granulations dues à des albites naissantes. Au microscope, seul le contour des cristaux est visible.

Tectonique. — Au voisinage de la zone des gypses les filons (sidérose, etc...) sont fréquents. Au col, entre la Chanousia et le lac Longet, quelques mètres de cargneules à cristaux d'albite de plusieurs millimètres paraissent au milieu des schistes et des grès à charbon. Ceci laisse supposer l'existence d'accidents au sein du Houiller, satellites du chevauchement principal. Cette bande de cargneules nous paraît en continuité avec les cargneules, quartzites et calcaires triasiques du Touriasse. Le synclinal de Saint-Martin-de-Belleville au sud occupait la même position. On peut rapprocher ces bandes de Trias de celles qui, dans le Valais, divisent la zone Houillère en « trains » tectoniquement séparés.

b. Le Houiller conglomératique et stérile des Moulins et de la Louïe Blanche
Le problème des conglomérats « écrasés »

1) Le Houiller stérile (schistes, grès et conglomérats gris) remplit l'amont du vallon des Moulins. Il y est ployé en plis aigus déversés à l'ouest.

2) Au cœur de deux synclinaux pincés (est du Mont Valaisan et nord de la Pointe Rousse) nous retrouvons les couches grossières et stériles du Châtelard et du Bec Rouge-Miroir. Elles couronnent d'autre part la falaise qui domine le torrent des Moulins, de la Pointe Rousse à la Pointe de Couloureuse et à Petit Bois, surmontant les grès et schistes noirs ardoisiers⁽¹⁾ de la série sous-jacente.

On peut étudier cette formation stérile en franchissant le Passage du Retour, ou mieux, celui de la Louïe Blanche.

Des grès, psammites, schistes noirs, gris, moins souvent verts, et des conglomérats à galets de cristallin et ciment d'arkose ou de schiste, constituent le gros de la formation. A peu de distance de la base, mais sans que nous ayons pu les localiser exactement, sont interstratifiés un ou plusieurs niveaux peu épais de roches à lentilles et rubans blancs et verts. On les prend au premier abord pour des conglomérats verts particulièrement étirés. En fait, les galets de gneiss, de micaschiste, de phanite noir ou d'épidote qui peuvent atteindre 10 à 20 cm de diamètre, y sont reconnaissables, bien que brisés ou étirés comme dans les conglomérats gris voisins (pl. I, fig. 5 et 6. Voir aussi F. ELLENBERGER, pl. XII, fig. 2). Comme les lentilles de schiste noir, les lentilles et rubans blancs ou verts appartiennent manifestement au ciment, ici très abondant et fin⁽²⁾. Nous ne partageons pas ici l'opinion de F. ELLENBERGER (1958) qui y voit le résultat d'un laminage.

En effet, au microscope les rubans blancs n'ont pas une texture de mylonite. Dans un fond très fin (15 à 30 μ) de quartz et peut-être d'albite, en grain de riz, nagent quelques feldspaths (0,15 à 1 mm), albite ou oligoclase, à peine brisés, non écrasés, montrant parfois une petite frange d'accroissement secondaire. Quelques minces lits de séricite-chlorite soulignent la stratification; quelques faisceaux de stilpnomélane tardif ont crû en travers. Les rubans verts ont une texture analogue, mais le fond est semé de fines paillettes de chlorite et séricite. Nous n'y avons pas retrouvé les

⁽¹⁾ Ces schistes ont été exploités par de petites galeries implantées au milieu de la falaise.

⁽²⁾ W. KILIAN (in KILIAN-RÉVIL, 1908-1911, p. 94) écrit : « au col du Grand Saint-Bernard, qui est entièrement ouvert dans la formation Houillère... on peut voir... les bancs de conglomérats à cailloux étirés de quartz blanc, alterner un grand nombre de fois avec des bancs gneissiformes très métamorphiques; ce type réalise un passage du faciès normal (ou Briançonnais) au faciès des gneiss du type Grand Paradis ». Il s'agit peut-être de la même chose.

feldspaths phénoblastiques des rubans blancs, mais quelques plages rondes de quartz. Ils contiennent souvent quelques grains d'épidote.

L'un de ces rubans blancs a été analysé au spectrophotomètre de flamme. Il a donné $\text{Na}_2\text{O} = 3,0$ (correspondant à plus de 25 % d'albite calculée) et $\text{K}_2\text{O} = 0,2$. Cette proportion est tout à fait anormale pour une roche sédimentaire du Carbonifère. Par contre elle fait penser à une lydienne claire de la Série de Roche Château (An. 38) ou à un grès permien de Belleville (An. 27), pour ne parler que des roches non modifiées. On ne peut en effet l'expliquer par une métasomatose tardive, et non plus par l'écrasement sélectif d'hypothétiques galets de gneiss exclusivement sodique. Comme il s'agit d'une roche sédimentaire on peut chercher une origine analogue à celle de la soude du Permien. Or celle-ci ne peut guère provenir que des émissions en rapport avec les phénomènes magmatiques permocarbonifères dont on connaît les caractères (voir p. 64, 81, 90, etc.) que ce soient les roches intrusives du Briançonnais ou de Tarentaise, ou les migmatites de la zone Sapey-Peisey. On conçoit mal qu'elle puisse venir d'un cristallin plus ancien qui se serait abstenu jusque-là d'envoyer ses matériaux dans la zone Houillère.

L'hypothèse qui nous semble en définitive la plus probable, bien que téméraire au premier abord, est que ces rubans clairs sont des **résidus du lessivage** de roches volcaniques, laves, tufs, cinérites, ou même peut-être *des lapillis*. Nous avons vu, en Maurienne, que des éruptions ont commencé à se produire au Stéphanien peut-être, et en tous cas à l'Eopermien.

Rappelons que F. ELLENBERGER (1958, p. 109 et 111) a été amené à proposer, pour expliquer la richesse en albite détritique des « Schistes bleus » de Vanoise septentrionale, l'hypothèse de « tufs spilitiques », de greywackes. Ces « Schistes bleus », attribués au Néopermien, seraient postérieurs à nos couches de la Louïe Blanche, d'âge plutôt Stéphanien ou Permien inférieur.

Ce Houiller stérile et conglomératique affleure largement dans le vallon de la Louïe Blanche, et au delà, jusqu'au torrent de la Sassièr. Il forme encore le Grand Assaly. Là les niveaux verts sont plus développés et dans les conglomérats, souvent laminés, les galets d'épidotite sont plus gros et plus nombreux.

Sur le versant italien on le traverse en remontant le torrent du Ruitor, de la Joux au glacier. C'est lui qui forme les quatre grosses barres au-dessus de la deuxième cascade. Des conglomérats verts, plus riches en galets d'épidotite et de roches prasinitiques que les conglomérats gris sous-jacents, affleurent à l'est de Santa Margherita, associés à des schistes gris violacé⁽¹⁾. Ils occupent l'axe d'une large structure synclinale dont le flanc nord-ouest serait constitué par les conglomérats gris et le Houiller productif de la Thuile (Italie), le flanc sud-est par le cristallin du Ruitor.

F. ELLENBERGER (1958, p. 436) suppose que cette structure serait « une involution assez tardive au front du grand repli cylindrique du Ruitor ». En fait, si à l'échelle de l'affleurement ou à celle du vaste panorama, elle paraît évidente dans sa simplicité, on s'aperçoit assez vite que la réalité est plus complexe et que les derniers écaillages masquent une série de replis analogues et correspondant à ceux que nous avons décrits sur le versant français. Quoi qu'il en soit, les conglomérats, grès et schistes verts et violacés sont bien, géométriquement et stratigraphiquement, au cœur d'un synclinal, superposés à des conglomérats et grès gris à bancs de schiste noir. Ces derniers, qui forment la base du Houiller stérile, comportent encore quelques lits rubanés verts et blancs analogues à ceux de la Louïe Blanche.

Ils surmontent le Houiller schistogréseux à filets de charbon.

3) Au milieu de ce Houiller stérile, des grès et des schistes noirs à traces charbonneuses affleurent à Roche Jaille (au sud de Couloureuse) sur la rive gauche de la Louïe Blanche, au Mont Charve et à la Pointe de Tachuy, au nord-ouest du Grand Assaly (grosses *Sigillaires* ou *Calamites* dans la moraine du petit glacier) et dans le vallon du Ruitor près de la deuxième

(1) Les galets atteignent ici une taille remarquable (jusqu'à 20 ou 30 cm) par comparaison avec ceux que nous avons cité plus haut, au signal des Têtes ou dans les Schistes bleus de Vanoise.

cascade. On peut les considérer comme des pointements anticlinaux de la série inférieure, à Roche Jaille et à la Louïe Blanche certainement, ailleurs probablement.

Ce Houiller schistogréseux anthracifère réapparaît enfin à la Sassièrè et forme toute la montagne de Montseti. Au sud-est il remplit le vallon du Mercuel jusqu'à la crête de Foglietta. Au nord-est il passe à la Pointe de Loydon où il est albitisé et resserré entre les conglomérats du Grand Assaly et le cristallin. On le retrouve de l'autre côté du glacier du Ruitor, aux Invergneures et au Paso Alto (« Pas d'en-Haut » des anciennes cartes italiennes). **A proximité du cristallin il s'enrichit en sédiments grossiers :**

Les bancs de conglomérats sont nombreux mais dépassent rarement quelques décimètres d'épaisseur. Ils alternent avec des grès gris foncé, des psammites et des schistes noirs à filets charbonneux. Les galets restent petits : quartz blanc et noir, schiste noir, grès fin, gneiss, **épidote** et roches veinées d'épidote, dans un ciment d'arkose. Les premiers bancs de la base peuvent verdier et présentent alors au premier abord peu de différence avec les couches de Santa Margherita (rocher 2776 au milieu du glacier du Ruitor). Par place les roches sont plissotées, écrasées et parfois presque méconnaissables (bosse 2733 à l'entrée du glacier des Invergneures).

Le charbon est toujours peu abondant (en amont de Bourg-Saint-Maurice il n'y a aucune concession sur la rive gauche de l'Isère). Nous n'avons pu y trouver de fossiles déterminables : les déformations sont par endroits intenses et les traces du métamorphisme alpin fréquentes : yeux d'albite, bandelettes de quartz, etc.

4) Contre le Permocarboneux métamorphique de la zone Vanoise-Mont Pourri réapparaissent comme à la Thuile des intercalations bariolées, des conglomérats clairs, habituels dans le Carbonifère terminal, et aussi des migmatites du type Sapey-Peisey.

— A Foglietta le Houiller à charbon, comportant quelques lentilles de conglomérats et quelques niveaux de schistes ou de grès-quartzites verdâtres, est surmonté par des grès et arkoses claires, des schistes et des conglomérats gris stériles comportant aussi quelques niveaux verdâtres.

— 2 km à l'est de la Pointe de Foglietta, au pied de la crête de ce nom et de la Pointe des lacs Verdet une lentille de beaux gneiss œillés à grands feldspaths rectangulaires vient s'intercaler entre le Permohouiller métamorphique et les grès et conglomérats gris stériles (glacier de l'Argentière) ou le Houiller schisteux à charbon. Sur le versant nord de la crête, à l'ouest du point 2912, on voit ces gneiss reposer directement sur un banc de schiste noir luisant à reflets verdâtres et filets charbonneux qui surmonte des grès fins gris et des schistes noirs typiques du Houiller briançonnais.

Rien de particulier n'indique le passage d'un contact anormal entre gneiss et schiste. A mesure que l'on s'élève dans les gneiss au-dessus du contact, on voit les grands feldspaths rectangulaires se développer et se multiplier pour donner en crête une roche d'aspect granitoïde.

CONCLUSIONS DE L'ETUDE DU HOULLER DE HAUTE TARENTEISE INTERPRETATIONS

1. Stratigraphie

a. Comparaisons des différentes coupes. Age des conglomérats du Grand Assaly

Les plantes fossiles, bien que mal conservées, montrent qu'entre le col du Petit Saint-Bernard et le Mont Valaisan existe tout ou partie de deux séries anthracifères : le Westphalien inférieur-moyen et l'Assise de Tarentaise.

Au-dessus nous trouvons des couches stériles à conglomérats fréquents (galets de cristallin) gris et verts. C'est la succession que nous avons décrite en aval de Bourg-Saint-Maurice :

- Au fond de la vallée du Westphalien moyen.
- Au-dessus l'Assise de Tarentaise surmontée par :
- Les couches grossières, stériles, de l'Assise de Courchevel et de l'Eopermien.
- A Foglietta des gneiss œillés identiques à ceux de Peisey surmontent soit le Houiller à charbon, soit des grès et conglomérats que l'on peut encore attribuer à une Assise de Courchevel réduite (partiellement « digérée »). Nous n'avions pas autre chose entre Peisey et Nancroît.

b. Les conglomérats du Grand Assaly, de la Louïe Blanche, etc.

Sur le pourtour du massif du Ruitor l'identification des différents niveaux du Houiller et du Stéphanopermien, et les relations géométriques de ceux-ci avec le cristallin sont en revanche peu évidentes et n'apparaissent qu'à une analyse attentive.

A qui monte du Val d'Aoste, les grès, schistes et conglomérats stériles, gris et versicolores de Santa Margherita et du Grand Assaly se présentent (si l'on méconnaît la structure synclinale signalée plus haut) comme les couches de base du Houiller. On pourrait aussi, et cette interprétation différerait peu de la précédente, les considérer comme un faciès bordier qui passerait latéralement au Houiller anthracifère de la Thuile et du Petit Saint-Bernard. C'est ce qui a été fait à plusieurs reprises.

Avant toute chose, rappelons que l'on risque de surestimer la puissance de cette formation, là où l'on ne peut voir les replis qui l'affectent (vallon de la Thuile par exemple). En réalité celle-ci ne nous paraît pas excéder quelques centaines de mètres.

Nous avons vu que ces couches présentaient des caractères communs avec celles de la Louïe Blanche, du Bec Rouge, du Mont Valaisan, etc. ainsi qu'avec celles du Signal des Têtes à l'ouest de l'Isère.

L'un de ces caractères est l'abondance des galets de cristallin et particulièrement de roches vertes à épidote ou d'épidotite. Celle-ci provient selon toute vraisemblance du cristallin « Ruitor ».

Un autre caractère est la présence de poudingues à pâte rubanée verte et blanche. Sans préjuger de leur origine, nous avons vu que l'on ne pouvait les considérer seulement comme des bancs plus écrasés que les autres. Ils sont toujours associés aux mêmes niveaux, à la Louïe Blanche comme au Mont Valaisan, au Chatelard ou au Grand Assaly.

1) Au Mont Valaisan, au Chatelard et à la Pointe Rousse, ces grès et conglomérats sont pincés en synclinal dans le Houiller anthracifère. Ils occupent, stratigraphiquement, la même position que ceux du Signal des Têtes qui appartiennent, sans ambiguïté, à l'Assise de Courchevel.

2) Nous avons montré qu'il en était de même pour les couches du Bec Rouge.

3) D'autre part il n'est pas possible de séparer les couches de la Louïe Blanche de celles du Bec Rouge d'une part, et de la Pointe Rousse d'autre part.

On doit donc considérer ces formations comme un terme supérieur du Carbonifère, équivalent de l'Assise de Courchevel, tout au moins en partie. En effet la limite inférieure

est souvent peu nette et l'on peut admettre, au Bec Rouge et à la Sassièrre, que certains bancs de grès cartographiés comme Assise supérieure appartiennent encore en fait au Houiller à charbon, plus gréseux et moins schisteux dans ce secteur.

4) Le Grand Assaly. — Les grès, schistes et conglomérats du Grand Assaly et de Santa Margherita, même si l'on néglige les arguments de continuité, s'apparentent manifestement aux précédents. Les galets sont identiques, seulement de plus grande taille (en particulier les galets de roche à épidote). Leur situation au cœur d'un synclinal n'est pas postiche. Simplement ce pli est un peu moins grand qu'il ne le paraît au premier abord.

c. Le Houiller productif en bordure du cristallin

Au nord du massif, du Pas d'En-Haut au col de Loydon les conglomérats de base du Houiller et ceux du Santa Margherita et du Grand Assaly sont séparés par quelques centaines de mètres, voire quelques dizaines de mètres de grès, conglomérats et schistes gris et noirs, plus ou moins charbonneux. Cette formation, si réduite ici que l'on a pu la négliger, se dilate considérablement sur le versant français. Elle y forme la plus grande partie de la crête de Montseti ébouleuse et glissée, remplit les trois quarts du vallon du Mercuel et monte presque jusqu'au fil de la crête de Foglietta, dominée par le dernier ressaut, fait de gneiss et de migmatites stéphanopermiens et des premiers lambeaux charriés du Permocarbonifère métamorphique de Vanoise-Mont Pourri.

C'est cette série, hétérogène et relativement tendre bien que déjà un peu métamorphique qui a déterminé la large échancrure du col du Mont. Sur le versant italien du col elle se poursuit encore sur quelques kilomètres pour disparaître ensuite entre le môle cristallin du Ruitor et le Permocarbonifère métamorphique de Vanoise qui vient chevaucher le tout.

Par son faciès cette série s'apparente au Houiller productif du Petit Saint-Bernard auquel elle passe latéralement. Mais les couches de charbon sont ici fort réduites, en nombre et en épaisseur, les conglomérats à petits galets plus fréquents et les schistes noirs plus grossiers. La considérable diminution de puissance observée est due, nous semble-t-il, autant à la transgression de la série détritique de Santa Margherita et du Grand Assaly sur une surface préalablement érodée, qu'à la terminaison en biseau du Houiller productif sur le bord du bassin.

En somme les grès, schistes et conglomérats du Grand Assaly et de Santa Margherita, gris à la base, verts et rouges au sommet, nous apparaissent, à leur tour, comme l'équivalent des couches de Courchevel. Or déjà dans le massif de Péclet-Polset on pouvait difficilement expliquer les contours géologiques sans admettre une transgression de cette Assise sur le Houiller anthracifère. Cette transgression est ici plus évidente encore et a dû déborder le Houiller sous-jacent pour s'étendre au sud-est sur le cristallin que nous trouvons remanié dans ces dépôts.

2. Schistosité et métamorphisme

Dans ce secteur, comme dans le reste de la zone Houillère, la répartition du clivage schisteux est irrégulière. Dans l'ensemble les roches sont plus déformées à mesure que l'on s'avance vers l'est ou le nord-est et à proximité du chevauchement de la zone Vanoise-Mont Pourri. Mais cette règle souffre de nombreuses exceptions. Des schistes exempts de schistosité oblique affleurent à peu de distance de grès laminé ou écrasé avec microplis en S (près de Montvalezan, par exemple).

Il en est de même pour l'albitisation alpine : inexistante (tout au moins sous forme d'yeux) dans la plupart des schistes de la vallée de l'Isère, elle bosselle les schistes verts de la fenêtre 13 bis, et les schistes noirs de Sainte-Foy ou de la Thuile. Nous avons noté sa présence (sporadique) au Petit Saint-Bernard : un lit est affecté alors qu'à quelques millimètres les délits du schiste sont couverts de délicates empreintes séricitisées de *Sphenopteris*. Près du cristallin cette albitisation est beaucoup plus nette (col de Loydon, col du Mont). Mais nous verrons que là, des diffusions locales ont pu intervenir.

3. Les roches prasinitiques

Nous avons trouvé, dans ce Houiller de Haute Tarentaise, un certain nombre de roches prasinitiques, dont l'origine éruptive est certaine dans la plupart des cas. Ces roches, qui avaient échappé à nos prédécesseurs, présentent un grand intérêt.

Il s'agit de roches plus basiques que les microdiorites quartziques de Maurienne ou du Briançonnais. Sur les diagrammes d'analyses chimiques elles se rapprochent de certaines roches de Vanoise. Des recherches ultérieures en feront probablement découvrir d'autres. Rappelons que d'après JACKLI (1950) la roche éruptive découverte par ARGAND dans le Houiller d'Agarn, serait aussi une prasinite.

Ainsi s'atténue le contraste entre la zone Houillère et la zone Vanoise-Mont Pourri (Vanoise septentrionale), si extraordinairement riche en matériaux éruptifs de toutes sortes. Ces roches sont souvent altérées, méconnaissables, et leur détermination spécifique difficile.

1) Rappelons la roche du vallon du Bonrieu (An. 24) dans la vallée de Bozel (voir plus haut, p. 96), si semblable chimiquement à la prasinite de Champagny (Analyse El. n° 14) et celle, énigmatique, de la route de Peisey (p. 120).

2) Longefoy-sur-Aime.

— Un filon de roche vert-jaunâtre, épais de quelques décimètres à un à deux mètres est injecté dans le Houiller glissé et laminé de la Vallée de l'Ormente (937.7-371.9) au contact d'une veine de charbon ⁽¹⁾.

Sur le terrain il est indiscutable qu'il s'agit d'une roche éruptive. A l'œil nu on reconnaît quelques grands quartz rhyolitiques (2 à 4 mm). Au microscope, par suite de l'écrasement et de l'altération, on ne retrouve plus guère la texture originelle : de petits quartz ronds, des îlots de carbonate se détachent sur un fond très fin de quartz et de chlorite-séricite parsemé de petites taches noires.

Par sa composition chimique (An. 20) elle se classe parmi les plus basiques de nos roches, tout en restant dans la famille des microdiorites magnésiennes. Ses paramètres C.I.P.W.-LACROIX sont semblables à ceux d'une microdiorite typique de la vallée de Bissorte (An. 16) : II' 5.3.4. [2.1.1. (2) 3.] pour la première, II.4(5).2(3).4. [2.1.1.(2) 3] pour la seconde. Mais elle s'en distingue par sa composition pondérale. Le diagramme de différenciation semble indiquer une légère décalcification. Sur les diagrammes triangulaires on la retrouve constamment au voisinage d'une prasinite des Invergneures (Ruitor) (An. 22) et d'une ovardite prasinitique du Permohouiller de Vanoise (An. F. ELLENBERGER, n° 20), dont la norme serait assez voisine de celle d'un basalte.

3) Louïe Blanche.

Une roche analogue affleure au milieu des grès et conglomérats stériles de Louïe Blanche sur la bosse 2 401 (956.85-381.4).

⁽¹⁾ L'affleurement se trouve à peu de distance de la zone des Gypses. Les roches sont fortement schistosées et il n'est pas possible de dire en tous les points si le filon est oblique ou parallèle aux couches. De même le contact avec la veine de charbon peut-être tectonique (mouvements différentiels).

Sur un fond gris vert se détachent de petites amandes blanches à contours flous. Par altération elle donne une roche caverneuse. Elle se trouve en lentilles ou en bancs de l'ordre du mètre dans des grès clairs et des schistes gris ou verdâtres. Au microscope il s'agit de toute évidence d'une roche éruptive. Dans un fond chloriteux riche en sphène, apparaissent de petits grains de quartz et de grands agrégats de plagioclase acide plus ou moins intersertal, ou parfois en gros cristaux arrondis à macles fines (indice voisin du beaume); quelques-uns sont envahis de carbonate et d'épidote.

De toutes nos roches éruptives du Houiller celle-ci est la plus pauvre en silice (An. 12). Elle se rapproche quand même des microdiorites et de la roche d'Aime. Sur les diagrammes triangulaires elle occupe une position excentrique par rapport au « groupe basique ». Les paramètres C. I. P. W.-LACROIX donnent cependant II (III) .4.3 (4) .3 (4) [2.1.1.3.] c'est-à-dire une norme de diorite quartzique (dacite) ou de norite quartzique leucocrate.

Elle se distingue de la porphyrite de la Ponsonnière (15) dont les paramètres principaux de LACROIX sont comparables,

— par un degré d'oxydation du fer, inverse.

— une teneur en magnésie et en titane plus forte (chlorite actuellement, peut-être ex-roche à biotite).

— une teneur en chaux plus faible (cette roche caverneuse a pu être décalcifiée).

Ces deux dernières valeurs se compensant lui valent de figurer à côté de la roche de la Ponsonnière sur le diagramme n° 3 (et celui-là seulement).

Il s'agit probablement d'une ancienne porphyrite micacée. Bien qu'altérée elle ne s'écarte pas notablement des autres roches « basiques » de la zone Houillère.

4) Quelques bancs (de 0,50 m à quelques mètres d'épaisseur) de schiste cristallin vert représentant, selon nous, des roches prasinitiques écrasées, affleurent dispersées dans la zone frontière :

— dans la région du Petit-Saint-Bernard, au nord du Mont Valaisan : il est souvent difficile de distinguer ces roches, à fines lentilles claires, des vrais schistes verts (contenant encore des galets et des filets de schistes noirs) qui leur sont associés.

— Mont Charve : deux bancs, constellés d'albite alpine, passent au pied du Roc Noir.

— Assaly : deux bancs vert clair, rubanés, de 1 à 1,50 m, distants de 1 m, parallèles aux couches, affleurent en crête à l'est de la Pointe de Tachuy (960.55-382.9) vers la limite inférieure de la série à conglomérats.

Un autre est intercalé au milieu des grès et conglomérats gris et verts de l'arête ouest du Grand Assaly. La limite entre la roche verte et le conglomérat n'est pas nette et sur place on a l'impression d'un passage continu.

5) Vallon du Ruitor.

Enfin des schistes cristallins verts affleurent au milieu de grès et de conglomérats écrasés sous la Montagna del Ghiacciaio, vers 2 100. Ils peuvent être qualifiés de prasinites.

6) Pourtour du Ruitor.

A proximité du cristallin plusieurs bancs de roche verte, prasinitique, sont apparemment « interstratifiés » dans le Houiller basal.

Une prasinite affleure sur la rive droite du glacier des Invergneures, au pied du point 3 054. Elle montre au microscope des baguettes d'une amphibole cf. ouralite, isolées ou plus souvent associées à de la chlorite en grandes plages informes, poecilites. L'albite (5 % d'An. environ) est en plages arrondies, jointives, riches en inclusions. L'épidote forme des rubans de gros cristaux informes, associés à zoïsite, clinozoïsite et chlorite. La préparation est semée de grains de sphène et de plages de leucoxène. Chlorite, albite, épidote-zoïsite, leucoxène sont secondaires et pour une part, postérieurs à une schistosité oblique tardive.

A l'analyse (An. 21 et 22) elle donne une composition qui se rapproche de celle des gabbros.

Elle s'apparente aux roches éruptives du Permocarbone de Vanoise-Mont Pourri, notamment à une ovardite prasinitique du Grand Pyx (An. F. E., n° 21), de Vanoise, ainsi qu'à une prasinite albitochloritique (E. 18) du Permien de Vanoise septentrionale et à deux ovardites prasinitiques de Vanoise méridionale, provenant des couches de passage du « Houiller » au « Permien » du massif de Chasseforêt (E. 20 et E. 21).

Ainsi se précisent, au nord de l'Isère, tandis qu'apparaissent des « tranches » de plus en plus orientales du Houiller « briançonnais » et que le « Synclinal séparateur » se réduit à une mince cicatrice, les analogies entre notre zone Houillère et la zone Vanoise-Mont Pourri : métamorphisme alpin poussé, galets d'épidote détritique, roches basiques, etc.

4. Les « Roches blanches »

Nous abordons ici une des questions les plus abstruses posées par la pétrographie de notre région. Il s'agit de roches très curieuses, souvent parfaitement blanches, intercalées dans le Houiller productif de Sainte-Foy-Tarentaise. Nous les avons déjà évoquées à propos d'une leptynite de la Saulire (p. 100) ainsi que d'un filon de la région de Champagny (p. 111). Comme nous le verrons, ce sont probablement des roches intrusives particulières.

Précisons d'abord leur mode de gisement et leur composition. Nous les comparerons ensuite aux roches ci-dessus avant de discuter de leur origine possible.

a. Le Pont du Champet

Dans les schistes et grès à charbon de Sainte-Foy se trouve une roche compacte, aphanitique, d'un blanc mat. Elle affleure au bord de la route nationale 202, en aval de Sainte-Foy, sur la rive droite du Nant Saint-Claude (pont du Champet) (fig. 36).

— La moitié est de l'affleurement montre du Houiller fortement plissé. La schistosité est développée dans les schistes comme dans les grès (surfaces S obliques, microplis en S) auxquels elle donne une allure de gneiss. Quelques zones de mylonites friables, banales, de 2 à 5 cm de large, soulignent de petites failles. L'albitisation alpine se traduit dans les schistes par des albites rondes ou spongieuses où les traînées d'inclusions noires sont parallèles au litage originel (rares structures hélicitiques). En bref, rien ne le distingue du Houiller avoisinant, sauf peut-être une imprégnation siliceuse plus importante sous forme de rubans de quartz. Notons un banc de schiste vert de quelques décimètres.

La roche blanche se présente en bancs (4 à 6) parallèles à la stratification, de quelques centimètres à plusieurs décimètres d'épaisseur. Contre les schistes le contact est franc. Avec les grès et les conglomérats au contraire on croit voir un passage continu. Un de ces bancs, épais de 0,10 m à 0,30 m, est « injecté » dans une petite veine de charbon et de schiste carbonneux. Le toit de la veine a glissé et un contact anormal sépare probablement la couche du gros banc de grès à galets de quartz et languettes de schiste noir qui la surmonte. La roche blanche elle-même est brisée en menus fragments mais n'est pas mélangée à ses épontes ce qui permet de penser que les déplacements relatifs des couches sont minimes; plus haut deux bancs (0,50 et 0,30 m) se réunissent. Le biseau de grès qui les sépare à la partie inférieure du croquis peut être interprété comme une enclave, mais aussi un fond de pli aigu.

A l'ouest les grès sont de plus en plus « imbibés » de quartz. N'étaient les lits de schiste carbonneux et les galets qu'ils contiennent, on hésiterait à les reconnaître comme des sédiments houillers.

Au microscope (pl. IX) les roches blanches montrent un **fond limpide de quartz et d'albite** très rarement maclée : « en grains de riz » dans les roches typiques, en puzzle dans d'autres, de 0,04 mm

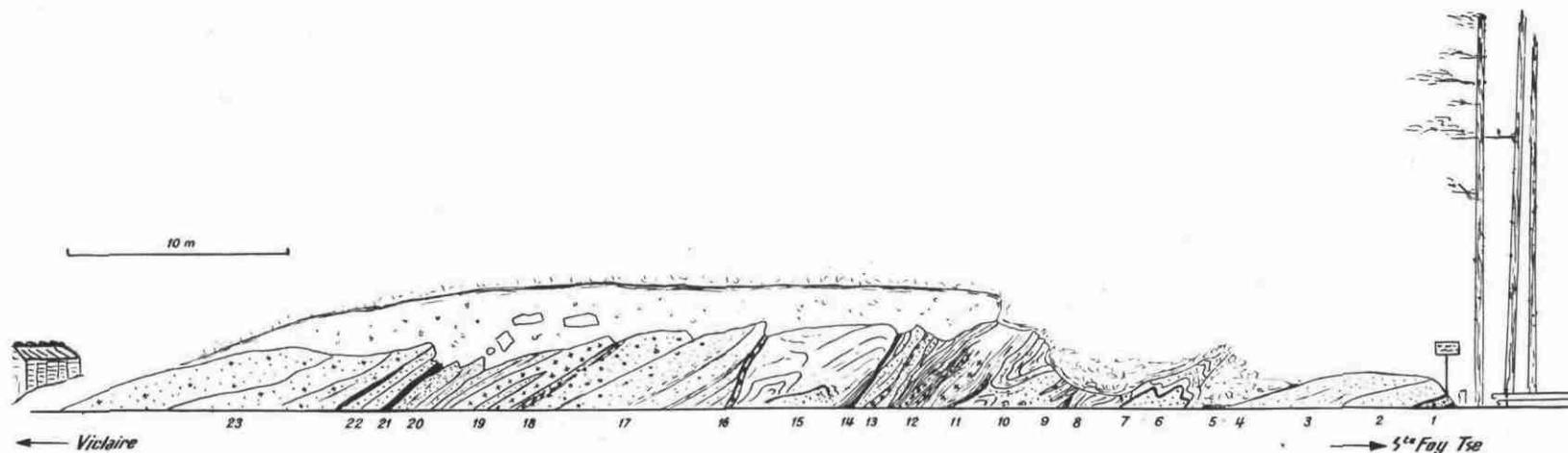


FIG. 36. — Affleurement du Pont du Champet (au bord de la route nat. 202). 1. Schiste noir albitique-lit de 2 cm de schiste charbonneux - grès gris rubané à galets de quartz. 2. grès gris rubané, petits plis en « S », schistosité. 3. Grès rubané à filets charbonneux. 4. Grès rubané, schistosité, petits plis en « S ». 5. Schiste vert altéré; quelques centimètres de schiste charbonneux. 6. Grès laminé. 7. Lit charbonneux; schiste noir luisant. 8. Schiste noir compact, satiné, gaufré; lit de schiste charbonneux, rubans de quartz; au toit mylonite (1-3 cm). 9. Schiste noir un peu charbonneux, zoné de quartz. 10. Grès laminé, gris et noir, zoné de quartz. 11. Schiste noir (5 cm) - « roche blanche » (quelques centimètres) - grès gris laminé, schiste. 12. Schiste noir (50 à 40 cm) - roche blanche (25 cm) - alternance de grès gris laminé, schiste noir et roche blanche - schiste noir albitique à lit charbonneux (1,20 m). 13. Grès laminé, zoné, et « roche blanche »; limite imprécise. 14. Lit charbonneux froissé - schiste noir fin, albitique, froissé (40 cm). 15. « grès » noir albitique (1,50 m) contenant, à 30 cm du sommet, un lit de schiste charbonneux. 16. Faille récente, ayant probablement joué le long d'un plan de stratification. Roche blanche fragmentée, encadrée de schistes charbonneux et de charbon (pas de mélange mécanique des roches). 17. Grès grossier (plus. mètres), contenant vers la base des languettes de schiste noir, vers le sommet des galets de quartz gris. Schistosité développée, postérieure à certains filons de quartz, obliques sur la stratification. 18. 1 m de conglomérat feuilleté (galets de 1 à 3 cm) passant à une roche blanche au sommet (limite imprécise). A 10 ou 20 cm du toit, banc de roche blanche de quelques cm d'épaisseur intercalé dans le grès. 19. Roche blanche (50 cm), biseau de grès gris foncé - roche blanche : 30 cm. 20. Schiste et grès « imbibés » de quartz et comportant un ou deux lits charbonneux. 21. Charbon et schiste charbonneux (15 à 30 cm). Au mur grès gris gaufré. 22. Grès « laminé » de plus « imbibé » de quartz vers le haut. 23. Au-dessus d'un filet de schiste charbonneux : arkose laminée, ocellée de galets encore reconnaissables, alternant avec des bancs plus fins (grès gris et arkose fine à petits feldspaths carrés) et des lits schisteux noirs.

à 0,06 mm en moyenne (0,02 à 0,08). Ce fond est orienté; un litage est parfois marqué par une alternance de zones fines et de zones plus largement cristallisées, ou souligné par des chapelets d'autres minéraux. Tout semble indiquer que quartz et albite ont cristallisé presque simultanément. Dans certaines lames cependant l'albite enrobe le quartz. Dans ce fond sont emballées des **boules ou amygdales de quartz** en plages engrenées, à extinction onduleuse et quelques grands feldspaths actuellement albitisés; certaines zones montrent encore la moire du **microcline**. Le fond quartzo-albitique est légèrement déformé autour de ces gros éléments. La chlorite à biréfringence basse, est accessoire mais quasi constante, en grosses plages massives, monocristallines, en lentilles aplaties ou encore en paillettes plus petites, poecilites, couchées suivant le litage. Dans ce dernier cas elle peut voisiner avec des grains de sphène idiomorphes (pl. IX, fig. 9), notamment dans un type particulier où une trame grise se superpose au fond blanc. Ailleurs on observe plutôt, lorsqu'il existe, du leucoxène. On trouve aussi un peu de mica blanc et de poussière noire (oxyde de fer, charbon).

L'analyse de trois échantillons typiques (An. 14), parfaitement blancs, de cette roche, confirme l'étude des lames minces. Le calcul de la composition virtuelle donne 37,38 % de quartz, 58,16 % d'albite. Le 1,67 % d'anorthite correspond à des traces de zoisite ou d'épidote plutôt qu'à un plagioclase légèrement calcique ou de la calcite secondaire, que nous n'avons pas observée, et les barylites aux paillettes de chlorite et aux granules d'oxyde de fer notés dans les plaques minces.

L'absence quasi totale de potasse est curieuse. Afin de contrôler ces données nous avons fait analyser au spectrophotomètre de flamme deux nouveaux échantillons: ils ont donné une teneur en soude un peu plus forte (7,4 et 7,2 au lieu de 6,9), mais ici aussi la potasse n'y figure qu'à l'état de traces.

L'étude, au microscope, du mur de la roche blanche insérée dans la veine de charbon ne montre guère que l'albitisation et la schistosité alpines (celle-ci postérieure à celle-là). L'importance de cette albitisation suppose un **apport réel** de soude (probablement par diffusion locale) au contraire de ce qui se passe pour les autres schistes du Houiller où l'albitisation ne s'est accompagnée d'aucun apport (voir analyses). On pourrait aussi interpréter comme une imprégnation siliceuse ancienne les filonets de quartz recoupés par la schistosité. La proportion de chlorite, de mica blanc, d'apatite, est normale.

Par contre on n'observe pas de différences notables entre la roche blanche et l'arkose au contact. La seconde (en particulier un échantillon au toit du banc occidental) a seulement une texture un peu plus hétérogène et renferme de grosses boules (1 cm) de quartz en mosaïque dont certaines représentent de toute évidence d'anciens galets de quartz, mais d'autres pourraient provenir du remaniement de la roche blanche elle-même.

b. Les Mazures

On observe les mêmes phénomènes dans les rochers qui dominent le hameau des Mazures au sud-est. Les couches intéressées se trouvent comprises entre des schistes noirs et grès à lentilles de conglomérats (galets de quartz, schiste noir, gneiss, granite) et une épaisse formation schisteuse sous laquelle elles semblent plonger au sud.

Deux bancs de « roche blanche » y sont séparés par plusieurs mètres de « grès gris » laminé. Ce « grès » contient bien quelques amygdales de quartz que l'on interprète d'emblée comme des galets, mais au microscope il ne ressemble guère aux arkoses laminées banales; des fuseaux de quartz en mosaïque, des yeux de feldspath étirés⁽¹⁾ s'individualisent au milieu des lits de chlorite et mica blanc, salis de granules de sphène, grains d'épidote, un peu d'apatite, poussière noire et quelques tout petits grenats poecilites (0,2 mm). Sa teneur en soude, mesurée au spectrophotomètre de flamme, est forte par rapport aux autres grès et arkoses du Houiller (3,2 au lieu de 0,5-2,5). Par contre, sa teneur en potasse est faible (voir diagramme binaire Na 2O-K 2O). Il est plus difficile qu'au Pont du Champet de mettre une limite entre roches sédimentaires et ce qui ne l'est plus ou ne l'est pas.

Dans les roches blanches, qui sont moins typiques que plus haut, nous retrouvons les mêmes amygdales de quartz, les mêmes grands feldspaths à bords déchiquetés.

Mieux qu'au Champet ceux-ci paraissent être d'anciens **microclines** albitisés. Quelques gros **bourgeons de myrmékite** subsistent encore. On trouve aussi quelques gros plagioclases acides à macles serrées. Ces éléments se détachent sur un fond quartzoalbitique zoné de rubans quartzeux

(1) Parfois avec frange limpide secondaire.

ou parcouru d'un réseau ténu de petites baguettes d'amphibole bleue, de grains d'épidote, leucoxène, de paillettes de chlorite. Une schistosité oblique recoupe par endroits le litage à 45°. Le stilpnomélane est fréquent, jamais abondant : postérieur à la schistosité, il se présente en faisceaux ou en grandes paillettes poecilitiques.

Occasionnellement : apatite, rutile, zircon. Le banc supérieur montre des traces d'écrasement, une texture en X recoupée par la schistosité alpine. Les grands feldspaths sont tordus, brisés. Au mur du banc inférieur les grès houillers sont écrasés et le contact souligné par un filon glanduleux de quartz et de chlorite.

Ailleurs la zone de passage à la roche encaissante atteint plusieurs décimètres. Dans le toit du banc supérieur on reconnaît encore les petits galets de quartz blanc ou gris disséminés au milieu du grès. Au microscope la roche est peu différente du « grès » intermédiaire, écrasée, recristallisée et imbibée de quartz, lit par lit. Elle contient un peu de stilpnomélane tardif.

Un échantillon d'une roche vert pâle, litée, que l'on pourrait prendre pour un grès verdi (comme à Champagny, p. 111), récolté à 50 cm du contact, montre comme dans les roches sous-jacentes un réseau discontinu d'amphiboles bleu pâle ou mauve (0,01 à 0,03 mm) de sphène idiomorphe et de leucoxène, d'épidote; dans les mailles, de l'albite maclée ou non et du quartz qui peuvent aussi former de gros yeux; accessoirement un peu de chlorite, quelques petits paquets de séricite, quelques grains de zircon et de pyrite. Rien, si ce n'est la plus grande abondance de minéraux colorés ne la distingue nettement de la roche blanche.

Comme au Pont du Champet, la plupart des schistes houillers qui affleurent au sud sont constellés d'yeux d'albite (0,3 à 0,6 mm) souvent à structure hélicitique. Comme plus haut, le centre de l'œil est bourré d'inclusions opaques et la frange est limpide.

c. Rive gauche de l'Isère

Nous avons retrouvé des roches analogues sur la rive gauche de l'Isère dans les grès de Villaroger (au nord de l'Eglise) et dans les grès et schistes noirs charbonneux du Loisel (au bord de la route de Villaroger à Longefoy, 400 m à l'est du ruisseau de Pissevieille).

Elles sont moins typiques qu'au Pont du Champet et se rapprochent plus des épontes transformées des Mazures — l'amphibole bleue et le stilpnomélane en moins. Pour le reste l'aspect au microscope est le même. Au Loisel, la roche (un banc de 0,50 m d'épaisseur) est plissotée entre des épontes régulières. Le schiste charbonneux au contact ne contient pas de trace de graphite⁽¹⁾.

d. Conclusion

En résumé, nous avons, interstratifiées dans le Houiller des environs de Sainte-Foy-Tarentaise, plissées, déformées et recristallisées avec lui, des roches qui, pour une part, sont certainement d'origine sédimentaire.

De composition chimique exceptionnelle, elles paraissent avoir été profondément transformées, avant l'orogénèse alpine principale, par écrasement — comme en témoignent entre autres les vieilles textures en X — et par apport de soude et de silice — comme semblent l'indiquer l'étude microscopique et les analyses.

Il ne peut donc, croyons-nous, s'agir de manifestations hydrothermales alpines.

De même on doit éliminer l'hypothèse d'une écaille de cristallin insérée dans le Houiller — ce que l'on pourrait penser au vu du seul affleurement des Mazures. L'analogie avec certaines roches du pourtour du Ruitor plaiderait en faveur de celle-ci; mais l'association étroite au pont du Champet, à Villaroger, au Loisel, avec des couches indiscutablement houillères (grès, schistes charbonneux, etc.), la persistance de galets (quartz gris par exemple) dans les roches transformées, le prouvent à nos yeux de manière indiscutable.

(1) Étudié aux rayons X par M^{lle} DURIF (Cerchar). Diagnoses, n°° 2 442, 2 394, 2 395, 2 443.

Comparaison avec la « roche blanche » de Champagny et les Leptynites de la Saulire

La composition chimique nous conduit à les comparer avec d'autres roches situées dans des conditions de gisement très différentes.

Au Pont du Champet, rappelons-le, la composition virtuelle, proche de la composition réelle, donne en poids : quartz : 37 % environ, albite : 58 % environ, représentant au total plus de 95 % de la roche; la proportion de soude : 6,9 % peut être même plus forte dans d'autres échantillons (7,4 %).

A Champagny, la roche est encore aphanitique, blanche lorsqu'elle n'est pas souillée. La composition virtuelle donne encore : quartz (19 %) et albite (73 %). Certains types sont toutefois plus riches en séricite. Comme à Sainte-Foy, elle se trouve en filon-couche dans le Houiller et plissée avec lui.

Au contact les roches sont verdies (comme aux Mazures) mais ne paraissent pas avoir subi d'apport notable. La teneur relativement forte en titane (0,95 % de TiO_2) ne lui est pas particulière; nous avons signalé au Champet des lits riches en leucoxène et petits sphènes idiomorphes.

A la Saulire (Courchevel-Allues) un banc de leptynite (p. 100) banale, blanc crème, dans les migmatites de la zone Sapey-Peisey, donne une composition comparable, bien que la proportion de quartz virtuel (41 % environ) dépasse maintenant celle d'albite (39 % environ) et que la potasse se retrouve en proportion notable (11,12 d'orthose calculée) due à une assez grande quantité de mica blanc.

Dans ces trois roches la teneur en soude est forte (tout en restant de l'ordre de certaines microdiorites : An. 18 et 19) et la quantité de barylites calculée est très faible : 0,89 % au Champet, 1,64 % à la Saulire, 2,70 % à Champagny (à cause du TiO_2). Une rhyolite de Maurienne s'en rapproche (An. 9, baryl. 3,73) mais s'en distingue par une proportion inverse de NaO_2 et K_2O .

La liaison génétique de ces roches est probable, au moins pour les deux premières. Au microscope comme à l'analyse elles ont un air de famille qui ne peut être dû à une simple coïncidence. Les diagrammes (triangulaires, cumulatifs, de différenciation), les font apparaître comme les termes extrêmes de la différenciation des roches intrusives du Houiller (avec une restriction pour la teneur en SiO_2 de Champagny qui d'ailleurs peut être accidentelle, ou secondaire).

Du point de vue minéralogique et chimique elles s'apparentent aux cératophyres quartzifères. Nous ne croyons pas que l'on puisse les séparer des manifestations éruptives Permocarbo-nifères, bien que celles-ci n'aient dans l'ensemble aucun caractère spilitique.

F. ELLENBERGER (1958, p. 93) a cependant décrit dans les migmatites de la zone Sapey-Peisey, au pied du Mont du Vallon (haute vallée des Allues), une roche à albite primaire, chlorite et carbonate qui paraît être une spilite véritable. De telles roches n'ont pas encore été découvertes dans le Houiller ou le Permien briançonnais non transformés et leur âge ne peut donc être précisé. On peut toutefois estimer qu'elles sont antérieures aux déformations médiopermiennes (phase saaliennne), puisqu'elles sont antérieures au Néopermien. Du point de vue chimique nos roches blanches peuvent être, dans une certaine mesure, rapprochées des roches intrusives de la Louie Blanche ou du Bonrieu et les venues tardives de Maurienne et du Briançonnais : Ponsonnière et Grand Vallon, qui, elles, paraissent correspondre à la phase saaliennne⁽¹⁾.

Remarquons que, par rapport aux roches correspondantes d'autres régions, nos roches éruptives de la zone Houillère⁽²⁾ souffrent d'un léger déficit de potasse et d'un semblable excès de soude qui ne doit rien à la métasomatose alpine.

On peut, à notre avis, les interpréter soit comme des roches de filon, soit comme des tufs.

(1) Dans la zone Vanoise-Mont Pourri la longue période d'activité magmatique, à cheval sur le Carbo-nifère et le Permien se termine par une phase Permienne, antérieure au Permotrias, et caractérisée par des phénomènes pyroclastiques intenses (F. ELLENBERGER 1958).

(2) Sauf peut-être quelques échantillons de porphyre quartzifère, de Valloire.

Dans ces deux hypothèses, les roches encaissantes auraient été, par places, transformées en adinoles. L'albitisation alpine aurait seulement parfait cette œuvre, en complétant en particulier l'albitisation des microclines.

Examinons ces deux hypothèses :

1. Roche de filon

Cette hypothèse paraît s'imposer à Champagny et pourrait être soutenue en Haute Tarentaise, même au Champet où le remaniement de la roche blanche par l'arkose superposée est discutable. Elle se serait mise en place en suivant de préférence les lits, sous forme de minces filons dans les schistes, plus diffus dans les grès et les arkoses poreuses, hétérogènes, imbibées d'eau (1).

Le produit d'apport devait être extrêmement fluide, riche en eau, passant à des conditions hydrothermales, ce qui explique qu'aux Mazures par exemple, il soit difficile de trouver un type « pur ». Là, au Champet, et au Loisel il a pu imbiber une ou des zones de mylonites, mais nous n'avons pas de preuves formelles de l'accident qui leur correspondrait.

2. Tuf

Cette hypothèse rend compte comme l'autre de la dilution de la roche dans ses épontes, si l'on suppose que l'apport détritique continuait à se produire. Elle explique de possibles remaniements et surtout l'aspect finement stratifié de la plupart de ces roches (même à Champagny).

La première hypothèse nous semble cependant la plus probable. Par contre on pourrait interpréter comme des tufs, ou des produits de remaniement de tufs, les lentilles claires de conglomérats type Louïe Blanche qui, au microscope, leur ressemblent. Nous avons déjà vu en Maurienne (Valloire et massif de Roche Château) comme en Tarentaise méridionale (Saint-Bon, Belleville) les premiers signes d'activité volcanique apparaître au Stéphanien, dans l'Assise de Courchevel.

Enfin nous avons vu qu'une leptynite des migmatites de la Saulire, proche de nos « roches blanches » sur les diagrammes, s'en distinguait notamment par une teneur un peu plus forte en potasse. Pour la raison inverse, elle s'écarte d'une autre leptynite du massif de Pécllet décrite par F. ELLENBERGER.

Or nous savons que ces migmatites de la zone Sapey-Peisey sont d'une manière générale assez potassiques, comme les roches sédimentaires d'où elles ont pris naissance.

L'analyse supplémentaire d'un gneiss de Peisey que nous avons fait faire (An. 1) confirme celles publiées précédemment (An. E. 8, E. 9, E. 10). On retrouve ce trait dans nos rhyolites néopermiennes (An. 6-7-8-9). Par contre toutes nos autres roches ignées sauf une (An. 10) sont plus sodiques que potassiques. Ceci paraît être un caractère commun aux intrusions ou manifestations volcaniques antérieures, du Stéphanien et de l'Eopermien, caractère de plus en plus accentué à mesure que l'on s'avance vers le nord et le bord interne de la zone Houillère. F. ELLENBERGER (1958) dans la zone Vanoise-Mont Pourri, souligne l'extrême pauvreté en potasse des roches basiques du Permo-Houiller.

La leptynite de la Saulire, chimiquement, se rattache à ces manifestations et pas plus que les « roches blanches » décrites plus haut, ne peut être considérée comme l'ichor des migmatites.

On peut donc se demander si l'on n'a pas là une roche du type Champet, filon ou tuf, qui aurait été ensuite quelque peu modifiée par la migmatisation permienne (2), celle-ci apparaissant de plus en plus comme l'un des derniers actes du cycle éruptif Permocarbone.

(1) On sait que les grès peuvent conserver une porosité effective notable à des profondeurs importantes (par exemple TURNER et VERHOOGEN, 1951, p. 209). Au Champet, la couverture ne devait guère dépasser 1 000 ou 1 500 m.

(2) Les travaux récents ont montré combien facilement les ions K et Na pouvaient s'échanger dans certaines conditions.

IV. LE MASSIF DU RUITOR

Cette coupole de schistes cristallins émerge sur le bord interne de la zone Houillère à la frontière franco-italienne. Elle est rabotée à l'est par le chevauchement de la zone Vanoise-Mont Pourri.

Comme nous le verrons plus loin (seconde partie), il s'agit probablement d'un témoin d'une ancienne cordillère paléozoïque limitant à l'Est la zone Houillère et la séparant du bassin où se déposait le Permocarbonifère de la zone Vanoise-Mont Pourri.

En grand ses couches s'enfoncent régulièrement sous le Houiller « briançonnais ». La limite entre ce dernier, laminé et albitisé, et les schistes cristallins est peu nette sur le terrain et une observation hâtive ferait en bien des points décrire un passage continu.

Comme dans le Permohouiller métamorphique de Vanoise-Mont Pourri, les roches vertes amphiboliques ou prasinitiques⁽¹⁾ y sont fréquentes. On y trouve aussi quelques lits de schistes graphiteux. On comprend fort bien que l'on ait pu, sur les cartes géologiques successives⁽²⁾ grouper ces deux ensembles sous une teinte commune, celle des « Schistes de Casanna ». Cette attribution, commode dans son imprécision, permettait de leur supposer aussi bien un âge Permocarbonifère que plus ancien.

A la suite des travaux récents de F. ELLENBERGER (1954-1958) on pouvait se demander si l'on ne retrouvait pas ici, dans des conditions un peu différentes, les effets d'une migmatiation permienne comme celle qui a produit les gneiss de la zone Sapey-Peisey, mais appliquée cette fois aux couches Carbonifères. La présence, de Montseti au col du Mont, à la limite houiller-schistes cristallins, d'un banc de gneiss œillés identiques à ceux du Stéphano-Permien et la proximité de ceux de Foglietta, nous a contraint d'envisager cette hypothèse. C'est toute

(1) Pour la signification des termes « prasinite » et « ovardite » nous nous en tiendrons aux définitions données par J.M. VALLET (1950).

(2) 1/80 000 et 1/50 000 de la Carte Géologique de France, 1/200 000 des Alpes Nord occidentales, de F. HERMANN.

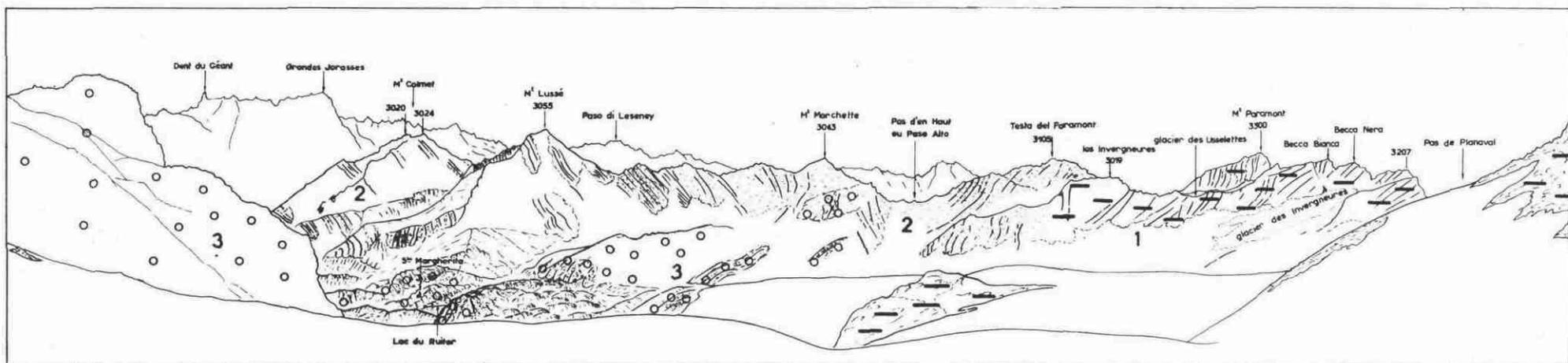


FIG. 37. — Panorama du Col de Loydon. — 1. Cristallin du Ruitor. — 2. Houiller schistogréseux anthracifère. — 3. Grès schistes et conglomérats de Sta Margherita. — Grand Assaly.

la masse du Houiller (schistes noirs, grès arkosiques et niveaux charbonneux) qui aurait été migmatisée, et non les arkoses, schistes et conglomérats Stéphano-Permiens; de plus, ici, le phénomène se serait passé à plus grande profondeur. Tout ceci expliquerait les différences que l'on trouve entre les deux formations. Cependant un certain nombre d'observations nouvelles nous feront écarter cette hypothèse.

L'étude de ce massif n'est qu'esquissée ici et porte sur la zone « corticale » du cristallin (soit en première approximation sur 2 000 m environ d'épaisseur) car notre but était avant tout de rechercher ses rapports avec le Permocarbonifère et définir son rôle dans la zone Houillère. Une étude détaillée représente à elle seule un très grand sujet qui devrait être attaqué à partir du Val d'Aoste et comporter l'analyse non seulement du massif du Rutor, mais aussi celle des gneiss du col du Grand-Saint-Bernard.

COMPOSITION LITHOLOGIQUE

Les roches du Rutor paraissent n'avoir jamais été étudiées en détail.

Vu les problèmes que pose ce massif, ils nous a paru indispensable de donner une description rapide des principaux types lithologiques qui le constituent.

Nous verrons tout d'abord les roches « para » : micaschistes, gneiss fins, cipolins, — puis les roches présumées « ortho » : schistes cristallins verts, prasinites, amphibolites, gneiss blancs stratoïdes.

1. Micaschistes et gneiss gris

Micaschistes compacts type « Invergneures »

A la périphérie du massif, du glacier des Invergneures à l'arête de Montseti, des micaschistes très fins et compacts gris, gris vert ou gris jaune, sont associés à des roches prasiniques. Nous avons rencontré des roches identiques, dans le cristallin du Grand Saint-Bernard, sur le versant suisse du col.

Ils ne montrent à l'œil nu qu'un vague litage. Certains délits sont couverts de plaques de mica blanc plus ou moins noyées dans un film sériciteux ou encore des taches rondes (2 à 3 mm) de chlorite. Ils se présentent en bancs réguliers de quelques décimètres ou quelques mètres d'épaisseur. Au microscope on observe une alternance fine de bandelettes ou de minces lentilles de quartz articulés à extinction onduleuse, et de lits phylliteux : mica blanc en grosses paillettes parallèles à la foliation, parfois déchirées, et séricite feutrée. La proportion de mica blanc varie suivant les points. Certains échantillons, « profonds » dans le massif, en sont très riches, tandis que la séricite prédomine largement en d'autres; les poussières noires sont constantes dans ces lits, parfois rassemblées en fins grumeaux ou en chapelets.

Des amorces d'une schistosité oblique tardive (alpine sans aucun doute), recoupant la foliation ancienne (rétroschistosité) sont fréquentes. De plus ces roches portent la trace d'une albitisation et d'une chloritisation contemporaines, identiques à celles qui affectent le Houiller voisin, et irrégulièrement réparties : au col de Loydon et sur l'arête de Montseti des yeux ou des plages informes d'albite envahissent la roche où ils tendent à former des lits continus. Dans leur croissance ils ont absorbé le fond sériciteux et, moins facilement, les paillettes de mica blanc. Les inclusions, charbonneuses ou autres, se suivent à travers le cristal en dessinant parfois de belles structures hélicitiques.

Le litage régulier du fond exclut l'hypothèse suivant laquelle ces albites auraient fossilisé des plissements préexistants. A côté, parfois dans le lit ou le banc voisin, cette albitisation peut être au contraire très discrète.

De cette même phase de métamorphisme tardif datent la cristallisation de certains micas blancs, ainsi que les grenats, en général de petite taille (quelques fractions de millimètre) et des éventails ou des plages de chlorite poecilitique à biréfringence basse, superposées à la foliation. Nous lui attribuons aussi la rétomorphose de la biotite présumée qui subsiste dans les lits phylliteux sous forme de paillettes jaunes, encore faiblement pléochroïques, incomplètement chloritisées.

On trouve en outre, dans un échantillon du glacier de l'Avernet, des paillettes plus foncées que l'on pourrait attribuer à une chlorobiotite, et d'autres qui montrent des cassures transverses, à du stilpnomélane vert. Une amphibole bleu pâle, de l'épidote sous forme de petits grains en files dans les lits phylliteux, et l'apatite sont présents dans quelques échantillons (Invergneures, Montseti); de même le leucoxène (abondant dans un échantillon des Invergneures), plus rarement le sphène idiomorphe.

Citons aussi des carbonates (rares), le rutile (sagénite), la tourmaline ancienne, brisée, brune avec franges d'accroissement secondaire bleues (Invergneures), des grains d'hématite fréquents, du zircon (Montseti). Un échantillon de Montseti est riche en ilménite à peine altérée (formation de leucoxène).

L'origine sédimentaire de cette roche est très probable. A l'œil nu des lentilles de quartz suggèrent d'anciens galets écrasés. La recristallisation, le réajustement minéral est ici total, ce qui distingue ces roches de celles du Houiller productif. Les minéraux alpins et l'amorce d'une schistosité oblique se surimposent aux vieilles structures sans les masquer totalement. La foliation de la roche est, nous semble-t-il, parallèle à la stratification ancienne marquée par les bancs de composition différente, les niveaux de micaschistes noirs ou plus souvent de roches prasinitiques vertes.

Des roches de ce type sont connues dans d'autres massifs cristallins, des Alpes (HALM) ou du Massif Central (dans le Rouergue d'après P. COLLOMB) où elles sont interprétées comme des séries de schistes, psammites, etc. qui auraient donné directement des roches de méso ou catazone sans passer par les stades « supérieurs ».

Les micaschistes noirs et gris

Ils sont associés aux micaschistes compacts ci-dessus. Noirs ou gris argentés ils sont souvent très difficiles à distinguer sur le terrain des schistes houillers albitisés qui leur sont juxtaposés. Cette difficulté, C. BORDET l'a aussi rencontrée dans le massif de Belledonne, où schistes stéphaniens et schistes noirs du socle sont souvent côte à côte, pour des raisons tectoniques (thèse, 1957).

On note sur les délits schisteux de fines bosselures dues aux phénoblastes d'albite alpine, et, sur la tranche, de petites lentilles à contours flous, blanches ou verdâtres. Certaines de ces roches tachent les doigts. Un examen attentif montre à l'œil nu une texture feuilletée en lentilles plates empilées, de quelques millimètres de long. Dans certains cas ceci permet de les distinguer des schistes houillers.

Au microscope ils montrent le même type de texture que la roche précédente, mais avec une proportion beaucoup plus faible de lentilles quartzzeuses. Pour le reste, les minéraux anciens ou alpins sont les mêmes.

On en retrouve en petits bancs isolés dans des couches plus profondes du massif. Nous en avons noté sur l'arête nord de Château Blanc et les arêtes nord et sud des Doravidi (il s'agit peut-être du même niveau). On ne doit pas les confondre avec les mylonites noires que l'on rencontre parfois. La nature pétrographique de cette roche a d'ailleurs facilité les décollements et on peut trouver, dans d'authentiques micaschistes noirs, des miroirs de friction.

Dans un type rare (Bec de l'Ane, glacier de la Sassièrè) très compact, rubané de noir et blanc, certains lits sont riches en petites amphiboles bleu pâle ou presque blanches, couchées suivant la foliation. Celles-ci sont manifestement antérieures à la dernière phase de déformation, car des cristaux sont tronçonnés et cicatrisés par des produits micacés.

Anciens micaschistes à staurotide

Exceptionnellement, les roches ci-dessus — et en particulier des micaschistes noirs, sériciteux, froissés — contiennent de gros prismes noirs (plusieurs millimètres), couchés suivant la foliation ancienne et tronçonnés. Un échantillon bien conservé, récolté au sommet du Flambeau, montre qu'il s'agit de staurotide⁽¹⁾ déjà fort altérée en produits micacés. La plupart du temps la rétro-morphose est complète :

Le minéral est épigénisé par un feutrage de séricite et de quartz; au milieu se trouve presque toujours un gros amas ou de petits groupements de chloritoïde non orienté⁽²⁾. Dans ces amas on observe encore parfois les traînées d'inclusions noires du cristal originel et de petites inclusions de tourmaline (par exemple dans un échantillon pris 600 m à l'est du col du Mont). Les grenats sont fréquents, nombreux, gros comme une tête d'épingle, à inclusions de quartz. Ils sont frais, tardivement brisés ou fendus. Un échantillon de l'Avernet (rive droite du glacier à l'extrémité amont de la moraine) contient en outre des baguettes (2 à 4 mm) de tourmaline brune intactes.

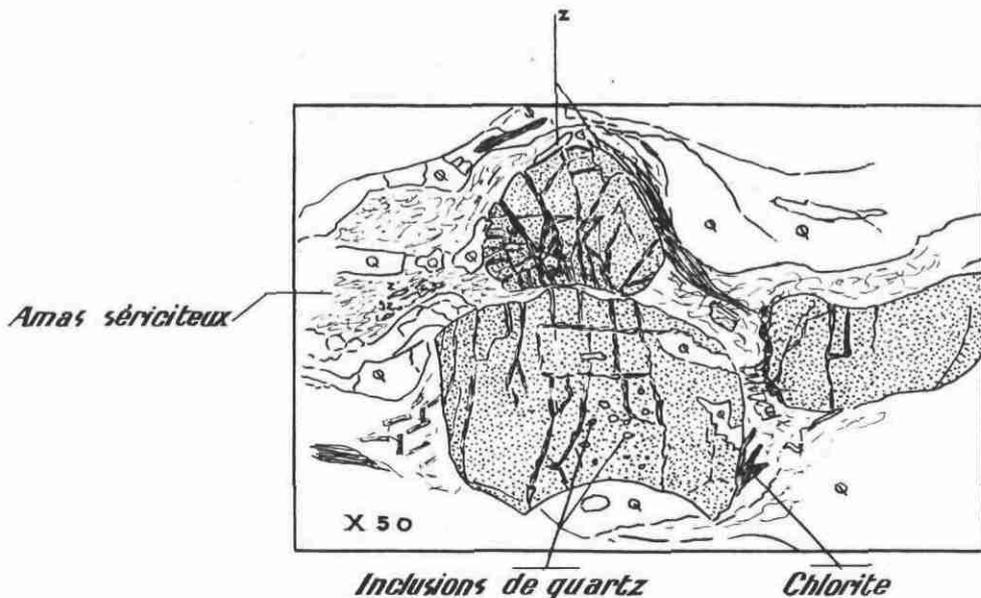


FIG. 38. — Grenats alpins fissurés par un écrasement tardif dans un ancien micaschiste à staurotide, au N.-E. du col du Mont (E pt 2626). Q. Quartz; Z. Zoïsite.

Les grenats sont certainement alpins; il n'en est pas de même pour la staurotide. En effet si le métamorphisme alpin a pu en produire en d'autres lieux, il est resté ici dans la zone à chlorite-séricite; il est par contre responsable de sa rétro-morphose. Evidemment qui dit polymétamorphisme ne suppose pas nécessairement que le premier métamorphisme soit hercynien ancien (sudète pour fixer les idées). Nous connaissons en effet des traces de métamorphisme saalien : les migmatites de

(1) Nous tenons à remercier ici Mme E. JÉRÉMINE, MM. P. COLLOMB et SANDREA qui ont bien voulu revoir ces lames minces.

(2) Cette transformation de la staurotide en chloritoïde et muscovite a été décrite par TILLEY (1925) dans les schistes à andalousite des N. Wales et auparavant par BECKE et GOLDSCHMIDT.

la zone Sapey-Peisey, même si nous révoquons en doute l'âge permien ou westphalien du granite d'Entraigues (1). Toutefois rien, dans notre zone, n'indique que cette métasomatose permienne ait modifié la masse du Permocarbonifère : seuls des horizons privilégiés sur la lisière orientale de notre zone ont été touchés. Cette migmatisation revêt d'ailleurs des caractères tout à fait différents de ce que l'on observe dans le Ruitor. C'est donc bien plus probablement à un métamorphisme hercynien ancien (ou peut-être calédonien ?) que nous devons l'attribuer.

Ce minéral n'est conservé qu'exceptionnellement : au Flambeau où on observe encore des individus maclés; à l'est du col du Mont, dans les micaschistes de San Grato, il est encore reconnaissable. Mais en fait il semble qu'il ait été beaucoup plus répandu qu'il ne paraît. En plusieurs points (glacier de l'Avernet, Becca du Lac, Doravidi, lac San Grato) nous avons observé, dans des micaschistes banaux, parfois assez différents d'aspect de ceux du Flambeau, des noyaux de chloritoïde au cœur d'amas sériciteux, absolument identiques à ce que nous avons noté dans les roches typiques où les formes extérieures de la staurotide étaient encore visibles.

Ces micaschistes témoigneraient donc que les séries cristallophylliennes du Ruitor ont été métamorphosées dans la zone des « micaschistes inférieurs » de JUNG et ROQUES.

Micaschistes et gneiss gris albitiques

Différents d'aspects mais en fait apparentés aux roches précédentes — et en particulier aux micaschistes compacts du type « Invergneures » — les petits gneiss gris de la Forcla du Bré ne s'en distinguent que par une blastèse d'albite plus importante; jointe à un développement tardif de chlorite elle arrive dans certains cas à masquer presque complètement la texture originelle dont elle respecte cependant les plus fines ondulations (traînées d'inclusions).

La composition de ces roches était-elle un peu différente des précédentes, ou a-t-elle été modifiée au voisinage des roches prasinitiques ? outre l'albite, le sphène (leucoxène) et l'épidote y sont plus abondants (2), mais ceci n'est qu'une question de nuances. On peut en récolter de beaux échantillons à l'est du lac San Grato, dans les éboulis de la Forcla du Bré. Ils viennent de l'arête au nord de la Forcla, au voisinage de la série à roches prasinitiques qui forme le socle de la Tête du Ruitor.

Mais les roches les plus banales, dans le secteur que nous avons étudié, sont des gneiss fins et des micaschistes gris à délits noirs, intermédiaires, pétrographiquement et stratigraphiquement, entre les roches de la Forcla du Bré et les micaschistes décrits plus haut. Ces gneiss et micaschistes à faible pendage nord forment la plus grande partie de l'arête Château Blanc-Doravidi-Flambeau, au nord de la Tête du Ruitor. Ils sont par places associés à des bancs de gneiss œillés blancs et de roches vertes. Au sud du Ruitor et du col de la Forcla du Bré le pendage moyen est inverse (sud 10 à 30°). Ces couches constituent là presque toute la montagne de l'Arp Vieille. Les roches vertes y sont rares; nous n'y avons pas trouvé de gneiss œillés blancs.

Ils sont plus schisteux que les précédents, souvent très fins, gris avec des zones claires ou foncées. Les lits à grenats sont fréquents; de même, à certains niveaux, les amandes de quartz qui évoquent d'anciens galets.

« Gneiss fins » du Grand

Une roche litée, gris clair, aphanitique, du Col du Grand (col du Loydon-est des cartes italiennes) se distingue sur le terrain par une grande ténacité et l'absence de clivage schisteux.

(1) LLOPIS LLADO (1951), HAUDOUR (J.) et SARROT-REYNAULD (J.) (1956).

(2) La forte teneur en soude (5,5 %) au spectrophotomètre de flamme semble indiquer un apport de Na (voir le diagramme binaire Na₂O-K₂O).

Elle montre au microscope les mêmes éléments (quartz et produits micacés) que les micaschistes type Invergneures, mais ici le quartz constitue le fond. Sur les lames « en bout » on n'y trouve pas trace de foliation ni de schistosité, tout au plus une certaine orientation des « draperies ». Il s'agit probablement d'un ancien phanite ou microquartzite, à ciment argileux réduit. Les grains (70 à 150 μ) ne montrent aucune trace du contour primitif.

Des roches analogues ont été notées à la Becca du Lac (arête ouest), au Bec de l'Ane (il s'agit peut-être du même horizon), sur l'arête nord des Doravidi et au Flambeau.

Quartzite gris

Sur la rive est du lac San Grato (O.-N.-O., point 2 763) affleure un banc de quartzite gris, moucheté de paillettes noires : le fond de quartz, en jeu de patience, est parsemé de courtes plages poecilites d'amphibole bleue, rongées sur les bords et suivant les clivages par de la chlorite pâle et des produits ferrugineux. L'amphibole existe aussi en fines baguettes, isolées ou mêlées à la chlorite d'altération des gros cristaux. Accessoirement on trouve de la pyrite (abondante), de l'oligiste, des baguettes noires ou brun verdâtre tardives. Le carbonate est assez abondant dans certaines parties de la roche.

2. Les cipolins

Au pied ouest et sud-ouest du Bec de l'Ane nous avons observé deux affleurements de cipolin qui appartiennent probablement à un seul et même horizon (fig. 39).

Ces cipolins sont associés à des amphibolites et interstratifiés dans une série de mica-schistes gris à délits noirs. Ce sont des roches blanches ou crème et saccharoïdes ou grises, parfois zonées ou « nébuleuses ». Des échantillons isolés pourraient être aisément confondus avec des calcaires cristallins gris de la couverture mésozoïque de Vanoise. Au microscope ils ne nous ont pas montré de traces organiques. Certains échantillons sont largement recristallisés, d'autres sont formés de calcite granuleuse très fine ou d'une juxtaposition des deux modes : on note parfois un peu d'amphibole bleue ou de la trémolite.

Au pied de l'arête ouest l'affleurement, balayé par les avalanches, est bien dégagé : le banc de cipolin est encadré par de l'amphibolite à grain fin (mur) ou à grands cristaux (toit), avec par places des concentrations d'épidote. Il en est de même au sud-ouest du Bec de l'Ane. Dans les deux cas on note sur 2 ou 3 cm un passage progressif :

Sur un fond de calcite grenue apparaissent d'abord de petites baguettes d'amphibole blanche disposées parallèlement au contact des deux roches; en s'approchant de la roche verte, elles deviennent plus grandes et plus nombreuses, se réunissent pour former des plages poecilites, des éponges; la calcite est maintenant moins abondante; l'apatite et le quartz apparaissent. Puis l'amphibole verdit légèrement; les cristaux sont jointifs mais encore de taille variable; dans les interstices de plus en plus réduits : calcite, quartz, sphène, etc. A l'œil nu on est dans l'amphibolite.

Nous avons observé une association analogue dans le Permocarboneux métamorphique du Mont Pourri, sur l'arête nord de la Pointe des Arandelières ($z = 3\ 000$) et entre celle-ci et l'Aiguille Rouge. Mais là, les bancs de cipolin, glanduleux, ne dépassaient pas 1 ou 2 dm d'épaisseur.

Nous verrons plus loin (p. 150) qu'à côté de l'hypothèse classique d'un ancien niveau calcaire métamorphisé, on peut interpréter, dans l'un et l'autre cas, ces cipolins comme des dépôts de précipitation chimique en relation avec la mise en place des roches encaissantes.

3. Les « Roches vertes »

Les amphibolites

Nous avons vu que le cipolin du Bec de l'Ane passait au toit et au mur, d'une façon continue, à une amphibolite. Celle-ci, formée presque entièrement par une amphibole pâle

LA ZONE HOILLERE EN MAURIENNE ET EN TARENNAISE (ALPES DE SAVOIE)

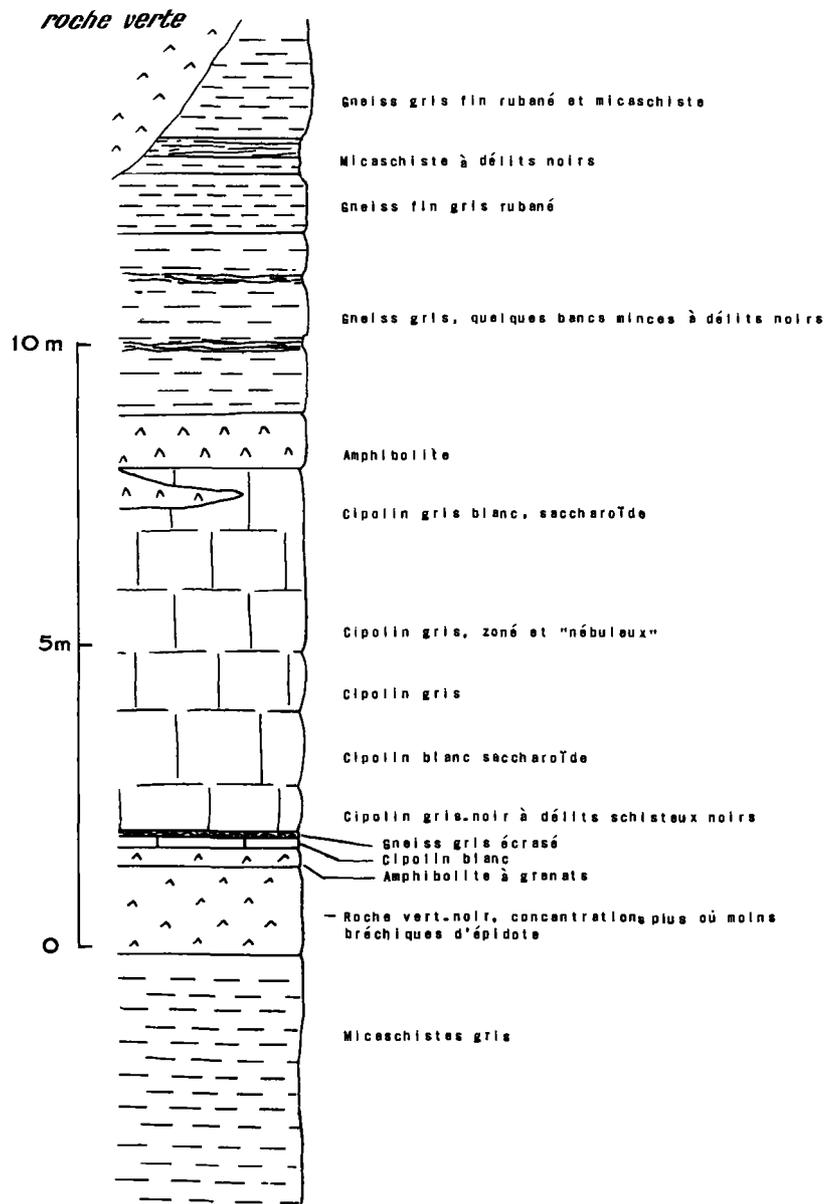


FIG. 39. — Bec de l'Ane: affleurement à la base de l'arête. O. Coupe en stampe normale au 1/100.

du groupe trémolite-actinote contient en outre : quartz, sphène, apatite, etc. en petites quantités. Au pied de l'arête ouest elle est surmontée par une roche prasinitique à amphibole bleu pâle, épidote, chlorite.

Le quartz figure dans les interstices; les plages d'albite, spongieuses, très discrètes dans certaines zones, peuvent former ailleurs le tiers ou la moitié de la roche; le leucoxène est abondant par places; accessoirement calcite, apatite, mica blanc (dans un lit mince).

D'autres amphibolites, quasi monominérales, à gros grain, présentent sur le terrain des analogies notables avec les premières, mais peuvent avoir une origine toute différente. Citons entre autres :

— Une amphibolite du Bec de l'Ane, à actinote (1) verte (teinte bleutée suivant n_g), partiellement rétrotransformée en chlorite et en amphibole bleue (inclusions, franges ou filonets). Accessoires : épidote, sphène, quartz, carbonate, feldspath.

— Une actinotite du glacier des Invergneures (An. 23). Accessoires : épidote en inclusions, leucoxène, produits micacés. Elle montre à l'analyse une composition très particulière, qui ne peut être celle d'une roche sédimentaire (2), mais qui la met à l'écart sur nos diagrammes, du groupe des roches éruptives basiques. Par ses paramètres : IV.5.4'.4. [1'.1.2.2.] elle est intermédiaire entre les hornblendites magnésiennes et calcomagnésiennes.

Le rocher 2776, vers l'aval du glacier du Ruitor est en grande partie formé par une roche compacte à grain fin, parcourue d'un chevelu de filons aplitiques, tronçonnés secondairement. Une amphibole pâle constitue l'armature de la roche, évoquant une ancienne texture intersertale. Dans le fond : quartz et albite. Accessoires : chlorite et leucoxène abondants. Selon M^{me} E. JÉRÉMINE on pourrait l'interpréter comme une dolérite ouralitisée à chlorite, ouralite et quartz secondaire.

Un autre type, provenant du glacier de l'Avernet, est formé par une hornblende fortement pléochroïque, à peine touchée par la glaucophanisation; d'anciens et nombreux grenats (plusieurs millimètres) disjoints, sont emballés dans une éponge de produits sériciteux, chlorite, quartz, amphibole, leucoxène. Accessoires : apatite, ilménite.

Enfin deux roches à **amphibole et biotite** méritent d'être citées.

L'une a été trouvée dans une moraine latérale du glacier du Ruitor, au pied du Grand Assaly : compacte, vaguement schisteuse, elle montre au microscope une sorte de trame d'amphibole (extinction 8° à 20°) et de biotite; dans les mailles, du quartz et des produits micacés, accessoirement du sphène, de petits grenats, un peu de pyrite. On pourrait l'interpréter, d'après P. COLLOMB, comme une amphibolite migmatisée avec apport de silice et de potasse. Les franges bleues, à l'extrémité des amphiboles sont les seules traces de la rétrotransformose alpine.

La seconde provient du fond du Vallon d'En-Haut (ou Vallone di Sopra, suivant les cartes), 1 400 m au nord-est du Mont Paramont.

Elle est moins compacte que la première et ne montre pas de foliation nette. Les plaques de biotite dépassent 1 cm. Des amphiboles, peu colorées, poecilites, il ne reste parfois qu'un squelette, silhouettant un grand cristal actuellement remplacé par grenat-biotite-sphène-calcite, ou calcite et quartz; accessoirement : amphibole bleue secondaire, apatite, clinzoïsite, zoïsite, épidote, pyrite, feldspath limpide non déterminé.

On pourrait l'interpréter comme une ancienne roche éruptive — une diorite par exemple.

Les schistes cristallins verts, ovardites et prasinites

Les schistes cristallins verts sont fréquents dans les micaschistes, en bancs d'épaisseur variable (quelques décimètres à quelques mètres). Ils jouent un rôle prépondérant dans le socle de la Tête du Ruitor où se trouvent les couches les plus profondes que nous ayons observées dans ce massif. Les types zonés de rubans aplitiques ou épidotiques sont communs. Il serait fastidieux de les décrire en détail.

Signalons seulement qu'à côté du quartz, du mica blanc, de la chlorite (tardive et qui paraît remplacer d'anciennes biotites) et de l'épidote, le sphène, le grenat (ancien et alpin), l'apatite, l'am-

(1) C. LEVY a eu l'obligeance de bien vouloir étudier quelques uns de nos échantillons : l'indice le plus fort mesuré se situe entre 1,65 et 1,66 pour cette amphibole, entre 1,64 et 1,65 pour celle de la roche suivante.

(2) Proportion égale de magnésium et de chaux, teneur en titane (voir par exemple LAPADU-HARGUES 1958).

phibole bleue sont fréquents mais jamais très abondants. L'albite peut y faire défaut. Lorsqu'elle est en quantité on a des roches ovaritiques ou prasinitiques (Montseti, Forcla du Bré, entre le Refuge et le col du Ruitor, etc.).

Ces schistes cristallins passent, d'un côté à des micaschistes verts avec ou sans yeux albitiques et aux micaschistes gris décrits plus haut, de l'autre à des roches massives, compactes, probablement d'anciennes roches basiques effusives.

4. Les gneiss blancs stratoïdes

Ces gneiss blancs à yeux disséminés peuvent être confondus, lorsqu'ils sont laminés et que les yeux font défaut, avec des bandes leptynitiques claires ⁽¹⁾ associées aux « schistes cristallins verts ». Inversement lorsque les yeux sont très gros et le fond plus teinté qu'à l'ordinaire, on peut les confondre sur échantillon avec les gneiss œillés du Stéphano-Permien; mais à l'échelle de l'affleurement ils sont toujours beaucoup plus pauvres en minéraux colorés. Ils forment quatre à cinq bancs principaux de 2 à 10 ou 20 m d'épaisseur, qui peuvent se diviser en bancs plus minces (Pas de Planaval). Nous avons pu les suivre sur plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres ⁽²⁾. Ils sont intercalés dans les micaschistes compacts à roches vertes de la moitié supérieure de la série.

Tantôt le contact est franc, parallèle ou presque à la foliation ancienne, tantôt le gneiss est mélangé au micaschiste encaissant. Exceptionnellement on retrouve des septa (épais de plusieurs décimètres) de micaschiste noir conservé au milieu du gneiss (Becca du Lac).

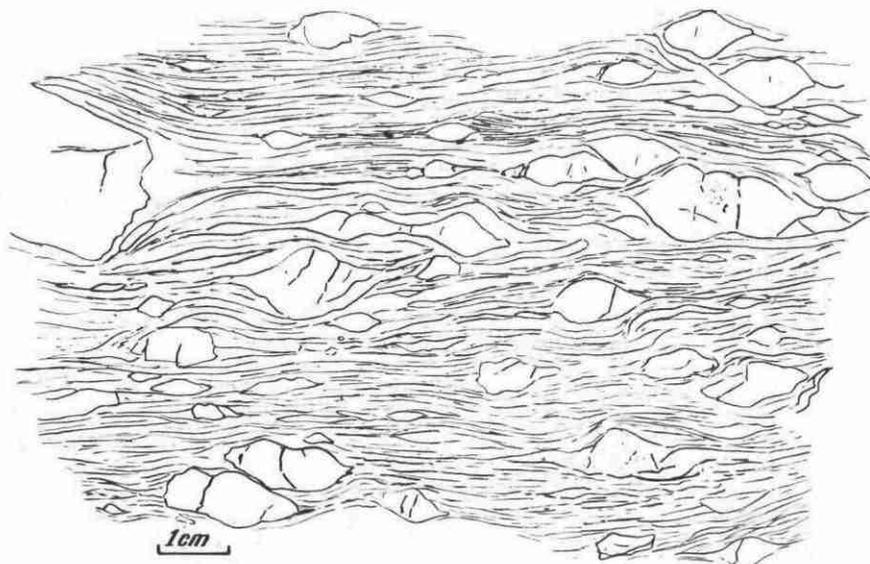


FIG. 40. — Gneiss blanc du Bec de l'Ane. Les yeux sont brisés et disjoints. Autour, de minces rubans feldspathiques sont soulignés de trainées phylliteuses.

(1) Celles-ci peuvent aussi, mais rarement, contenir de petits phenoblastes carrés de feldspath.

(2) Si l'on admet, comme cela nous paraît probable, l'identité des bancs du Bec de l'Ane-Becca du lac, avec ceux des Vedettes, du Flambeau et du Mont Paramont, ces niveaux auraient une extension horizontale de plus de 10 km. Des tournées trop rapides ne nous ont permis de les retrouver ni en aval de la Thuile (Italie) ni au col du Grand Saint-Bernard.

On peut en récolter de beaux échantillons dans l'éboulis de la rive droite du lac San Grato, provenant de la paroi est du Bec de l'Ane ⁽¹⁾.

Les yeux (1 à 5 cm) sont formés par de grands feldspaths anciens, brisés parfois en petits fragments et recristallisés — le fond, par du quartz et du feldspath (albite et un peu de microcline en jeu de patience) — la vague foliation par de petites paillettes de mica blanc souvent partiellement digérées. Sur les lames « en bout » elles dessinent une sorte de réseau polygonal ténu. Accessoirement on note un peu d'apatite, de sphère, quelques zircons, des traces d'épidote.

Derrière la recristallisation alpine on note une vieille texture écrasée. Nous n'avons pu encore trouver d'échantillons suffisamment préservés pour nous permettre de tenter valablement une interprétation. Pour le moment la composition globale (qui rappelle étrangement celles des « roches blanches » du Houiller de Sainte-Foy), la grande extension horizontale et la minceur relative des bancs nous portent à éliminer l'hypothèse de laccolites de roches granitiques et font penser plutôt à une roche sédimentée (un tuf par exemple) ou à d'anciennes coulées acides. Par contre leurs rapports avec les couches encaissantes — dans certains cas seulement — font plutôt penser à des roches intrusives.

Enfin leurs relations avec les autres roches leucocrates-leptynites des « schistes verts », filons aplitiques injectant l'amphibolite du glacier du Ruitor, ou les micaschistes du fond du lac San Grato (fig. 41) sont encore mal élucidées. Sous une même apparence des phénomènes peuvent avoir des causes différentes.

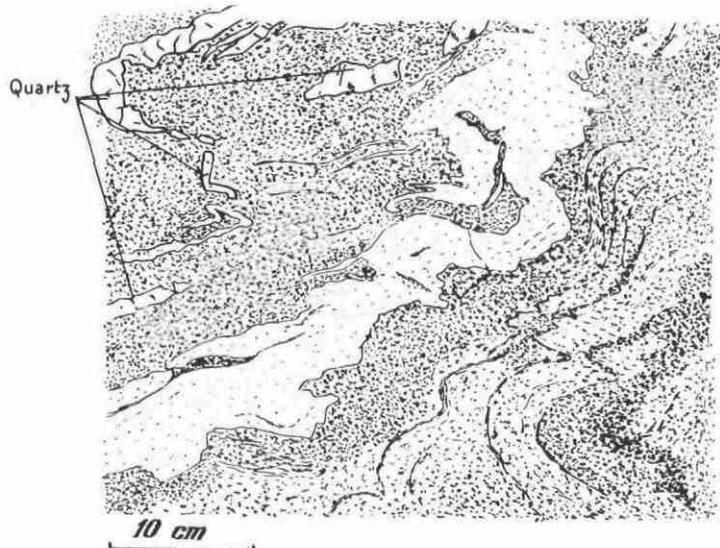


FIG. 41. — Filons de quartz et filons d'aplite dans les « gneiss fins » gris du lac San Grato.
(d'après une photographie)

Au total, ce cristallin paraît comprendre à la fois des formations sédimentaires et des roches éruptives.

1) D'anciens schistes, métamorphisés, puis rétro-morphosés, chloritisés et albitisés. La deuxième phase de métamorphisme, pénécontemporaine de la rétro-schistosité est manifestement alpine. Nous avons vu que la première, qui a atteint au moins les micaschistes inférieurs, ne peut être saalienne puisqu'elle est antérieure au Stéphanopermien; elle est donc anté-Westphalienne, aucune phase de métamorphisme n'ayant été décelée entre le Namurien et le Permien inférieur dans la zone Briançonnaise.

(1) Où ils avaient été déjà remarqués par F. ELLENBERGER qui note « des lits de gneiss œillé... et des granites leucocrates fins... »

- Les micaschistes noirs devaient être à l'origine assez peu différents des schistes houillers, avec cependant une proportion plus faible de matériel détritique grossier;
- Les micaschistes type Invergneures d'anciennes pélites, mais, étant donné leur étroite association avec les « schistes verts » il ne faut pas exclure la présence possible de tufs.

2) L'amphibolite qui encadre le banc de cipolin peut être interprétée comme le résultat du métamorphisme des zones plus marneuses, un faciès de contact entre le calcaire et la roche verte prasinitique qui l'accompagne, ou encore, nous a suggéré F. ELLENBERGER, comme d'anciennes bordures de silicatisation à pyroxènes.

Mais on peut aussi faire l'hypothèse inverse, qui nous paraît plus satisfaisante car elle rend compte de l'allure lenticulaire des cipolins, de leur intrication mais non leur mélange avec l'amphibolite, et enfin de la convergence observée avec des roches analogues (mais d'âge différent) découvertes dans le Mont Pourri. Ces roches vertes amphiboliques seraient d'anciennes coulées volcaniques sous-aquatiques; le cipolin résulterait (après métamorphisme) d'une précipitation chimique du carbonate de chaux dissout, par départ du CO₂, consécutif au réchauffement de l'eau. Un tel phénomène, à un peu plus grande échelle (lentille de 150 m de diamètre et 15 m d'épaisseur), a été signalé par TWENHOFEL (1950, p. 375), d'après KANIA (1929), dans l'Ordovicien de Terre-Neuve.

3) Parmi les schistes cristallins verts une partie est peut-être encore sédimentaire mais une autre est très probablement d'origine éruptive. Il est fort possible que parmi les prasinites il y en ait de plus tardives, contemporaines de celles qui injectent le Houiller du voisinage, mais la grosse masse, notamment celle du socle du Ruitor, est ancienne.

On peut légitimement penser que les galets de roche à épidote des conglomérats houillers proviennent des rubans épidotiques qui y sont intercalés. Ceux-ci sont très communs. On peut les étudier par exemple entre le col du Ruitor et le refuge actuel, en tête du glacier de Moriond. Ils mesurent quelques millimètres à plusieurs décimètres d'épaisseur.

4) Les gneiss blancs. — Ils peuvent représenter d'anciens porphyres quartzifères ou tufs acides. C'est tout au moins ainsi que des roches semblables, comme aspect et comme gisement, ont été interprétées, par P. COLLOMB par exemple dans le Rouergue (les « gneiss des Palanges »).

Nous avons trouvé des galets de gneiss œillés identiques mais parfois rubéfiés ⁽¹⁾, dans les conglomérats houillers, notamment dans l'Assise de Courchevel. A l'ouest de l'Aiguille de Péclet ils atteignaient plusieurs décimètres.

(1) Ce phénomène n'est pas nécessairement contemporain du dépôt des conglomérats mais peut s'être produit à la surface du massif cristallin d'origine sans que celui-ci ait été pour cela soumis à un climat très sec. C'est ce que l'on observe par exemple dans le bassin Houiller d'Alais: le Stéphanien moyen productif est transgressif sur des micaschistes rubéfiés sur une épaisseur variable (quelques mètres par exemple). Cette rubéfaction s'est produite au plus tard au Stéphanien moyen tandis que régnaient à quelques kilomètres ou dizaines de kilomètres de là, les marécages où se déposaient les couches de Molières et de Saint-Jean. A la base du Houiller transgressif les poudingues et les grès sont eux-mêmes rougis et passent d'une façon continue, ou par alternance, aux couches grises.

Ainsi, bien qu'au premier abord on ait l'impression d'un passage continu, cette série cristallophyllienne est bien distincte du Houiller : en dépit du laminage et du métamorphisme alpin la saute de cristallinité est nette. La présence dans les conglomérats stéphaniens de roches à épidote de plus en plus nombreuses lorsque l'on se rapproche du Ruitor ne s'explique que par une transgression sur un massif cristallin émergé.

Dans le Ruitor comme dans le Houiller Briançonnais, le métamorphisme alpin, si l'on fait abstraction des déformations mécaniques, se borne à une rétro-morphose accompagnée de néogénèse actives de glaucophane, grenat, etc., dans la zone à chlorite-séricite. Sur le terrain on est frappé par la convergence remarquable de certains faciès, cependant presque certainement antéhouillers avec ceux des parties la plus métamorphiques de la zone Houillère et surtout de certains faciès de la zone Vanoise-Mont Pourri.

La comparaison avec les Schistes du Valais est assez décevante, en partie parce que sous ce terme on groupe trop de choses différentes. Un passage rapide au col du Grand Saint-Bernard en compagnie de F. ELLENBERGER ne nous a pas non plus montré d'analogies notables, seulement quelques indices, insuffisants encore pour tenter un parallélisme. Toutefois les descriptions qu'en donne N. OULIANOFF suggèrent une série peu différente de la nôtre, à mica-schistes, gneiss œillés, leptynites, micaschistes à staurotide, roches vertes.

Il sera par contre intéressant de comparer nos roches avec le cristallophyllien récemment décrit par C. BORDET dans Belledonne, et aussi avec la « quatrième Ecaille » briançonnaise actuellement étudiée par M. LEMOINE ⁽¹⁾. C'est ce que nous verrons dans la seconde partie de ce travail.

(1) Cette dernière hypothèse rejoint celle de F. ELLENBERGER qui avait en 1952 admis l'âge anté-Houiller des roches du Ruitor comme leur explication la plus probable. Il rejoignait en cela les auteurs italiens (M. GIGNOUX, 1927), alors que pour M. BERTRAND et E. RAGUIN, le Ruitor était formé de Permocarbone métamorphique.

V. LE FAISCEAU DE SALINS

C'est d'après R. BARBIER (1948, p. 133-135) un « faisceau de lames isoclinales de terrains divers : Houiller, Permien et Trias », qui constitue « tectoniquement une unité intermédiaire entre la nappe des Brèches de Tarentaise et la nappe du Pas du Roc ». H. SCHOELLER par contre (1929, p. 328) considérait cette unité comme « la bande occidentale du Houiller » appartenant à la « nappe du Briançonnais ». Ce Houiller se distinguerait donc de celui de la « nappe de l'Embrunais » qui affleurent dans la combe de la Nova.

L'ambiguïté de la situation tectonique et stratigraphique de cette unité est en effet manifeste.

R. BARBIER a montré que ce faisceau d'écaillés est formé « de terrains n'affleurant pas dans la Nappe du Pas du Roc du fait du décollement général de la série de cette nappe au niveau des gypses du Trias (Houiller, Permien, quartzites et dolomies du Trias inférieur et moyen) et affleurant au contraire plus ou moins largement dans la nappe des Brèches de Tarentaise (Hautecour en particulier) ».

Des analogies de faciès dans le Flysch et le Lias inclinent cet auteur à le rattacher à la nappe des Brèches de Tarentaise, digitation de Moutiers, dont il ne s'en distingue « qu'au point de vue tectonique ».

Or, comme nous allons le voir, par la composition de son Carbonifère, épais, d'âge Westphalien (voir p. 93 ce qui est dit de Villarlurin) il se rattache à la « fosse » de subsidence de la zone Houillère Briançonnaise, alors que le Carbonifère d'Hautecour, tout proche, plaqué sur le cristallin parautochtone, participe de la chaîne de Belledonne, *lat. s.* des Massifs cristallins externes. Nous rejoignons en cela les conceptions de H. SCHOELLER.

Sur le terrain on voit apparaître le terrain Houiller à Fontaine-le-Puits, au sud de Moutiers. Il traverse le Doron de Bozel à Salins, entre Moutiers et Brides-les-Bains, s'élargit progressivement vers le nord, souvent aux trois quarts caché par des moraines, pour former, au nord de l'Isère la crête du Grand Chatelet. Au-delà il est pris dans une tectonique compliquée. Il affleure encore au

nord et au sud-est des Deux Antoinnes (traces de charbon), difficile à distinguer des schistes noirs mésozoïques ou éocènes qu'il surmonte. Il disparaît au nord de Bourg-Saint-Maurice au milieu des Schistes du Versoyen étudiés par H. SCHOELLER (1929), P. ELTER (1954) et P. PETITEVILLE (rapports inédits *Electricité de France*).

Près de l'Isère cette bande n'est séparée de la zone Houillère que par une mince cicatrice de cargneules et de calcaires du Trias, dont la galerie de reconnaissance de l'*Electricité de France*, qui l'a recoupée au sud d'Aime a montré la complexité.

La galerie a rencontré⁽¹⁾ entre les deux Houillers, sur 400 m environ, dans la fenêtre et la galerie principale (les deux coupes sont différentes), deux écailles de Flysch probable (schiste noir à petits bancs gréseux ou calcaires), une et deux de Trias (calcaire dolomitique et quartzites blancs), deux et trois joints d'anhydrite ou de gypse, une et deux écailles de schistes verts à lits de dolomie blonde attribuables au Permien, et une écaille de Houiller.

Dans la vallée de l'Arbonne (ouest de Bourg-Saint-Maurice) cette « cicatrice » se dilate à nouveau par l'apparition de grosses masses de gypses qui peuvent aussi comporter du sel (anciennes mines au fond du vallon) et un « Lias » épais (les « Schistes Lûstrés » à roches vertes de la « zone du Petit Saint-Bernard » de P. ELTER) qui affleurent au-dessus du col du Petit Saint-Bernard (sommet des Rousses *pro parte*).

Tectoniquement on peut rapprocher le « faisceau de Salins » de la « zone Houillère inférieure » (ou « Train inférieur ») du Valais (Val Ferret, nord de la Pierre à Voir).

Du point de vue lithologique ces terrains ne diffèrent guère du Houiller briançonnais que par un état de recristallisation peut-être un peu moins avancé. Ceci est probablement en relation avec le style souvent plus raide, plus cassant, de leurs déformations.

A part les *Calamites*, que nous avons trouvées un peu partout, et des traces végétales indéterminables, nous n'avons pu récolter d'autres fossiles que ceux qui ont été cités plus haut près de Villarlurin (p. 93) et qui indiquent en ce point un âge Westphalien moyen ou supérieur.

On peut cependant y distinguer deux termes :

1. Le Houiller schistogréseux

Comme le Houiller briançonnais il est formé de schistes noirs souvent ardoisiers, en bancs épais, et de grès plutôt fins, plus ou moins psammitiques, à pistes de vers, comportant quelques bancs d'arkoses et de conglomérats à galets de cristallin. H. SCHOELLER (1929) en a déjà donné une description. Si on le compare au Carbonifère briançonnais voisin, il paraît en première analyse d'une sédimentation plus régulière et plus fine.

Les veines de charbon sont assez rares et presque toujours minces. Certaines ont fait l'objet de petites recherches, notamment près de Montfort et de Notre-Dame-du-Pré. Une autre, épaisse de 0,80 à 2 m a été exploitée à l'est du hameau de Hauteville par 4 ou 5 galeries. 1 000 t en auraient été extraites (Recherches dites « de Notre-Dame-du-Pré »).

2. Les Conglomérats du Grand Chatelet

Il n'est pas possible, faute de fossiles, de dire si les 100 à 300 m de conglomérats qui forment l'arête du Grand Chatelet sont stratigraphiquement au-dessus ou au-dessous des schistes et grès qui les encadrent. Les pendages actuels sembleraient indiquer qu'ils se

(1) Voir profil n° 14, et, par exemple, rapport B.R.G.M., J. FABRE, J. RICOUR, n° 624.

trouvent au-dessous et forment le cœur d'un anticlinal. Mais cette disposition nous paraît due à un rebroussement tardif, après le chevauchement sur le flysch du Roignais.

Ils avaient été déjà remarqués par H. SCHOELLER. A notre avis, ils ne forment pas une lentille localisée, mais un horizon auquel nous rapportons les 100 m environ de conglomérats qui affleurent au milieu du Houiller schistogréseux dans la forêt du Tovet, en face de Centron, près du ravin de Côte Lancelin (vers la cote 1 000). On les suivrait à l'ouest, moins nets, sur plusieurs kilomètres.

Ces conglomérats contiennent le même genre de galets que ceux de l'Assise de Courchevel : quartz filonien blanc, gris ou noir, quartzite blanc, gneiss, granite, « roche verte » (rare), roche éruptive blanche cf. rhyolite (donnant des galets souvent aplatis comme à la Louïe Blanche), phyllite et lentilles de schistes noirs. Les galets, de quelques centimètres, peuvent atteindre parfois 1 ou 2 décimètres.

La pâte est arkosique et grise, plus rarement vert clair. Ceci ne vient pas d'une décoloration secondaire car les lentilles de schiste houiller emballées dans la roche, restent noires.

Autant que nous ayons pu le voir au sud du Grand Chatelet, et que l'on puisse tenir compte des contacts dans ce secteur très tectonisé, ces conglomérats passent d'une façon continue au Houiller par l'intermédiaire de plusieurs dizaines de mètres d'une alternance d'arkoses, grès, schistes et bancs de conglomérats.

Par contre le contact avec le Flysch est franc, souligné seulement, au nord du Grand Chatelet, par quelques centimètres de quartz et de chlorite. Sur 0,50 m le Houiller — grès, schistes gréseux et arkoses grossières — est ondulé.

En résumé, seule sa situation tectonique distingue nettement ce Houiller du Carbonifère « briançonnais », auquel il s'apparente par son âge et sa lithologie. Les deux unités correspondent-elles à deux bassins distincts mais analogues, aujourd'hui juxtaposés par le jeu de la tectonique alpine ? Aucune écaille de cristallin, vestige d'une ancienne crête séparatrice, n'a été trouvée à notre connaissance dans la « Nappe » du Pas du Roc, qui puisse jouer le rôle du Ruitor entre la zone Vanoise-Mont Pourri et la zone Houillère. Les lambeaux de cristallin connus (Villarly, Hautecour) se trouvent à l'extérieur, dans la « Nappe des Brèches de Tarentaise ».

Il nous paraît logique de considérer que les deux Houillers se sont déposés dans la même zone de subsidence; ce qui ne veut pas dire qu'au Carbonifère les couches du Grand Chatelet et des Deux Antoines se trouvaient nécessairement juxtaposées à celles de Montgirod. Par la suite, dans ce large bassin, des cuvettes ont pu s'individualiser, ce qui expliquerait les différences de faciès remarquées par R. BARBIER dans le Mésozoïque.

DEUXIÈME PARTIE

S.S.O.

N.N.E.

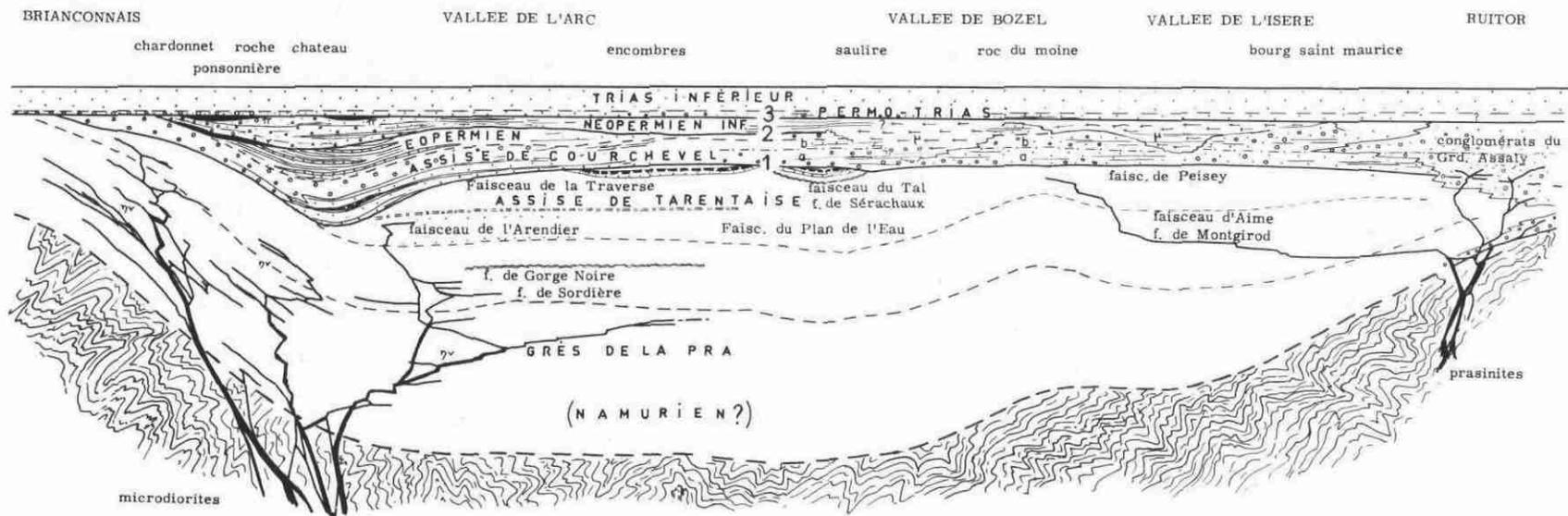


FIG. 42. — Schéma montrant la succession des couches dans la partie savoyarde de la zone Houillère. Ce schéma, destiné à montrer les relations probables, verticales et horizontales, des différentes unités, se trouve de ce fait très oblique par rapport à la direction générale de la zone Houillère. On se rappellera que les migmatites qui apparaissent ici vers le milieu du schéma dépendent en fait du bord oriental du bassin. *Légende des indices* : 1. discordance asturienne. 2. discordance saalienne. 3. limite inférieure du Permotrias. Assise de Courchevel et Stéphanopermien : a. série grise, b. série versicolore (lorsqu'elles ont pu être distinguées), μ . migmatites, η v. microdiorites, v. porphyrite, π . porphyre quartzifère, double trait ondulé : schiste blanc, double trait interrompu : horizon versicolore dans l'Assise de Tarentaise, tirets courts et épais : horizons de phthanite (en Maurienne seulement au sommet de l'Assise de Tarentaise et dans l'Assise de Courchevel).

Nous avons, dans une première partie, analysé trois secteurs de la zone Houillère, rassemblé et, dans une certaine mesure ordonné, les faits observés à cette date. Nous allons maintenant tenter une synthèse.

Les bases en ont été exposées dans la première partie. Nous connaissons et nous espérons ne pas en avoir caché les faiblesses. Cette synthèse sera peut-être d'autant plus séduisante pour le lecteur qu'elle apparaîtra plus claire; mais elle semblera aussi plus hypothétique et subjective à l'auteur.

L'abondance et la diversité des observations exige un classement; que l'on veuille bien excuser les redites.

Nous allons tout d'abord rappeler la succession des Assises dans le secteur étudié, du substratum cristallophyllien au Trias inférieur, en indiquant les particularités de chacune d'elles.

Un paragraphe spécial traitera des différentes manifestations intrusives ou volcaniques et esquissera une chronologie.

Nous tenterons ensuite de replacer la zone Houillère dans son cadre paléogéographique hercynien.

Nous verrons enfin l'action, sur le Permocarbonifère étudié, de l'orogénèse alpine: plissements, métamorphisme, schistosité. Une étude beaucoup plus vaste serait nécessaire pour inversement délimiter le rôle particulier de la zone Houillère dans l'orogénèse. Cette question sera donc à peine abordée ici.

I. LE SOCLE CRISTALLIN

Nous avons décrit les schistes cristallins du Ruitor. Nous avons vu qu'il s'agit d'une série cristallophyllienne déjà métamorphisée avant le cycle alpin, comportant d'anciennes roches sédimentaires (micaschistes gris ou vert foncé, cipolins, certaines amphibolites) et probablement des roches éruptives, tufs et coulées (« schistes cristallins verts », roches prasinitiques et ovarditiques, gneiss œillés bancs stratoïdes). Nous n'y avons pas trouvé de granite; mais sa présence n'aurait rien d'anormal. On pourrait interpréter comme des migmatites certaines amphibolites et micaschistes zonés ou envahis d'un chevelu de filons aplitiques (glacier du Ruitor, lac San Grato).

Du point de vue lithologique, la grande rareté des horizons charbonneux, la finesse des sédiments originels ⁽¹⁾, l'abondance des « roches vertes » interstratifiées, la présence de cipolins, **les distinguent du Houiller**. Il ne serait donc pas vraisemblable de les considérer comme une partie du Carbonifère de la zone Houillère qui aurait été localement métamorphisée à l'Hercynien (Saalien) ou à l'Alpin.

De même ils ne peuvent être identifiés avec le **Permohouiller métamorphique de la zone Vanoise-Mont Pourri** (F. ELLENBERGER, 1958). Roches vertes et phyllades existent bien dans le Permocarbone de Vanoise, mais celui-ci ne contient pas les « micaschistes compacts », les micaschistes à staurotide, les gneiss œillés blancs du Ruitor, et n'a d'ailleurs subi que le métamorphisme alpin.

Ce cristallin a été modifié quelque peu par la suite :

1) Par les intrusions carbonifères ou permianes qui ont dû le traverser. Nous les connaissons à proximité, dans le Carbonifère de la Louïe Blanche, du Mont Charve ou des Invergneures, mais dans le cristallin lui-même nous n'avons pu les distinguer des roches vertes plus anciennes.

(1) Quelques micaschistes du Lac San Grato évoquent cependant d'anciens conglomérats.

2) Par la métasomatose « Saaliennne » qui a donné les migmatites de la zone Sapey-Peisey. Elle paraît n'avoir affecté que la limite Houiller-cristallin, et seulement dans le Vallon du Mercuel.

3) Par le métamorphisme alpin, sensible ici (albite, chlorite, séricite, stilpnomélane, etc.). Nous avons pu mesurer par différence ses effets dans le Houiller voisin. Il paraît avoir consisté essentiellement en un réajustement minéral sans apport étranger notable. Nos conclusions rejoignent en ceci celles de F. ELLENBERGER, de A. AMSTUTZ, etc... Ce métamorphisme a contribué, en facilitant les diffusions locales, à masquer les contacts entre séries différentes.

Quel est l'âge de ces schistes cristallins et du métamorphisme qui les a transformés ? Sont-ils réellement anté-houillers ? Nous avons vu que la composition lithologique était différente; mais pourquoi n'avons-nous nulle part pu placer exactement une limite entre les deux formations, localiser un « conglomérat de base » ?

Sous l'effet de l'albitisation alpine les grès fins du Carbonifère miment les micaschistes compacts ou les petits gneiss albitiques du cristallin; sur le terrain la confusion est fréquente.

D'autre part une brèche de base bien marquée n'existe pas automatiquement entre un sédiment Houiller et son socle : dans un bassin aussi « frais » pétrographiquement que le bassin Houiller d'Alès, on ne peut dire, à un mètre près, dans certains sondages, où se trouve la limite entre les micaschistes rubéfiés qui ont foisonné et la pâte sédimentaire micacée qui les surmonte. Plus près de nous, Ch. LORY et J. DEBELMAS (1952) et récemment C. BORDET (1957) ont noté la difficulté, et parfois même l'impossibilité où l'on se trouvait de séparer les schistes cristallins désagrégés, altérés, des grès et schistes qui viennent au-dessus et leur ont emprunté leurs éléments constitutifs.

Le Houiller n'a pas pu être daté directement sur le pourtour du Ruitor. Il n'est pas nécessairement du même âge que les niveaux **les plus anciens** du Petit Saint-Bernard (transgression vers l'est possible). Il fait cependant partie de la même unité paléogéographique et tectonique. Peut-on estimer, même grossièrement, entre quelles limites chronologiques il se trouve ?

Au Petit Saint-Bernard on connaît une flore du Westphalien inférieur à *Neuropteris schlehani*. Il est probable que l'on y trouvera un jour des végétaux namuriens. On peut donc penser que les grès et schistes charbonneux de Montseti, de Loydon et des Invergneures, anté-stéphaniens, sont au moins westphaliens.

Or au Petit Saint-Bernard le Westphalien inférieur n'a subi que le métamorphisme alpin; à Briançon, le Namurien certain (R. FEYS, Ch. GREBER) ne montre aucune trace de métamorphisme ou de phénomènes orogéniques.

Dans ces conditions l'hypothèse d'un métamorphisme régional, d'âge Westphalien ou Namurien (phase de l'Erzgebirge) nous semble parfaitement inadéquate pour interpréter le cristallophyllien, tout proche, du Ruitor. L'âge le plus récent que l'on puisse assigner à ces formations et à leur métamorphisme est Carbonifère inférieur (Dinantien).

La partie nord et ouest de ce massif se présente comme une large coupole (forme et structure) autour de laquelle se sont moulés les plis du Carbonifère. Au sud cette structure est moins évidente, et dans la juxtaposition de la masse de micaschistes gris de la Forcla du Bré-Arp Vieille avec la série à roches vertes du sommet du Ruitor, des accidents cisailants ont pu jouer un rôle.

Nous n'avons rien trouvé comme structure ancienne qui rappelle le style isoclinal décrit par C. BORDET dans Belledonne. Cela peut tenir à la différence d'échelle : la zone que nous avons étudiée s'étend sur 28 km² seulement et ne représente que 2 000 m de couches.

Au sud-est et à l'est, le cristallin (et au sud le Houiller qui le recouvre) est tranché obliquement par une surface de chevauchement. Les terrains métamorphiques de la zone Vanoise-Mont Pourri et les Schistes lustrés lui sont juxtaposés, soit directement, soit avec interposition d'un liséré de Trias. Le petit lambeau de serpentine du glacier de Moriond est

un témoin de la postériorité du charriage des seconds sur le chevauchement des premiers (profil n° 1).

Les comparaisons entre séries cristallophylliennes sont toujours très délicates et aléatoires. Elles sont cependant nécessaires.

1) La première qui s'impose à nous, pour des raisons géographiques, nous arrêtera peu. Sur le terrain la différence entre les schistes cristallins du **Ruitor** et ceux de la **zone Vanoise-Mont Pourri** dans le Valgrisanche, est nette mais cependant peu frappante, surtout pour qui n'a pas une très grande habitude de ces séries.

Micaschistes gris vert ou vert foncé, roches vertes prasinitiques rubanées à grenats, etc. paraissent au premier abord moins plissottées, moins « métamorphiques » dans la première que dans la seconde. Au cours d'une course dans le Valgrisanche avec J. GOGUEL, nous n'avons pu trouver dans celle-ci trace d'anciens conglomérats, tels ceux qui ont été décrits dans le massif d'Ambin (J. GOGUEL et P. LAFFITTE, 1952), mais qui manquent totalement dans la Vanoise méridionale et sont très rares dans la Vanoise septentrionale (F. ELLENBERGER). Il n'est évidemment pas impossible que les couches les plus profondes de cette zone appartiennent à un cristallin ancien qui jouerait là le rôle du Ruitor dans la zone Houillère. Mais l'existence d'un tel substratum ancien, déjà admis par M. GIGNOUX, et que l'on pourrait inférer notamment des publications récentes de R. MICHEL (1956) est encore à démontrer. D'ailleurs si l'on suit F. ELLENBERGER (1958, p. 124-125), en admettant que l'épaisseur du Carbonifère métamorphique est dans le même ordre de grandeur que celle du Permien par rapport aux formations correspondantes de la zone Houillère, il y aurait bien peu de chances pour que l'on y trouve, même en Valgrisanche, quelque chose d'aussi ancien.

2) Si l'on met à part l'albitisation alpine, notable en Tarentaise, les descriptions par P. TERMIER (1903) des roches cristallines de **Serre-Chevalier** et de **l'Eychauda** pourraient s'appliquer presque textuellement aux roches du Ruitor :

Micaschistes, gneiss fins, amphibolites, gneiss porphyroïdes, sont quasi identiques. Les gneiss porphyroïdes semblent seulement moins écrasés. Ajoutons cependant que les comparaisons d'échantillons que nous avons pu faire n'étaient pas concluantes.

3) On connaît depuis longtemps les **écaillés de Villarly et Hautecour**, dans les zones sub-briançonnaises (GIGNOUX et RAGUIN, 1932).

Récemment R. MICHEL en a repris l'étude. Le peu d'étendue des affleurements ne permet pas de comparaisons serrées avec d'autres massifs. Il semble cependant que l'on puisse les apparenter à Belledonne (R. MICHEL, 1958). La comparaison avec le Ruitor pourrait être intéressante (présence de schistes noirs colorés par de l'illménite, d'orthoprasinites et d'orth amphibolites, etc.).

4) Les descriptions des roches du massif de **Belledonne et des Grandes-Rousses** (C. BORDET, 1957; P. BORDET, 1957) rappellent dans une certaine mesure celle du Ruitor.

Dans les deux cas il s'agit d'ectinites, métamorphisées dans la zone des Micaschistes (sup. et inf.), comportant d'épaisses formations de « schiste vert » d'origine probablement éruptive (sills, tufs, coulées) quelques horizons de schiste noir charbonneux ou graphiteux et de très rares bancs lenticulaires de cipolin⁽¹⁾. Nous n'avons pas trouvé dans le Ruitor de roche très riche en sphène, ni de granite vrai (C. BORDET, 1957).

Par ailleurs le métamorphisme et la rétro-morphose du cycle alpin sont moins marqués dans Belledonne que dans le Ruitor, d'où il résulte que les biotites anciennes sont mieux conservées à

(1) Une note récente de R. MICHEL et J. VERNET (1957) précise nos connaissances à ce sujet pour le Pelvoux. On pourrait y distinguer deux formations calcaires antéhercyniennes.

Belledonne, et les minéraux alpins moins développés : grenat par exemple dans les schistes verts, albite dans les schistes gris.

L'exiguité du secteur étudié ne permet pas de comparer rigoureusement nos schistes cristallins à l'une ou l'autre des séries distinguées (1), bien que le rapprochement des micaschistes gris à grenat de l'Arp Vieille et de la « Série satinée » d'une part, de la formation à roches vertes du socle du Ruitor ou du Bec de l'Ane avec la « Série verte » de l'autre, viennent à l'esprit. Les traces de carbonate sont cependant plus rares dans nos micaschistes que dans ceux de la « Série satinée ».

Dans les deux cas les phases principales de métamorphisme et de granitisation paraissent s'être produites avant le Westphalien.

5) Par contre ce que nous connaissons du **Grand Paradis**, directement et surtout par la thèse de R. MICHEL (1953), n'évoque en rien le Ruitor. Il s'agit d'un massif beaucoup plus granité et probablement plus ancien (PANGAUD, LAMEYRE, MICHEL, 1957).

A. SITUATION ACTUELLE DU SUBSTRATUM DE LA ZONE HOUILLERE

Nous avons vu, et le fait ressort nettement de l'examen des profils au 1/50 000, que le massif du Ruitor émerge d'un anticlinal plus « interne » par rapport à celui que nous avons décrit dans les vallées de l'Arc et du Doron de Bozel sous le nom d'« Anticlinal médian ». Ce massif est le seul où nous puissions voir le substratum cristallin de la zone Houillère. Au sud il s'engloutit en profondeur sous le chevauchement de la zone Vanoise-Mont Pourri. Les écailles de Hautecour, Villarly, la quatrième écaille, ne peuvent, en toute rigueur, être confondues avec lui.

Dans le reste de la zone Houillère, les affleurements ne nous donnent guère d'indications sur la profondeur à laquelle peut se trouver le socle. La stratigraphie est encore trop peu précise dans ces zones inférieures et le cœur de l'anticlinal médian ne nous a livré aucun fossile dans la vallée de l'Arc. La géophysique par contre nous a apporté récemment des données intéressantes.

Des expériences sismiques ont été faites à la latitude du Galibier, au Lac Rond des Rochilles, entre le massif des Sétaz et celui des Cerces (TARDI, 1957). Le socle, caractérisé par une vitesse de 5,2 à 5,5 km/s (2) se trouverait aux Rochilles à une profondeur de 500 m environ. Au sud de Névache « le milieu caractérisé par la vitesse de 6,07 km/s, se trouve à environ 2 km de profondeur » avec « une surface de discontinuité à la limite supérieure de ce milieu ». Celui-ci peut être encore considéré comme le substratum cristallin.

Une profondeur de 2 km pour le socle (3) est plausible en Briançonnais : il s'agit d'une valeur moyenne. Or l'on sait que le Namurien affleure en plusieurs endroits au cœur d'anticlinaux (R. FEYS).

Le premier chiffre par contre est plus surprenant et mériterait confirmation.

(1) C. BORDET (1957) et P. BORDET (1957) ont distingué dans le cristallophyllien de Belledonne et des Rousses deux séries d'âge différent : la série supérieure, ou « Série verte » épaisse de 3 000 à 5 000 m, est formée de schistes compacts vert foncé ou grisâtres, à lits amphiboliques, prasinites, ovardites, bancs de schistes noirs ardoisiers ou graphiteux et de cipolins (C. BORDET, 1957, p. 29-30) ; la « Série satinée » (5 000 m environ) de micaschistes gris de fer, satinés, comportant quelques bancs de schiste graphiteux, de prasinites, d'arkoses et de conglomérats.

(2) Dans le Houiller, à faible profondeur (quelques centaines de mètres), les vitesses de propagation des ondes s'échelonnent entre 3 200 (schistes avec veines de charbon) et 4 250 m/s ou 4 500 m/s (grès). Dans les expériences ci-dessus la vitesse admise est 4,5 km/s.

(3) Il nous paraît en effet fort peu probable qu'il puisse s'agir du cristallin du Pelvoux.

Au premier abord il paraît absurde : le Lac des Rochilles est établi sur du Mésozoïque. A proximité, à l'est s'étend le Permien épais et complet de Roche Château et de Rochachille; on sait qu'il surmonte du Westphalien moyen. A l'ouest, en contrebas des Rochilles, le vallon de la Ponsonnière est rempli d'un Néopermien très développé.

On sait cependant qu'entre ces deux massifs affleure du Westphalien ancien, connu du col de la Ponsonnière au lac des Cerces et au Collet de la Fourche. Il a été daté sur le versant briançonnais par R. FEYS et B. TISSOR. Or, nous avons vu que ce Westphalien est en contact anormal avec le Permien au Collet de la Fourche. Il doit en être de même au col de la Ponsonnière si l'on en juge par les laminages qui ont fait disparaître la plus grosse partie du Néopermien et le banc de porphyrite. Cet accident est en gros N.-S. (1). C'est peut-être lui qui, au nord de la Sétaz des Prés, redouble les quartzites Werféniens.

Il a certainement joué à l'alpin, probablement dans le même sens que le chevauchement frontal. Est-il plus ancien ? Nous ne savons. Il rend en tous cas possible une remontée du substratum à l'aplomb des Rochilles.

Au sud de Briançon « les résultats sismiques ne confirment pas l'hypothèse d'un enfoncement des terrains Houillers du Briançonnais » (TARDI, *op. cit.*). En fait ceci n'a pu être vérifié car les stations d'observation se trouvent à l'ouest et non à l'est du massif de l'Argentera-Mercantour.

B. LE SOCLE DU CARBONIFERE

Que le cristallin du Ruitor, en des parties peut-être aujourd'hui cachées à nos yeux, ait été érodé au Stéphanien ne fait pour nous aucun doute : les galets de roche à épidote en témoignent. Mais le secteur bénéficiaire de ces apports est somme toute, assez limité. Nous n'en avons trouvé que dans les conglomérats de Haute Tarentaise (2).

Le massif ancien qui a fourni le matériel détritique du Houiller des Trois Vallées et de Maurienne, en particulier ce que nous pouvons en imaginer à partir des conglomérats de l'Assise de Courchevel, est assez différent :

A côté des galets de quartz blanc banal qui en forment la plus grosse partie, nous trouvons des quartz gris, parfois presque noirs (3), des gneiss blancs (4), des roches aplitiques, des quartzites fins et des microquartzites blancs, des phanites gris ou noirs. Ces derniers sont en général écrasés, parcourus d'un réseau de fissures parallèles; ils ne nous ont jamais montré la moindre trace d'organismes. Ils ne peuvent provenir de l'horizon à algues de Belleville.

Dans la moitié occidentale de la zone Houillère, les galets de roche éruptive acide, cf. rhyolite blanche, ne sont pas rares. Par contre les galets de micaschistes sont peu fréquents et le granite exceptionnel.

Signalons aussi une trachyandésite (Belleville, les Enverses), un schiste tacheté (5).

Ajoutons à cela une grande quantité de feldspath détritique en particulier au Stéphanien, peu de minéraux lourds (tourmaline, etc.) tout au moins à l'examen en plaque mince, pas de roches carbonatées.

(1) B. TISSOR (1956, p. 165) l'a dessiné au nord; il conviendrait de prolonger son trait vers le sud au moins jusqu'au col de la Ponsonnière.

(2) F. ELLENBERGER (1958) en signale aussi en petits galets, dans le Permien de Vanoise septentrionale.

(3) Des études en cours de G. DEICHA n'ont pu encore définir la nature et l'origine de ce pigment.

(4) Ce faciès banal est peu répandu dans le Ruitor. Nous avons par contre trouvé à Péclet de gros galets de gneiss ocellé rubéfié rappelant ceux du Bec de l'Ane.

(5) Parsemé de petits amas ovoïdes clairs. D'après M. RAGUIN, il pourrait s'agir d'une ancienne roche à cordiérite. Elle rappelle certains schistes du Culm de l'Ardoisière (J. JUNG, 1946).

Comme on pourrait s'y attendre toutes ces roches sont décolorées dans les formations grises, parfois rougies dans les couches versicolores du sommet.

Les galets sont fortement émoussés, même si l'on tient compte des déformations alpines (schistosité, écrasement). Ils sont habituellement petits, de l'ordre du centimètre, rarement du décimètre; ils n'atteignent qu'exceptionnellement plusieurs décimètres de diamètre.

Tout ceci témoigne, de même que la rareté des roches friables, **d'un transport fluvial assez long.**

Est-ce la raison pour laquelle ces roches sont si peu variées ? Seules auraient résisté les plus tenaces ou les moins altérables.

En conclusion, le pays cristallin d'où provenaient ces roches et qui formait le cadre de la zone Houillère briançonnaise, devait être :

- profondément granité (comme le Grand Paradis);
- comporter des formations sédimentaires antéwestphaliennes siliceuses (schistes, phyllites, microquartzites) métamorphisées, et des roches éruptives acides.

Le tout évoque assez bien un Culm traversé de granites comme dans le Massif Central français, mais ne peut être identifié exclusivement à l'un ou l'autre des massifs cristallins évoqués plus haut.

II. LE CARBONIFERE PRODUCTIF OU LE WESTPHALIEN LAT. S.

A. LE NAMURIEN

Le Namurien a été découvert dans le Briançonnais par R. FEYS et Ch. GREBER dans des pointements anticlinaux sur les deux bords de la zone Houillère.

Nous n'avons pu le caractériser en Savoie. Il existe peut-être dans la vallée de l'Arc, au cœur de l'Anticlinal médian que l'on peut considérer comme le prolongement vers le nord de l'anticlinal de Paquier (R. FEYS) dans la vallée de Névache.

D'après R. FEYS ce Namurien est, en Briançonnais, formé de grès et de schistes à veines de charbon, sans conglomérats. Si l'on admet l'hypothèse ci-dessus il se stériliserait en Maurienne pour donner cette série de grès en bancs épais, de grès schisteux et de schistes noirs à minces veines d'antracite dénommée « grès de la Pra ». On le découvrira peut-être un jour sur le pourtour du Rutor ou dans les écailles de bordures; au Petit-Saint-Bernard.

A la Pra, cette sédimentation surtout sableuse évoque des dépôts fluviaux. Certaines passées charbonneuses font plus penser à des couches de tourbe au milieu de bancs de sable qu'à une alluvion végétale accumulée sur le fond d'un lac.

B. LE WESTPHALIEN INFÉRIEUR ET MOYEN

Cet étage productif constitue la majeure partie du Houiller de Briançon. En Savoie il a été reconnu en quelques secteurs : il forme la crête Thabor-Sandoneire, le fond de la vallée de Valmeinier, le sommet du Croy du Quart, apparaît au fond de la vallée de l'Arc à Saint-

Michel-de-Maurienne. On le retrouve dans celle de l'Isère, à Landry et au col du Petit-Saint-Bernard. C'est à lui que l'on doit rapporter les seules couches datées du faisceau de Salins. En Savoie les quelques fossiles trouvés indiquent un âge Westphalien C ou B-C. Le Westphalien inférieur n'a pas été caractérisé.

Les couches de la rive droite de l'Isère en aval de Bourg-Saint-Maurice doivent sans doute aussi lui être attribuées; il en serait de même pour l'enveloppe de Houiller productif de l'anticlinal médian dans la vallée de l'Arc. Quant aux couches stériles situées en dessous elles peuvent être aussi bien westphaliennes que namuriennes.

Du point de vue faciès, le Houiller qui forme les escarpements sud et est sous le glacier de Chavière paraît l'équivalent des couches du Freney d'une part et de la crête Caron-Thorens d'autre part, c'est-à-dire des couches inférieures du Brequin-Bois Dessus. Ce sont des grès et des schistes banaux contenant quelques veines d'anthracite peu épaisses et de rares bancs de conglomérat (quelques décimètres à 1 ou 2 m d'épaisseur). Ces corrélations demanderaient toutefois à être confirmées par des fossiles. A l'ouest ces couches se trouvent à la limite du Houiller productif et du Houiller stérile.

Si l'on met à part le Crey du Quart (est de Valloire, au sud de l'Arc), qui se trouve dans une position anormale, témoin peut-être d'une tectonique hercynienne, partout ailleurs ce Westphalien apparaît en boutonnière sous le Houiller plus récent. Celui-ci ne l'a pas « débordé » au nord comme on aurait pu le penser. Cette dernière hypothèse impliquant un déplacement vers le nord de la zone de sédimentation qui se serait établie au Westphalien supérieur sur des parties du continent qui ne s'étaient pas affaissées jusque-là, n'a pas été confirmée. Le bassin subsident du Westphalien moyen correspondait, dans l'état actuel de nos connaissances, au moins à la partie savoyarde et briançonnaise *str. s.* de la zone Houillère, à l'exclusion des zones plus externes des Alpes occidentales où jusqu'à présent aucune preuve formelle de la présence de cet étage n'a été mise en évidence.

Le faciès de ce Westphalien moyen est très banal : grès et schistes comportant des faisceaux de couches d'anthracite, épaisses de quelques centimètres à 1 ou 2 m, séparées par des stampes stériles. Les conglomérats sont rares. Ils ne forment pas de gros bancs continus mais plutôt des nids, des poches à graviers de quartz émoussés. Autant que l'on puisse s'en rendre compte à travers les plis, les dysharmonies et la schistosité, les successions lithologiques n'obéissent pas à une loi simple; nous n'avons pu y déceler de cycles répétés. Les stratifications entrecroisées sont assez rares et jamais très larges (de l'ordre du centimètre ou du décimètre). Le remaniement des schistes, que l'on retrouve en languettes dans les grès, est fréquent. Ceci évoque plutôt une sédimentation marécageuse et fluviale calme qu'un régime torrentiel.

Nous avons noté (p. 63) à Bissorte des lits de schistes et grès fins verts et rouges, à la limite du Houiller stérile et du Houiller productif.

Géométriquement les couches qui les enferment appartiendraient encore au Westphalien inférieur ou moyen. Il peut paraître curieux que ces horizons, qui indiquent une modification momentanée des conditions de sédimentation, n'aient pas été retrouvées à Briançon. Ceci serait un argument important en faveur d'une hypothèse « tectonique » : les couches versicolores seraient l'équivalent de celles des Perches (Valmeinier) ou de la Traverse (nord de Saint-Michel) et témoigneraient de la présence de lambeaux d'Assise de Tarentaise profondément engagés dans des synclinaux pincés, sous le flanc inverse des grands plis couchés vers l'est, comme ceux de la Sandoneire et de la Roche de la Pelle. On doit remarquer toutefois qu'en affleurement ces roches sont peu visibles et ont pu passer inaperçues ailleurs. Nous ne les connaissons bien que par la galerie hydroélectrique de Neuvache-Bissorte (dans les 800 m aval).

Nous avons signalé plus haut ⁽¹⁾ un horizon de schistes rougeâtres ferrugineux.

(1) Les Granges, sur le versant sud de la vallée de l'Arc, au sud-ouest de Freney (p. 60).

Le banc, épais de 0,50 m environ, est compris entre des schistes noirs au « mur » et des grès schisteux comportant un filet charbonneux au « toit ». Au microscope le fond de la roche est un schiste gréseux ou un grès fin banal, gris, finement micacé. Certaines zones irrégulières sont imprégnées d'oxyde de fer — limonite et hématite — disséminé en fins grumeaux ou concentré en gros nodules compacts, mais à contours flous, qui peuvent atteindre 1 cm de diamètre. Ces nodules ne sont pas secondaires; ils ne paraissent pas non plus sédimentés. Le carbonate existe mais en petite quantité. Nous n'y avons pas observé de microstructure.

L'hypothèse qui nous semble la plus probable est qu'il s'agit d'un « fer des marais » fossile, tel qu'il s'en forme aujourd'hui dans des marais de climat tempéré ou tropical⁽¹⁾. Il se serait déposé ici au-dessus de la couche imperméable qui a donné le schiste, sur le **fond** du marécage ou peut-être sous le banc de sable et d'argile tourbeuse qui le surmontait. Une telle formation risque d'être très locale. Elle ne peut donc servir de niveau-repère.

Nous avons déjà décrit (J. FABRE et J. SARROT-REYNAULD, 1957) une roche composée pour 50 % environ de goethite en lits irréguliers dans le toit d'une veine de charbon de Montgirod, sur le versant rive droite de l'Isère (An. n° 66). La kaolinite qu'elle contient s'y trouve actuellement, pour une grande partie, cristallisée dans les fissures.

Un tel mode de gisement est fréquent pour ce minéral; nous l'avons retrouvé, mieux développé encore, dans une roche semblable du bassin Houiller d'Alès. J. de LAPPARENT l'avait déjà noté: la kaolinite, écrit-il (1935) « n'accepte pas l'impureté du milieu où elle cristallise, elle la repousse ». Il ne s'agit donc pas littéralement de remplissage de fissure, comme nous l'avons écrit, mais de filonets d'exsudation empruntant des fissures de distension, peut-être préexistantes. Par son gisement, au voisinage d'une veine de charbon, dans un sédiment imbibé d'eaux humiques, cette roche se rapproche des tonsteins et des argiles bauxitiques. Elle s'en distingue cependant par sa teneur en alumine, très faible, que compense l'abondance du fer ferrique. On notera aussi sa teneur en phosphore relativement forte, qui ne peut se trouver entièrement sous forme d'apatite détritique. La présence de phosphate, de fer ou d'alumine (ou les deux) est probable.

Une genèse du même type que la roche précédente peut être envisagée, de préférence à celle d'une « terra rossa » qui supposerait une émergence. Or il s'agit ici d'un schiste fin de « toit », sans traces de radicales, sédimenté sous l'eau.

Les nodules carbonatés (clayats) sont rares dans cette formation, et toujours de petite taille. Les plus grands que nous ayons trouvés, étirés dans un schiste du ravin de Bonnenuit (rive gauche de l'Arc) ne dépassent pas 10 cm.

Les fougères fossiles sont peu nombreuses. Les *Lepidodendron* et les *Calamites* ont mieux résisté aux déformations.

Nous avons indiqué en plusieurs points, dans la vallée de l'Arc et celle de l'Isère, de petites traces arrondies.

A la Pointe de Névache ce sont des macrospores de *Calamites* (*Triletes*) bien conservées; au col de la Madeleine, dans les mêmes couches, elles sont dues à des coquilles d'*Estheria* et de *Leaia*. Lorsque les empreintes sont plus effacées il est presque toujours impossible de dire si l'on a affaire aux premières ou aux secondes. Tel est le cas de Roche Noire par exemple.

Ces empreintes se trouvent, comme les pistes de vers, dans des couches que pour des raisons de géométrie on placerait volontiers dans le Westphalien moyen. Il en est de même pour le ou les horizons à gros nodules carbonatés qui en un point (Château Bourreau au sud du Mont Brequin) apparaissent comme les moulages de grandes *Carbonia* et *Naiadites*. C'est aussi dans cet étage que nous avons trouvé les deux seuls restes de Poissons qu'ait fourni notre terrain d'étude :

(1) TWENHOFEL (1950), p. 424.

— deux écailles de *Rhizodopsis sauroïdes* Williamson dans la vallée de Valmeinier à l'ouest de la Roche de la Pelle.

— à Saint-Michel-de-Maurienne une plaque de *Cœlacanthe* (1) découverte par Ch. GREBER.

Il semble donc qu'au Westphalien moyen notre bassin Houiller ait connu à deux ou trois reprises au moins un régime lacustre franc.

C. ASSISE DE TARENTEISE (Westphalien D - Stéphanien inférieur)

Au sud de l'Arc, l'Assise de Tarentaise n'est connue avec certitude que dans la vallée de Valmeinier. Elle paraît cantonnée dans le synclinal occidental et n'exister ni au sud dans le Briançonnais, ni à l'est sur l'anticlinal médian.

Rien ne permet de supposer qu'elle s'y soit autrefois étendue; la présence de Néopermien transgressif sur des couches plus anciennes au Thabor et au Roc Mounio-Arplane montre qu'il en était déjà ainsi à la fin du Primaire. Si d'autre part, comme le pense R. FEYS, les conglomérats du Granon à l'est du Monetier doivent être rattachés à l'Assise de Courchevel, c'est au maximum du Stéphanien inférieur que daterait sa disparition.

Cette absence nous paraît donc plutôt due à un non-dépôt. A la fin du Westphalien C se serait produit non un déplacement de l'aire de sédimentation vers le nord (puisque le Westphalien inférieur-moyen existe dans la vallée de l'Arc et en Tarentaise) mais un arrêt presque complet de la subsidence dans le Briançonnais, arrêt qui allait durer jusqu'à la fin du Permien, tandis qu'au nord la « fosse » houillère continuait à s'approfondir.

La flexure qui a pu limiter au nord, au Westphalien supérieur et au Stéphanien inférieur, cette aire stable, a été déformée par la suite. Aussi son tracé est-il difficile à préciser. Nous la ferions passer maintenant au sud de la Ponsonnière et dans la haute vallée de Névache, au nord du Mont Thabor, du massif Mounio-Arplane, et peut-être par le massif de Pécelet-Polset. La région de Modane serait à la limite des deux zones. Tout se passe comme si l'anticlinal médian commençait déjà à s'esquisser au sud de notre terrain d'étude.

Le biseau d'Assise de Tarentaise de la vallée de Valmeinier s'épaissit rapidement vers le nord, passant de 300 à 500 m à l'Arendier, à 700 ou 1 200 m à Saint-Michel-de-Maurienne et en Tarentaise. Dans la vallée de l'Arc, cette assise paraît encore contenue dans le synclinal occidental. Au nord de la ligne de partage des eaux elle s'étale largement dans les vallées de Belleville et des Allues, remplit la vallée de Bozel et forme une grande part des pentes molles de la rive gauche de l'Isère. Nous savons qu'elle existe au Petit-Saint-Bernard (présence de *Mixoneura*) où elle doit former la barre de la Redoute Ruinée. Elle doit constituer au moins une partie du Houiller valdôtain et valaisan, bien que les fossiles signalés — *Pecopteris* cf. *miltoni* à Arpalle dans la « zone Houillère moyenne » et à Grône dans la « zone Houillère supérieure » — ne nous apportent aucune précision (GAGNEBIN et OULIANOFF, 1942). Elle n'a pas encore été mise en évidence dans le faisceau de Salins.

Ses constituants sont les mêmes que ceux du Westphalien moyen et inférieur mais avec une plus grande proportion de schistes (50 à 60 %).

(1) A première vue, d'après M. LEHMANN. L'échantillon, malheureusement a été perdu.

a. Schistes bitumineux et niveaux à clayats

Les horizons de schistes bitumineux sont rares :

La Traverse, col des Encombres, col de Pierre Blanche dans le bassin de l'Arc.
Bozel, la Tagna dans celui du Doron de Bozel.

Les trois premiers se trouvent, chose curieuse pour des sédiments déposés en milieu réducteur, à proximité de niveaux versicolores, indices de conditions oxydantes.

Les seconds sont plus bas dans la série, au milieu de schistes noirs fins à veines de charbon. Ils sont accompagnés parfois de schistes à filets et nodules carbonatés (clayats). Ceux-ci sont plus fréquents que dans la série sous-jacente, mais cependant toujours exceptionnels. On peut en observer au bord de la route de la station de Méribel-les-Allues, au nord du hameau de Mussillon. Nous en avons noté en plusieurs endroits dans la vallée (col 1952, Tougnète, Côte Brune, etc.) ainsi que dans le bassin de l'Arc (Galerie des Vallons de l'adduction Neuvache-Bissorte), soit au milieu de schistes et de grès, soit au toit d'une veine de charbon. Rien n'indique qu'ils soient liés à des niveaux marins.

La chaux peut aussi ne pas se présenter sous forme de nodules carbonatés mais être intimement liée aux constituants de la roche.

Tel est le cas d'un schiste noir, compact, récolté sur le versant ouest de la Gratte (vallée de Belleville) au sommet de la série (An. 47). Cette roche est en même temps assez riche en fer et, comme les schistes de ce type que nous verrons plus loin, riche en phosphore. Nous en reparlerons en même temps que de ces derniers.

b. Les schistes blancs

Ici aussi les roches pâles, les **schistes blancs**, sont l'exception. Nous les avons décrits plus haut. Ce qui les distingue des autres roches houillères n'est pas la nature, minéralogique ou chimique de leurs composants, mais l'absence de pigment noir. Or ce pigment des schistes banaux paraît dû principalement à la matière organique : le degré d'oxydo-réduction du fer intervient peu et le soufre n'existe souvent qu'à l'état de traces, que la roche soit noire ou blanche. Ce n'est donc pas du sulfure de fer finement divisé qui colore les schistes houillers; des schistes clairs permien sont souvent beaucoup plus riches en pyrite.

Au microscope ces « schistes blancs » ont une texture de grès ultrafin, homogène, à délits sériciteux. Le ciment, argileux, maintenant quartzo-sériciteux, est peu abondant et peut même dans certains lits devenir presque uniquement siliceux. C'est exactement le contraire que l'on devrait observer si ces « schistes » correspondaient à d'anciens tonstein recristallisés. Ceux-ci sont en effet toujours riches en alumine (voir par exemple PRUVOST, 1934, HOEHNE, 1957). On pourrait aussi expliquer l'absence des matières organiques par un lessivage secondaire. Ces sédiments, à texture de microgrès siliceux, auraient été perméables à l'origine, comme les tonstein (P. PRUVOST, 1934) mais pour des raisons différentes, ou encore représenteraient la zone inférieure décolorée d'anciens sols.

Ces horizons, interstratifiés dans des schistes fins, ne contiennent pas, comme les tonstein, de gros débris végétaux. Ils peuvent simplement correspondre à une raréfaction de l'apport organique.

Des roches identiques n'ont pas été explicitement signalées ailleurs. Nous en avons cependant trouvé sur le versant italien du Grand Saint-Bernard. Il est possible que les « schistes séricitiques » du Houiller valaisan, considérés par LOMBARD (1946, p. 161) comme des « lentilles exotiques » de Permien ou de Permotrias, et par VALLET (1950) comme des mylonites, en soient aussi.

c. Les niveaux versicolores

Le problème est un peu du même ordre pour les niveaux verts et rouges.

Du point de vue granulométrie et du point de vue chimique ces roches ne se distinguent pas franchement des schistes noirs; les teneurs en fer ferrique sont égales ou un peu supérieures à celles des schistes noirs. Le degré d'oxydation, donné par le paramètre α de NIGGLI, est compris entre 0,15 et 0,55 pour les schistes versicolores, 0,03 et 0,30 pour les schistes noirs, si l'on ne tient compte que des roches banales.

Le fer se présente habituellement sous forme d'hématite, en poussière dans la roche, plus rarement en petits nodules ovoïdes (1 à 4 mm) qui boursouflent les délits du schiste (par exemple dans un lit de l'horizon supérieur de la Pointe de la Masse).

Comme pour les « schistes blancs », ce qui caractérise ces roches est essentiellement l'absence de pigment noir, c'est-à-dire, pour une grande part, de matière organique très divisée.

Puisque, mis à part le degré d'oxydation du fer, la composition chimique des schistes versicolores et des schistes noirs est la même, l'origine des matériaux détritiques doit être identique et on ne doit pas chercher à interpréter ces horizons d'une manière tout à fait différente des autres sédiments houillers: en supposant par exemple qu'il s'agit de roches éruptives altérées, de cinérites, etc. ou d'une façon générale des produits d'attaque de couches (riches en fer ferrique) exposées à l'érosion, uniquement pour ce court laps de temps.

La sédimentation des couches vertes ou bariolées dans lesquelles nous n'avons jamais trouvé traces de radicules a dû, puisque ces roches se caractérisent par l'absence de matière organique et par cela seulement, suivre une disparition, sur les terres émergées environnantes, de la végétation **forestière et palustre**.

Or, si l'on peut invoquer pour le Permien une modification importante du climat, il n'en est pas de même au Westphalien puisque ces horizons, qui ne mesurent parfois que quelques décimètres d'épaisseur, sont interstratifiés dans des couches grises à faciès banal, contenant des passées charbonneuses.

L'hypothèse de l'incendie, si elle ne doit pas être écartée, ne peut cependant s'appliquer qu'à la forêt.

On peut imaginer aussi une remontée du niveau hydrostatique suffisante pour tout noyer et suivie d'un retrait rapide des eaux sur de grandes surfaces.

On sait que de telles inondations se sont produites un grand nombre de fois dans tous les bassins houillers. C'est le sol nu, émergé au cours d'une période sèche, et sur lequel les débris végétaux restants avaient été oxydés, qui était enlevé et allait se déposer plus loin sous forme de sédiments verts et rouges, argiles sableuses et sables fins. La présence de petits nodules d'hématite ou d'ankérite dans ces niveaux appuierait cette hypothèse (ERHART 1956, p. 70). Leur rareté s'expliquerait par le fait que le climat de l'époque Houillère n'était pas encore franchement aride, avec évaporation importante.

A ces périodes sèches (qui ne correspondaient pas dans tous les cas à une dénudation) succédaient des périodes humides où la végétation — forêt et marécage — pouvait se reconstituer rapidement.

Ceci pourrait expliquer que l'on ait un passage continu, et même une intrication de couches grises et versicolores, suivant que les argiles et les sables amenés venaient de zones boisées ou dénudées.

La facilité avec laquelle pouvaient se produire et le ravinement, et le retour au régime antérieur, dépend évidemment du climat moyen.

Il faut noter que dans l'Assise de Tarentaise ces niveaux versicolores apparaissent progressivement au sommet du Westphalien et deviennent de plus en plus nombreux et épais au Stéphanien

comme c'est aussi le cas dans le bassin houiller Sarro-Lorrain. Mais ces variations doivent dépendre aussi de la nature des sols ainsi que de la topographie du bassin de sédimentation et de l'arrière pays.

d. Bancs ferrugineux

Comme dans le Westphalien sous-jacent l'Assise de Tarentaise contient quelques horizons riches en fer. Nous en avons trouvé deux types :

— Les uns se présentent sous forme de petits bancs plus ou moins lenticulaires, de 2 à 3 cm d'épaisseur, interstratifiés dans des schistes noirs. Les épontes sont parfois ondulées. La roche est rouillée, spongieuse dans les zones claires et pourrait passer pour un grès fin décomposé.

Un échantillon récolté au sud-ouest du hameau de Miraboson, au nord de Bozel dans des couches à grands *Mixoneura*, montre au microscope une texture assez particulière : dans les zones claires, où les produits ferrugineux ne voilent pas les autres composants, on observe des paillettes de mica blanc couchées suivant la stratification, un peu de quartz détritique et secondaire, et surtout des plaquettes feldspathiques, disposées en tous sens, poudrées d'une poussière noire. Les limites des cristaux ne sont pas nettes au milieu de l'agrégat de matière organique, de phyllites sales et de petits cristaux bruns, translucides, d'oxyde de fer, goethite probablement; de toute évidence ce feldspath est secondaire.

Une roche semblable d'aspect, récoltée au nord-ouest de Villemartin (935,6 - 359,5) dans des couches de même âge n'apparaît au microscope que comme un schiste banal, fin, imprégné d'oxyde de fer floconneux.

Dans l'un et l'autre cas rien ne justifie l'hypothèse d'une imprégnation secondaire tardive. Par contre, si la proportion de quartz détritique augmente au point que l'on ait un grès fin ferrugineux, la distinction d'avec les roches minéralisées secondairement est plus difficile.

— D'autres ne nous sont apparus qu'à l'analyse chimique. Ce sont des schistes noirs, compacts, qui au premier abord se distinguent peu des schistes fins banaux. Un échantillon de ce type, aux délits finement bosselés par le métamorphisme alpin, a été récolté comme le précédent près de Villemartin, en contrebas du hameau des Champs. Il était interstratifié dans une stampe à charbon, sous l'horizon décrit plus haut. On est tenté de le comparer à des lits analogues de schiste compact, dense, tel celui qui se trouve au toit du banc de phtanite à algues près du col de la Lune, ou au banc de schiste calcique et ferrugineux de la Gratte dans la vallée de Belleville.

Ce dernier⁽¹⁾ montrait au microscope des agrégats feldspathiques identiques à ceux de Miraboson (mais moins importants) au centre de quelques amandes plus claires, et ce en dépit de sa très faible teneur en alcalins (An. 47).

Mise à part la teneur en carbone qui peut évidemment varier dans de fortes proportions, les analyses des deux types de roches sont comparables, sauf pour la soude.

L'échantillon de Miraboson (An. 63) donne de fortes teneurs en fer ferrique (24,24 %) soude (2,46 %) et phosphore (2,42 % de P 205). L'« orthose » fictive (2,22 %) représente le mica blanc, et l'« albite » le feldspath observé en plaques minces (20,96 %).

La proportion de chaux, pourtant notable, n'est cependant pas suffisante pour saturer le phosphore (Apatite calculée : 5,5 % environ en poids) qui doit en fait se trouver sous forme de **phosphate alumineux** cf. wavellite (le corindon virtuel représente 15,3 % de la roche) ou de **phosphate ferrugineux**. Il n'est bien entendu pas question de calculer de la calcite qui n'apparaît pas au microscope. La petite quantité de CO₂ doit se trouver combinée au fer. La magnétite calculée représente 7,42 % de la roche, l'hématite 19,2 %, le quartz libre 25 %, alors que les paramètres de NIGGLI indiquent un déficit de silice. La forte proportion d'eau de constitution doit être due en partie aux phosphates, en partie à de la goethite, comme à Montgirod.

L'analyse du second type (An. 64) est faussée par une forte teneur en carbone. Les paramètres de NIGGLI donnent une meilleure image de sa composition :

(1) On peut aussi indiquer dans le Westphalien moyen un schiste compact qui affleure, dans la vallée de l'Arc, sur le chemin de la Lozière au Bois-Dessus, au-dessus du chalet du Coin.

Le fer représente plus de 20 % de la roche. On le calcule en magnétite (17,40 %) et hématite (4,80 %) mais il est probable qu'il se trouve, comme à Montgirod, sous forme de goethite et peut-être aussi de carbonate. Une partie peut se trouver combinée au phosphore. Le manganèse est abondant; c'est la plus forte teneur observée dans nos roches. La proportion de phosphore est plus forte encore que dans l'analyse précédente. Il se trouve peut-être dans une hypothétique apatite détritique, mais nécessairement aussi comme phosphate ferreux, magnésien ou alumineux, peut être sous forme de wavellite, qui est connue dans les gisements de fer et de manganèse; mais nous ne pouvons voir ce que serait devenu ici ce minéral. Nous savons toutefois que dans la Vanoise, où le métamorphisme alpin est mieux caractérisé, le phosphate de chaux (croûte à la base des marbres phylliteux) est resté « inerte », et n'a pas recristallisé en apatite (F. ELLENBERGER, 1958, p. 359).

Bien que plus pauvre en fer le schiste de la Gratte se rapproche des roches ci-dessus par sa teneur en phosphore (An. 47). Celui-ci doit s'y trouver sous une forme analogue, et avoir une origine semblable.

D'une façon générale, les schistes houillers, quelle que soit leur couleur, sont assez riches en fer. Les roches que nous venons d'étudier s'en distinguent cependant par une teneur supérieure à la moyenne, et corrélativement une proportion d'alumine plus faible. La teneur en phosphore est d'autre part nettement anormale. Dans tous les cas ces roches sont interstratifiées dans des sédiments fins (schistes) non loin de passées charbonneuses. Aucun indice ne permet de leur supposer une origine marine ou saumâtre.

Or ce fer n'est pas un composant important des matériaux détritiques apportés. Sa concentration paraît relever beaucoup plus d'une précipitation chimique; de même pour le phosphore. Il nous semble qu'il s'agit ici d'un phénomène analogue à celui qui a été envisagé (p. 167) pour les niveaux ferrugineux de la rive gauche de l'Arc et de Montgirod (An. 66), une sorte de « fer des marais » produit sur le fond du marécage houiller, sous une tranche d'eau probablement faible, en une période (ou en un point) où l'apport détritique réduit laissait se développer des dépôts de précipitation chimique. Pour reprendre la terminologie d'ERHART, on se trouverait en un temps (ou un lieu) de « Biostasie ».

e. Les phthanites (lydiennes) à algues

Là aussi nous nous trouvons devant un dépôt de précipitation chimique : pratiquement pas de composant argileux, très rares paillettes de mica ou grains de quartz détritique; l'étude microscopique confirme que cette roche s'est formée en eau parfaitement limpide. Quelle peut être, dans ces conditions, l'origine de la silice ?

Après GRAND EURY nous avons d'abord (1956) invoqué une relation possible avec des phénomènes éruptifs : geysers, lessivage de cendres ? Mais cette hypothèse ne peut être satisfaisante. La régularité de ce dépôt se conçoit mal dans une période ou une région instable : on ne trouve trace de matériaux volcaniques figurés ou dissous, ni dans la roche, ni avant, ni immédiatement après. Les premiers apparaissent plus tard, dans l'Eopermien, à la rigueur dans l'Assise de Courchevel, toujours après la transgression stéphanienne. Enfin ce que nous savons des geysers cadre mal avec ce type de dépôt. Il nous faut donc envisager le problème sous un tout autre aspect.

H. ERHART (1956, p. 69) interprète les diatomites des « grands bassins fermés » du Niger et du Tchad comme :

« La conséquence normale de la latéritisation ancienne de roches cristallines qui ont perdu la plus grande partie de la silice des minéraux silicatés. Celle-ci n'ayant pu être conduite à la mer a servi à l'épanouissement d'une flore planctonique siliceuse qui devait être d'autant plus abondante que les eaux, sortant des massifs forestiers denses devaient être très claires et chaudes. »

Il a pu en être de même pour nos roches. Les organismes étaient un peu différents (Cyanophycées filamenteuses) mais l'environnement était identique. Cette hypothèse expliquerait la grande extension horizontale et la régularité de cet horizon.

D'autre part le cadre paléogéographique devait être très peu modifié pour que s'installent, à la place de ce lac, vaste et peu profond, les marais tourbeux et les étangs donnant naissance soit aux schistes ferrugineux, soit aux passées charbonneuses qui accompagnent le phthanite en Tarentaise, ou alternent avec lui.

Dépôt de « Biostasie », cette roche le serait encore.

Les roches sédimentaires communes du Westphalien

Depuis de SAUSSURE, les grès et schistes et le charbon du Carbonifère alpin, notamment de la zone Houillère, ont été maintes fois décrits, tant sous leur aspect macroscopique que du point de vue microscopique (SCHOELLER par exemple pour le Houiller de Tarentaise). Récemment R. FEYS dans le Briançonnais, VALLET puis CALAME, en Valais, en ont publié des diagnoses détaillées. Aussi ne pensons-nous pas nécessaire d'en donner ici à nouveau une description méthodique qui ne différerait guère des précédents que par le style propre de l'auteur⁽¹⁾. Nous préciserons seulement quelques points qui nous ont paru utiles pour la compréhension de notre sujet.

a. Les grès⁽²⁾

Dans l'Assise de Tarentaise ils représentent environ la moitié du volume du terrain Houiller; la proportion est un peu plus forte dans le Westphalien inférieur et moyen.

Autant que l'on puisse s'en rendre compte, derrière la recristallisation et l'écrasement alpins, ce sont tous d'anciens grès mal calibrés, arkosiques, à ciment originel abondant, argileux et siliceux.

Ce dernier caractère peut prédominer et donner des roches quartzitiques, mais le cas est assez rare. D'une façon générale les grains de quartz ont subi soit un accroissement (Pl. V - fig. 5), soit une corrosion (Pl. V - fig. 6) secondaire. La plupart de ces grès peuvent être rangés dans la catégorie des « quartzites-grès argiloquartzueux » de L. CAYEUX (1929), étant bien entendu que l'argile proprement dite a fait place à des produits micacés (il conviendrait donc de les appeler « quartzites-grès quartzophylliteux »). Les grès carbonatés, même faiblement, sont très rares (galerie de Malgovert : F 14, Aime : Nant Pugin). Dans le second cas d'ailleurs, la calcite paraît être secondaire.

Ces roches se rapprochent beaucoup plus des grès stéphaniens décrits par L. CAYEUX que des grès westphaliens du Nord qui, d'après cet auteur, sont aussi bien calibrés que les grès marins, ce qui signifie qu'ils ont subi une longue préparation mécanique.

Quelques types montrent une structure empâtée⁽³⁾ analogue à celle que l'on observe dans

(1) Il est bien évident que les roches de Maurienne et de Tarentaise ne sont pas toutes rigoureusement identiques à celle du Briançonnais. Nous avons déjà, à plusieurs reprises, indiqué les différences qui les séparent et portent essentiellement sur l'état de déformation. Autant que l'on puisse en juger par la littérature, les diagnoses des schistes et grès valaisans pourraient s'appliquer en général à nos roches de Tarentaise, sauf cas particulier.

(2) Nous avons vu plus haut (note p. 58) que la coloration noire ou grise de certains galets de quartz était due à des inclusions hydrothermales et non, comme on l'avait pensé (puisqu'ils étaient nombreux dans le Carbonifère) à des poussières charbonneuses.

(3) Ce qualificatif, utilisé par BRONGNIART, a été repris récemment par P. MICHOT (1958). Il constitue, dans la classification de cet auteur, l'un des trois types de structures d'agrégat dans les roches de la série psammitopélitique.

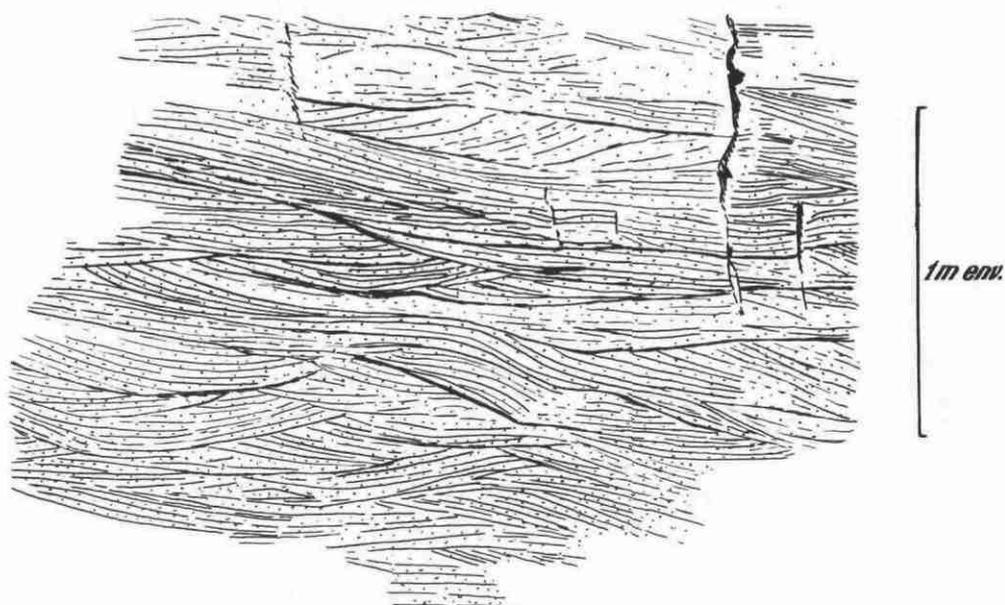


FIG. 43. — Stratification entrecroisée dans un grès, au N.-E. du Mont de la Challe (crête Allues-Belleville). Assise de Tarentaise. (d'après une photographie).

les « grès nougat » des bassins du centre de la France : de gros grains de quartz ou de feldspath blanc se détachent sur un fond de schiste noir. Cette roche, curieuse au premier abord, ne se distingue des autres au microscope que par une proportion plus grande du ciment, qui peut être du schiste fin, du schiste charbonneux ou du schiste banal, quartzueux et micacé, et ce dans la même plaque (Pl. VI - fig. 1 à 5). L'échantillon figuré provient du versant sud de la vallée de Bozel, au sud-est de Villarnard. Nous en avons trouvé d'identiques au fond du vallon du Bonrieu et dans la vallée des Allues, près du châlet du Plan et près du ruisseau des Plattières (avec une forte proportion de débris charbonneux). Ils ne semblent donc pas correspondre à un horizon défini. DUPARQUE (1947 b) voit dans ce mode de dépôt un processus analogue à celui de la flottation. Celle-ci aurait été possible grâce à la présence, dans le bassin de sédimentation, de « solutions ou pseudo solutions végétales ».

Le feldspath, en particulier le feldspath potassique est toujours présent, de même que le mica blanc. La biotite est rare, toujours très altérée et presque méconnaissable. Les grains de quartz et de mica, sont fréquemment enrobés d'un enduit noir, surtout dans les grès à ciment schisteux abondant.

Il est fréquent d'y rencontrer des débris de Houiller, en particulier des schistes noirs en languettes, aux bords nets ou laciniés, et non en galets ronds ou aplatis (comme le seraient des « galets mous »), souvent groupés dans un banc. Ceci indique, à notre avis, soit un banc argileux avorté (le sédiment fin ne se déposant que dans les petites cupules de la surface du sable sous-jacent) soit le remaniement du banc voisin, remaniement pénécotemporain du dépôt de ce dernier, à la faveur d'un changement de lit du cours d'eau (cf. *wash out*) plutôt que de la destruction de Houiller déjà consolidé et émergé sous l'effet d'un bombement tectonique.

Psammites ⁽¹⁾

Dans certains grès fins gris clair les lits plus riches en paillettes de mica blanc disposées à plat suivant la stratification déterminent des surfaces de clivage faciles et permettent leur utilisation comme « lauzes ». Ces roches paraissent plus fréquentes dans l'Assise de Tarentaise qu'au-dessous.

⁽¹⁾ Nous avons pris ici ce terme dans son acception banale, seule couramment utilisée en géologie houillère.

Du point de vue chimique (An. 25 à 37) les grès sont, comme les grès houillers décrits par L. CAYEUX (1929, p. 227 et 232), riches en alumine et pauvres en chaux.

La magnésie, qui pour L. CAYEUX, se présente sous forme de dolomie dans les grès westphaliens du Nord figure dans nos roches beaucoup plus comme constituant des minéraux colorés.

Si l'on met à part l'analyse 28 (grès contenu dans les migmatites de Pécelet) et la 32 (arkose conglomératique écrasée et albitisée du cristallin du Ruitor, en aval du glacier des Invergneures) qui toutes deux peuvent avoir reçu un apport de soude (local) nos roches sont dans l'ensemble assez pauvres en Na_2O , et ce dans la même proportion que les roches analysées par L. CAYEUX. Le grès rouge du Néopermien inférieur s'en distingue d'autant plus nettement (An. 27, Pointe de la Fenêtre à Saint-Martin-de-Belleville). Par contre, elles sont assez riches en potasse (alors que celle-ci semble avoir été lessivée au Permien).

Voir par exemple le grès de la Pra provenant du Westphalien inférieur probable (An. 30), l'arkose des Invergneures (An. 32 et 33, mais ici des modifications chimiques postérieures peuvent être envisagées), le grès de la Saussaz (An. 31) et de Sordière (An. 26) Westphalien moyen, grès et psammite de Tortolet (Saint-Martin-de-Belleville, An. 25 et 37) du Westphalien supérieur. La proportion de titane est normale; la plus forte apparaît dans le psammite de Tortolet.

Il en est de même du phosphore. Les deux seules teneurs anormales se trouvent dans des roches qui ont pu être modifiées: un échantillon des Invergneures (An. 33) et un grès verdi au contact du filon blanc de Champagny (An. 36).

b. Les schistes

Ils sont presque toujours micacés, rarement très fins. Ils sont peu altérables aux agents atmosphériques, sauf semble-t-il, lorsqu'ils ont été recouverts par un sol actuel. Ils blanchissent alors et deviennent friables.

Le type banal, gréseux et micacé, se montre au microscope formé en proportion égale de paillettes de mica blanc, plus ou moins alignées suivant la stratification, et de grains de quartz, souvent brisés ou à extinction onduleuse, à contours peu nets (croissance et corrosion secondaires). Le ciment, souvent peu abondant, est formé par un enchevêtrement de très fins quartz et mica blanc et d'une substance amorphe noire, qui enduit les grandes paillettes de mica, imprègne les fissures des quartz ou se concentre entre deux grains. On trouve aussi quelques cristaux de pyrite, parfois de petites plages d'albite de néoformation. D'une façon générale, la schistosité oblique ne s'y manifeste, en lame mince, que sous forme de microfailles, grossièrement esquissées, sans réajustement minéral.

L'analyse chimique confirme l'examen microscopique :

La proportion d'alumine est généralement faible pour des schistes argileux, comprise habituellement entre 13 et 24 %. Elle peut cependant atteindre 30 % et même dépasser 35 % dans le « nerf » d'une veine de charbon de Peisey (1).

Les teneurs en fer oscillent en moyenne entre 5 % et 8 % d'oxyde.

La chaux est peu abondante : 0,4 à 1 % et plus rarement 2 % à 3 % (exceptionnellement 9,15). Nous avons vu que les niveaux calcaires ou dolomitiques sont inconnus au Westphalien.

Il en est de même de la soude (0,5 à 1,5 en général) qui se trouve toujours en moindre quantité que la potasse (3 à 6), sauf dans la roche de Miraboson (An. 63).

(1) Dans cette roche (An. 65) une grande partie de la chaux, le fer ferreux et la magnésie calculés respectivement en calcite, ilménite et hyperstène sont en fait combinés dans la trémolite, en sphérolites fibroradiés, observée au microscope. Nous ne savons par contre sous quelle forme se trouve l'excès d'alumine (24,5 % de corindon calculé) : peut-être en kaolinite comme dans le schiste de Montgirod.

En résumé, les caractéristiques de la sédimentation Houillère dans le secteur étudié nous paraissent être :

1) La rareté des niveaux dits « d'eau douce », des dépôts lacustres : schistes fins bitumineux à coquilles, poissons, etc...

2) L'abondance de la silice dans les schistes, en grande partie sous forme de grains de quartz.

3) L'importance, par rapport à ceux-ci, des grès. Ces derniers présentent plus d'analogies avec ceux des bassins limniques classiques (grains peu altérés et peu « préparés » mécaniquement) qu'avec ceux des bassins paraliques.

La zone de subsidence, qui devait devenir le « bassin Houiller Briançonnais » paraît avoir été occupée bien plus souvent par des marécages et des étangs encombrés de bancs de sable, parcourus de cours d'eau divagants et environnés de forêts que par de grands lacs d'eau calme.

D'où venaient les cours d'eau ? Nous ne savons. Ils descendaient d'un pays de collines boisées, traversaient ce gigantesque désableur et portaient plus loin les troubles argileux que charriaient leurs eaux.

Etait-ce vers l'ouest ? La monotonie des schistes du faisceau de Salins, dans la vallée de l'Isère, permettrait de le supposer. Mais on ne peut juger sur quelques centaines de mètres de couches. Vers l'est ? La finesse alléguée des sédiments du Carbonifère de la zone Vanoise-Mont Pourri pourrait aussi le faire penser.

III. LA « TRANSGRESSION STEPHANIENNE » — LE PERMIEN INFÉRIEUR

A. LA TRANSGRESSION STEPHANIENNE

Nous avons vu, d'un bout à l'autre du secteur étudié, le Houiller productif surmonté par des couches stériles. Le fait avait été déjà remarqué par nos devanciers, Ch. PUSSENOT et H. SCHOELLER en particulier : un peu partout dans la zone Houillère arrivent des décharges de sables et de galets. Elles portent des noms différents. Elles viennent pour une part d'une région où le cristallin affleure et où le Westphalien ne s'est probablement pas déposé.

Ce sont, en Tarentaise, les couches de Courchevel, de Montagny, du Mont de Pécelet, du Roc de Tougne, des Encombres dans les Trois « Vallées »; du Signal des Têtes sur la rive gauche de l'Isère, de la Louïe Blanche et du Grand Assaly au sud du Petit Saint-Bernard, peut-être aussi du Grand Chatelet dans le faisceau de Salins; au sud de l'Arc, ce sont les schistes, grès et conglomérats de Roche Château. R. FEYS (1957) pense qu'on pourrait leur assimiler ceux du Granon et des Ayes, bien qu'ils ne contiennent pas de galets de cristallin. Le conglomérat du col de Tramouillon, d'après DEBELMAS (1955) et GREBER (communication orale) se trouve dans la même position et présente les mêmes caractères que ceux de Roche Château (1).

Or il ne fait pas de doute que ces couches stériles appartiennent encore, tout au moins par leur base, au Stéphanien. Elles succèdent en effet à du Westphalien supérieur daté, ou contiennent elles-mêmes des espèces stéphanienues typiques. Partout elles surmontent le

(1) Dans une publication récente, M. GIBON (1958) suggère que les conglomérats gris et verdâtres de la Blachière, en Haute Ubaye, pourraient représenter le Stéphanien. Ils sont recouverts par une série schisteuse et conglomératique lie-de-vin, à débris d'andésite, et par le Verrucano.

Houiller productif, en *continuité apparente* sauf exceptions douteuses comme au col de la Madeleine ou au col de Tramouillon où l'on a probablement les suppressions tectoniques.

Et pourtant, à l'échelle du kilomètre comme de la dizaine de kilomètres, on cartographie une discordance de contours entre les deux formations : dans la vallée des Allues les couches de Courchevel reposent tantôt sur l'épaisse stampe schisteuse du Mont de la Challe-Arpasson ou du col 1 952, tantôt sur des grès pauvres en charbon (Le Mennet, le Vallon). Il en est de même dans la vallée de Bozel (Montagny et Champagny), etc...

Au nord et au nord-ouest du massif du Ruitor, contre le cristallin, le Houiller anthracifère est très réduit : soit que l'Assise de Tarentaise manque, soit qu'elle se termine en biseau entre les conglomérats de l'Assaly et le cristallin. Au Bec Rouge, au Mont Valaisan et au Signal des Têtes, les mêmes conglomérats surmontent non seulement cette assise toute entière mais encore une épaisseur indéterminée de Westphalien moyen et inférieur.

Il en est de même au sud, d'un versant à l'autre de la vallée de l'Arc et lorsqu'on s'avance vers le fond de la vallée de Valmeinier.

On pourrait tenter d'expliquer les discordances locales de contours par de rapides variations latérales au sommet de l'Assise de Tarentaise, ce qui ne serait pas surprenant dans des dépôts en partie fluviaux. Les stamper intéressées sont cependant bien épaisses (les schistes du Mont de la Challe ont 100 à 200 m d'épaisseur).

On pourrait évidemment aussi invoquer la tectonique alpine et forger une explication ad hoc pour chaque cas particulier.

Mais seule l'hypothèse d'une transgression généralisée du sommet du Stéphanien inférieur ou du Stéphanien moyen sur les formations antérieures rend compte de tous les faits observés à diverses échelles, **qui tous suggèrent une indépendance paléogéographique de l'Assise de Courchevel.**

Nous n'avons pas pu mettre en évidence, derrière les plis alpins, une véritable tectonique « asturienne ». Mais nous avons vu dans la première partie que l'on pouvait inférer, de l'absence d'Assise de Tarentaise sur le dos de l'anticlinal médian, au sud de l'Arc et dans le Briançonnais, des bombements qui ont dû commencer à jouer dès le Westphalien. Au Stéphanien inférieur leur répartition se modifiera quelque peu, notamment en Briançonnais, si l'on admet l'identité des conglomérats du Granon et des Ayes avec ceux de Roche Château. Le fait essentiel ne nous paraît pas être ces mouvements différentiels locaux. Nous ne pouvons en apprécier l'envergure faute de stratigraphie fine et d'estimation correcte des épaisseurs. **Mais il réside dans le fait même de cette « transgression », ce gigantesque épandage, sur la plus grande partie du bassin Houiller, de sables et de graviers provenant de reliefs qui jusque là n'étaient pas attaqués.** Ceux-ci devaient se trouver assez loin car on n'a jamais de véritables brèches et les galets dépassent rarement quelques centimètres de diamètre.

Ce phénomène se produit précisément au moment où commencent à se former les bassins des Massifs cristallins externes, ceux du Jura, du Massif Central, etc.; où se déposent à Decize (GRANGEON, FEYS, GREBER, 1955) les « conglomérats de Verneuil » et dans les Cévennes les brèches de base, qui amorcent la sédimentation Houillère de la Machine et de l'autochtone de Bessèges et de la Grand'Combe. De la même façon, dans le bassin Sarro-Lorrain, la sédimentation qui ne se poursuivait plus que dans la partie méridionale (Folschwiller-Faulquemont) reprend partout avec l'arrivée du Conglomérat de Holz, lui aussi riche en galets de toutes sortes arrachés aux massifs cristallins voisins comme au houiller antérieurement déformé (PRUVOST, 1934).

Roche éruptives du Stéphanien. — Nous avons signalé, dans les couches de Courchevel, un horizon de schiste fin à quartz rhyolitiques. De même les arkoses de Béranger, qui elles aussi

surmontent l'Assise de Tarentaise, en contiennent en abondance. Ces quartz, dans le second cas, peuvent évidemment venir de microgranites anciens, mais on conçoit mal leur sédimentation dans le schiste de la Loze. Nous avons avancé l'hypothèse d'éruptions stéphanien; les roches ci-dessus proviendraient du remaniement de cinérites. Nous n'avons cependant pas trouvé les coulées qui leur correspondraient et cette explication reste encore du domaine des hypothèses. Elle n'est cependant pas invraisemblable : c'est à ce moment que commencent à se produire dans les Massifs Externes (Les Rousses), comme un peu partout dans le continent de l'Europe Moyenne des éruptions, en général acides (trachytes et rhyolites) qui vont durer, avec des alternatives de plus ou moins grande activité, jusqu'au milieu du Néopermien (1).

Nous retrouvons ainsi dans la zone Houillère, comme dans toute l'Europe occidentale au début du Stéphanien, la trace de modifications paléogéographiques et probablement aussi climatiques, localement, de déformations tectoniques et l'apparition de manifestations éruptives. En Espagne on retrouve, au sommet du Stéphanien A, les traces d'une tectonique violente (WAGNER, 1955), c'est ce qu'on a pu appeler la « Phase Asturienne ».

B. L'ASSISE DE COURCHEVEL, L'EOPERMIE

Tout d'abord, rappelons que la distinction dans la zone Houillère entre l'Assise de Courchevel et l'Eopermien (2), lorsque ces deux termes sont superposés, est tout à fait arbitraire. Le passage est continu de l'un à l'autre. Il en est de même dans bien d'autres bassins. Ceci n'impose pas que l'extension de l'un et l'autre soit identique. Mais nous ne pouvons en traiter séparément.

Le Stéphanopermien de F. ELLENBERGER correspond, sur le bord interne de la zone houillère, de Modane à Peisey, à la moitié supérieure, versicolore, de l'Assise de Courchevel et aux migmatites (3). Chaque fois que cela était possible nous avons évité d'employer ce terme trop vague.

La moitié inférieure de l'Assise de Courchevel au sud de l'Arc (ici Série de Roche Château), et les couches de la Case Blanche, au nord du col des Encombres, ne se distinguent à première vue du Houiller sous-jacent que par la fréquence des niveaux verts et rouges et l'absence de charbon. On peut cependant déceler une plus faible teneur moyenne en matériau argileux, et plus forte peut-être en silice. Les « schistes » deviennent des pélites. Deux roches claires du Mont Touvet (An. 38 et 39) montrent en outre une très faible teneur en chaux et une forte proportion d'alcalins que l'on ne trouvait pas dans les roches sédimentaires normales du Houiller.

Cette abondance de silice peut correspondre à un lessivage intense des sols environnants. Les produits, faute de pouvoir s'échapper vers la mer, se déposaient dans des bassins fermés, d'où les « phanites à algues » et les bois silicifiés. Les conditions oxydantes ne permettaient pas la carbonisation des végétaux. Ce lessivage, consécutif à une disparition du couvert végétal, peut-être à

(1) Voir par exemple BARRABE (1943), BORDET (1951), PAREYN (1954) PRUVOST (1947) THIEBAUT-VETTER (1957), etc... Si l'on admet, avec F. ELLENBERGER, que le carbonifère métamorphique du Mont Pourri est Stéphanien, c'est de cette époque que daterait une partie des roches acides ou basiques qui y sont intercalées. Nous avons observé des roches basiques à texture palimpseste typique dans la galerie du Ponturin (Rapport B.R.G.M., A 1041). Les bandes claires de la face sud du Mont Pourri sont tantôt des quartzites phylliteux (sous la brèche Pocard) tantôt des roches acides (« anciennes Rhyolites ? ») à quartz corrodés.

(2) L'existence de cet étage, si elle est à peu près certaine, reste cependant, en l'absence de fossiles, du domaine de l'hypothèse.

(3) Ainsi, éventuellement, à leur toit anté-Néopermien : voir *Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France*, 1954, C.R. som., p. 500.

une modification climatique, a précédé l'érosion dont sont témoins les conglomérats polygéniques de Roche Château.

Comme les couches sous-jacentes, et peut-être plus qu'elles, ces conglomérats diffèrent de ceux du Houiller par leur pauvreté en (ex.) matériau argileux.

On retrouve ensuite, dans ce que nous avons attribué à l'Eopermien, une sédimentation relativement calme qui rappelle au début celle de la série sous-jacente. Il s'y ajoute des calcaires et des dolomies sous forme de bancs compacts, de calcschistes et de nodules plus ou moins remaniés. Certains bancs de la base montrent des zones siliceuses dues en partie à une silicification secondaire. Les traces de volcanisme sont maintenant manifestes sous forme de bancs interstratifiés (Valloire) et surtout de petits galets (massifs de Roche Château) de roches acides.

Nous ne savons quelle a pu être l'extension horizontale de cette formation; elle était certainement beaucoup plus importante que nous ne pouvons le supposer.

Elle manque — érosion ou non-dépôt — sur le dos de l'anticlinal médian. Un lambeau subsiste à la Ponsonnière; à Valloire elle est directement plaquée sur le Westphalien. Des témoins nous restent de roches que nous ne connaissons qu'à l'état remanié : par exemple les calcaires à calcisphères emballés dans la brèche intraformationnelle en contrebas de la pointe 2882 (Rocher du Laus). Leur couleur, leur grain ne les distinguent pas des bancs sous-jacents qui pourtant n'en contiennent pas.

Presque rien ne subsiste des appareils volcaniques de cette époque, qu'attestent les galets de roche acide, fréquents à certains niveaux.

Nous ne connaissons pas non plus le sommet, donc l'épaisseur qu'a pu atteindre cet « Autunien » présumé. Il en reste 300 ou 600 m, suivant l'interprétation adoptée sur la crête de Roche Château à l'Aiguille Noire (p. 79); il a pu être localement beaucoup plus épais.

Nous n'avons pas trouvé, dans le reste de la zone Houillère, de succession comparable à cet ensemble : Série de Roche Château (500 à 800 m) + Eopermien à calcaires (300 à 600 m) : à Modane comme à Pécelet ou à la Saulire, le Houiller est surmonté par une Assise de Courchevel détritique grossière, grise à la base, verte et rouge au sommet, épaisse de 400 à 600 m. Il paraît plus normal, si l'on considère son faciès et son épaisseur de la mettre toute entière en parallèle avec la Série de Roche Château, bien que souvent le virage brusque des teintes permette d'y distinguer deux termes (mais, nous l'avons noté en compagnie de F. ELLENBERGER, seule la différence de couleur les sépare, non la granulométrie ou la composition).

Au-dessus nous n'avons rien trouvé de comparable à l'Eopermien de Valloire, mais des migmatites stratoïdes, dont le « front inférieur » peut se trouver dans les couches rouges du sommet (Pécelet, Roc du Moine), dans les couches grises sous-jacentes (le Sapey *pars*) ou même localement dans le Houiller anthracifère (Foglietta) (1).

La masse migmatisée comprenait :

- des grès et des conglomérats parfois encore reconnaissables près du « front » inférieur, plus rarement au milieu (arête est de Polset);
- des schistes noirs et verts;
- des roches actuellement plus ou moins transformées en prasinites ou en amphibolites;
- des sills de roche éruptive que l'on peut rapprocher des microdiorites et de roches plus basiques.

(1) Nous renvoyons, sans autre discussion, à l'étude de F. ELLENBERGER où l'on trouvera les principaux arguments (dont beaucoup sont le fait d'observations faites en commun) justifiant, à notre avis, l'interprétation ici admise de ces roches singulières.

On pense à la partie inférieure de l'Eopermien de Roche Château mais bien des choses restent encore à élucider; les calcaires, tels que nous les connaissons à Roche Château, manquent.

Les grès et conglomérats du Bec Rouge, de la Louïe Blanche, de l'Assaly, sont peut-être un peu plus épais que l'Assise de Courchevel typique, mais ne doivent pas dépasser 700 à 800 m.

Est-ce à dire que cet « Autunien » n'aurait pas existé ailleurs ? Nous ne le connaissons pas en pays Briançonnais, tout au moins au nord de la Durance.

Dans les zones externes, C. BORDET a souligné récemment, après M. GIGNOUX et L. MORET, l'existence de deux « Permien » détritiques (1957, p. 44-45). Nous avons pu voir dans l'ultra-dauphinois celui de Montaimont décrit par R. BARBIER (1948, p. 23). Il se trouve sous le faciès de « schistes de la Bagnaz ». Nous y avons noté, de bas en haut :

1) Houiller : Schistes noirs et grès gris, peut-être quelques conglomérats, dans les pâturages, près des Avagnières.

2) Schistes gréseux gris violacés, lie de vin et verts; bancs et lentilles de calcaire à patine brune, à la base et au sommet; quelques bancs de grès.

Ces couches sont surmontées, probablement en légère discordance, par :

3) 2 m environ de conglomérat vert pâle à rares galets rouges.

4) 10 m environ d'arkoses grossières blanc-vert pâle à grains de feldspath blanc et petits galets roses.

5) Calcaires et schistes noirs du Flysch en contact anormal.

Nous serons tentés de rapporter le niveau 2 à l'Eopermien, les 3 et 4 au Permotrias, mais une étude plus serrée serait nécessaire. En effet de tels parallélismes à grande distance, fondés uniquement sur la lithologie, sont précaires; le Permien de la gare de Moutiers, par exemple, qui lithologiquement est quasi identique à l'Eopermien, se place géométriquement, dans le Néopermien.

En Vanoise comme dans le massif d'Ambin, la sédimentation est continue du Carbonifère au Trias (J. GOGUEL, P. LAFFITTE, 1952). Le Permien inférieur serait représenté par les « Schistes bleus » de F. ELLENBERGER, riches en albite détritique, à intercalations de roches spilitiques et interprétés comme des greywackes.

Nous n'avons rien trouvé d'identique à ces « Schistes bleus » dans la zone Houillère où la sédimentation paraît plus variée. On rapprochera cependant leur richesse en soude de celle d'un schiste du Mont Touvet (An. 38 : $\text{Na}_2\text{O} = 3,54$) et d'une lentille claire dans les conglomérats de la Louïe Blanche ($\text{Na}_2\text{O} = 3,0$).

La Sédimentation au Stéphanien et au Permien inférieur

Les modifications paléogéographiques au cours du Stéphanien inférieur n'ont pas eu les mêmes conséquences pour des bassins comme la zone Houillère Briançonnaise ou le bassin Sarro-Lorrain et pour ceux qui naissaient alors au cœur des terres émergées de l'Europe moyenne.

Dans les seconds vont s'accumuler, pendant toute la période qui s'étend du Stéphanien à l'Autunien (lorsque celui-ci existe) des grès, des schistes, des conglomérats et d'épaisses veines de charbon, comme précédemment dans les bassins Westphaliens, avec les nuances qu'entraîne une topographie différente (cuvettes resserrées, reliefs environnants plus élevés, etc.).

Dans les premiers, par contre, le Stéphanien et l'Eopermien sont des étages stériles ou

presque⁽¹⁾. En même temps des niveaux bariolés viennent s'intercaler dans les couches grises et les calcaires et dolomies font leur apparition.

Cette divergence entre les bassins houillers est-elle fortuite ? On manque d'éléments pour trancher la question. Tout le monde s'accorde pour voir, à la fin du Primaire un dessèchement progressif⁽²⁾ qui devait aboutir aux croûtes siliceuses et aux boules d'ankérite du Néopermien. Ce dessèchement se serait fait sentir dès le Stéphanien, d'abord sur les régions plates ou faiblement accidentées⁽³⁾. Là s'étendaient les grands marécages, les lacs où se déposaient le Carbonifère et le Permien de Lorraine ou des Alpes internes. Ce n'est que plus tard qu'il aurait atteint les massifs plus élevés, les petites plaines encaissées qui ont donné nos bassins limniques des zones externes et du Massif Central. On pourrait objecter que les flores stéphanienues et permienues sont sensiblement les mêmes dans les différents bassins. Mais, comme l'a fait remarquer BARGHOORN (*in* JONGMANS 1950b) les zones climatiques ne se traduisaient peut-être pas par des végétations aussi différentes au Carbonifère que de nos jours; la sensibilité à l'environnement a pu s'élaborer aussi rapidement que les changements morphologiques.

(1) On pourrait objecter le cas de Decize et de l'allochtone des Cévennes où existe, à la base, du Stéphanien A et peut être même du Westphalien supérieur (GRANGEON, FEYS, GREBER, 1955). Mais du second on ne connaît, en fait, ni le substratum, ni le toit originel. De plus ces deux bassins se trouvaient probablement plus au centre du continent que le bassin Sarro-Lorrain et la zone Houillère.

(2) DUNHAM (1952), GIGNOUX (1951), etc.

(3) Dans les bassins paraliqnes espagnols des Asturies et de Palencia, le Stéphanien B et C est formé par des couches grises à charbon, mais on se trouvait là dans des conditions topographiques différentes, sous un climat maritime.

IV. LE NEOPERMIEN

A. LA DISCONTINUITÉ BASALE

Au contraire de la zone externe des Alpes occidentales (GIGNOUX, 1950, p. 253) la lacune et parfois la discordance qui séparent le Néopermien des formations sous-jacentes, ont été longtemps méconnues dans la zone Briançonnaise. De passages apparemment progressifs, on avait conclu à une continuité de sédimentation du Carbonifère au Trias, qui cadrerait bien avec le caractère « géosynclinal » prêté à cette partie des Alpes. Cette méconnaissance tient à plusieurs raisons.

Longtemps on a considéré le Permien comme un tout. En effet les points où les Permien inférieur et supérieur, sont superposés sont très rares. Or, dans la zone Houillère, le passage continu du Houiller au Permien inférieur, et celui du Permien supérieur au Trias, sont évidents.

D'autre part, lorsque le Permien supérieur existe seul et qu'il est superposé au Houiller — comme à Briançon — la limite entre les deux formations est peu nette, lorsqu'elle est visible. Le Houiller peut être rubéfié; des phénomènes de diagénèse peuvent contribuer à masquer les contacts. Il en est de même dans la zone externe, même lorsque le Permien repose directement sur le cristallin, comme à Feug par exemple. Par surcroît les galets de grès ou de schiste noir sont très rares dans le Verrucano.

Enfin les discordances observées peuvent parfois, et ont été souvent interprétées comme des contacts tectoniques alpins dus à des chevauchements (DEBELMAS, 1955, p. 25, ravin du

Bouffard) ou des dysharmonies entre deux masses de comportement mécanique différent : un ensemble plastique à veines de charbon et un ensemble rigide siliceux, permien et triasique.

Cependant les progrès dans la stratigraphie du Houiller briançonnais ont fait ressortir en plusieurs points une lacune importante entre celui-ci et le Verrucano. PUSSENOT l'avait remarqué; les études ultérieures, en particulier celles de FEYS et GREBER ont montré son importance et sa généralité. L'analyse minutieuse des contacts a permis de mettre en évidence, en Briançonnais et en Savoie, des discordances qui ne doivent rien à la tectonique alpine (R. FEYS, 1957, p. 48 à 53).

Enfin les recherches dans les massifs de Roche Château et de la Ponsonnière (FEYS, 1955; FABRE, 1958), comme celles de C. BORDET (1957) dans la zone externe, ont abouti à la distinction de deux séries permienues et à la localisation de la discontinuité.

Celle-ci n'est cependant pas générale dans les Alpes occidentales. Les travaux de J. GOGUEL dans le massif d'Ambin, de F. ELLENBERGER en Vanoise, de VALLET dans les Schistes de Casanna valaisans, font état d'un passage continu des schistes cristallins aux quartzites Werféniens⁽¹⁾. Cette continuité a d'ailleurs joué autrefois un rôle déterminant dans l'attribution de ces séries de la zone du Grand-Saint-Bernard au Permocarboneux, attribution que les études récentes confirment en général (AMSTUTZ, ELLENBERGER, GOGUEL, etc. mais voir aussi MICHEL, 1953).

Il se pourrait que ces éléments, plus « internes » dans la « Nappe du Grand-Saint-Bernard » aient eu dès le Paléozoïque un caractère plus « géosynclinal » que la zone Houillère⁽²⁾.

Les caractères de cette discontinuité commencent à être bien connus. En Savoie les couches, lorsqu'elles ne sont pas parallèles, font entre elles un angle faible. Il en est de même dans la région étudiée par J. DEBELMAS. Toutefois le nombre des points d'observation est très limité, une fois éliminés tous ceux où la tectonique alpine (par exemple à proximité du chevauchement frontal de la zone Houillère) a pu déterminer des discordances ou des accordances trompeuses. A Modane (ruisseau de Saint-Bernard) et à la Saulire le Néopermien repose en discordance sur les migmatites⁽³⁾, à la Loze sur l'Assise de Courchevel (10 à 15°) et aux Rochers du Laus sur l'Eopermien (10° environ).

Par ailleurs la discordance cartographique est trop générale pour être foruite.

En somme le contact basal du Néopermien montre :

- Une discontinuité dans la sédimentation.
- Une discordance cartographique impliquant une déformation préalable du substratum. Celle-ci, en l'état actuel de nos connaissances, paraît relever, dans notre région, plus de gauchissements ou de mouvements de bascule que d'une véritable tectonique produisant des plis accusés. Mais il y a encore place pour de nouvelles découvertes qui modifient cette manière de voir : en l'absence de fossiles, une tectonique de lames plates analogues à celle que A. BOUROZ a mise en évidence dans le bassin du Nord, ou qui dans le bassin d'Alès, a produit l'écaille de Sainte-Barbe, pourrait passer inaperçue.

Quoi qu'il en soit ces mouvements sont postérieurs à l'Assise de Courchevel, datée du Stéphanien à la Loze, et aux couches versicolores à calcaires de Roche Château, dont l'attri-

(1) L'existence réelle d'un tel passage en tous les points est évidemment très difficile à démontrer, étant donné l'état de déformation et de métamorphisme de ces terrains.

(2) F. ELLENBERGER 1958, p. 149,

(3) *Ibid.*, 1958, p. 70.

bution à l'Épermien fait peu de doutes. Ils le sont aussi à la formation, à la mise en place des migmatites de la zone Sapey-Peisey⁽¹⁾. Ils sont d'autre part antérieurs au Néopermien car il ne serait pas vraisemblable d'attribuer tout ce que nous avons groupé sous ce terme — (Série de Rochachille, de la Ponsonnière, « Permotrias ») — au Trias inférieur, déjà fort épais et d'une sédimentologie tout à fait différente. On peut donc les mettre en parallèle avec la phase orogénique saalienne dont P. PRUVOST (1956) a rappelé dernièrement les caractères et l'extension en France, et dont M. LUGEON, ainsi que M. GIGNOUX et L. MORET avaient pressenti l'existence dans les zones externes des Alpes.

B. LE NEOPERMIEN INFÉRIEUR OU « ASSISE DE LA PONSONNIÈRE »

Le Néopermien qui, à Briançon, est parfois réduit à quelques mètres de conglomérat Verrucano (R. FEYS 1957), se dilate considérablement au nord. Nous avons vu que l'on pouvait y distinguer deux termes : a) l'Assise de la Ponsonnière, et b) le Permotrias⁽²⁾. Il semble d'ailleurs en être de même en Vanoise.

L'Assise de la Ponsonnière est épaisse de 100 à 200 m dans le vallon de la Ponsonnière, 300 à 500 m dans le massif de Roche Château. Elle paraît représentée, au col des Encombres par les couches du Peronnet (200 m au maximum), et par les premiers bancs du Néopermien, à Modane, dans la coupe du ruisseau de Saint-Bernard et à Courchevel dans la coupe de la Loze (50 à 100 m au maximum). Elle l'est peut-être aussi, d'après R. FEYS (1955 et 1957, p. 532) par les 200 à 300 m de grès et conglomérats gris et versicolores du Pic du Longet (mais il pourrait s'agir aussi de Stéphanien ou d'Épermien).

A la Ponsonnière, et là seulement elle surmonte un banc — probablement une coulée — de porphyrite à tendance dacitique. Cette roche se retrouve en grande quantité non seulement dans les conglomérats qui lui sont superposés, mais aussi, semble-t-il, dans ceux de Rochachille. Le volume représenté ainsi est difficile à chiffrer, d'autant plus qu'une partie des galets rouges baptisés « liparite » sur le terrain peuvent en être aussi. Il correspond à une extension horizontale de la « coulée » au Permien notablement plus importante, mais cependant limitée au coin S.-O. de notre terrain d'étude.

Cette roche (An. 15) s'apparente, par ses paramètres magmatiques C.I.P.W. - LACROIX aux microdiorites intrusives du Carbonifère, mais surtout aux roches plus basiques comme celles qui affleurent au sud, au Grand Vallon (R. FEYS, 1957 - An. n° 45 et 48).

Elle présente des analogies remarquables, tant stratigraphiques que pétrographiques avec l'andésite de Guillestre⁽³⁾. Du point de vue chimique elle s'en distingue (anal. 49 de R. FEYS) par une teneur en soude beaucoup plus faible, et une teneur en Ca O plus forte.

(1) Si du moins, on admet avec F. ELLENBERGER, que le Néopermien les ravine à Modane.

(2) Qui, sur le bord est de la zone Houillère, sauf au pied du Sapey, se confond avec ce que F. ELLENBERGER nomme Néopermien dans sa thèse.

(3) On sait que celle-ci affleure dans les gorges en amont de Guillestre, au cœur d'une boutonnière ouverte dans le mésozoïque (nappes du Guil). Son substratum est inconnu. Au-dessus viennent des grès et des conglomérats rouges qui ont emprunté la plus grande partie de leur matériel détritique à la roche éruptive sous-jacente. Ils sont surmontés par du « Verrucano » — conglomérat clair à galets éruptifs rouges — qui passe aux quartzites werféniens. Ces galets — P. TERMIER l'avait déjà remarqué — sont formés par une roche acide (liparite) et non par l'andésite. Ici encore on peut distinguer deux termes dans ce qui est probablement du Permien supérieur (Néopermien).

	PORPHYRITE DE LA PONSONNIÈRE ANALYSE B.R.G.M.	ANDÉSITE DE GUILLESTRE (R. FEYS, 1957) ANALYSE B.R.G.M.
Si O ₂	51,09	56,46
Al ₂ O ₃	19,47	16,48
Fe ₂ O ₃	5,15	5,48
Fe O	2,02	0,13
Mn O	0,14	0,08
Mg O	2,15	2,33
Ca O	12,60	8,08
Na ₂ O	1,53	5,08
K ₂ O	0,69	0,79
Ti O ₂	0,88	0,62
P ₂ O ₅	0,25	0,15
CO ₂	0,80	1,75
H ₂ O ⁻	0,12	0,15
H ₂ O ⁺	3,23	3,10
	Total : 100,12	100,68

On peut rapprocher ceci du fait que la porphyrite de la Ponsonnière a dû traverser, avant de s'épancher, une épaisse série comportant des calcaires (Eopermien type Roche Château) ce qui ne paraît pas être le cas pour celle de Guillestre. On ne trouve en effet aucune trace de cette série dans le Briançonnais, ni lambeau conservé, ni galets dans le Verrucano. Cette porphyrite, et peut-être donc aussi la mise en place des roches basiques ci-dessus⁽¹⁾, correspond à la phase de détente qui a suivi les déformations saaliennes. On remarquera que c'est également par un complexe éruptif (Assise de Sotern) que débute le Permien supérieur de Sarre-Lorraine.

L'Assise de la Ponsonnière proprement dite est quasi entièrement formée de sédiments détritiques grossiers, schistes gréseux, arkoses et conglomérats, où nous retrouvons des témoins de toutes les formations antérieures. Le fait est particulièrement visible à Roche Château; à la Ponsonnière en effet l'abondance des débris de porphyrite masque l'apport étranger : schistes, calcaires, lydiennes et roches éruptives de l'Eopermien, schistes noirs et grès houillers, roches métamorphiques du socle.

Le fer, abondant sous forme d'hématite, en poussière ou en petits amas, colore le tout en rouge violacé ou lie-de-vin. Les teintes claires, délavées, sont en général dues à une décoloration secondaire, par exemple au voisinage de cassures.

Les carbonates sont irrégulièrement répartis : rares à la Ponsonnière et à Roche Château, ils figurent sous forme de boules, amas ou mouches ankéritiques et non en bancs ou lentilles étendues; citons le Permien de Modane (coupe de Saint-Bernard) et de la Loze. Nous ne trouvons plus trace de végétation **comparable** à celle du Carbonifère⁽²⁾ : les conditions topogra-

(1) Qui ne se confondent pas avec les roches basiques incluses dans les migmatites de Polset, du Mont du Vallon ou dans le Carbonifère métamorphique du Mont Pourri.

(2) On trouve encore de vagues empreintes, souvent dichotomes, attribuables à des végétaux ou des pistes animales, mais jamais de débris conservés (Roche Château, Encombres, etc...). F. ELLENBERGER nous en a signalé dans le Néopermien du socle nord du Mont Jovet, mais dans cela rien qui rappelle la végétation Carbonifère.

phiques et climatiques, après la phase Saalienne étaient devenues défavorables. Les collines sont découpées de leurs sols, les produits de destruction des reliefs, accumulés pendant la phase de déformation dans des cônes ou des plaines alluviales, sont remis en mouvement et déposés dans des cuvettes à subsidence variable, derniers restes d'instabilité, plus ou moins dépendantes ou fermées, dans des conditions telles que toute matière organique, si elle existe, est oxydée (1).

Ces caractères se retrouvent, grosso modo, dans les formations qui occupent une position stratigraphique analogue à Ambin et en Vanoise : les conglomérats d'Etache, de Loutra, le poudingue pourpré de Champagny. Ces dernières seraient cependant un peu plus épaisses (400 m à Champagny, d'après F. ELLENBERGER).

En somme cette Assise représente dans la zone Houillère un épisode analogue à l'Assise de Wadern dans le bassin Sarro-Lorrain, un « Saxonien ».

C. LES EPANCHEMENTS ACIDES ET LE PERMOTRIAS

Nous avons vu (p. 82) les conglomérats et schistes pourprés de la Ponsonnière couronnés par une (ou plusieurs) coulées acides de porphyre quartzifère, cf. rhyolitoïde. Au sommet de la coulée, qui peut atteindre 30 à 50 m d'épaisseur, nous avons observé des imprégnations de jaspe rouge.

Au-dessus viennent des quartzites blancs à grains roses, plus ou moins bien classés, alternant avec des schistes rouges et verts qui, en certains points ne présentent guère de différences avec les formations sous-jacentes. Ces couches sont surmontées en continuité par les quartzites Werféniens (2).

Nous les avons attribués au Permotrias (3). On aurait pu évidemment les considérer simplement comme les premiers bancs du Werféniens, dont la transgression se ferait ainsi sur les dernières coulées acides du Permien, témoins de la phase Palatine.

C'est ce qui a été admis habituellement, par exemple dans les Alpes-Maritimes par A. FAURE-MURET (1955). Ce que nous avons pu en voir près de Saint-Sauveur-de-Tinée présente de nombreux traits communs avec les couches correspondantes de la zone Briançonnaise (4).

Mais le même passage graduel s'observe vers le bas, là où la coulée acide n'existe pas, dans le massif de Roche Château ou aux Encombres par exemple. Cette raison ne serait pas encore suffisante. Pour quels motifs avons-nous donc rangé indistinctement ces quartzites

(1) Il n'est pas invraisemblable d'imaginer dans la zone Houillère à la phase Saalienne une abrasion de plusieurs centaines de mètres (voire 500 à 1 000 m) de couches (cf. WEGMANN, 1957). Si nous ne connaissons pas le relief qui fut édifié alors, nous pouvons penser par contre que le climat, déjà sec, favorisait une érosion rapide.

(2) L'attribution au Werféniens de ces quartzites a été récemment discutée par F. ELLENBERGER; nous n'y reviendrons pas. On trouve la même continuité en Lorraine, entre l'assise de Kreutzbach et le Grès bigarré (P. PRUVOST, 1934, p. 98).

(3) Ce terme, qui n'est pas propre à la stratigraphie alpine, n'est pas pris dans le sens de : Permien + Trias, mais désigne la zone de passage du premier étage au second, une formation qui, tout en ayant des caractères permien, passe d'une façon continue au Trias. Dans la zone Houillère elle représente probablement le Thuringien (complet ou terminal) et la base du Werféniens.

(4) D'après A. FAURE-MURET, ce « Werféniens inférieur » repose en discordance sur un Permien schisteux rouge attribué au Saxonien.

à quartz roses, attribués au Werfénien, et le Verrucano considéré généralement comme Permien, sous la même dénomination de « Permotrias » dans la description qui précède ?

— Les premiers ont presque toujours été confondus avec les quartzites Werfénien, mais ils représentent un niveau très constant. F. ELLENBERGER (1958) affirme avoir noté des quartz roses assez haut; il s'agit peut-être d'un remaniement; nous n'en avons pas observé personnellement de tels. Il est vrai aussi que la limite entre les deux horizons n'est pas nette; mais alors que le Werfénien est homogène, formé de grains longuement « préparés », les couches basales sont souvent mal calibrées, passent à un conglomérat « dilué ». Les schistes, comme les bancs de quartzites, renferment des grains de quartz et de jaspe roses ou rouges, des débris de schiste rouge ⁽¹⁾ et, en Maurienne et en Briançonnais, des galets de liparite, même lorsqu'il ne s'agit pas d'un véritable conglomérat.

— Le Verrucano *str. s.* contient les mêmes galets, plus gros, plus nombreux : en particulier il ne contient ni galets d'andésite (M. KILIAN et TERMIER, 1901; R. FEYS, 1957), ni galets de cristallin (J. DEBELMAS, 1955). Le ciment peut être de quartzite blanc ou de schiste vert. Il ne présente donc aucun caractère fondamentalement différent des quartzites à quartz roses.

L'une et l'autre formations tirent leurs éléments de la même source : des émissions acides et des imprégnations siliceuses que nous avons trouvées localement en place au sommet de l'Assise de la Ponsonnière ⁽²⁾. Cette dernière au contraire se distingue du Verrucano par sa richesse en éléments divers.

Par ailleurs Verrucano et quartzites à grains roses, s'ils sont parfois superposés ou associés, peuvent latéralement se remplacer.

Nous ne pouvons, avons nous vu, considérer les conglomérats du Verrucano briançonnais et ceux de la Case Blanche comme la condensation du Néopermien tout entier (ce qui s'expliquerait mal à la Case Blanche). Par contre, ils sont liés aux quartzites et aux schistes versicolores à grains roses qui se trouvent à la base des Quartzites blancs du Trias inférieur.

Cette formation, intermédiaire entre ce que nous avons, avec nos devanciers, attribué au Permien, et le Trias, participe de ces deux étages. Aucun argument paléontologique ou stratigraphique, si ce n'est la nécessité d'une hypothétique phase Palatine, ne permet de la rattacher à l'un ou à l'autre exclusivement. Cette ambiguïté ne se présentait pas pour l'Assise de la Ponsonnière. Il ne nous paraît donc pas possible de ranger les couches en question sous un autre vocable que celui de Permotrias. En effet le nom de Verrucano sous-entend un faciès. Il ne pourrait s'appliquer qu'à une partie de cet horizon intermédiaire. De plus il a été donné ailleurs à des couches d'âges variés et en général dans un sens plus étendu que l'acceptation briançonnaise ⁽³⁾.

Enfin il est souvent intéressant pour la cartographie de pouvoir souligner ainsi, lorsqu'elle n'a pas été supprimée, la base stratigraphique du Werfénien, puisque sous son faciès de quartzites à grains roses, le Permotrias fait tectoniquement corps avec lui.

L'analyse de la sédimentation ne nous apporte guère d'enseignements, à part quelques indices d'émersion. Ces dépôts, formés dans l'eau, pouvaient être exondés. D'abord grossiers, sableux et argileux, ils deviennent vers le haut de plus en plus homogènes et calibrés. Au Werfénien règne, en zone Houillère, une sédimentation exclusivement sableuse alors que les

(1) Ceux-ci peuvent provenir, comme les languettes de schiste noir dans les grès houillers, d'un remaniement pénécemporain du dépôt, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir une hypothétique érosion du « Saxonien » sous-jacent.

(2) Les quartz roses seuls ne sont caractéristiques d'aucun niveau. On les rencontre dans toutes les formations rubéfiées, ou qui en proviennent, notamment dans l'Assise de Courchevel et l'Eopermien.

(3) Voir en particulier TRÉVISAN et ACCADI (1957).

lits schisteux persistent en Vanoise (1). Ce qui frappe le plus est la pauvreté en éléments exotiques. Nous ne trouvons plus guère ici que des quartz, usés et triés, des galets de jaspe rouge et de liparite. Il faut ajouter aussi l'ankérite, apportée en solution, et qui va persister dans le Werfénien. Ceci mis à part, tous ces éléments ont été empruntés aux couches dont le dépôt a immédiatement précédé la transgression.

Ce Permotrias, ainsi défini (2) comme zone de passage, mesure à la Ponsonnière une vingtaine de mètres d'épaisseur. Au Passage du Pic du Thabor il atteint 60 à 80 m; le faciès est le même. Dans la vallée des Herbiers il n'a plus qu'une quarantaine de mètres; nous y avons trouvés quelques galets de liparite. Ceux-ci sont un peu plus nombreux aux Encombres : sa puissance doit être encore là de quelques dizaines de mètres; une évaluation précise est difficile à cause des complications tectoniques.

Au nord et à l'est on ne trouve plus le Verrucano entre le Houiller ou le Permien franc et les quartzites blancs. Le Permotrias est représenté par des quartzites et arkoses phylliteuses blanchâtres contenant parfois des rognons carbonatés, associés à des schistes sériciteux blancs et vert clair. Là encore on passe au Werfénien d'une façon continue par des schistes versicolores et des quartzites à grains roses. Tel est le cas à la Loze. Ce l'est peut-être aussi à Saint-Martin-de-Belleville (le Chatelard) mais les laminages sont ici trop importants pour que l'on puisse raisonnablement tirer argument de cette coupe.

A Modane le faciès de séricitoschistes onctueux prend de l'importance (F. ELLENBERGER, 1958, p. 69). Il domine en Vanoise (400 m d'épaisseur à Champagny) associé à des quartzites grossiers sériciteux carbonatés, des « schistes lilas », etc.

Or, si le Permotrias de l'est, et celui, proposé, de l'ouest, diffèrent par leur composition lithologique, ils présentent, en plus de leur position stratigraphique, des **analogies chimiques**. L'Assise de la Ponsonnière, succédant à l'orogénèse Saalienne, nous a montré des débris de toutes sortes, du cristallin au Permien, sans omettre les roches volcaniques qui venaient de s'épancher. De celles-ci, assez variées, nous savons que le trait commun était d'être sodiques et peu potassiques. Or c'est un des caractères du **Permien franc** de notre région que d'être riche en soude. F. ELLENBERGER l'a noté en Vanoise (1958, p. 150). L'analyse 27 d'un grès rouge de Saint-Martin-de-Belleville est à cet égard très typique. Dans le Permotrias de l'un et l'autre type, tous ces débris manquent, et la soude aussi, tandis qu'apparaissent la potasse... et les galets de liparite dans le type occidental et méridional.

Or la proportion $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ est inverse dans les porphyres du sommet de l'Assise de la Ponsonnière (An. 6 à 9) de ce qu'elle était dans les microdiorites, les roches prasinitiques et la porphyrite. Faut-il chercher ailleurs la raison de cette inversion du chimisme des sédiments à cette époque ? Peut-être cependant, comme le fait remarquer ELLENBERGER, le climat sec qui régnait alors a-t-il aggravé cette tendance en facilitant l'élimination des feldspaths potassiques.

Cette « transgression » permotriasiqne ne s'est pas faite après un rajeunissement du relief consécutif à une orogénèse mais sur une pénélaine couverte au sud et à l'ouest de coulées rhyolitiques et probablement de tufs, ce qui explique la rareté des roches plus anciennes.

Les débris longtemps triturés par l'eau et le vent dans des lagunes mobiles séparées par des cordons de dunes vont se réduire, se trier, se dissoudre. Ce régime semi-aérien, semi-

(1) Exceptionnellement, et seulement à la base et au sommet de cette formation, dont la partie aval de la galerie du Ponturin à Tignes a donné une bonne image.

(2) Précisons bien qu'il s'agit seulement de la zone Houillère, en Savoie et dans le Briançonnais. En Vanoise cet étage est beaucoup plus épais et bien individualisé lithologiquement.

aquatique, va durer jusqu'au début du Werfénien inférieur. On admet en effet⁽¹⁾ pour les grains des quartzites une préparation et un tri éolien. Par ailleurs les *ripple marks*⁽²⁾ à caractéristiques hydriques et le litage régulier (en particulier en Vanoise) indiquent une sédimentation sous une tranche d'eau. Mais celle-ci pouvait disparaître comme en témoignent les beaux polygones de dessiccation découverts par P. PRUVOST en 1949 dans les bancs inférieurs des quartzites de Roche Baron⁽³⁾.

(1) GIGNOUX et MORET (1938), J. DEBELMAS (1955), F. ELLENBERGER (1958).

(2) Voir F. ELLENBERGER (1958), p. 157 et pl. 21.

(3) Dans la voûte de l'ancien tunnel routier au sud-ouest de Briançon, en amont de Saint-Martin-de-Queyrières sur la rive gauche de la Durance.

V. ROCHES ERUPTIVES

Les roches éruptives rencontrées dans le secteur que nous avons étudié se répartissent en trois groupes : les roches prasinitiques, les microdiorites, et les roches acides d'épanchement.

A. LES ROCHES PRASINITIQUES

Ce premier groupe de roches relativement « basiques » est cantonné en Tarentaise dans le bassin de l'Isère où il était, jusqu'alors, passé inaperçu⁽¹⁾. Nous en avons fait analyser 3 types :

les roches intrusives d'Aime (An. 20), en sills, dans le Westphalien, celles de la Louïe Blanche (An. 12) probablement dans le Stéphaniens, et celles des Invergneures (An. 21 et 22), dans les couches basales du Houiller. Il faut y ajouter les roches prasinitiques de Bozel (An. 24), du Petit-Saint-Bernard, du Mont Charve et du Grand Assaly. Toutes ces roches, et particulièrement celles de la Louïe Blanche et des Invergneures sont **sodiques**, pauvres en potasse. Nous avons vu plus haut (p. 138) que les « Roches Blanches » de Sainte-Foy-Tarentaise et de Champagny pouvaient peut-être représenter une différenciation ultime de ce magma.

Sur plusieurs diagrammes, notamment le diagramme de différenciation, la porphyrite de la Ponsonnière vient s'ajouter à ce groupe. Mais celle-ci, comme d'ailleurs l'andésite de Guillestre, présente, par rapport aux roches du Briançonnais, des anomalies importantes dues probablement à son mode de gisement; aussi ne pouvons-nous dès l'abord la comparer aux autres.

⁽¹⁾ Il est probable que la roche éruptive signalée par ARGAND (1911) dans le Valais entre Agaren et Turtmann appartient à ce groupe (JACKLI, 1950).

Ces roches prasinitiques forment un groupe bien distinct des microdiorites et présentent par contre quelques analogies avec les roches éruptives de Vanoise. On ne doit cependant pas conclure qu'elles appartiennent déjà à une autre « province ». R. FEYS a signalé dans le Briançonnais des filons qui, sans s'écarter autant des microdiorites, se rapprochent pourtant des nôtres. Il a souligné leur mode de gisement particulier (dans des fractures transversales) mais n'est pas parvenu à trouver les causes qui les séparent des autres roches intrusives : différenciation ? Autre magma ? (1957, p. 209). Cette convergence est-elle fortuite ?

Les groupements qui apparaissent dans les triangles $al - alk - fm + c$ et $al - alk + c - fm$, où nous avons réuni toutes les analyses disponibles, **donnent l'impression d'une série continue**. Il y a là un fait d'importance. Car a priori rien ne permettait de prévoir qu'il en serait ainsi pour des ensembles aussi différents, aussi distants (actuellement et à plus forte raison au Permo-Carbonifère), que les intrusions briançonnaises, tarines et de Vanoise - Mont-Pourri. La porphyrite de la Ponsonnière serait aussi un exemple d'une différenciation dans ce sens. Mais le mode de gisement et la répartition géographique plaideraient, sinon pour un magma, du moins pour une phase ou des appareils différents. Les roches de Vanoise correspondraient à une différenciation plus poussée dans le sens « basique » et spilitique.

Signalons aussi, pour mémoire, les roches basiques des migmatites de la zone Sapey-Peisey. Leurs rapports avec les précédentes ne sont pas encore élucidés. Nous ne disposons actuellement que de deux analyses (n° 2 et E. II).

B. LES MICRODIORITES

Le groupe compact que décrivait R. FEYS (1957) se retrouve ici. Sur les diagrammes l'impression d'unité est plus grande encore lorsque l'on incorpore les roches homologues du Briançonnais (diagrammes triangulaires 1 bis et 3 bis). Dans le diagramme de différenciation, le point d'isofalie, si l'on pondère la courbe, ou, cela revient à peu près au même, si l'on ne tient pas compte de la porphyrite de la Ponsonnière, se trouve à peu près à mi-chemin entre le groupe des roches prasinitiques et celui des microdiorites. La roche n° 18 se trouve ainsi avoir une composition voisine de celle de ce « magma fondamental » théorique. Elle provient des sills épais qui injectent le Houiller au cœur du pli de la Sandoneire. Sur deux des diagrammes triangulaires ($al - alk + c - fm$ et $al - alk - fm + c$) elle se trouve au centre du groupe. Elle présente, compte tenu d'une teneur en silice un peu moins forte, une ressemblance certaine avec la microdiorite de la Cée Haute que R. FEYS (An. 37) considère comme proche de la composition du magma originel des intrusions briançonnaises (1957, p. 204 à 206).

Une chose sépare cependant les deux roches : la proportion relative d'alcalins. Elle semble indiquer chez nous une différenciation sodique locale : 5,13 de Na_2O et 0,46 de K_2O à la Sandoneire ($k = 0,06$) contre 3,72 et 1,52 à la Cée Haute ($k = 0,21$). On retrouve cette différenciation dans un affleurement voisin, à la Roche des Marches (An. 19 : $Na_2O = 7,52$, $K_2O = 0,74$, $k = 0,06$) alors que deux sills paraissant appartenir au même groupe que les précédents ont donné, l'un (An. 16 : Roche des Marches) : $Na_2O = 4,38$, $K_2O = 2,11$ ($k = 0,24$) et l'autre (An. 10 : Roche Noire) : $Na_2O = 2,05$, $K_2O = 3,63$ ($k = 0,53$).

Il y aurait donc, dans ce groupe, une double différenciation : acide basique (déjà notée par R. FEYS en Briançonnais) mais aussi sodique-calcique ou potassique.

Autre anomalie, mais qui est peut-être due cette fois à la migmatisation stéphanopermienne : le cas d'une roche vert pâle, en banc (sill ou coulée) dans les migmatites de la face est de l'Aiguille de Pécllet (An. 2). Nous commençons à savoir en quoi a consisté cette métasomatose : un grès, relativement peu transformé, récolté dans la même face, montre une teneur en alcalins (An. 28) et particulièrement en soude, qui n'est surpassée que par celle d'un grès néopermien (An. 27), postérieur donc à ces phénomènes : $\text{Na}_2\text{O} = 4,88$, $\text{K}_2\text{O} = 1,49$ pour le premier, $\text{Na}_2\text{O} = 6,29$, $\text{K}_2\text{O} = \text{traces}$, pour le second.

La roche éruptive paraît avoir subi, par rapport à celle, voisine, de la Pte de Thorens (An. II) semblable d'aspect, mais insérée dans le Houiller productif non transformé, un enrichissement en silice, en soude, peut-être en phosphore (mais ceci est plus douteux) avec appauvrissement corrélatif en magnésie et en potasse (1).

C. LES ROCHES ACIDES

Nous savons que des émissions acides se sont épanchées tardivement, et ont dû couvrir de très grandes surfaces avant la transgression permotriasique, si l'on en juge par la quantité de galets de liparite du Verrucano. Ceci paraît être un phénomène général; nous avons retrouvé de tels galets jusque sur la côte Ligure.

On pourrait penser que certains des microgranites briançonnais représentent des filons nourriciers de ces coulées. La composition chimique ne semble pas cependant le confirmer.

L'un des caractères des coulées finipermiennes est d'être potassiques; on ne retrouve pas ce trait dans les microgranites. D'ailleurs, pour R. FEYS, ceux-ci représentent seulement une « tendance » des microdiorites. Nous noterons cependant que les analyses de la Ponsonnière (An. 8 et 9) montrent un enrichissement en soude par rapport à celle de Côte vieille (An. 6 et 7) surtout sensible dans le bas de la coulée (An. 9). Ceci n'est cependant pas suffisant.

Pour le moment nous ne connaissons pas les roches de filons correspondant aux liparites.

D. LOCALISATION DES EMISSIONS

Dans le bassin de l'Arc les filons de microdiorite peuvent être, géographiquement, répartis en trois groupes. Il est difficile de dire, à l'intérieur de chacun, s'ils sont génétiquement liés ou appartiennent à plusieurs « venues » : nous avons vu plus haut qu'il existait, entre sills voisins, des différences importantes. Une étude très détaillée que nous n'avons pu faire, assortie d'un nombre suffisant d'analyses, serait nécessaire pour délimiter ce qui revient aux différenciations locales et prouver le mono ou le polygénisme des filons.

Le premier groupe, dans le prolongement des intrusions du pays briançonnais, est représenté par les sills du Crey du Quart et des alentours de Valloire.

Le second, étiré suivant une direction nord-nord-ouest est inconnu en Briançonnais (il passerait sous les morts terrains orientaux). Il est formé par les filons à l'ouest du Pic

(1) Deux roches de Vanoise encadrent ce groupe sur les diagrammes. Ce sont deux orthogneiss : l'un basique, albitique, provenant du lac de Friolin (An. ELLENBERGER, n° 15), l'autre plus acide, venant de la Pointe de Tougne (An. ELLENBERGER, n° 17).

du Thabor, ceux de Roche Noire, de la Roche des Marches, de la Sandoneire (An. 10,16,18,19), injectés dans le Houiller productif des grands plis couchés de la Sandoneire et de la Roche de la Pelle. La microdiorite s'est insinuée le long des veines de charbon; elle est souvent peu écrasée, peu altérée, quasi exempte de métamorphisme. Les amphiboles sont bien conservées, à peine frangées d'un liseré bleu dans une variété sodique (An. 19). L'allure générale des couches nous conduit à les enraciner dans la vallée de l'Arc (profils 46 à 49) aux alentours de Sordière où l'on observe effectivement quelques sills de roche éruptive (Le Chaplut, galerie Bonrieu).

Le troisième groupe comprend des filons incorporés aux couches les plus profondes de l'Anticlinal médian : Bissorte (An 13 et 17); le Prec, la Pra, les Champs (An. 14) et probablement aussi les filons de la Pointe Rénod et peut-être de la Pointe de Thorens. On pourrait aussi rapprocher de ceux-ci la microdiorite de Banchet (R. FEYS, An. 41). Mais cette dernière s'en distingue par une teneur en CaO plus faible (1,01 au lieu de 5,20 à 6,78), en magnésie et en potasse plus forte.

Enfin nous avons vu que géométriquement la porphyrite de la Ponsonnière se trouvait dans le prolongement de la zone injectée par les roches du Grand Vallon, en Briançonnais (1).

En somme tous ces groupements paraissent s'orienter dans la même direction N-N-O que les unités tectoniques majeures de la zone Houillère.

Les roches éruptives de Tarentaise sont beaucoup plus rares et leur affleurements dispersés. Tout ceci suggère deux foyers d'émissions qui peuvent comporter plusieurs centres secondaires différents :

— Le premier se trouve au sud, probablement dans le Briançonnais septentrional, la haute vallée de la Clarée ou de la Guisane (R. FEYS place l'un des centres à la Cée Haute). Il en existe probablement un autre à l'est ou au nord-est, qui a donné les filons du Thabor, Roche Noire et Bissorte.

— Le second, au nord, ne se manifeste que par les quelques filons de Tarentaise. La plus grande densité au voisinage du Ruitor fait supposer que le centre d'émission devait se trouver près du bord est du bassin.

E. CHRONOLOGIE DES EMISSIONS

Toutes les roches éruptives et intrusives du Permocarbone briançonnais sont anté-triasiques, puisqu'elles ne traversent pas les quartzites Werféniens. Nous venons de voir qu'elles étaient aussi antérieures au Permotrias.

La dernière en date, acide et potassique, est bien caractérisée. On sait par contre peu de chose sur la succession et les relations mutuelles de celles qui l'ont précédée.

Les éruptions et intrusions paraissent avoir commencé dans la région étudiée avec la phase Asturienne (2). Entre celle-ci et la période (anté-Namurienne) de plissement, de granitisation et de migmatisation hercynienne, nous n'avons trouvé trace d'aucun phénomène magmatique. Il paraît en être de même dans la zone externe. La présence alléguée récemment (J. HAUDOUR et J. SARROT 1956), de Carbonifère supérieur métamorphique à Entraigues tient,

(1) Mais leur liaison, structurale et pétrographique, n'a pu encore être établie de façon certaine. La roche du Grand Vallon en particulier, est très altérée.

(2) Il semble en être de même dans toute l'Europe occidentale, particulièrement sur le bord nord de la Mésogée (BARRABE, FAURA Y SANS, P. BORDET, THIEBAUT, VETTER, etc...).

semble-t-il, à une juxtaposition de schistes noirs du socle (LORY et DEBELMAS 1952) et de schistes houillers, juxtaposition dont C. BORDET (1957) a récemment indiqué la fréquence et analysé les causes.

On peut interpréter comme les premiers signes d'activité volcanique l'arrivée brusque de quartz rhyolitiques dans l'Assise de Courchevel (arkose de Béranger, schiste de la Loze et de Leschaux). Ceci indique un magma assez acide. Nous ne pouvons guère en tirer d'autres conclusions. Avant le Stéphanien nous n'avons pas trouvé trace de phénomènes de cet ordre, tout au moins dans la zone Houillère.

Dans l'Eopermien (ou le Stéphanien supérieur) nous avons signalé (Crey du Quart) des roches acides ou du type microdiorite. C'est de cette époque que doit dater la mise en place des microdiorites puisqu'on les retrouve, selon R. FEYS (1957), en galets dans l'Assise de la Ponsonnière. Cette mise en place doit être elle-même assez précoce, car nous avons trouvé des roches probablement apparentées à ce cycle, modifiées dans les migmatites de la zone Sapey-Peisey (Péclet). Or cette migmatisation serait elle-même éopermienne (Saulire, Sapey).

Plusieurs centaines de mètres de couches ont dû être enlevées ensuite par l'érosion pendant les déformations de la phase Saalienne.

R. FEYS (1957) a mis en évidence la différence qui existe en Briançonnais entre les microdiorites et les roches basiques du Grand Vallon, de la Cula, des Muandes. Alors que les premières se sont insinuées en suivant les couches, les autres se sont mises en place dans des fractures transversales. De telles fractures appartiennent à une phase de détente. Elles peuvent dater de la fin de la phase Saalienne. De même la porphyrite de la Ponsonnière et celle de Guillestre précèdent immédiatement le dépôt du Néopermien. Or sur les diagrammes triangulaires ces roches basiques se groupent avec la porphyrite de la Ponsonnière et les roches intrusives de Tarentaise⁽¹⁾. Les dernières sont trop éloignées géographiquement pour que l'on tente de les apparenter. Par contre on peut se demander si la première (et peut-être celle de Guillestre) ne représente pas le faciès d'épanchement des roches basiques briançonnaises. P. TERMIER (1901) avait déjà remarqué que l'andésite de Guillestre ne pouvait être celui des microdiorites.

Une période de calme orogénique s'ensuit, au cours de laquelle les reliefs édifiés sont détruits. Elle n'est troublée, dans la région que nous avons étudiée, que par l'émission acide, peut-être contrecoup lointain de la phase palatine. Il serait intéressant de rechercher auquel des deux étages, Eopermien ou Néopermien, appartiennent les coulées de porphyre quartzifère et de spilite du Permien autochtone de l'Aar.

Quoi qu'il en soit il faut considérer l'ensemble de ces éruptions comme des moments d'un même cycle :

- **stéphanien moyen** : roches acides;
- **éopermien** : porphyrites, porphyres et microdiorites, roches basiques de zone Sapey-Peisey (?);
- **phase Saalienne** : porphyrites, roches prasinitiques;
- **Néopermien** : porphyre quartzifère.

(1) Qui sont peut-être antérieures (en particulier la roche de la Louie Blanche). Le fait est certain pour les roches basiques de la zone Sapey-Peisey, antérieures à la migmatisation.

De telles associations, qui peuvent comporter aussi des roches plus basiques, sont connues à la fin du Primaire en de nombreuses régions :

- dans la partie méridionale de l'« Europe Moyenne », dans la zone externe (Grandes Rousses), dans l'Estérel⁽¹⁾, les Cévennes⁽²⁾, le Sud-Ouest (Mouthoumet, Decazeville)⁽³⁾, l'Espagne (FAURA Y SANS, 1928), Saint-Etienne, etc.;
- dans la partie septentrionale, en Lorraine (P. PRUVOST, 1934), en Ecosse (MAC GREGOR 1948), etc.

(1) P. BORDET, 1945 et 1951.

(2) GRAND EURY (1890), P. TERMIER (1888).

(3) BARRABÉ (1943), THIÉBAUT et VETTER (1957) etc.

VI. PLACE DE LA ZONE HOUILLÈRE DANS LES ALPES HERCYNiennes

Sous ce titre, peut-être un peu ambitieux, nous allons essayer de reconstituer l'aspect, à la fin du Primaire, de la zone Houillère et du pays qui l'entourait. Cette tentative, menée avec les quelques données dont nous disposons, ne peut aboutir qu'à une image encore bien floue. Les travaux en cours, en particulier ceux de J. P. BLOCH en Ligurie, nous apporteront sans doute dans ce domaine des éléments nouveaux importants.

La zone Houillère des Alpes occidentales devait se présenter au Permocarbone comme une zone de subsidence très allongée, un sillon de plus de 400 km de long (actuellement de Vado-Ligure au Simplon) au sein d'un continent formé de roches anciennes, migmatites et ectinites.

Ce sillon était-il déjà arqué ? C'est possible, mais probablement moins que maintenant ⁽¹⁾.

Quelle pouvait être sa largeur ?

Une évaluation est difficile.

Il faut d'une part additionner les différentes unités actuellement prises en écharpe par le chevauchement occidental et qui se succèdent du sud au nord : le Houiller de la Guisane disparaît aux alentours du Galibier, celui de la Clarée ne dépasse pas l'Arc. Dans la vallée de l'Isère, en amont de ViClaire, de nouveaux éléments apparaissent de sous le chevauchement de Vanoise.

Grosso modo on pourrait chiffrer à 20 ou 25 km la largeur ainsi cumulée.

— Il faudrait ensuite déplier le tout, tâche presque impossible en raison de la discontinuité des plis, des dysharmonies. Le chiffre obtenu devrait tenir compte, en moins, de l'étirement des couches, variable suivant les points, et qui résulte plus du glissement des lits les uns par rapport aux autres que de l'étirement proprement dit de la roche.

(1) R. BARBIER et R. TRÜMPY (1955) étudiant le Flysch, arrivent à la conclusion « que la structure en arc des Alpes occidentales se trouvait certainement préfigurée dès le stade géosynclinal ».

Cette zone de subsidence, large donc de plusieurs dizaines de kilomètres était limitée à l'ouest par des collines. Les écaïles de Villarly et Hautecour en sont peut-être les témoins. Au-delà s'étendaient de vastes terres, de Belledonne au Massif Central, qui se couvriront de lacs et de marais au Stéphanien.

A l'est se trouvait une autre chaîne de collines qui s'est amenuisée progressivement pour être recouverte au Néopermien. Il reste de cette « cordillère »⁽¹⁾ le massif du Ruitor et probablement une partie du cristallin ancien des « Schistes de Casanna » (en particulier au Grand Saint-Bernard). La quatrième écaïlle, avec son Verrucano transgressif en serait une esquille arrachée (LEMOINE, 1951).

De l'autre côté de cette ride, à l'est, venait une nouvelle plaine marécageuse, maintenant la « zone Vanoise - Mont Pourri ». La subsidence y était un peu plus forte, la sédimentation plus fine et peu propice à la formation du charbon (on y connaît cependant plusieurs veines minces). Elle paraît avoir été moins allongée et plus large que la première.

Elle devait être limitée à l'est par d'autres reliefs⁽²⁾ (maintenant le Grand Paradis, etc.) érodés jusque dans leurs couches les plus profondes (MICHEL, 1953) et qui n'ont été submergés qu'au Trias (GOGUEL, 1955).

On retrouvait au-delà d'autres marécages de type houiller qui ont donné les couches de Pignerol. Plus loin seulement venait la mer, la Mésogée et ses dépôts à Fusulines.

La subsidence n'a pas été la même, ni constante, tout le long du sillon. Nous savons qu'elle était faible ou nulle en Briançonnais au Stéphanien. Des seuils temporaires pouvaient interrompre la suite des marécages. Ils ont pu, indirectement, déterminer les rétrécissements du col de Larche ou du Valais.

En Savoie l'affaissement a été à peu près continu jusqu'au début du Permien. A ce moment, tandis qu'il continuait, actif, en Vanoise, des cuvettes se sont différenciées dans la zone Houillère.

Cette zone de subsidence a dû commencer à fonctionner dès la fin de l'orogénèse Sudète, au Namurien. Nous savons peu de choses, en Savoie, sur son histoire au Westphalien inférieur. Il appartiendra à ceux qui étudient le Briançonnais, R. FEYS et Ch. GREBER, de nous le dire.

Jusqu'au Stéphanien inférieur le pays est resté dans un état de « biostasie ». Tantôt régnaient des lacs d'eau calme où se déposaient des schistes fins, tantôt des marécages où se formait la houille, tantôt encore les rivières qui les traversaient submergeaient le tout d'argiles sableuses, de sables limoneux à bancs de graviers. Dans ces derniers les galets de quartz, longuement émoussés, voisinaient avec les lambeaux ou les boulettes d'argile arrachés aux berges.

Tout ce que nous avons vu évoque plus un graben allongé dans un domaine continental, qu'une zone de subsidence à la limite du continent comme c'est le cas pour le bassin du Nord, ou à plus forte raison celui des Asturies.

On pense, en plus réduit, au chapelet des Grands lacs d'Afrique Equatoriale : Albert, Edouard, Kivou, Tanganyka, séparés de la mer par d'autres dépressions moins allongées (lac Victoria, etc.) et des chaînes de montagnes et de collines.

(1) Selon l'acception restreinte de ce terme admise par J. DEBELMAS (1957).

(2) L'extension de cette zone est encore mal connue. Elle disparaît au sud d'Ambin sous les Schistes Lustrés. D'après les travaux en cours de MICHARD elle reparaîtrait au Val d'Acceglio. Au nord elle n'a pu être distinguée des autres formations que comportent les Schistes de Casanna.

L'instabilité de cette zone, qui persistait après l'orogénèse Sudète, va se perpétuer jusqu'aux plissements alpins.

C'est probablement suivant les grandes failles d'effondrement que sont montées, au Stéphanien et au Permien, les roches ignées de type « synthétique » (RITTMANN, 1951) que nous avons décrit plus haut. Leur caractère sodique esquissé vient peut-être des ophiolites anciennes (« Série verte » de C. BORDET, 1957) qu'elles avaient « digéré » au passage.

F. ELLENBERGER (1958, p. 100) a souligné « la localisation étroite des migmatites » de la zone Sapey-Peisey « au voisinage du chevauchement frontal de la zone Vanoise - Mont Pourri... probablement rejeu d'une cicatrice plus ancienne ». Or, les variations de faciès du Houiller en Maurienne comme l'étude du secteur du petit Saint-Bernard, tendent à montrer que ce chevauchement s'est produit à l'emplacement, où à côté de la « cordillère » du Ruitor. Cette cicatrice devait être l'une des failles limitant le bassin à l'est.

A l'ouest aussi les grands chevauchements alpins au front de la zone Briançonnaise et entre zones subbriançonnaises internes ont du être, pour une part, conditionnés par ces vieilles fractures du socle qui elles-mêmes avaient plus ou moins déterminé les zones de faciès.

La phase Asturienne⁽¹⁾ a eu comme conséquence l'envahissement du bassin par les décharges conglomératiques venues de plusieurs côtés à la fois.

Au cours du Stéphanien, sous l'effet probablement d'un climat plus sec, les marécages étaient moins nombreux, limités en durée. A leur tour les lacs de l'Eopermien ont disparu à l'orogénèse Saalienne sous les coulées de laves et les épandages de cailloutis et de sables du Néopermien. Au Permotrias, après les dernières coulées acides qui avaient couvert la moitié sud du pays, la zone Houillère a cessé de fonctionner comme « fosse » de subsidence individualisée. Cette immense plaine sablonneuse s'est enfoncée progressivement et s'est couverte de lagunes. Ce régime a duré longtemps, avec des incursions marines, jusqu'au « renversement de subsidence » (F. ELLENBERGER, 1951b; 1958, p. 100) qui a transformé le « géosynclinal briançonnais archaïque » en un géanticlinal, tandis qu'enfin les zones stables de l'est et de l'ouest commençaient à s'affaisser.

(1) Les beaux travaux de R.H. WAGNER et Ch. WAGNER-GENTIS dans la province de Palencia, appuyés sur une stratigraphie fine, ont montré que là comme dans les Asturies, la phase principale s'est produite entre le Stéphanien A et le Stéphanien B-C et non entre Westphalien et Stéphanien. Des mouvements prémonitoires se sont produits dès le Stéphanien A.

VII. LE COMPORTEMENT DE LA ZONE HOUILLÈRE DANS L'OROGENÈSE ALPINE

On sait peu de choses de la tectonique hercynienne tardive. Nous avons vu qu'on pouvait lui attribuer l'ébauche des grandes structures actuelles, en particulier de l'anticlinal médian en Maurienne. Mais on ne peut par contre distinguer actuellement parmi les plis de second ordre, ceux qui sont dus aux plissements alpins ou à des tectoniques plus anciennes, hercyniennes, voire anténummulitiques.

Nous pouvons seulement envisager que les bombements et les cassures produits au Stéphanien et au Permien ont pu, comme dans d'autres bassins houillers, déclencher dans ce matériel, à cette époque argileux et plastique, des écoulements par gravité de lentilles s'emplantant les unes sur les autres.

Dans ce qui suit nous considérerons donc « en bloc » toutes les déformations, fautes, pour l'instant, de critère qui permette de les distinguer les unes des autres.

A. LE COMPORTEMENT DES ROCHES — LE CHARBON — LES DYSHARMONIES

Le rôle du charbon dans les plissements, en particulier les plissements alpins, et les modifications qu'il subit, ont été décrits en maints endroits⁽¹⁾. Nous ne nous y attarderons donc pas, nous contentant de rappeler les principaux traits et le sens de son comportement.

L'anthracite alpin est une mylonite, au sens littéral du terme. Le fait est bien connu : le charbon est réduit en une poudre, très fine, ou grossière, réagglomérée en englobant divers débris provenant des épontes, des « nerfs » stériles inclus dans la couche, des filonets de

(1) Voir par exemple MOULINIER, 1924; SCHOELLER, 1930; BERSIER, 1948a; ADERCA, 1957. On trouvera une bibliographie succincte de la question *in* FABRE-FEYS (1952).

quartz, etc. Le charbon lité, intact, non broyé, ne représente pas le tiers ou le quart de l'ensemble. Presque complètement absent dans les zones tectonisées ou les dressants, il est irrégulièrement réparti dans les veines en plateaux : en lits au toit, ou en lentilles au sein de la mylonite. Il est très rare qu'il occupe toute la couche.

Cet écrasement du charbon n'est pas particulier aux Alpes. Nous l'avons observé dans des bassins très divers; mais la mylonite vraie ne se trouve en général que dans les failles : elle résulte de l'écrasement du charbon entraîné entre deux épontes animées de mouvements différentiels, comme les meules d'un moulin. La mylonitisation d'une partie importante ou de la totalité d'une veine est chose exceptionnelle. ADERCA l'a décrite en Belgique; nous l'avons observée dans les Cévennes, à Mercoïrol. Dans les deux cas la couche intéressée se trouve à proximité d'un chevauchement important (dans les Cévennes le chevauchement du Stéphaniens inférieur sur le Stéphaniens moyen autochtone). On y observe tous les types d'accidents décrits dans les Alpes : broyage particulièrement intense dans certaines zones et dans les crochons, renflements et « serrées », « queues », etc.

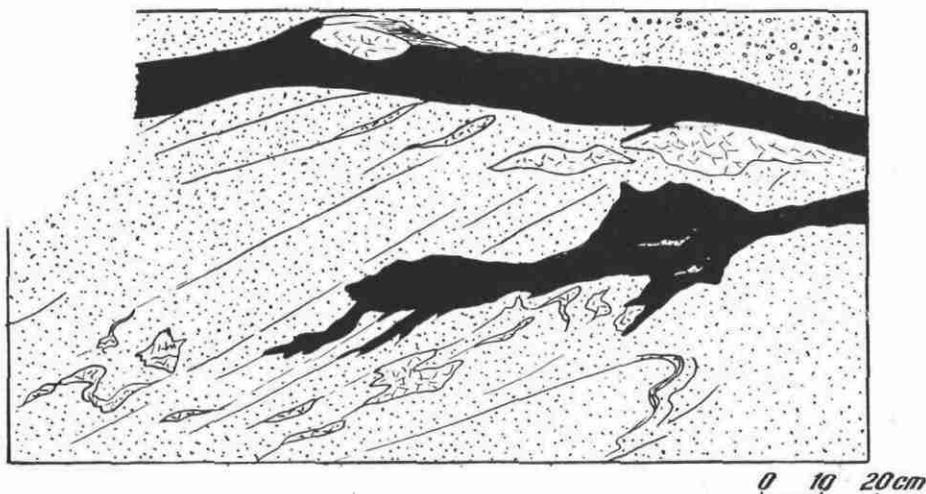


FIG. 44. — Petite veine de charbon, avec « queues » injectées suivant les plans de schistosité d'un grès; en blanc : lentilles de quartz. Ruisseau de Bissorte, La Pr.

Dans la zone Houillère ce phénomène est quasi constant et nous fait pressentir l'intensité des déformations qu'elle a subie. On peut en effet en conclure que toutes les veines ou presque de la zone Houillère se sont trouvées, comme la veine « Sans Nom » de Mercoïrol, à proximité d'un gros accident, qui a déterminé des déplacements relatifs des épontes tels que tout le charbon en a été moulu. Et inversement ce charbon broyé, devenu plastique à l'échelle de la tectonique, joue un rôle de lubrifiant et facilite les décollements.

Effectivement, si l'on ne peut trouver de beaux plis cylindriques dans le Houiller productif c'est, pour une part, à cause du charbon. Par contre le nombre de plis montrant un ou deux flancs laminés, de petits chevauchements, de petits contacts anormaux entre un banc de grès massif et des schistes plissotés ne se compte plus. Et presque toujours on retrouve du charbon, entraîné ou en place dans ces contacts anormaux.

En toute rigueur on pourrait dire que le toit d'une veine n'est presque jamais en contact normal sur la couche de charbon. En fait la plupart du temps les déplacements totaux paraissent minimes et résultent de plusieurs déplacements primaires dans des sens différents. Mais ces déplacements relatifs ont facilité la migration de la mylonite qui s'est amassée dans les

crochons ou simplement dans les lentilles, qui peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur.

L'on a d'ailleurs beaucoup exagéré l'irrégularité de ces couches. On a confondu renflements et crochons (les seconds donnent des amas bien plus importants). Les étrointes ne sont presque jamais totales. Pour notre part nous n'avons jamais vu de veine exploitable (1 à 2 m) réduite à zéro. Les étrointes de la sorte se produisent dans des couches minces, des « passées » de quelques décimètres, quand ce ne sont pas des failles. Une veine « normale » pourra, elle, passer de 0,40 m à 4 m par exemple. Les renflements ne sont pas dus à un gonflement de la veine entre des épontes plastiques. Dans la plupart des cas, le toit est régulier ou largement ondulé mais le mur est découpé en touches de piano (Valmeinier, Gorge Noire, Sordière, Peisey, etc.). Ce n'est donc pas la « mobilité » de l'anthracite qui a « provoqué l'irrégularité de ses gisements » (SCHOELLER, 1930). Elle a seulement permis son adaptation étroite à un contenant qui se déformait : épontes normales ou cassures dans le stérile.

Le comportement des autres roches dépend de l'épaisseur des bancs et souvent de la présence ou non de ces zones de moindre résistance que sont les stampes schisteuses avec veines de charbon (en effet une veinette isolée au sein d'un épais banc de grès ne joue pas toujours le rôle d'une surface de décollement). D'autre part les dysharmonies ne sont pas nécessairement liées au charbon. Nous en avons observé de tout à fait caractéristiques, par exemple dans les pélites, grès et conglomérats de la Série de Roche Château, au Pas de la Barjette : une zone, puissante d'une dizaine de mètres est affectée de replis aigus de plusieurs mètres d'amplitude et ce, entre des stampes régulières de composition analogue. Toutefois c'est dans le Houiller productif que l'on rencontre le plus souvent ce type d'accident — toutes conditions étant égales par ailleurs (localisation par rapport aux grands accidents, etc.).

Dans le même ordre de choses le boudinage des bancs de grès, à l'échelle du décimètre ou de la dizaine de mètres est fréquent dans ces séries hétérogènes schistogréseuses et contribue aussi à l'irrégularité et la fragmentation des plis.

Par contre dans les zones homogènes de la série stratigraphique, qui sont aussi les zones stériles, les stampes de schiste compact ou de grès massif se comportent d'une manière plus simple. On pourra y trouver des plis complets.

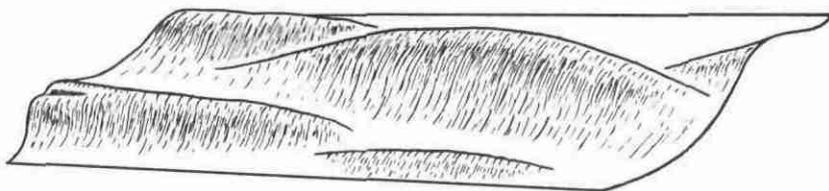


FIG. 45. — Ondulations du toit (stratigraphique) de la veine de la Lozière (r. d. de l'Arc).

B. LES PLIS

Les plis du Houiller, quelle que soit leur échelle, surprennent souvent par leur style souple que l'on n'attendrait pas de roches actuellement « figées ». Ils n'ont pu se produire qu'avant ou pendant la diagenèse ou le métamorphisme qui a transformé les grès en quartzites, les schistes argileux en ardoises.

Les types de plis

Nous avons vu les grands plis couchés du Brequin, de la Sandoneire, de la Roche de la Pelle, auxquels on peut rapporter ceux de la Tempête et de l'Aquila dans le Briançonnais. Ils ne sont pas cylindriques, mais assez courts et se relaient du nord au sud.

La logique des autres, de moindres dimensions, n'apparaît pas clairement.

On peut cependant suivre sur quelque distances des zones très déformées et d'autres beaucoup plus régulières, larges de quelques centaines de mètres et affectées seulement de molles ondulations et de cassures secondaires. Une telle disposition est bien visible dans le secteur des Encombres, Pointe de la Masse - col de Pierre Blanche, où l'on pourrait interpréter les zones froissées, verticales, nord-sud (rochers ruiniformes des Encombres, col de Pierre Blanche) comme des retombées de larges plis en « chaise ». E. RAGUIN avait déjà noté sur la feuille Petit Saint-Bernard (1931) ces faisceaux serrés séparés par des zones ondulées. « Cette irrégularité », écrit-il, « s'explique parce que ces plis ont été appliqués à un matériel qui n'était plus neuf, au sens d'ARGAND, mais déjà devenu rigide par les déformations initiales ». Là encore il faudrait distinguer entre les plis précoces, formés de matériel « jeune », ceux d'Orelle (fig. 20, p. 66) par exemple et ceux brisés et plus tardifs, formés sans doute sous une moindre surcharge, comme ceux qui accompagnent les accidents jalonnant les plis du Brequin.

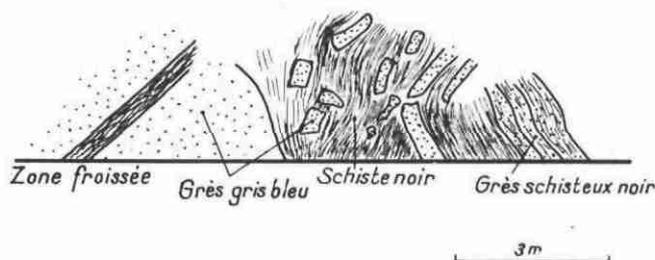


FIG. 46. — La Buffa. Petits bancs de grès étirés et disloqués dans un banc de schiste.

Plis orthogonaux.

De nombreux auteurs⁽¹⁾ on décrit dans le Houiller ou sa couverture mésozoïque, des plis orthogonaux à la direction générale qui est rappelons-le, N.-S. en Maurienne, N. 30° E. en Haute Tarentaise.

Il ne nous a pas été possible de déceler si ces plis représentaient des vestiges d'une phase antérieure. Le métamorphisme alpin est en effet trop faible ici pour que de tels événements se soient imprimés clairement dans la texture des roches. Il nous semble, dans bien des cas, qu'il s'agit d'irrégularités contemporaines de la phase de plissement principale, d'interférences sous les pressions orogéniques orientées, entre des masses de composition, de résistance, de rigidité diverses⁽²⁾. Il ne faut pas négliger la présence, à une profondeur qui peut n'être pas très grande (dans la vallée de l'Arc en particulier) d'un socle ancien écaillé. Les plis du Houiller, se moulant autour du môle cristallin du Bec de l'Ane (sud-ouest du Ruitor) en seraient un bon exemple.

(1) KILIAN-RÉVIL (1904-1917), p. 388, M. BERTRAND 1894, p. 144; P. TERMIER, J. GOGUEL, F. ELLENBERGER.

(2) J.M. VALLET les attribue à des torsions en relation avec le Trias. Cette interprétation ne peut être soutenue chez nous.

C. LE DÉVERSEMENT VERS L'EST, L'ÉVENTAIL BRIANÇONNAIS

La disposition en éventail des couches, des plans de schistosité et, à un moindre degré, des plans de chevauchement dans le Houiller et sa couverture a depuis longtemps frappé ceux qui étudiaient le Briançonnais ou la Maurienne.

LORY (1860-1861) et d'une façon plus objective FAVRE (1860) l'ont figurée dans leurs coupes de l'Arc et l'ont interprétée comme une disposition synclinale, ou synclinale et anticlinale normale. Mais assez vite on reconnut la généralité de ce phénomène et la zone Houillère devint la « zone axiale » des Alpes occidentales (KILIAN, M. BERTRAND, etc.). M. GIGNOUX (1948) revient quelque peu à cette notion lorsqu'il se demande si l'on n'a pas là la « zone de succion » de la chaîne. Enfin on a voulu voir là aussi un phénomène tardif de rebroussement, de plis en retour (*Rückfaltung*) par poussée au vide vers la zone du Piémont, entraînement sous le reflux vers l'est des Schistes Lustrés.

Il ne nous appartient pas, ne considérant que la zone Houillère, d'expliquer l'ensemble d'un phénomène qui la dépasse largement. Nous nous bornerons à préciser, autant que possible, le comportement du Permocarbone et les rôles respectifs des grandes structures, des plis et des accidents.

En Maurienne, en amont du Pont de la Denise, on observe dans l'anticlinal médian et la retombée orientale un grand nombre de plis, de type souple, **déversés** vers l'est, dans les zones profondes du massif, plus rarement **couchés** dans les parties hautes, c'est-à-dire dans le Houiller anthracifère — ceci à diverses échelles, du mètre à la centaine de mètres.

La même structure s'observe en Briançonnais, sur le bord oriental de la zone Houillère; on ne la retrouve plus dans la vallée de Bozel mais elle réapparaît en Haute Tarentaise.

Ce déversement des plis est alpin puisque le Mésozoïque du Thabor est rebroussé au front du pli de la Pelle.

Ces plis, déversés ou couchés vers l'est, comme les plis droits du synclinal occidental, ou les plis déversés à l'ouest des mêmes unités dans la vallée de Bozel, compliquent les grandes structures. Nous avons vu que celles-ci pouvaient avoir été esquissées dès le Carbonifère; dans ce cas la tectonique alpine ne serait responsable que de leur exagération, leur serrage et leur écaillage.

Enfin ces plis alpins de style souple, formés avant ou pendant le métamorphisme, sont antérieurs aux derniers rejeux des failles de détente et même de chevauchement vers l'ouest. Ceci est manifeste sur le profil n° 10 (dressé en partie d'après les travaux de la mine de Montgirod). **Ils ne représentent donc pas la phase ultime de déformation.**

Comment concilier ceci avec la nécessité, démontrée par l'étude des régions voisines, d'une ou de plusieurs phases de « poussée » vers l'ouest antérieures au rétrocharriage vers l'est ? ⁽¹⁾.

D'où vient la disposition en éventail de la zone Houillère ? Considérons d'abord les couches profondes. Pour V. V. BELOUSSOFF (1955) cette disposition n'est que le résultat de mouvements verticaux affectant les uns après les autres divers compartiments du socle. Mais la régularité des directions d'axes de plis cadre mal avec cette hypothèse. Cet auteur reconnaît d'ailleurs n'avoir pas encore réussi à résoudre, dans cette perspective, le problème du « frois-

⁽¹⁾ Cette primauté du charriage vers l'extérieur de la chaîne a cependant été récemment combattue par A. AMSTUTZ.

sement général » des couches dans les zones internes des Alpes. C'est une hypothèse de ce genre que suggèrent aussi les travaux des auteurs soviétiques sur la répartition de la schistosité (MIKHAILOV, 1957). Mais l'inexistence de contraintes tangentielles n'est cependant pas démontrée. Pour J. GOGUEL cette disposition peut provenir simplement de l'écrasement de la zone Houillère au cours de son charriage. D'autre part le rôle des massifs cristallins externes, enracinés et écaillés sur place, et des massifs internes, pouvant jouer comme des serres, n'est sans doute pas négligeable. Rappelons que les plis, déversés à l'est, de Maurienne, précoces et antérieurs au métamorphisme, se produisent donc sans doute au moment où se forme (ou s'exagère) le pli couché de Vanoise-Mont Pourri, c'est-à-dire, selon F. ELLENBERGER, vers le milieu de l'Eocène.

Quant aux plis couchés des parties hautes, ils pourraient avoir une autre origine, et provenir de l'exagération du déversement des plis anciens sous l'effet du rétro-écoulement de la couverture ⁽¹⁾. On pourrait, comme nous l'a suggéré F. ELLENBERGER, imaginer pour certains qu'il s'agit d'anciens plis droits, ou même déversés à l'ouest, qui auraient été tardivement rebroussés et renversés vers l'est par le dit rétro-écoulement. Cette hypothèse un peu osée, expliquerait pourquoi si souvent le flanc normal est laminé et le flanc inverse conservé. Elle trouverait un autre argument à la Sandoneire où il paraît au premier abord plus logique d'enraciner les filons de microdiorite dans la région de Bissorte, où ils sont nombreux et épais, qu'à Sordière.

En somme la structure actuelle de la zone Houillère n'est pas à proprement parler celle d'une zone de succion, où l'on verrait des couches de tous âges s'enfoncer côte à côte verticalement. Une telle zone serait plutôt à rechercher dans l'ensemble : Subbriançonnais *str. s.* — zone Houillère — Synclinal séparateur (et c'était probablement l'idée de M. GIGNOUX) ou plus à l'est (nous n'en verrions ici que l'un des bords). De toutes façons une telle hypothèse, faute de preuves, reste gratuite.

Cette structure résulte de contraintes exercées sur une masse houillère déjà déformée, **mais non indurée**, couvrant un substratum cristallin, invisible en Maurienne, mais situé peut-être à faible profondeur, qui devait avoir à l'alpin des propriétés mécaniques semblables à celui de Belledonne (C. BORDET, 1957). Ces contraintes peuvent être d'ordre et d'âge différents si la distinction entre plis déversés profonds et plis couchés des parties hautes s'avère exacte.

Après avoir, dans les premiers temps de l'orogénèse, participé de la tectonique de couverture, le Houiller, plissé et induré fait ensuite partie du substratum siliceux de cette partie des Alpes, ainsi que le Permien et le Werfénien. La partie superficielle pourra subir les contre-coups des déplacements de l'Ensemble Calcaire et des nappes surimposées. Mais la masse elle-même ne sera plus affectée que par les grands accidents cisailants.

D. LES GRANDS ACCIDENTS LIMITES DE LA ZONE HOUILLERE

1. Le chevauchement occidental

Nous avons vu que le plan de chevauchement occidental :

— est accompagné d'une zone d'écaillés, à vrai dire assez limitée en largeur. Nous

⁽¹⁾ F. ELLENBERGER, 1958, thèse, p. 410, 439, 441, 459.

n'avons pas trouvé au sein du Houiller de grands accidents satellites. On ne peut pas rigoureusement considérer les chevauchements qui séparent les unités briançonnaises comme tels.

— est oblique sur les unités tectoniques majeures du Houiller.

— il tranche les zones stratigraphiques; il est possible qu'en profondeur il atteigne le cristallin. Ce n'est pas l'exagération d'un vaste pli couché.

— il recoupe des plis déversés à l'est.

— sa pente moyenne varie entre 50° et 20°. Nous ne savons s'il a été déformé tardivement.

Cet accident est souligné par des accumulations, sous lui, de gypse (« zone des Gypses » de R. BARBIER) parfois très importantes, englobant des lambeaux de la couverture mésozoïque du Permocarbonifère⁽¹⁾. Il ne sépare pas des zones paléogéographiquement très différentes, qu'il s'agisse du Houiller ou du Mésozoïque⁽²⁾.

Dans la vallée de l'Arc le pendage du plan de chevauchement est de 45° à 50°. A la latitude du Galibier il paraît diminuer. Il en est de même au nord dans la vallée de l'Isère (20° environ sur la rive droite).

On pourrait considérer ces variations de pendage comme fortuites, ou dépendant de la nature des terrains intéressés : presque horizontal quand il affecte la couverture, le plan de chevauchement deviendrait plus incliné quand il affecterait le Houiller; mais pourquoi n'en serait-il pas de même dans la vallée de l'Isère ?

En Haute Tarentaise l'aplatissement coïncide avec l'apparition en surface du Carbonifère du faisceau de Salins dont nous avons vu qu'il avait dû se former dans le même bassin de sédimentation que le Carbonifère « briançonnais ». Ces deux unités se rapprochent du sud au nord, tandis que les assises de la zone Houillère au contact du chevauchement sont de plus en plus anciennes : Assises de Tarentaise et de Courchevel dans la vallée de Bozel, Westphalien inférieur et moyen dans la vallée de l'Isère. Faut-il voir dans ces variations de pendage une relation avec les abaissements et les surélévations axiales de la chaîne⁽³⁾ ? Dans ce cas, loin de devenir vertical en profondeur, comme le pense V. V. BELOUSSOFF, le plan de chevauchement tendrait vers l'horizontale. Rien ne prouve cependant qu'à une certaine profondeur, en arrivant dans le cristallin par exemple, il ne prenne une pente plus forte. C'est cette hypothèse qui a été habituellement admise (GOGUEL, 1952, p. 239).

Cet accident de même que celui qui sépare le faisceau de Salins de la digitation de Moutiers (massif de Hautecour) s'est peut être produit à l'emplacement d'une zone de fractures du bassin hercynien (on conçoit aujourd'hui ce dernier comme beaucoup plus vaste que les affleurements ne permettent de le supposer au premier abord).

Il a joué au paroxysme des mouvements alpins. Il a certainement joué après le « froissement général » du Houiller, les plis déversés vers l'est, le métamorphisme des roches, donc après la venue de la nappe des Schistes Lustrés du Jovet.

Il a probablement joué dans les deux sens, ce qui expliquerait la présence de lambeaux de couverture au sein du gypse. Mais en remarquant que ceux-ci y sont beaucoup plus communs que les lambeaux de Houiller, on pourrait interpréter cet accident non comme le plan de charriage de la zone Houillère sur le subbriançonnais et le parautochtone ultradauphinois, mais comme un englobement de ces derniers sous la zone houillère. Nous rejoindrions ainsi quelque peu les idées de GIGNOUX.

(1) Ou tout au moins ce que l'on considère comme telle. En effet au nord de l'Arc on ne sait pratiquement rien sur la couverture primitive de la zone Houillère (quartzites werféniens exclus).

(2) Voir à ce sujet la thèse de R. BARBIER, 1948, et la synthèse de M. LEMOINE, 1953.

(3) Qui correspondent par exemple au massif du Mont Blanc et au Pelvoux.

2. Le « synclinal séparateur »

C'est ainsi que F. ELLENBERGER a interprété le « synclinal séparateur » qui limite à l'est de Modane à Champagny, la zone Houillère et la zone Vanoise - Mont Pourri, « zone cicatricielle d'involution... comme si les bordures respectives des deux massifs paléozoïques s'enroulaient, aspirées par une succion commune ». Nous remarquerons seulement ici que le pendage moyen de cette « cicatrice » suit les mêmes variations que celui du chevauchement occidental de la zone Houillère : subvertical dans la vallée de l'Arc, il est horizontal dans la vallée de l'Isère (profils n° 8 à 13).

Mais on observerait ici un troisième mode plus profond : derrière le Massif du Rutor, zone de culmination maximum rabotée jusqu'à son cristallin à l'arrivée des Schistes Lustrés, le plongement de la cicatrice entre Vanoise et zone Houillère paraît à nouveau de l'ordre de 45° à 60°. On ne trouve plus entre ces deux séries de schistes cristallins qu'un mince liséré de Trias.

Il n'y aurait donc pas de différences fondamentales entre cet accident et celui de l'ouest. En profondeur il ne se présenterait plus comme une boucle synclinale d'involution, mais une cicatrice étroite. Comme à l'ouest on passerait en profondeur à un style cassant.

Quoiqu'il en soit le résultat final est dans les deux cas un raccourcissement important, exagéré encore lorsque l'on passe en Valais, et qui met aujourd'hui côte à côte des terrains qui appartenaient à l'origine à des domaines paléogéographiques différents (sauf peut être avons-nous vu dans le cas particulier du Faisceau de Salins) et probablement assez éloignés.

E. LES AUTRES ACCIDENTS

Certains sont manifestement contemporains des plissements.

— telles sont les « failles plates », les « recoutelages » observés dans les mines de charbon, nés de dysharmonies, de l'exagération de petits plis couchés, etc. (cf. Bouroz, 1950)

— tels sont aussi, semble-t-il, quelques accidents longitudinaux, soulignés par d'épais filons de quartz englobant des débris anguleux des épontes : celui de Pierre Blanche et celui de Bois Dessus à Grasse Tête dans le cirque du Bouchet. Ces accidents accompagnent des zones tectonisées : retombée est du pli de la Masse, zone des grands plis couchés du Brequin. Nous n'avons pas trouvé le passage du premier sur le versant Arc. Le second, par contre, semble ⁽¹⁾ se propager dans toute l'épaisseur du Houiller, du fond de la vallée (770) jusque vers 2 500 m d'altitude, avec un pendage ouest.

— l'accident qui met, dans le vallon de la Ponsonnière, le Houiller Westphalien au contact du Permien, pourrait être rapproché de ceux-ci. En fait il s'agit peut-être de phénomènes différents. Si l'interprétation des données de la géophysique exposée plus haut est exacte, il serait en rapport avec une cassure du socle.

D'autres accidents paraissent relever de phases tardives.

— les failles longitudinales qui découpent le Permien de Roche Château-Rochachille en blocs distincts (profil, p. 79). La faille du col de la Madeleine appartient peut-être à ce type.

(1) L'interruption des affleurements entre Bois Dessus (1 400) et 2 250, ne nous permet pas d'être absolument affirmatif.

— les **failles longitudinales minéralisées** (Cu, Fe, Pb) de Combe Orsière (Valmeinier) et des Sarrazins (Vallée des Herbiers).

— les **failles transversales**. Elles ont été décrites récemment dans le Briançonnais par B. TISSOT (1955). Nous en avons observé dans le vallon de la Ponsonnière, à Belleville (Encombres) aux Allues (La Rosière). Les déplacements horizontaux paraissent aussi importants, sinon plus, que les déplacements verticaux. Elles peuvent être minéralisées en quartz, pyrite, etc...

— les **failles mineures de tassement**: observées dans la galerie de Neuvache-Bissorte (direction N.-N.-O. à N.-O.) elles ont pour effet d'accentuer l'affaissement du Synclinal occidental par rapport à l'Anticlinal médian. Elles sont manifestement post-tectoniques.

— enfin les **petits accidents obliques** de direction N.-O. dans la vallée de l'Arc; certains sont bien connus par les travaux miniers. Le déplacement horizontal et vertical des épointes n'est souvent que de quelques décimètres ou quelques mètres. Il a suffi à isoler des arêtes de rocher et déterminer ces directions, au premier abord aberrantes, de la topographie (Sordière, Château Bourreau, le Freney, etc...). Ils appartiennent probablement à la même génération que les accidents décrits au paragraphe précédent et sont comme eux souvent accompagnés de petites zones de broyage non cimentées, mylonite terreuse comportant des débris des épointes et des filonets de quartz écrasés.

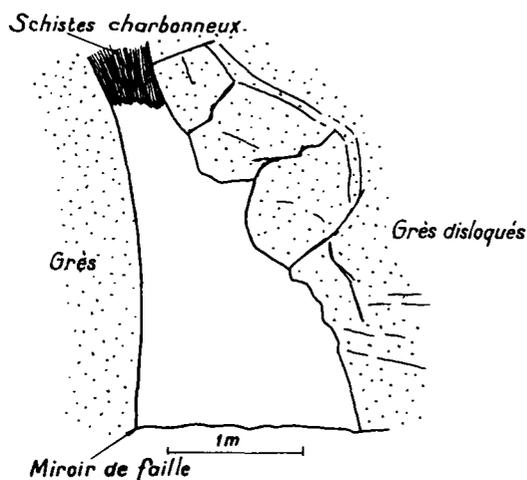


FIG. 47. — Entrée de la galerie Sainte-Anne.

VIII. LE METAMORPHISME ALPIN

Nous serons très bref sur ce sujet; nous avons indiqué dans le courant du texte les principales modifications subies par les roches houillères.

Le métamorphisme antéalpin est très limité dans l'espace.

R. FEYS a décrit des effets de métamorphisme thermal au contact des microdiorites. On observe seulement une cokéfaction limitée du charbon, sensible sur quelques millimètres ou centimètres. Une enclave de grès incluse dans la roche prasinitique d'Aime ne nous a pas montré de transformations évidentes.

F. ELLENBERGER a traité des migmatites de la zone Sapey-Peisey. Il s'agirait d'un métamorphisme de température relativement basse, avec apport très limité. On peut sans doute lui attribuer le foisonnement des couches, si caractéristique dans ces migmatites parce qu'il tranche sur la régularité (toute relative) du Permo carbonifère sous-jacent.

Ses effets sur le reste du Carbonifère paraissent limités dans l'espace à une zone de quelques mètres, voire quelques décimètres : verdissement des grès et conglomérats pourprés, apparition de stilpnomélane brun, de grands feldspaths, albitisation possible de schistes houillers (Foglietta).

De nombreux auteurs, tant en France (TERMIER, RAGUIN, ELLENBERGER, notamment) qu'en Suisse (VALLET, CHENEVAL, etc.) ont fait le bilan de la paragenèse alpine dans la zone Houillère. Dans la plupart des cas nos études n'ont pu que confirmer leurs descriptions. Résumons donc rapidement la question.

R. BARBIER (1948) a montré qu'il n'y avait plus trace d'argile dans les schistes Néopermiens de Saint-Martin-de-Belleville. Nous avons vu qu'il en est de même pour les schistes, ou le ciment des grès houillers : tout a été converti en un mélange confus, presque cryptocristallin, de quartz et séricite, parfois presque exclusivement du second minéral, qui donne les délits soyeux de certains schistes clairs ou des empreintes végétales. Il peut s'y ajouter de la chlorite ⁽¹⁾ verte à biréfringence basse (Pennine) en plages, ou encore salie et associée à la séricite et aux paillettes de muscovite détritique. Ce mélange peut montrer un début d'organisation en amas lenticulaires comme l'a déjà fait remarquer F. ELLENBERGER (1958, p. 64). Mais ceci est exceptionnel.

(1) On la rencontre aussi en filons, soit en paillettes courtes, associée à l'albite (1 à 5 mm exceptionnellement 25 mm) qu'elle corrode (col du Petit Saint-Bernard), soit associée au quartz. Elle se présente alors sous sa variété *helminthe*.

La matière organique noire est répartie plus ou moins régulièrement dans cette trame. Elle tend parfois à se concentrer en petits amas, ébauchant une texture de schiste tacheté (Mont Brequin) bien qu'en dehors de toute auréole de métamorphisme de contact. Il en est de même dans certains phanites (Béranger).

Les quartz détritiques sont pratiquement toujours corrodés par le ciment⁽¹⁾; les franges d'accroissement secondaires sont plus rares et orientées par la schistosité. La liaison de ces phénomènes a été déjà signalée et décrite (GIGOURT 1956). Il n'y a évidemment plus trace d'opale ni de calcédoine, même dans les roches qui en furent autrefois en grande partie constituées (phanites).

Par contre certains calcaires de l'Éopermien ou beaucoup plus anciens (Ruitor) montrent encore à côté de plages largement cristallisées (certains échantillons de l'Archa, du Bec de l'Ane) d'autres de calcite finement grenue (Roche Château, Bec de l'Ane).

Les micas blancs détritiques, en grosses paillettes enduites de noir, sont dilacérés, souvent tordus, et résistent bien à la diagenèse.

Les micas noirs détritiques sont presque toujours chloritisés. Les tourmalines anciennes montrent souvent des franges d'accroissement bleues. Les grains d'ilménite se sont décomposés en donnant du leucoxène. Le rutile (sagénite) n'est pas rare, en petite quantité.

Mais ces symptômes, qui ne sont pas propres à la zone Houillère, sont souvent trop discrets pour être pris comme index d'un métamorphisme franc.

Leur intensité dépend d'ailleurs non seulement des conditions de métamorphisme régional, mais aussi de conditions locales, d'écrasement par exemple.

Le « front » de métamorphisme alpin, dessiné en s'appuyant sur les points externes où des minéraux de néoformation — épidote, trémolite — **déforment visiblement** les roches sédimentaires⁽²⁾, prend la zone Houillère en écharpe de Modane au Petit Saint-Bernard. A l'arrière de ce « front » on peut trouver encore des roches non transformées, du moins en apparence. Dans cette première zone en effet, seules celles qui ont une composition chimique adéquate sont affectées visiblement⁽³⁾.

— Dans certains schistes plus calciques que les autres (An. 43 et 46), il se développe des baguettes d'épidote, perpendiculaires ou obliques par rapport à la stratification et souvent tronçonnées tardivement. Les petits yeux formés autour de ces baguettes bossellent les délits de fines pustules, de la grosseur d'une tête d'épingle.

Nous avons signalé à Peisey, dans un « nerf » de schiste (An. 65), inclus dans une veine de charbon, la présence de **trémolite**⁽⁴⁾. Ce minéral s'y trouve soit en petits sphérolites fibroradiés, soit diffus dans la masse de la roche (Pl. VII, fig. 6).

L'albitisation apparaît plus à « l'intérieur » de la zone Houillère⁽⁵⁾.

A partir de Bozel et de Bourg-Saint-Maurice on voit naître, dans les schistes banaux, des yeux ou de petites éponges d'albite non maclée, qui se développent en « digérant » la trame sériciteuse, dont ils respectent les impuretés. Ils absorbent aussi, moins aisément, les paillettes détritiques de mica blanc qui subsistent assez longtemps, « émoussées » au milieu du cristal.

Les traînées d'inclusions sont tantôt parfaitement régulières, tantôt dessinent des structures hélicitiques.

(1) On peut attribuer ce fait à la présence constante, dans nos roches sédimentaires, de K et de Na en proportion souvent importante (relativement). On sait que la corrosion expérimentale du quartz peut se réaliser en présence de solutions alcalines.

(2) Cette délimitation restrictive est évidemment arbitraire, mais commode. L'apparition de la séricite ou de la chlorite, par exemple, produits du métamorphisme alpin, est beaucoup plus discrète et décelable seulement au microscope. Elle ne peut être cartographiée sur le terrain. D'autre part, nous n'avons en fait considéré que les schistes. La délimitation, dans les grès, entre les minéraux détritiques et les minéraux nouveaux est souvent délicate et toujours sujette à caution.

(3) Nous n'avons pas trouvé d'indice qui permette d'attribuer l'isolement des petits secteurs atteints en avant de la masse transformée à l'action de « colonnes filtrantes » localisées.

(4) Nous tenons à remercier ici MM. COLLOMB et GUITARD qui ont bien voulu examiner ces préparations.

(5) Dans les schistes, car dans les grès elle peut, dans certains cas, être plus précoce. Nous avons observé des albités alpines dans des arkoses de Maurienne, aux environs de Saint-André.

Cette albitisation est sporadique, en lits, en taches et, croirait-on, accidentelle. Elle n'est uniformément répartie qu'au pourtour du Ruitor. Son développement aux environs de Sainte-Foy-Tarentaise est, comme nous le verrons plus loin, en relation avec des roches sodiques (voir première partie) (1).

A Sainte-Foy, comme près du Ruitor, cette albitisation va de pair avec un début de « fonte » du quartz qui forme alors des filonets articulés.

Citons aussi, aux mêmes endroits, l'apparition d'apatite en tablettes et d'amphibole bleue en petits grains ou baguettes, et de très petits grenats.

Le stilpnomélane brun est cantonné dans quelques roches particulières (« roches blanches », migmatites de la zone Sapey-Peisey, roche ferrugineuse de Montgirod...).

Nulle part nous n'avons trouvé de pumpellyite.

Dans le charbon (2), la disparition des matières volatiles (3 %, 7 % ou 9 %, cendres déduites, pour les échantillons représentatifs) provient peut-être de la mylonitisation, mais surtout de la pression subie. Celle-ci a déterminé, semble-t-il, un début d'orientation de la matière qui serait en particulier la cause de sa grande conductibilité électrique. Nulle part cependant nous n'avons trouvé de vrai graphite (3).

— Les microdiorites sont très sensibles au métamorphisme alpin; nous avons vu les amphiboles d'une roche des Marches cernées d'un liséré bleu, passant à l'extérieur à une frange de chlorite.

Dans les roches plus écrasées de l'anticlinal médian (Bissorte) l'épidote, la zoisite, la clinozoisite, les palmes de prehnite et les tablettes de lawsonite (rares) se développent aux dépens des feldspaths calcosodiques.

La présence, même exceptionnelle, de la lawsonite est fort intéressante. E. RAGUIN (1930, p. 13) avait découvert ce minéral dans une prasinite à glaucophane des Schistes Lustrés, mais il était encore inconnu ailleurs dans la zone Houillère. Il constitue un bon élément de comparaison entre ces séries houillères, pauvres en Ca O et en minéraux de métamorphisme caractéristiques et d'autres séries de métamorphisme semblablement faible mais de composition chimique favorable, où une zonéographie plus précise, a pu être établie (schistes lustrés de Corse ou séries de Nouvelle Zélande, par exemple). Cette zone à lawsonite se trouverait en avant du front de métamorphisme à épidote et albite indiqué précédemment.

— Dans les prasinites carbonifères du pourtour du Ruitor, l'albitisation est de règle.

Dans le Ruitor le métamorphisme alpin se réduit souvent, l'albitisation mise à part, à une rétro-morphose parfois à peine esquissée.

C'est le cas dans la partie nord du massif où les biotites et les amphiboles anciennes sont souvent bien conservées. Au Flambeau nous avons trouvé des staurotides encore reconnaissables.

Dans le secteur de l'Avernet-Bec de l'Ane-San Grato, la rétro-morphose est plus poussée, les

(1) Cette répartition irrégulière a pu faire dire que le Houiller valaisan n'était pas métamorphique (OULIANOFF 1955 - VALLET, 1950). De fait, au Grand-Saint-Bernard, l'albitisation est nette dans certains schistes du versant italien. Elle est antérieure à la schistosité de flux qui les affecte, avec cependant une certaine recristallisation postérieure. Nous ne l'avons pas observée à Sion au cours d'une visite trop rapide, ni à Turtmann. Là cependant certains schistes, dans les déblais de la galerie, montrent sur les délits des granulations dues à de petits yeux de chlorite néogène. Il eût été surprenant d'ailleurs que le Houiller ne soit pas transformé alors que des unités plus externes par rapport à la zone Houillère, comme les Schistes de Ferret (R. TRUMPY, 1954) montrent un métamorphisme semblable à celui du Carbonifère de Haute Tarentaise.

(2) Ce sujet, esquissé ici a été largement développé par notre ami R. FEYS, en particulier dans sa thèse (1957). On consultera utilement aussi C. SCHMIDT (1920) et P. LEBEAU (1933-1934). Les résultats de 17 analyses originales sont discutés en annexe.

(3) On n'en trouve pas non plus dans la zone Vanoise-Mont Pourri, comme l'ont montré les analyses aux rayons X faites par Mlle DURIF au Cerchar sur des échantillons provenant de la galerie du Ponturin (diagnoses 2 430 et 2 476). Ceci confirme ce que l'on savait déjà : que le métamorphisme alpin est de basse température.

biotites presque complètement chloritisées; nous avons attribué à une ex-staurotite des amas de séricite et chloritoïde.

On voit apparaître des amphiboles bleues secondaires, des aiguilles de trémolite dans les cipolins et, dans les micaschistes ou les schistes cristallins verts, de petits grenats que l'on peut parfois distinguer des anciens, beaucoup plus gros et altérés.

L'apport sodique

Le problème de l'apport sodique n'a pas été, à notre connaissance, soulevé pour la zone Houillère (1). On y connaît cependant, depuis TERMIER, des schistes albitiques et on pouvait se poser la question au vu de certains d'entre eux, de Sainte-Foy-Tarentaise ou du Mercuel, boursoufflés d'yeux feldspathiques.

Un schiste noir (2) à plantes du Petit Saint-Bernard, où l'on observe au microscope des albites naissantes donne, au spectrophotomètre de flamme $\text{Na}_2\text{O} = 0,4$ — $\text{K}_2\text{O} = 0,9$, ce qui est faible. Il en est de même pour un schiste noir de la route de Tincave, près de Bozel, qui donne (An. 52) : $\text{Na}_2\text{O} = 0,65$ — $\text{K}_2\text{O} = 3,60$, et pour des schistes à albite bien formée de la Sassièrè ($\text{Na}_2\text{O} = 1,2$ — $\text{K}_2\text{O} = 5,2$) et du Grand Saint-Bernard ($\text{Na}_2\text{O} = 0,9$ — $\text{K}_2\text{O} = 6,2$).

Ces roches se trouvent dans une situation qui n'a rien d'exceptionnel. Leur composition chimique exclut toute idée d'apport sodique. L'albitisation, qui n'est visible qu'à un observateur averti, est le produit d'une recristallisation alpine.

Par contre un schiste noir du col du Mont, au sud du Bec de l'Ane contient $\text{Na}_2\text{O} = 3$ — $\text{K}_2\text{O} = 3,7$. La teneur en Na_2O est anormale si on la compare à celle des schistes houillers banaux tels ceux des analyses n^{os} 50, 55, 56, 57, 58, 61 dont les teneurs s'étagent entre 0,53 et 1,25 (moyenne 0,9). On peut ici penser à un apport possible. C'est aussi le cas pour les grès de la Motte (Mercuel), les schistes du Pont du Champet et des Mazures qui montrent au microscope des yeux nombreux et bien développés (dans un échantillon du Champet ils remplacent presque complètement la trame phylliteuse ancienne). Cette albitisation est limitée spatialement : à quelques dizaines ou centaines de mètres de là affleurent des roches qui paraissent intactes. Or dans les trois cas les schistes se trouvent à proximité (quelques mètres) de roches dont nous savons la richesse en soude : gneiss fin blanc, gneiss type Sapey (col du Mont), « Roches blanches » (Champet, Mazures). On peut donc raisonnablement estimer que cette albitisation qui manifeste une teneur en Na_2O supérieure à la moyenne résulte d'une diffusion locale à partir de ces roches particulières. De quand date cette diffusion ? Les yeux actuels sont alpins; la diffusion peut l'être aussi, comme elle peut dater de la mise en place de ces roches (par exemple au Champet). Mais comme nous venons de le voir, ces phénomènes semblent être l'exception et en aucun cas, nous n'avons pu trouver de preuves d'un apport sodique alpin généralisé.

(1) Il a, par contre, été récemment admis pour Belledonne (DONDEY, 1958) mais ceci demanderait confirmation.

(2) Ici encore nous ne considérons que les schistes, où les néogénèses sont plus aisées à déceler et les erreurs d'analyses dues à la granulométrie, réduites au minimum. Signalons à ce propos que les grès du Houiller que nous avons analysés ont des teneurs en Na_2O comprises entre 0,56 et 2,33. Cette soude, originelle, est semble-t-il, essentiellement sous forme de plagioclase détritique.

IX. LA SCHISTOSITE

De nombreux auteurs ont récemment étudié ce phénomène, recherché ses causes, défini ses divers aspects, à la suite principalement de SANDER, et — avec une optique plus naturaliste — de FOURMARIER.

Dans cet ouvrage, nous appelons « schistosité » un clivage secondaire, superposé au litage primitif et faisant un angle quelconque avec lui ⁽¹⁾.

Ces plans de clivage s'appuient, dans la zone Houillère, sur des directions parallèles aux grandes directions tectoniques alpines, en général les axes perpendiculaires aux plans de symétrie des plis (les plis droits, réguliers, sont négligeables dans la région étudiée).

Ce qui frappe tout d'abord dans la partie savoyarde de la zone Houillère, si par exemple on passe brusquement du Briançonnais à Saint-Martin-de-Belleville, c'est l'intensité de la schistosité et, d'une façon générale, de la déformation des roches.

Au bout de quelque temps, au contraire, l'inégale répartition de ce phénomène, son absence en bien des lieux, conduit à le minimiser au point de le méconnaître parfois où il existe effectivement.

En fait les différents types décrits par FOURMARIER se retrouvent dans la région que nous avons étudiée.

(1) Voir FOURMARIER, ELLENBERGER (1958), etc.

A. LES ZONES SANS SCHISTOSITE

Ni les grès, ni les schistes ne sont affectés par une schistosité oblique. Tel est le cas de presque tout le Briançonnais, d'après R. FEYS. Il en est de même en Maurienne dans une partie des vallées de Valloire, de Valmeinier, de l'Arc (en contrebas des Encombres), en Tarentaise au fond des vallées de Belleville (cirque du Brequin, Boismain), des Allues (Chaudanne, le Menet, etc...), dans celle de Bozel (le Tal, etc...), de l'Isère (Sangôt, Petit Saint-Bernard, *pro parte*).

Les empreintes de plantes, presque toujours séricitisées, peuvent être cependant un peu déformées, ce qui indique la possibilité d'un certain déplacement des feuillettes les uns par rapport aux autres.

Les points cités se trouvent dans la moitié occidentale de la zone Houillère⁽¹⁾. On peut en trouver de plus orientaux, mais il s'agit alors d'affleurements limités où l'on peut se demander s'il n'y a pas coïncidence entre stratification et schistosité secondaire.

L'absence ou la présence de schistosité ne dépend pas du degré de métamorphisme : nul dans la vallée de Valmeinier, celui-ci est sensible au Petit Saint-Bernard (apparition d'albite).

B. LES ZONES DEFORMEES

La **schistosité de fracture** apparaît d'abord dans les schistes fins ou gréseux, les grès fins noirs du Houiller, les calcschistes de l'Eopermien. Les grès arkosiques, affectés ensuite, acquièrent un feuilletage, difficile souvent à identifier comme tel lorsque des lits de schistes ou de petits galets ne soulignent pas la véritable stratification.

Au microscope elle se présente sous forme de plans de glissement effectifs ou virtuels, découpant la roche sans modifier l'orientation générale de ses minéraux (Pl. VII, fig. 2). L'intersection, dans les plis aigus, des plans de schistosité et du litage sédimentaire découpe les schistes gréseux un peu compacts ou les grès fins en baguettes allongées, en esquilles très caractéristiques des zones de charnières. Le même phénomène s'observe aussi dans les grès, mais il est plus grossier, moins fréquent. Il est rare aussi dans les schistes fins. Ce type de schistosité est le plus répandu dans la région que nous avons étudiée.

Le passage de la schistosité de fracture à la **schistosité de flux** est insensible et dans bien des cas il est impossible de dire si l'on a affaire à l'une ou à l'autre. L'hétérogénéité de nos roches, les différences de résistance, et donc les « retards » ou les « avances » qu'elles présentent, jointes aux conditions tectoniques particulières de la zone Houillère, rendent très difficile la distinction des différentes zones de P. FOURMARIER à l'échelle où nous étions placé.

Nous avons observé quelques exemples caractéristiques d'étirement dans les schistes (plateau de Leschaux) et de recristallisation orientée dans des arkoses au voisinage du cheveu-

(1) Ce serait aussi le cas du Houiller des environs de Sion, d'après VALLET (1950).

chement occidental. Mais les laminages y sont tels qu'il est alors souvent impossible de vérifier si cette schistosité est oblique par rapport à la stratification.

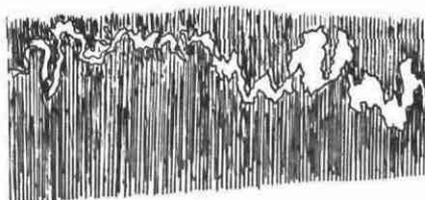
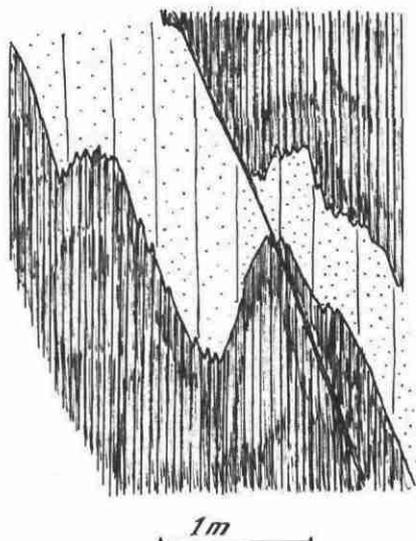


FIG. 48 et 49. — Aime. Banc de grès et filonnet de quartz plissotés dans des schistes noirs à schistosité oblique.

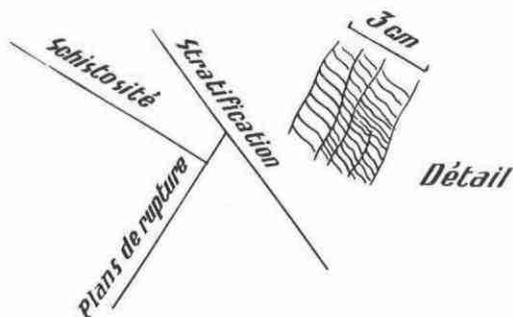
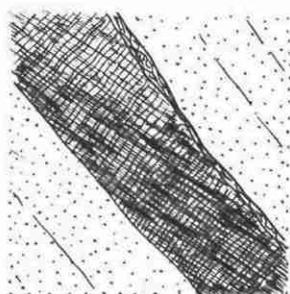


FIG. 50. — Aime. Schistosité oblique et petits plis en «S» dans un banc de schiste. Les plans de rupture sont ici obliques sur la stratification et la schistosité. Ils sont plus souvent parallèles à cette dernière.

Cet étirement se produit, comme on pouvait le prévoir (ELLENBERGER, 1958, p. 376) et comme l'ont vérifié les mesures de fossiles effectuées par Ch. GREBER, non suivant les axes de plissement (axes *b*) mais dans le plan de stratification (ou de schistosité). On peut dans certains cas l'évaluer en observant les débris végétaux carbonisés, tronçonnés dans leur gaine de séricite⁽¹⁾. Il peut atteindre un cinquième ou un tiers de la longueur (boudinage).

(1) En affleurement seule cette gaine demeure, d'où l'aspect particulier des empreintes.

Les **schistes gaufrés** ⁽¹⁾ sont communs. La roche est ridée de plis minuscules (quelques fractions de millimètre d'amplitude) parallèles à la direction des grands plis. Nous avons aussi observé, moins souvent, des **gaufrages de schistosité** (intersection des plans de stratification et de schistosité, FOURMARIER 1953b), par exemple dans les schistes du faisceau de Salins dans le ravin de Plangneux.

Ce phénomène est d'une autre nature que celui qui a produit les **petits plis en S** dans certains grès de la vallée de l'Arc ou de l'Isère (Montvalezan).

La roche qui, au premier abord, paraît très écrasée et affectée d'une schistosité de flux est, de plus, hachée de plans de glissement subparallèles, distants de 5 à 20 mm par exemple, qui ont tous joué dans le même sens, à la manière d'un jeu de cartes. Ces plans sont soulignés par un joint sériciteux.

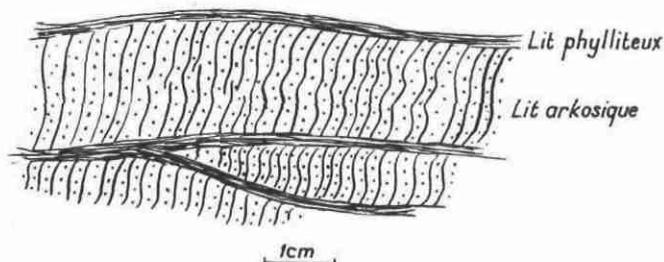


FIG. 51. — Microplis en «S» dans un grès à lits schisteux. Vallée de l'Arc (r. d.) au-dessus des Champs.

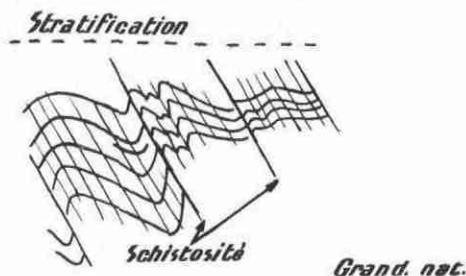


FIG. 52. — Microplis en «S» dans un banc de schiste noir, à l'est de la Lozière (r. d. de l'Arc).

On verrait ici apparaître la **zone de microplissement** de P. FOURMARIER. Mais si, en effet, on observe des roches ainsi déformées dans la vallée de l'Arc, au milieu de couches à schistosité de flux, nous en avons aussi rencontré à côté, et même au-dessus de zones à peine touchées par la schistosité, par exemple dans la vallée de l'Isère à Malgovert (Fenêtre 13) sous le chevauchement Vanoise-Mont Pourri et près de Montvalezan.

GREENLY (1929) avait déjà décrit un phénomène identique dans des grès pris dans des plis aigus que ces microfailles arrivaient d'ailleurs à masquer.

La seule **foliation** vraie que nous ayons observée se trouve dans le cristallophyllien du Ruitor et n'est pas due à l'orogénèse alpine. Il s'y superpose fréquemment une **rétroschistosité** (P. FOURMARIER et J.M. GRAULICH, 1952) contemporaine de la schistosité qui intéresse le Houiller.

(1) Gaufrage vrai, au sens de GOSSELET (FOURMARIER, 1953b).

Dans les couches profondes de Maurienne (mais ce phénomène pourrait être plus général) les minces lits de schistes inclus dans les grès à schistosité oblique sont feuilletés parallèlement au litage originel. Il ne nous paraît pas juste de parler ici de « foliation », si ce terme suppose un certain degré de métamorphisme. Comme pour la disposition des écailles de mylonite dans une veine de charbon, on peut penser que ceci est dû à un flux de la matière parallèlement aux épontes, facilité (ou provoqué) par leur déplacement mutuel même faible, tandis que les plans de schistosité du grès encaissant s'ordonnaient perpendiculairement à la direction de pression principale.

C. LOCALISATION DE LA SCHISTOSITE

La schistosité oblique est surtout évidente dans les bancs épais de schiste ou de grès noir fin (Pl. I, fig. 2). Dans les bancs minces elle peut être perturbée comme nous l'avons vu ci-dessus.

D'une façon générale les roches sont déformées par une schistosité de fracture, de flux ou des petits plis en S :

— contre quelques failles : schistosité de fracture banale; c'est le cas par exemple à l'Arendier, dans la vallée de Valmeinier.

— au voisinage du chevauchement occidental. Cette règle souffre peu d'exceptions, que d'ailleurs nous n'expliquerons pas (quelques points de la vallée des Encombres et du col du Petit Saint-Bernard). Habituellement la zone intéressée peut varier de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres. Les schistes, parfois les grès, présentent une schistosité de fracture ou même de flux typiques. On peut penser, pour la seconde, que l'intensité de l'écrasement et peut-être des circonstances physico-chimiques favorables (les filons de quartz sont nombreux) ont facilité sa naissance.

— le long de zones tectonisées, plissotées, parfois faillées, comme la retombée du pli de la Masse, la zone du Brequin et d'autres moins importantes : schistosité de fracture, de flux, gaufrage vrai et éventuellement petits plis en S. Ainsi des grès feuilletés à 30° ou 45° de la stratification vont se trouver à peu de distance de schistes à plans pratiquement exempts de toute déformation (alentours du Roc de Tougne dans la vallée de Belleville).

— enfin dans les parties « profondes » de la zone Houillère, vallée de l'Arc et pourtour du Ruitor.

D. ZONEOGRAPHIE, CONCLUSIONS

La coupe de l'Arc donne une vue (trop simple) de ce que pourrait être la zonéographie de la schistosité dans notre région :

Eliminons le voisinage du chevauchement occidental qui perturbe la succession normale des phénomènes.

— au-dessus de Saint-Michel (Le Thyl) la schistosité naît dans certains bancs de schistes (front supérieur).

— à Saint-Michel même, la plupart des schistes sont touchés (schistosité de fracture).

— au Pont de la Saussaz c'est le tour des grès fins. Des diaclases parallèles apparaissent

dans les grès massifs, de petits plis en « S » dans un banc de schiste entre la Lozière et le Thyl (influence de la zone de plis du Brequin).

— en amont du Pont de la Saussaz grès et schistes sont affectés par une schistosité qui, à la Pra, paraît être « de flux » pour les grès. Il en est de même à Saint-Etienne et sur les deux versants jusqu'à Bissorte et aux Rochers Rénod (Arpont, Sétiva). Les petits plis en « S » sont fréquents dans les grès.

— dans la vallée de Polset la schistosité paraît moins intense.

Dans la vallée de l'Isère cette succession est moins nette. Notons seulement les plis en « S » des grès de la Sassièrre, du Mont Charve, de la Louïe Blanche, de Montvalezan.

Cette zonéographie, qui ferait passer le front supérieur de schistosité dans la zone Houillère en avant du front de métamorphisme alpin souffre cependant de très nombreuses exceptions, en plus ou en moins. Nous en avons indiqué quelques-unes; on pourrait les multiplier. Nous avons vu par exemple que certains secteurs, au voisinage du front supérieur de schistosité, montrent des « avances » considérables sans commune mesure avec les décalages dus à la nature des roches. Ce phénomène, qui n'est pas sans rappeler les « couloirs d'axes » décrits par P. COLLOMB (1954) dans les schistes cristallins du Rouergue pourrait avoir une cause analogue.

Ces anomalies nous obligent à penser que, dans les conditions particulières de notre Houiller (lithologie, position par rapport au reste de la chaîne) les déformations tectoniques majeures ont joué un rôle comparable en importance à celui de la surcharge dans la création de la schistosité et du microplissement. Pour la délimitation des zones de la schistosité régionale on pourrait tenter d'éliminer ces schistosités locales en ne tenant compte que des points les plus en retard. C'est là, croyons nous, la seule méthode possible, mais nous avons vu les confusions que l'on pouvait faire.

Si l'on procède ainsi on aboutit à des épaisseurs de couverture (autochtone et allochtone) relativement faibles; plus faibles même, et cela peut paraître paradoxal, que dans certaines zones plus externes des Alpes où la schistosité est plus largement et typiquement développée.

Il faut cependant tenir compte aussi du fait que les ensembles lithologiques où la schistosité a été d'abord étudiée et décrite étaient bien souvent des masses homogènes de schistes, de marnocalcaires ou des flyschs. Au contraire dans le Houiller coexistent des roches aux caractéristiques différentes, des stampes argiligréseuses et de gros bancs, maintenant rigides des grès quartzites, au milieu desquels les veines de charbon facilitent les dysharmonies. Rien ne prouve que les contraintes qui déterminent la naissance de la schistosité régionale aient pu se répartir d'une manière uniforme dans cette masse hétérogène et peut-être, dans une certaine mesure, libre d'y échapper.

On notera enfin que, mis à part le cristallin du Ruitor, nulle part nous n'avons pu mettre en évidence de schistosités successives, ne seraient-ce que des schistosités locales superposées à la schistosité régionale. Le faible développement du métamorphisme dont les minéraux, principalement l'albite, auraient pu servir de repère, et son irrégulière répartition en sont la cause.

En conclusion, s'il est donc hasardeux, avec les éléments dont nous disposons, de vouloir calculer la charge d'une façon précise, par comparaison avec des zones plissées plus « tranquilles », nous devons cependant nous rappeler qu'en pays briançonnais les roches ne sont pas affectées, qu'en Savoie certains secteurs ne le sont pas non plus. Cette charge ne devrait donc pas, si l'on suit FOURMARIER, dépasser pour une grande partie de la zone Houillère la valeur

correspondant au front supérieur de schistosité. L'intensité des phénomènes de déformation que nous avons décrit et qui, dans notre terrain d'étude ont rendu si aléatoire la recherche des fossiles, serait due en grande partie aux contraintes tectoniques locales. Ce n'est d'ailleurs qu'une fois circonscrits les effets de ces derniers que l'on pourra entre autres rechercher, pour la zone Houillère et pour les Alpes occidentales, les causes de la disposition en éventail de la schistosité régionale, disposition qui commence à être bien connue un peu partout (FOURMARIER, MIKHAILOV, etc...) et qui représente pour la compréhension de notre chaîne un problème du plus haut intérêt.

De toutes façons, même avec les réserves exprimées plus haut, le retard observé en zone Houillère dans l'apparition de la schistosité est significatif. Il correspond assez bien à ce que nous pouvons imaginer de la couverture mésozoïque et Tertiaire de cette partie du géant-clinal briançonnais qui a succédé à notre zone de subsidence hercynienne (travaux de J. DEBELMAS, F. ELLENBERGER, M. LEMOINE). D'autre part les différences de schistosité et de métamorphisme que l'on observe entre les différentes parties de la zone Houillère et surtout entre celle-ci et la zone Vanoise-Mont Pourri sont sans nul doute en relation avec l'avancée, puis le retrait plus ou moins précoce des nappes de Schistes lustrés qui se sont accumulées un temps sur la Vanoise mais au poids desquelles la zone Houillère a probablement en grande partie échappé.

**CONCLUSIONS
GÉNÉRALES**

Dans ce qui précède nous avons présenté et discuté les éléments qui nous ont permis d'établir une stratigraphie à peu près cohérente et d'ébaucher une paléogéographie du Permocarbone. Tous ces éléments ne sont certes pas inattaquables. Nous espérons que de nouvelles découvertes, en particulier de fossiles, permettront de vérifier ou de préciser l'âge des couches de Modane, de l'Eopermien présumé, des schistes noirs inclus dans les migmatites de la zone Sapey-Peisey, des conglomérats du Grand Assaly, pour ne citer que les principaux points litigieux. Nous avons pu, croyons-nous, apporter quelques précisions sur les venues éruptives Permocarbone, le métamorphisme et la tectonique du Houiller.

Rappelons brièvement les caractères spécifiques de la « zone Houillère », et tout d'abord au sein des Alpes Occidentales.

— Si l'on se place uniquement du point de vue du Carbonifère, la zone Houillère ne peut être séparée du Faisceau de Salins. La limite paléogéographique pour cette époque se trouverait entre celui-ci et la digitation de Moûtiers, dans la partie interne de la Nappe des Brèches de Tarentaise.

Il a pu en être autrement au Mésozoïque et au Tertiaire.

Nous n'avons pu, on l'a vu, vérifier ceci par la comparaison des couvertures mésozoïques respectives. Si celle-ci existe, écaillée dans le faisceau de Salins (où elle a été décrite par R. BARBIER) elle est pratiquement absente, les quartzites werféniens mis à part, de la zone Houillère en Tarentaise. On ne la connaît qu'à la limite sud de notre terrain dans la vallée de Valloire et le massif du Galibier.

— L'ensemble considéré est une fosse continentale de comblement qui a fonctionné d'une manière presque continue au Carbonifère supérieur et au Permien inférieur (*Silésien* au sens donné au Congrès de Heerlen 1958). 4 000 à 5 000 m de sédiments s'y sont accumulés, probablement entre de grandes failles. Plus tard, au Secondaire, elle se comportera à plusieurs reprises comme un haut fond (ELLENBERGER, LEMOINE 1953, etc...).

— Cette fosse, très allongée, est tout à fait distincte des bassins limniques de la zone externe.

— Elle se différencie aussi du Permocarbone de la zone Vanoise-Mont Pourri, toute question de métamorphisme alpin mise à part; mais la nuance est ici plus subtile. Elle porte

sur la forme du bassin la subsidence, l'ampleur de la sédimentologie plus fine⁽¹⁾ et le volcanisme plus « basique » de la Vanoise. D'après F. ELLENBERGER les séries actuellement visibles de cette unité pourraient ne représenter que le Stéphanien et le Permien. Nous n'en connaissons donc pas le Westphalien.

Tectoniquement l'éventail que dessinent ses plis et sa schistosité n'est pas une structure tardive. Il ne peut être postérieur à la phase principale de déformation et de métamorphisme. Il était peut être déjà formé au moment du charriage vers l'ouest. Si l'on admet que ce charriage a pu se faire en plusieurs fois, l'une de celles-ci au moins s'est produite après la formation des plis déversés vers l'est que nous avons observés notamment dans les vallées de l'Arc et de l'Isère.

L'allure du chevauchement frontal, si on le suit des zones d'ennoyage axial aux zones de culmination, suggère que cet éventail — auquel participe sans doute le socle cristallin — n'est pas enraciné verticalement, mais charrié; la zone Houillère n'est pas le cœur d'un grand pli couché à flanc inverse laminé comme les « blocs klippe » inclus dans la zone des Gypses pourraient le faire penser, mais une énorme écaille.

Les accidents inverses qui, actuellement, séparent la zone Houillère (et les unités subbriançonnaises *str. s.*) de la Nappe des Brèches de Tarentaise de R. BARBIER (le faisceau de Salins exclu) correspondent paléogéographiquement aux accidents (probables) qui, au Westphalien, séparaient un arrière pays relativement stable (à l'ouest) d'un avant pays qui s'affaissait.

Le front de Métamorphisme alpin, en Savoie, prend en écharpe la zone Houillère. Une délimitation précise est pour le moment impossible car il apparaît d'abord dans certaines roches privilégiées. Ce métamorphisme a duré jusque vers la fin de l'orogénèse : on trouve des minéraux tardifs non déformés (stilpnomélane, certaines albites) mais plus souvent encore des fractures ou des traces de compression postérieures à toute recristallisation.

Il se présente, dans les roches éruptives et les schistes cristallins, comme une rétro-morphose à vrai dire souvent peu avancée.

Dans les schistes il se manifeste, outre les structures et les minéraux banaux (quartz, séricite, chlorite) par la néoformation d'épidote, trémolite, albite, localement stilpnomélane.

L'albitisation ne correspond pas à un apport de soude, comme l'ont montré les analyses comparées de schistes. Mais il a pu se produire des diffusions locales, d'un banc au voisin (Champet, Mazures)

Le front supérieur de schistosité, si l'on élimine toutes les « schistosités locales », se trouverait en Maurienne un peu en avant du front de métamorphisme, et en Tarentaise un peu en arrière. Mais nous avons vu que sa délimitation et son interprétation sont assez complexes du fait de l'importance des contraintes orogéniques.

Pour le mineur ce terrain houiller se présente d'une façon bien particulière. Le géologue qui le compare à d'autres gisements comme celui de Lorraine — à cause de ses veines nombreuses et continues, ses conglomérats fréquents, l'absence d'horizons marins — paraît bien loin de la réalité. Celle-ci est faite d'ardoises et de grès durs et fracturés au milieu desquels la veine de charbon (souvent accompagnée de quartz écrasé) s'insinue, se serre, se replie capricieusement, pour s'épanouir parfois en une magnifique « poche », aubaine qui peut

(1) Dans la mesure où l'on peut encore identifier les faciès sédimentaires à travers le métamorphisme alpin.

faire la fortune de la petite exploitation locale et que l'on a trop souvent considéré comme un don du hasard.

En fait ce Houiller peut se prêter à l'analyse comme celui des autres bassins; seulement celle-ci est ici plus difficile et délicate.

Nous avons essayé dans la première partie de cet ouvrage, chaque fois que cela était possible, d'indiquer l'extension et l'importance des faisceaux de couches de charbon et de délimiter les parties stériles et productives du terrain houiller. Alors qu'en pays briançonnais le Westphalien inférieur et le Namurien contiennent de nombreuses couches de charbon exploitables (R. FEYS, 1957) ces étages paraissent stériles en Savoie. Il en est de même, pour toute la partie orientale de la zone Houillère (sauf dans la vallée de Bozel). Par contre, en Maurienne et Tarentaise méridionale le synclinal occidental et le flanc ouest de l'anticlinal médian peuvent être assez riches. Au voisinage du chevauchement occidental des séries productives ont été reconnues depuis longtemps mais l'exagération des déformations tectoniques en rend l'exploitation difficile et aléatoire. Dans tous les cas il est important de distinguer, sous peine de déboires pénibles, les véritables veines qui, tout en se serrant et s'élargissant tour à tour, offrent une continuité certaine, et les filets et les amas de charbon entraînés dans des failles. Cette distinction n'est d'ailleurs pas toujours aisée.

Les irrégularités de la couche, que l'on soit en plateure ou en dressant, sont dues la plupart du temps à des jeux du mur, plus rigide que le toit, et à des renflements dans la charnière des plis. L'épaisseur moyenne (quelques décimètres à 1 ou 2 m) est faible par rapport à celle de bassins comme Saint-Etienne ou Blanzay et se rapproche plus de celle des bassins paraliques. Le charbon est mylonitisé à des degrés divers; la proportion de produit non broyé est trop faible et trop variable pour que l'on puisse en tenir compte dans une exploitation un peu importante. Son utilisation en pulvérisé ou aggloméré s'impose; c'est d'ailleurs sous cette forme qu'il se prête le mieux à l'épuration. Les essais, qui ont été tentés — à la mine de Pierre-Becqua par exemple par la Société *Nobel-Bozel* — sont très encourageants.

La chance de ce gisement est sa situation topographique qui permet une exploitation par galeries horizontales à partir des vallées, avec un amont pendage souvent important. Par contre la fréquence des dressants interdit la plupart du temps d'exploiter ce charbon à ciel ouvert dans des conditions géographiquement acceptables; les points où ce serait possible, dans la vallée de Belleville par exemple, sont souvent situés en crête, à trop haute altitude. C'est aussi indirectement à cette situation topographique qu'est due l'absence presque générale de grisou ou de dégagements instantanés. Les fissures de décompression de la roche dont nous avons dit un mot dans l'introduction et qui se poursuivent sur une grande épaisseur à l'intérieur des versants ont sans doute permis le dégazage du charbon et la circulation des eaux qui l'humectent. En définitive ce bassin délaissé, dont nous commençons seulement maintenant à connaître la structure et à voir dans quel sens orienter les recherches scientifiques et techniques pourrait fournir à l'économie des Alpes une quantité d'énergie importante et peu onéreuse.

En résumé, parmi les autres bassins Houillers français, quels sont les caractères qui distinguent celui que nous avons étudié ? D'être dans les Alpes ? Ce truisme ne signifie pas seulement que dans la zone Houillère les couches sont tourmentées, les veines irrégulières, la charbon de l'antracite écrasé.

Par sa position dans la « Cordillère de l'Europe moyenne », par la longueur de son existence, le nombre et l'épaisseur moyenne de ses couches, il se différencie des bassins limniques du Massif Central. Il ne se rapproche pas pour autant des bassins paraliques (absence de niveaux marins, sédiments mal classés, etc.). Par contre il présente des analogies avec le bassin Sarro-Lorrain. Plus que par la moindre ampleur de sa subsidence il s'en sépare par l'importance des phénomènes magmatiques dont il a été le siège. Et en cela on ne peut le séparer radicalement de la zone Vanoise-Mont Pourri.

Dans tout son passé on peut trouver des signes qui préfigurent sa situation actuelle, annonçant, préparant l'orogénèse alpine.

Ce fossé, particulièrement allongé, avait peut-être déjà une allure en arc (puisqu'il en était probablement ainsi au Crétacé), mais moins accentuée qu'aujourd'hui.

Au Carbonifère ce fossé marquait la limite entre le pays stable de l'ouest et un pays subsident, instable à l'est; actuellement la zone Houillère est, en arrière d'un autochtone écaillé, au front et à la base des zones Penniques. C'est dans cette situation qu'elle joue, en quelque sorte, le rôle de « zone axiale » dans les Alpes occidentales.

« Tous les rocs sont issus par scissiparité d'un même aïeul énorme. De ce corps fabuleux l'on ne peut dire qu'une chose, savoir que hors des limbes il n'a point tenu debout.

La raison ne l'atteint qu'amorphe et répandu parmi les bords pâteux de l'agonie. Elle s'éveille pour le baptême d'un héros de la grandeur du monde, et découvre le pétrin affreux d'un lit de mort ».

FRANCIS PONGE
« *Le Parti Pris des choses* »

ANNEXES

ANALYSES CHIMIQUES

Le *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* nous a donné la possibilité de faire exécuter un grand nombre d'analyses de charbon et de roches silicatées.

Les premières ont été faites au laboratoire central de Chauffage Rationnelle (*Office Central de Chauffage Rationnelle*); les secondes au laboratoire de chimie du *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* dirigé par M. MONTAGNE ⁽¹⁾.

Nous avons joint à ces données, sur les graphiques qui suivent, celles qui, dans les thèses de F. ELLENBERGER et R. FEYS concernent des roches venant de régions ou de formations voisines et dont la parenté avec les nôtres est souvent très étroite.

R. FEYS a fait, dans sa thèse, une étude critique des différentes méthodes d'analyses et indiqué notamment les corrections que l'on devait apporter aux analyses anciennes (de P. TERMIER, notamment) avant de les comparer aux analyses modernes.

Cette difficulté ne se présente pas entre les analyses publiées par F. ELLENBERGER et dues au Laboratoire du Muséum dirigé par M. PATUROT et celles du *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*. P. COLLOMB a montré en effet que les résultats de ces deux laboratoires pouvaient être comparés, et que dans l'ensemble il ne s'introduisait pas d'erreurs systématiques dans les résultats de l'un ou de l'autre.

⁽¹⁾ Sur les méthodes appliquées par ce laboratoire voir H. GRILLOT, 1957.

A. ANALYSES DE CHARBON

Il ressort des résultats des analyses qu'à partir d'une certaine teneur en cendres (25 à 30 %) la teneur en matières volatiles n'est plus significative et peut être sérieusement perturbée par la décomposition de certains minéraux (micas, carbonates, etc.).

Compte tenu de cela les teneurs en M. V., cendres déduites, s'échelonnent entre 7,14 et 3,24 %, c'est-à-dire que les charbons de la zone Houillère seraient des anthracites et, pour certains échantillons, des méta-anthracites (moins de 3 % de M. V.) dans les classifications courantes et celle des Américains (VAN KREVELEN et J. SCHUYER, 1957).

Une telle classification, relativement arbitraire, confond sous la même dénomination des roches aussi différentes que sont les charbons briannonais et la plupart des anthracites, même pauvres en M. V., exploités dans les autres bassins. Il nous paraît donc plus juste de les décrire sous le nom de *peranthracites*. Ce terme a été créé et défini par LEBEAU (1933-1934) à la suite d'une étude approfondie des charbons de cette catégorie, provenant de divers gisements (Donetz, Tonkin, etc.) et en particulier des charbons alpins (La Mure, Arèches, zone briannonaise). Il a étudié notamment pour ce qui nous concerne :

— des échantillons de Tarentaise : Corbassière (vallée du Ponturin), La Chénaie (vallée de Bozel), Aime (vallée de l'Isère).

— des échantillons de Maurienne : Etarpey, Plan d'Arc, Saussaz, Sordière, Modane (concession de Côte Velin; mine Matussière).

Tous ces charbons se distinguent des anthracites vrais par :

— le volume gazeux dégagé.

— la teneur en méthane.

— la teneur en Hydrogène par rapport à celle en Carbone : 1 % à 2 % pour les peranthracites, 3 % à 4 % pour les anthracites.

— leur inflammabilité.

— l'action des dissolvants, celle des réactifs (acide nitrique, etc...).

— la conductibilité : la résistivité des peranthracites, plus forte que celle du graphite est beaucoup plus faible que celle des anthracites vrais.

Les peranthracites ont enfin la propriété de décrépiter vers 300 °C.

Tous nos charbons, quelle que soit leur teneur en M. V. sont en première analyse des **peranthracites** : ils sont peu inflammables, décrépitent, sont bons conducteurs de l'électricité.

Nous n'avons pu jusqu'à présent découvrir les lois de la répartition des *matières volatiles* dans la zone Houillère :

— Les différentes teneurs ne sont pas caractéristiques, semble-t-il, d'étages stratigraphiques. Les charbons 11 et 15 par exemple, proviennent du Westphalien moyen, les 12, 13 et 17, de l'Assise de Tarentaise.

— Elles ne paraissent pas liées à la proximité plus ou moins grande du front de métamorphisme alpin (tel qu'il a été défini plus haut), pas plus qu'aux grandes lignes tectoniques : l'échantillon 13 a été pris au voisinage du chevauchement ouest, les 11 et 15 dans les couches profondes du synclinal occidental, les 8, 10, 12, 14, 16, dans des couches plus élevées; le 17 vient de sous le chevauchement Vanoise.

— Ces teneurs ne sont pas non plus liées aux déformations subies par le charbon : 9 et 14 sont des échantillons de charbon intact, dur; 15 de charbon friable mais non écrasé, les autres de mylonite.

— Enfin elles ne paraissent pas dépendre notablement des conditions de prélèvement : 10, 12, 15, 16, 17, ont été pris en galerie, les autres en surface.

CHARBONS

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
Cendres déduites	Mat. vol.	17,61	16,11	11,76	11,54	9,33	7,29	7,14	7,14	5,84	5,07	5,01	4,69	4,43	4,33	4,26	3,81	3,24
	Carb. fixe	82,38	83,88	87,92	88,45	90,66	92,70	92,57	92,70	93,98	94,92	94,98	95,30	95,56	95,66	95,73	95,78	96,75
	S. nuisible			0,30				0,28	0,14	0,16							0,40	
Résultats g/sec	Cendres	52,60	50,11	38,40	33,76	27,69	34,18	43,09	6,06	5	20,93	25,75	26,07	18,00	9,21	23,55	17,98	21,73
	Mat. vol.	8,35	8,04	7,27	7,65	6,75	4,80	4,08	6,72	5,56	4,01	3,72	3,47	3,64	3,94	3,26	3,14	2,54
	Carb. fixe	39,05	41,85	54,33	58,59	65,56	61,02	52,83	87,22	89,44	75,06	70,53	70,46	78,36	86,85	73,19	78,88	75,73
	S. nuisible			0,19				0,16	0,14	0,16							0,33	
Pouvoir calorifique supérieur (à la bombe) en cal.		3.436	3.618		4.749	5.545	5.055				6.085	5.874	5.761	6.700	7.142	6.022		6.164

	P.V. O.C.C.R.
I. Bissorte (sud pt 2207).	24.151
II. Valloire (pt 1913) au contact d'une microdiorite.	24.157
III. Allues-Belleville (Pas de Grand-Combe).	20.556
IV. Belleville (crête de Boismain).	« Molle ». Tout venant. 19.524
V. Valloire.	24.150
VI. Belleville-Maurienne (Cime Caron).	« Molle ». 24.153
VII. Belleville (Lac du Lou).	« Molle » grossière, litée. 20.554
VIII. Allues-Belleville (Roc des Trois Marches).	20.557
IX. Allues-Belleville (800 m au sud du Mont de la Challe).	Intact, non brisé. 20.555
X. Val Isère : Macôt (Gal. E.D.F. au PK 30).	Ech. choisi. 24.147
XI. Belleville (Chalet de Thorens).	« Molle » (tout venant). 24.148
XII. Val Isère : Macôt (Gal. E.D.F. au PK 285).	« Molle » (tout venant). 24.149
XIII. Valloire (Geneuil).	« Molle » (tout venant). 24.156
XIV. Allues-Belleville (ouest de Côte Brune).	Débris de charbon intact, en crête. Ech. choisi. 24.154
XV. Maurienne (Sordières : veine Grand Combet, niveau 970 à 200 m du jour).	Lité, non broyé. 24.152
XVI. Belleville (Sérachaux. Gal. Bal).	Ech. choisi. 20.553
XVII. Val Isère. Malgovert (Gal. E.D.F. au PK 12.860).	« Molle » fine. 24.155
	« Molle ». 24.155

Une étude beaucoup plus détaillée, comportant plusieurs centaines d'analyses, serait nécessaire pour faire la part des variations normales (dues à la composition originelle du charbon, sa situation stratigraphique et tectonique), et des anomalies locales (R. PETIT et M. BUISINE, 1957).

Le fait de la transformation des charbons alpins en peranthracite est un phénomène beaucoup plus général et lié à l'orogénèse. On peut le rapprocher de celui qui a produit la schistosité régionale et la diagénèse (ou le métamorphisme) des sédiments.

B. ANALYSES DE ROCHES SILICATÉES

1. Liste des roches analysées

a. Roches éruptives

1. Gneiss œillé de Beudet (migmatites de la zone Sapey-Peisey) *An. B.R.G.M.*, n° 467.
2. Roche vert pâle aphanitique dans les migmatites de la face est de l'Aiguille de Pécelet. *An. B.R.G.M.*, n° 790.
3. Leptynite blanche en lit dans les migmatites de la Saulire. *An. B.R.G.M.*, n° 733.
4. « Roche blanche » dans le Houiller du Pont du Champet (Sainte-Foy). Moyenne de trois échantillons. *An. B.R.G.M.*, n° 1276.
5. « Roche blanche » en filon dans le Houiller. Route de Bozel à Champagny. *An. B.R.G.M.*, n° 735.
- 6-7. Porphyre quartzifère de Côte Vieille (Valloire). Échantillons verts. *An. B.R.G.M.*, n° 484 et 517.
8. Porphyre quartzifère de la Ponsonnière. Échantillon rouge à grands feldspaths, pris au centre de la coulée. *An. B.R.G.M.*, n° 984.
9. Porphyre quartzifère de la Ponsonnière. Moyenne de plusieurs échantillons verts, provenant de la base de la coulée. *An. B.R.G.M.*, n° 985.
10. Microdiorite de Roche Noire (Valmeinier) *An. B.R.G.M.*, n° 734.
11. Roche éruptive de la Pointe de Thorens. *An. B.R.G.M.*, n° 750.
12. Roche prasinitique de la Louïe Blanche. *An. B.R.G.M.*, n° 1080.
13. Microdiorite à pseudo-enclaves. Appui rive gauche du barrage de Bissorte. *An. B.R.G.M.*, n° 831.
14. Microdiorite. Le Prec (les Champs) : rive droite de l'Arc. *An. B.R.G.M.*, n° 469.
15. Porphyrite de la Ponsonnière. *An. B.R.G.M.*, n° 983.
16. Microdiorite. Crête au sud du col des Marches (Bissorte) *An. B.R.G.M.*, n° 775.
17. Microdiorite. Appui rive gauche du Barrage de Bissorte. *An. B.R.G.M.*, n° 466.
18. Microdiorite. Point 2 860 au sud de la Pointe de la Sandoneire. *An. B.R.G.M.*, n° 584.
19. Microdiorite. Versant N.-E. du col des Marches (Bissorte). *An. B.R.G.M.*, n° 776.
20. Roche éruptive de la Côte d'Aime. *An. B.R.G.M.*, n° 471.
- 21-22. Roche prasinitique intrusive dans le Houiller basal transgressif sur le cristallin du Ruitor. Arête au nord du glacier des Invergneures, sous le point 3 054. *An. B.R.G.M.*, n° 637 et 468.
23. Amphibolite dans les schistes cristallins du Ruitor. Moraine du glacier des Invergneures. *An. B.R.G.M.*, n° 638.
24. Roche vert-jaunâtre, dans le Houiller productif de la rive droite du Bonrieu, au nord de Bozel. *An. B.R.G.M.*, n° 1722.
25. Arkose grise de Tortolet (Vallée de Belleville) Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 631.
26. Arkose grise. Mine de Sordière, galerie nouvelle (rive gauche de l'Arc) Westphalien moyen. *An. B.R.G.M.*, n° 630.
27. Grès-quartzite rouge, fin. Sud de la Cha (Saint-Martin-de-Belleville). Néopermien. *An. B.R.G.M.*, n° 632 (pl. V, fig. 2).
28. Grès micacé presque intact, inclus dans les migmatites Stéphano-Permienne de la face est de l'Aiguille de Pécelet. *An. B.R.G.M.*, n° 792.

b. Arkoses et Grès

29. Grès fin vert et rouge, au sommet de l'Assise de Courchevel, à quelques mètres des migmatites. Crête de la Saulire - Les Allues. *An. B.R.G.M.*, n° 732.
30. Arkose grise de la Pra, carrière de la rive droite. *An. B.R.G.M.*, n° 587.
31. Grès arkosique gris, fin, feuilleté. Mine de Saussaz, T.B. est à 110 m (Rive gauche de l'Arc) Westphalien moyen. *An. B.R.G.M.*, n° 585.
32. Arkose conglomératique verdâtre étirée et albitisée à la base du Houiller. Arête nord du glacier des Invergneures (Ruitor) *An. B.R.G.M.*, n° 634.
33. Conglomérat verdâtre, étiré et albitisé. Base du Houiller. Verrou à l'aval du glacier des Invergneures (Ruitor). *An. B.R.G.M.*, n° 633.
34. Grès gris micacé en enclave dans la roche éruptive de la Côte d'Aime. Rive droite de l'Isère. *An. B.R.G.M.*, n° 635.
35. Arkose grise au contact de la « roche blanche » au bord de la route de Bozel à Champagny. *An. B.R.G.M.*, n° 730.
36. Arkose verdie contre la « roche blanche », route de Bozel à Champagny. *An. B.R.G.M.*, n° 737.
37. Psammite gris. Tortolet, au toit d'une veine de charbon, Saint-Martin-de-Belleville. *An. B.R.G.M.*, n° 628.
- c. Schistes**
- 38-39. Schiste siliceux gris blanc. Mont Touvet (Valloire) Série de Roche Château. *An. B.R.G.M.*, n° 738 et 736.
40. Schiste blanc, au nord de la Jaïra (Saint Bon-Courchevel) Néopermien probable. *An. B.R.G.M.*, n° 743.
41. Schiste gris, au sommet des grès et conglomérats versicolores attribués à l'Assise de Courchevel. Roc du Moine (vallée de Bozel). *An. B.R.G.M.*, n° 742.
42. Schiste vert, onctueux. Versant sud du Petit col des Encombres. Néopermien du Synclinal du Peronnet. *An. B.R.G.M.*, n° 590.
43. Schiste noir à délits bosselés par des yeux d'épidote alpine. Côte Velin, au-dessus de la mine (Modane-Fourneaux). *An. B.R.G.M.*, n° 623.
44. Schiste rouge interstratifié dans le Houiller gris au sommet de l'Assise de Tarentaise. Nord de la Pointe de la Masse (vallée de Belleville). *An. B.R.G.M.*, n° 588.
45. Schiste blanc, route de la Pra à Saint-André (rive droite de l'Arc). *An. B.R.G.M.*, n° 470.
46. Schiste noir à délits bosselés (épidote alpine) au toit d'une couche de charbon. Pas de Grand'Combe, côté Allues. Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 627.
47. Schiste noir compact. Ouest de la Gratte (Belleville, versant vallon des Encombres) Sommet de l'Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 739.
48. Schiste noir, route de Bozel à Champagny. Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 896.
49. Schiste gréseux vert et rouge interstratifié dans le Houiller gris au sommet de l'Assise de Tarentaise. Nord de la Pointe de la Masse (vallée de Belleville). *An. B.R.G.M.*, n° 626.
50. Schiste noir fin, au contact du banc de schiste blanc de la Chasse (vallée de Belleville). *An. B.R.G.M.*, n° 622.
51. Schiste gris et vert, au sommet des grès et conglomérats versicolores (Assise de Courchevel et peut-être Eopermien) Sommet de l'Aiguille de Pécelet. *An. B.R.G.M.*, n° 791.
52. Schiste noir micacé, esquilleux. Bozel, route de Tincave. Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 625.
53. Schiste rouge et vert interstratifié dans du Houiller gris à *Pecopteris lamurensis*, entre le col de Montfiot et le col de Pierre Blanche (vallée de Belleville). Sommet de l'Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 589.
54. Schiste blanc de la Lozière (Rive droite de l'Arc) Westphalien moyen probable. *An. B.R.G.M.*, n° 483.
55. Schiste noir. La Chèvre (Saint-Martin-de-Belleville) Assise de Tarentaise probable. *An. B.R.G.M.*, n° 624.
56. Schiste noir à plantes. Ravin de la Salla, Macôt (rive gauche de l'Isère). Sommet de l'Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 629.
57. Schiste noir fin. Mine de la Saussaz. Rive gauche de l'Arc. Westphalien moyen. *An. B.R.G.M.*, n° 586.
58. Schiste noir à plantes. Mine du Chezlu (Valloire) Westphalien C. *An. B.R.G.M.*, n° 1293.
59. Schiste blanc. Champagny, Forêt Noire. *An. B.R.G.M.*, n° 869.
60. Schiste noir à fines lentilles blanches. Sud du col de Leschaux : crête entre Belleville et Allues, sommet de l'Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 729.
61. Schiste noir à plantes. Vallée des Allues, en contrebas du Pas de Cherferie. Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 1295.
62. Schiste décoloré au contact de la « roche blanche », au bord de la route de Bozel à Champagny. *An. B.R.G.M.*, n° 897.
63. Lit ferrugineux dans l'Assise de Tarentaise. Bozel-Miraboson. *An. B.R.G.M.*, n° 740.

LA ZONE HOUILLERE EN MAURIENNE ET EN TARENTEISE (ALPES DE SAVOIE)

64. Schiste noir ferrugineux à délits bosselés. Bozel-Villemartin. Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 741.
65. Schiste noir à sphérolites de trémolite en nerf dans la veine exploitée à Peisey. Sommet de l'Assise de Tarentaise. *An. B.R.G.M.*, n° 731.
66. Lit noir, charbonneux, interstratifié au toit d'une passée au-dessus de Montgirod. Roches à goethite, kaolinite, etc. *An. B.R.G.M.*, n° 953.

DOSAGES DES ALCALINS AU SPECTROPHOTOMETRE DE FLAMME

	Na ² O	K ² O	Li ² O
A. Grès feldspathique à proximité de la « roche blanche » — Les Mazures — Sainte-Foy-Tarentaise	3,2	1,6	n.d.
B. Schiste albitique à l'est de l'affleurement des Mazures	2,0	4,6	0,01
C. Roche blanche rubanée. Pont du Champet (Sainte-Foy-Tarentaise)	7,4	traces	n.d.
D. Roche blanche vaguement rubanée, à petits phénoblastes de feldspaths. Sainte-Foy-Tarentaise	7,2	traces	n.d.
E. Schiste noir albitique. Col du Mont au voisinage du cristallin du Ruitor	3	3,7	0,005
F. Micaschiste albitique. Lac San Grato. Cristallin du Ruitor ..	5,5	1,7	n.d.
G. Schiste noir à albites naissantes. Petit Saint-Bernard	0,4	0,9	0,006
H. Tuf acide présumé du Roc de la Lune (Belleville)	3,4	1,9	
I. Roche blanche du Loisel (rive gauche de l'Isère)	5,9	0,3	
J. Ruban blanc d'un conglomérat de la Louie Blanche	3,0	0,2	
K. Schiste noir albitique de la Sassièrè	1,2	5,2	
L. Schiste noir albitique du Grand Saint-Bernard	0,9	6,2	
M. Schiste noir. Grandville (N. Bourg-Saint-Maurice) Faisceau de Salins	1,4	3,8	

ROCHES ERUPTIVES ET METAMORPHIQUES

Composition centésimale.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	67,70	71,45	77,54	78,45	71,40	71,59	69,13	71,20	72,40	61,32	63,20	48,10	58,00	58,22	51,09	59,02	56,24	56,47	62,05	50,40	50,26	47,33	48,33	43,84
Al ₂ O ₃	14,35	13,27	13,00	13,16	15,24	12,93	13,51	14,61	14,97	18,00	15,21	20,30	17,95	17,13	19,47	16,71	17,54	18,97	16,05	15,99	16,07	17,22	8,43	15,73
Fe ₂ O ₃	2,07	0,59	0,18	0,17	0,69	2,15	2,61	3,21	1,54	1,08	0,67	0,89	1,36	1,66	5,15	1,23	0,70	1,33	0,85	3,32	2,76	1,93	1,92	0,83
FeO	2,55	3,03	0,77	0,25	0,37	0,86	1,06	0,44	0,47	6,10	3,49	8,74	3,58	3,77	2,02	4,41	4,68	4,25	4,48	6,17	8,22	8,34	8,73	9,00
MnO	0,13	0,10	traces	0,02	traces	0,03	-	traces	0,04	0,15	0,11	0,16	0,11	0,10	0,14	0,12	0,08	0,20	0,18	0,14	0,20	0,09	0,17	0,04
MgO	1,37	1,49	0,10	0,16	0,19	1,15	1,48	0,43	0,55	2,69	4,13	6,3	1,89	2,60	2,15	3,86	2,80	3,15	2,74	5,72	7,08	7,31	13,84	6,46
CaO	1,30	2,18	0,71	0,35	0,30	0,72	0,35	0,56	0,70	0,78	2,33	4,5	6,65	6,78	12,60	3,08	5,20	4,95	2,39	5,71	6,00	6,60	13,06	8,73
Na ₂ O	2,01	3,75	4,68	6,9	8,69	traces	0,47	1,18	2,70	2,05	2,99	2,6	2,65	3,90	1,53	4,28	4,93	5,13	7,52	3,86	4,47	4,84	0,62	2,40
K ₂ O	3,80	0,96	1,90	n.d.	0,47	5,81	8,29	6,93	5,03	3,63	1,75	traces	0,64	0,68	0,69	2,11	0,15	0,46	0,74	1,40	traces	traces	0,42	0,40
TiO ₂	0,74	0,80	0,10	-	0,95	0,22	0,22	0,32	0,33	0,81	0,65	2,50	0,55	0,65	0,88	0,68	0,62	0,55	0,58	1,32	1,46	1,61	1,92	1,00
P ₂ O ₅	0,27	0,37	0,08	n.d.	0,11	0,12	0,09	0,09	0,09	0,25	0,23	0,46	0,20	0,17	0,25	0,13	0,26	0,13	0,16	0,30	0,28	0,33	0,27	0,18
												S ₂ :0,64												S = 0,2 Perte au feu (-H ₂ O)
CO ₂	0,71	1,10	0,74	-	0,85	-	traces	0,45	0,40	1,21	0,36	-	1,52	0,58	0,80	1,25	1,71	0,68	0,22	0,46	1,04	0,30	0,93	8,85
H ₂ O ⁻	0,35	-	0,05	-	0,25	0,20	0,07	0,15	0,14	0,31	-	-	0,05	0,14	0,12	0,07	0,50	0,25	0,20	0,04	0,10	0,38	-	0,15
H ₂ O ⁺	3,13	1,60	0,69	0,39	0,85	4,15	3,15	1,11	1,07	1,95	3,80	5,55	4,18	4,00	3,23	3,55	4,70	3,90	1,86	5,20	1,56	4,24	1,22	1,70
Total :	100,48	100,69	100,54	99,85	100,36	99,93	100,43	100,68	100,43	100,33	98,92	100,10	99,97	100,38	100,12	100,50	100,11	100,42	100,52	100,03	99,50	100,42	99,76	99,51

Paramètres de Niggli	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
al	42,3	39,7	51,0	50,6	47,1	47,2	41,6	47	50	41	35,6	32,5	38	33,6	32,1	33,8	35,2	35,9	33,3	25,8	23,7	24,6	10	23,7
fm	29	26,9	5,6	3,5	5,4	24,7	26,5	19	13	39,2	38,7	47,6	25,4	28,2	24,6	36,1	29,4	30,1	30,3	44,7	49,5	46,9	60	45,5
c	6,9	11,9	5,2	2,7	1,6	4,9	1,9	3	4	3,3	10	13,05	25,8	24,2	37,9	11,3	19	17	9,1	16,8	16	17,1	28,3	24,2
alk	21,7	21,4	38,1	43,5	45,9	23,2	30	31	33	16,5	15,7	6,8	10,8	14	5,4	18,8	16,4	17	27,3	12,7	10,8	11,3	1,7	6,6
si	338,4	364,2	518,9	512,5	376,6	446,1	363,4	395	406	238,2	251,3	130,7	209,5	194	143,3	202,7	191,6	181,7	219,1	138,2	125,5	114,5	97,8	113
si'	188	184	252	274,1	284	192	220	224	232	166	164	128	144	156	120	176	164	168	208	152	144	144	108	126
qz	150	180	267	238	93	254	143	171	174	72	87	3	65	38	23	27	27	14	11					
ti	2,7	3,1	0,4	-	3,8	1,1	0,9	1,6	1,3	2,3	1,9	5,05	1,5	1,6	1,8	1,6	1,6	1,3	1,5	2,6	2,8	2,9	2,9	2
p	0,6	1,5	-	-	0,3	-	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	-	-	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
k	0,5	0,1	0,2	-	0,3	1	0,9	0,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,5
mg	0,3	0,4	0,1	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5
o	0,3	0,9	0,1	0,2	0,5	0,4	0,4	0,7	0,5	0,1	0,05	0,4	0,1	0,1	0,4	0,9	0,05	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,5	0,03

ROCHES ERUPTIVES ET METAMORPHIQUES

Catanormes fictives	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q	36,48	39,54	41,16	37,38	18,72	46,26	31,98	36,18	35,10	26,70	26,70	10,20	21,66	14,04	13,74	11,40	9,30	7,08	4,26	0,60				
Or	22,24	5,56	11,12	-	2,78	34,47	48,93	40,59	29,47	21,13	10,01		3,89	3,89	3,89	12,23	1,11	2,78	4,45	8,34			2,22	2,22
Ab	16,77	31,44	39,30	58,16	73,36		3,67	9,96	23,06	17,29	25,15	22,01	22,53	33,01	13,10	36,15	41,39	43,49	63,40	32,49	37,73	37,73	5,24	20,44
An	4,45	6,39	3,61	1,67	0,56	2,78	1,67	2,78	3,61	1,95	9,73	18,90	32,25	27,24	44,20	14,46	23,91	23,63	7,78	22,24	23,91	25,30	18,90	30,86
Né																							1,70	
C	5,30	3,77	1,94	1,22	0,20	5,51	3,16	4,18	3,77	10,00	4,90	9,08	0,82			2,14	0,51	1,33						
D { CaSiO ₃														2,32	6,15				1,39	1,74	1,62	2,32	18,33	4,87
{ FeSiO ₃														0,92					0,66	0,53	0,53	0,79	4,22	2,17
{ MgSiO ₃														1,30	5,3				0,70	1,10	1,00	1,40	12,60	2,55
H { FeSiO ₃	1,85	3,83	1,06	0,26						9,24	5,15	11,35	3,43	3,70		6,20	7,13	6,20	6,34	6,20	6,86			5,61
{ MgSiO ₃	3,40	3,70	0,20	0,40	0,4	2,80	3,70	1,1	1,3	6,70	10,30	15,7	4,7	5,20		9,60	7	7,8	6,10	13,10	11,50			6,45
W CaSiO ₃															0,70									
O { Fe ₂ SiO ₄																					3,64	8,06	0,30	4,90
{ Mg ₂ SiO ₄																				2,45	11,76	0,77	4,90	
Ma	3,02	0,93	0,23	0,23		2,09	2,78	0,46	0,70	1,62	0,93	1,39	2,09	2,55	4,41	1,86	0,93	1,86	1,16	4,87	4,18	2,78	2,78	1,16
Ilm	1,37	1,52	0,15		0,76	0,46	0,46	0,61	0,61	1,52	1,22	4,71	1,06	1,22	1,67	1,22	1,22	1,06	1,06	2,43	2,89	3,04	3,65	1,98
Hém					0,64		0,64	2,88	1,12							2,08								
Sph																								
Ru					0,56																			
Ap	0,67	1,68			0,34	0,34				0,67	0,67	1,34	0,34	0,34	0,67	0,34	0,67	0,34	0,34	0,67	0,67	0,67	0,67	0,34
Py													1,20											
CO ₂	0,71	1,10	0,74		0,85			0,45	0,40	1,21	0,36		1,52	0,58	0,80	1,25	1,71	0,68	0,22	0,46	1,04	0,30	0,93	8,85
H ₂ O±	3,48	1,60	0,74	0,39	1,10	4,35	3,22	1,26	1,21	2,26	3,80	5,55	4,23	4,14	3,35	3,62	5,20	4,15	2,06	5,24	1,66	4,62	1,22	1,85
Total :	99,74	101,06	100,25	99,71	100,27	99,70	100,21	100,45	100,35	100,29	98,92	100,23	99,98	100,45	100,06	100,47	100,08	100,40	99,92	100,01	99,69	100,47	99,59	99,35

Symboles magmatiques CIPW-Lacroix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
p	I (II)	I (II)	I	I	I	I'	I	I	I	II	II	II (III)	(I) II	'II	II	II	'II	'II	'II	II'	II (III)	II'	IV	(II) III
q	3	3	3'	3 (4)	4	3	(3) 4	3 (4)	3 (4)	3 (4)	(3) 4	4	4	4'	4'	4 (5)	(4) 5	(4) 5	5	5	5	5	5	5
r	'2	2	1 (2)	1	1	(1) 2	1	1 (2)	1 (2)	1'	2 (3) 4	3 (4)	4	3'	4'	2 (3)	3	(4) 5	'2	3	3	3	4'	4
s	3	4 (5)	4	5	5	1	1'	2	3	3	4	3 (4)	4 (5)	4 (5)	4	4	5	5	5	4	5	5	4	(4) 5
h	3	2	2	2'	5	3	3	4	(3)															

ARKOSES — GRÈS

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
SiO ₂	81,05	79,73	77,40	76,79	75,70	73,09	72,32	69,30	68,10	63,80	63,60	60,29	50,93
Al ₂ O ₃	10,00	9,00	10,29	13,22	13,45	12,16	12,63	14,53	14,71	17,50	19,14	18,57	23,58
Fe ₂ O ₃	0,38	0,48	2,52	0,73	2,32	0,95	0,62	1,00	2,58	2,03	0,85	2,14	2,30
FeO	0,85	1,73	0,18	0,87	0,91	2,80	3,41	2,52	1,78	3,73	4,83	5,88	5,31
MnO	0,14	0,08	0,03	0,03	0,03	0,13	0,19	0,05	0,06	0,04	0,08	0,05	0,09
MgO	0,36	0,92	0,30	0,40	0,69	1,46	1,74	1,28	0,50	1,90	1,26	1,84	2,30
CaO	1,07	1,88	1,43	0,62	0,53	1,49	1,18	0,96	1,80	0,34	0,53	0,37	1,92
Na ₂ O	2,33	1,79	6,29	4,88	0,47	2,17	1,93	4,27	2,15	1,39	0,56	0,71	1,41
K ₂ O	1,92	1,42	traces	1,49	3,94	2,32	2,13	2,17	3,17	3,93	3,61	4,07	4,59
TiO ₂	0,18	0,20	0,18	0,29	0,52	0,72	0,53	0,60	0,59	0,86	1,05	0,89	1,10
P ₂ O ₅	0,15	0,16	0,23	0,18	0,12	0,13	0,07	0,72	1,79	0,26	0,12	0,68	0,12
CO ₂	0,24	0,12	0,22	0,30	0,46	0,23	1,12	0,27	0,51	0,65	0,51	0,56	0,25
H ₂ O ⁻	0,15	0,35	0,15	0,06		0,08		0,40		0,20	0,19	0,15	0,25
H ₂ O ⁺	1,62	2,10	0,50	0,70	1,46	2,18	2,70	2,20	2,35	3,79	3,85	4,20	5,53
Total :	100,44	99,96	99,72	100,56	100,50	99,91	100,57	100,27	100,09	100,42	100,18	100,30	99,68
Paramètres de Niggli													
al	49	40	37,4	48,1	52,6	40,7	41,3	43,0	44,7	46,9	52,8	45,7	46,5
fm	13,5	24,5	15,5	12,3	23,3	30,2	33,7	23,9	23,9	33,8	31	38,9	32,2
c	9,5	15,4	9,3	4,1	4	9,1	7	5,1	9,9	2,2	2,8	1,5	6,8
alk	28,5	20	37,8	35,4	20,1	20,0	17,7	27,9	21,4	17,7	13,3	13,8	14,5
si	675	603,6	477,8	477,2	506,4	412,9	401,7	350	352,5	289,6	301,1	252,5	170,6
si'	214	180	250	241,6	180	180	172	212	184	172	153,2	156	156
qz	461	424	228	235,6	326	233	230	138	168	118	148	96	15
ti	1	1,4	1,1	1,5	2,4	3	2	1,2	2,5	3	3,7	2,8	2,8
p	0,5	0,5		0,4	0,4	0,3	0,1	1,5	4	0,5		1,2	0,2
k	0,35	0,3	0	0,2	0,8	0,4	0,4	0,2	0,5	0,6	0,8	0,8	0,7
mg	0,33	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,1	0,4	0,3	0,3	0,4
o	0,1	0,1	0,8	0,3	0,5	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37

LA ZONE HOULLIERE EN MAURIENNE ET EN TARENNAISE (ALPES DE SAVOIE)

2. Diagrammes

Ils sont de deux sortes : les premiers construits avec les paramètres de NIGGLI (diagrammes triangulaires, cumulatifs, de différenciation); les seconds avec les valeurs pondérales brutes, ceux-ci devant, dans une certaine mesure, contrôler ceux-là, et les compléter le cas échéant.

a. Diagrammes construits avec les paramètres de Niggli

1. Diagrammes triangulaires

Il y en a trois, construits avec les quatre paramètres principaux de NIGGLI : outre nos roches, nous avons reporté un certain nombre d'analyses de F. ELLENBERGER portant sur des échantillons de Houiller (E. 1), de migmatites du Sapey (E. 8 à E. 11) et de roches éruptives ou supposées telles, de Vanoise. Ces diagrammes sont :

- a) $al - (alk + c) - fm$
- b) $(al + fm) - alk - c$
- c) $al - alk - (fm + c)$.

Sur les deux diagrammes supplémentaires muets, 1 bis et 3 bis, ne concernant que les roches éruptives, nous avons aussi reporté les roches intrusives du Briançonnais, dont on trouvera l'analyse complète dans R. FEYS (1957); notons en particulier l'andésite de Guillestre (A), qui est reportée ci-dessus (p. 186).

De toutes les représentations, ces diagrammes sont les plus parlantes. Au premier abord cependant ils paraissent confus car nous avons réuni sur les mêmes figures les roches éruptives, les roches sédimentaires et les roches métamorphiques (gneiss, etc.). Si la comparaison de ces dernières avec les deux autres est en effet indispensable, il n'est pas non plus sans intérêt de comparer les roches éruptives certaines aux roches sédimentaires normales, ne serait-ce que d'un point de vue purement stratigraphique, de succession des phénomènes.

a) Diagramme n° 1 : al — (alk + c) — fm

Les différences entre sédiments (figurés par des ronds et des carrés) et roches éruptives (figurées par des croix) est moins nette qu'en Vanoise.

LES ROCHES ÉRUPTIVES :

Elles se répartissent en trois groupes :

— **porphyres** : formé par les quatre analyses du porphyre Néopermien. Sur le diagramme I bis il s'y ajoute le microgranite des Gardéolles de FEYS, mais ce rapprochement résulte d'une convergence et non d'une identité de venue : la roche du Briançonnais, par sa composition globale, s'apparente au second groupe, celui des microdiorites.

— groupe des **microdiorites** : il comprend les microdiorites de Maurienne. Il est relativement compact, surtout lorsque l'on y ajoute les roches du Briançonnais (diagramme I bis). La microdiorite n° 18 — dont nous verrons plus loin qu'elle est la plus proche du point d'isofalie — se trouve au centre.

— groupe des **roches prasinitiques** : les roches prasinitiques de Tarentaise (12, 20, 21, 22 et 24) se détachent des microdiorites, mais présentent par contre des affinités avec les roches basiques du Briançonnais (I bis). Les deux analyses de la prasinite des Invergneures (21-22) permettent de mesurer les différences de composition qui peuvent exister entre deux échantillons de la même roche pris au même endroit. Ajoutons que la distance qui les sépare ici ne se retrouve pas dans les autres diagrammes.

— la **porphyrite** de la Ponsonnière ne se rattache à aucun groupe, mais par contre se trouve tout près de l'andésite de Guillestre.

— l'**actinote** des Invergneures se trouve elle aussi tout à fait à l'écart.

Les roches éruptives de Vanoise font partie du même ensemble que les roches de Tarentaise, avec cependant un petit groupe plus basique, moins alumineux, plus riche en ferromagnésiens.

LES ROCHES SÉDIMENTAIRES :

Dans l'ensemble, les schistes sont plus pauvres en chaux et en alcalins que les grès et les arkoses, mais moins que les roches bauxitiques de Vanoise que nous n'avons pas reportées ici. Font exception :

— le schiste ferrugineux de la Gratte (An. 47 : Ca O = 9,15).

— le schiste blanc de Saint-André (45). Nous avons vu qu'il s'agissait peut-être d'une cinérite écrasée.

— deux schistes clairs (59 et 38). La position stratigraphique du premier est douteuse. Il provient du sommet du Carbonifère ou du Permien. Le second (38) vient du Mont Touvet, au milieu de la Série de Roche Château.

Dans les trois derniers cas la situation de ces roches sur le diagramme est due à une forte teneur en alcalins.

La même tendance, moins marquée, existe dans un schiste gris clair (an. 41) au sommet des couches versicolores du Roc du Moine et un schiste onctueux du Permotrias de Pralognan (E. 5). On pourrait invoquer pour le premier une contamination par le gypse voisin (quelques mètres) mais plus vraisemblablement par les « migmatites naissantes ». Quoi qu'il en soit on doit remarquer que toutes ces roches se trouvent soit dans le Carbonifère terminal, soit dans le Permien.

Les grès et arkoses forment un nuage assez dispersé autour d'une composition moyenne qui est aussi celle des roches acides, en particulier celle du porphyre de Côte Vieille. Il est logique, comme le faisait remarquer F. ELLENBERGER à propos du grès de la Pra (E. 1), d'y voir « une poudre de roche non lessivée ». L'étude des galets des conglomérats a déjà montré que la région d'origine du matériel détritique devait être plus riche en granites et en gneiss leucocrates qu'en roches basiques.

Les migmatites de la zone Sapey-Peisey se mêlent à ce groupe : gneiss œillés (An. 1, E. 8, E. 9), une leptynite du col des Fonds (E. 10) ainsi qu'un gneiss de Vanoise (E. 19).

Nettement détaché vient le grès néopermien de Belleville (27). Il en sera de même sur les autres diagrammes. Il représente une exagération de la tendance perçue dans les schistes permien.

LEPTYNITES ET « ROCHES BLANCHES » :

Tout à fait à l'écart sont groupées les deux « roches blanches » de Champagny (5) et de Sainte-Foy (4) — pourtant différentes dans leur aspect et leur action sur les éponges — et la leptynite de la Saulire (3), qui doit être d'une autre nature que celle du col des Fonds (E. 10). Elles apparaissent là toutes les trois comme une différenciation ultime d'un magma, plutôt que, pour la troisième, comme une roche sédimentaire métamorphisée.

LA ZONE HOILLERE EN MAURIENNE ET EN TARENTAISE (ALPES DE SAVOIE)

- + roches éruptives.
- × roches prasinitiques, roches éruptives possibles.
- ◇ « roches blanches » et leptynite de la Saulire.
- # roches métamorphiques (gneiss du Sapey, etc.).
- schistes noirs houillers.
- schistes blancs, houillers, permien : Eopermien, Permotrias; schistes décolorés.
- ⊙ schistes rouges et verts : Carbonifère terminal, Permien inférieur.
- grès et arkoses gris.
- ▣ grès bariolés.

Désignation :

- « 10 » analyse originale.
- « A » andésite de Guillestre : analyse R. FEYS (1957).
- « E. 15 » analyse F. ELLENBERGER (1958).

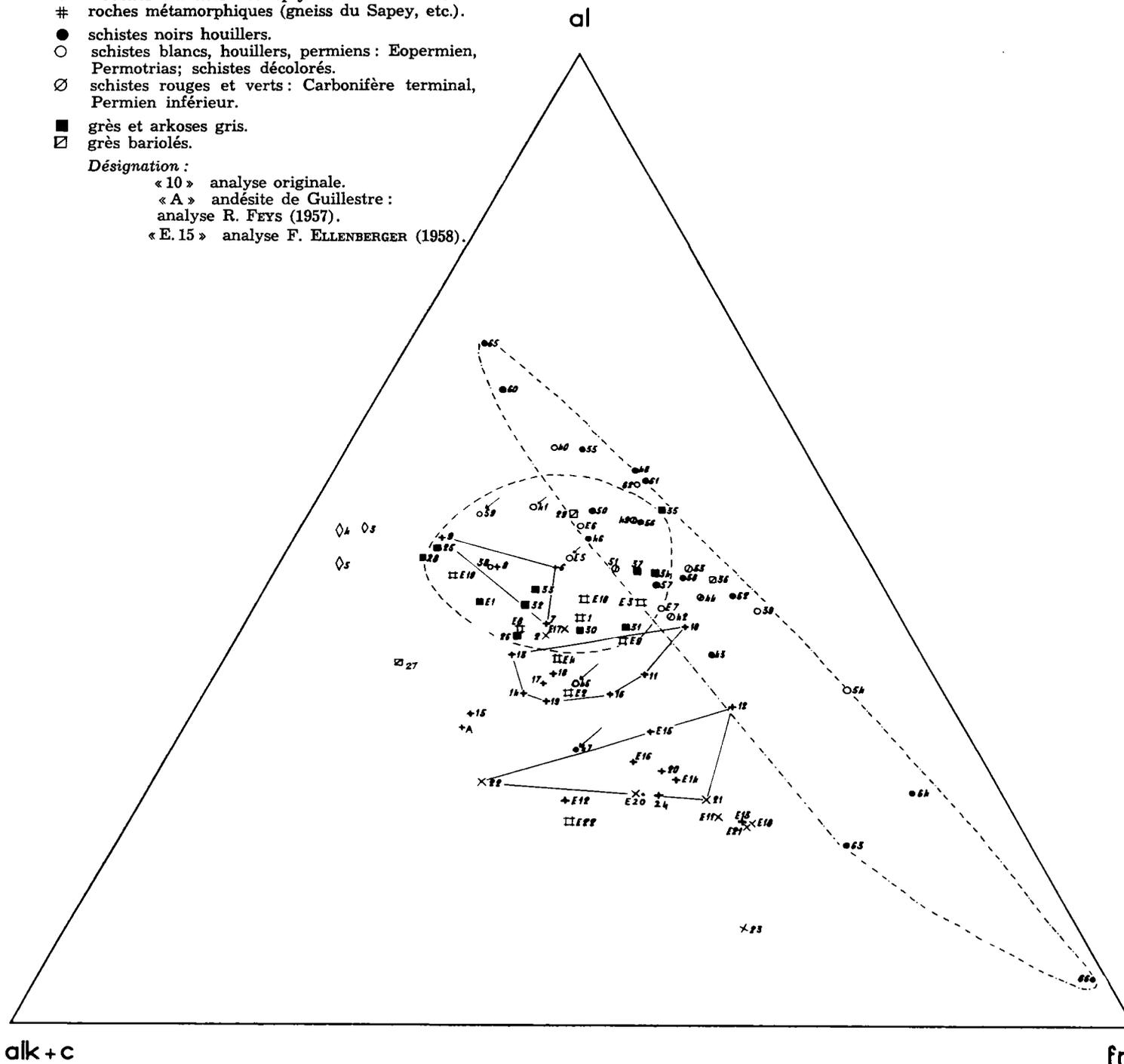


DIAGRAMME N° 1: al — (alk + c) — fm



DIAGRAMME N° 1 bis

Briançonnais (analyses originales et analyses R. FEYS, 1957).

- roche intrusive
- roche de coulée
- ✦ roches prasinitiques, roche de Péclet
- ◇ roches blanches, leptynite de la Saulire

Vanoise-Mont Pourri (analyses F. ELLENBERGER, 1958).

- + roche éruptive
- × roche éruptive possible

b) Diagramme n° 2 : (al + fm) — alk — c

La faible teneur en chaux des sédiments houillers concentre leurs points figuratifs sur les bords du triangle et les sépare, mieux que sur le diagramme précédent, de ceux des roches éruptives.

ROCHES ÉRUPTIVES :

Les trois groupes du diagramme précédent sont encore visibles, mais la distinction entre les microdiorites et les roches prasinitiques est beaucoup moins nette.

— le groupe des porphyres est encore circonscrit. Les « roches blanches » 4 et 5 et la leptynite (3) occupent par rapport à eux la même position que précédemment.

— les microdiorites couvrent tout le champ intermédiaire entre les porphyres et les roches basiques.

On pourrait y discerner une tendance calcique comprenant les intrusions des couches profondes de Maurienne (13, 14 et 17). La roche 18 (Sandoneire) se trouve encore à mi-chemin entre elles et les autres analyses de microdiorites.

Ici aussi la microdiorite de Roche Noire (10) présente un type particulier.

La roche verte incluse dans les migmatites de Pécelet (2), qui sur le diagramme précédent était entre le groupe des porphyres et celui des microdiorites, est maintenant au milieu du second.

— Les roches prasinitiques du Houiller de Tarentaise sauf la roche de Bozel (24) se situent à l'une des extrémités de l'alignement formé par les roches calciques de Vanoise. Le fait était déjà sensible dans le précédent diagramme mais il est beaucoup plus net ici.

La richesse en chaux de la porphyrite de la Ponsonnière la place à l'autre extrémité, nettement détachée cette fois de l'andésite de Guillestre (A).

ROCHES SÉDIMENTAIRES :

Les schistes ferrugineux de Villemartin (64) et de Montgirod (66) se trouvent avec le schiste blanc de la Lozière (54) au sommet du diagramme, mais pour des raisons différentes : pour les premiers, c'est à cause de leur teneur en fer; la place du troisième pourrait indiquer un lessivage.

La position du schiste calcique de la Gratte, sur le côté c — al + fm, est à noter (47). Elle permet d'éliminer toute idée d'apport de chaux dans les schistes à yeux d'épidote de Modane (43) et de Cherferie (46).

Celle d'un grès micacé venant des migmatites de Pécelet (28) laisse supposer un apport d'alcalins, bien que le grès néopermien (27) se détache « en avant » comme dans le diagramme précédent.

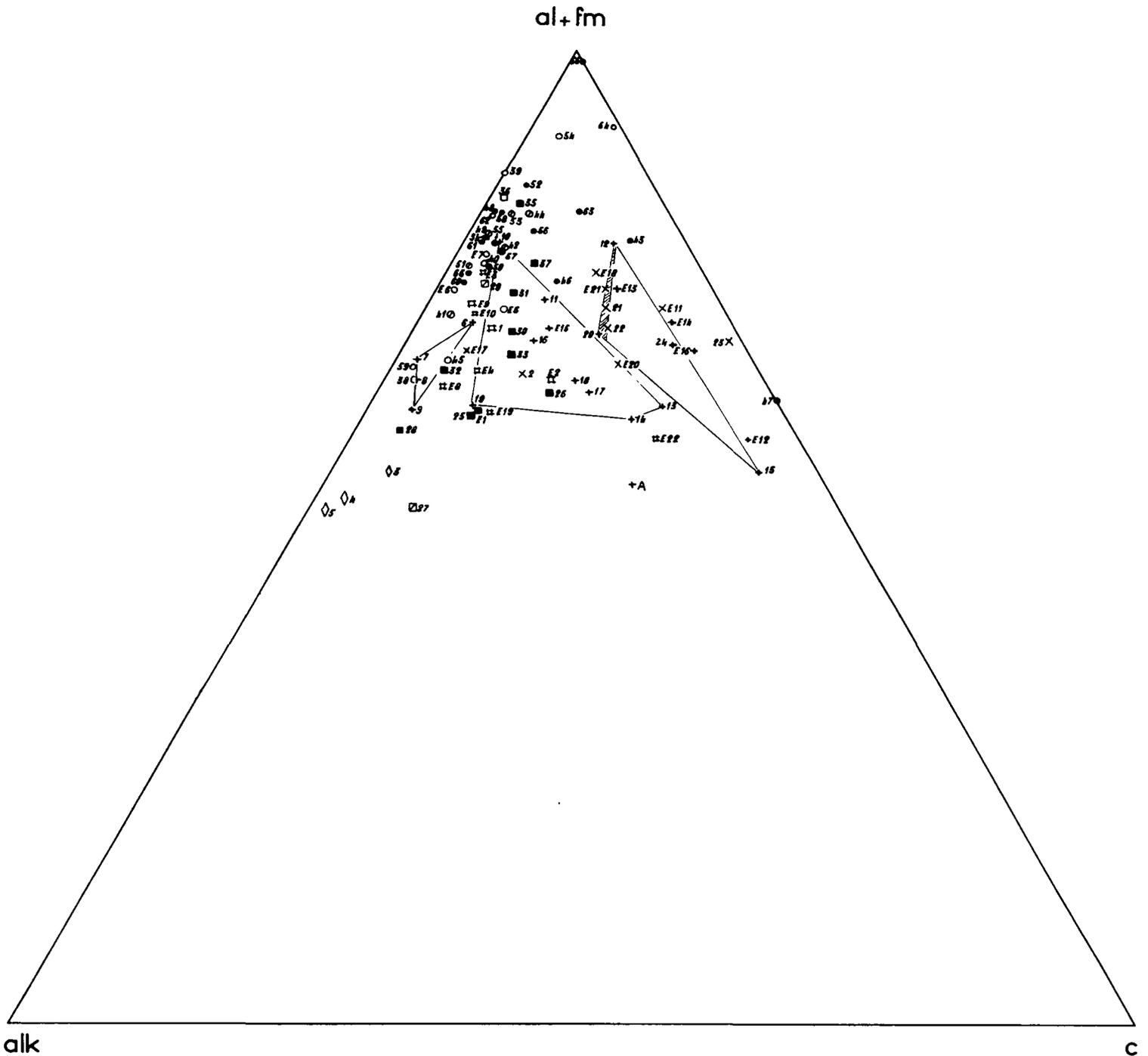


DIAGRAMME N° 2 : (al + fm) — alk — c

- + roches éruptives.
- × roches prasinitiques, roches éruptives possibles.
- ◇ « roches blanches » et leptynite de la Saulire.
- # roches métamorphiques (gneiss du Sapey, etc.).
- schistes noirs houillers.
- schistes blancs, houillers, permien : Eopermien, Permotrias; schistes décolorés.
- ⊗ schistes rouges et verts : Carbonifère terminal, Permien inférieur.
- grès et arkoses gris.
- ▨ grès bariolés.

Désignation :

- « 10 » analyse originale.
- « A » andésite de Guillestre : analyse R. FEYS (1957).
- « E. 15 » analyse F. ELLENBERGER (1958).

c) Diagramme n° 3 : al — alk — (fm + c)

Ce diagramme n'apporte rien que nous ne connaissions déjà par les autres, mais a l'avantage de les résumer d'une façon claire.

ROCHES ÉRUPTIVES :

Nous retrouvons les trois groupes mais un peu plus séparés (moins distincts cependant sur le diagramme 3 bis) :

- aux roches acides viennent s'ajouter deux microgranites briançonnais.
- dans le groupe des microdiorites, relativement dense sur le diagramme 3 bis, la tendance calcique n'est pas nettement individualisée.

La roche de Péclet (2) se trouve dans une position analogue à celle qu'elle avait dans le premier diagramme et s'apparente manifestement aux microdiorites. On peut peut-être envisager là un léger apport alcalin.

— les roches prasinitiques de Tarentaise, la porphyrite de la Ponsonnière et les roches basiques du Briançonnais sont groupées (3 bis). La parenté de la porphyrite et des roches briançonnaises (Grand Vallon, etc.) paraît ici très probable.

Si l'on excepte la roche de Bozel (24) ces roches sont un peu moins basiques que la moyenne de celles de Vanoise : on retrouve une situation analogue à celle du diagramme précédent.

La disposition des points figuratifs de toutes ces roches éruptives suggère une différenciation continue dont les deux pôles seraient les roches calciques de Vanoise et les porphyres néopermiens, ou encore les « roches blanches » de Tarentaise.

ROCHES SÉDIMENTAIRES :

Les schistes noirs houillers montrent une évolution très simple quasi linéaire où les schistes à minéraux alpins trouvent leur place (63, 64, 43, 46, 65).

Ce groupe englobe aussi les schistes versicolores inclus dans le Carbonifère au sommet de l'Assise de Tarentaise (42, 44, 49, 53), ainsi qu'un schiste décoloré (62) au voisinage de la roche blanche de Champagny.

La proportion d'alcalins croît proportionnellement à celle d'alumine mais moins vite que dans les roches éruptives : est-ce dû à un lessivage ? On pourrait le penser si l'on considère la position des roches plus grossières.

Les schistes qui s'écartent de ce polygone sont :

— le schiste blanc de Champagny-Forêt Noire (59), l'un des deux schistes du Mont Touvet (38) et deux échantillons de Permotrias (E. 5 et E. 7) c'est-à-dire quatre roches appartenant au Carbonifère terminal et au Permien.

— deux schistes prélevés au voisinage des migmatites (51 et 41). On peut, avons-nous vu, penser ici à un apport, au moins pour le deuxième.

— les grès et arkoses. Ils forment un groupe massif, occupant une position médiane. Les raisons en sont les mêmes que dans le premier diagramme. Seuls s'en écartent le « grès micacé » inclus dans les migmatites de Péclet (28) et le grès Néopermien (27).

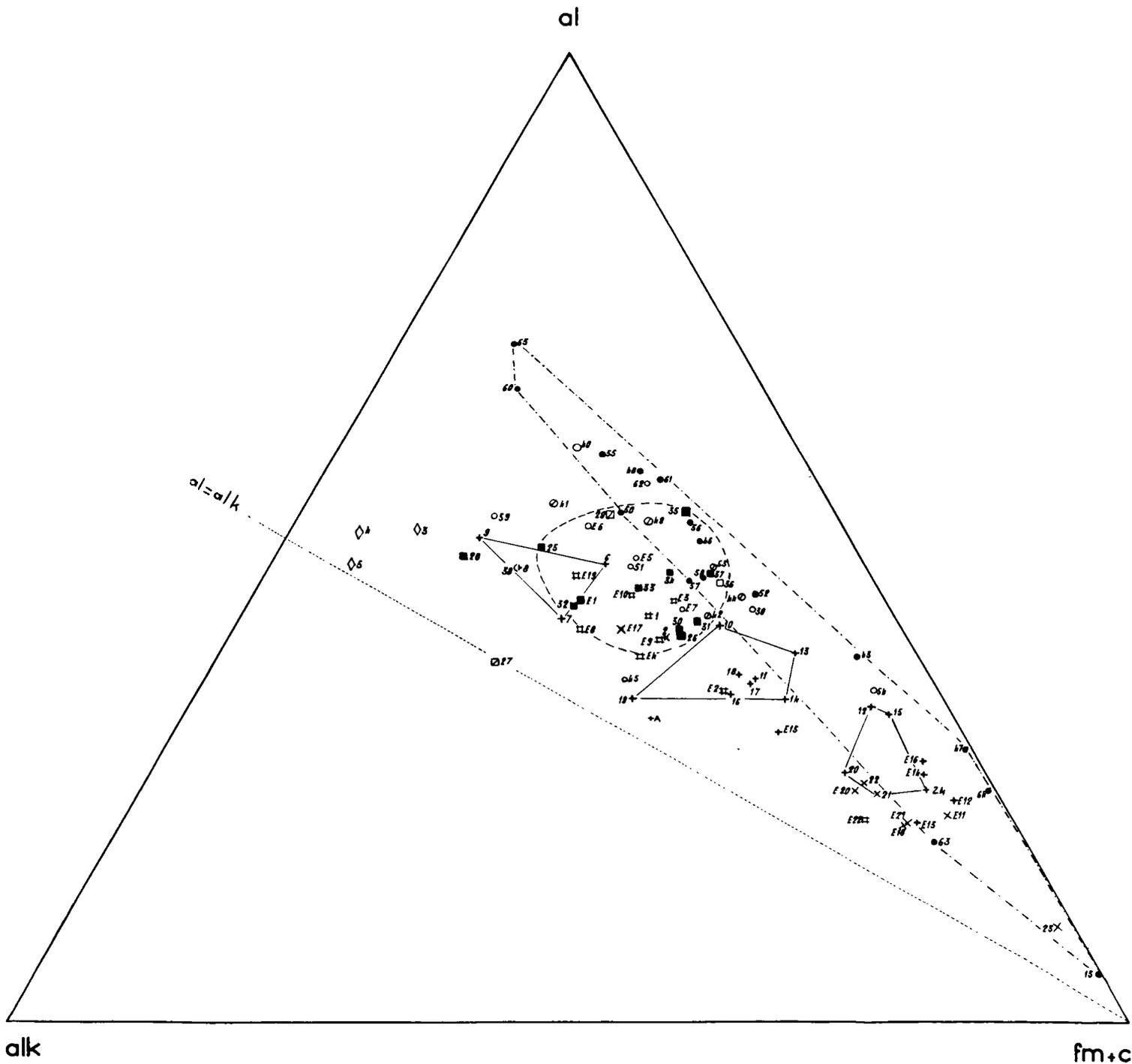


DIAGRAMME N° 3 : al — alk — (fm + c)

- + roches éruptives.
- × roches prasinitiques, roches éruptives possibles.
- ◇ « roches blanches » et leptynite de la Saulire.
- # roches métamorphiques (gneiss du Sapey, etc.).
- schistes noirs houillers.
- schistes blancs, houillers, permien : Eopermien, Permotrias; schistes décolorés.
- ⊙ schistes rouges et verts : Carbonifère terminal, Permien inférieur.
- grès et arkoses gris.
- ▣ grès bariolés.

Désignation :

- « 10 » analyse originale.
- « A » andésite de Guillestre : analyse R. FEYS (1957).
- « E. 15 » analyse F. ELLENBERGER (1958).

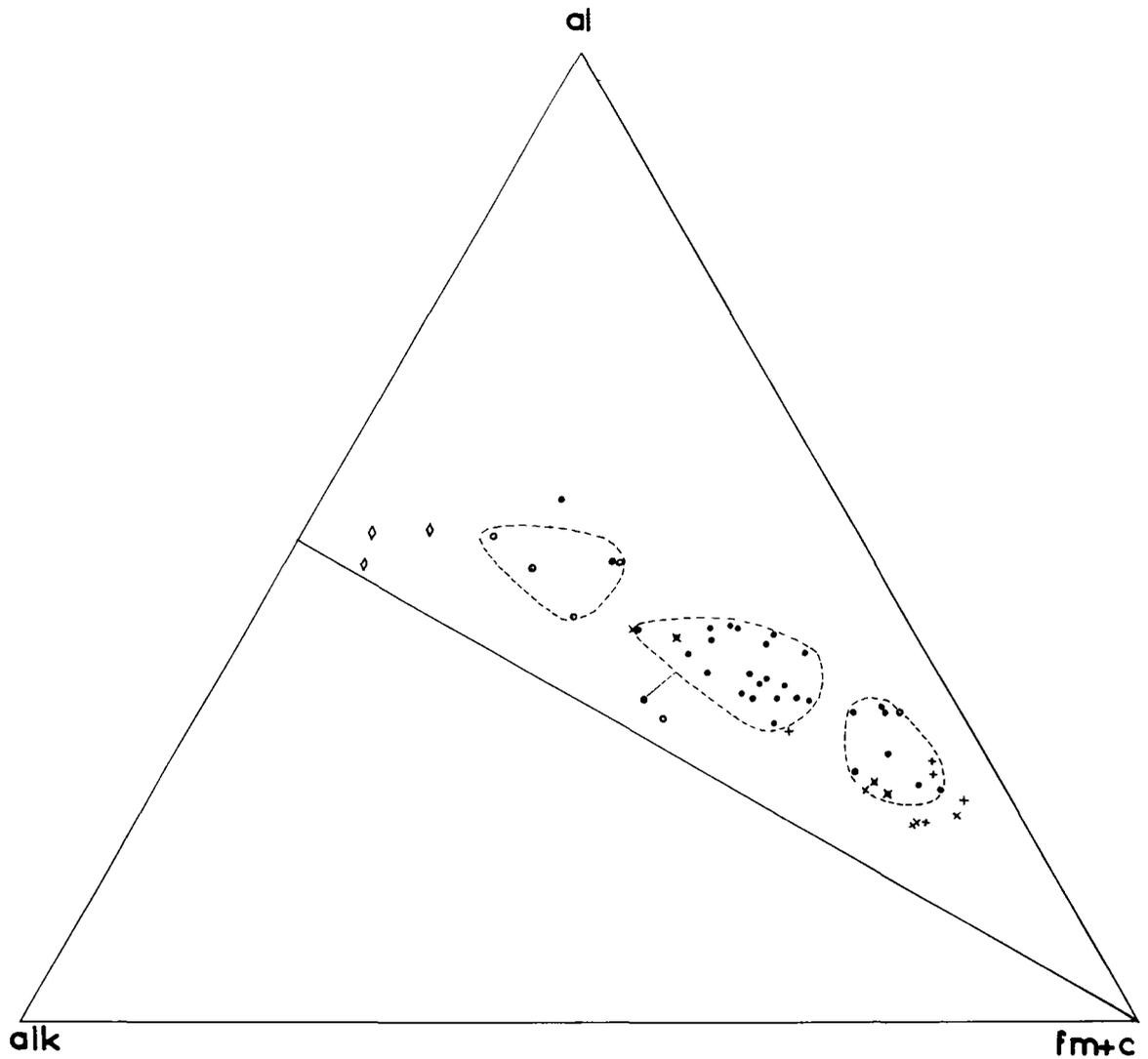


DIAGRAMME N° 3 bis

Briançonnais (analyses originales et analyses R. FEYS, 1957).

- roche intrusive
- roche de coulée
- ✦ roches prasinitiques, roche de Péclat
- ◇ roches blanches, leptynites de la Saulire

Vanoise-Mont Pourri (analyses F. ELLENBERGER, 1958).

- + roche éruptive
- × roche éruptive possible

2. Diagrammes cumulatifs (roches éruptives et roches sédimentaires)

Ces deux diagrammes sont seulement destinés à donner une image de la composition moyennes des roches analysées.

La légende des indices figuratifs est la même que pour les diagrammes triangulaires principaux.

— En abscisse nous avons, comme dans les diagrammes de différenciation de NIGGLI, porté les valeurs de *si*, représentant la teneur en silice.

— En ordonnée :

a) Dans le *champ médian* nous avons reporté les quatre paramètres principaux de NIGGLI, *al*, *fm*, *c*, *alk*, cumulés (le total étant, par définition, égal à 100).

b) A l'extérieur, les paramètres *ti* et *p*, multipliés par dix.

Les traits joignant les points figuratifs ne tiennent compte :

— dans le premier diagramme, que des roches éruptives certaines, les prasinites, gneiss, etc. se plaçant en dedans ou au dehors des champs ainsi délimités.

— de même il n'a pas été tenu compte dans la délimitation des champs du second diagramme (roches sédimentaires) du gneiss de Beaudet et de l'amphibolite ancienne du Ruitor.

Diagramme cumulatif des roches éruptives

La distinction des deux groupes — roches basiques de Tarentaise ou de la zone Vanoise-Mont Pourri et microdiorites — est peu marquée. Le groupe des porphyres quartzifères est bien individualisé. Il s'y ajoute les gneiss œillés de la zone Sapey-Peisey et des gneiss albitiques de Vanoise.

La différenciation est assez nette, aussi bien pour les paramètres principaux que pour le titane et le phosphore, ce dernier toujours en faible quantité (noter la position du gneiss de Beudet n° 1, cf. ELLENBERGER, 1958, p. 96).

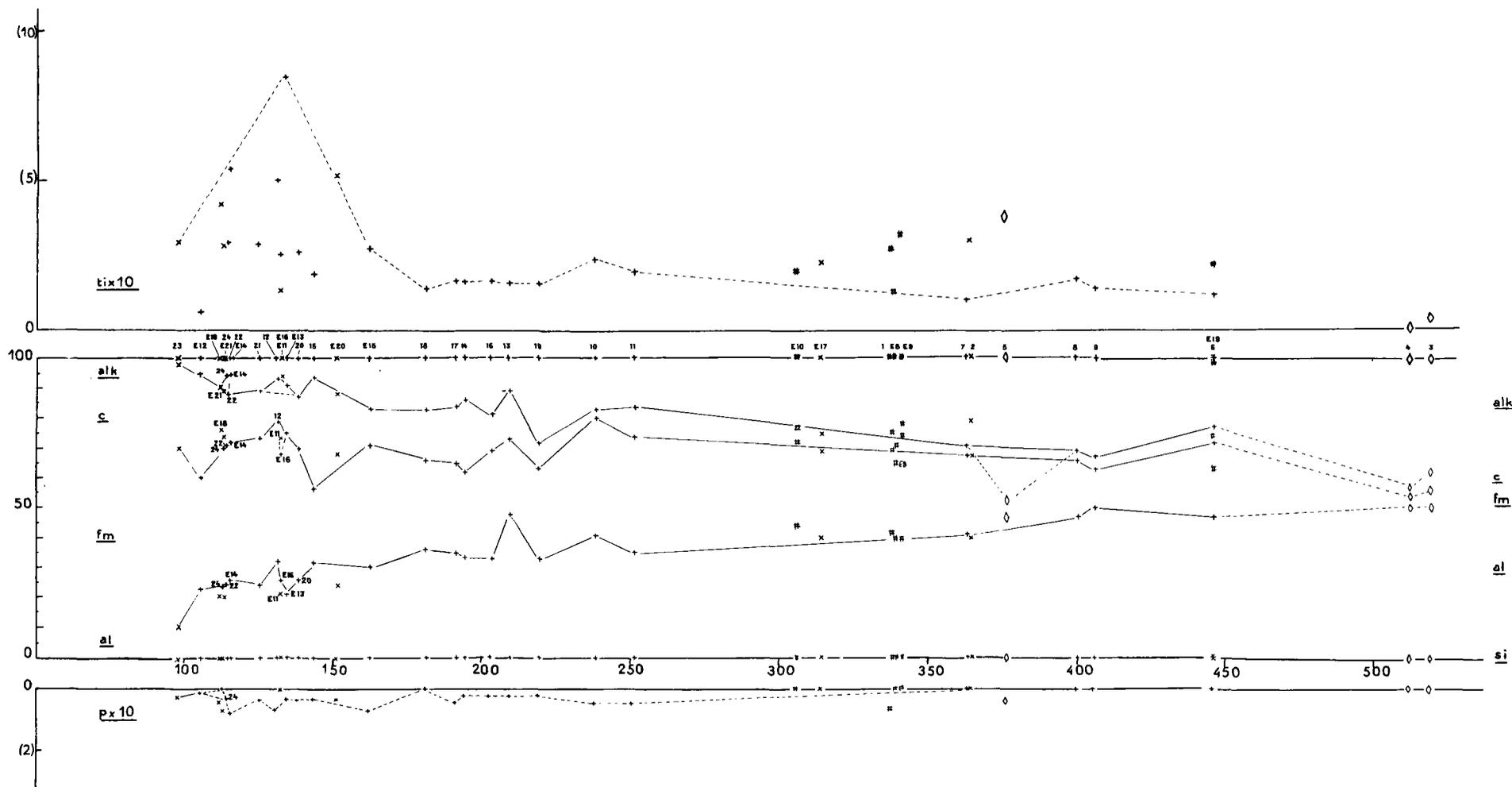


DIAGRAMME CUMULATIF DES ROCHES ÉRUPTIVES

Diagramme cumulatif des roches sédimentaires

La comparaison est instructive entre ce diagramme et le précédent. Ici rien qui évoque une différenciation, que ce soit dans les éléments principaux ou dans le titane et le phosphore.

Le groupe des schistes est, comme il est normal, plus compact que celui des roches grossières.

Le titane est partout présent en assez forte quantité, bien que la biotite détritique soit actuellement très rare dans nos roches, détruite par la rétro-morphose alpine.

Les teneurs en phosphore sont éminemment variables : faibles en général, elles peuvent être fortes dans certaines roches riches en fer (schiste de Miraboson 63, de Villemartin 64, de la Gratte 47) mais aussi dans une arkose conglomératique albitisée des Invergneures (33) et un schiste du Mont Touvet (38) pas particulièrement riches en ferromagnésiens.

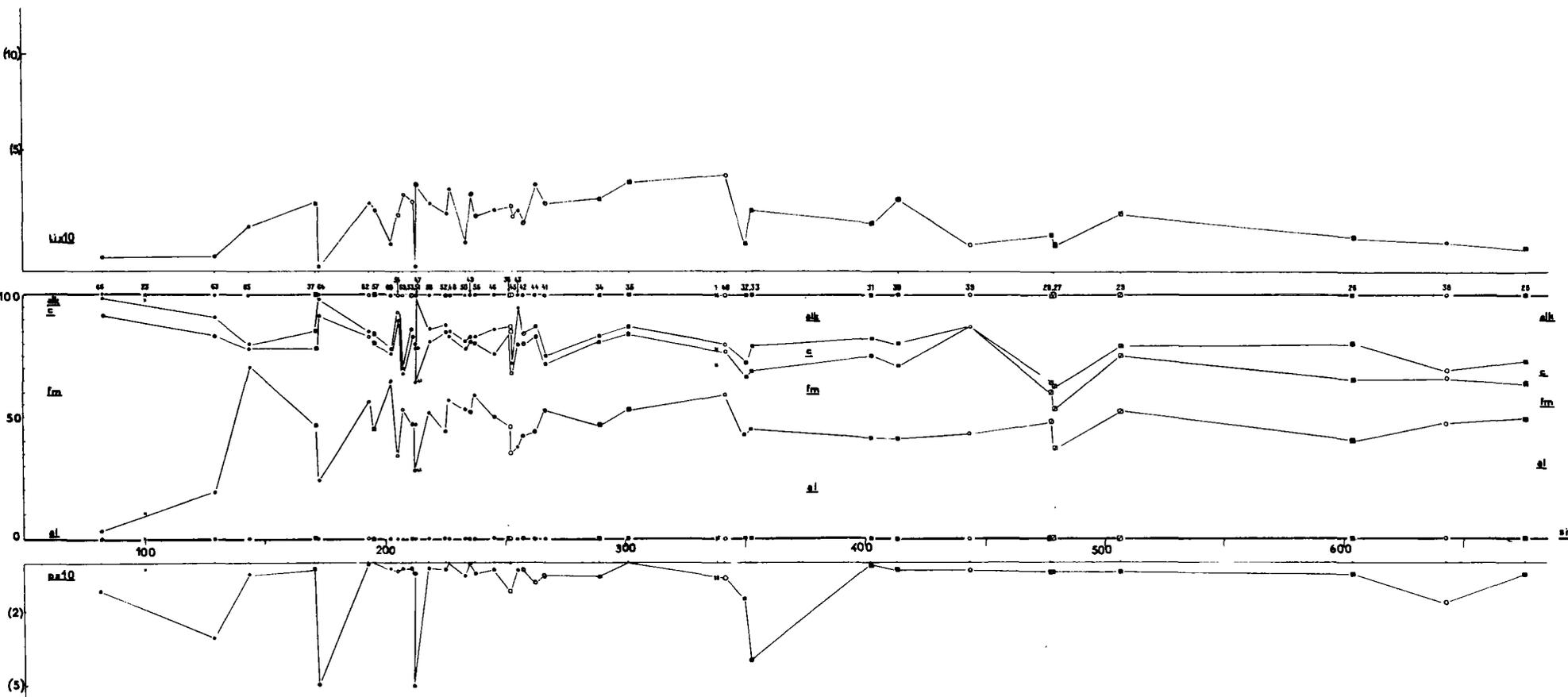


DIAGRAMME CUMULATIF DES ROCHES SÉDIMENTAIRES

3. Diagramme de différenciation

Pour ne pas compliquer exagérément la figure nous n'avons pas reporté sur ce diagramme les roches éruptives de Vanoise et celles du Briançonnais; il s'ensuit que les variations individuelles dues à des différenciations locales ou une décalcification secondaire (pour les 12, 20, 21 et 22 par exemple) sont mises en relief.

Si, par l'esprit, on pondère les courbes, notamment en faisant abstraction de la porphyrite par la Ponsonnière (n° 15), le point d'isofalie se situerait entre $si = 160$ et $si = 180$ ou 190 ($al = 25$ à 35). La microdiorite 18 (Sandoneire) se trouverait dans ces parages. Nous avons déjà souligné ses analogies avec la diorite de la Cée Haute considérée par FEYS (1957) comme assez peu différente du magma originel des microdiorites briançonnaises.

Cependant la parenté des roches de Tarentaise (et des roches de Vanoise) avec les microdiorites de Maurienne ne paraît pas évidente.

b. Diagrammes construits avec les valeurs pondérales brutes

1. Diagramme de différenciation de JUNG

Le diagramme de JUNG (1955) dérivé de celui de PEACKOK, donne des résultats intéressants. Nous y avons reporté :

— les roches éruptives de la zone Houillère (vingt-trois analyses FABRE, dix-huit analyses FEYS, 1957) et celles de la zone Vanoise-Mont Pourri (dix analyses ELLENBERGER, 1958).

— à titre de comparaison, l'association calcique des Monts Cascade et l'association alcaline de Tahiti figurées par JUNG.

Les roches briançonnaises et celles de Vanoise ne peuvent être séparées. Elles font, dans l'ensemble, partie de l'Association calcique (ce qui est normal) mais sont parfois légèrement plus sodiques que les roches des Monts Cascade. (Prasinites de Tarentaise, des porphyres quartzifères et de quelques roches de Vanoise). Ici encore les « roches blanches » se placent dans l'alignement de la différenciation calcique.

Les roches basiques du Briançonnais, exceptionnellement, se trouvent dans l'association alcaline de Tahiti. Mais ceci demanderait à être confirmé par des analyses sur des échantillons pris en galerie ou en sondage. En effet, d'après R. FEYS, ces roches sont fort altérées et, surtout la 48, presque certainement décalcifiées.

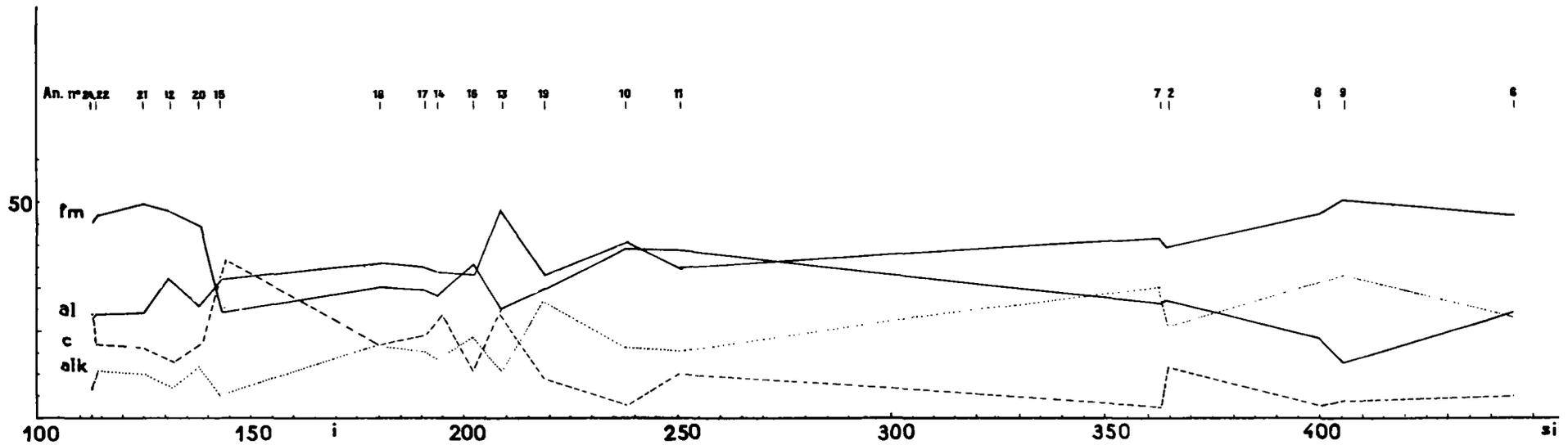
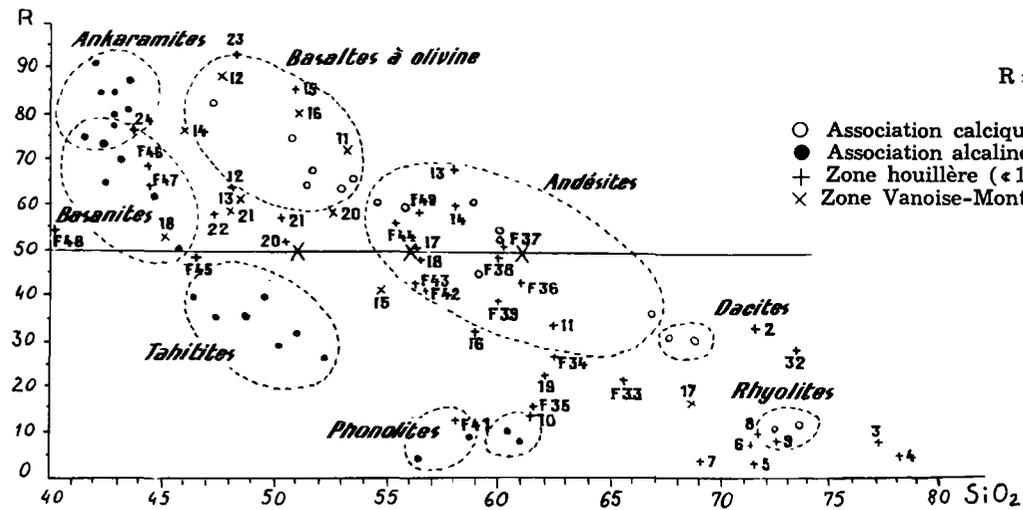


DIAGRAMME DE DIFFÉRENCIATION



$$R = \frac{CaO}{CaO + Na_2O + K_2O}$$

- Association calcaie (Monts Cascades d'après JUNG, 1955).
- Association alcaline (Tahiti).
- + Zone houillère (« 10 » : analyses FABRE. « F₁ » : analyses FEYS).
- × Zone Vanoise-Mont Pourri, analyses ELLENBERGER.

DIAGRAMME DE DIFFÉRENCIATION DE JUNG

2. Diagrammes binaires

a) Diagramme $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$:

Outre les analyses figurées dans les diagrammes précédents nous y avons reporté les analyses d'alcalins effectuées au spectrophotomètre à flamme (lettres *A* à *M*). La légende est la même que pour les diagrammes triangulaires 1-2-3 et les diagrammes cumulatifs.

— La forte teneur en alcalins des roches métamorphiques (gneiss), un peu plus élevée que la moyenne des roches sédimentaires, apparaît immédiatement. Elle est due à diverses raisons, que nous n'examinerons pas ici.

— D'une façon générale nos roches éruptives sont riches en soude, pauvres en potasse, sauf les porphyres quartzifères. Les « roches blanches » occupent ici le pôle opposé à ces derniers.

— Les roches de Vanoise ne sont pas plus sodiques, mais légèrement moins potassiques que les microdiorites de la zone Houillère. Ici comme sur bien d'autres diagrammes, la porphyrite de la Ponsonnière (15) voisine avec un métagabbro de Vanoise (E 12).

— Les schistes noirs albitiques du col du Mont (E) et des Mazures (B), le schiste ferrugineux de Miraboson (63), le schiste à trémolite de Peisey (65) et le schiste noir de Champagny (48) à proximité de la « roche blanche » n° 5, ont des teneurs en soude supérieures à la moyenne. Celles-ci pourraient, pour les roches E et B, de même que pour le schiste gris (Eopermien probable) du Roc du Moine (41) et le schiste vert de Péclet (51) s'interpréter par un *apport*. Elles sont cependant inférieures à celle de l'un des schistes (Stéphanien moyen ou supérieur probable) du Mont Touvet (38), du schiste blanc de Champagny (59) plus riche encore en potasse, et du schiste blanc de Saint-André (45). (Mais nous avons vu que l'on pouvait se demander si l'on n'avait pas là une cinérite).

Un tel apport, par contre, ne peut être invoqué pour l'albitisation des schistes du Grand-Saint-Bernard (L) et de la Sassièrre (K).

D'une façon générale les grès sont riches en soude, probablement sous forme d'albite détritique. La position du grès néopermien (28) est cependant remarquable. On peut pourtant envisager, pour l'arkose albitique des Invergneures (32), un apport limité.

LA ZONE HOILLERE EN MAURIENNE ET EN TARENTEISE (ALPES DE SAVOIE)

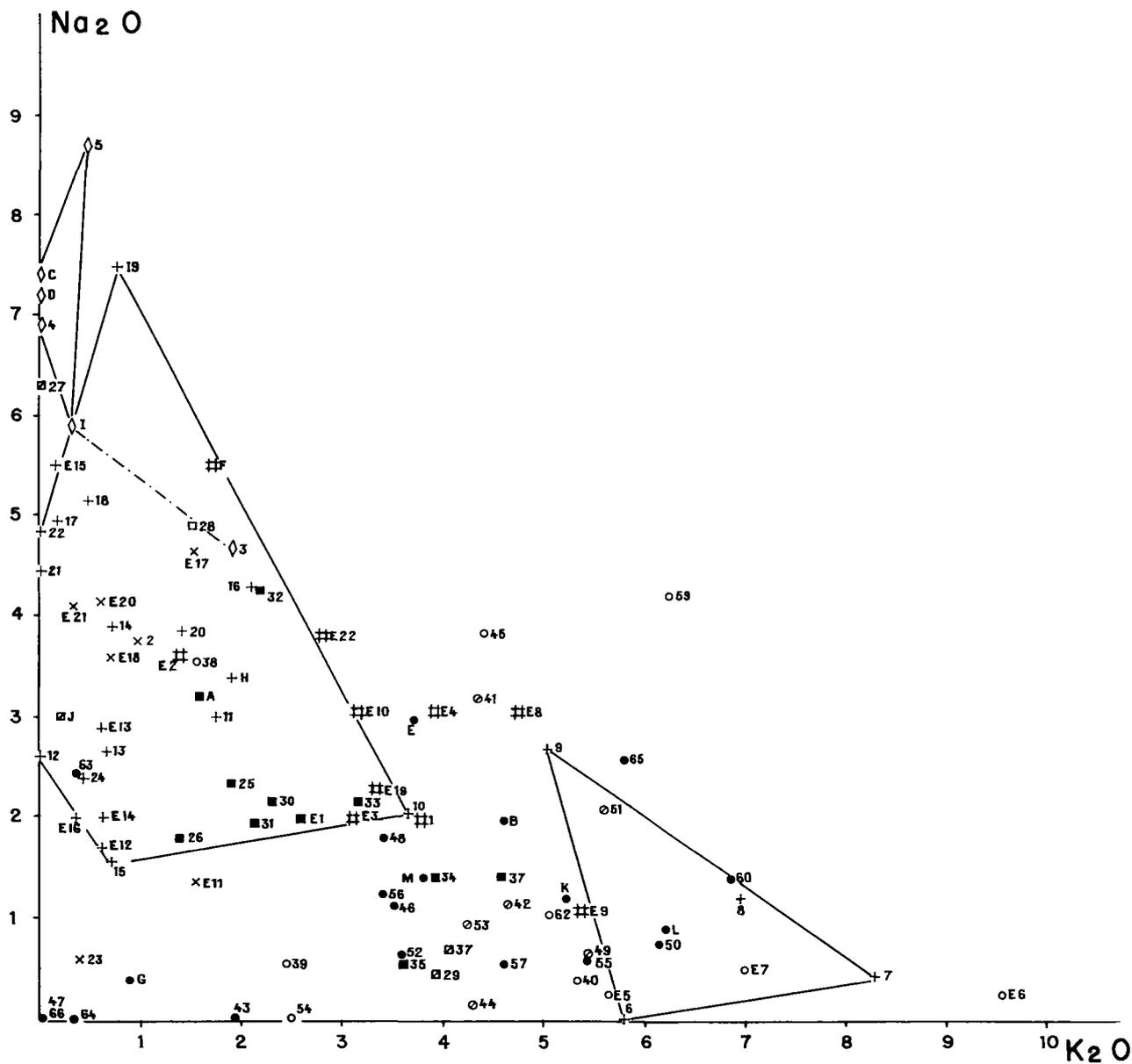


DIAGRAMME $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$

b) Diagrammes $K_2O-Al_2O_3$ et $Na_2O-Al_2O_3$:

Ils n'ont été dressés que pour les schistes.

Diagramme $K_2O-Al_2O_3$: à première vue la teneur en K_2O paraît forte pour les schistes houillers dont nous savons qu'ils se sont déposés en eau douce. Mais il s'agit là, nous l'avons vu, d'analyses globales, et non de celles de la seule phase argileuse. Celle-ci, isolée, devrait en principe donner des valeurs de l'ordre de 1 à 2 % en moyenne (CAROZZI, 1953, p. 79). Les teneurs relativement fortes que nous constatons nous paraissent dues à la présence des nombreuses paillettes de mica blanc dont nous avons remarqué la présence dans toutes les roches détritiques du Houiller alpin.

En dépit de cela les schistes gris ou noirs du Westphalien-Stéphanien inférieur se distinguent, en gros, des schistes blancs ou bariolés, pour la plupart Stéphano-Permiens. La proportion plus élevée de potasse (comme de soude) dans les seconds est certainement due à une modification des conditions climatiques amenant un dépôt d'alcalins plus important (sous forme d'argiles sans doute).

Dans cette dernière catégorie de roches certains schistes font exception. Ce sont d'une part deux « schistes blancs » interstratifiés dans le Houiller (n° 54 : Lozière; n° 62 : Champagny) et d'autre part un schiste bariolé (53) intercalé dans la série grise de Montfiot.

Diagramme $Na_2O-Al_2O_3$: Il fait ressortir nettement la forte teneur en soude des schistes du Stéphaniens moyen ou supérieur et du Permien (auxquels s'ajoute le « schiste » blanc de Saint-André) par rapport aux schistes houillers, même albitisés. Le schiste gréseux gris et vert de l'Aiguille de Pécelet (51), prélevé au voisinage des « migmatites », montre une teneur un peu plus forte que la moyenne, mais cependant pas exceptionnelle. Une exception : la roche anormale, riche en fer, de Miraboson (63).

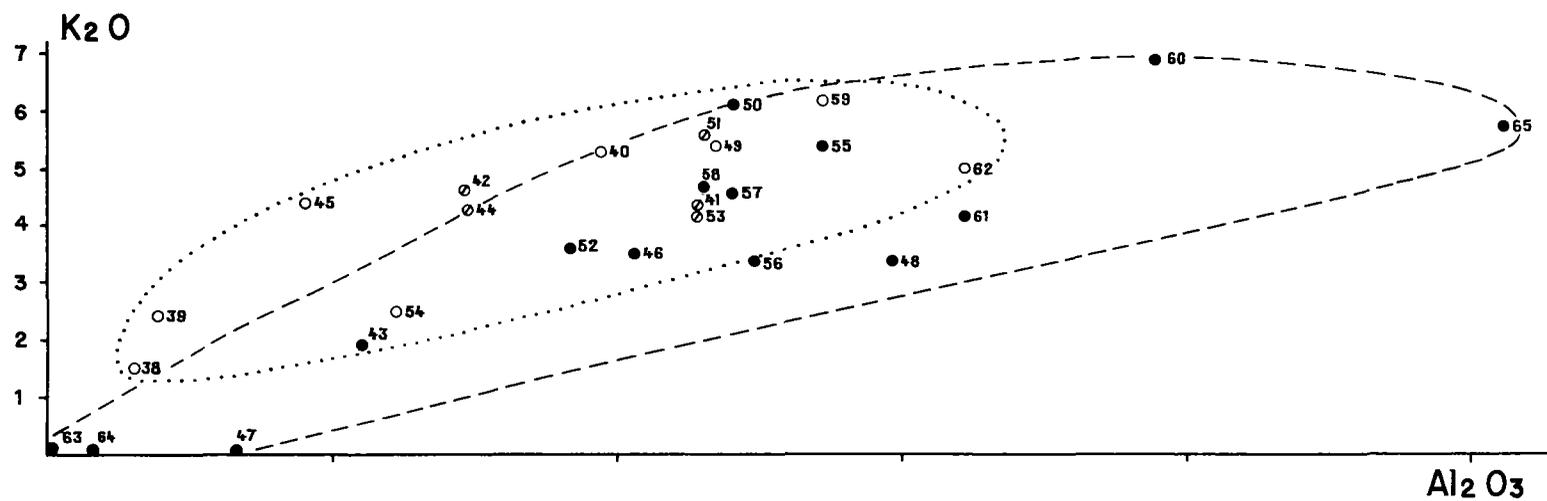


DIAGRAMME K₂O — Al₂O₃

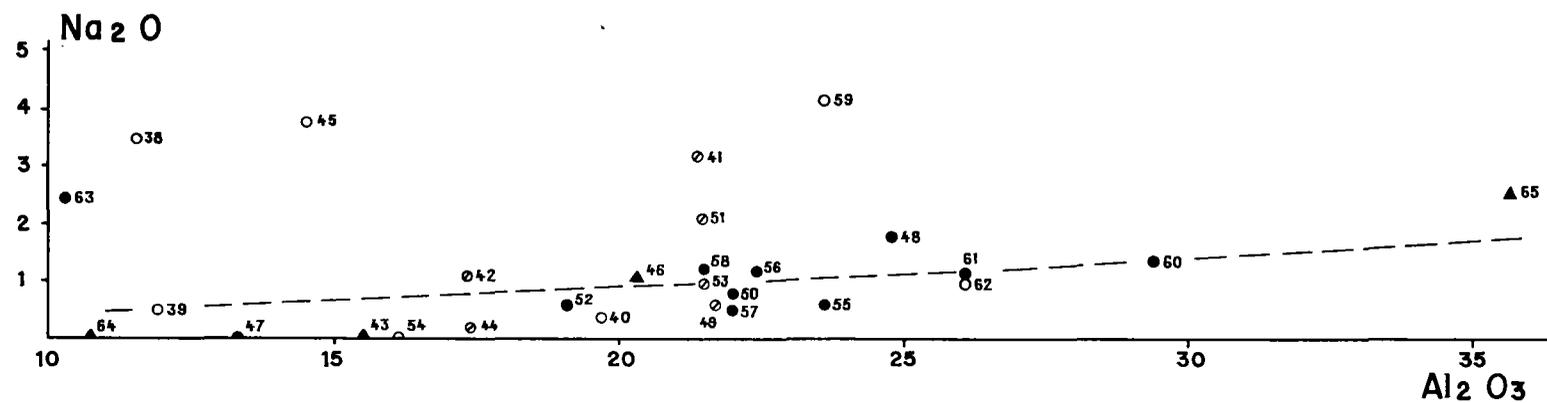


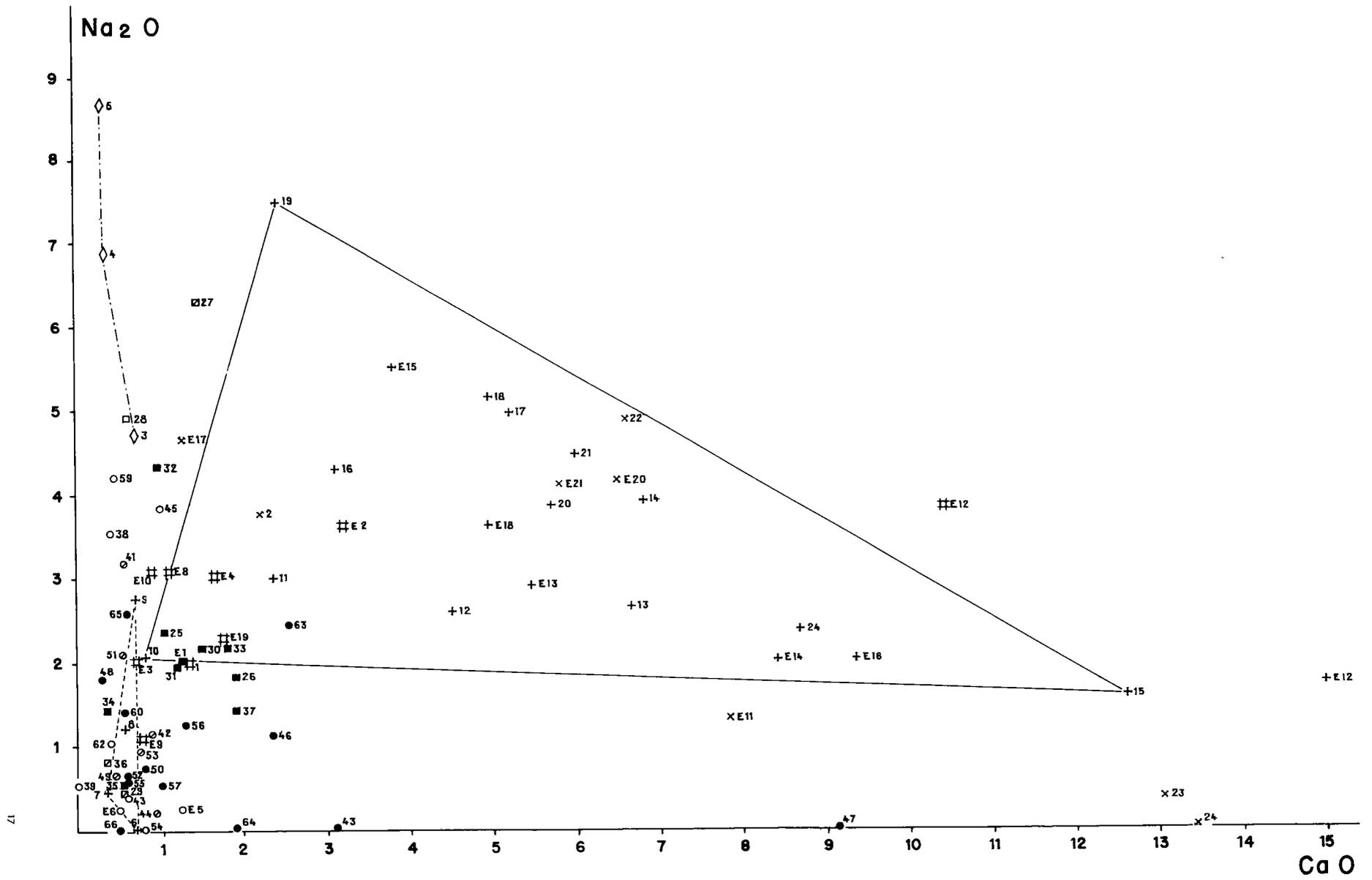
DIAGRAMME Na₂O — Al₂O₃

c) Diagramme $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}$:

La pauvreté en chaux des sédiments permocarbonifères de la zone Houillère apparaît immédiatement. Leur « différenciation » se fait uniquement dans le sens vertical.

Seules les roches acides se trouvent mêlées aux roches sédimentaires. Noter la différenciation sodique à la base de la coulée porphyrique de la Ponsonnière (9).

Les autres roches éruptives se dispersent « au large ». Les microdiorites sont, dans l'ensemble, assez sodiques et calciques et ne se séparent pas ici des roches de Vanoise. Ici aussi la roche n° 10 (Roche Noire) apparaît anormale.



OUVRAGES CONSULTÉS

- ADERCA (B. M.). — 1957. Désordre tectonique d'une couche de charbon. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, LXVI, fasc. 1, p. 167.
- AMSTUTZ (A.). — 1951. Sur le Paléozoïque des Pennides au sud d'Aoste. *Arch. Sci. Genève*, 4, fasc. 5, p. 329.
- 1952. Inversion dans la tectogenèse des Pennides. *C. R. Ac. Sci.*, 234, p. 1895.
- 1954. Pennides dans l'Ossola et problème des racines. *Arch. Sci.*, 7, fasc. 6, p. 463.
- 1955a. Structures alpines : Ossola, cœur du problème. *C.R. Ac. Sci.*, 241, p. 888.
- 1955b. Sur le permocarbonifère des Pennides. *C.R. Ac. Sci.*, 241, p. 1150.
- 1957. Subductions et nappes simploniques. *C. R. Ac. Sci.*, 244, p. 2531, 1 carte 1/600 000.
- ANCION, VAN LECKWIJCK et UBAGHS (G.). — 1943. A propos de la bordure méridionale du synclinal de Liège, à l'aval de Liège : La ride famenienne de Booz-le-Val Dieu, à la limite septentrionale du plateau de Herve. *Ann. Soc. géol. Belgique*, LXVI, M. 299-335.
- ANONYME. — An III. Mémoire pour servir à la description minéralogique du département du Mont Blanc. *Journ. Mines*, IV, Nivôse an III.
- ARGAND (E.). — 1911. Les nappes de recouvrement des Alpes pennines et leurs prolongements structuraux. *Matér. Carte géol. Suisse*, n. sér., XXXI, I. Berne.
- 1911b. Sur la tectonique de la grande zone permohouillère des Alpes occidentales. *Ecl. Geol. Helv.*, XI, p. 747.
- 1911c. Sur la tectonique de la grande zone carbonifère du Valais à la Méditerranée. *Actes Soc. Helv. Sci.*, 94^e sess. (Soleure), 14 p.
- 1934. La Zone Pennique. *Guide géol. Suisse*, fasc. III, p. 149-189, 1 carte 1/500 000.
- BADOUREAU (A.). — 1901. Le passé, le présent et l'avenir de l'Industrie minérale dans l'arrondissement minéralogique de Chambéry. *Imp. nouvelle, Chambéry*.
- BARBIER. — 1875. La Savoie industrielle.
- BARBIER (R.). — 1948. Les zones ultradauphinoise et subbriançonnaise entre l'Arc et l'Isère. *Mém. Carte géol.*, p. 290, 1 carte 1/50 000.
- 1951. La prolongation de la zone subbriançonnaise de France, en Italie et en Suisse. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XXIX, p. 1.
- 1952. La Stratigraphie du Trias de la nappe des brèches de Tarentaise (zone subbriançonnaise externe) dans la région de Moutiers. *C.R. somm. S.G.F.*, n° 6, 17 mars 1952.
- 1953a. Stratigraphie et tectonique du Flysch des Aiguilles d'Arve, entre l'Arc et ces Aiguilles. *C.R. somm. S.G.F.*, n° 6, 23 mars 1953.
- 1953b. Une curieuse forme d'érosion : les entonnnoirs d'ablation. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XXX, p. 182-188.
- 1956a. Remarques sur la tectonique et la stratigraphie de la zone dauphinoise orientale au nord du Pelvoux. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 49.
- 1956b. L'importance de la tectonique anténummulitique dans la zone ultradauphinoise du nord du Pelvoux : la chaîne arvinche. *B.S.G.F.*, (6), VI, p. 355.
- BARBIER (R.), BLOCH (J. P.), DEBELMAS (J.) et ELLENBERGER (F.). — 1954. Réunion extraordinaire de la S.G.F. en Maurienne et Tarentaise (Savoie) du 4 au 12 septembre 1954. *C.R. somm. S.G.F.*, n° 17, 1 carte.
- BARBIER (R.) et TRÜMPY (R.). — 1955. Sur l'âge du Flysch de la zone des brèches de Tarentaise. *B.S.G.F.*, (6), p. 207, 1 carte.
- BARBIER (R.) et VERNET (J.). — 1956. La tectonique de la bordure nord du massif du Pelvoux. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 131.
- BARGHOORN (E. S.). — 1952. Degradation of plant materials and its relation to the origin of coal. *2nd Cong. orig. et const. coal. Nova Scotia*, p. 181.

- BARRABÉ (L.). — 1943. Sur un nouveau bassin stéphanien de la bordure orientale du massif de Mouthoumet. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 184.
- BARRABÉ (L.), CORSIN (P.) et DURAND DELGA (M.). — 1951. Découverte d'une flore du Stéphanien moyen dans le bassin de Donneuve (massif du Mouthoumet, Aude). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 55.
- BARROIS (Ch.) et PRUVOST (P.). — 1930. Le conglomérat houiller de Roucourt. *C.R. Congr. intern. Mines, Métal. et Géol. appl.*, Liège, p. 147-158.
- BAUDINOT. — 1861. Sur les gîtes d'antracite du Briançonnais. *B.S.G.F.* (2), **XVIII**.
- DE BEAUMONT (E.). — 1835. Classification des schistes des Alpes. *B.S.G.F.* (1), **VII**.
— 1839. Classification des terrains anthracifères des Alpes dans le Lias. *B.S.G.F.* (1), **XI**.
— 1855. Remarque sur une carte des contours approximatifs de la région anthracifère des Alpes occidentales. *B.S.G.F.* (2), **XII**, p. 534-570.
— 1858. Sur les gisements de fossiles végétaux du terrain anthracifère des Alpes occidentales. *C. R. Ac. Sci.*, 46, p. 390.
— 1870, 1871. Sur les roches qu'on a rencontrées dans le creusement du tunnel des Alpes occidentales entre Modane et Bardonnèche. *C. R. Ac. Sci.*, **LXXI**, 4 juillet 1870 et **LXXIII**, 18 sept. 1871.
- BELLAIR. — 1948. Pétrographie et tectonique des massifs centraux dauphinois. *Mém. Carte géol.*, Paris.
— 1954. La bordure S.-E. du Massif Central dauphinois. *C.R. Coll. Carte géol.*, n° 241, **LII**, p. 253-264.
- BELLIÈRE (J.). — 1956. Caractères de la déformation alpine dans les schistes cristallins du massif du Mont Blanc. *B.S.G.F.* (6), **VI**, p. 691.
— 1957a. Sur la genèse des schistes à nodules calcaires. *Soc. Géol. Belgique*, **LXXX**, n° 6 à 9, p. B. 489.
— 1957b. Cérotophyres dans les schistes cristallins du massif du Mont Blanc. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 271-273.
- BELOUSOV. — 1951. Problèmes de la structure interne de la Terre et de son développement. *Isv. Akad. Nauk. S.S.S.R.*, 25, n° 1, Sér. géol. et géophys., p. 3-19.
— 1955. Observations tectoniques dans le Jura et les Alpes françaises en relation avec les problèmes de l'origine des terrains plissés. *Géologie soviétique*, n° 51, p. 62, 19 fig.
- BERGOUIGNIUX (F.M.) et DOUBINGER (J.). — 1950. Bassins houillers paraliques et limniques : méthode de recherche. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, **LXXXV**, fasc. 3-4, p. 221-228.
- BEROFF (P.). — 1957. Les Houillères du Dauphiné. *Rev. Ind. Minér.*, p. 533-545, 1 carte.
- BERSIER (A.). — 1945. Sédimentation molassique : variations latérales et horizons continus à l'Oligocène. *Ecl. Geol. Helv.*, 38, n° 2, p. 452-458, 1 pl.
- 1948a. Phénomènes de plasticité dans les charbons molassiques. *Ecl. Geol. Helv.*, 41, n° 1, p. 10.
— 1948b. Les sédimentations rythmiques synorogéniques dans l'avant-fosse molassique alpine. *Intern. Geol. Congr.*, 18° sess., Great Brit., part. IV.
— 1949. La sédimentation cyclique de type molassique en fonction de la subsidence continue. *Congr. Sédim. et Quater.*, p. 9-15, *Led Sam*, édit., Bordeaux.
— 1953. Le caractère cyclique des sédimentations synorogéniques dans les bassins paraliques de subsidence (faciès molasse et houiller) et leurs causes. *Colloque Sédimentologie*, Rueil, 14-15 fév. 1953.
- BERTRAND (M.). — 1894. Etude dans les Alpes françaises. Structure en éventail, massifs amygdaloïdes et métamorphisme. *B.S.G.F.* (3), **XXII**, p. 69-162.
— 1894. 1895. Maurienne et Tarentaise. *Bull. Serv. Carte géol.*, **VI**, p. 110-115.
- BERTRAND (P.). — 1927a. Valeur des flores pour la caractérisation des différentes assises du terrain houiller et les synchronisations de bassin à bassin. *Congr. Strat. carb. Heerlen*, p. 103.
— 1927b. Stratigraphie du Westphalien et du Stéphanien dans les différents bassins houillers français. *Congr. Strat. carb. Heerlen*, p. 93.
- BLANCHET (F.) et MORET (L.), ROCH (E.). — 1923. Contributions à la connaissance du terrain houiller de la zone intra-alpine française. Etudes exécutées sous la direction de W. Kilian. *Ann. Univ. Grenoble*, **XXXIV**, p. 34, 4 pl.
- BONTE (A.) et CELET (P.). — 1955. Sur la signification des sédiments rouges et verts du Trias du Jura français. *Geol. Rundschau.*, 43, H. 2, p. 342-350.
- BORDET (P.). — 1945. Présence de tufs volcaniques dans les sédiments permien du dôme de Barrot (A.-M.). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 21-23.
— 1950. Le Dôme permien de Barrot (A.-M.) et son auréole de terrains secondaires. *Bull. Serv. Carte géol.*, **XLVIII**, n° 228, p. 38.
— 1951. Etude géologique et pétrographique de l'Estérel. *Mém. Carte géol.*, Paris.
— 1956. Répétitions isoclinales et granitisation dans deux séries cristallophylliennes anciennes (Alpes françaises et Maures). *C. R. Ac. Sci.*, 242, p. 387-390.
— 1957. Les formations cristallophylliennes des massifs externes entre l'Arc et la Bonne. Coupe géologique de la Vallée de l'Arc dans sa traversée du massif de Belledonne. *Bull. Carte géol.*, **LIV B**, n° 250, p. 17-34.
- BORDET (P.) et CORSIN (P.). — 1951. Flore stéphanienne dans le massif des Grandes Rousses. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 73.
- BORDET (C.). — 1952. Sur l'interprétation comme diapirs descendants, de certaines bandes de terrains secondaires pincés dans les massifs cristallins externes. *C. R. Ac. Sci.*, 235, p. 732.

- 1957. Recherches géologiques sur la partie septentrionale du massif de Belledonne (Alpes françaises). *Thèse*, Paris.
- BOURCART (J.) et FRANCIS BŒUF (C.). — 1942. La Vase. *Hermann et Cie*, Paris.
- BOUROZ (A.). — 1940. Faciès et massifs de végétation dans la formation houillère du nord de la France. *Imp. Douriez Bataille*, Lille.
- 1950. Sur quelques aspects du mécanisme de la déformation tectonique dans le bassin houiller du nord de la France. *Ann. S.G.N.*, LXX, 1^{er} Livr.
- BOUSSAC (J.). — 1913. Sur la constitution géologique de la Haute Tarentaise. *C. R. Ac. Sci.*, 157, p. 658-660.
- 1956. Sur l'existence entre Modane et le col de Chavière d'une « fenêtré » faisant apparaître le Trias sous le Permien de Maurienne. *C. R. Ac. Sci.*, 163, p. 708-709.
- BROCHANT de VILLIERS (A. J. M.). — 1808. Observations géologiques sur les terrains de transition qui se rencontrent dans la Tarentaise et autres parties de la chaîne des Alpes. *Jour. Mines*, n° 137, p. 321.
- CAILLEUX (A.). — 1936. Galets et grains mous. *B.S.G.F.* (5), VI, p. 321-330.
- CALAME (J. J.). — 1954. Etude géologique de la région de Nendaz (Valais). *Thèse, Imp. Grivet*, Genève.
- CASTRO (de). — 1903. 1) I giacimenti di anthracite delle Alpi occidentali italiani.
2) Lavorazione dei giacimenti di anthracite du Val d'Aosta.
3) I giacimenti di anthracite in provincia di Cuneo. *Roma Mem. desc. Carta geol. Italia*, 12, p. 93-123, 125-146.
- CAYEUX (L.). — 1897. Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires. *Mém. S.G.N.*, IV, 2.
- 1916. Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. *Mém. Carte géol.*, Paris.
- 1929. Les roches sédimentaires de France : Roches siliceuses. *Mém. Carte géol.*, Paris.
- 1935. Les roches sédimentaires de France : Roches carbonatées (calcaires et dolomies). *Masson*, Paris.
- CHABRAND (E.). — 1885. Le Bassin houiller des Alpes et les gîtes anthracifères du Briançonnais. *Le Génie civil*, Paris, 1885-1886.
- CHOUBERT (G.). — 1936. La Serpentine du Tabor et les roches qui l'accompagnent. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XVII, p. 51-120.
- CHRIST (P.). — 1917-1924. Das produktive Karbon der Schweitzer Alpen. Die walliser Anthrazitlagerstätten und der Walliser Anthrazitbergbau während der Jahre. *Beit. z. geol. d. Schweiz Geotech.*, Sér. II, L. 1925.
- CAROZZI (A.). — 1953. Pétrographie des roches sédimentaires. *F. Rouge et Cie*, Lausanne. p. 250.
- COLLOMB (P.). — 1954. Linéation et tectonique en réseau dans le Rouergue. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 70-72.
- 1957. Formations acides d'origine éruptive dans la série cristallophyllienne du Rouergue. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 58.
- CORBIN (P.) et OULIANOFF (N.). — 1923. Recherches géologiques dans la partie sud-ouest du massif des Aiguilles Rouges. *XIII^e Congr. Géol. intern. Bruxelles*, p. 435.
- CORSIN (P.). — 1949. Rapport sur le terrain houiller des Alpes. *Rapport inédit Charbonnages de France*.
- 1950. Le houiller de la zone du Briançonnais. *C. R. Ac. Sci.*, 230, p. 2315.
- CORSIN (P.) et AREVIAN (A.). — 1956. Sur la présence du Permien inférieur à plantes dans le vallon de Roya, près de Saint-Etienne-de-Tinée. *C. R. Ac. Sci.*, 243, p. 1776.
- CROSS (A. T.). — 1952. The geology of the Pittsburg coal. *2nd Conf. orig. const. coal. Nova Scotia*, III, p. 32.
- DAYMONNAZ (M.). — 1861. Mémoire manuscrit déposé à la réunion extraordinaire de la *Société géologique de France* à Saint-Jean-de-Maurienne. *B.S.G.F.*, XII (2), p. 776-777.
- DEBELMAS (J.). — 1951. Une coupe transversale naturelle du versant sud du massif de la Tête de Gaultent (H.-A.). La rive gauche du torrent de Tramouillon. *B.S.G.F.* (6), I, p. 185-190.
- 1955. Les zones subbriançonnaise et briançonnaise occidentale entre Vallouise et Guillestre (H.-A.). *Mém. Carte géol.*, Paris.
- 1957. Quelques remarques sur la conception actuelle du terme « cordillère » dans les Alpes internes françaises. *B.S.G.F.* (6), VII, p. 463.
- DEBELMAS (J.) et LEMOINE (M.). — 1957. Calcschistes piémontais et terrains à faciès briançonnais dans les hautes vallées de la Maïra et de la Varaita. (Alpes cotiennes, Italie). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 38.
- DEBENEDETTI (A.). — 1958. Albite autigena in brecciole fossilifera terziarie dell' Apennino Toscano. *Rend. della Soc. Mineralogica Italiana*, An. XIV.
- DEICHA (C.). — 1948. Feldspathisation alpine en bordure S.-O. du massif du Mont Blanc. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 327.
- 1955. Essai d'une méthode graphique de calculs pétrochimiques. *B.S.G.F.* (6), V, p. 243.
- 1956. Démantèlement sous-glaciaire de roches moutonnées granitiques à Morteratsch (massif de la Bernina). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 64.
- 1957. Quartz d'exsudation et filons stériles. *Cahiers géologiques*, n° 43, juillet 1957.

- DEMAY (A.). — 1942. Microtectonique et tectonique profonde. Cristallisations et injections magmatiques syntectoniques. *Mém. Carte géol.*, Paris.
- DENAYER (M. E.). — 1951. Tableaux de pétrographie. *Lamarre, Pau.*
- DERVILLE (H.). — 1950. De quelques calcispères de nature végétale. *B.S.G.F.* (5), **XX**, p. 467-477. 1 pl.
- 1953. Les calcaires stratifiés à *Davisiella llangolensis* de la bande d'Avesnes. *B.S.G.F.* (6), **III**, p. 981, 1 pl.
- DEVERIN. — 1925. Minéraux authigènes dans les roches sédimentaires. *Actes Soc. Helv. Sci. Nat. Aarau*, 2^e part., p. 138.
- DHELLEMMES (R.). — 1956. Etude géologique du massif cristallin des Aiguilles Rouges. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XXXII**, p. 67.
- DONDEY (D.). — 1958. Contribution à l'étude tectonique et pétrographique de Belledonne méridionale (région d'Allevard, Isère). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 332.
- DORSEY (C. E.). — 1926. The origin of the colour of red beds. *Journ. Geology*, **34**, p. 131-145.
- DUFRENOY et de BEAUMONT (E.). — 1848. Explication de la carte géologique de France. **II**, p. 741-742.
- DUNHAM (K. C.). — 1952. Red coloration in desert formation of Permian and Triassic age in Britain. *19^e Congr. géol. intern. Alger*, sect. VII, fasc. 7, p. 25.
- DUPARC (L.) et RADIAN. — 1894. Nature pétrographique du Carbonifère de la zone du Mont Blanc. *Ann. Sci. Phys. Nat.*, **XXXI**, 3, p. 99.
- DUPARC (L.) et RITTER (E.). — 1894. Carbonifère alpin. *Ac. Sci. Ph. Nat. Genève*, janvier 1894.
- DUPARQUE (A.). — 1928. Le rôle des actions mécaniques dans l'évolution des couches de houille. *B.S.G.F.* (4), **XXVIII**, p. 455.
- 1947a. Remarques préliminaires sur les caractères pétrographiques des grès et des schistes houillers du nord de la France. *Ann. S.G.N.*, **LXVI**, p. 137.
- 1947b. Sur le mode de formation des grès westphaliens du nord de la France. Remarques sur les lois générales de la sédimentation. *Ann. S.G.N.*, **LXVII**, p. 296-312.
- 1949. Sur les houilles schisteuses et sur l'interstratification des houilles et des schistes dans certaines veines de charbon. *Ann. S.G.N.*, **LXIX**, p. 237.
- DURAND (J.). — 1933. Sur l'existence de phénomènes de diapirisme dans le bassin houiller de Decazeville. *C.R. somm. S.G.F.* (5), **III**, p. 18.
- DURIF (S.) et FEYS (R.). — 1955. Métamorphisme de contact dans des charbons intra-alpins. *C. R. Ac. Sci.*, 25 juill.
- ELLENBERGER (F.). — 1948a. Sur quelques roches vertes de la Vanoise. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 148.
- 1948b. Sur la série stratigraphique de la Vanoise. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 325.
- 1949a. Sur quelques caractéristiques du métamorphisme alpin dans la Vanoise. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 249.
- 1949b. Sur la série stratigraphique et la structure de la Vanoise. *Bull. Serv. Carte géol.*, **XLVII**, n° 226.
- 1950a. Sur les gypses de la Vanoise. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 265.
- 1950b. Sur la succession et le style des phases tectoniques dans la Vanoise. *C.R. Ac. Sci.*, **231**, p. 1524-1526.
- 1951a. Le Crétacé supérieur briançonnais au nord de l'Arc et la Nappe des schistes lustrés. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 10-13.
- 1951b. Le géosynclinal briançonnais archaïque et les renversements de subsidence (Reliefumkehrung). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 133-134.
- 1952a. Sur les rapports de la zone houillère et de la zone Vanoise-Mont Pourri avec le massif du Ruitor. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 29.
- 1952b. Sur l'âge du métamorphisme dans la Vanoise. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 318.
- 1952c. Sur l'extension des faciès briançonnais en Suisse, dans les Préalpes médianes et les Pennides. *Ecl. Geol. Helv.*, **45**, n° 2.
- 1954. Migmatites d'âge permien dans la zone houillère briançonnaise. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 64.
- 1955. Linéation et grande tectonique. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 174.
- 1957. Le Stilpnomélane, minéral de métamorphisme régional dans la Vanoise (Savoie). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 63.
- 1958. Etude géologique du pays de Vanoise. *Mém. Carte géol.*, Thèse. Paris, 1954.
- ELLENBERGER (F.) et VISSE (L.). — 1948. Sur une nouvelle méthode rapide de détermination des feldspaths acides. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 346.
- ERHART (H.). — 1955. « Biostasie » et « Rhexistasie ». Esquisse d'une théorie sur le rôle de la pédogenèse en tant que phénomène géologique. *C.R. Ac. Sci.*, **241**, p. 1218-1220.
- 1956. La genèse des sols en tant que phénomène géologique. *Masson, Paris.*
- ELTER (P.). — 1954. Etudes géologiques dans le Val Veni et le vallon du Breuil (Petit-Saint-Bernard). *Thèse n° 1200*, Genève.
- FABRE (J.). — 1951. Résumé des études sur le Carbonifère briançonnais. *3^e Congr. Strat. Carb. Heerlen*, p. 203.
- 1952. Note préliminaire sur quelques résultats stratigraphiques obtenus dans le houiller de Tarentaise et de Maurienne (zone briançonnaise). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 34-35.
- 1953a. Sur quelques roches éruptives du terrain houiller de la zone briançonnaise. *C. R. Ac. Sci.*, **236**, p. 2416-2418.
- 1953b. Sur la tectonique de la zone houillère briançonnaise en Maurienne. *C. R. Ac. Sci.*, **237**, p. 344-345.

- 1954-1955. Quelques observations dans le Permocarbone de la vallée de l'Arc (zone briannonnaise). *Bull. Carte géol.*, n° 241, **LII**, p. 237-240.
- 1955. Volcanisme dans le Permocarbone de la zone briannonnaise. *C. R. Ac. Sci.*, **241**, p. 1795-1798.
- 1956. Phtanites à algues d'eau douce dans le terrain houiller des Alpes. *C. R. Ac. Sci.*, **243**, p. 1897-1899.
- 1956-1957. Contribution à l'étude du bassin houiller d'Alais. *Bull. Carte géol.*, n° 250, **LIV**, fasc. A.
- 1957. Le Stilpnomélane dans la zone houillère (à propos de la note de F. Ellenberger). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 65.
- 1959. Les phtanites (quartzolites) d'eau douce du Stéphanien cévenol et alpin. *Ann. S.G.N.*, **LXVIII**, 5 nov. 1958, p. 198-212.
- FABRE (J.) et FEYS (R.). — 1952. Phénomènes de plasticité et migrations dans les charbons alpins. *19^e Congr. Géol. intern. Alger*, sect. III, **III**, p. 149-162.
- FABRE (J.), FEYS (R.) et GREBER (Ch.). — 1952a. Observations sur une note récente de P. Corsin et J. Debelmas « Sur la présence de Stéphanien fossilifère au col de Tramouillon (Hautes-Alpes) ». *C.R. somm. S.G.F.*, p. 124-125.
- 1952b. Le bassin houiller briannonnais. *Ann. des Mines*, **XI-XII**, p. 7-16 et public. *B.R.G.M.*, n° 9.
- 1953. Relations du Westphalien et du Stéphanien dans la zone houillère briannonnaise. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 270-272.
- 1955. L'importance de l'orogénèse hercynienne dans les Alpes occidentales. *B.S.G.F.* (6), **V**, p. 233-242.
- FABRE (J.) et SARROT-REYNAULD (J.). — 1956. Présence d'un tonstein à leverriérite et goéthite dans le houiller de Montgirod-Les Chapelles (Tarentaise). *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XXXIII**, p. 80-88.
- FALLOT (P.). — 1944. Tectonique hercynienne et tectonique alpine. *B.S.G.F.* (5), **XIV**, p. 99-102.
- 1949. Les chevauchements intercutanés de Roya (A.-M.). *Ann. Hébert et Haug*, Paris, **IV**, p. 161-168.
- FAURA Y SANS (M.). — 1927-1928. Résumé de nos connaissances sur l'antracolitique de la Catalogne et ses relations chronologiques avec les formations similaires de la péninsule ibérique. *1^{er} Congr. Strat. Carb. Heerlen*, p. 822.
- FAURE-MURET (A.). — 1955. Etudes géologiques sur le massif de l'Argentera-Mercantour et ses enveloppes sédimentaires. *Mém. Carte géol.*, Paris.
- FAVRE (A.). — 1860. Lettre à la Société géologique de France à la suite d'une communication de Ch. Lory. *B.S.G.F.* (2), **XVIII**, p. 47-53, 1 pl.
- 1861. Notice sur la réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie). *Arch. Sci. Phys. Nat. Genève*, **XII**.
- 1865. Précis d'une histoire du terrain houiller des Alpes (1796-1864). *Arch. Sci. Phys. Nat.*, 2^e période, **XXII**, p. 81-90.
- FEYS (R.). — 1952. Le Carbonifère sur la rive gauche de la Guisane (H.-A.). *B.S.G.F.* (6), **II**, p. 197-206.
- 1954a. Présence de *Leaia tricarinata* Meek & Worthen associée à *Estheria simoni* Pruvost dans le terrain houiller briannonnais. *Ann. S. G. N.* **LXXIII**, p. 153.
- 1954b. Présence probable de dépôts marins dans le Paléozoïque briannonnais. *B.S.G.F.* (6), **V**, p. 443-445.
- 1954c. Le Carbonifère sur la rive droite de la Clarée (H.-A.). *Bull. Carte géol.*, **LII**, n° 241.
- 1954d. Observations nouvelles sur l'origine des anthracites briannonnais. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 403-406.
- 1955. Le Carbonifère sur la rive gauche de la Clarée et en Vallée Etroite (H.-A.). *Bull. Carte géol.*, n° 246, p. 13.
- 1957. Etude géologique du Carbonifère briannonnais. *Thèse*, Paris.
- FEYS (R.) et GREBER (Ch.). — 1949a. Les rapports du Permien et du Houiller au sud de Briançon (H.-A.). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 32.
- 1949b. Sur l'association dans le terrain houiller du Briançon (H.-A.) des roches éruptives d'intrusion et des niveaux charbonneux. *B.S.G.F.* (5), **XIX**, p. 435-438, 2 pl.
- 1950. Les conglomérats du Verrucano dans la région de Briançon (H.-A.) et leurs rapports avec le Carbonifère. *B.S.G.F.* (5), **XX**, p. 231-237.
- 1951. Venues éruptives dans le terrain houiller du Briançon (Alpes françaises). *3^e Congr. Strat. Carb. Heerlen*, p. 209-217, 3 pl.
- 1952. Note préliminaire. Présence probable de Namurien dans le Houiller briannonnais. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 36.
- FOURMARIER (P.). — 1948. Schistosité régionale et schistosité locale. *Arch. Sci.*, Genève, **I**, fasc. 1, p. 188.
- 1949. L'étirement des roches et la schistosité. *B.S.G.F.* (5), **XIX**, p. 569-575.
- 1950. La schistosité dans les terrains de la bordure externe des Alpes entre l'Ubaye et la Méditerranée. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **LXXXV**.
- 1951a. Schistosité, foliation et microplissements. *Arch. Sci.*, Genève, **IV**, fasc. I.
- 1951b. L'influence des déplacements relatifs dans la production de la schistosité. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, **LXXXIV**, p. B 255-260.
- 1951c. La schistosité dans les séries discordantes. *70^e Congr. A.F.A.S., Tunis*.
- 1952a. Schistosité et phénomènes connexes dans les séries plissées. *19^e Congr. Géol. intern. Alger*, Sect. III, fasc. **III**, p. 117.
- 1952b. Aperçu sur les déformations intimes des roches en terrains plissés. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, **LXXXV**, p. 181-194, 2 pl.
- 1952c. Microplissement et plis minuscules. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, **LXXXVI**, p. B 81-87.
- 1952d. Essai sur le comportement et l'allure de la schistosité et des joints connexes dans la zone pennique des Alpes franco-italo-suisse et son

- environnement. *Arch. des Sci., Genève*, V, fasc. 6, p. 329-384.
- 1953a. Schistosité et grande tectonique. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, LXXVI, p. 275-301.
- 1953b. L'origine du gaufrage des schistes. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, LXXVII, p. B. 23-27.
- 1954. Une observation complémentaire sur la schistosité, le microplissement et les plis minuscules. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, LXXVII.
- 1956a. L'imprécision d'un terme usuel du langage géologique. *C. R. Ac. Sci.*, 243, p. 695.
- 1956b. Schistosité et forme des plis. *Ann. Soc. géol. Belgique*, LXXIX, p. 317-364.
- 1956c. Le critère de la schistosité dans la détermination de l'âge d'une phase orogénique. *Ann. Soc. géol. Belgique*, LXXV, p. 67-74.
- FOURMARIER (P.) et GRAULICH (J. M.). — 1952. La notion de rétro-schistosité. *C. R. Ac. Sci.*, 234, p. 910-912.
- FRANCHI, STELLA, de CASTRO (C.), ZACCAGNA, OREGLIA, MATTIROLI et PEOLA. — 1903. I giacimenti di antracite nelle Alpi occidentali italiane. *Mém. descr. della carte geol. Italia*, XII, 14 pl.
- FRÉMY et DANGEARD. — 1935. Sur la position systématique des Girvanelles. *Bull. Soc. linéenne de Normandie* (8), VIII, p. 65 et 101, 2 pl.
- FREY (R.). — 1937. La classification moderne des roches éruptives. *Serv. Mines et Géol., Maroc*, Mém. n° 44.
- FRIDMANN (R.). — 1954. Le Massif du Grand Chate-lard. *Bull. Carte géol.*, LII, n° 241.
- GAGNEBIN (E.) et OULIANOFF (N.). — 1924. Découverte de plantes carbonifères dans la Zone pennique du Valais. *Ecl. Geol. Helv.*, 35, n° 2, p. 109.
- GAUDRY (A.). — 1855. Résumé des travaux qui ont été entrepris sur les terrains anthracifères des Alpes de la France et de la Savoie. *B.S.G.F.* (2), XII, p. 580-678.
- GÈZE (B.). — 1949. Méthode d'étude de la zonalité pédogénétique par la paléopédologie. *C. R. Ac. Sci.*, 228, p. 333-334.
- 1957. Réflexions sur les ignimbrites et les laves acides. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 348-351.
- GIDON (P.). — 1957. L'ordre de succession des phénomènes orogéniques et ses conséquences. *B.S.G.F.* (6), VII, p. 125.
- GIDON (M.). — 1958. Sur l'existence du Stéphanien probable dans la vallée de la Haute-Ubaye (zone briançonnaise, Basses-Alpes). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 375.
- GIGNOUX (M.). — 1927. La réunion de la Société géologique italienne en 1927 dans la vallée d'Aoste. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 201-203.
- 1929. Les problèmes géologiques de la région Vanoise-Mont Pourri. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XV, p. 98-141, 1 carte, 2 pl.
- 1930. Tectonique des terrains salifères. *Livre jubil., S.G.F.*
- 1948. Méditations sur la tectonique d'écoulement par gravité. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XXVIII.
- 1950. Géologie stratigraphique. 4^e éd., Masson, Paris.
- 1951. Discontinuités dans le houiller et le Permien des Alpes françaises. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 89.
- GIGNOUX (M.) et BARBIER (R.). — 1955. Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques. Masson, Paris.
- GIGNOUX (M.) et CHAPUT (E.). — 1919. Révision de la feuille Saint-Jean-de-Maurienne au 1/80 000. *Bull. Carte géol.*, XXIV, n° 140, p. 87-90.
- GIGNOUX (M.) et MORET (L.). — 1931. Un itinéraire géologique à travers les Alpes françaises, de Vo-roppe à Grenoble et en Maurienne. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XV, p. 1-124.
- 1937. Géologie et morphologie de la vallée de la Valloirette (Savoie) du col du Galibier à Saint-Michel-de-Maurienne. *Rev. géogr. alpine*, XXV.
- 1938. Description géologique du bassin supérieur de la Durance, p. 227, 9 pl., 1 carte. *Imp. Allier, Grenoble*.
- 1939. Remarques complémentaires à notre « description géologique du bassin supérieur de la Durance ». *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XXII, p. 45.
- 1948. Le Permien des zones externes des Alpes françaises. *C. R. Ac. Sci.*, 226, p. 853-856.
- GIGNOUX (M.) et SCHNEEGANS. — 1934-1936. Observations géologiques dans le bassin de la haute Durance, entre Gap et la frontière italienne. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XVIII, p. 31-49.
- GIGNOUX (M.) et RAGUIN (E.). — 1932. Découverte d'écaïlles de roches granitiques au nord-ouest du col du Lautaret, à la base de la nappe du flysch des Aiguilles d'Arve. *B.S.G.F.* (5), II, p. 513-526.
- GIGOUT (M.). — 1956. Sur les déformations plastiques, dans les conditions du métamorphisme régional, des conglomérats au nord de Rehamma (Maroc occidental). *C. R. Ac. Sci.*, 242, p. 390.
- GILLULY (J.). — 1949. Distribution of mountain building in geologic time. *Bull. Geol. Soc. of America*, 60, p. 561-588.
- GIRAUD (P.). — 1952. Les terrains métamorphiques du massif des Grandes Rousses. *B.S.G.F.* (6), II, p. 379.
- GLANGEAUD (L.). — 1956. Corrélation chronologique des phénomènes géodynamiques dans les Alpes, l'Apennin et l'Atlas Nord-africain. *B.S.G.F.* (6), VI, p. 867.
- GOGUEL (J.). — 1940. Tectonique de la Chaîne de Montbrison. *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 203.
- 1943. Introduction à l'étude mécanique des déformations de l'écorce terrestre. *Mém. Carte géol.*, Paris.

- 1945. Sur l'origine mécanique de la schistosité. *B.S.G.F.*, V, p. 509.
- 1947. Les Bassins houillers de l'U.R.S.S. *Revue Houille-Minerais-Pétrole*, n° 4-6.
- 1950. La racine de la nappe du Guil et l'éventail briançonnais. *B.S.G.F.* (5), XX, p. 289.
- 1952. Traité de Tectonique. *Masson*, Paris.
- 1954. A propos de la composition des amphibolites. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 71.
- 1955. Tectonique des Schistes lustrés de Bonneval (Savoie). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 309.
- 1956. Observation sur le Houiller de la vallée de l'Arly. *Bull. Serv. Carte géol.*
- GOGUEL (J.) et LAFFITTE (P.). — 1952. Observations préliminaires sur le massif d'Ambin. *B.S.G.F.* (6), II, p. 575.
- GRAND'EURY (C.). — 1890. Géologie et Paléontologie du bassin houiller du Gard. *Imp. Théolier, Saint-Etienne*, p. 354.
- GRANGEON (M.), FEYS (R.) et GREBER (Ch.). — 1955. Découverte de Westphalien par sondage en bordure du Morvan (Nièvre). *C. R. Ac. Sci.*, 240, p. 1447-1449.
- GRAS (S.). — 1854. Mémoire sur le terrain anthracifère des Alpes de France et de la Savoie. *Ann. Mines* (5), V, p. 473-602.
- 1855. Sur la constitution géologique du terrain anthracifère alpin et les différences qui le séparent du terrain jurassique. *B.S.G.F.* (2), XII, p. 255.
- GREBER (Ch.). — 1952. Flore et stratigraphie du Carbonifère de la rive gauche de la Guisane (H.-A.). *B.S.G.F.* (6), II, p. 207-213.
- GREENLY (E.). — 1929. Foliation and its relations to folding in the *Mona complex* at Rhoscolyn (Anglesey). *Q.J.G.S.*, LXXXVI, n° 342, p. 169-190.
- GRILLOT (H.). — 1957. Analyse chimique des roches et des eaux. *Publ. B.R.G.M.*, n° 20, p. 40.
- HARKER (A.). — 1952. *Metamorphism*. 3^e éd. repr., 1952, *Methuen et Co.*, London.
- 1956. *Petrology for students*. *Cambridge Univ. Press*, 8^e éd.
- HAUDOUR (J.) et SARROT (J.). — 1955. Les assises supérieures du Trias dans le dôme de la Mure et les régions annexes. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 89-91.
- 1956. Sur l'âge et l'extension des terrains houillers dans la terminaison sud de Belledonne (Dôme de la Mure et régions annexes). Leurs rapports avec le socle cristallophyllien. *B.S.G.F.* (6), VI, p. 335.
- HAUG (E.). — 1925. Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales. *B.S.G.F.* (4), XXV, p. 97.
- HERICART de THURY (L.). — 1803. Mémoire sur l'anthracite. *Journal des Mines*, XIV, n° 81, p. 161.
- 1806. Notice sur la mine de plomb du Saut, département du Mont Blanc. *Journ. des Mines*, n° III, XIX, p. 219-234.
- HERMANN (F.). — 1938. Carte géologique des Alpes Nord occidentales. 1/200 000. *Légende et commentaire détaillé en français et en italien*, p. 24, 1 carte structurale 1/750 000, Milano.
- HOEHNE (K.). — 1957. Leverrierit in Kohlenflozen und seine Erkennung in Mikroauschliffbild. *Akad. Verlag. Berlin. Geologie*. J. 6, H. 2, S. 190-202, 6 pl.
- JOHNSON (J.H.). — 1954. An introduction to the study of rock building algae and algal limestones. *Quart. of the Colorado School of Mines*, 49, n° 2.
- JONGMANS (W.J.). — 1950a. Zur Carbonflora der Schweiz. *Ecl. Geol. Helv.*, 43, t. IV-V.
- 1950b. Carboniferous Floras round the Palaeozoic Mediterranean. *Proc. 7th. Intern. Botanical Congr. Stockholm*, p. 591.
- 1951. Some problems on Carboniferous stratigraphy. 3^e Congr. Strat. Carb. *Heerlen*, p. 295.
- JONGMANS (W.J.) et PRUVOST (P.). — 1950. Les subdivisions du Carbonifère continental. *B.S.G.F.* (5), XX, p. 335.
- JUNG (J.) et ROQUES (M.). — 1952. Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes. *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 235, V, p. 61.
- JUNG (J.). — 1946. Géologie de l'Auvergne et de ses confins bourbonnais et limousins. *Mém. Carte géol.*, Paris.
- 1955. Un nouveau type de diagramme pour la représentation chimique des associations régionales de laves. *C. R. Ac. Sci.*, 240, p. 799.
- JURINE. — 1806. Lettre de M. le Professeur Jurine de Genève à M. Gillet-Laumont, membre du Conseil des Mines, correspondant de l'Institut. *Journal des Mines*, n° 113, XIX, p. 367.
- KANIA (J.E.A.). — 1929. Precipitation of limestone by submarine vents, fumeroles, and lavas flows. *Am. Journ. Sci.*, n° 18, p. 347-359.
- KEREZ (C.J.). — 1955. Zur geologie des Savonese. Thèse, Zurich.
- KILIAN (W.). — 1893. Notes de géologie alpine. *Imp. Allier*, Grenoble.
- 1900. Alpes du Dauphiné et de la Savoie. *Congr. Géol. intern.*, XIIIa, p. 7-38.
- 1903. Sur l'origine de la structure en éventail. *B.S.G.F.* (4), III, p. 670.
- 1918. Sur le terrain houiller des environs de Saint-Michel-de-Maurienne. *C. R. Ac. Sci.*, 166, p. 100.
- 1919. Rapport sur le terrain houiller des zones intra-alpines françaises (Briançonnais, Maurienne, Tarentaise) et en particulier sur les dépôts anthracifères de la Tarentaise. *Imp. Aubert*, Grenoble, p. 62.
- KILIAN (W.) et REVIL (J.). — 1899. Description géologique de la vallée de Valloire. *Imp. Nouvelle*, Chambéry, p. 23, 2 pl.

- 1904-1908-1917. Etudes géologiques dans les Alpes occidentales. *Mém. Carte géol.*, Paris.
- KILIAN (W.) et TERMIER (P.). — 1898a. Note sur divers types pétrographiques et sur le gisement de quelques roches éruptives des Alpes françaises. *B.S.G.F.* (3), **XXVI**.
- 1898b. Contribution à l'étude des microdiorites du Briançonnais. *B.S.G.F.* (3), **XXVI**, p. 348.
- 1901. Nouveaux documents relatifs à la géologie des Alpes françaises. *B.S.G.F.* (4), **I**, p. 385.
- van KREVELEN (D. W.) et SCHUYER (J.). — 1957. Coal science. *Elsevier*, Amsterdam.
- de LA BÈCHE (H. Z.). — 1849. Présentation d'un mémoire de C. J. F. Bunbury sur les plantes fossiles du terrain houiller des Alpes. *Q.J.G.S.*, **V**, p. XXXVIII.
- LACHAT (H.). — 1861. Relation sur les mines du département de la Savoie et de leur exploitation. Pour servir au procès-verbal de visite. Janv. 1860, 15 mars 1861, *inédit*.
- LACROIX (A.). — 1930. Remarques sur les matériaux de projection des volcans et sur la genèse des roches pyroclastiques qu'ils constituent. *Liv. jubil. S.G.F.*, **II**, p. 43.
- LADAME (J.). — 1889. Chemin de fer de Calais à Milan. Les grands tunnels des Alpes et du Jura. Neuchâtel, 1889, p. 288, 3 pl.
- LAFITTE (P.). — 1953. Etude de la précision des analyses de roches. *B.S.G.F.* (6), **III**, p. 723.
- 1954. Volume occupé par les divers éléments dans les roches. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 44.
- LAFITTE (R.). — 1949. Sédimentation et orogénèse. *Ann. Hébert et Haug*, **IV**, p. 239-260.
- LAMBERT (A.). — 1955. Remarques sur les dépôts de travertins par les cours d'eau et sur leurs conséquences morphologiques. *B.S.G.F.* (6), **V**, p. 577.
- LAMEYRE (J.). — 1957. Le complexe volcanique de la partie nord du synclinal hercynien oriental du massif des Grandes Rousses. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 157.
- LAPADU-HARGUES (P.). — 1953. Sur la composition chimique moyenne des amphibolites. *B.S.G.F.* (6), **III**, p. 153.
- 1958. Observations à propos des amphibolites. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 132.
- LAPPARENT (J. DE). — 1935. Les hydroxydes d'aluminium des argiles bauxitiques de l'Ayrshire (Ecosse). *Bull. Soc. Fr. Minéralogie*, **LVIII**, n° 5-6, p. 246-267.
- LAUR (F.). — 1914. Le Bassin houiller des Alpes (Maurienne, Tarentaise, Haute Isère). *Conf. Soc. Ind. minérale*, 7 févr. 1914, *Imp. Théollier*, Saint-Etienne.
- LEBEAU (P.). — 1933-1934. Sur les anthracites : peranthracites et anthracites vrais. *Ann. Off. nat. Comb. liq.*, n° 1, p. 7 à 110; n° 6, p. 963 et n° 1, p. 77 à 110.
- LELIVEC (H.). — 1806. Statistique des mines et usines du département du Mont Blanc. *Journ. Mines*, **XIX**, p. 113-114.
- LEMÉE (G.). — 1951. L'histoire forestière et le climat contemporains des lignites de Savoie et de la tourbe wurmienne d'Armoiy d'après l'analyse pollinique. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XXIX**, p. 167.
- LEMOINE (M.). — 1950. Feuille de Briançon au 1/50 000. *Bull. Carte géol.*, **XLVIII**, n° 231.
- 1951. Données nouvelles sur la géologie du Briançonnais oriental et sur le problème de la 4^e écaille. *B.S.G.F.* (6), **I**, p. 191-204.
- 1952a. Le décollement de la couverture briançonnaise et ses conséquences. *C. R. Ac. Sci.*, **234**, p. 1195.
- 1952b. Le Paléozoïque supérieur de la haute vallée de Névache (zone briançonnaise). *C. R. Ac. Sci.*, **234**, p. 2468-2470.
- 1953. Remarques sur les caractères et l'évolution de la paléogéographie de la zone briançonnaise au Secondaire et au Tertiaire. *B.S.G.F.* (6), **III**, p. 105-121.
- 1957. Calcschistes piémontais et terrains à faciès briançonnais dans la haute vallée de l'Ubaye (B.-A.). *C.R. somm. S.G.F.*, p. 41.
- LEONARDI (P.). — 1952. La formazione desertica permiana delle arenarie di val gardena e le loro flora e fauna. *15^e Congr. géol. intern. Alger*, **VII**, fasc. VII, p. 33.
- LETOURNEUR (J.). — 1953. Le Grand Sillon houiller du plateau central français. *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 238, **LI**, p. 230.
- LLOPIS LLADO. — 1951. Sur le Carbonifère métamorphique des environs d'Entraigues, Isère. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 234.
- LOMBARD (A.). — 1942. Excursion à la mine de Chandoline, près de Sion. *Ecl. Geol. Helv.*, **35**, n° 2, pp. 158-159.
- 1946. Le Charbon. *Rouge*, Lausanne.
- 1949. La formation et la mise en place des anthracites du Valais. *Ann. des Mines*, **III**, p. 3-16.
- LOMBARD (A.) et MONTEYNE (R.). — 1952. Calcisphères dans le Frasnien du Bois de Villers (Namur). *Bull. Soc. belge de Géologie*, **LXI**, fasc. 1, p. 13-23.
- LORY (Ch.). — 1859-1860. Sur les grès de la Maurienne et du Briançonnais. *B.S.G.F.* (2), **XVII**, p. 21; *B.S.G.F.* (2), **XVII**, p. 127.
- 1860. Note sur la constitution stratigraphique de la Haute Maurienne (suivie d'une lettre de A. Favre). *B.S.G.F.* (2), **XVIII**, p. 34-47, 1 pl.
- 1861. Réunion extraordinaire à Saint-Jean-de-Maurienne. *B.S.G.F.* (2), **XVIII**, p. 693-826.

- 1864. Description géologique du Dauphiné. Grenoble, 1 carte, 6 pl.
- 1881. Sur les schistes cristallins des Alpes occidentales et le rôle des failles dans la structure géologique de cette région. *B.S.G.F.* (3), **IX**.
- LORY (P.) et DEBELMAS (J.). — 1952. Le Carbonifère des environs d'Entraigues en Valbonnais (Isère). Observations au sujet d'une note récente de M. LLOPIS LLADO. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 278.
- LUGEON (M.). — 1911a. Sur l'existence de deux phases de plissement paléozoïque dans les Alpes occidentales. *C. R. Ac. Sci.*, **153**, p. 842.
- 1911b. Sur quelques conséquences de l'hypothèse d'un dualisme des plissements paléozoïques dans les Alpes occidentales. *C.R. Ac. Sci.*, **153**, p. 584.
- 1930. Trois tempêtes orogéniques. La Dent de Morcles. *Liv. jubil. S.G.F.*, p. 495.
- LUGEON (M.) et OULIANOFF (N.). — 1922. Sur le balancement superficiel des couches et sur les erreurs que ce phénomène peut faire commettre. *Bull. Soc. vaudoise Sci., Nat.*, **54**, n° 206, p. 381-388.
- LUGEON et SCHNEEGHANS. — 1940. Sur le diastrophisme alpin. *C. R. Ac. Sci.*, **210**, p. 87.
- LUTAUD (L.). — 1958. La tectogenèse et l'évolution structurale de la Provence. *Rev. Géogr. phys. et de Géol. dyn.* (2), **I**, fasc. 2.
- MAC GREGOR (A.G.). — 1948. Problems of Carboniferous-Permian volcanicity in Scotland. *Q.J.G.S.*, London, **104**, p. 133-153.
- MATHIEU (G.). — 1949. Révision de la flore carbonifère de Lorraine. Notions sur l'altitude des bassins houillers du Stéphaniens entre Sarre et Mésogée. *Bull. Ass. Ing. Géol. Nancy*, **II**, p. 27.
- MICHEL (R.). — 1953. Les schistes cristallins des massifs du Grand Paradis et de Sezia-Lanzo (Alpes franco-italiennes). *Thèse Sci. Clermont et « Sciences de la Terre » Nancy*, **I**, n° 3-4, 1 carte géol. 1/100 000.
- 1954. Contribution à l'étude zonéographique des schistes cristallins de la zone du Piémont. Paléozonéographie des massifs cristallins internes. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XXXII**, p. 95.
- 1956. Premiers résultats de l'étude pétrographique des schistes cristallins du massif d'Ambin. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 121-123.
- 1958. Etude pétrographique des schistes cristallins de la feuille de Moutiers au 1/50 000. *Bull. Carte géol.*, n° 252, fasc. B. LV.
- MICHEL (R.) et VERNET (J.). — 1957. Les trois formations calcaires du Pelvoux. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XXXIII**.
- MICHOT. — 1957. Classification et terminologie des roches lapidifiées de la série psammito-pélimitique. *Bull. Soc. géol. Belgique*, **81**, p. 311.
- MIKHAILOV (A.E.). — 1957. Cleavage in Upper Devonian and Lower Carboniferous deposits of Atassui district (Western part of Kazakhstan). *Bull. Acad. Sc. U.R.S.S., série géologique*, n° 2, p. 42-54.
- MILLOT (G.). — 1957. Des cycles sédimentaires et de trois modes de sédimentation argileuse. *C. R. Ac. Sci.*, **244**, p. 2536-2538.
- MORET (L.). — 1925. Ressources minérales de la province de Savoie. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XIV**.
- 1929. Notice explicative d'une carte géologique de la Savoie et des régions limitrophes, au 1/200 000. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XV**, p. 1-36.
- 1945. Les éboulements de terrains en montagne. *Ed. de la Revue des Alpes*, Grenoble, p. 49.
- 1947a. Sur quelques particularités de la série stratigraphique de la Vanoise septentrionale. Rôle des décollements et des laminages. *C. R. Ac. Sci.*, p. 885.
- 1947b. Un problème de la Vanoise (Savoie) : le charriage de la Vanoise septentrionale (Mont Pourri, Bellecôte, Grand Bec) et ses conséquences. *C. R. Ac. Sci.*, p. 948-950.
- 1951. Idées nouvelles sur l'origine des chaînes de montagnes. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XXVIII**, p. 1.
- 1954. Problème de stratigraphie et de tectonique dans les Alpes françaises. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XXI**, p. 203.
- MORET (L.) et DEBELMAS (J.). — 1954. Contribution à la connaissance du Permien des zones externes des Alpes françaises. Le Permien d'Entraigues et des Rouchoux (Massif du Pelvoux). *C. R. Ac. Sci.*, **239**, p. 1015-1018.
- MORTILLET (G. DE). — 1958. Géologie et minéralogie de la Savoie. *Ann. Chambre royale d'agriculture et de commerce de la Savoie*, Chambéry, **IV**, p. 182, 5 pl.
- 1862. Terrains du versant italien des Alpes comparés à ceux du versant français. *B.S.G.F.* (2), **XIX**, p. 845.
- 1872. Géologie du tunnel de Fréjus et percée du Mont Cenis. *B.S.G.F.* (2), **XXIX**, p. 11.
- MOULINIER (L.). — 1924. Les gisements houillers des Alpes françaises. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, **XIII**, p. 189-253.
- NIEUWENKAMP (W.). — 1956. Géochimie classique et transformiste. *B.S.G.F.* (6), **VI**, p. 407.
- OMBONI. — 1855. Série des terrains sédimentaires de la Lombardie. *B.S.G.F.* (2), **XII**, p. 517.
- ONDE (H.). — 1938-39. La Maurienne et la Tarentaise. Etude de Géographie physique. *Revue Géologie alpine*, **I**, **II**.
- OULIANOFF (N.). — 1925. Une contribution à l'étude de la tectonique du Massif du Mont Blanc. *Actes Soc. Helv. Sci. Nat.*, Aarau, p. 135.
- 1934. Martigny, Orsière, Grand-Saint-Bernard, Val Ferret. Excursion n° 25. *Guide géologique de la Suisse, fasc. VII, publié par la Soc. Géol. Suisse, à l'occasion de son cinquantenaire.*

- 1942. Excursion dans la région du Grand-Saint-Bernard. *Ecl. Geol. Helv.*, 35, n° 2, p. 160-167.
- 1944. Les anciens massifs du Mont Blanc et de l'Aar et l'orogénèse alpine. *Ecl. Geol. Helv.*, 37, n° 1.
- 1954. Ecrasement sans trituration et mylonitisation des roches. *Ecl. Geol. Helv.*, 47, n° 2, p. 377-381.
- 1955. Note concernant l'origine et le métamorphisme des schistes de Casanna. *Bull. Lab. Géol. Musée Géol. Univ. Lausanne*, n° 113, p. 15.
- PANGAUD (C.), LAMEYRE (J.) et MICHEL (R.). — 1957. Age absolu des migmatites du Grand Paradis (Alpes franco-italiennes). *C. R. Ac. Sci.*, 245, p. 331-333.
- PAREYN (C.). — 1954. Le bassin houiller de Littry (Calvados). *Publ. B.R.G.M.*, n° 14, p. 126.
- PECK (R. E.). — 1934. The north american trochiliscids, paleozoic Charophyta. *Journ. of Paleontology*, 8, n° 2, June 34, p. 83-119.
- PERRIN (R.). — 1954. Dynamométamorphisme et métamorphisme régional. Quelques observations dans la région Briançonnaise. *B.S.G.F. (6)*, IV, p. 67.
- PETIT (R.) et BUISINE (M.). — 1957. Distribution des indices de matières volatiles dans les veines du groupe de Lens-Liévin. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXXVII, p. 82-102.
- PETRASCHECK (W. E.). — 1952. Die absolute grosse des fatungsdruckes. 19° Congr. Géol. intern., Alger, sect. III, fasc. III, p. 197-205.
- PRUVOST (P.). — 1919. Introduction à l'étude du terrain houiller du Nord et du Pas-de-Calais. La faune continentale du terrain houiller du nord de la France. *Mém. Carte géol.*, Paris.
- 1930. Sédimentation et subsidence. *Livre jubilé S.G.F.*
- 1934. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. III. Description géologique. *Et. gîtes minéraux de la France*, Imp. Danel, Lille.
- 1939. Quelques observations sur le phénomène de plissement faites dans les bassins houillers. *B.S.G.F. (5)*, IX, p. 307-319.
- 1956. La phase orogénique Saalienne en France. *Geotekt. symposium zu Ehren von Hans Stille*, Stuttgart, p. 102-106.
- PUSSENOT (Ch.). — 1909-1910. Révision de la feuille Briançon au 1/80 000. *Bull. Serv. Carte géol.*, XX, p. 189; XXI, p. 118.
- 1911. Feuille de Lyon au 1/320 000. Saint-Jean-de-Maurienne et Briançon. *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 132, XXI, p. 163-169.
- 1912. Le Westphalien moyen dans la zone axiale alpine. *C. R. Ac. Sci.*, 155, p. 1564-1567.
- 1913a. Le Stéphalien inférieur (zone des Cévennes) dans la zone axiale alpine. Essai de coordination des divers niveaux du terrain houiller des Alpes occidentales. *C. R. Ac. Sci.*, 156, p. 97-100.
- 1913b. Feuille de Lyon. Schistes lustrés du col de Fréjus. Terrain houiller des environs de Peisey et des Chapelles. Schistes et brèches de l'Aiguille du Grand Fond. *Bull. Serv. Carte géol.*, XXII, n° 136, p. 121-127.
- 1919. Révision de la feuille de Saint-Jean-de-Maurienne au 1/80 000. *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 140, XXIV, p. 90-95.
- 1922. Sur le Houiller, le Permien et le Trias de la partie française du bord de la nappe du Grand-Saint-Bernard. *Ass. française p. Avancement Sci. Congrès Montpellier*, p. 309-314.
- 1930. La nappe du Briançonnais et le bord de la zone des schistes lustrés entre l'Arc et le Guil. *Imp. Allier*, Grenoble. p. 160, 4 pl., 1 carte 1/200 000.
- RAGUIN (E.). — 1930. Haute Tarentaise et Haute Maurienne (Alpes de Savoie). *Mém. Carte géol.*, Paris, p. 107, 1 carte.
- 1931. Feuille au 1/50 000. Petit-Saint-Bernard. Notice explicative. *Imp. Nat.*, Paris, p. 40.
- RAISTRICK (A.) et MARSHALL (C. E.). — 1939. The nature and origin of coal and coal seams. *Engl. Univ. Press*, London, p. 282, 100 fig., 24 pl.
- RAUCQ (P.). — 1957. A propos des cirques d'érosion du Kasai (Congo belge). *Bull. Soc. Géol. Belgique*, 81, p. 283.
- REVAUX (M.). — 1879. Etude comparative des travaux exécutés aux tunnels du Mont Cenis et du Saint-Gothard. *Ann. Mines*, XV, p. 375-390.
- REVIL (J.). — 1930. Les progrès apportés à la géologie par l'étude des Alpes de Savoie. *Livr. jubilé S.G.F.*, p. 565.
- RICOUR (J.). — 1952. A propos de la chaîne vindélicienne. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 142.
- RINNE (F.). — 1950. La science des roches. 4° éd. *Er., Lamarre*, Paris.
- RITTMANN (A. C.). — 1951. Orognèse et volcanisme. *Arch. Sci. Genève*, 4, fasc. 5, p. 273-314.
- RIVIÈRE (A.) et VERNHET (S.). — 1951. Sur la sédimentation des minéraux argileux en milieu marin en présence de matières humiques. Conséquences géologiques. *C.R.A.S.*, p. 233, 807-808.
- ROBB (G. L.). — 1949. Red bed coloration. *Journ. of Sed. petrology*, 19, n° 3, p. 99-103.
- ROCH (E.). — 1926. Etude stratigraphique et tectonique des environs de Moutiers (Savoie). *Bull. Serv. Carte géol.*, XXIX, n° 160, p. 30, 1 carte.
- ROUTHIER (P.). — 1950. Sur les conditions de formation de la glaucophane. *Cahiers géologiques de Thoiry*, n° 1.
- SARROT-REYNAULD (J.). — 1952. Essai d'application des méthodes de la radiocristallographie et de la radioactivité à la géologie. *Trav. Lab. Géol. Grenoble XXX*, p. 37-61.

- 1955. Répartition de la radioactivité des sédiments houillers permians et triasiques dans le dôme de la Mure (Isère). *Congr. Soc. Savantes, Sect. Sci.*, p. 9-16.
- SARROT (J.) et HAUDOUR (J.). — 1956. Le houiller et les schistes carbonifères du Dôme de la Mure (Isère) et des régions annexes (âge et extension). *C. R. Ac. Sci.*, 242, p. 2381-2384.
- SAUSSURE (H. B. DE). — 1779-1796. Voyages dans les Alpes.
- SCHMIDT (C.). — 1920. Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse. 1/500 000. *Mat. pr. Géol. Suisse. Commission géotechn. Soc. Helv. Sci. nat.*, p. 256.
- SCHOELLER (H.). — 1929. La nappe de l'Embrunais au nord de l'Isère. *Bull. Serv. Carte géol.*, XXXIII, n° 175, p. 412.
- 1930. Feuille au 1/50 000. Bourg-Saint-Maurice. Notice explicative. Paris, 1930.
- SISMONDA (A.). — 1855. Lettre au Président de Société géologique de France. *B.S.G.F.* (2), XII, p. 631-676.
- SWIDERSKI (B.). — 1919. La partie occidentale du massif de l'Aar, entre la Lonza et la Massa. *Mat. p. Carte géol. Suisse*, 47, Berne.
- TARDI (P.). — 1957. Expériences sismiques dans les Alpes occidentales en 1956; résultats obtenus par le « groupe des explosions alpines ». *C. R. Ac. Sci.*, 244, p. 1114-1119.
- TERMIER (P.). — 1891. Etude sur la constitution géologique du massif de la Vanoise. *Bull. Serv. Carte géol.*, II, n° 20.
- 1902. Quatre coupes à travers les Alpes franco-italiennes. *B.S.G.F.*, p. 411-433.
- 1903a. Les montagnes entre Briançon et Vallouise. *Mém. Carte géol.*, Paris.
- 1903b. Hippolyte Lachat. *Ann. des Mines* (10), III.
- 1903c. Observations sur la tectonique des Alpes françaises. *B.S.G.F.* (4), III, p. 629.
- 1922. A la gloire de la Terre. *Desclée de Brouwer*, Paris.
- TESCH (P.). — 1927. On the occurrence of igneous rocks in the dutch carboniferous. 1^{er} *Congr. Strat. Carb. Heerlen*, p. 731.
- THIÉBAUT (J.), VETTER (P.). — 1957. Contribution à l'étude des roches volcaniques du bassin de Decazeville et de ses bordures. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, XCI, p. 345-362.
- TILLEY (C. E.). — 1925. Petrographical notes on some chloritoid rocks. *Geol. Magazine*, LXII, p. 309.
- TISSOT (B.). — 1956. Etude géologique des massifs du Grand Galibier et des Cerces. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, XXXII, p. 111-193, 2 pl.
- TOBI (A. C.). — 1959. Petrographical and geological investigations in the Merdaret — lac Crop region (Belledonne Massif, France). Thèse, Leiden, 20 mai 1959, p. 100.
- TREVISAN (C.) et ACCADI (B.). — 1957. Article « Verucano » du *Lexique stratigraphique international*. I, fasc. II, p. 133-135.
- TRÜMPY (R.). — 1954. La zone Sion-Courmayeur dans le haut Val Ferret, Valaisan. *Ecl. Geol. Helv.*, 47, n° 2, p. 315-359.
- 1955. Remarques sur la corrélation des unités penniques externes entre la Savoie et le Valais et sur l'origine des nappes pré-alpines. *B.S.G.F.* (6), V, p. 217.
- 1957. Quelques problèmes de paléogéographie alpine. *B.S.G.F.* (6), VII, p. 445-461.
- 1957. Bericht über die Jubiläumsexkursion der Schweizerischen geologischen Gesellschaft durch die Glaneralpen. *Ecl. Geol. Helv.*, 50, n° 2.
- TURNER (F. J.) et VERHOOGEN (J.). — 1951. Igneous and metamorphic petrology. 5th ed. *Mc Graw Hill*, New-York. London.
- TWENHOFEL (W. H.). — 1950. Principles of sedimentation. 2d ed., *Mc Graw Hill*. New-York, London.
- TWIDALE (C. R.). — 1958. Vallon de gélivation dans le centre du Labrador. *Rev. Géomorph. dyn.*, n° 5-6, p. 84.
- URBAIN (P.). — 1937. Texture microscopique des argiles. *B.S.G.F.* (5), VII, p. 341-352.
- VALLET (J. M.). — 1950. Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du val d'Hérens et du val d'Hérémece (Valais). *Bull. Suisse Minér. et Pétrogr.*, 30, p. 322.
- VERNET (T.). — 1953. Observations diverses sur quelques structures synclinales à affleurements sédimentaires du massif cristallin dauphinois à l'ouest du Pelvoux. *Bull. Serv. Carte géol.*, LI, n° 239.
- VUAGNAT (M.). — 1946. Sur quelques diabases suisses. Contribution à l'étude du problème des spilites et des pillow lavas. *Bull. Suisse de Minér. et Pétrog.*, XXVI.
- 1951. Le rôle des roches basiques dans les Alpes. *Bull. Suisse Minér. et Pétrogr.*, XXXI, p. 309-322.
- WAGNER (R. H.). — 1955. Rasgos estratigrafico-tectonicos del Paleozoico superior de Barruelo (Palencia). *Estud. Geológicos*, 26, Madrid.
- WEGMANN (E.). — 1957. Tectonique vivante et phénomènes connexes. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.* (2), I, fasc. I, p. 3-15.
- WINTERHALTER (R.). — 1927. Die Karbonischen sedimente der Schweizeralpen. 1^{er} *Congr. Strat. Carb. Heerlen*, p. 755.

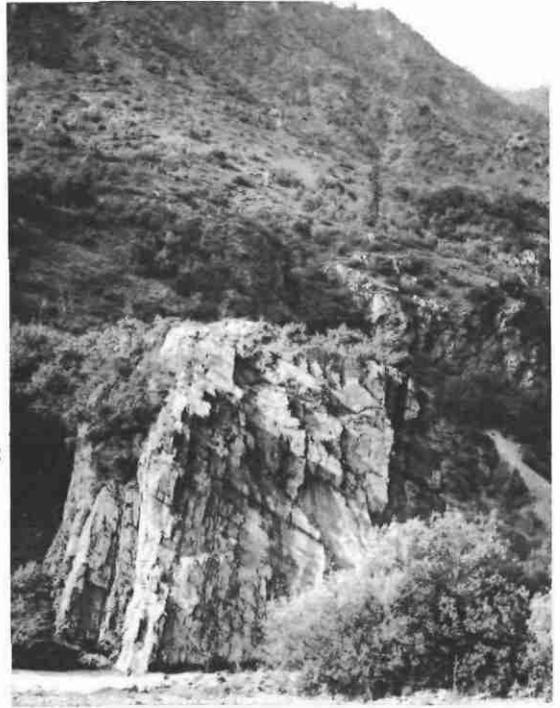
PLANCHES I A X

PLANCHE I

- FIG. 1. — Vallée de Valmeinier (Maurienne). Au fond (au nord) vallée de l'Arc et du Perron des Encombres. Type de vallée secondaire creusée parallèlement aux couches. Noter sur la gauche le versant oriental glissé du Crey du Quart (sur la droite celui, moins visible, du Gros Crey). Au milieu, les bancs de grès de l'Arendier (flore du Westphalien D). La galerie de Neuvache part vers l'est de la petite tache blanche à mi-hauteur près du bord droit de la photographie.
- FIG. 2 — Rive droite de l'Arc. Schistosité oblique en amont du Pont de la Saussaz. Tandis que les couches plongent à 80° vers l'ouest la schistosité a un pendage E. de 30°. Bien développée dans les schistes elle apparaît ici dans les grès.
- FIG. 3. — Pli déversé vers l'est-sud-est, à proximité du chevauchement occidental. Escarpement de Vaugella au fond de la vallée de l'Arbonne (rive droite de l'Isère). Pli de type souple, à flanc inverse laminé le long d'une passée charbonneuse.
- FIG. 4. — Petit pli en pelure d'oignon. Col de Cherferie (crête Belleville-Allues). Jusqu'au cœur du pli le schiste se délite suivant la stratification alors qu'à peu de distance règne une schistosité oblique.
- FIG. 5. — Petit conglomérat gris écrasé. Passage du Retour à 2 400 (Haute-Tarentaise, à l'est de l'Isère en amont de Bourg-Saint-Maurice). Les languettes de schiste noir sont ondulées ou même écaillées; les galets de quartz fracturés mais non écrasés. Gr. nat.
- FIG. 6. — Conglomérat vert à ciment abondant rubané, type Louie Blanche. Pris à peu de distance du précédent. Le galet de gneiss, à droite, a conservé sa forme. Noter les rubans (pl. V, fig. 1). Les rubans verts apparaissent en gris pâle sur la photo. F. ELLENBERGER a publié (1958, pl. XLI, fig. 2) une photographie très caractéristique d'un conglomérat de ce type, provenant, semble-t-il, du même niveau. Gr. nat.



1



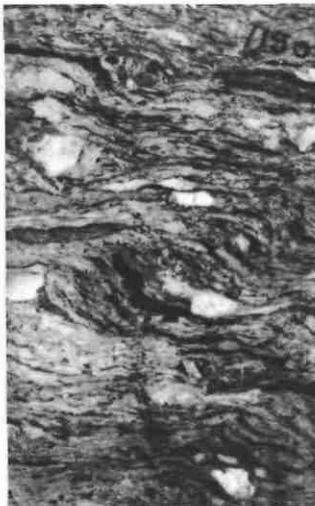
2



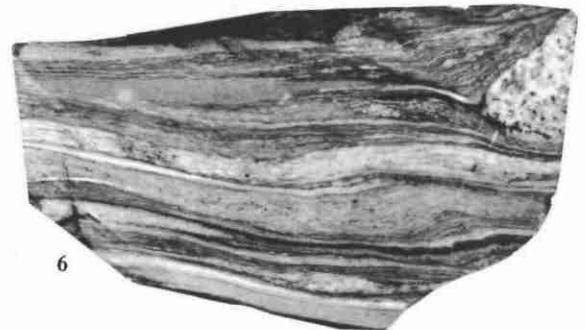
3



4



5



6

PLANCHE II

VALLÉE DE L'ARC, VUE DU CREY DE LONGEFOND.

Au Houiller productif correspondent les pentes molles, glissées de la gauche, au Houiller stérile les reliefs du centre et de la droite.

La vallée de Belleville se creuse derrière la crête. La pointe du Bouchet (3 408 m) et la pointe Rénod masquent le glacier de Chavière et les sommets de Pecllet et Polset. Par le col de Chavière (à l'extrême droite) on aperçoit les sommets de Vanoise.

Sb : Sub-briançonnais — G : Gypse — F₁ : Gîte fossilifère des Rateaux — F₂ : Rochers ruiniformes des Encombres — F₃ : Château Bourreau.

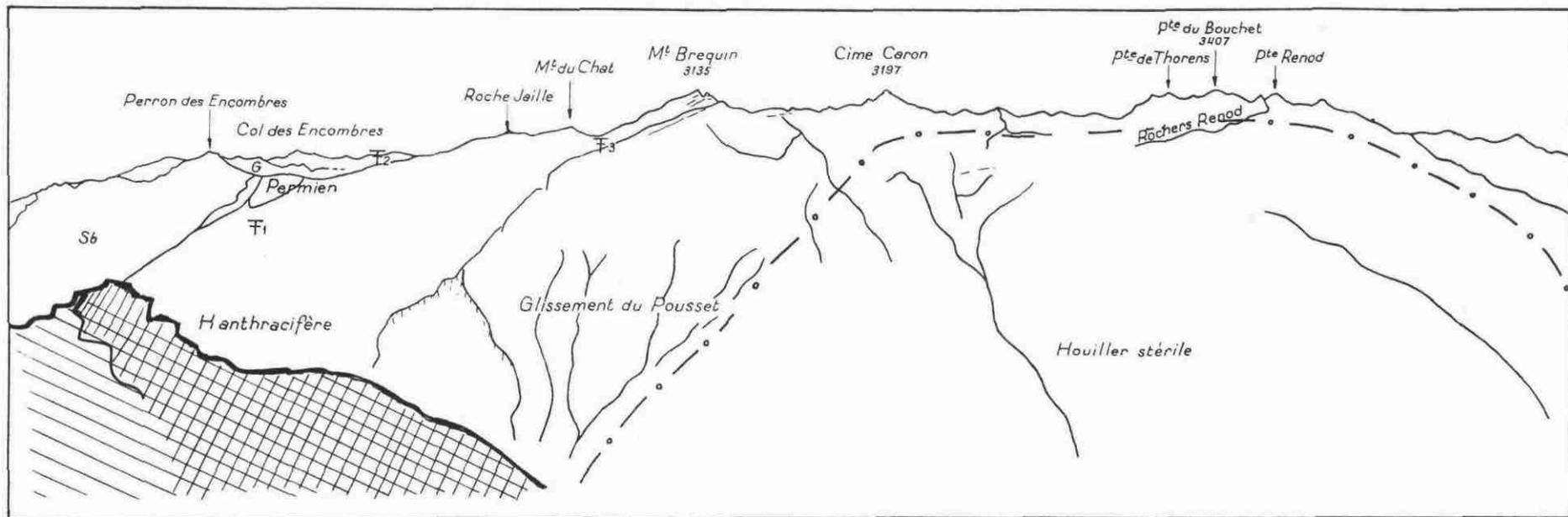


PLANCHE III

LE VALLON DE LA PONSONNIÈRE
(au fond de la vallée de Valloire) vu de Côte Vieille.

On y observe l'une des meilleures coupes du Néopermien (le troupeau de vaches, à peine perceptible au fond de la tourbière, donne une idée de l'échelle).

Les couches, N.-S., sont tranchées par une faille tardive, bien visible sur la photographie. La grande crête de la Ponsonnière montre surtout du Carbonifère, daté du Westphalien inférieur. Le vallon est dominé à droite par le Grand Galibier (en dehors de la figure).

Noter les «fleuves de blocs» sur la droite et la gauche de la photographie.

h : Houiller — r¹ : Eopermien à calcaires — r² : Néopermien inférieur = Assise de la Ponsonnière — rt : Permotrias — v : porphyrite — π : porphyre quartzifère — F : faille.

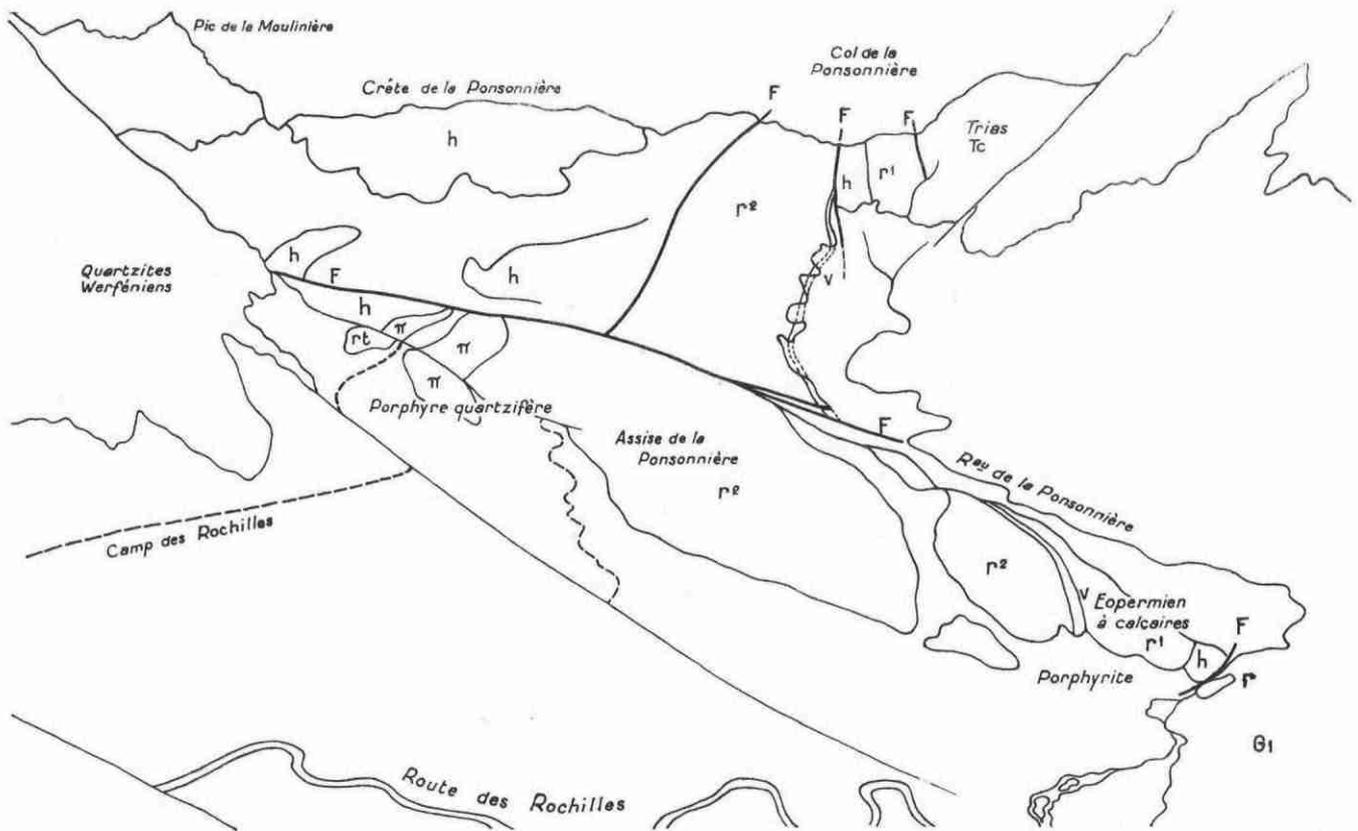


PLANCHE IV

FIG. 1. — Calcisphères. Eopermien du massif de Roche Château. Se trouvent dans un galet de calcaire beige à grain fin inclus dans une brèche (fig. 23, p. 78) de l'Eopermien présumé, sur le versant N. des Rochers du Laus.

1a : gros. 32; 1b et 1c : gros. 100.

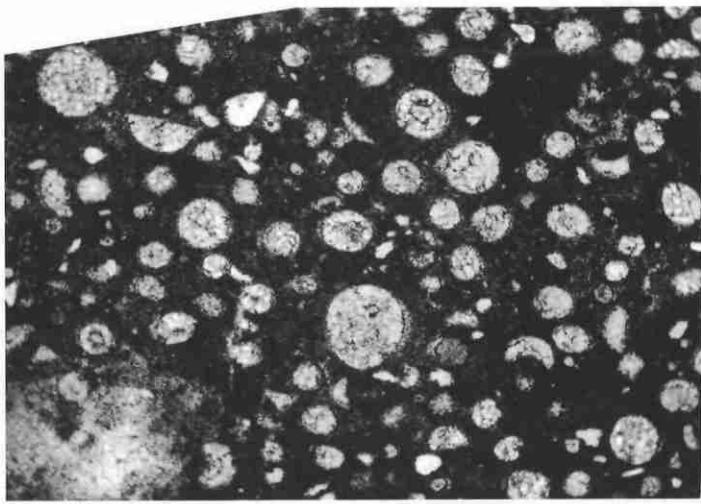
Noter (fig. 1a) les calcisphères brisées avant leur sédimentation. Le cortex, mince dans les sections équatoriales, est presque toujours nettement défini. Quelques grains de quartz détritiques. Des plages de calcite limpide, localisées à deux pôles de chacune de ces petites sphères, témoignent d'un étirement contemporain de la dernière cristallisation.

FIG. 2-3-4. — Ostracodes. Eopermien basal du massif de Roche Château. Dans une zone siliceuse noire. Gros. 32.

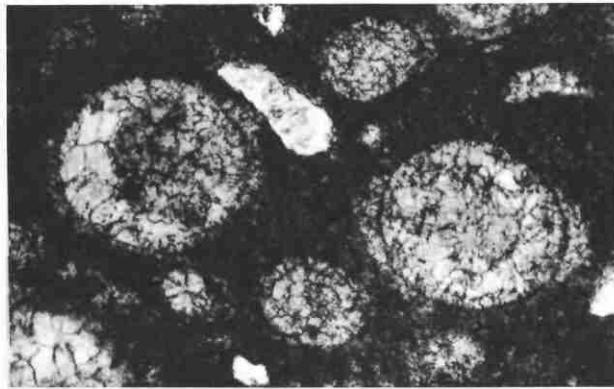
FIG. 5. — Ecaille de *Rhizodopsis sauroides* Williamson. Valmeinier, O. de la Roche de la Pelle. Westphalien moyen. Gros. 6.

FIG. 6 à 8. — Nodules de carbonate moultant de grandes coquilles. Vallée de l'Arc (rive droite). S. de Château Bourreau (pl. II). Gr. nat.

FIG. 9 et 10. — (Lum. par., gros. 100). Phtanite des Priaux (Saint-Martin-de-Belleville). Sections transversales et longitudinales. Diamètre des tubes : 20 μ .



1a



1b



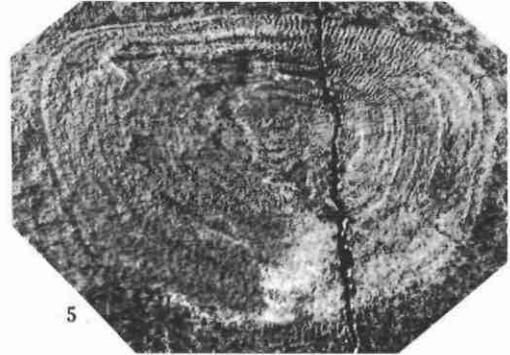
2



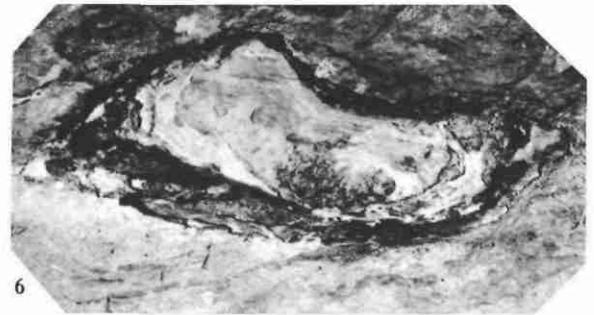
3



4



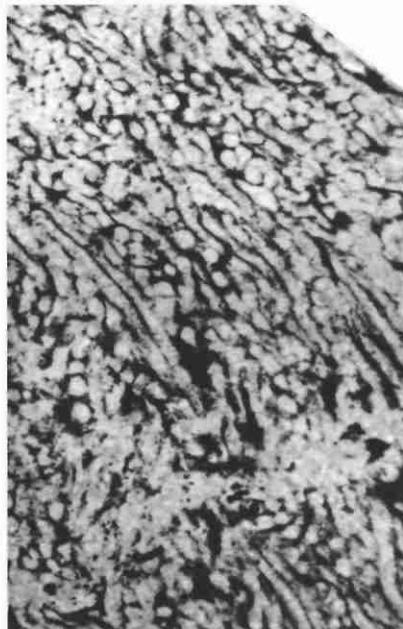
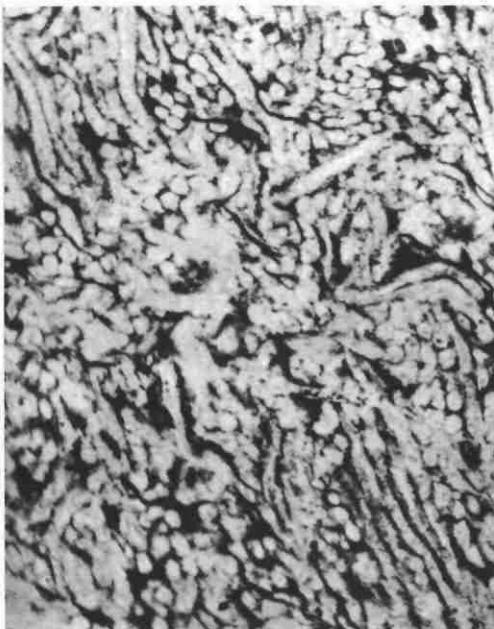
5



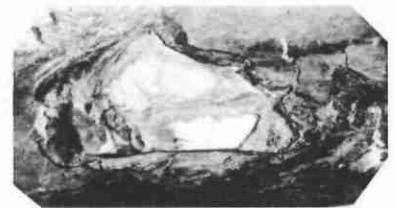
6

9

10



7

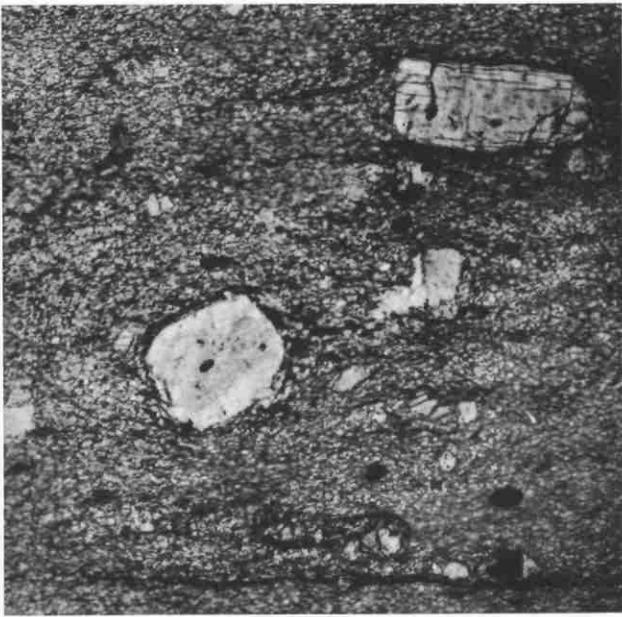


8

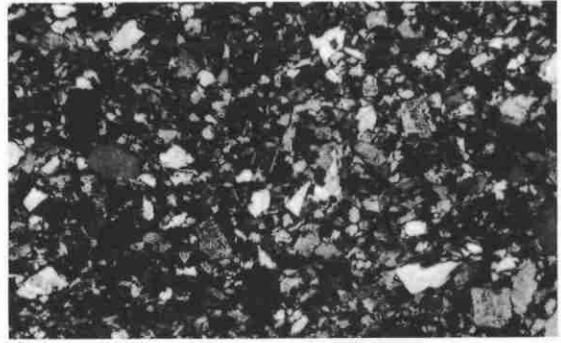


PLANCHE V

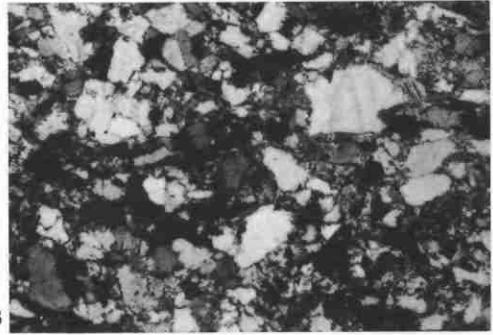
- FIG. 1. — Ruban blanc d'un conglomérat type Louie Blanche (pl. I, fig. 6). Dans un fond, orienté suivant la stratification, de quartz « en grains de riz » auquel s'ajoute un peu d'albite et de chlorite en fines paillettes couchées, quelques grands feldspaths idiomorphes (10 % An env.), parfois tardivement fissurés. (Lum. par., gros. 28.)
- FIG. 2. — (Nicols X, gros. 20). Grès quartzite rouge du Néopermien (Saint-Martin-de-Belleville, Analyse 28). Nombreux plagioclases détritiques, quartz anguleux (0,05 à 0,60 mm), mica blanc détritique rare et en fines paillettes. Ciment peu abondant, constitué essentiellement d'un enduit noir et ferrugineux entre les grains.
- FIG. 3. — (Nicols X, gros 20). Grès-arkose fin de Tortolet (Belleville, An. 25). Éléments détritiques : quartz (corrodés secondairement), mica blanc, biotite rare, feldspath (plagioclases surtout) parfois en association avec le quartz. Minéraux secondaires : séricite et un peu d'épidote.
Ciment : plus abondant que dans le grès néopermien. Formé essentiellement de paillettes de mica blanc (séricite) échevelées, sales, beaucoup plus fines que les paillettes détritiques.
- FIG. 4. — (Nicols X, gros. 20). Grès grossier. Permien (Néopermien probable) de Saint-Martin-de-Belleville (924.5-348.6). Grands quartz intacts ou fendus (croissance secondaire aux extrémités) dans un ciment quartzosériciteux.
- FIG. 5. — (Nicols X, gros. 25). Arkose laminée. Roc de Fer (crête Belleville-Allues, sommet assise de Tarentaise). Un gros galet de quartz a été brisé et étiré. Entre les fragments séparés, cristallisation de quartz et séricite et, sur les bords, de quartz seul, en frange de même orientation optique (souvent) que le grain (bas de la figure).
- FIG. 6. — (Nicols X, gros. 100). Arkose fine de même provenance. Bord d'un grain de quartz corrodé secondairement, pendant la diagenèse.
- FIG. 7. — (Nicols X, gros. 20). Petit conglomérat gris, mal calibré, à l'ouest du lac de la Montagnette (Belleville, vallon des Encombres). Grains de quartz, plagioclase, microgrès. Ciment hétérogène : petits quartz détritiques à bords dentelés, séricite, quartz secondaire.



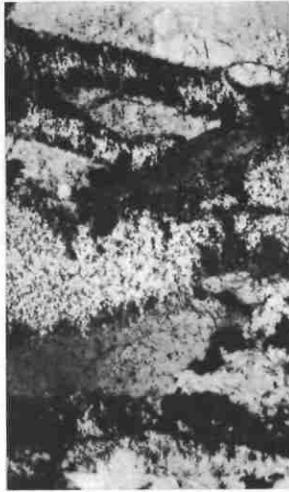
1



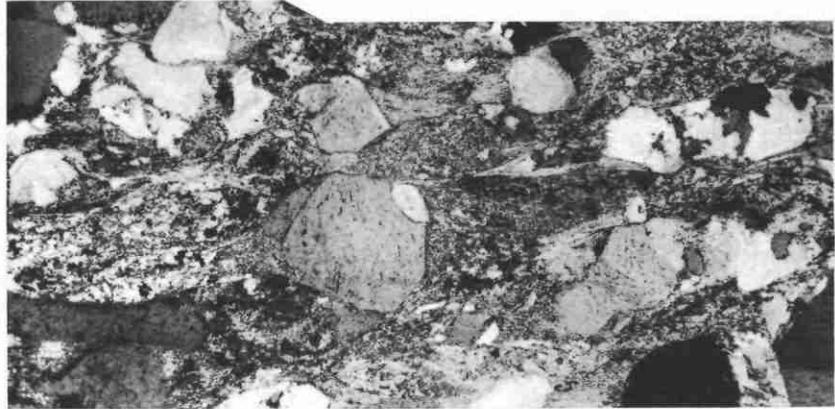
2



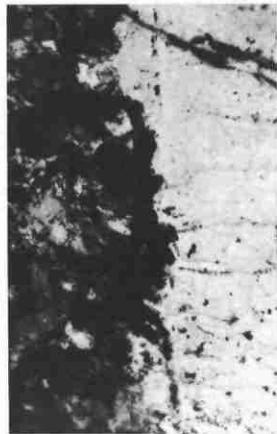
3



5



4



6



7

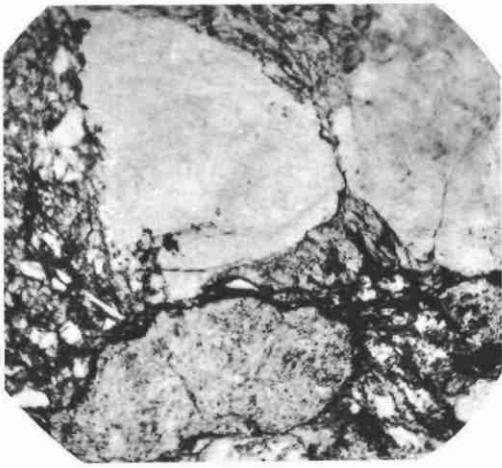
PLANCHE VI

FIG. 1 à 5. — (Lum. par., gros. : fig. 1 : 25; fig. 2 : 100; fig. 3 : 100; fig. 4 : 25; fig. 5 : 40). Arkose grossière à structure empâtée. Vallée de Bozel, au sud-est de Villarnard. Assise de Tarentaise.

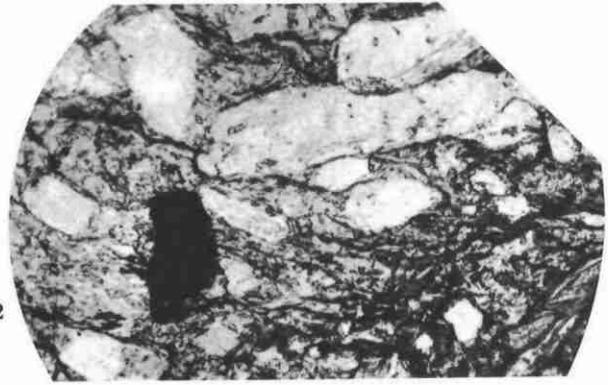
Grains de quartz et de microgrès de taille variable, souvent non jointifs. Ciment de schiste noir : quartz en lentilles, paillettes de mica blanc détritique et séricite secondaire, albite secondaire en petites plages plus ou moins souillées; substance opaque en partie organique, débris végétaux charbonneux. Ce ciment, fin ou plus grossier suivant les parties de la plaque mince, montre un début de schistosité oblique. Déformations sensibles dans les zones fines (fig. 4 et 5) : la figure 4 montre une accumulation locale du ciment de schiste fin qui, au voisinage de deux galets a été fortement plissé : apparition de microplis faillés de gaufrage. Le boudinage d'un débris végétal (fig. 5) témoigne de l'étirement subi : dans une zone de schiste fin, un débris charbonneux, enrobé d'une gaine de quartz (à l'intérieur) et de phyllites (formant la partie externe de la gaine) a été étiré et tronçonné et les fragments déplacés. Dans le schiste gréseux apparaissent des microplis de gaufrage du même type que dans la figure 4.

FIG. 6. — (Lum. par., gros. 25). Schiste noir banal de l'Assise de Courchevel (la Loze). Mélange de grains de quartz, de plagioclases et de paillettes de mica blanc détritique.

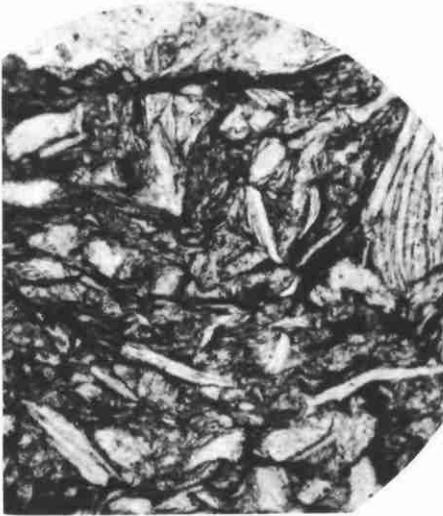
FIG. 7. — (Lum. par., gros. 100). Même préparation. Vue plus grossie du contact entre zones de schiste de grain différent.



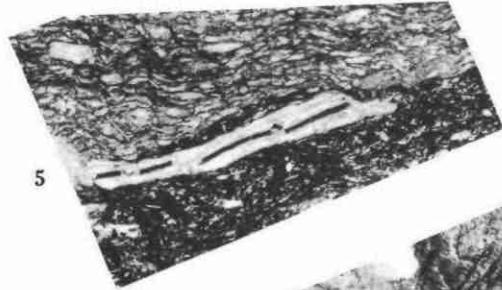
1



2



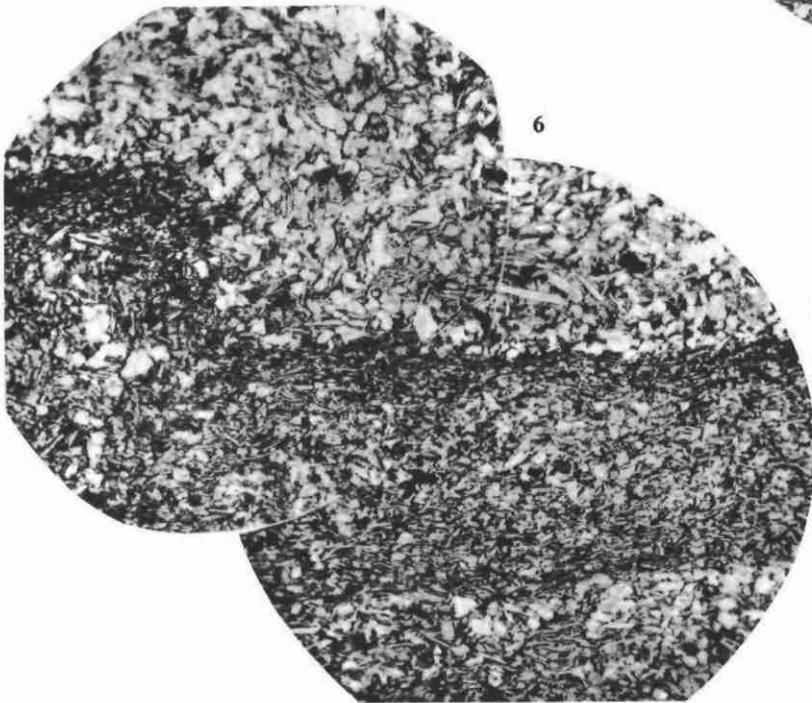
3



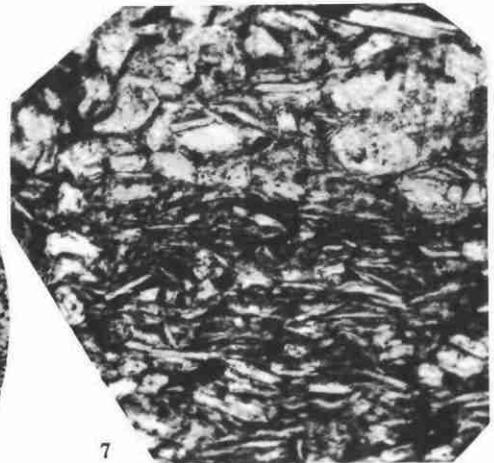
5



4



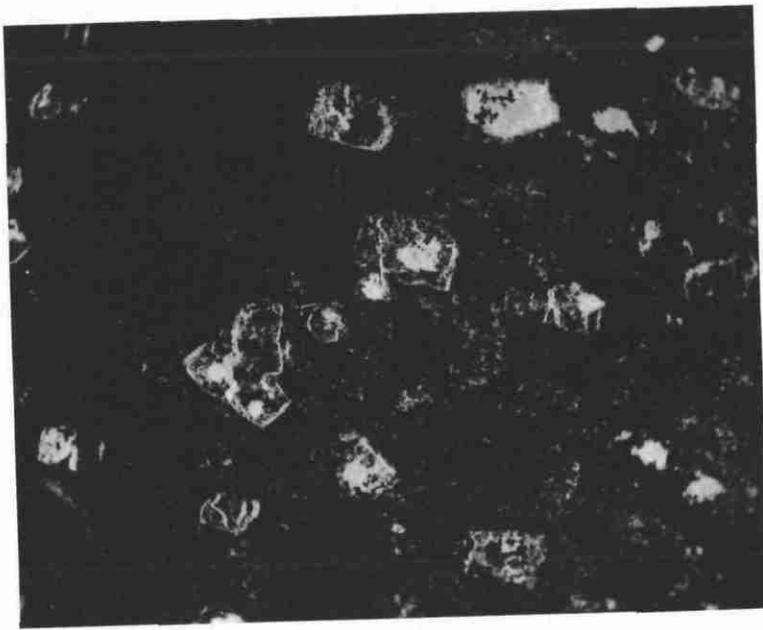
6



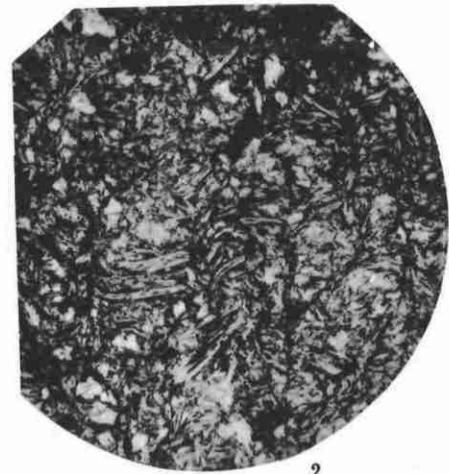
7

PLANCHE VII

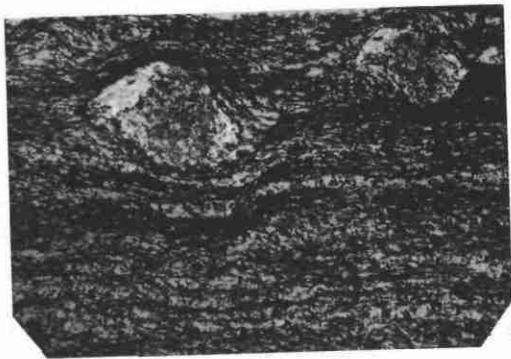
- FIG. 1. — (Lum. par., gros. 35). Schiste fin à *Sphenopteris* du col du Petit Saint Bernard. Lamme parallèle à la stratification montrant la naissance de petites albites qui forment les fines granulations observées à l'œil nu sur certains délités.
- FIG. 2. — (Lum. par., gros. 40). Schiste gréseux violet à quelques mètres sous les migmatites. Crête de la Saulire. Ce schiste diffère peu de celui de la planche précédente (pl. VI, fig. 6-7), si l'on met à part la schistosité de fracture, ici perpendiculaire à la stratification.
Dans le ciment phylliteux non orienté : albite secondaire (peu), chlorite (pennine), oligiste.
- FIG. 3. — (Lum. par., gros. 40). Schiste noir finement bosselé, à patine blanche. Plateau de Leschaux (crête Allues-Belleville, sommet de l'Assise de Tarentaise). Peu différent de celui analysé n° 60. Yeux anciens, antérieurs à une schistosité de flux, visible sur l'échantillon. Actuellement remplis de petits grains de quartz, mica blanc, un peu d'épidote, dans un fond limpide probablement albitique.
- FIG. 4. — (Lum. par., gros. 20). Schiste noir albitique des chalets de la Sassièrre. De grandes albites se sont formées en absorbant la matière phylliteuse de la trame dont elles ont respecté le « squelette charbonneux ». Limpide, la place des paillettes de mica blanc détritique se voit encore. Un reste de mica incomplètement digéré subsiste parfois au milieu.
Comme au Petit Saint Bernard le contour des individus est souligné par une frange d'accroissement secondaire limpide. Ces feldspaths moulent les ondulations du schiste mais sont eux-mêmes antérieurs à l'ultime déformation (lits déformés contre le cristal; cristaux brisés).
- FIG. 5. — (Lum. par., gros. 40). Schiste noir gréseux albitique. Le Miroir (Sainte Foy Tarentaise). Yeux d'albite, en général non maclée (petites inclusions rondes de quartz), à lignes d'inclusions sigmoïdes. Parfois deux cristaux d'orientation différente peuvent exister dans le même œil. Derrière la recristallisation tardive apparaît le contour d'un œil ancien, brisé et tordu.
- FIG. 6. — (Lum. par., gros. 40). Schiste charbonneux à trémolite. « Nerf » dans la veine de charbon exploitée à Peisey (affleurement du Villaret. Analyse 65).
Dans le fond, riche en matière charbonneuse, apparaissent des touffes plus ou moins radiées d'amphibole blanche (ext. max. 25°). Quelques phyllites. Micro-veinules de séricite secondaire limpide.



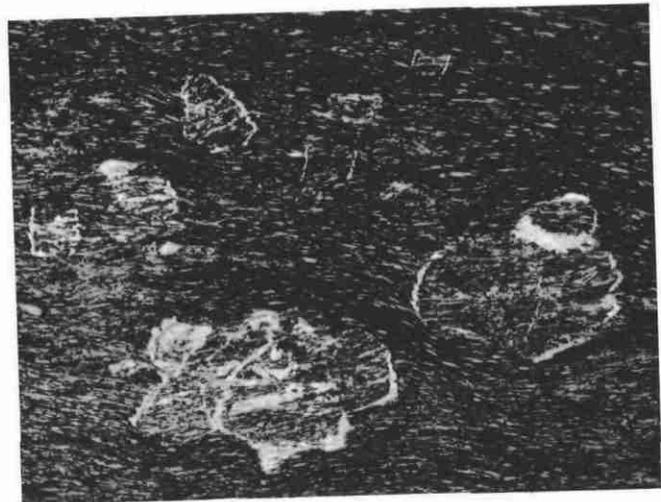
1



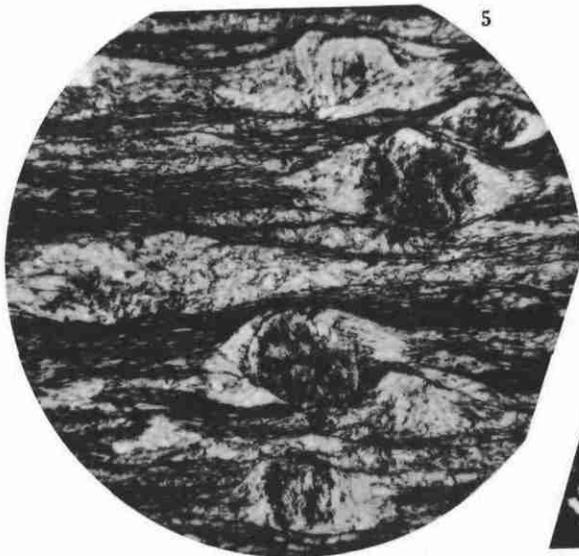
2



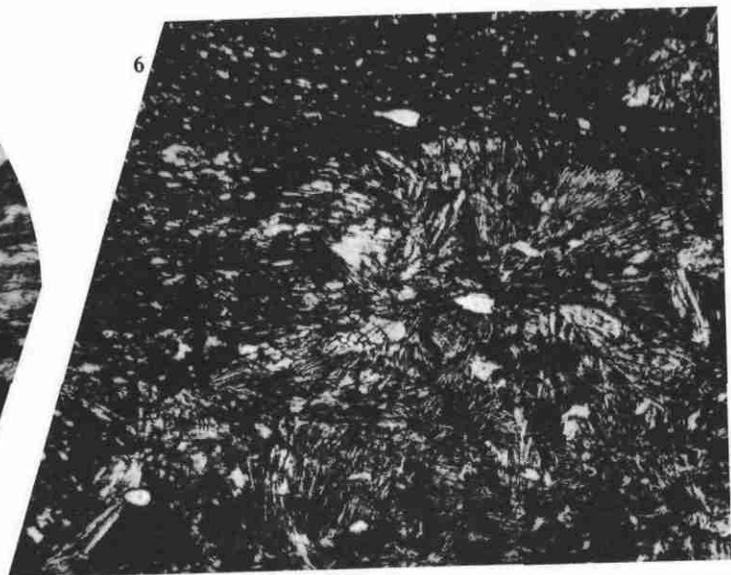
3



4



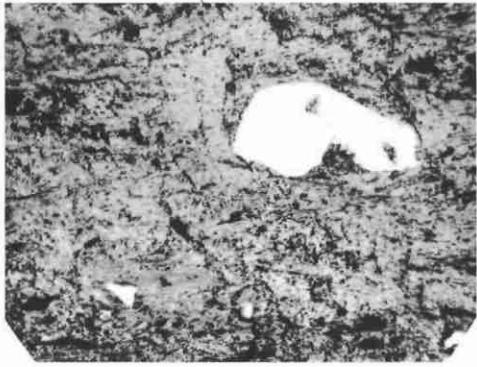
5



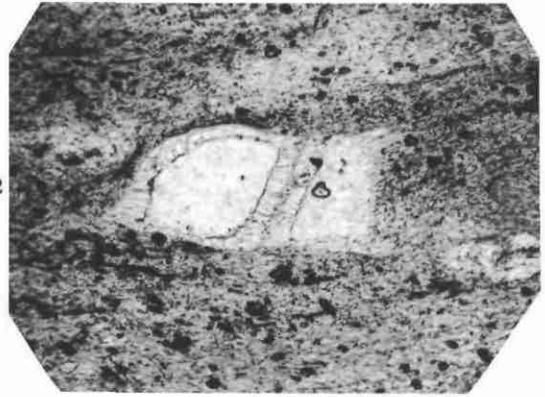
6

PLANCHE VIII

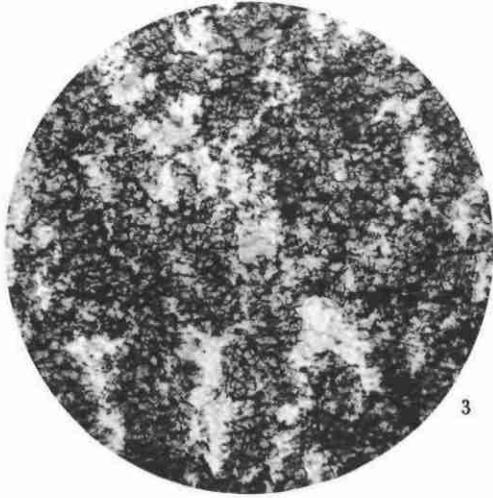
- FIG. 1. — (Nicols X, gros. 25). Schiste noir à fines lentilles blanches. La Loze. Assise de Courchevel.
Dans un fond quartzosériciteux très fin et homogène « nagent » quelques grands quartz rhyolitiques, quelques feldspaths toujours épigénisés de produits sériciteux, rares paillettes de mica blanc, grains de carbonate et débris charbonneux. La matière limpide, surtout quartzreuse qui remplit les golfes « de corrosion » ne semble pas appartenir au schiste mais représente peut-être la gaine de verre qui enrobait le grain lorsqu'il s'est sédimenté.
- FIG. 2. — (Lum. par., gros. 25). Même origine que précédemment. Le schiste a été affecté ici d'une schistosité de flux, modérée. Les deux parties du grain de quartz, séparées, ont conservé la même orientation optique. La fracturation doit être ancienne et dater du dépôt; mais la distension de la roche est récente.
- FIG. 3. — (Lum. par., gros. 40). Dolomie silicifiée. Roche Château. Voir p. 77, fig. 22, banc n° 10.
De fins cristaux de dolomie constituent le fond. Celui-ci est traversé de filonnets de carbonate. Le quartz, secondaire, cristallisé sous contraintes orientées, imbibe la roche, formant une sorte de trame.
- FIG. 4. — (Nicols X, gros. 32). Microdiorite à l'est du col des Marches (vallée de Bissorte, anal. n° 19). Grands cristaux d'amphibole verte et de plagioclase.
- FIG. 5. — (Lum. réfléchi, gros. 60). Coke naturel au contact d'un sill de microdiorite. Nord-est du Crey de Longefond (photo R. Feys). En blanc brillant l'antracite, en noir les alvéoles de cokéfaction.
- FIG. 6. — (Gr. nat.). Porphyre quartzifère de Côte Vieille. Sommet de la coulée. Sur le fond vert pâle de la roche se détachent (en noir) des vacuoles contournées, cernées d'un liséré de quartz et remplies d'une substance vert foncé, d'aspect cireux; en gris sur la photo, de petits phénocristaux de feldspath verdi.
- FIG. 7. — (Lum. par., gros. 25). Eventail de prehnite dans une microdiorite à pseudo-enclaves. Appui rive gauche du barrage de Bissorte (An. 13).
- FIG. 8. — (Lum. par., gros. 40). Même roche que la figure 4. Hornblende verte cernée d'un liséré bleu (trait noir sur la photo) et auréolée (incomplètement) de chlorite (pennine).



1



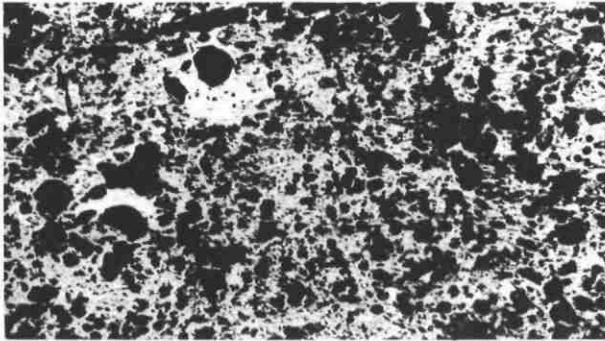
2



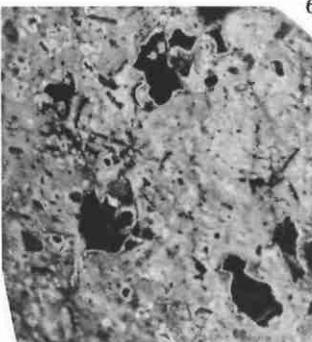
3



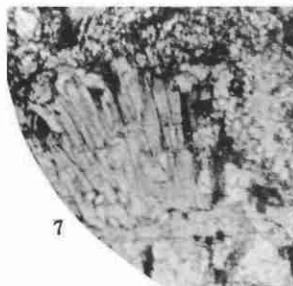
4



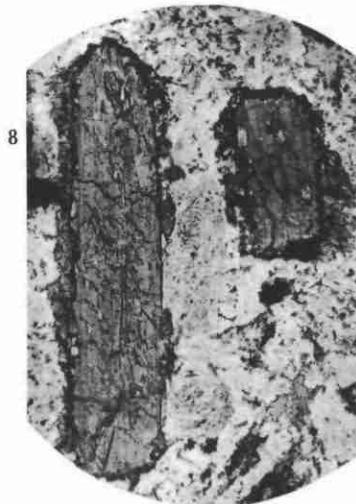
5



6



7



8

PLANCHE IX

ROCHES BLANCHES

- FIG. 1. — (Gr. nat.). Pont du Champet (Sainte Foy Tarentaise). Banc n° 19 (voir fig. 34, p. 166).
Lit de « roche blanche » et le conglomérat qui le surmonte. Le contact, net à l'œil nu, l'est beaucoup moins au microscope. Les « galets » sont des boules de même composition, semble-t-il, que la roche blanche.
- FIG. 2. — (Gr. nat.). Même provenance. (An. alcalins C). Fond blanc pur, mat, aphanitique, rubané de zones noires (à chlorite).
- FIG. 3. — (Nicols X, gros. 40). Banc n° 18. Zone blanche. Albite et quartz en grains de riz.
- FIG. 4. — (Nicols X, gros. 120). Banc n° 18. Même roche que la figure 2. Albite et quartz « en grains de riz » à plus fort grossissement.
- FIG. 5. — (Lum. par., gros. 40). Banc n° 18 (même lame que fig. 4).
- FIG. 6. — (Lum. par., gros. 40). Banc n° 18 (même lame que fig. 3).
Grand feldspath brisé dans une zone moins homogène. Chlorite.
- FIG. 7. — (Lum. par., gros. 40). Les Mazures (Ste Foy Tarentaise).
« Roche blanche » comprise entre un banc verdâtre, rubané et un grès encore reconnaissable, à galet de quartz.
Grandes paillettes de chlorite poecilitique, plus ou moins alignées dans un fond quartzofeldspathique analogue à 5.
- FIG. 8. — (Lum. par., gros. 40). Même lame que la figure 4.
Grand feldspath montrant encore, par places, la moire du microcline.
- FIG. 9. — (Lum. par., gros. 40). Même lame que la figure 3. Outre les paillettes de chlorite poecilitiques alignées, noter les grains de sphène, en noir sur la photographie (en particulier dans le lit supérieur).
- FIG. 10. — (Nicols X, gros. 40). Même lame que la figure 7.
Bourgeon de myrmékite accolé à un grand feldspath, ancien microcline.

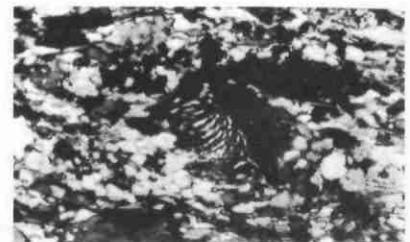
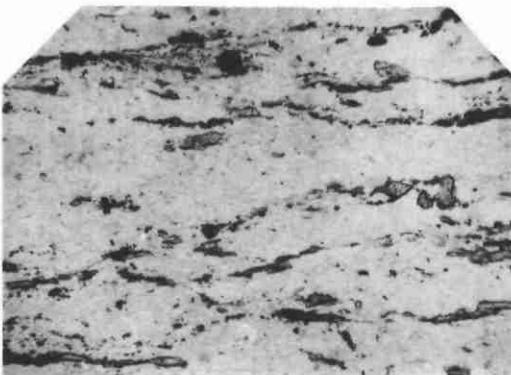
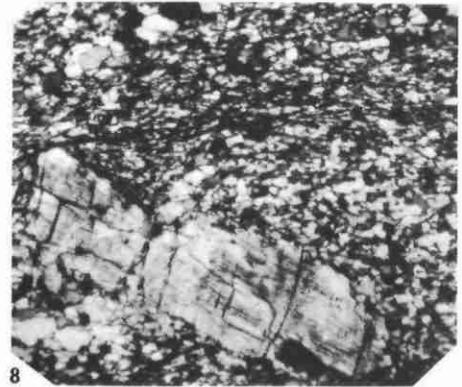
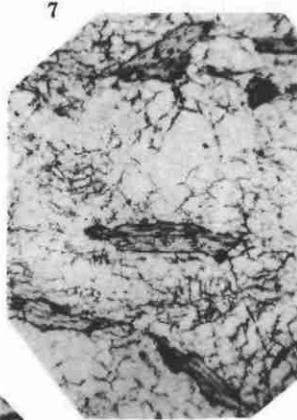
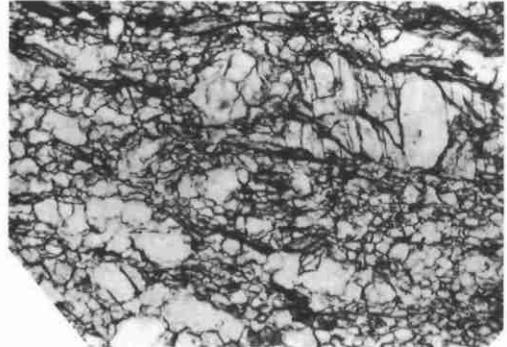
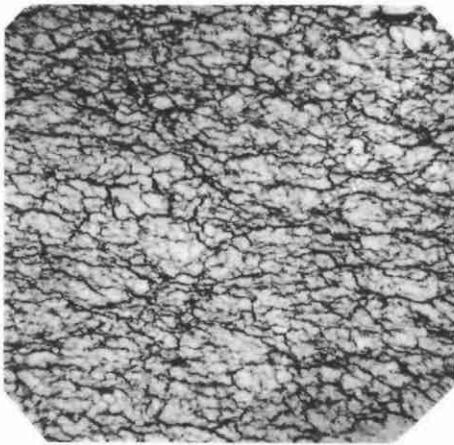
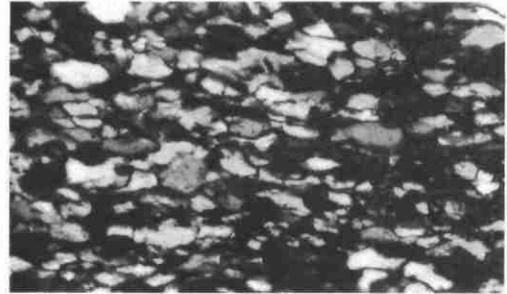
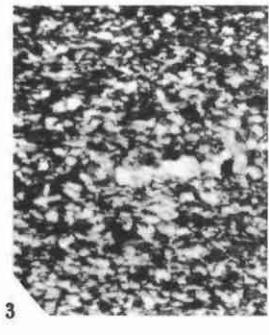
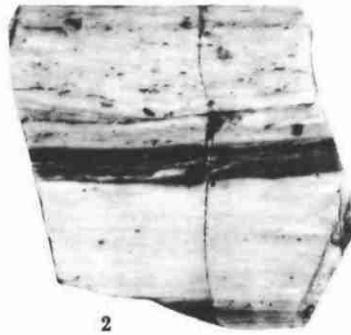
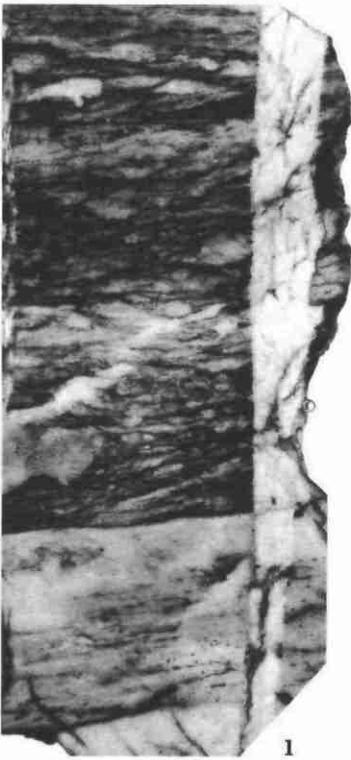


PLANCHE X

ROCHES TRANSFORMÉES EN ADINOLES AU VOISINAGE DES « ROCHES BLANCHES » DES MAZURES (SAINTE-FOY TARENTEAISE).

On notera la texture, beaucoup moins régulière que dans les roches figurées à la planche précédente.

FIG. 1. — (Nicols X, gros. 40). Grands plagioclases démantelés et tordus paraissant avoir autrefois constitué de gros yeux.

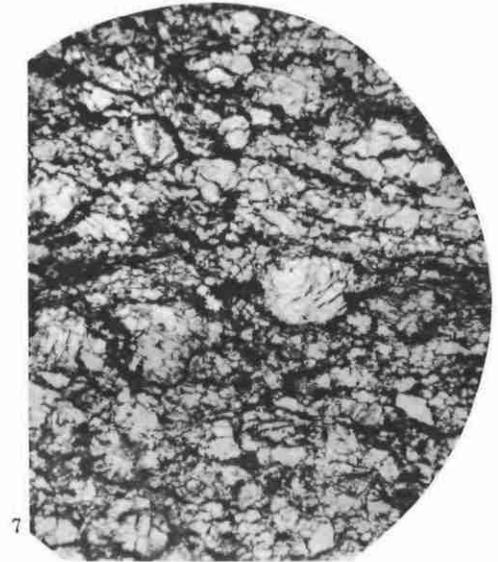
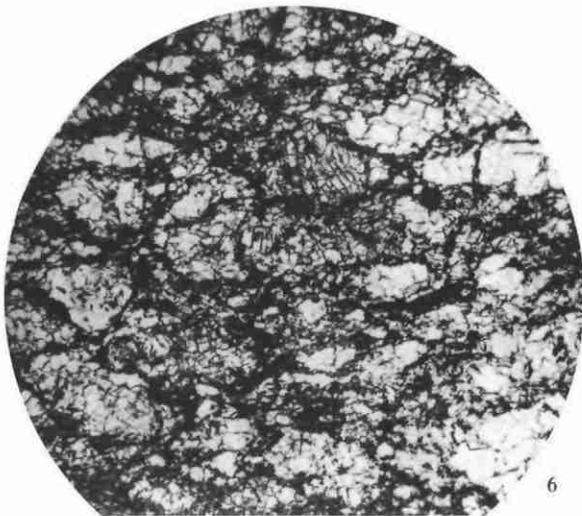
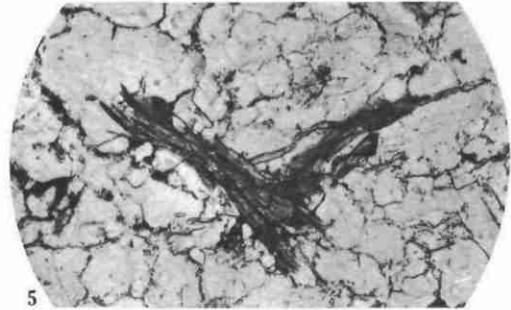
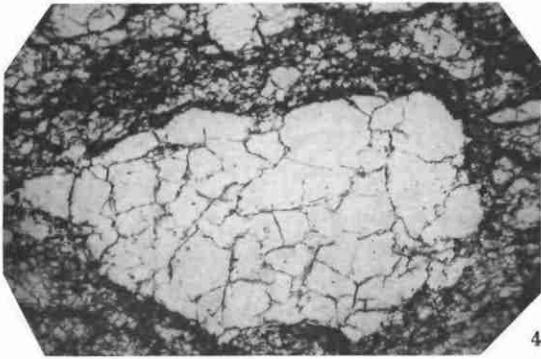
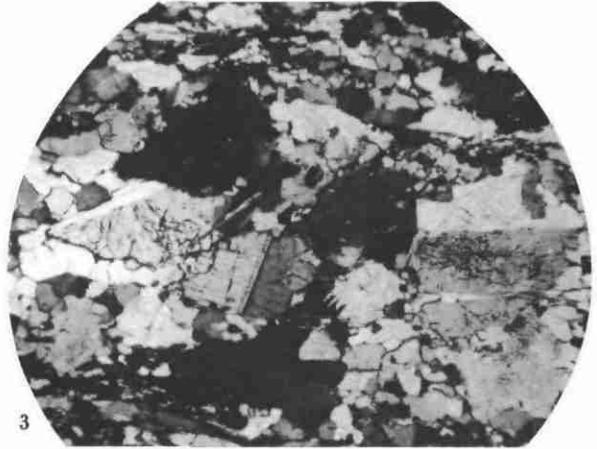
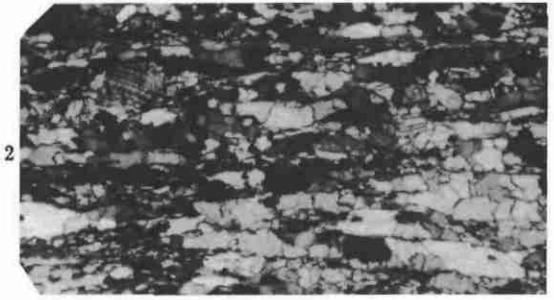
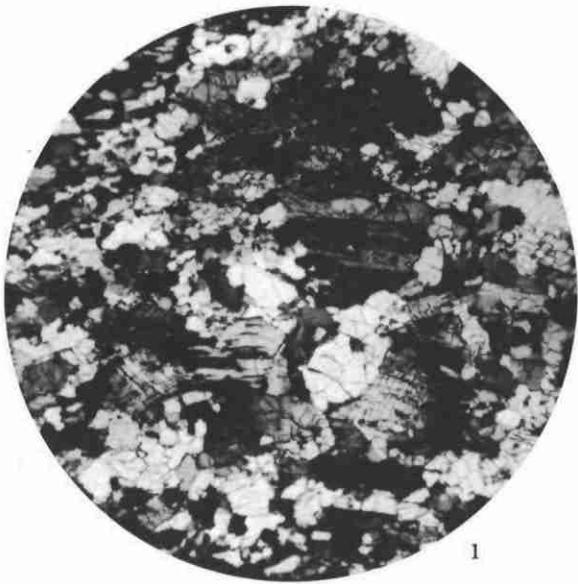
FIG. 2. — (Nicols X, gros. 40). Arkose écrasée « imbibée » de silice et recristallisée. Quartz en « trains », en bandelettes articulées.

FIG. 3. — (Nicols X, gros. 40). Même lame que la figure 2. Groupement feldspathique.

FIG. 4. — (Lum. par., gros. 40). Ancien galet de quartz en forme d'œil au milieu du réseau des figures 6 et 7.

FIG. 5. — (Lum. par., gros. 100). Dans une zone leucocrate, stilpnomélane et glaucophane. L'amphibole bleue se trouve en baguettes courtes (4 à 8 mm sur la photo) au creux du V formé par le stilpnomélane, à la face inférieure de la branche E, et au S.-O. de la pointe du V (section montrant les clivages losangiques).

FIG. 6 et 7. — (Lum. par., gros. 40). Même lame que la figure 4. Réseau constitué par de l'amphibole bleue (en baguettes bien formées ou en grains), du sphène souvent idiomorphe et un peu d'épidote. Dans les mailles : albite non maclée, plagioclase indéterminé, ex. microcline possible, quartz en mosaïque à extinction onduleuse.



**PROFILS A TRAVERS
LA ZONE HOUILLERE
(1/50.000)**

Ces profils transversaux, numérotés du nord au sud, ont été dessinés au 1/20 000 :

1) Pour les zones sub-briançonnaises : profils 16 à 46 d'après les coupes de R. BARBIER (1948); d'après M. GIGNOUX et L. MORET (1937) pour le profil 49; d'après B. TISSOT (1955) pour le Mésozoïque du Galibier (profils 56 et 57).

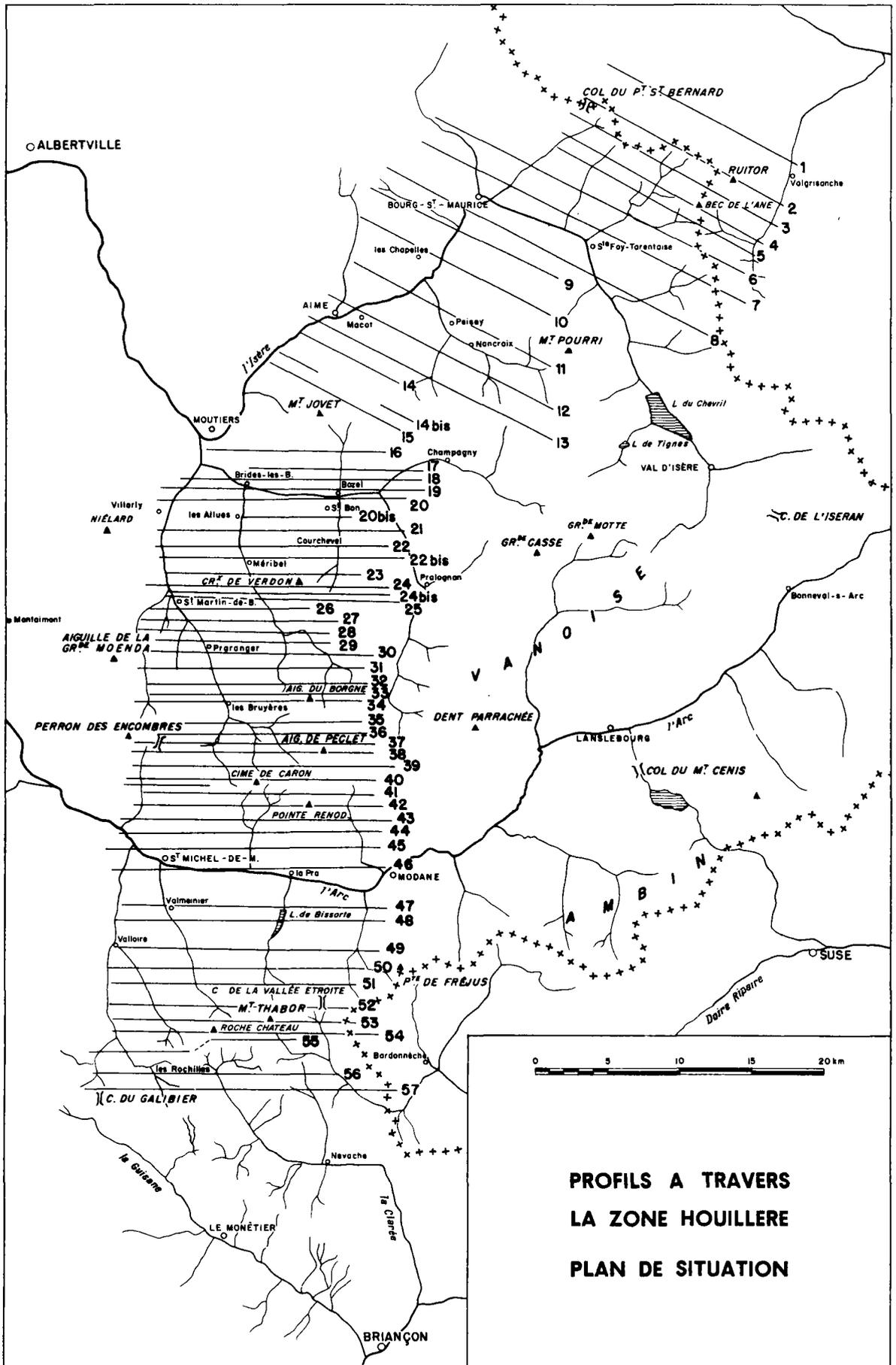
2) Pour le Houiller de la Vallée de Névache (profil 56) d'après R. FEYS (1957).

3) Pour la zone Vanoise-Mont Pourri d'après F. ELLENBERGER (1954).

4) Pour le reste, d'après les minutes de terrain, des croquis, des panoramas photographiques, des relevés de travaux miniers et de galeries hydro-électriques.

En noir, on n'a représenté, autant qu'il était possible, que ce qui a été réellement observé. Ces observations sont de valeur inégale, suivant qu'elles ont été faites sur de grands affleurements bien dégagés, en galeries, ou sur des pointements au milieu des moraines; dans l'avenir de nouvelles observations, de nouvelles galeries ou tranchées de routes permettront de les compléter ou de les modifier.

Les pointillés de couleur n'ont pas la prétention d'être une *image* de la tectonique de la zone Houillère. Il ne faudrait pas les considérer comme représentatifs du style de ses déformations, infiniment plus complexe. Une telle représentation risquait de donner une fausse impression d'exactitude et de vérité. Nous avons plutôt cherché à faire la pondération de toutes ces déformations, compte tenu de ce que nous savons d'elles et de la succession des différents termes de la série stratigraphique.



**PROFILS A TRAVERS
 LA ZONE HOILLERE
 PLAN DE SITUATION**

INDEX ALPHABETIQUE DES PRINCIPAUX NOMS CITES

N. B. Les noms de lieux sont en petites capitales, entre crochets lorsqu'ils n'appartiennent pas à la zone étudiée. Dans la plupart des cas on a indiqué à la suite, entre parenthèses, le secteur dont ils dépendent. Les noms de fossiles sont en italique. Les notations P ... renvoient aux planches.

- Acitheca* : 101.
Actinote : 146, 147, 237.
Adinole : 138, P X.
 AÏME (Isère) : 16, 17, 117, 173, 191, 215.
 charbon d'— : 230.
 galerie d'— : 153.
 recherches de la Côte d'— : 118.
Albite, albitisation : 42, 101, 133, 135, 136, 139, 141, 142, 144, 149, 160, 210, 212, 224, dépliant, P VII.
 — dans les roches sédimentaires : 88, 97, 113, 123, 126, 128, 130, 133, 175, 181, 209, P. VII.
 — dans les roches éruptives : 64, 65, 132. (*Voir aussi à ces rubriques.*)
 — en filons : 72, 126.
Alethopteris essinghi : 39.
 — *friedeli* : 51, 57.
 — *grandini* : 42, 98.
 — *lonchitifolia-serli* : 51.
 ALLUES (Vallée des —) : 11, 14, 15, 16, 94, 97, 101, 106, 168, 174, 178, 208, 214.
Alluvions modernes : 14, 18.
 [AMBIN] (Massif d' —) : 161, 181, 184, 187.
Amphibole : 132, 135, 136, 142, 146, 147, 159, 211.
 — bleue, glaucophane : 142, 143, 146, 147, 151, 211, 212, P X.
 — bleue, glaucophane dans les microdiorites : 65, 112.
 Rétromorphose des — : 64, 65, 96, P VIII. *voir aussi* microdiorites.
Amphibolite : 146, 147, 150, 161, 162.
Andésite (de Guillestre) : 81, 185, 191, 195.
 Analyse de l' — : 186.
Ankérîte : 41, 58, 82, 87, 101, 170, 182, 186, 189.
 — dans une roche éruptive : 65.
 — dans le Néopermien : 70.
 — dans les conglomérats de Roche Château : 76.
Annularia pseudostellata : 98.
 — *stellata* : 98, 100, 101.
 — *sphenophylloïdes* : 97, 98.
Anticlinal médian (Structure de l' —) : 65, 66, 165.
Apatite : 64, 135, 136, 142, 146, 147, 149, 172, 211.
 ARBONNE (Isère) : 118, 153.
 ARCÉNIEUX (Isère) : 117.
 ARCHA (Valloire) : Calcaires de l' — : 83, 84, 210.
 ARENDIER (Valmeinier) : 58, 76, 90, 217.

- ARPASSON (Allues) : 101, 102, 178.
 ARPLANE (Herbiers) : 11, 65, 68, 71, 86.
 ARP VIEILLE (Ruitor) : 160, 162.
 ASSALY (Grand —, Ruitor) : 127, 132, 147, 177, 191.
 Conglomérats de l' — : 92, 128, 129, 130, 132, 178, 181, 223.
Asterophyllites equisetiformis : 97, 100.
Aulacopteris : 98.
 AVERNET (Glacier de l' —, Ruitor) : 142, 143, 144, 147, 211.
- BACHELLERIE (La —, Encombres) : 42.
 BALENDE (Gorges de —, Bozel) : 109, 111.
 BARBE GRISE (Crête de —, Valloire) : 40, 83.
 BARJETTE (Pas de la —, Valmeinier) : 75, 202.
 BEAUDET (Gneiss de —, Peisey) : 122, 246.
 BEAUME NOIRE (Col de —, Roche Château) : 78, 79, 80, 85.
 BEAUREVARD (Concession de —, Arc) : 46.
 BEC DE L'ANE (Ruitor) : 24, 143, 147, 148, 149, 203, 210, 211.
 BECCA DU LAC (Ruitor) : 144, 145, 148.
 BEC ROUGE (Ruitor) : 123, 124, 126, 129, 178, 181.
 BELLECOMBE (Croix de —, Arc-Encombres) : 54, 56, 85.
 [BELLEDONNE] : 142, 161, 162, 198, 205.
 BELLEVILLE (Vallée de Saint-Martin de —) : 16, 17, 18, 94, 97, 101, 103, 111, 113, 114, 126, 138, 163, 168, 171, 189, 209, 213, 214, 225.
 Tufs de — : 15.
 BÉRANGER (Belleville) : 103, 104, 105, 106, 111, 195, 210.
 BERNARD LA SERRAZ (Concession de —, Arc) : 57.
 BISSORTE (Vallée de —) : 13, 38, 62, 63, 65, 73, 131, 166, 194, 205, 218.
 Barrage de — : 65.
 Galerie de Neuvache à — : voir Neuvache.
 Galerie de Fontaine froide à — : voir Fontaine froide.
 BLANC (Lac —, au pied est du massif de Pécelet-Polset) : 67, 68.
 Lac —, au nord-ouest de l'Aiguille de Pécelet : 90.
 BOIS DESSUS - BOIS DESSOUS (Arc) : 44, 47, 171, 207.
- BOISMAIN (Belleville) : 108, 214.
 Glissement de — : 17.
 BONNEGARDE (Aime) : 16, 121.
 BONNENUIT (Valloire) : 39.
 — (Arc) : 64.
 Galerie de — à Bissorte : voir Fontaine froide.
 BONRIEU (Arc) : Galerie du — 63.
 Veine — : 47, 194.
 Vallon du — (Bozel) : 96, 97, 101, 131, 137, 174.
 BORGNE (Aiguille et Mont du —, Allues) : 89, 90, 102.
 BOUCHET (Arc) : Pointe du — : 38, 61, 62, P II.
 Col du — : 62.
 Cirque du — : 51.
 BOURG SAINT MAURICE : 115, 123, 152, 166, 210.
 BOYES (Belleville) : 107.
 BOZEL : 93, 94, 95, 96, 97, 108, 109, 113, 114, 115, 162, 168, 174, 178, 191, 204, 206, 210, 212, 214.
 Galerie de — à Vignotan : 96, 118.
 Brèches : intraformationnelles dans l'Eopermien : 78, 180.
 Nappe des — de Tarentaise : 94, 152, 223.
 BREQUIN (Mont —, Arc) : 16, 38, 44, 51, 61, 66, 107, 166, 203, 207, 210, 214, 217, P II.
 [BRIANÇONNAIS] 73, 137, 165, 177, 178, 183, 190, 191, 192, 194, 195, 198, 203, 204, 213, 239, 244.
 BRIDES LES BAINS : 94, 95, 103, 152.
 BRUYÈRES (Concession des —, Belleville) : 106, 107.
 BUFFA (Concession de la —, Arc) : 46, 51.
- Calamites* : 41, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 68, 70, 71, 82, 88, 89, 93, 98, 101, 107, 108, 118, 120, 123, 125, 127, 153.
 — *cisti* : 100, 117.
 Calamostachys : 100.
 Calcaires et formations carbonatées : Dans le Houiller : 83, 84.
 Dans le Permien : 40, 57, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 91, 180, 181, 182, 186, 210, P VIII.
 Disparitions vers le nord des — permien : 85.

- en galets dans les conglomérats néopermiens : 80.
- Calcisphères* : 77, 78, P IV.
- Calcite, carbonates** : — secondaires dans les roches éruptives : 61, 65, 96, 97, 120, 131, 132, 142.
— secondaires dans les roches sédimentaires : 71, 105, 186.
— dans les roches métamorphiques : 146, 147, 162.
- Callipteridium pteridium* : 120.
- Carbonicola* : 53.
- CARIOTS (Encombres) : 103.
- CARON (Cime —, Arc) : 62, 107, 108, 166, P II.
Crête de — : 61, 66.
- CASE BLANCHE (Belleville, Encombres) : 85, 91, 103, 179, 188.
- CAVES (Route des —, Bozel) : 97, 110.
- Cératophyres** : 137.
- CERCES (Massif des —, Briançonnais, Ponsonnère) : 80, 162.
Lac des — : 81, 82.
- CERISERAY (Isère) : 25.
- CHA (Mont du —, Arc-Belleville) : 44, 107.
- CHALLE (Mont de la —, Belleville) : 101, 102, 174, 178.
- CHAMBRE (Mont de la —, Allues-Belleville) : 102, 107, 108.
- CHAMPAGNY (Bozel) : 96, 97, 102, 109, 110, 111, 131, 133, 137, 178, 187, 189, 191.
- CHAMPDERNIER (Concession de —, Bozel) : 96.
- CHAMPET (Isère) : 133, 134, 135, 136, 137, 212.
- CHAMPS (Les —, Arc) : 64, 194, 216.
— (Bozel) : 113, 171.
- CHAPELLES (Mine des —, Isère) : voir Montgirod.
- CHAPLUT (Arc) : voir Sordières. Veine — : 47.
Microdiorite de — : 51, 64, 194.
- Charbon** : 17, 18, 21, 22, 23, 60, 99, 211.
Analyses de — : 230.
Rôle du — dans la tectonique : 200.
— cokéfié ou graphitisé : 41, 209, P VIII.
— en grains dans la microdiorite : 64.
— remanié dans des roches sédimentaires : 99, 106, P VI.
Mylonitisation du — : voir mylonite.
Composition des cendres du — de Modane : 68.
- CHARBONNIÈRE (Concession de la —, Arc) : 57.
- CHARDONNET et PRA (Concession de —, Isère) : 118.
- CHARMAIX (Modane) : 68, 70, 71, 72, 87.
- CHARMETTES (Chalets des —, Modane) : 70, 88.
- CHARNAVEL (Pas de —, Allues) : 106.
- CHARVE (Mont —, Ruitor) : 127, 132, 159, 191, 218.
- CHASSE (La —, Belleville) : 97.
- CHATEAU BLANC (Ruitor) : 142.
- CHATEAU BOURREAU (Arc) : 44, 52, 62, 88, 167, 208.
- CHATELARD (Belleville) : 103, 104, 189.
— (Isère, Ste Foy) : 124, 126, 129.
- CHATELET (Grand —, Isère) : 116, 152, 153, 177.
- CHAVIÈRE : 91, 166.
Col de — : 88.
Glacier de — : 62, 73, 88, 89, 102, 108.
Lacs de — : 70.
- CHÊNAIE (Concession de la —, Bozel) : 96, 97, 99, 230.
- CHENAL (La —, Bozel) : 96.
- CHERFERIE (Montagne de —, Belleville-Allues) : 97, 101, 102, 240, P V.
- Chevauchement** : 189, 199.
— occidental de la Zone Houillère (Zone des gypses) : 37, 39, 40, 42, 84, 85, 94, 95, 117, 153, 204, 206, 214, 217, 224, 225.
— oriental (voir Vanoise) : 162.
- CHEVAL BLANC (Herbiers) : 63, 71, 86, 91.
- CHEZLU (Valloire) : 39, 57.
- CLAPIÈRE (Concession de la —, Arc) : 57.
- [CLARÉE] (La —, Briançonnais) : 63, 67, 74, 76, 194, 197.
Plis de l'Aquila dans la vallée de la — : 66.
- Chlorite** : 46, 55, 135, 136, 142, 146, 224.
— en filons : 103, 136, 154, 209.
— dans les roches sédimentaires : 88, 89, 90, 97, 98, 103, 104, 113, 126, 209.
— dans les micaschistes : 141.
— dans les roches éruptives ou présumées telles : 64, 65, 96, 100, 120, 132, 211, P IX.
- Chloritoïde** : 143, 212.
- Chlorobiotite** : 142.

- Cinérite** (présumée) : 42, 68, 74, 78, 104, 105, 126, 137, 138, 149, 150, 179.
 — en galet : 25.
 Fausse — : 170.
- Cipolin** : 146, 150, 159, 161, 162, 210, 212.
- COBURNE** (Mont —, Arc) : 63, 64.
- COCHET** (Belleville) : 103, 104.
- COLLET BLANC** (Belleville, près de la pointe de la Fenêtre) : 105.
 — (Belleville, près de la pointe de la Masse) : 111.
- COLLIEURE** (Veines de —, Belleville) : 106.
- COMBE CURE** (Recherches de —, Allues) : 101.
- COMBE ORSIÈRE** (Valmeinier) : 58, 76, 85, 208.
- Conglomérats** : — houillers : 25, 26, 40, 41, 42, 44, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 68, 70, 71, 72, 73, 76, 80, 85, 87, 88, 89, 92, 94, 96, 99, 100, 102, 105, 106, 107, 108, 117, 118, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 133, 135, 136, 153, 166, 224.
 — de Courchevel : voir ce terme.
 — type Louïe Blanche : *id.*
 — du Grand Assaly : *id.*
 — du Grand Châtelet : *id.*
 — à galets de roches éruptives : 40, 57, 78, 80, 85, 86, 88, 185.
 — anciens, métamorphiques (?) : 142, 144, 161, 162.
 — permians : 40, 42, 70, 76, 77, 80, 81, 85, 88, 89, 91, 99, 100, 105, 108, 109, 111, 181, 185, 186.
 — arkoses et quartzites à galets roses : voir Verrucano.
- CORBASSIÈRE** (Concession de la —, Isère) : 120, 229.
- CORBIÈRE** (Concession de —, Isère) : 118.
- Cordaïtes** : 39, 42, 56, 58, 76, 97, 98, 100.
- Corrosion** : des galets de quartz : voir ce terme.
- Corynepteris sternbergi** : 39.
- Couvertures** (Lambeaux de —) : 40, 72, 108.
- CÔTE BRUNE** (Belleville) : 101, 102, 169.
- CÔTE LANCELIN** (Isère) : 154.
- CÔTE VELIN** (Concession de —, Arc) : 68, 69, 70, 87, 229.
- CÔTE VIEILLE** (Valloire) : 40, 81, 82.
- COULOUREUSE** (Pointe de —, Ruitor) : 126.
- COUR** (La —, Bozel) : 96.
- COURCHEVEL** (Assise, conglomérats de —) : 74, 88, 96, 98, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 115, 118, 120, 122, 129, 130, 150, 153, 163, 168, 177, 179, 180, 195, 206.
- CREY DE LONGEFOND** (Bissorte) : 63.
- CREY DU QUART** (Valloire-Valmeinier) : 57, 76, 83, 84, 85, 90, 165, 166, 193, 195.
- Cuivre** : 58, 72.
- Cyclique** (Sédimentation —) : 44, 56, 118, 166.
- Dacite** : 81, 82, voir porphyrite.
- DENISE** (Pont de la —, Arc) : 44, 204.
- DENT DE VILLARD** (Bozel) : 109.
- DEUX ANTOINES** (Isère) : 152.
- Diplopores** : 39, 41.
- Diploptema** : 98.
- Discordance** : 88, 89, 90, 91, 98, 99, 101, 105, 183, 184.
- Dolomie** : 99, 101. voir calcaire, carbonate.
- DORAVIDI** (Ruitor) : 142, 144, 145.
- DOS DU PATER** (Belleville-Allues) : 106.
- DOU DU MIDI** (Bozel) : 98.
- Dysharmonies** (Rôle des —) : 184, 202, 218.
- Eboulis**, coulées de blocs : 16, 97, P III.
- Ecailles**, lames tectoniques : 204, 205.
 — de la bordure occidentale : 39, 40, 41, 42, 44, 57, 84, 85, 152, 153.
 — au sein de la Zone houillère et sur le bord oriental : 70, 102, 110, 124, 125, 136.
- EMBRASURES** (Col des —, Petit Saint-Bernard) : 125.
- Enclaves** : dans les roches éruptives : 64.
 — dans le charbon (« truites » *pro parte*) : 46, 47, 96, 201.
- ENCOMBRES** (Col des —, Arc-Belleville) : 25, 38, 41, 42, 55, 58, 85, 91, 103, 105, 111, 177, 179, 185, 186, 187, 189, 208, 214, P II.
 Nappe du Perron des — : 94.
- [ENTRAIGUES]** (Granite d' —) : 144, 194.
- ENVERSES** (Combe des —, Belleville) : 106, 163.
- Epidote** : 135, 136, 142, 144, 146, 147, 149, 151, 210, 211, 224.
 Minéral secondaire dans les roches éruptives : 64, 65, 132.

- Minéral secondaire dans les roches sédimentaires : 68, 105, 113.
 — détritique, galets d'épidotite : 122, 126, 127, 128, 129, 133, 163.
- ETARPEY (Concession de l' —, Arc) : 57, 230.
- Estheria* : 53, 59, 107.
 cf — : 120, 125.
 — *simoni* (en Briançonnais) : 59.
- Etirement**, boudinage : 25, 51, 202, P VI.
- Eventail briançonnais** : 20, 24, 25, 204, 224.
 voir aussi Schistosité.
- Failles**, accidents : 24, 47, 58, 63, 67, 68, 76, 78, 81, 97, 153, 163, 204, 207, 217.
 — transversaux : 103.
 — minéralisés : 58, 72, 82, 126, 208.
 — tardifs : 67, 134.
- FALCONNIÈRE (Isère) : 123, 124.
- FEILAY (Bozel) : 97.
- Feldspath** : — détritique : 58, 66, 81, 126, 163, 174, 187.
 — dans un schiste ferrugineux : 171.
 — dans les microdiorites : 65, 81, 96, 104, 105, 120, 132.
 — dans les « roches blanches » : 134.
 — sodiques : voir albite, albitisation.
 Altération des — : 64, 89, 112, 189.
- FENÊTRE (Pointe et col de la —, Belleville) : 103, 104, 105, 175.
- Fer** : Horizons ferrugineux dans le Houiller : 60, 167, 171, 237, 240.
 Richesse en — du Néopermien : 81.
 Nodules ferrugineux : 97. voir aussi nodules.
 Minéral secondaire : 64, 76, 89, 186.
- FLAMBEAU (Ruitor) : 143, 144, 145, 148, 211.
- FOGLIETTA (Ruitor) : 24, 115, 125, 128, 129, 130, 139, 180, 209.
- FONGE LUNE (Belleville) : 70, 87.
- FONTAINE FROIDE : 87.
 Galerie de — à la Lause, Bonnenuit et Bis-sorte : 71, 72, 87.
- [FONTAINE LE PUIITS] : 152.
- FORCLA DU BRÉ (Ruitor) : 144, 160.
- FOURCHON (Le Petit —, Valmeinier) : 67.
- Fracturation**, fissuration : — des roches en surface : 16, 225.
 — des grains de quartz : 71, 88, 89, P I.
- FRÉJUS (Tunnel de —, Arc) : 24, 68, 70, 72.
- FRENEY (Arc) : 24, 38, 68, 71, 208.
- FRETES (Col des —, Isère) : 122.
- FRIGIRITTE (Concession de —, Arc) : 68.
- FRUIT (Aiguille et col du —, Allues) : 99, 109.
- GALIBIER (Grand —, crête du —) : 41, 80, 162, 197, 206.
- Gaufrage** : 53, 103, 216. voir aussi schistosité.
- GEBROULAZ (Glacier de —, synclinal de —, Allues) : 66, 88, 89, 102, 111, 114.
- GEFFRIAND (Belleville) : 85.
- GENEUIL (Valloire) : 26, 84.
- GENEVRET (Concession du —, Arc) : 45, 47.
- Girvanelles* : feutrage de tubes rappelant des — : 76.
- Glissements** : 14, 16, 18, 44, 47, 57, 68, 108, 118, 125, P I & II.
- Gneiss** : — anciens : 89, 141, 144, 148, 150, 151, 159, 160. voir Ruitor.
 — stéphanopermiens : voir migmatites.
 — en galets : voir conglomérats.
- Goethite** : 118, 171.
- GORAND (Belleville) : 106.
- GORGE NOIRE (Concession de —, Arc) : 47, 202.
- GRAND (Col du —, Ruitor) : 144.
 Gneiss du — : 144.
- GRAND COMBE (Pas de la —, Allues-Belleville) : 101, 113.
- GRAND CRET (Isère) : 117.
- [GRANDE MOENDA] : Digitation de la — : 94.
- [GRAND PARADIS] : 162.
- GRAND PLANAY (Pâturages du —, Arc) : 70, 88.
- GRASSE TÊTE (Arc) : 51, 207.
- GRATTE (La —, Belleville) : 106, 169, 171, 237, 240.
- Grenat** : 142, 143, 147, 151, 161, 162, 211, 212; voir aussi migmatites.
- Grès** : — houillers : 44, 60, 61, 118, 173, 176, 236, 237, P V.
 — chloriteux dans le Houiller : 60, 128.
 — et schistes versicolores : voir schistes.
 — permien : 175, 193, 242, P V.
- GROS CREY (Arc) : 44, 57.
- Gymnospermes** (Bois de —) : 76, 78.

- Gypse** : 18, 21, 37, 41, 85, 88, 93, 94, 103, 104, 109, 110, 117, 123, 126, 152, 153. *voir aussi* chevauchement.
- [HAUTECOUR] : 152, 198, 206.
- HAUTEVILLE (Isère) : 123.
— (Recherches de — Moûtiers) : 153.
- HAUTEVILLE-GONDON (Isère) : 120.
- Hélicitique** (Structure —) : 136, 141, 210.
P. VII. *voir aussi* albite.
- HERBIERS (Les —, Arc) : 65, 71, 73, 74, 108, 189.
- Ilménite** : 64, 142, 147, 210. Altération en leucoxène : *voir aussi* sphène.
- INVERGNEURES (Glacier des —, Ruitor) : 128, 131, 132, 141, 142, 145, 147, 150, 159, 160, 175, 191, 248.
- JAÏRA (La —, Bozel) : 110.
- Jaspe** : Encroûtements de —, 82, 182.
— en galets : 80, 81, 83, 90, 188, 189.
- JEU (Le —, Herbiers) : 65, 71, 73.
- JOUX (La —, Ruitor) : 127.
- JOVET (Mont —) : 99, 120, 122, 186, 206.
- LACHEMONDE (Col de —, Arc) : 25.
- Laminages** : 92, 104, 108, 125, 126, 128, 131, 150, 201.
- LANDRY (Isère) : 23, 118, 166.
- Lawsonite** : 64, 113, 211.
- Leia tricarinata* (en Briançonnais) : 59.
- LÉCHÈRE (Arc) : 42.
- LENTILLÈRE (Concession de la —, Arc) : 68.
- Lepidodendron* : 53, 57, 59, 62, 63, 71, 73, 88, 89, 93, 102, 117, 118, 120, 123, 124, 125.
— *obovatum* : 62, 108.
- Lepidophloïos laricinius* : 62, 107, 125.
- Lepidophyllum* : 53, 107, 117.
— *acuminatifolium* : 59.
— *lanceolatum* : 39, 57.
— *missouriense* : 97.
— *triangularis* : 98.
- LEQUENEY (Concession de —, Isère) : 120, 121.
- LESCHAUX (Arc) : Plis de — : 66.
— (Belleville) : Plateau de — : 88, 114, 195, 214. Col. de — : 101, 105.
- Leucoxène** : *voir* sphène.
- Liparite** : Galets de — : 25, 81, 82, 83, 185, 187, 188, 189, 193.
Origine des galets de — : 193.
- LOISEL (Isère) : 136, 138.
- LONGFOY SUR AIME (Isère) : 131.
- LONGET (Lac —, Petit Saint-Bernard) : 126.
- LOU (Faisceau du lac du —, Belleville) : 106.
- LOUIE BLANCHE (Ruitor) : 13, 68, 115, 126, 127, 128, 129, 131, 137, 138, 159, 177, 181, 191, 218, P I.
- LOYDON (Pointe et col de —, Ruitor) : 128, 130, 131, 140, 160.
- LOZE (La —, Bozel) : 88, 98, 99, 102, 110, 179, 184, 185, 186, 189, 195.
- LOZIÈRE (La —, Arc) : 46, 66, 72, 216, 218.
- LUNE (Roc et col de la —, Belleville) : 103, 104, 106.
- MACOT (Isère) 25, 115, 121.
La Roche — : 120.
- Macrospores* : 53, 59, 68, 70, 107, 125, 167.
- MADELEINE (Col de la —, massif de Roche Château) : 75, 76, 90, 207.
- MALGOVERT (Galerie de —, Isère) : 120, 124, 125, 173, 216.
- MANDETTTE (Ecaille de —, Galibier) : 41.
- MARCHES (Roche et col des —, Valmeinier-Bissorte) : 65, 68, 192, 194.
- Mariopteris* : 93.
— *acuta* : 117, 118.
- MASSE (Pointe de la —, Belleville) : 25, 55, 56, 85, 106, 111, 113, 170, 207, 217.
- MAZURES (Les —, Isère) : 123, 135, 137, 212.
- MENNET (Le —, Allues) : 99, 100, 101, 102, 178, 214.
- MERCUEL (Vallon du —, Ruitor) : 125, 128, 130, 160, 212.
- MERIBEL (Allues) : 96, 169. *voir aussi* Allues.
- Métamorphisme** : — alpin, rétromorphose, recristallisations alpines : 24, 61, 68, 71, 93, 96, 101, 106, 108, 112, 120, 123, 125, 126, 128, 130, 136, 141, 142, 143, 147, 149, 150, 151, 153, 160, 161, 172, 175, 184, 202, 203, 204, 205, 206, 209, 217, 224.
Front de — alpin : 21, 113.
— ancien : 143, 209.
- Micas** : — blanc détritique : 89, 105, 106, 175, 209, 210.

- blanc et séricite dans roches éruptives ou présumées telles : 64, 100, 120.
 — *idem* dans roches métamorphiques : 100, 141.
 — noir, biotite : 106, 132, 147, 211.
 Décomposition du — noir : 65, 142, 174, 210.
- Micaschistes anciens** : voir Ruitor.
 — en galets : voir conglomérats.
- Microdiorite** : 41, 47, 51, 57, 58, 59, 64, 65, 90, 131, 137, 185, 189, 191, 193, 195, 211, 237, P VIII.
 Discussion des analyses de — : 64 (anal. 13, 14, 17), 65 (anal. 10, 18, 19).
 Différenciation des — : 65, 193.
 Disjonction en prismes des — : 47, 64.
 Schistes rappelant par leur composition certaines — : 68.
- Microplissement** : voir schistosité.
- Migmatites permienes**, — du Sapey, gneiss du Sapey : 23, 24, 68, 70, 72, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 100, 101, 108, 109, 110, 112, 115, 118, 122, 128, 130, 137, 139, 143, 148, 160, 179, 180, 184, 186, 192, 193, 195, 199, 209, 211, 212, 223, 237.
 Roche éruptive dans les — : 192, 240, 242.
- Mines de charbon** : 22, 40, 44, 46, 47, 53, 57, 87, 94, 96, 101, 106, 107, 117, 118, 224.
- MIRABOSON** (Bozel) : 171, 175.
- MIROIR** (Le —, Isère) : 123, 124, 126.
- Mixoneura** : 51, 58, 94, 97, 98, 99, 101, 109, 125.
 — *flexuosa* : 97, 101.
 — *ovata* cf. *deflinei* : 97.
 — *sarana* : 56.
- MODANE-FOURNEAUX** (Arc) : 38, 63, 68, 70, 71, 72, 91, 92, 93, 112, 113, 168, 180, 184, 185, 186, 210, 240.
 Permien et Permotrias de — : 87, 189.
- MONCOIR** (Lac —, Allues) : 101.
- MONT** (Le —, Bozel) : 96.
 Col du — (Ruitor) : 130, 131, 139, 143, 144, 212.
 [— **POURRI**] : 115, 122, 146, 179, 186.
- MONTAGNY** (Mine de —, Bozel = concession de la Chénaie) : 23, 94, 96, 97, 99, 102, 111, 177, 178.
- MONTAIRMONT** (Arc) : Permien de — : 181.
- MONTAULEVER** (Recherches de —, Belleville) : 107.
- MONTCHAVIN** (Concession de —, Isère) : 118, 120.
- MONTÉE DU FOND** (Col de la —, Belleville-Arc) : 62.
- MONTGILBERT** (Isère) : 18, 121.
- MONTGIROD** (Concession de —, Isère) : 117, 119, 120, 167, 171, 211.
- MONTISSOT** (Valloire) : 83, 84.
- MONTORLIN** (Isère) : 118.
- MONTSETI** (Crête de —, Isère-Ruitor) : 17, 128, 130, 139, 141, 142, 160.
- MONTVALEZAN** (Isère) : 130, 216, 218.
- MORANCHE** (Bozel) : 99, 102.
- Moraines** : 14, 16, 17, 68.
- MOTTARET** (Le —, Allues) : 101.
- MOTTET** (Le —, Valloire) : 80, 81.
 — (Belleville) : 106.
- MOULINS** (Vallon des —, Isère) : 123, 125, 126.
- MOUNIO** (Herbiers) : 67, 72, 86, 91, 168.
- MOUSSELARD** (Forêt du —, Isère) : 123, 124.
- MOÛTIERS** : 93, 94, 181.
 Permien de — : 152.
 Digitation de — : 223.
- Murs, sols de végétation** : 46, 71, 73, 202. voir aussi *Stigmaria*.
- MUSSILLON** (Allues) : 101, 169.
- Mylonite, mylonitisation** : — anciennes : 100, 126, 138, 142.
 — alpines : 51, 103, 114, 122, 126, 133, 208, 217, 225.
 — de charbon (« molle ») : 18, 200, 201, 217, 230.
- Myrmékite** : 135, P IX.
- Naiadites* : cf. — : 96.
- Namurien** : 90, 160, 165.
- Neuropteris flexuosa* : 56, 120, 125.
 — *gigantea* : 39, 93, 117, 125.
 — *linguaefolia* : 51, 57, 93.
 — *obliqua* : 58.
 — cf. *schlehani* : 125.
 — *soreti* : 120.
 — sp : 58, 59.
- NEUVACHE** (Valmeinier) : 17, 44, 58.
 Galerie de — Bissorte : 17, 58, 63, 67, 166, 169, 208.
- NEUVACHETTE** (Vallon de la —, Valloire) : 44, 57, 74, 76, 83, 84.

- [NÉVACHE] (Vallée de —, Briançonnais) : 162, 165, 168.
 Pointe de — : 59, 67, 74, 167.
- [NIÉLARD] (Digitation du —) : 94.
- Nodules**, clayats, lentilles carbonatées : 42, 53, 56, 58, 83, 85, 86, 88, 94, 101, 104, 118, 122, 123, 125, 167, 169.
 — remplaçant des fossiles : 53, 62, 88, 167, 189, P IV.
- NOIRE (Aiguille —, massif de Roche Château) : 76, 79.
- NOTRE DAME DU PRÉ (Recherches de —, Moûtiers) : 153.
- NOVA (Combe de la —, Isère) : 152.
- NOYERAY (Isère) : 123, 125.
- Odontopteris* : cf. — : 98.
- ORELLE (Arc) : 66, 203.
- Ostracodes* : — présumés : 74, 78, 80, P IV.
- PARAMONT (Mont —, Ruitor) : 147, 148.
- PAS DE COTÉRIEUX (Valloire-Valmeinier) : 76.
- PAS DES GRIFFES (Valloire-Valmeinier) : 76.
- PAS DU ROC (Arc) : 37, 94, 152.
- PAS D'EN HAUT OU PASO ALTO (Ruitor) : 128, 130.
- PÉCLET (Mont de —, Belleville) : 99, 102, 108, 177.
 Aiguille de — : 89, 90, 102, 110, 193, 240.
 Torrent de — : 90.
 Vallon de — : 103, 104, 105.
- PÉCLET-POLSET (Massif de —) : 63, 87, 88, 91, 92, 101, 108, 111, 168, 180, 186.
- Pecopteridium* : 56.
- Pecopteris arborescens* : 98, 100.
 — *candollei* : 56.
 — *cyathea* (et *P. cyatheoides*) : 58, 97, 98, 100, 101.
 — *feminaeformis* : 99.
 — *hemitelioïdes* : 99, P. cf. — : 100.
 — *lamurensis* : 55, 56, 58, 85, 94, 97, 98, 100, 101, 106, 120.
 — *longiphylla* : 55.
 — *miltoni* : 26 (en Valais).
 — *opulenta* : 56.
 — *oreopteridia* : 56, 120.
 — *pennaeformis* : 59. cf. — : 125.
 — *pluckeneti* : 97, 98.
 — *plumosa-dentata* : 39, 56, 101.
 — *polymorpha* : 42, 58, 98, 99, 100, 101.
 — *saraepontana* : 42.
 — *unita* : 42, 98.
- PEISEY NANCROÏT (Isère) : 122, 129, 131, 138, 210.
 Recherches de — : 120, 202.
- Pennine** : voir chlorite.
- PERCHES (Les —, Valmeinier) : 58, 85, 166.
- Permien** : 39, 40, 42, 85, 103, 152, 153, 163, 183, 184, 198, 200, 205, 223, 224, 237.
 Eopermien, Permien inférieur : 73, 76, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 90, 91, 92, 104, 109, 120, 129, 138, 177, 179, 180, 181, 184, 185, 186, 195, 199, 210, 214, 223.
 Néopermien, Permien supérieur : 41, 63, 70, 71, 72, 78, 79, 82, 83, 85, 87, 88, 90, 91, 92, 98, 99, 101, 104, 105, 110, 112, 123, 179, 183, 195, 209.
 Permotrias (voir aussi Verrucano) : 40, 57, 63, 71, 79, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 101, 105, 110, 125, 169, 181, 185, 187, 194, 199.
- PERONNET (Rochers du —, Encombres) : 42, 85, 91, 185.
- PERRIÈRE (Bozel) : 96.
- PIERRE BECQUA (Concession de —, Bozel) : 96, 225.
- Phases tectoniques** : — hercyniennes : 166, 198, 200.
 — sudète : 143, 198, 199.
 — asturienne : 74, 89, 92, 178, 194, 199.
 — saalienne : 74, 83, 92, 137, 143, 149, 160, 185, 186, 189, 194, 195, 199.
 — palatine : 187, 188.
 — ségalaunienne : 25.
 — allobrogiennne : 25.
- Phosphore** (Teneur en —) : 100, 161, 171, 175, 246, 248.
- Phtanite** : — interstratifié : 56, 74, 76, 91, 105, 171, 172, 179, 180, 210, P IV.
 Zones siliceuses noires dans des calcaires, lydiennes : 77, 78.
 — ancien : 145.
 — en galets dans les conglomérats : 62, 71, 76, 80, 81, 99, 105, 107, 122, 124, 125, 126, 153, 163.
- Phyllopodés* (Empreintes attribuées à des —) : 68, 70, 120, 125, 167.

- PIERRE BLANCHE** (Col de —, Arc-Belleville) : 53, 55, 56, 85, 106, 207, Lac de — : 107.
- PISSEVIELLE** (Isère) : 136.
- PISSINE** (Pointe et Baisse de la — Valloire) : 75, 76, 81.
- Pistes de vers* dans le Houiller : 62, 63, 101, 107, 118.
- Plagioclases** : voir feldspaths.
- Plagioclasesolites** : voir microdiorite, porphyrite.
- PLAGNE** (La —, Isère) : travers bancs de Plante Melay : 120.
- PLAN** — D'ARC (Concession de —, Arc) : 46, 230.
— DU COLLET (Belleville) : 104, 105.
— DE TUEDA (Allues) : 99.
— DE L'EAU (Belleville) : 107.
Châlet du — (Allues) : 174.
- PLANAMONT** (Concession de —, Isère) : 18, 120, 121.
- PLANGNEUX** (Ravin de —, Isère) : 117.
- PLANTA** (Concession de la —, Isère) : 120.
- Plis** : 56, 202, 224.
— orthogonaux, transversaux : 25, 71, 73, 97, 203.
— couchés : 205.
— couchés sur le bord occidental de la Zone Houillère : 43, 118, 126.
— couchés au sein de la Zone Houillère et sur le bord est : 65, 66, 67, 100, 102, 108, 118, 122, 171, 204.
Voir aussi profils au 1/50 000 en annexe.
- Plomb** : 22, 23, 72.
- POLSET** : Aiguille de — : 89.
Dôme de — : 89.
Glacier de — : 65, 89, 113.
Vallon de — : 16, 68, 70, 73, 88, 218.
Châlets de — : 70, 88.
Voir aussi Péclet-Polset (massif de —).
- PONSONNIÈRE** (Valloire) : 84, 85, 105, 132, 137, 163, 168, 180, 184, 185, 188, 189, 192, 207, 208, P III.
Coupe de la — : 80.
Assise de la — : 80, 82, 83, 85, 90, 91, 185, 195.
Col de la — : 82, 83, 90.
Alluvions de la — : 14.
- PONTURIN** (Isère). Vallée du — : 120, 122.
Galerie du — à Tignes : 179, 189, 211.
- Porphyre** : 81.
— quartzifère (certain ou possible) : 40, 81, 82, 90, 104, 105, 137, 150, 187, 189, 195, 199, 237, P VIII.
—, rhyolite en galets : voir conglomérat.
- Porphyrite** : 81, 82, 90, 132, 185, 186, 189, 191, 192, 194, 195, 237.
- POUSSET** (Arc) : 44, 46, 47, 51.
- PRA** (La —, Arc) : 61, 64, 66, 68, 94, 107, 108, 165, 175, 194, 218.
Le — (de Saint-Bon, Bozel) : 96, 97, 109.
- PRACHEPAIX** (Bozel) : 97, 99.
- PRIAUX** (Les —, Belleville) : Horizon de phtanite des — : 105.
- Prasinite**, ovaridite : 96, 127, 131, 132, 133, 139, 142, 144, 147, 150, 159, 161, 162, 189, 191, 195, 211, 237.
- Prehnite** : 64, 211, P VII.
- Psammitite** : 44, 55, 60, 68, 70, 71, 72, 87, 88, 89, 94, 101, 108, 117, 118, 123, 125, 153, 174.
- Pyrite** : — dans les roches éruptives : 64, 97, 120.
— dans les roches sédimentaires : 68.
— dans les roches métamorphiques : 146.
- Quartz** : — primaire ou secondaire des microdiorites : voir ce titre.
— « rhyolitique » : 40, 46, 81, 84, 98, 102, 104, 105, 131, 179, 195, P VIII.
— corrodé secondairement : 40, 88, 105, 175, 210, P V.
— secondaire des roches sédimentaires : 71, 90, 96, 171, 211.
Galets de — noir ou gris : 58, 173. *Voir aussi* conglomérats.
Filons de — : 51, 55, 56, 67, 72, 103, 106, 136, 154, 207, 217.
- Quartzite** : — ancien : 146.
— permien : 41, 70, 101, 104, 110, 189.
— du Permotrias : 82, 86, 87, 104.
— werfénien : voir Werfénien.
- Queues** de charbon : 47, 201.
- RAMÉE** (La —, Allues) : 100.
- RATEAUX** (Les —, Encombres) : 42.
- RATIAUX** (Pointe des —, Valloire) : 83.

- Ravinement** de bancs dans le Houiller : 44, 174.
- RECLUS** (Vallon du —, Isère) : 123, 125.
- Recristallisations** : Voir métamorphisme.
- REDOUTE RUINÉE** (Petit-Saint-Bernard) : 125, 168.
- RÉEL** (Concession de —, Isère) : 118.
- RÉNOD** (Arc) : Pointe — : 38, 61, 64, 70, 194, 218, P II.
- Rochers** — : 63, 72.
- RETOUR** (Passage du —, Ruitor) : 126.
- Rétromorphose** : Voir métamorphisme.
- Rhizodopsis sauroïdes* : 59, 168, P IV.
- Rhodea* : 125.
- Rhyolite** : Voir porphyre quartzifère.
- Roc** : — **DE FER** (Belleville) : 102.
— **DU MOINE** (Bozel) : 109, 110, 180, 237.
— **ROUGE** (Herbiers) : 72.
- ROCHACHILLE** (Massif de Roche Château) : 74, 76, 78, 79, 81, 82, 85, 90, 163, 185, 207.
Série de — : 80, 83.
- « **Roche blanches** » : 100, 111, 133, 149, 191, 212, dépliant, 239, 240, P IX & X.
- Roches éruptives** : dépliant. Voir microdiorite, porphyre, porphyrite, prasinite.
— indéterminées ou douteuses : 42, 84, 85, 90, 91, 96, 105, 120, 133, 147, 150, 159, 178, 180, 191, 195.
— en galets dans les conglomérats : Voir ce terme.
- ROCHE CHATEAU** (Massif de —, série de —) : 44, 74, 76, 81, 83, 84, 90, 91, 104, 105, 110, 112, 138, 163, 177, 179, 180, 184, 185, 186, 187, 207, 210.
- ROCHER** : — **BERNARD** (Valloire) : 39.
— **DES DENTS** (Arc) : 70.
— **DU LAUS** (massif de Roche Château) : 77, 78, 79, 80, 84, 184.
— **DE SAINT-PIERRE** (Valloire) : 39.
- ROCHILLES** (Les —, Valloire) : 80, 162.
- ROUSSE** (Aiguille —, Isère) : 123.
(Pointe —, Isère, Ste-Foy) : 126, 129.
- Rubéfections** : 86, 89, 150.
- RUITOR** (Massif du —) : 24, 92, 115, 116, 122, 123, 125, 127, 128, 129, 130, 132, 136, 139, 159, 165, 175, 178, 194, 198, 199, 207, 210, 211, 217, 218.
Tête du — : 144, 160.
- Rutile**, sagénite : 97, 136, 142, 210.
- SAINT-ANDRÉ** (Arc) : 61, 63, 64, 68, 70, 72, 87, 210, 237.
- SAINT-BERNARD** (Grand —) : 126, 141, 151, 169, 184, 198, 211, 212.
Nappe du — : 25.
Petit — : 17, 23, 25, 26, 115, 117, 123, 125, 126, 128, 130, 131, 132, 153, 160, 165, 166, 168, 191, 210, 212, 214.
- SAINT-BON** (Bozel) : 94, 109, 110, 138.
- SAINT-CLAUDE** (Nant —, Isère) : 133.
- SAINT-ETIENNE** (Arc) : 68, 72, 218.
- SAINTE-FOY-TARENTAISE** : 124, 131, 133, 137, 191, 212.
- SAINTE-MARGUERITE** (Passage —, Herbiers) : 71, 86.
- SAINT-MARTIN-DE-BELLEVILLE** : Voir Belleville.
- SAINT-MICHEL-DE-MAURIENNE** : 16, 44, 72, 94, 108, 166, 168, 217.
- SALINS** (Faisceau de —) : 26, 93, 116, 152, 168, 176, 206, 223.
- SALLA** (Ruisseau de la —, Isère) : 120, 122.
- SANDONEIRE** (Pointe et crête de la —, Arc) : 51, 61, 63, 65, 66, 165, 166, 192, 194, 203, 205, 250.
- SANGÔT** (Concession de —, Isère) : 25, 120.
- SAN GRATO** (Lac —, Ruitor) : 144, 146, 149, 159, 211.
- SANTA MARGHERITA** (Refuge de —, Ruitor) : 92, 122, 127, 130, 140.
- SAPEY** (Fort du —, gneiss du —, Arc) : 16, 63, 68, 87, 88, 91, 92, 180. Voir aussi migmatites.
- SARRAZINS** (Pointe et crête des —, Herbiers) : 61, 63, 66, 71, 73, 86, 208.
Mine des — : 72.
- SASSIÈRE** (de Sainte-Foy, Isère) : 13, 127, 128, 130, 212, 218.
- SAULIRE** (Crête de la —, Allues-Courchevel) : 99, 100, 102, 109, 112, 133, 137, 180, 184.
- SAUSSAZ** (Concession de la —, Arc) : 24, 44, 47, 48, 175, 217, 230, P I.
- Schistes** : 175, 236, P VI.
— à matériel éruptif : 88, 98, P VIII. Voir aussi cinérite.
— blancs : 46, 60, 62, 63, 68, 70, 72, 97, 110, 113, 123, 125, 169, 237.

- gris à taches noires : 54, 55, 57, 85, 105.
 — bitumineux : 53, 94, 169, 176.
 — et grès versicolores interstratifiés dans le Houiller : 40, 54, 58, 63, 70, 76, 85, 102, 106, 125, 133, 166, 169, 170, 179.
 — Lustrés : 95, 160, 204, 207, 211, 219.
- Schistosité**, feuilletage, microplissement : 25, 51, 71, 84, 103, 106, 108, 114, 118, 123, 125, 130, 133, 136, 141, 142, 143, 145, 149, 164, 175, 204, 205, 210, 213, 224, P I, VI & VII.
- SÉRACHAUX** (Concession de —, Belleville) : 106, 107.
- Séricite** : 103, 104, 113, 143, 209, P VI. *Voir aussi* Mica blanc.
- [SERRE CHEVALIER] (Micaschistes de —) : 161.
- SÉTAZ DES PRÉS** (Valloire) : 39, 57, 74, 83, 163.
- Sidérose** : 15, 41, 67, 72.
- Sigillaire* : 53, 57, 117, 127.
- Sigillariophyllum* : 118.
- SIGNAL DES TÊTES** (Isère) : 120, 122, 127, 129, 177.
- Silicifications** : 76, 82, 127, 133, 135, 136.
- Socle cristallin** : 92, 127, 136, 139, 159, 162, 206, 224. *Voir* Ruitor.
- Sols de végétation** : *Voir* Murs.
- SORDIÈRE** (Concession de —, Arac) : 44, 47, 50, 64, 72, 94, 108, 175, 194, 202, 205, 208, 230.
- SOURCE DU VIN** (Polset, Arc) : 70, 72.
- Soude**, apport sodique : 193, 212, 224, 237, 252, 254. *Voir aussi* : « roches blanches », migmatites, métamorphisme alpin.
- Sphène**, leucoxène : 64, 65, 97, 100, 132, 135, 136, 142, 144, 146, 147, 149.
- Sphenophyllum oblongifolium* : 100.
- Sphenopteris quadridactylites* : 125.
 — Cf. *grypophylla* : 125.
 — *Sp.* 39, 125.
- Spilite** : 137, 192, 195.
- Staurotide** : 143, 151, 211.
- Stéphanien** : 58, 76, 78, 85, 90, 91, 92, 93, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 111, 112, 122, 138, 170, 177, 191, 195, 198, 199, 200, 224.
- Stéphanopermien**, Stéphano-autunien : — de l'est : 63, 70, 91, 109, 110, 149, 179.
 — de l'ouest : 73, 102 (*voir* série de Roche Château).
 — Gneiss du — *voir* migmatites.
- Stigmaria ficoïdes* : 46, 51, 56, 59, 62, 63, 66, 71, 108, 120, 125.
- Stilpnomélane** : 90, 100, 114, 126, 136, 142, 209, 211, 224, P X.
- Stratifications entrecroisées** : 44, 166, 174.
- TACHUY** (Pointe de —, Ruitor) : 127, 132.
- TAGNA** (La —, Bozel) : 94.
- TAL** (Le —, Bozel) : 96, 97, 214.
- TARENNAISE** (Assise de —) : 94, 99, 100, 101, 102, 106, 107, 108, 109, 111, 115, 116, 117, 120, 122, 128, 166, 168, 178, 206.
- THABOR** (Bissorte-Briançonnais) : 25, 59, 65, 86, 91, 165, 168, 204.
 Pic du — 63, 86, 189, 194.
- THORENS** (Arc-Belleville) : 108, 166.
 Pointe de — : 65, 68, 193, 194.
 Vallon de — 103.
 Crête de — 61, 66.
- THUILE** (La —, Isère) : 123, 125, 131.
 La — (Italie) : 129.
- THYL** (Le —, Arc) : 51, 217.
- TINCAVE** (Mine de —, Bozel) : 96, 97, 113, 212.
- Titane**. Teneur en — : 246. *Voir* sphène.
- Toit des couches de charbon** (Déformations du —) : 46, 202.
- TORTOLET** (Belleville) : 106, 175.
- TOUGNE** (Belleville) : 16, 107, 217.
 Roc de — : 101, 102, 111, 177.
- TOUGNÈTE** (Belleville-Allues) : 101, 169.
- Tourbe** : 15, 57.
- Tourmaline** : 65, 71, 80, 105, 143, 163, 210.
- TOUVET** (Mont —, Valloire-Valmeinier) : 75, 179, 237, 248.
- [TRAMOUILLON] (Briançonnais) : 177, 178.
- TRAVERSE** (La —, Arc) : 53, 85, 165.
- TRAVERSETE** (Col de —, Petit-Saint-Bernard) : 125, 126.
- Tremolite** : 120, 146, 175, 210, 212, 224.
Triletes : *Voir* macrospores.
- TRUC** (Signal du —, Arc) : 68, 71.
- TURRA** (La —, Valloire) : 84.
- [VALAIS] : 21, 27, 126, 151, 153, 173, 184, 191, 197, 198, 207, 211.
- VALAISAN** (Mont —, Petit-Saint-Bernard) : 116, 125, 126, 128, 129, 132, 178.
- [VAL D'AOSTE] : 92.

- [VALLÉE ÉTROITE] (Briançonnais) : 71.
 VALEZAN (Isère) : 118.
 VALGRISANCHE : 161.
 VALLOIRE : 11, 25, 37, 39, 57, 82, 83, 84, 91, 103, 104, 193, 214, 223.
 VALLON (Mont du —, Allues) : 99, 102, 109, 111, 112, 137, 178, 186.
 Ruisseau du Grand — (Arc) : 87.
 — D'EN HAUT OU VALLONE DI SOPRA (Ruitor) : 147.
 VALMEINIER : 17, 25, 37, 44, 57, 73, 165, 168, 202, 214, P I.
 [VANOISE] : 20, 25, 81.
 Zone — Mont Pourri : 37, 72, 109, 122, 127, 131, 133, 138, 139, 151, 159, 160, 161, 176, 181, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 192, 197, 198, 205, 207, 211, 219, 223, 226.
 VAUGELLA (Isère) : 117, 118, P I.
Veines de charbon : 18, 39, 42, 43, 46, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 65, 66, 68, 70, 71, 76, 84, 85, 86, 88, 89, 93, 94, 96, 97, 99, 101, 102, 106, 108, 117, 118, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 133, 136, 153, 165, 166, 170, 182.
 Variation des séries à — : 73.
 Vitesse de propagation des ondes dans les formations à — : 162.
 Schistes charbonneux dans le cristallin : 142, 161, 162.
 — dans le Houiller métamorphique du Mont Pourri : 198.
 Rôle tectonique des — : 184, 202.
 Irrégularités des — : 46, 47, 96, 201, 224.
 VERDON (Croix de —, Courchevel-Allues) : 99, 102.
 VERNEYS (Les —, Valloire) : 40, 57.
 VICLAIRE (Isère) : 124, 197.
 VIGNOTAN (Bozel) : 94.
 Galerie de Bozel à — : *Voir* Bozel.
Verrucano (conglomérats, arkoses et quartzites à galets roses) : 39, 40, 41, 71, 73, 76, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 91, 99, 100, 104, 110, 122, 124, 177, 183, 184, 185, 187, 188, 193, 198.
 VILLARD (Le —, Arc) : 64.
 Le — de Bozel (ou Villard goîtreux) : 95, 97, 109.
 Le — (Belleville) : 105, 106.
 VILLARLURIN (Moutiers) : 23, 93, 152.
 VILLARLY : 154, 161, 198.
 VILLAROGER (Isère) : 123, 124, 136.
 VILLEMARTIN (Bozel) : 96, 171.
 VILLEREY (Arc) : 64.
 VISARD (Concession de la —, Arc) : 57.
Werfénien (quartzites du —) : 40, 63, 65, 70, 74, 76, 79, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 90, 92, 98, 99, 103, 105, 108, 110, 118, 123, 125, 184, 187, 188, 189, 190, 194, 205, 223.
Westphalien : 37, 91, 152, 162, 191.
 — inférieur : 82, 125, 128, 160, 165, 175, 206, 224.
 — moyen : 44, 53, 57, 59, 63, 76, 82, 83, 86, 90, 93, 94, 97, 115, 117, 118, 120, 125, 128, 129, 153, 166, 168, 178, 206, 230.
 — supérieur (— D) : 37, 44, 73, 76, 90, 94, 97, 99, 107, 125, 153, 168, 170, 174, 230.
 YVOSES (Belleville) : 106.
Zeilleria frenzli : 125.
Zircon : 136, 142, 149.
Zoisite (*Voir aussi* épidote) : minéral secondaire dans les roches éruptives : 64, 65, 112, 132, 135, 211.
 — dans les roches métamorphiques : 143, 147.

TABLE DES FIGURES

	Pages
FIG. 1. — Vallée de l'Arc. Vue du col du Télégraphe	13
FIG. 2. — Coupe schématique à travers la zone houillère dans la vallée de l'Arc ..	36
FIG. 3. — Ecaille de Mandette	41
FIG. 4. — Plis déversés des Encombres	43
FIG. 5. — Veine renversée au nord de La Lozière	45
FIG. 6. — Schiste blanc de La Lozière	45
FIG. 7. — La Saussaz : coupe d'une « truite »	46
FIG. 8. — Plan et coupe de la mine de la Saussa	48 et 49
FIG. 9. — Plan de la mine de Sordières	50
FIG. 10. — Sordières : Disjonction polygonale dans le sill de microdiorite de Chaplut.	51
FIG. 11. — Empreintes de Château Bourreau	52
FIG. 12. — La Traverse. Coupe de la veine de Terre Noire	53
FIG. 13. — Coupe de la crête entre le col de Montfiot et le col de la Grand Combe ..	54
FIG. 14. — Coupe de la bande versicolore au nord du col de Pierre Blanche	55
FIG. 15. — Les Grès de la Pra, au nord-est du village	60
FIG. 16. — Affleurement des Granges	61
FIG. 17. — Filons de microdiorite dans l'appui rive gauche du barrage de Bissorte ..	62
FIG. 18. — Affleurement de roche éruptive du Villard	64
FIG. 19. — Le pli couché de la Roche de la Pelle et le Pic du Thabor	65
FIG. 20. — « Contournements des grès » en face d'Orelle	66
FIG. 21. — Plan de la mine de la Côte Velin	69
FIG. 22. — Série de Roche Château entre Valmeinier et Neuvachette	75
FIG. 23. — Coupe du col entre Roche Château et les Rochers du Laus	77
FIG. 24. — Discordance sur le versant nord des Rochers du Laus	78

FIG. 25. — Discordance sur le versant est des Rochers du Laus	79
FIG. 26. — Crête de Roche Château à l'Aiguille Noire	79
FIG. 27. — La fermeture sud du synclinal de Gebroulaz, sur le bord nord du glacier de Chavière	89
FIG. 28. — Coupe schématique à travers la zone houillère, dans la vallée de Bozel ..	95
FIG. 29. — Discordance du Néopermien sur l'Assise de Courchevel au nord de la Loze.	98
FIG. 30. — Coupe du Plan du Collet	105
FIG. 31. — Roche Salet	107
FIG. 32. — Œil à épidote dans un schiste du col de la Grand Combe	113
FIG. 33. — Coupe schématique à travers la zone houillère en Haute Tarentaise	116
FIG. 34. — Plan de la mine de Montgirod	119
FIG. 35. — Plan des mines de Planamont et Lequeney (Aime)	121
FIG. 36. — Affleurement du Pont de Champet	134
FIG. 37. — Panorama du col de Loydon : Houiller et Cristallin du Ruitor	140
FIG. 38. — Grenats alpins fissurés par un écrasement tardif	143
FIG. 39. — Banc de cipolin du Bec de l'Ane	146
FIG. 40. — Gneiss œillé blanc du Bec de l'Ane	148
FIG. 41. — Filons de quartz et filons d'aplite dans les gneiss fins du lac San Grato ..	149
FIG. 42. — Schéma de la succession des couches	156
FIG. 43. — Stratification entrecroisée dans les grès du Mont de la Challe	174
FIG. 44. — Petite veine de charbon avec queues injectées suivant les plans de schis- tosité d'un grès	201
FIG. 45. — Ondulations du toit de la veine de la Lozière	202
FIG. 46. — La Buffa. Petits bancs de grès étirés et disloqués dans les schistes	203
FIG. 47. — Entrée de la galerie Sainte-Anne, faille à remplissage charbonneux	208
FIG. 48 et 49. — Banc de grès et filonnet de quartz plissotté dans les schistes à schis- tosité oblique. Aime	215
FIG. 50. — Schistosité oblique et petits plis en « S »	215
FIG. 51 et 52. — Microplis en « S »	216

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	5
I. APERÇU GEOGRAPHIQUE	11
OROGRAPHIE. FORMES DE PAYSAGE : le modelé glaciaire, les moraines, phénomènes post-glaciaires, les alluvions, la tourbe, tufs, cônes d'éboulis, de déjection, écroulements, glissements, dislocations, fauchage, sols.	
II. SITUATION GEOLOGIQUE	20
III. HISTORIQUE	22
AVANT 1828. DE 1860 A 1915 : PREMIÈRES SYNTHÈSES. DE 1918 A 1940 : TRAVAUX RÉCENTS.	
IV. BUT DU TRAVAIL ET METHODES EMPLOYEES	28
V. PLAN DE L'EXPOSE	30

PREMIÈRE PARTIE

I. COUPE DE L'ARC	37
A. LA BORDURE OCCIDENTALE : Valloire, Encombres	39
B. LE SYNCLINAL OCCIDENTAL	44
1. Zone de Saint-Michel : allure des couches, fossiles	44
2. Série supérieure sur le versant nord	53
3. Versant sud	56
C. L'ANTICLINAL MÉDIAN	60
Le Houiller stérile. Le Houiller productif. Les niveaux versicolores, roches éruptives, failles.	
D. LA RETOMBÉE ORIENTALE	68
Le Houiller productif, au sud et au nord de l'Arc; le passage au Permien. La vallée des Herbiers. Tectonique.	

E. CORRÉLATIONS DE PART ET D'AUTRE DE L'ANTICLINAL	73
1. Les variations du Houiller	73
2. Les variations du Permien	74
a. Les coupes fondamentales	74
1. Massif de Roche Château — Rochachille — la Série de Roche Château, le Permien inférieur à calcaires, la série de Rochachille, Permotrias et Werfénien	71
2. La Ponsoinière	80
b. Les variations dans le sens S.-N. : la disparition des calcaires, Valloire, les Encombres.	83
c. Les variations d'W. en E. : Thabor, Arplane, Modane, le Sapey, Péclet-Polset	86
d. Conclusions de l'étude du Permien dans le bassin de l'Arc	90
CONCLUSIONS DE LA COUPE DE L'ARC, INSUFFISANCE DE SES DONNÉES	91
II. COUPE DE LA VALLEE DE BOZEL, LES « TROIS VALLEES »	93
A. L'ANTICLINAL MÉDIAN ET LA BORDURE OCCIDENTALE	94
1. La vallée de Bozel	94
a. Assise de Tarentaise : stratigraphie. roches éruptives. schistes blancs, fossiles.	
b. Assise de Courchevel et Néopermien sur le versant S. La coupe de Courchevel-la Loze.	
2. La vallée des Allues	99
a. coupe du Mennet à la Saulire. b. versant W et fond de la vallée, corrélations.	
3. La vallée de Belleville	103
a. bordure occidentale, coupe du Roc de la Lune. b. le synclinal occidental et l'anticlinal médian.	
B. LA BORDURE ORIENTALE	108
1. Le Houiller. 2. Assise de Courchevel, Eopermien. 3. Néopermien. 4. Filons.	
CONCLUSIONS DE LA COUPE DE LA VALLÉE DE BOZEL. L'ASSISE DE COURCHEVEL. MÉTAMORPHISME ET SCHISTOSITÉ	111
III. LE HOUILLER DE HAUTE-TARENTEISE	115
A. COUPE DANS LA VALLÉE DE L'ISÈRE EN AVAL DE BOURG-SAINT-MAURICE	117
1. Rive droite.	
2. Rive gauche : Westphalien moyen, Assise de Tarentaise, Assise de Courchevel et Eopermien, les migmatites.	
B. VALLÉE DE L'ISÈRE ENTRE BOURG-SAINT-MAURICE ET LA THUILE. LE MASSIF DU RUITOR	123
1. Coupe du vallon du Reclus à la Thuile.	
2. Du Petit-Saint-Bernard à la crête de Foglietta. Le pourtour du Ruitor.	
a. Le Houiller productif du Petit-Saint-Bernard et du vallon des Moulins. Métamorphisme, tectonique	125
b. Le Houiller conglomératique et stérile des Moulins et de la Louie Blanche. Le problème des conglomérats « écrasés »	126
CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE DU HOUILLER DE HAUTE TARENTEISE. INTERPRÉTATIONS . . .	128
1. Stratigraphie. Comparaison des différentes coupes. Age des conglomérats du Grand Assaly	128
2. Schistosité et métamorphisme	130
3. Les roches prasinitiques	131
4. Les « Roches blanches »	133
a. Le Pont du Champet. b. Les Mazures. c. Rive gauche de l'Isère. d. Conclusions. Comparaison avec la « roche blanche » de Champagny et les leptynites de la Saulire.	

IV. LE MASSIF DU RUITOR	139
COMPOSITION LITHOLOGIQUE.	
1. Micaschistes et gneiss gris : micaschistes compacts type Invergneures. Les micaschistes noirs et gris. Anciens micaschistes à staurotide. Micaschistes et gneiss gris albitiques. Gneiss fins du Grand. Quartzite gris	141
2. Les cipolins	145
3. Les « Roches vertes » : les amphibolites, les amphibolites à biotite, les schistes cristallins verts, ovardites et prasinites	145
4. Les gneiss blancs stratoïdes	148
CONCLUSIONS : ROCHES « PARA » ET ORTHO	149
V. LE FAISCEAU DE SALINS	152
Position tectonique, le Houiller schisto-gréseux, les conglomérats du Grand Chatelet	

DEUXIÈME PARTIE

INTRODUCTION	155
I. LE SOCLE CRISTALLIN	159
Schistes cristallins et Houiller. Structure du massif.	
Comparaison avec d'autres séries cristallogylliennes.	
A. SITUATION ACTUELLE DU SUBSTRATUM DE LA ZONE HOUILLÈRE	162
B. LE SOCLE DU CARBONIFÈRE	163
II. LE CARBONIFERE PRODUCTIF OU LE WESTPHALIEN lat. s.	165
A. LE NAMURIEN	165
B. LE WESTPHALIEN INFÉRIEUR ET MOYEN. EXTENSION, NIVEAUX FERRUGINEUX, FOS- SILES	165
C. ASSISE DE TARENTEISE. Extension, niveaux remarquables : horizons de schistes bitumineux, à nodules carbonatés, schistes blancs, niveaux versicolores, niveaux ferrugineux, phtanites à algues. Les roches communes du Westphalien : grès, psammites, schistes	168
III. LA « TRANSGRESSION STEPHANIENNE ». LE PERMIEN INFÉRIEUR	177
A. La « transgression stéphanienne ». Extension de l'Assise de Courchevel, dis- cordance basale, roches éruptives	177
B. L'Assise de Courchevel, l'Eopermien	179
IV. LE NEOPERMIEN	183
A. La discontinuité basale	183
B. Le Néopermien inférieur ou Assise de la Ponsonnière; la porphyrite	185
C. Les épanchements acides et le Permotrias; le « Verrucano »	187
V. ROCHES ERUPTIVES	191
A. Roches prasinitiques	191
B. Microdiorites	192

C. Les roches acides	193
D. Localisation des émissions	193
E. Chronologie des émissions	194
VI. PLACE DE LA ZONE HOUILLERE DANS LES ALPES HERCYNiennes. CARACTERES DE LA ZONE DE SUBSIDENCE	197
VIII. LE COMPORTEMENT DE LA ZONE HOUILLERE DANS L'OROGENESE ALPINE	200
A. Le comportement des roches, le charbon, les dysharmonies	200
B. Les plis	202
C. Déversement vers l'est, l'éventail briançonnais	204
D. Les grands accidents limites de la zone Houillère : 1. Le chevauchement occi- dental; 2. Le synclinal séparateur	205
E. Les autres accidents	207
VIII. LE METAMORPHISME ALPIN	209
Les minéraux : Quartz, chlorite et séricite. Les schistes à épidote. L'albitisation. Stilpnomélane, prehnite, lawsonite. La rétro-morphose des schistes cristallins du Ruitor. L'apport sodique.	
IX. LA SCHISTOSITE	213
A. Zones sans schistosité. B. Zones déformées. C. Localisation de la schistosité. D. Zonéographie, Conclusions.	

CONCLUSIONS GÉNÉRALES 221

ANNEXES

ANALYSES CHIMIQUES :

A. ANALYSES DE CHARBONS	230
B. ANALYSES DE ROCHES SILICATÉES	232
1. Liste des roches analysées	232
Tableaux d'analyses	dépliant
Analyses au spectrophotomètre à flamme	234
2. Diagrammes	
a. Diagrammes construits avec les paramètres de NIGGLI	236
1. Diagrammes triangulaires.	
2. Diagrammes cumulatifs.	
3. Diagramme de différenciation.	
b. Diagrammes construits avec les valeurs pondérales brutes	250
1. Diagramme de différenciation de JUNG.	
2. Diagrammes binaires.	

LA ZONE HOILLERE EN MAURIENNE ET EN TARENTEISE (ALPES DE SAVOIE)

OUVRAGES CONSULTES	259
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	273
INDEX ALPHABETIQUE	297
TABLE DES FIGURES	309
PROFILS AU 1/50.000 (7 déliants)	

ACHEVÉ D'IMPRIMER
LE 24 NOVEMBRE 1961
SUR LES PRESSES
DE L'IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
A GAP (HAUTES-ALPES)
N° d'éditeur : 53
Dépôt légal : 4^e trimestre 1961
N° d'imprimeur : 221

PROFILS A TRAVERS LA ZONE HOUILLÈRE

Echelle: L et H 1/50 000

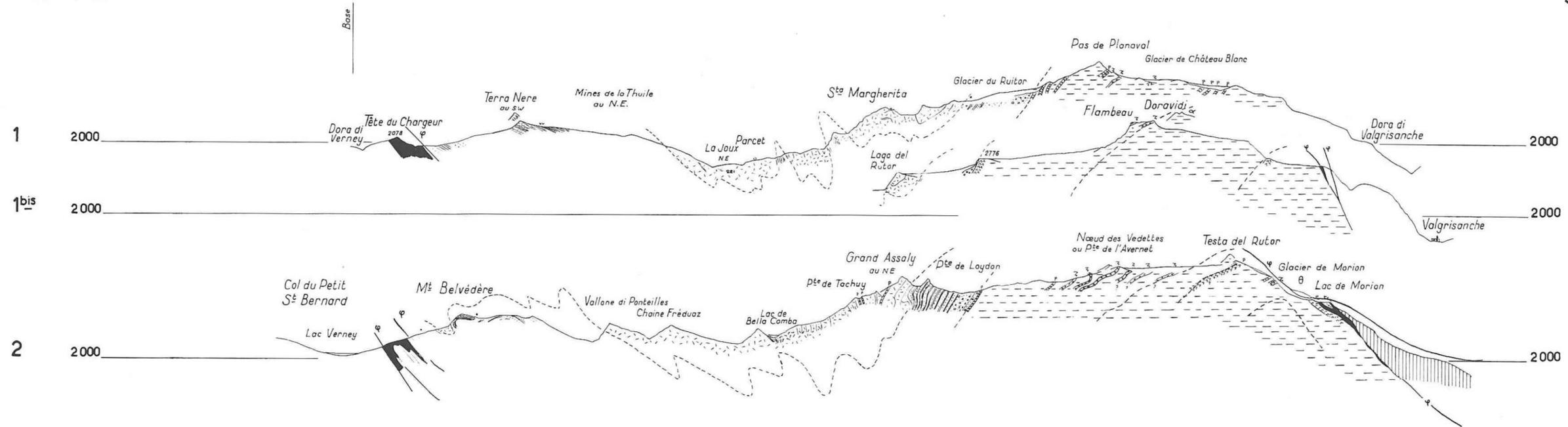
-  SL Schistes lustrés-θ serpentine
-  Crétacé
-  Lias-Jurassique
-  Gypse, cargneules G.
-  Calcaires et dolomies Tc. } Trias
-  Quartzites Tq.
-  Permatrias
-  Néopermien
-  Migmatites de la zone Sapey-Peisey
-  Eopermien et Assise de Courchevel

-  Houiller
 - Δ phtanite à Algues
 - vv niveau de schiste versicolore
 - anthracite
 - F gîte fossilifère
-  rh Permo-houiller metamorphique. Zone Vanoise-Mt Pourri.
-  π Porphyre
-  px,r Microdiorite, Porphyrite
-  Micaschistes et gneiss fins
-  p Roches prasinitiques amphibolites
-  z Gneiss blanc strat oïde
-  c Cipalin
-  α Schiste carburé

Cristallin du Rutor

N 30°W

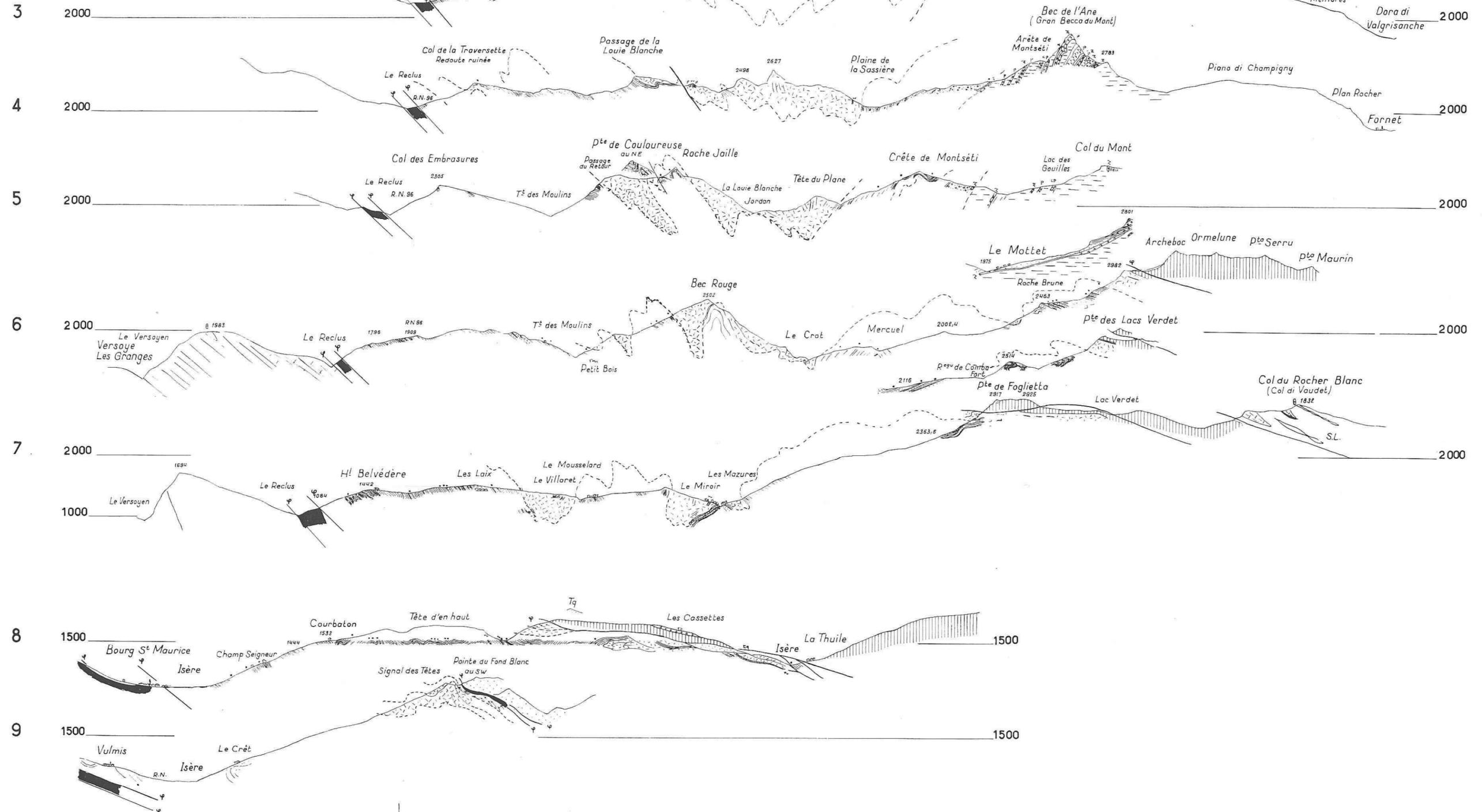
S 30°E



N 30°W

PROFIL 2

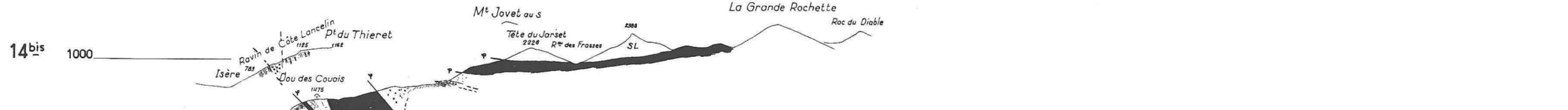
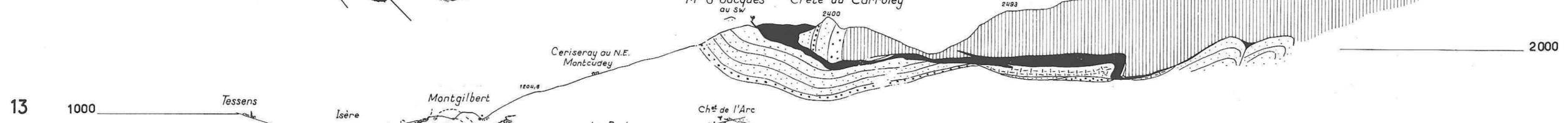
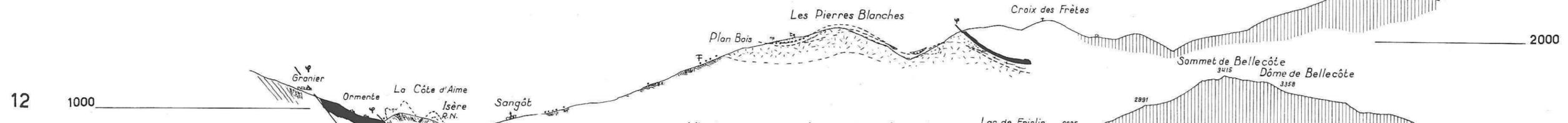
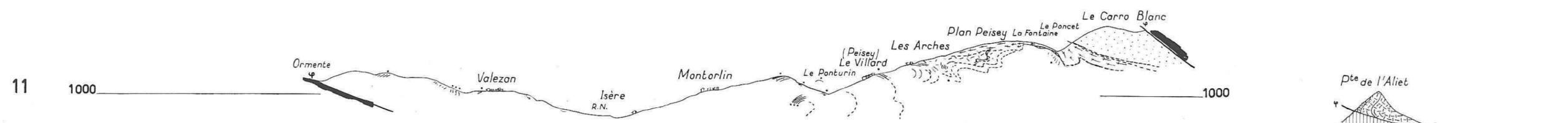
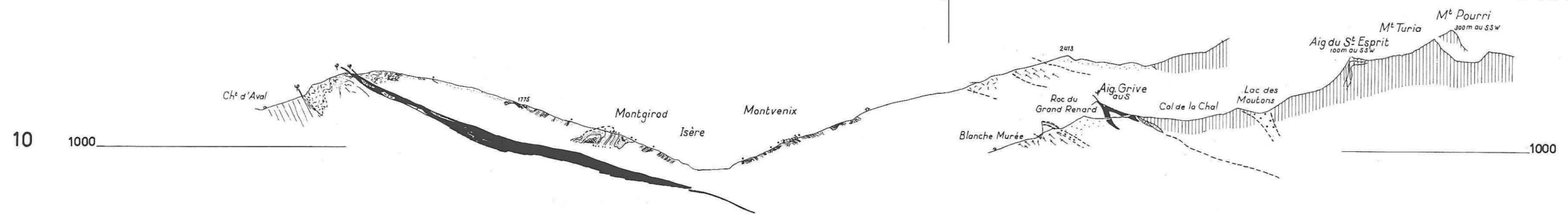
S 30°E



N 30°W

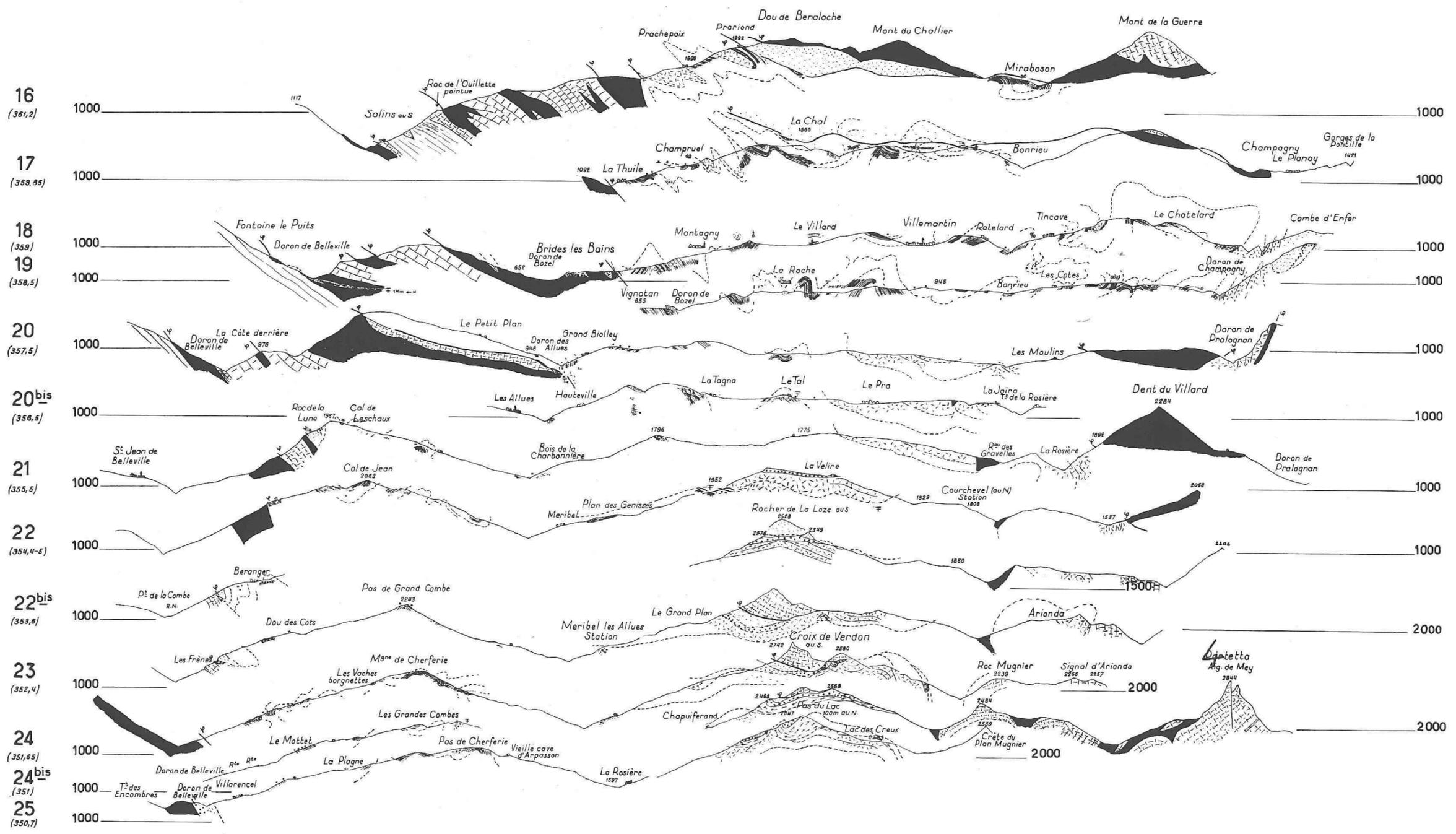
PROFIL 3

S 30°E



W

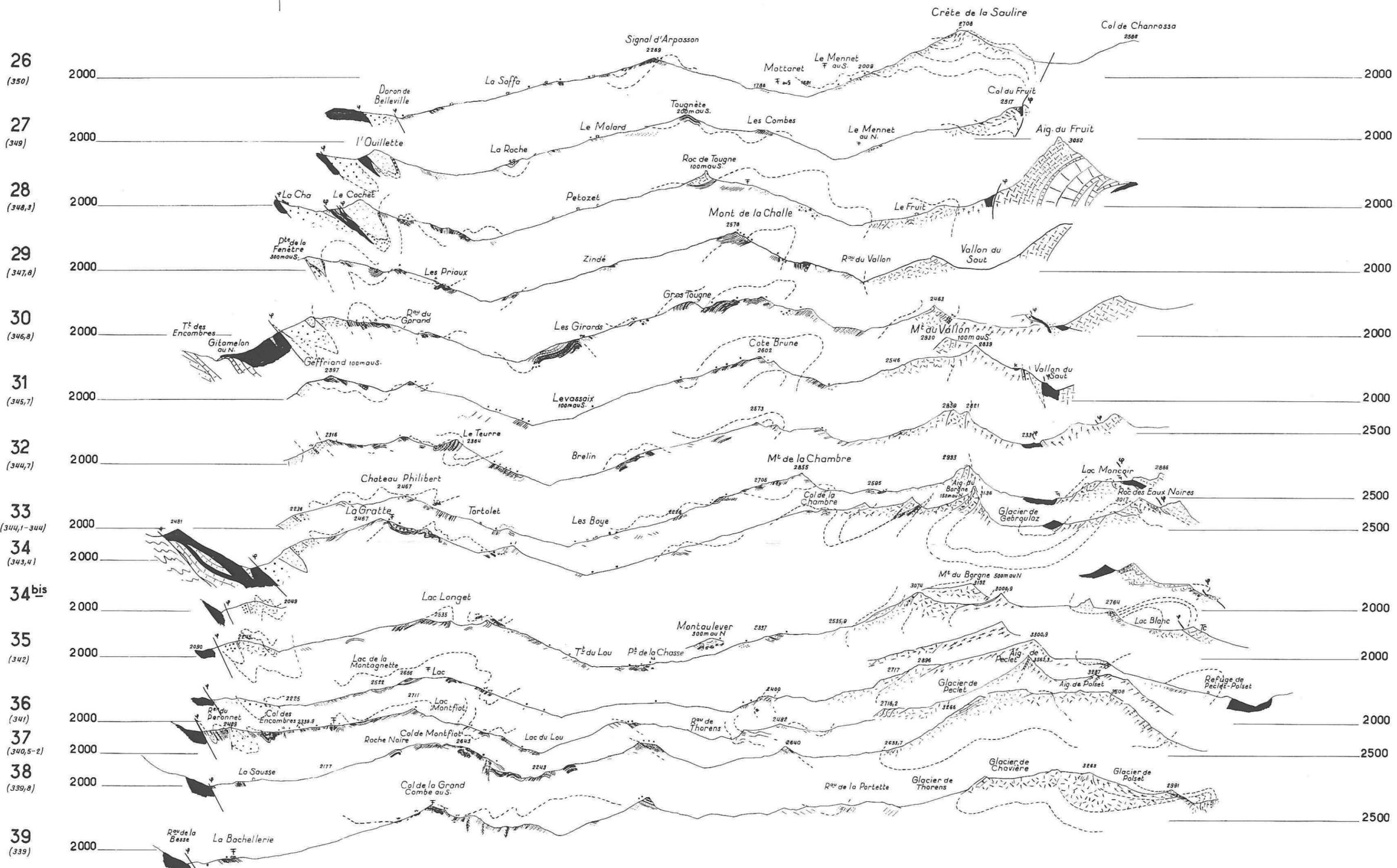
E



W

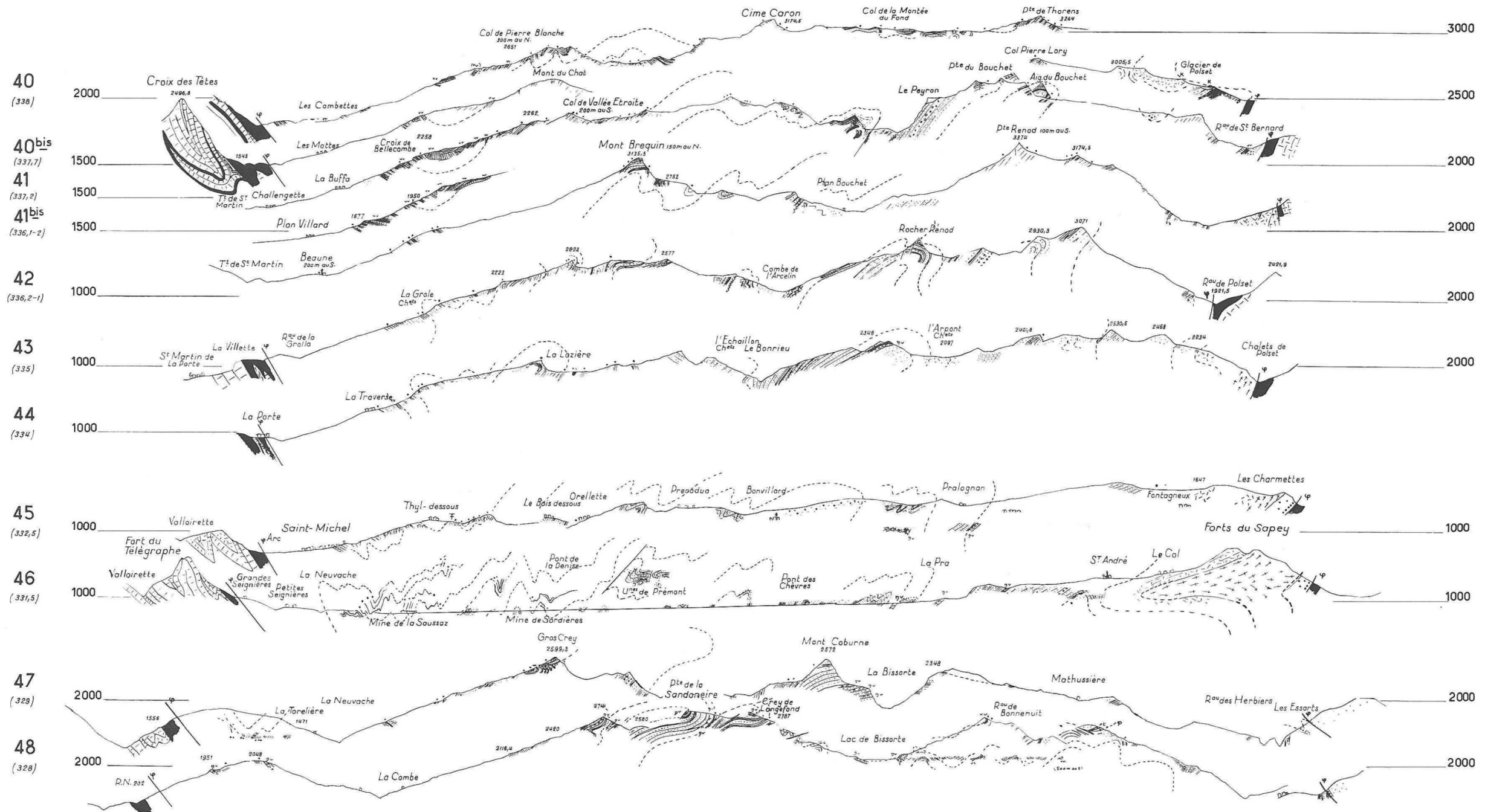
E

PROFIL 5



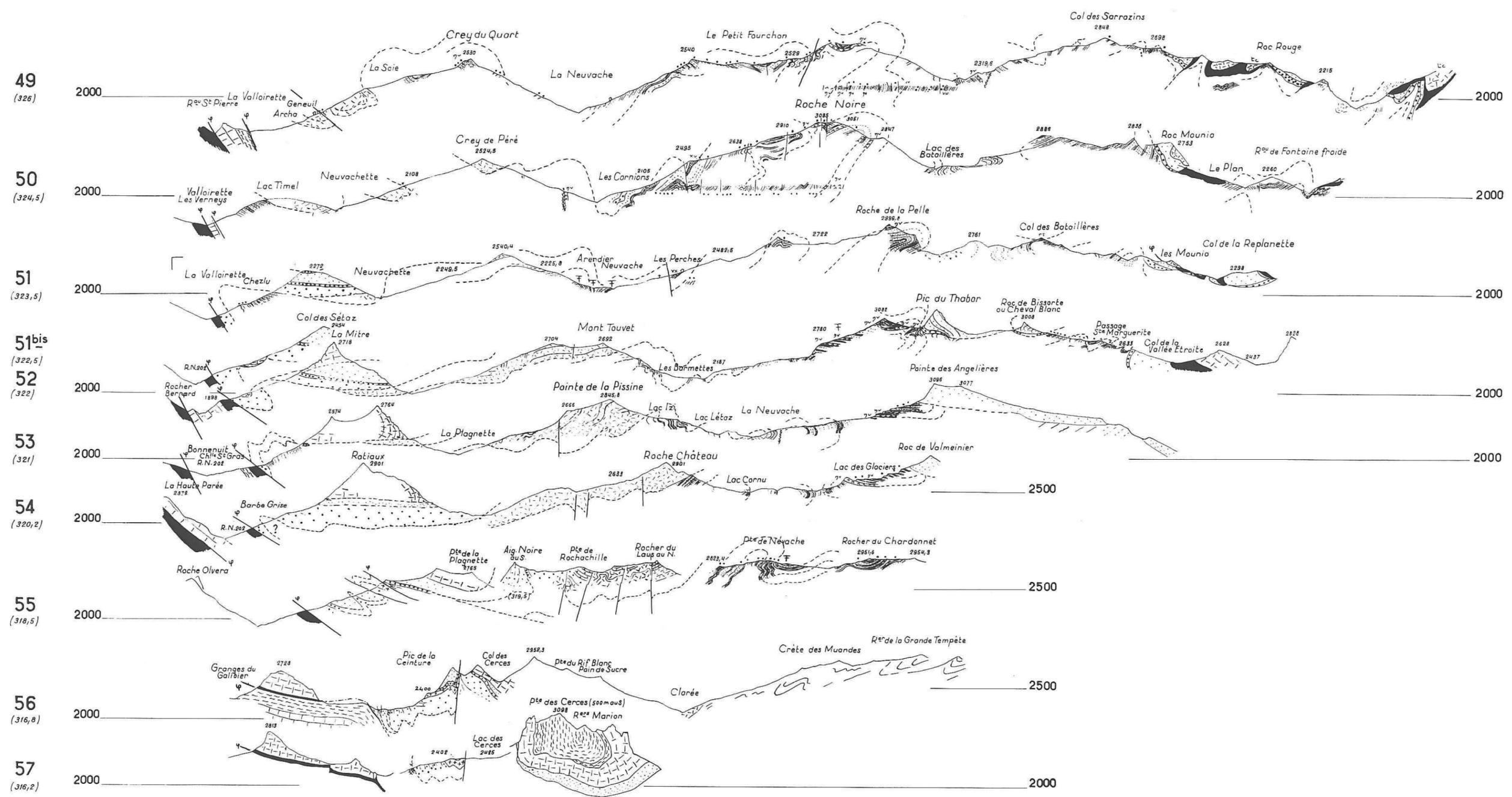
W

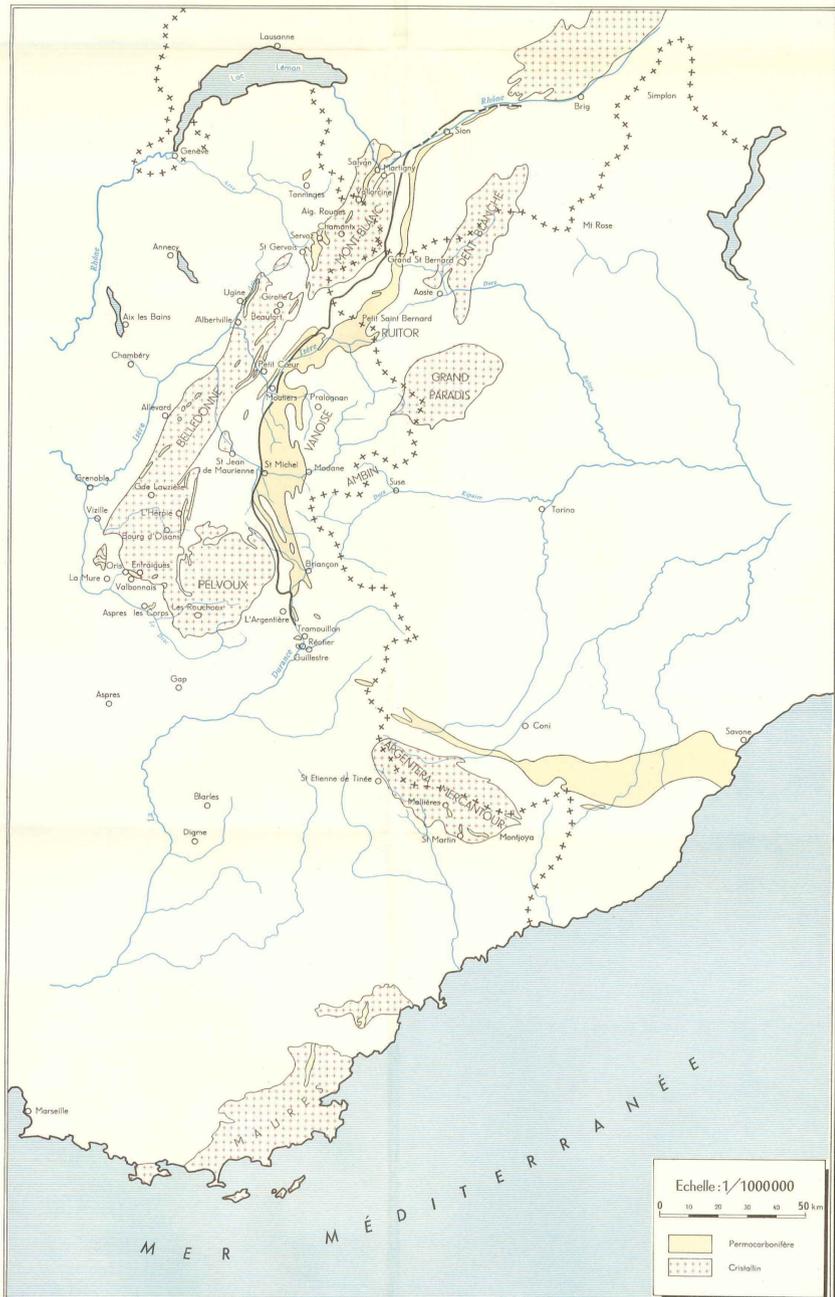
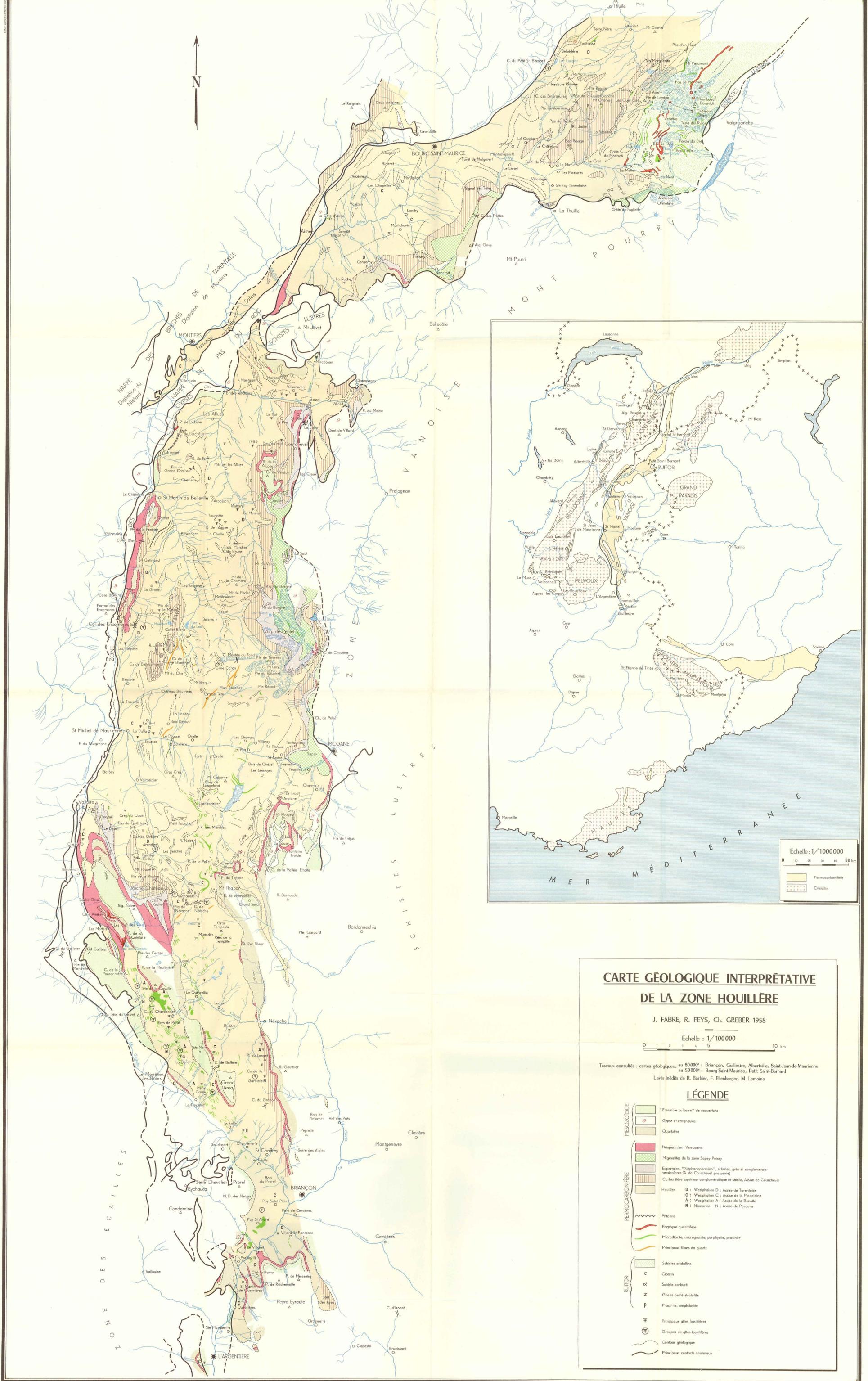
E



W

E PROFIL 7

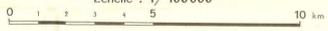




**CARTE GÉOLOGIQUE INTERPRÉTATIVE
DE LA ZONE HOILLÈRE**

J. FABRE, R. FEYS, Ch. GREBER 1958

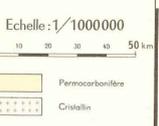
Echelle : 1/100 000



Travaux consultés : cartes géologiques : au 50 000^e : Briançon, Guillestre, Albertville, Saint-Jean-de-Maurienne au 50 000^e : Bourg-Saint-Maurice, Petit-Saint-Bernard
Levés inédits de R. Barbier, F. Ellenberger, M. Lemoine

LÉGENDE

- | | | |
|-------------------|--|---|
| MESOZOÏQUE | | "Ensemble calcaire" de couverture |
| | | Gypse et conglomérats |
| | | Quartzites |
| PERMO-CARBONIFÈRE | | Néopérien - Verrucano |
| | | Migmatites de la zone Saïpe-Païsey |
| | | Épérimien : "Stéphanoépérimien", schistes, grès et conglomérats vermiculaires (A de Courchevel pro parte) |
| | | Carbonifère supérieur conglomératique et stérile, Assise de Courchevel |
| RUÏTOR | | Hoillier |
| | | D : Westphalien D ; Assise de Tarentaise |
| | | C : Westphalien C ; Assise de la Pladoleine |
| | | A : Westphalien A ; Assise de la Benolite |
| | | N : Namurien ; Assise de Pasquier |
| | | Philitite |
| | | Porphyre quartzifère |
| | | Micradialite, microgranite, porphyryte, prasinite |
| | | Principaux filons de quartz |
| | | Schistes cristallins |
| | | Cipolin |
| | | Schiste carboné |
| | | Graiss ocellé stratifié |
| | | Prasinite, amphibolite |
| | | Principaux gîtes fossilifères |
| | | Groupes de gîtes fossilifères |
| | | Contour géologique |
| | | Principaux contacts anormaux |



Echelle : 1/1000000

Permocarbonifère
Cristallin

**CARTE GÉOLOGIQUE
INTERPRÉTATIVE
DE LA ZONE HOUILLÈRE**

Echelle : 1 / 100 000

· 7 couleurs



**PROFILS A TRAVERS
LA
ZONE HOUILLÈRE**

Echelle : L et H 1 / 50 000

(voir texte explicatif
et plan de situation pp. 295-296)