HAL
open science

La vallée du Ponturin (Vanoise septentrionale, Alpes françaises)

Francois Guillot

To cite this version:

Francois Guillot. La vallée du Ponturin (Vanoise septentrionale, Alpes françaises). Géologie appliquée. 1982. dumas-00768717

HAL Id: dumas-00768717

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00768717v1

Submitted on 23 Dec 2012

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.

MÉMOIRE

présenté à

L'UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

pour obtenir le

DIPLÔME D'ÉTUDES APPROFONDIES
DE
GÉOLOGIE DYNAMIQUE ET PRATIQUE

mention GÉOLOGIE APPLIQUÉE

La vallée du Ponturin
(Vanoise septentrionale, Alpes françaises)

par

François GUILLOT

présenté le 21 Juin 1982 devant la commission d'examen

E R R A T A

p. 15 - coupe E : σ : laccolite

p. 27 - § C, ligne 2 : remplacer (ξ, r_A, $h\sigma$, $h\sigma$, ζ) par (ξ, r_A, $h\sigma$, $h\sigma$, ε, ζ)

p. 27 - tabl. 2, 3ème col., ligne 14 : micas

p. 31 - fig. 25 : "υ " : rajouter "Canevas de Schmidt"

p. 32 - fig. 26 : id.

p. 33, 2ème §, ligne 4 : "à sa base". Rajouter :", sur la Crête de la Cicla, là où les couches se redressent, comme on le voit fig. 14 et sur le schéma tectonique (pl. h.t.)"

p. 34 - fig. 27 : comme fig. 26 et 25.

p. 36 - 6ème ligne : remplacer "Leur âge, leurs conditions de formation, l'étude de" par "Des études sur leur âge, leurs conditions de formation, leur couverture"

pl. h.t. - Coupe AA : remplacer W par WNW

MÉMOIRE

présenté à

L'UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

pour obtenir le

DIPLÔME D'ÉTUDES APPROFONDIES
DE
GÉOLOGIE DYNAMIQUE ET PRATIQUE

mention GÉOLOGIE APPLIQUÉE

La vallée du Ponturin

(Vanoise septentrionale, Alpes françaises)

par

François GUILLOT

présenté le 21 Juin 1982 devant la commission d'examen

AVANT-PROPOS

M. J.F. Raoult m'a confié l'étude d'un secteur difficile de la Vanoise. Ses conseils et son aide attentive ont accompagné ensuite le déroulement de ce travail . Pour la confiance et le temps qu'il m'a accordés, je le remercie aujourd'hui.

M. J. Paquet a autorisé mon inscription en D.E.A. sur deux ans. M. M. Waterlot m'avait accueilli dans cette maison, et m'avait proposé également un sujet de mémoire, dans les Ardennes (pour le grenoblois que je suis, le mal du pays a été trop fort). Je remercie ces deux professeurs de leur confiance a-priori.

Lors de fréquentes discussions avec MM. J.L. Mansy, F. Meilliez, et J. Terry, sur les problèmes pétrographiques et microstructuraux, ces chercheurs expérimentés m'ont appris une plus grande prudence, et donné de fructueuses idées. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude.

Pour le dessin de la carte, j'ai pu profiter de minutes inédites de M. F. Ellenberger, et de M. P. Saliot. Sur le terrain, j'ai bénéficié des conseils de MM. J. Fabre, F. Ellenberger, et B. Goffé, lors d'excursions communes en Vanoise. Les habitants de Peisey, le personnel du refuge de Rosuel m'ont accueilli dans leur vallée. A tous, merci.

L'efficacité, la rapidité, l'habileté de Mme E. Hanton ont été des secours inestimables lorsqu'il a fallu dactylographier ce mémoire (que d'erreurs ont été évitées grâce à elle !). C'est à Mme A.Brebion que je dois le tirage des planches, malgré son emploi du temps surchargé. MM. Dorn et Cornil m'ont guidé pour la préparation des lames minces qu'ils ont réalisées, et je les remercie de leur patience.

Signalons enfin que la mission a pu se faire grâce à une subvention de M. le Directeur et du Comité Scientifique du Parc National de la Vanoise, qui m'ont également accordé la gratuité dans les refuges de montagne.

CHAPITRE I

G E N E R A L I T E S

A. INTRODUCTION.

1. Buts du présent travail.

Cette étude géologique d'un secteur de 7 km x 5 km dans l'angle NE de la feuille I.G.N. Moûtiers à 1/50 000 est basée sur un levé cartographique à 1/10 000, accompagné de coupes sériées et d'un schéma tectonique (pl. h.t.). Le mémoire fait un bilan des travaux antérieurs qui concernent ce secteur de la Vanoise. La description lithostratigraphique, l'étude pétrographique et structurale des formations servent de base à une nouvelle interprétation de l'histoire géologique.

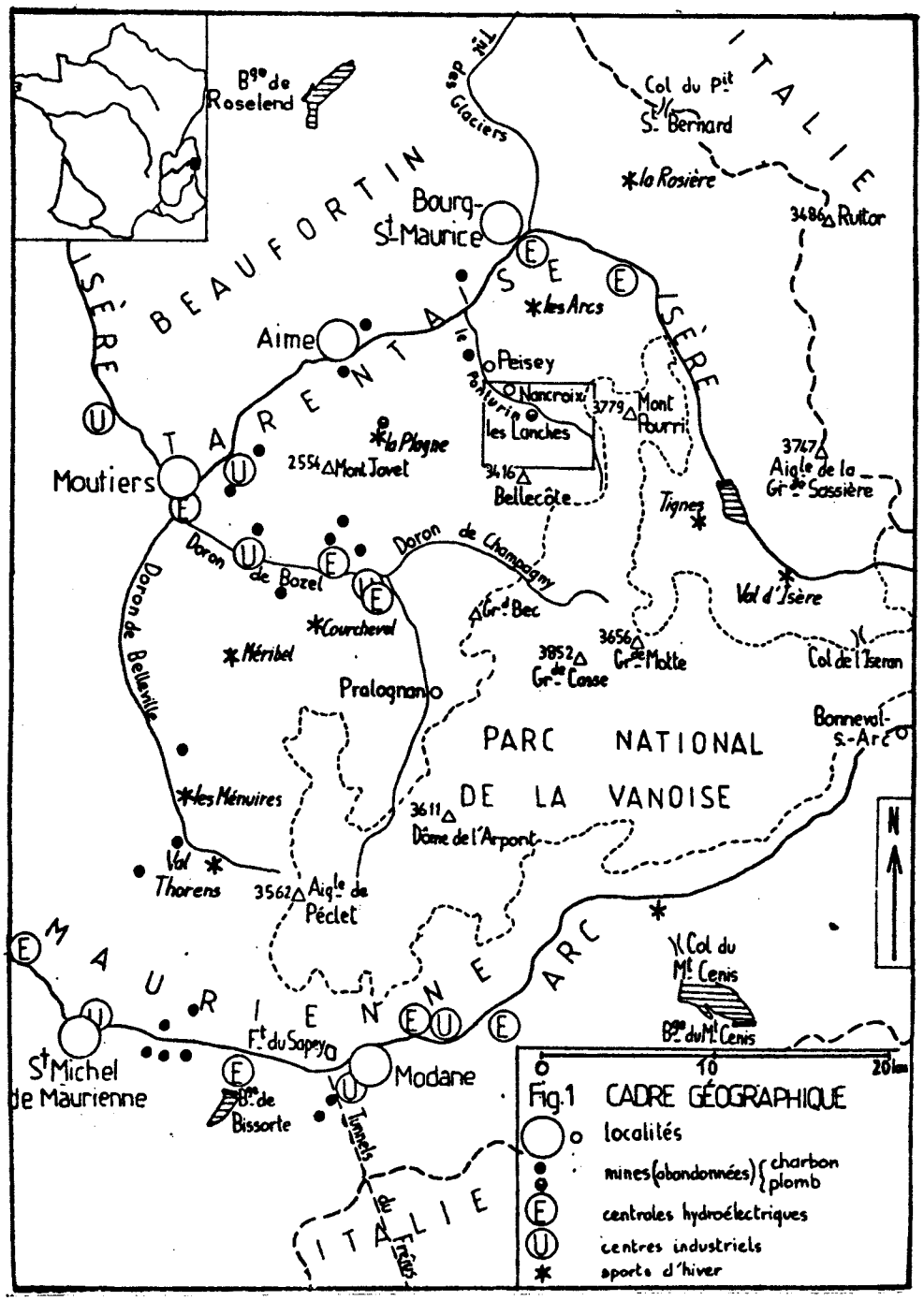
2. Faits nouveaux.

Ellenberger (1954, 1958, et minutes inédites) a montré l'existence dans notre secteur d'un chevauchement des formations métamorphiques de la Vanoise septentrionale sur le Permo-Houiller de la zone houillère briançonnaise, par l'intermédiaire d'une couche d'écailles à matériel triasique.

La présente étude distingue plusieurs unités et/ou écailles tectoniquement superposées dans les formations chevauchantes, avec dans l'unité inférieure des reliques d'un socle anté-houiller. La mise en place de ces unités s'est faite par des mouvements synmétamorphiques vers le Nord ou le NNW. La phase tectonique ultérieure connue sous le nom de rétrocharriage est la manifestation locale du fonctionnement de décrochements senestres profonds N 30E, qui se poursuit au Quaternaire.

B. CADRE GEOGRAPHIQUE.

Le Massif de la Vanoise en Savoie est limité à l'Ouest par la dépression relative des terrains houillers schisteux, et ceinturé au Nord par la vallée de l'Isère, au Sud par celle de son affluent l'Arc. Le Ponturin est un affluent en rive gauche de l'Isère qui draîne le flanc NW du Massif (fig. 1).



C. BILAN DES RECHERCHES ANTERIEURES.

On ne peut évoquer ici tous les travaux sur la Vanoise, a-fortiori sur les Alpes. Les thèses d'Ellenberger (1958) et de Fabre (1962) donnent une vue d'ensemble des travaux antérieurs, et sont elles-mêmes mes principales références.

1. La Vanoise dans les Alpes.

Les Alpes sont divisées à notre latitude en zones sub-parallèles orientées N 30E à N 50E (fig. 2). Le métamorphisme d'âge alpin y est croissant de l'Ouest vers l'Est, et ces zones sont séparées par des contacts anormaux majeurs, souvent jalonnés de Trias évaporitique.

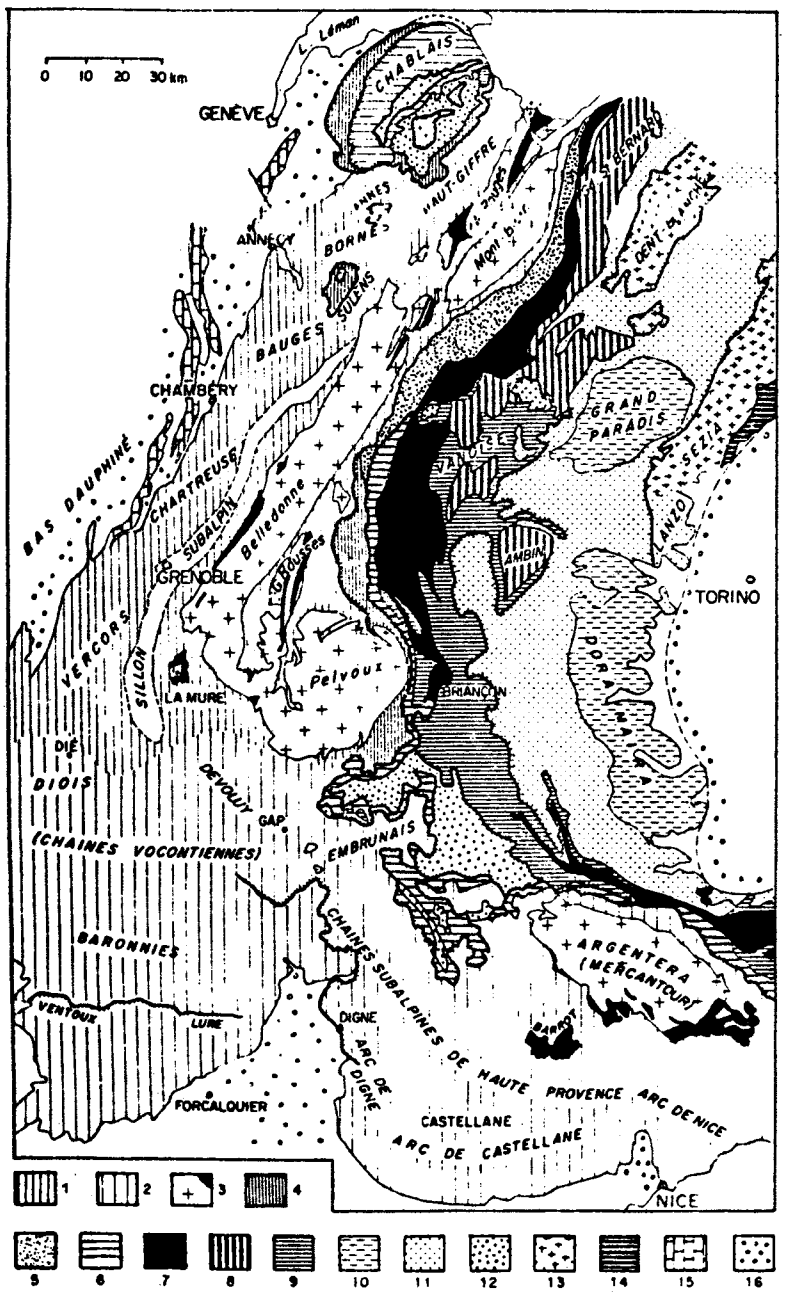


Fig. 2.- Schéma structural des Alpes franco-italiennes (in Debelmas, 1974).

1. Chaînes subalpines septentrionales ; 2. Chaînes subalpines méridionales ; 3. Massifs cristallins externes et bassins permo-houillers ; 4. Zone ultradauphinoise ; 5. Zone valaisane ; 6. Zone subbriançonnaise ; 7. Zone houillère briançonnaise ; 8. Zone Vanoise-Mont Pourri (Permo-Houiller briançonnais métamorphique) ; 9. Mésozoïque briançonnais ; 10. Massifs cristallins internes piémontais ; 11. Zone des Schistes lustrés piémontais ; 12. Nappes du Flysch à Helminthoïdes et Flysch de la Simme sl. ; 13. Zone Sesia ; 14. Zone d'Ivrée ; 15. Jura ; 16. Bassins molassiques périalpins.

La zone alpine interne, pour Debelmas (1974) a pour élément central la zone briançonnaise, qui grâce à son substratum permo-carbonifère est continue de la Suisse à la Méditerranée (fig. 2).

La zone briançonnaise se subdivise elle-même en :

- à l'Ouest, la zone houillère briançonnaise, peu métamorphique ;
- à l'Est, la zone Vanoise - Mt Pourri, qui se distingue par ses sédiments plus métamorphisés .

La région étudiée est précisément sur la frontière entre ces deux zones (fig. 3).

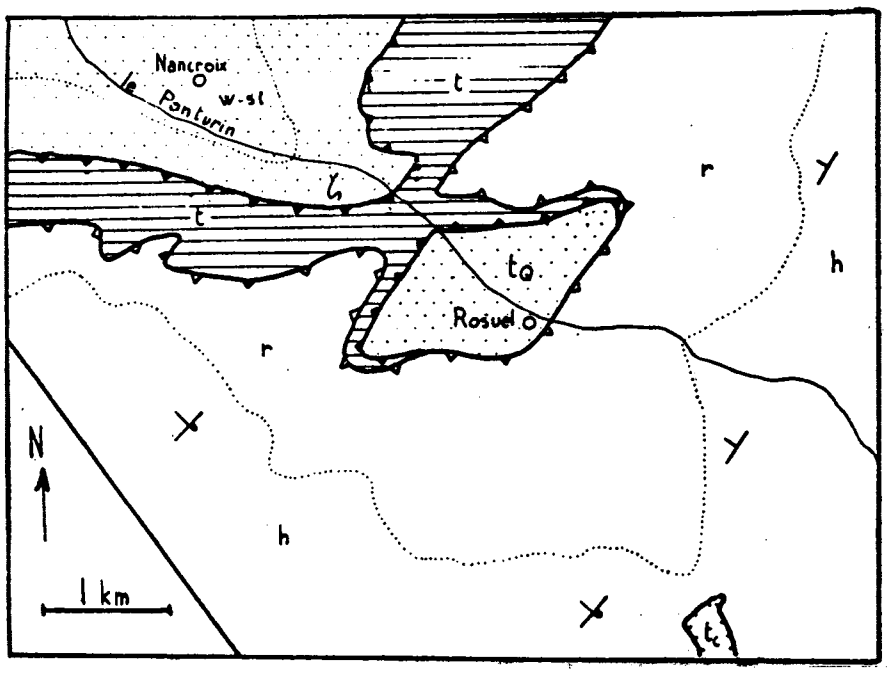


Fig. 3.- Interprétation structurale du secteur étudié d'après Ellenberger (1958).

zone houillère (w-st : Assise de Courchevel ; ζ : gneiss du Sapey-Peisey ; tQ : quartzites werféniens)

écailles à matériel triasique

zone Vanoise-Mt Pourri (tc : calcaires triasiques allochtones ; r : faciès attribués au Permien ; h : faciès attribués au Carbonifère)

Ya Xb pendage stratigraphique ; a : normal ; b : inverse

chevauchement de la Vanoise sur la zone houillère et les écailles triasiques

chevauchement des écailles triasiques sur la zone houillère

tc chevauchement de la couverture mésozoïque de la Vanoise sur son socle carbonifère préalablement érodé.

2. Lithostratigraphie.

La figure 4, due à Ellenberger (1966), résume ses conceptions stratigraphiques.

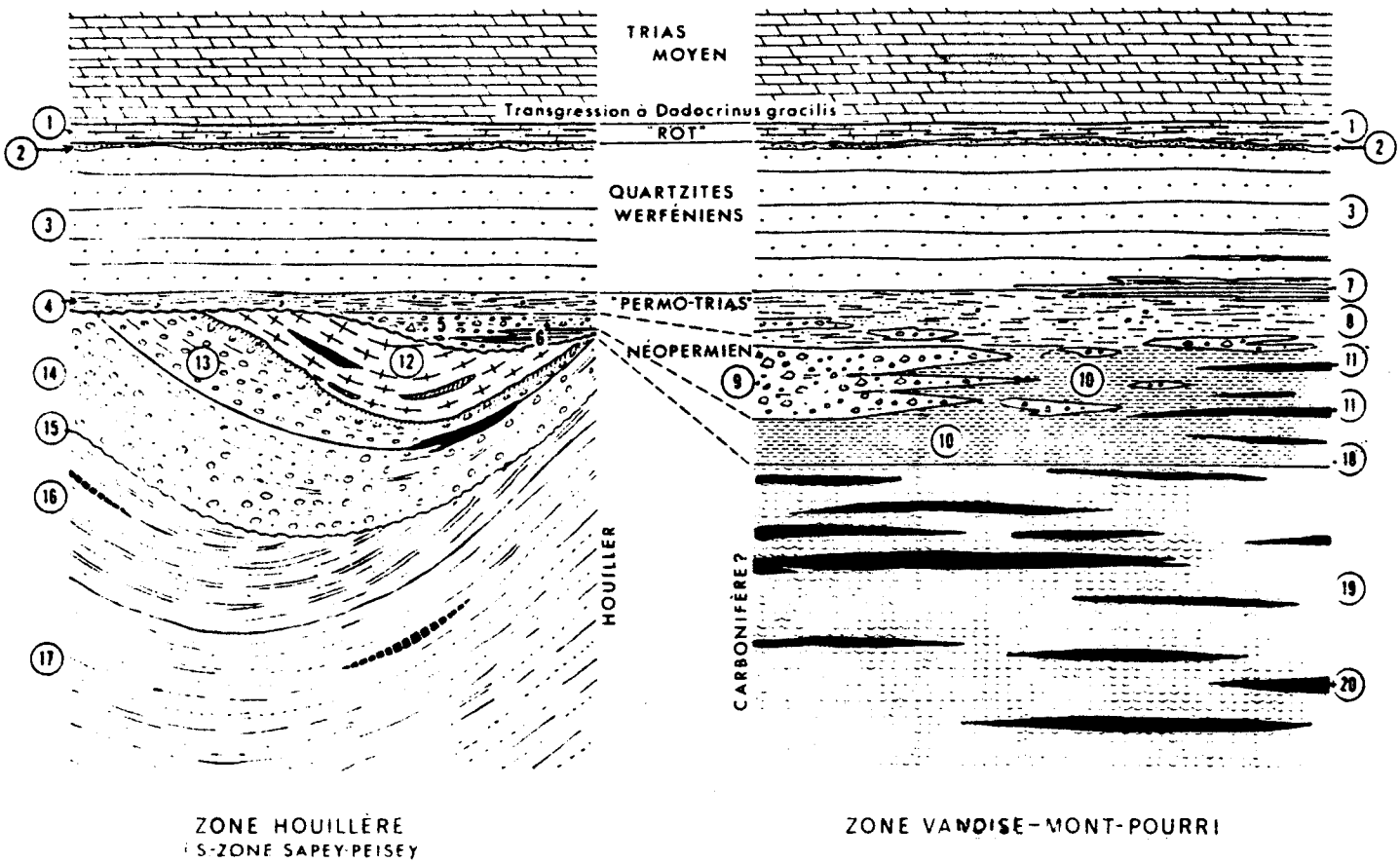


Fig. 4.- Schéma simplifié de la stratigraphie du Paléozoïque du pays de Vanoise (in Ellenberger, 1966, p. 177-178).

1. "Niveau gypsifère inférieur" triasique : cargneules, grès dolomitiques, schistes, etc. 2. Lit de quartzite pourpré et vert. 3. Quartzites francs, blancs, purs, bien lités en grand. 4. "Permo-Trias" réduit de la zone houillère (Néo-Permien supérieur). 5. Néo-Permien inférieur local (conglomérats du St-Bernard de Modane, etc.). Noter la discordance saalienne au mur de (4) et (5-6). 6. Id., schistes gréseux violacés. 7. "Schistes verts d'Aussois" à galets roses. 8. "Permo-Trias" de Vanoise-Mont-Pourri (schistes séricitoux, quartzites phylliteux grossiers, etc.). 9. Grandes lentilles conglomératiques du Permien de Vanoise septentrionale (Champagny) et surtout de Vanoise méridionale (Col d'Aussois, Loutra-amont, etc.). Seraient l'équivalent hypertrophiés de (5). 10. "Gneiss" (ou micaschistes) chlorito-albitiques, "schistes bleus" de Vanoise septentrionale, etc. Correspondent peut-être au développement de (6). 11. Lentilles de prasinites, ovardites, etc. dans l'Est de la Vanoise méridionale. 12. Gneiss du Sapey, avec septa, et lentilles d'anciennes roches éruptives basiques. (A leur mur, "front inférieur de migmatisation"). 13. Conglomérats verts et violets ("Stéphano-Permien"). 14. Assise de Courchevel (Stéphanien). 15. Discrodance asturienne. 16. Assise de Tarentaise (Westphalien D et Stéphanien inférieur). 17. Namurien, Westphalien inférieur et moyen (sills de microdiorite, etc.). 18. Discontinuité localement nette à la base du Permien de Vanoise-Mont-Pourri ; paraît correspondre à la discordance saalienne de la sous-zone Sapey-Peisey (pas de discordance angulaire observée). 19. "Houiller métamorphique" à nombreuses intercalations de roches basiques (20), etc. de Vanoise septentrionale ; micaschistes gris de Vanoise méridionale, pauvres en roches basiques.

Seuls le Trias calcaire et le Houiller externe sont datés paléontologiquement. Tous les auteurs s'accordent pour ranger dans le Trias inférieur (Werfénien) les quartzites qui couronnent la "série siliceuse". Pour les formations plus anciennes, deux thèses sont en présence :

- Ellenberger (1966), s'appuyant sur des similitudes de faciès, distingue dans la zone Vanoise - Mt Pourri un Permien et un Carbonifère (fig. 4).

- Bocquet (1974), tout en suivant Ellenberger pour le Permien, donne à son substratum en Vanoise un âge anté-namurien ; l'argument principal est l'existence de probables reliques minérales d'un métamorphisme à faciès d'amphibolites au sein de ces formations, alors que les faciès métamorphiques d'âge alpin sont plus récents et différents.

3. Grandes structures dans le secteur étudié.

Pour Ellenberger (1958), le massif de Bellecôte correspond à un grand pli couché vers l'Ouest à coeur carbonifère accompagné de sa couverture permienne, qui a accumulé à son front des écailles de Trias (fig. 5). Le flanc normal de ce grand pli aurait été érodé avant l'arrivée des nappes.

Pour Raoult (1980a et b) les calcaires triasiques du col de la Chiaupe (fig. 5) reposent sur le Permo-Carbonifère en position stratigraphique normale, et même avec une discordance plus ou moins marquée. Ceci interdit d'abord de faire de Bellecôte tout entier une série renversée. D'autres constatations similaires en Vanoise conduisent à y distinguer plusieurs domaines paléogéographiques, caractérisés chacun par une palette propre d'étages, dont les extrêmes seraient un socle anté-namurien et de l'Eocène moyen. Ces domaines auraient été superposés, en plis de style pennique, par une première phase tectonique synmétamorphique à vergence NNW, d'âge Eocène. Deux de ces domaines seraient représentés sur notre terrain (fig. 6).

4. Problèmes étudiés, méthodes.

Au point de vue cartographique, mon travail a d'abord été une synthèse des observations inédites de Ellenberger, Saliot, et Raoult (minutes inédites), et de mes propres constatations.

Par une série de coupes lithostratigraphiques, j'ai tenté de mettre en évidence la succession stratigraphique proposée par Ellenberger (1958, 1966) (fig. 3) dans le "Permo-Carbonifère" de type Vanoise. L'échec partiel de ces tentatives m'a conduit à proposer la division de cette masse "permo-carbonifère" en plusieurs unités ou écailles.

Les données de terrain ont également été confrontées aux travaux plus généraux concernant le métamorphisme dans les Alpes (Bocquet, 1974 ; Saliot, 1978) et l'histoire des déformations alpines (Boudon et al., 1976) : ces travaux définissent le cadre où s'inscrivent l'histoire géologique proposée, et les mécanismes envisagés.

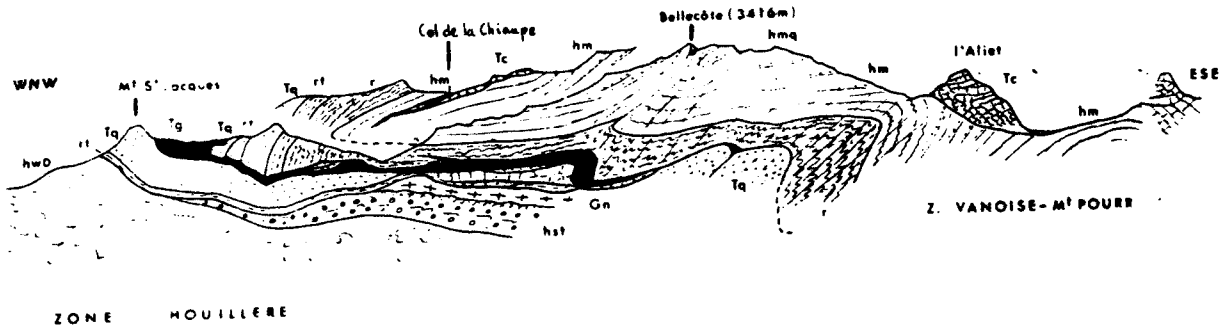


Fig. 5.- Structure du massif de Bellecôte (Vanoise septentrionale) d'après Ellenberger (1966 ; p. 203).

Noter le renversement du "Houiller métamorphique" (hm) à lits de quartzites phylliteux (hmq) et roches basiques abondantes sur le Permien semi-métamorphique r ("Schistes bleus", micaschistes feldspathiques lilas, verdâtres, conglomérats, etc.). On remarque le cisaillement (troncature basale) de la retombée (redoublée par des replis écaillés) de la carapace de Permo-Trias (rt) et de Quartzites Werféniens (Tq). Le flanc normal du pli couché a été dénudé et érodé précocement ; les restes de la couverture calcaire tronçonnée et décollée ont été traînés sur la surface d'érosion sous la Nappe des Schistes lustrés, puis pincés isoclinalement lors d'une phase tardive de rétro-écaillage (Tc = Trias calcaire, Tg = cargneules et gypses).

La zone houillère (figurée semi-schématiquement) est formée par un Paléozoïque très différent : Wesphalien D (hwD) recouvert en discordance régionale (asturienne) par le Stéphanien et Stéphano-Permien conglomératique (hst) transformé à son sommet en "Gneiss du Sapey" (Gn). Le Néo-Permien réduit (rt) recouvre le tout en discordance et supporte en concordance les quartzites werféniennes (Tq).

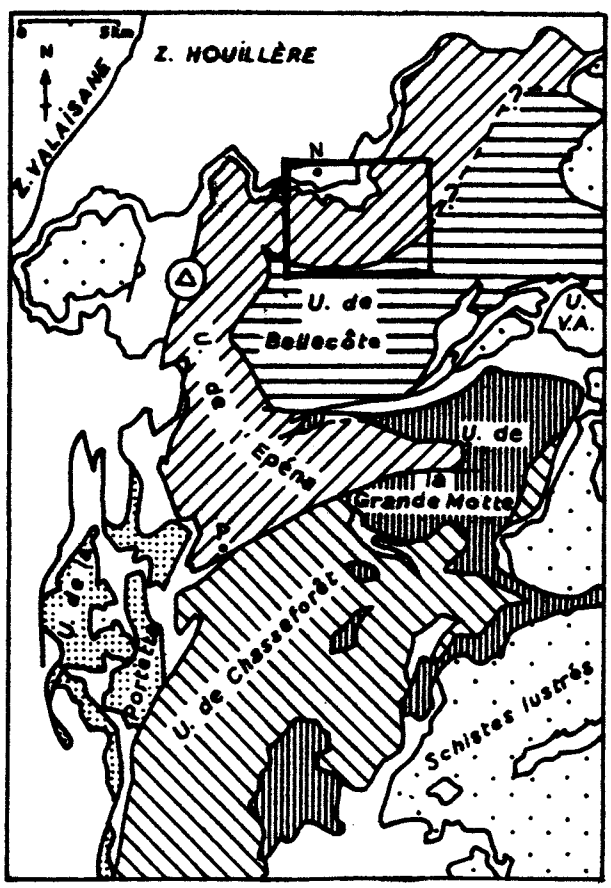


Fig. 6.- Unités distinguées dans la partie ouest de la Vanoise.

Selon Raoult (1980b,p.307) . P : Pralognan ; N : Nancroix ; U.V.A. : Unité de Val d'Isère-Ambin. L'unité de la Grande Motte, située sous les schistes lustrés, chevauche l'Unité de Chasseforêt au Sud et celles de l'Epéna et de Bellecôte au Nord. Tout cet ensemble chevauche la zone houillère au Nord, et en est séparé à l'Ouest par une zone de contacts à forts plongements ouest (Δ).

CHAPITRE II

L I T H O S T R A T I G R A P H I E

A. ZONE HOUILLERE.

Le Houiller productif n'affleure pas dans le secteur étudié, mais seulement en aval de Peisey, sous forme de grès arkosiques, de schistes ardoisiers, avec de minces veines de houille. Il a été exploité à la mine de Peisey (fig. 1) où Fabre (1961) l'a daté du Westphalien D.

Conglomérats, grès micacés gris (notés st sur la carte).

Près du Moulin et de Nancroix affleurent des roches grises, schisteuses, à grain fin quartzo-feldspathiques. Les plans de schistosité sont luisants et sériciteux, alors que des paillettes de mica blanc millimétriques paraissent d'origine détritique (fig. 7). A l'Est du Moulin, j'ai observé des crachées conglomératiques : outre des galets de quartz, on voit alors des mouchetures centi-à décimétriques ovales noires ou grises sur les plans de schistosité, qui représentent d'anciens galets très aplatis de pélites charbonneuses.

Fabre (1961) a rangé ces formations conglomératiques stériles dans l'Assise de Courchevel : couronnant en discordance le Houiller productif, elles témoigneraient de la phase orogénique asturienne, et leur âge serait Stéphanien.

Gneiss du Sapey - Peisey (notés ζ).

Ces roches massives, vert sombre ou gris sombre, surmontent cartographiquement les précédentes. La médiocrité des affleurements empêche de juger mieux de leurs rapports exacts.

On doit cette dénomination de gneiss à Ellenberger (1958) : il les a assimilés aux gneiss à porphyroblastes de feldspath potassique visibles au Fort du Sapey près de Modane (fig. 1), dans la même position structurale entre le houiller externe et les écailles triasiques. Il s'agirait de migmatites d'âge Permien mises en place au sein du Stéphano-Permien, le long d'une zone de fracture qui aurait préfiguré la limite actuelle entre zone houillère et Vanoise.

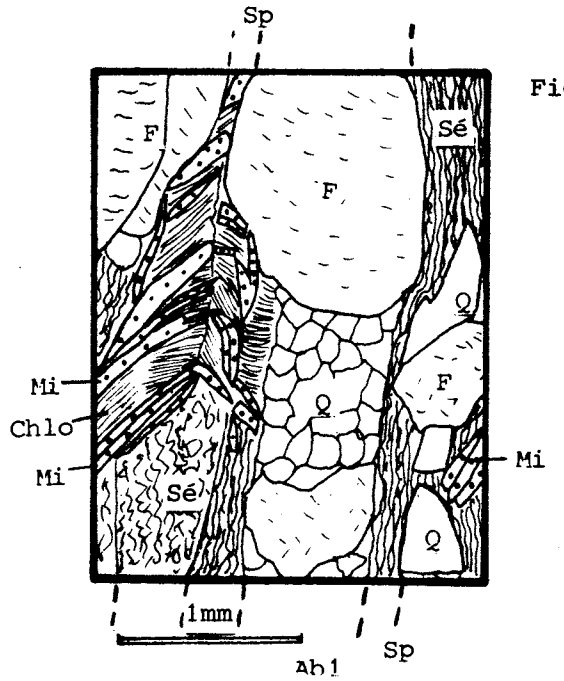


Fig. 7.- Grès arkosique de la zone houillère ; lame mince (L.N., échantillon G 089, le Moulin).

Chlo : chlorite ; F : feldspath ; Mi : mica blanc ; Q : quartz ; Sé : séricite ; Sp : schistosité principale.

Noter la torsion du mica blanc (extinction onduleuse en L.P.), et la queue d'étirement du feldspath, remplie de quartz.

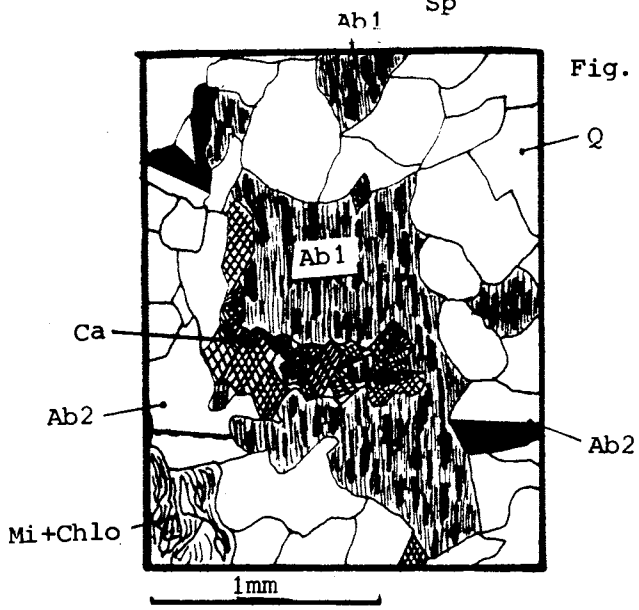


Fig. 8.- Gneiss du Sapey - Peisey ; lame mince (L.P., échantillon G 132, Dos de la Charmette).

Ab1 : albite d'âge antéalpin, ou ex-feldspath potassique albitisé lors d'une phase éo-alpine ; Ab2 : albite d'âge alpin, plus récent ; Ca : carbonate ; Mi + Chlo : mica blanc et chlorite ; Q : quartz.

Les faciès que j'ai observés autour de Nancroix ne présentent que rarement une texture nette, ou des phases minérales remarquables. Les "gneiss" se distinguent surtout du houiller externe (st) par leur aspect massif, avec un faible développement (fig. 8) de la schistosité alpine de phase 2, qui s'y résume à une fracturation grossièrement parallèle à la schistosité visible tant dans le houiller externe (fig. 7) qu'en Vanoise.

Au Dos de la Charmette (fig. 9), j'ai observé une passée de quartz blanc reprise et boudinée par une intense foliation millimétrique. Parfois on peut aussi distinguer des alignements de porphyroblastes blanchâtres sur le fond sombre de la roche. De tels caractères évoquent alors un gneiss.

Au microscope, ces roches se révèlent riches en quartz (60%, jusqu'à 80% dans certains faciès aphanitiques) et me paraissent caractérisées par la présence de porphyroblastes centimétriques d'albite à maclage flou, en fuseaux ou en damiers, qui évoquent d'anciens feldspaths potassiques (fig. 8).

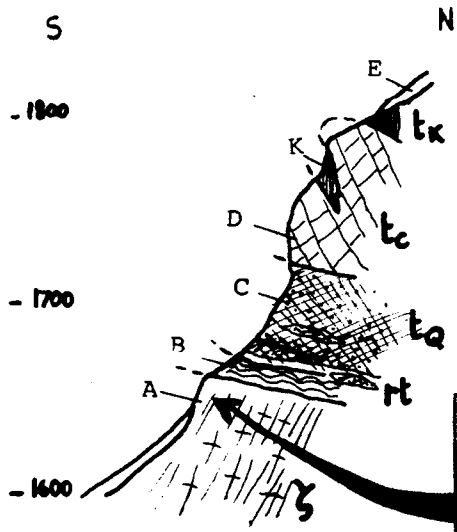
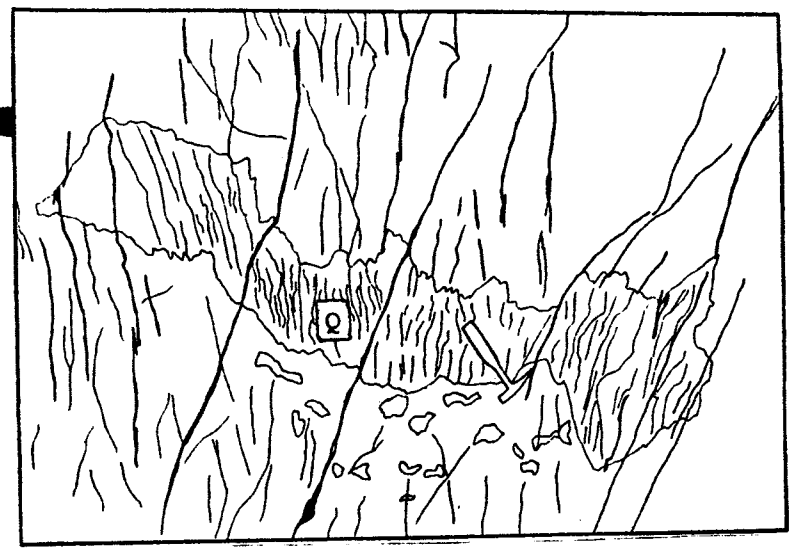


Fig. 9.- Versant SE du Dos de la Charmette.

Coupe - A : roche massive à foliation gneissique ; B : schistes verts nacrés, phengitiques et quartzites sériciteux feuilletés ; C : quartzites pulvérulents, à passées ferrugineuses ocres ; leur base paraît mélangée tectoniquement avec B ; D : calcaire dolomitique roux, très fracturé, à filonnets micacés phengitiques vert clair ; K : cargneules ; E : éboulis.

Cartouche - Q : Filon de quartz blanc feuilleté au sein de A.



Discussion sur l'âge et la genèse de ces gneiss.

Disposant de trop peu d'éléments quant à leur position stratigraphique et structurale, je remarquerai simplement que leur position cartographique n'interdit pas d'y voir une unité tectonique en soi, chevauchant la zone houillère, et qui pourrait représenter un socle de la Vanoise. Celà implique alors de rattacher à la Vanoise les formations des écailles triasiques.

B. NEOPERMIEN ET TRIAS.

Schistes nacrés verts ou violacés, quartzites sériciteux (notés rt).

Ce niveau ne dépasse pas 10 m d'épaisseur, et apparaît toujours au contact des quartzites werféniens (tQ), quoiqu'au sein de zones très tectonisées (fig. 9 ; fig. 10). Je le considère donc comme d'âge permo-triasique, ce qu'a proposé Ellenberger (1966 ; voir aussi la figure 4). Notons cependant que ce même auteur (1958, 1966) et Moret (1947) ont vu dans ce petit horizon un niveau de décollement privilégié à la base de la couverture triasique.

Quartzites blancs lités (notés tQ).

Idéalement, il s'agit de quartzites francs pratiquement purs, blancs, à

litage décimétrique à métrique net, avec parfois des stratifications entrecroisées. Sur le terrain étudié, un tel faciès est visible au Nord du Dos de la Charmette, dans les galeries de la mine des Lanches, et surtout sur le flanc W de la Combe du Trovet (fig. 10). Très souvent les zones à stratification nette se fondent dans des passées très tectonisées, où seules la fracturation et/ou la schistosité sont visibles (fig. 9 et 10).

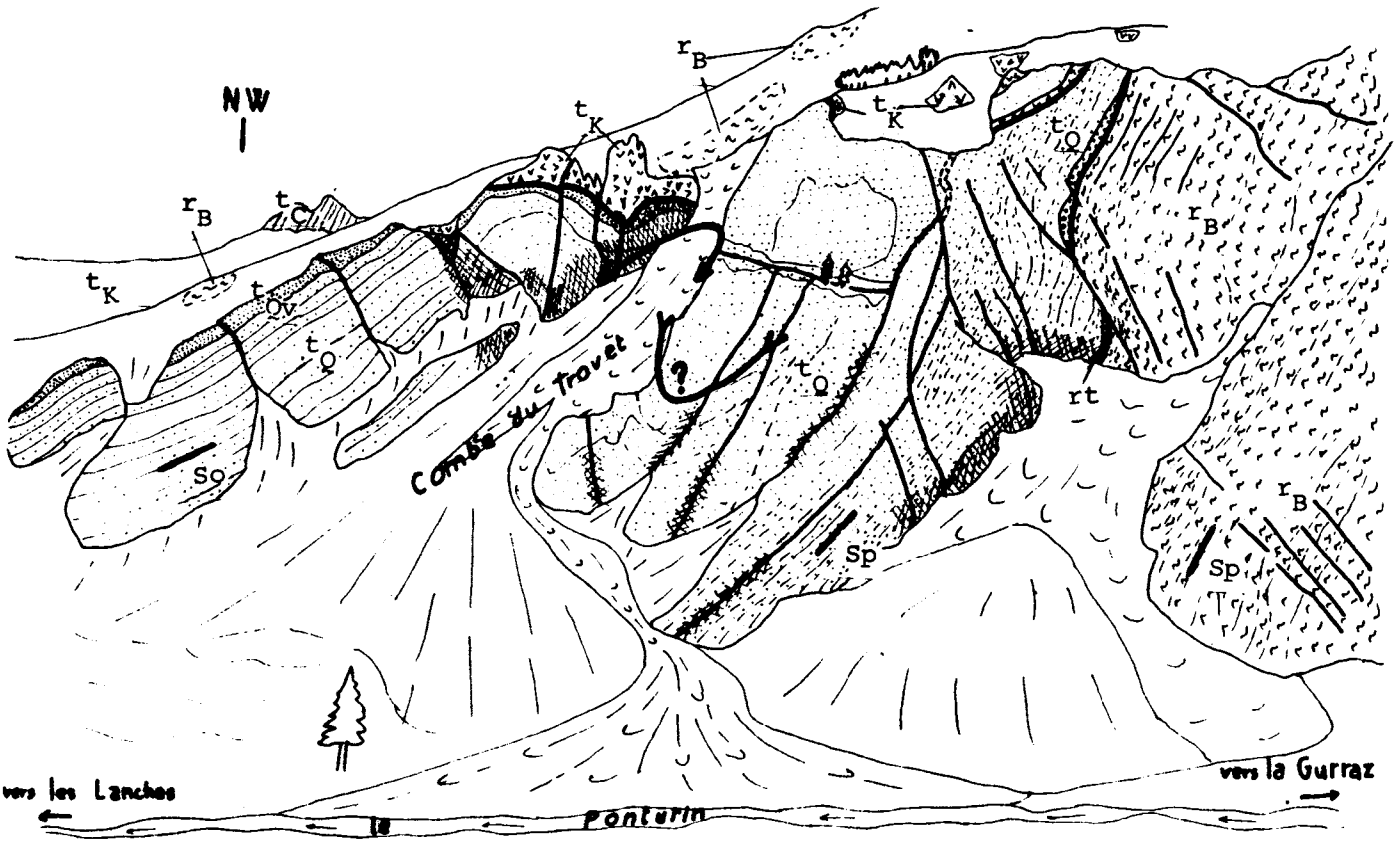


Fig. 10.- Vue de Rosuel sur la Combe du Trovet. Panorama géologique.

Lithologie : r_B, rt, tc, t_K, t_Q, t_{Qv} (voir texte).

Indications structurales : So : stratification ; Sp : schistosité principale ; traits moyens : failles ou diaclases visibles ; traits forts : contacts anormaux ; hachures croisées : quartzites broyés ; : anticlinal ; : synclinal.

La stratification, bien visible dans la partie W, disparaît dans la partie E au profit d'une intense fracturation congénère de la schistosité Sp, elle-même reprise par un réseau de diaclases EW. Le contact anormal basal de la série de Vanoise suit localement le niveau rt, et est ici complètement redressé. L'allochtonie des cargneules sommitales relativement au dôme de quartzites paraît attestée par leur caractère polygénique. Noter également l'importance des cônes de solifluxion : celui du centre de la figure a été actif en 1979 durant un mois, pendant de fortes pluies.

Quartzites versicolores (notés tQv).

On peut les cartographier au Mont, à la Combe du Trovet, et au Dos de la Charmette. La figure 11 résume leurs caractères. Leur coloration est due à de l'hématite qui remplace le ciment quartzeux précédent. Le passage aux grès à ciment carbonaté sommitaux est progressif, quoique très rapide.

Cargneules (tK), gypses (tG), calcaires et dolomies (tc).

Dans le secteur étudié, aucune stratigraphie d'ensemble ne me paraît possible, du fait de l'écaillage généralisé et de la rareté des fossiles :

- les cargneules alpines polygéniques sont considérées par Masson (1972) comme résultant de la fracturation hydraulique des dolomies triasiques sous l'effet des surpressions de fluide qui règnent à la base des nappes.
  Elles semblent ici border partout le Paléozoïque de Vanoise, sauf au Grand Bois où le gypse les relaie, et au flanc Est de la Combe du Trovet (fig. 10). Ces roches de couleur rousse ou jaune sont très friables car composées d'un ciment carbonaté ferrugineux pulvérulent ; il emballe des fragments souvent usés de calcaire et dolomie, de schistes verts nacrés, de quartzites, de tailles très diverses (du centimètre à l'hectomètre).
- le gypse affleure en dômes au sein des cargneules, et j'ai aussi signalé (carte h.t.) plusieurs entonnoirs de dissolution qui percent le placage quaternaire en rive gauche du Ponturin.
- les calcaires ont été datés par Ellenberger (1958, p. 186), au Dos de la Charmette, de l'Anisien inférieur (gîte fossilifère non retrouvé, à oligoporelles). Pour ma part je signalerai des fossiles dans le petit pointement calcaire 500 m au NW du Dos de la Charmette, qui pourraient représenter aussi le niveau à Oligoporelles. Raoult (comm. orale) a noté des niveaux de dolomie oolithique un peu plus au Nord, connus plutôt dans le Ladinien. J'ai cherché en vain les faciès plus tardifs (Malm, Crétacé supérieur, Eocène) connus plus au Sud.

Paléogéographie du Trias (Aliet excepté).

Le Néopermien et les quartzites werféniens, malgré leur tectonisation intense, paraissent être partout en position normale au-dessus des gneiss du Sapey et au-dessous des cargneules, calcaires et écailles diverses : ils pourraient donc représenter, aux étirements près, la couverture normale de la zone houillère interne.

L'autochtonie de la masse des cargneules, gypses et écailles triasiques paraît plus discutable : on peut y voir un mélange tectonique entre la partie calcaire de la couverture autochtone et la couverture triasique de Vanoise. Le fait qu'on n'y trouve jamais d'éléments paléozoïques indiquerait une désolidarisation complète, au niveau du Néopermien (rt), entre la couverture de Vanoise et son socle paléozoïque.

Les calcaires de l'Aliet.

Cette masse calcaire repose sur le socle paléozoïque par l'intermédiaire d'une mince bande de cargneules. Son origine est difficile à préciser : il peut s'agir d'un lambeau de couverture triasique d'une partie plus interne de la Vanoise (ou d'une zone alpine plus interne ?).

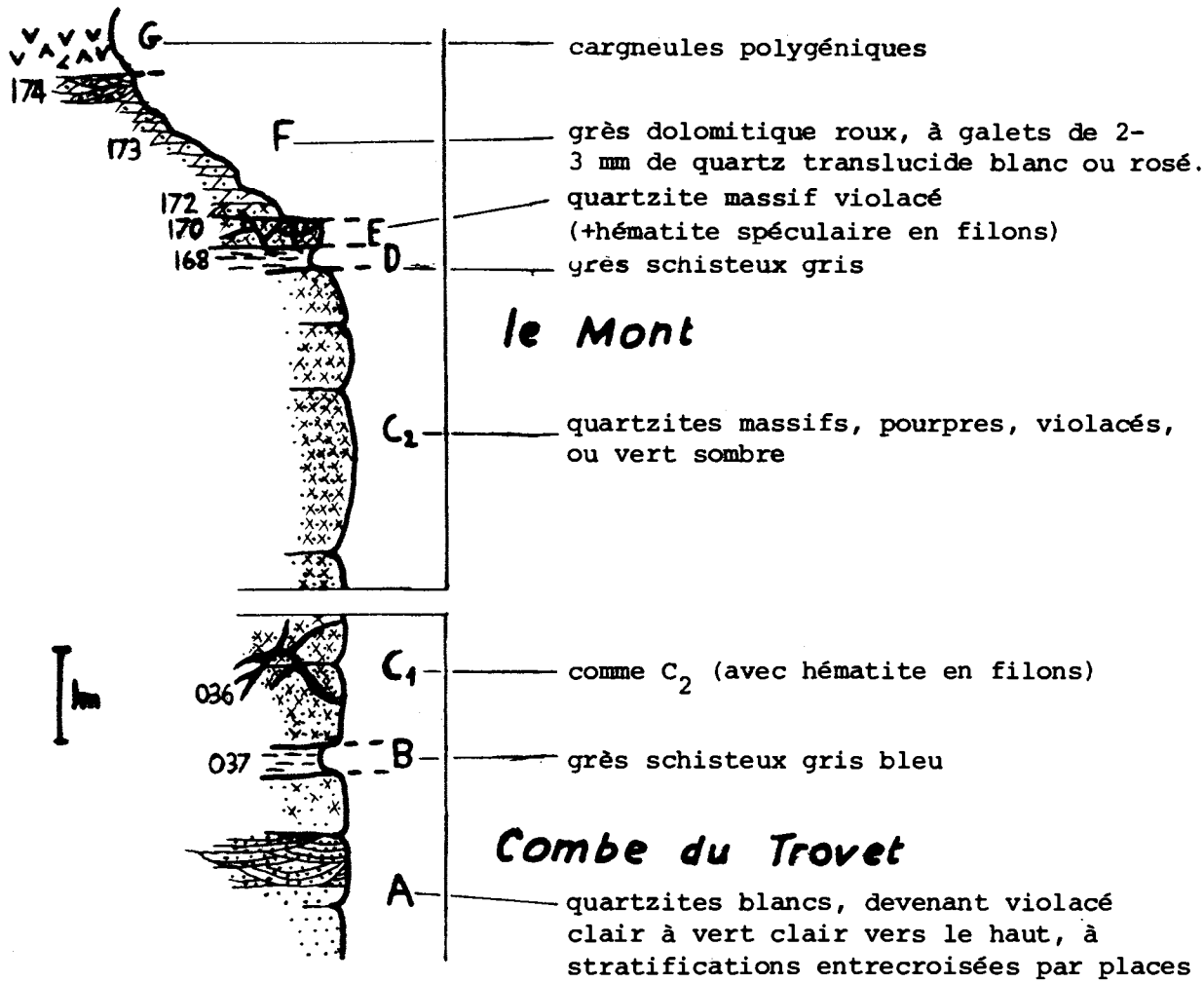


Fig. 11.- Les quartzites versicolores : colonne synthétique.

Les numéros renvoient aux lames minces étudiées :

037 : grains anguleux et petits (0,05 mm) de quartz, sur fond sériciteux ; grains de tourmaline et d'hématite abondants.

036 } 170 } : grains de quartz arrondis, de 0,2 à 0,4 mm ; ciment d'hématite ; celle-ci est souvent recristallisée en gerbes, auprès de grains de quartz alors déformés.

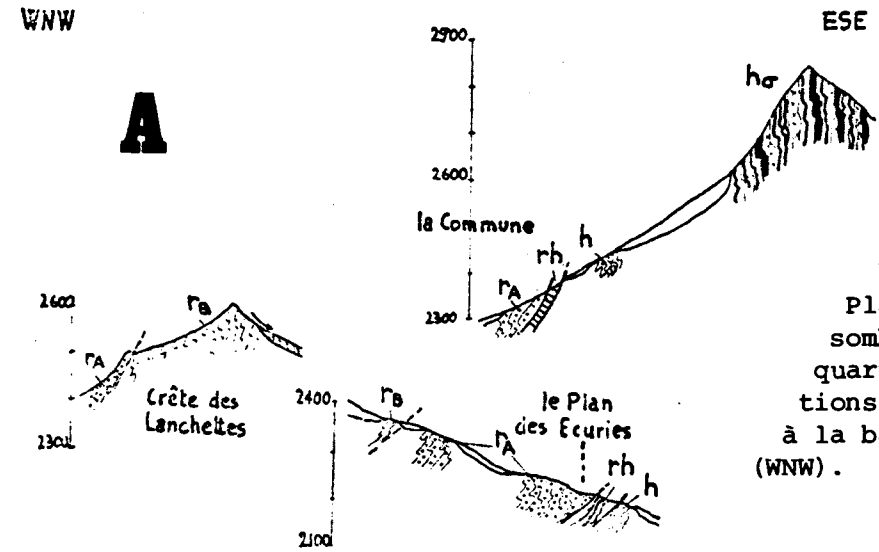
168 : comme 037, avec paillettes de mica blanc mieux individualisées.

172 à 174 : grains anguleux, irréguliers ; nombreux rhomboèdres d'ankérite ; nodules roux d'oligiste pailletés de mica blanc.

C. ZONE VANOISE - MONT POURRI.

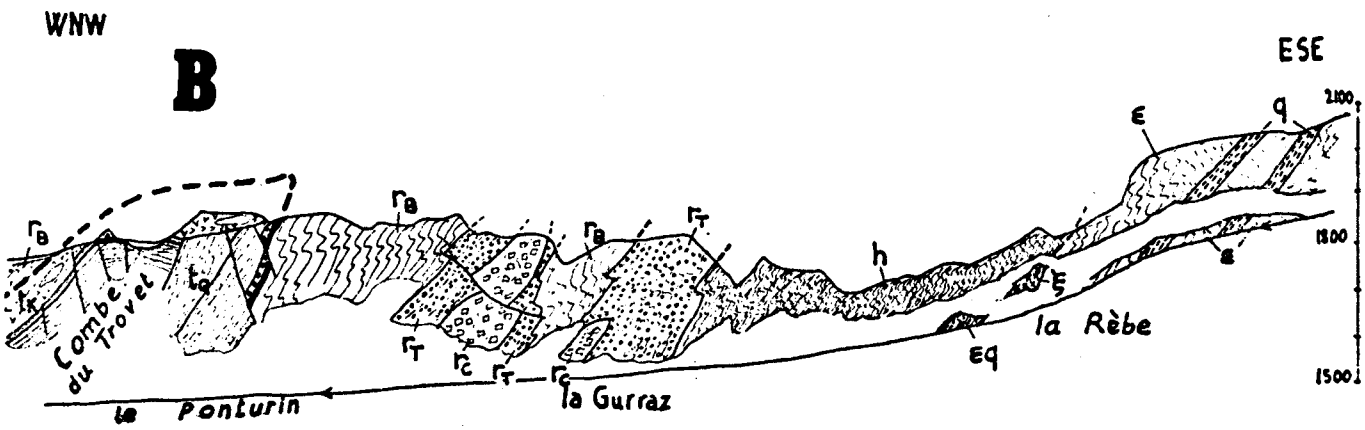
1. Description des faciès ; hypothèse de la série continue.

La figure 12 rassemble 5 coupes lithologiques : les coupes A et B concernent les contreforts occidentaux du Mont Pourri, et les coupes C, D, et E la face nord du massif de Bellecôte. Les âges indiqués (r pour le Permien, h pour le Carbonifère) correspondent à ceux classiquement admis, basés sur des comparaisons de faciès . La description plus précise de certains faciès sera vue dans le chapitre III.

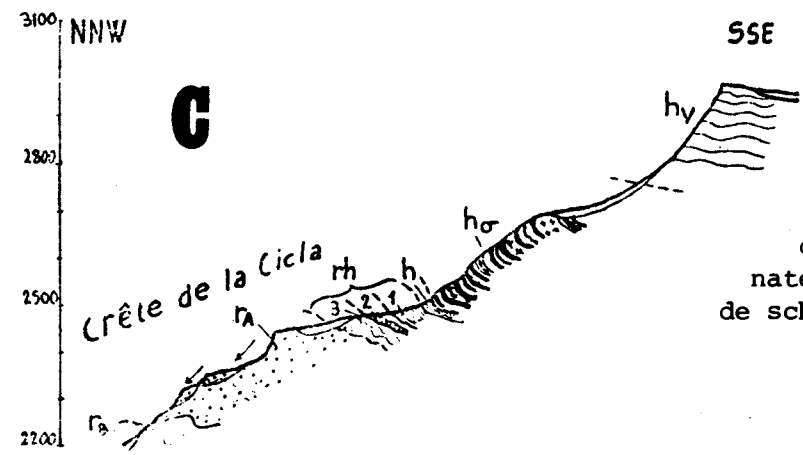


La Commune : hσ : arkoses grises, et anthracite (graphiteuse), en bancs métriques, à nombreux sills gabbro-dioritiques ; h : schistes fissiles, à alternances millimétriques noires et blanches ; rh : banc dolomitique roux.

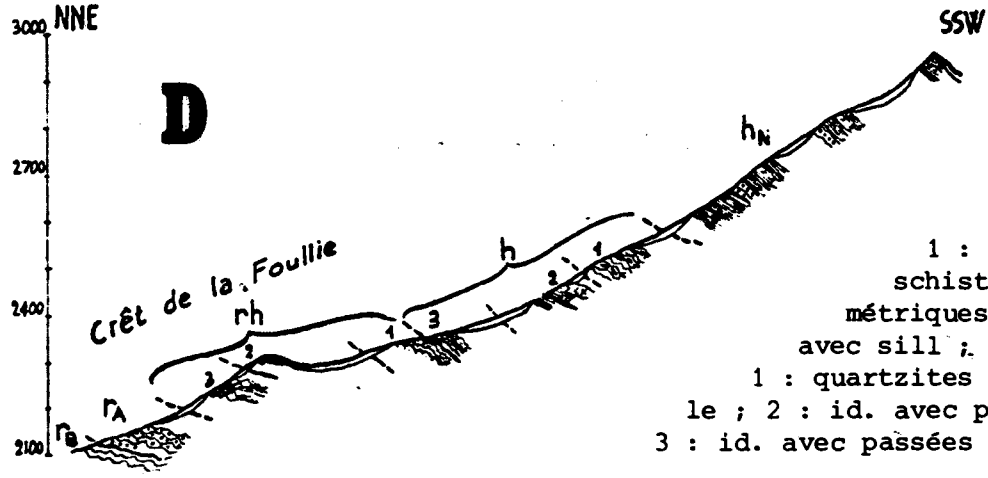
Plan des Ecuries - h : schistes vert sombre chloriteux, fissiles ; rh : quartzites feuilletés, à intercalations décimétriques schisteuses noires à la base (ESE), bleutées au sommet (WNW).



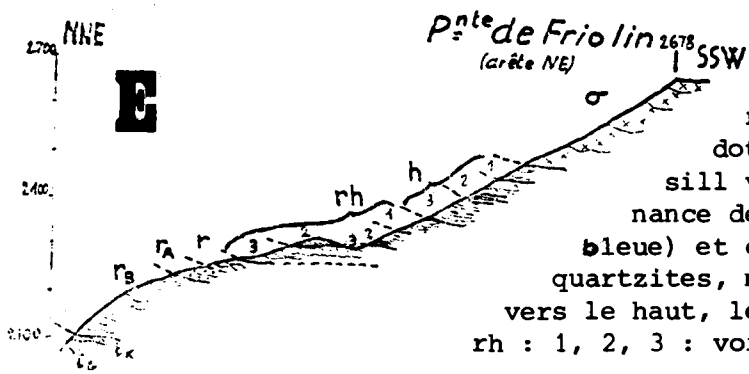
q : quartzites feuilletés, en bancs métriques à décamétriques au sein de : ε : schistes verts riches en épidote, parfois massifs ; ξ : micaschiste gris à petits grenats, et nombreux exsudats de quartz ; h : chloritoschistes, arkoses grises, quartzites feuilletés ; r_C : conglomérat à galets de schistes noirs, de quartzites, d'arkoses grises, et de gneiss, au sein de : r_T : schistes chloriteux à tourmaline.



h_V : schistes verts à épidote, à passées décamétriques de quartzites; nombreux sills (série analogue à q-ε ?) : hσ : voir coupe A ; h : chloritoschistes vert sombre ; rh : 1 : schistes noirs très fissiles ; 2 : quartzites feuilletés, à passées de schistes noirs, avec un banc carbonaté (1 dm) ; 3 : id. avec des passées de schistes bleutés.

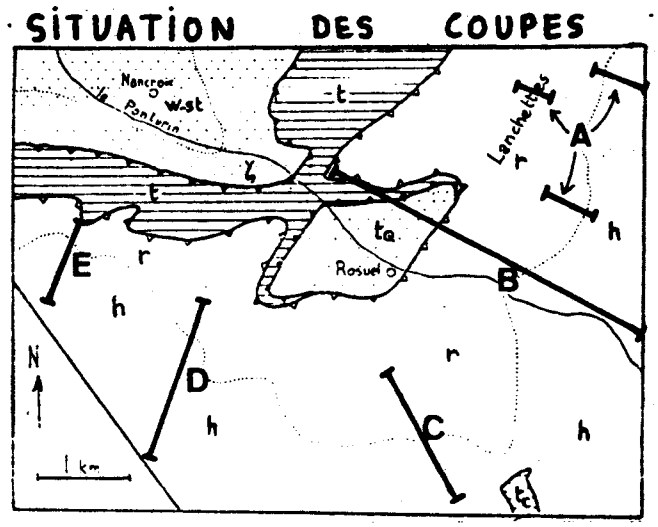


h_N : schistes cendrés à noirs, graphiteux et arkosiques, très fissiles, à passées grises (plus arkosiques) et vertes (plus chloriteuses) ; rares sills métriques ; h - 1 : quartzites feuilletés et schistes verts en alternances métriques ; 2 : chloritoschistes, avec sill ; 3 : chloritoschistes. rh - 1 : quartzites feuilletés à patine rouille ; 2 : id. avec passées de schistes noirs ; 3 : id. avec passées de schistes bleutés.



σ : laccolithe, grossièrement stratifié en grand, de roches magmatiques claires (feldspathiques) ou vertes (gabbro-dioritiques). h - 1 : schistes verts à épidote ; 2 : schistes noirs luisants, avec un sill vert sombre gabbro-dioritique ; 3 : alternance de schistes verts à épidote (et amphibole bleue) et de quartzites feuilletés ; les bancs de quartzites, métriques vers le bas, sont plus minces vers le haut, les bancs verts passant de 1-2 dm à 1-2 m ; rh : 1, 2, 3 : voir coupe D.

Fig. 12.- Coupes lithologiques dans la zone Vanoise-Mt Pourri.
Légende commune à toutes les coupes : r_B : schistes bleutés fissiles séricito-albitiques ; r_A : arkoses claires, en bancs métriques, à mouchetures rouille ankéritiques, à intercalations décimétriques de schistes bleutés.



Malgré l'absence de fossiles, la tectonisation générale des contacts, les étirements et redoublements probables de formations, on peut relever des similitudes entre ces coupes :

a) la zonation (fig. 3), qu'Ellenberger a considérée comme une succession stratigraphique Carbonifère - Permien, s'y retrouve : la partie gauche (vers le Nord) de toutes les coupes comprend toujours les schistes bleutés séricito-albitiques attribués au Permien (notés rB), qui sont visibles par ailleurs dans tous les cas au bord interne de la bande d'écailles triasiques (carte h.t.), et qui représentent donc le front des séries de Vanoise. La partie droite (vers le Sud) est occupée par les formations plus résistantes du Mont Pourri et de la paroi nord de Bellecôte, attribuées au Carbonifère (h, hv, hσ, σ, hN) ;

b) entre ces deux bandes d'affleurements on relève sur les coupes (A, C, D, E) la présence d'un horizon de quartzites ankéritiques à passées de schistes bleutés vers la gauche, et de schistes noirs vers la droite, avec parfois un banc carbonaté. Ce niveau a été noté rh parce qu'il paraît bien représenter une transition entre "Carbonifère" et "Permien". Les mêmes faciès se trouvent également dans la base du Permien de la Pointe du Tougne, (Raoult, comm. orale) à 3 km au SW de la carte. Je les rapprocherai des bancs carbonatés que Fabre (1961) a signalés à la base de l'Autunien près de Briançon, dans la zone houillère.

c) les prasinites et les sills, traversant des niveaux souvent charbonneux, se retrouvent exclusivement dans la partie droite (Sud) des coupes ; leur absence systématique dans le "Permien" conduit à supposer, si la série est continue, qu'il y a effectivement une discordance basale du Permien sur le Carbonifère, postérieure à la mise en place des sills. Aucune discordance angulaire n'est visible, mais ce dispositif implique surtout une certaine érosion du Carbonifère antérieure au dépôt du Permien. Raoult (comm. orale) signale que ce fait se retrouve en Vanoise septentrionale.

Ces similitudes peuvent conduire à la reconstitution stratigraphique schématique de la figure 13, en supposant la série continue, comme l'a fait Ellenberger (1958).

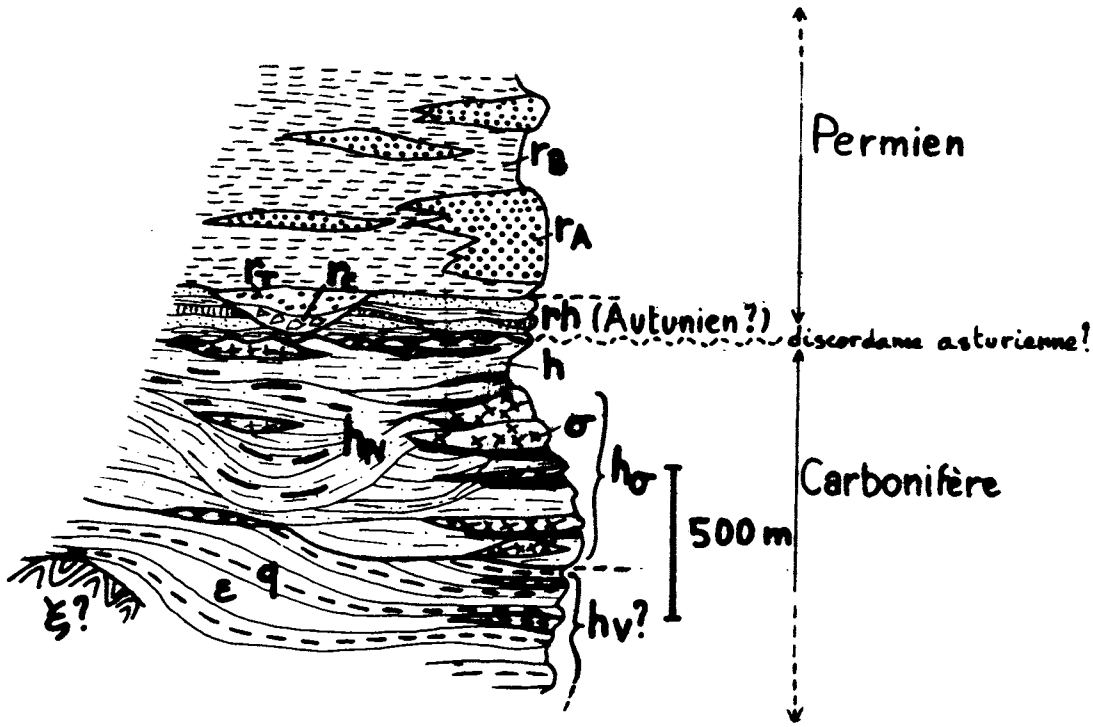


Fig. 13.- Essai de reconstitution de la colonne stratigraphique dans l'hypothèse d'Ellenberger (série permo-carbonifère continue) (autre interprétation en figure 15).

Lithologie : voir la figure 12, ou la carte h.t.
La sédimentation serait caractérisée par des variations rapides de faciès et d'épaisseurs.
Les sills (σ) se trouvent dans le Carbonifère seulement, parfois associés à du charbon (hσ).
Les micaschistes à grenats (ξ) de la figure 12 (coupe B) sont considérés ici comme une relique de socle anté-namurien (très hypothétiquement, puisque des grenats ont été trouvés dans hσ, et dans des formations similaires à hN par Ellenberger à la Roche de Mio (1958)). Les niveaux r_T et r_C de la coupe B sont supposés représenter un chenal près de la base du Permien, ravinant ou remplaçant latéralement les niveaux rh.

2. Objections à l'hypothèse de la série continue.

a) Etude de la coupe du Ponturin (fig. 12, B).

Elle se distingue des autres coupes par :

- l'absence des niveaux rh et r_A ;
- la présence du conglomérat r_C, au sein de schistes chloriteux à tourmaline (r_T).

Ces formations, nettement plus dures que les schistes bleutés (r_B), s'en distinguent en falaise par une teinte roussâtre ou grisâtre et un débit anguleux. J'ai cherché en vain leur prolongement plus haut dans la pente, au Plan des

Ecuries ou dans la Crête des Lanchettes. Ces niveaux rappellent beaucoup le Stéphanien conglomératique de la zone houillère (st) : si on accepte cette assimilation, on a alors en ce point une réapparition en fenêtre de la zone houillère.

b) Etude de la coupe du Crêt de la Foullie (fig. 12 D).
L'épaisse série de schistes noirs arkosiques, à rares sills (h_N) n'est pas connue dans les autres coupes. A la Roche de Mio, 2 km au SW de la carte, on peut observer des formations similaires, qui, selon toutes les apparences, passent en continuité au Permien (r_B) et aux quartzites triasiques (t_Q) (Ellenberger, 1958, et Raoult, comm. orale).

c) Travaux de Raoult (1980 a et b)
Cet auteur a décrit, sur les versants sud de Bellecôte, plusieurs affleurements de calcaires triasiques qui seraient discordants sur le Permo-Carbonifère. Si l'on admet cette liaison stratigraphique, il s'ensuit qu'une partie au moins de Bellecôte serait formée de Carbonifère en position normale, sous une mince couverture permienne puis triasique (mais sans quartzites werféniens).

d) Plis couchés de la face nord de l'Aliet : ces structures, observées de loin car d'accès difficile, sont esquissées en figure 14.

3. Hypothèse d'une superposition tectonique d'unités.

Comme l'avait clairement souligné Ellenberger, sur la zone houillère et les écailles triasiques le front de la Vanoise montre une série renversée. Mais rien ne prouve que celle-ci occupe la totalité de la face nord de Bellecôte. Compte-tenu des observations précédentes (2), on peut envisager au moins trois unités : la zone houillère, le flanc inverse du pli couché de Bellecôte, et son flanc normal. Leur stratigraphie est esquissée en figure 15. J'y ai joint une quatrième unité, celle du Crêt de la Foullie, qui surmonterait les autres actuellement du fait du "rétrocharriage" tardif vers l'Est, mais pourrait n'être qu'une portion du flanc inverse : elle se raccorde apparemment avec lui, selon les cartes actuelles, à l'Ouest du Grand Bois (Alberville 1/80 000, Annecy 1/250 000, Ellenberger min. inédites).

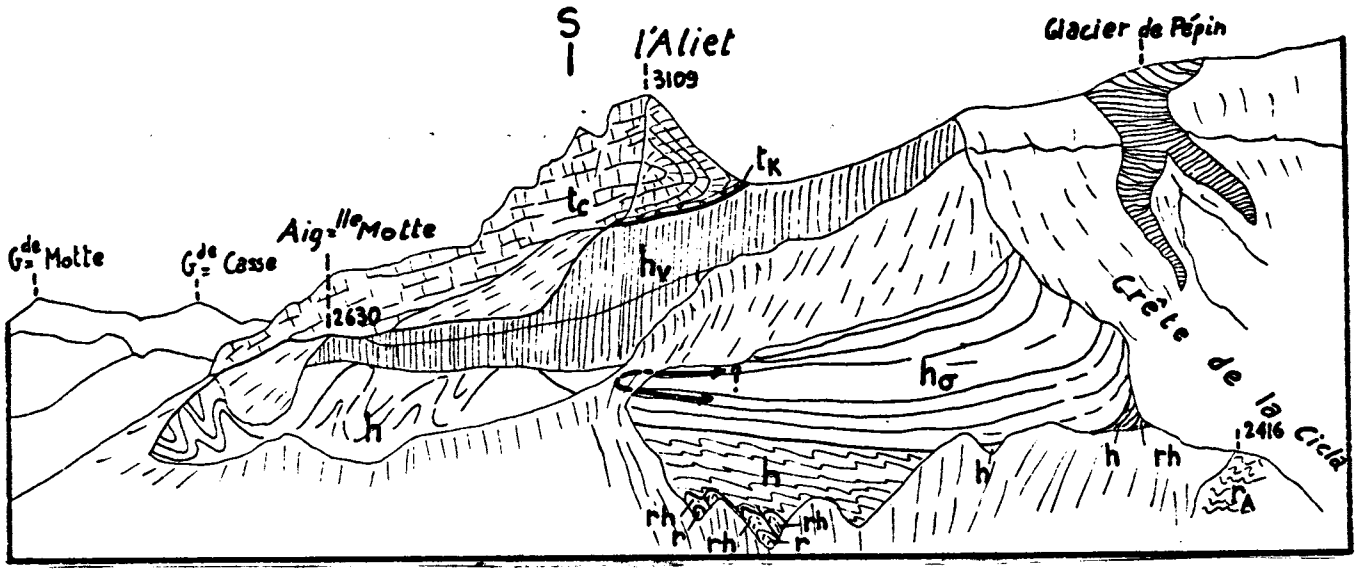


Fig. 14.- La face nord de l'Aliet, vue depuis la Crête des Lanchettes. Panorama géologique.

Lithologie : voir coupes (fig. 12) et carte h.t. L'allure tabulaire de l'ensemble est perturbée dans une bande horizontale à structure apparente en plis couchés ; la limite h-h_V est marquée par les différences de teinte dans la paroi entre ces deux formations.

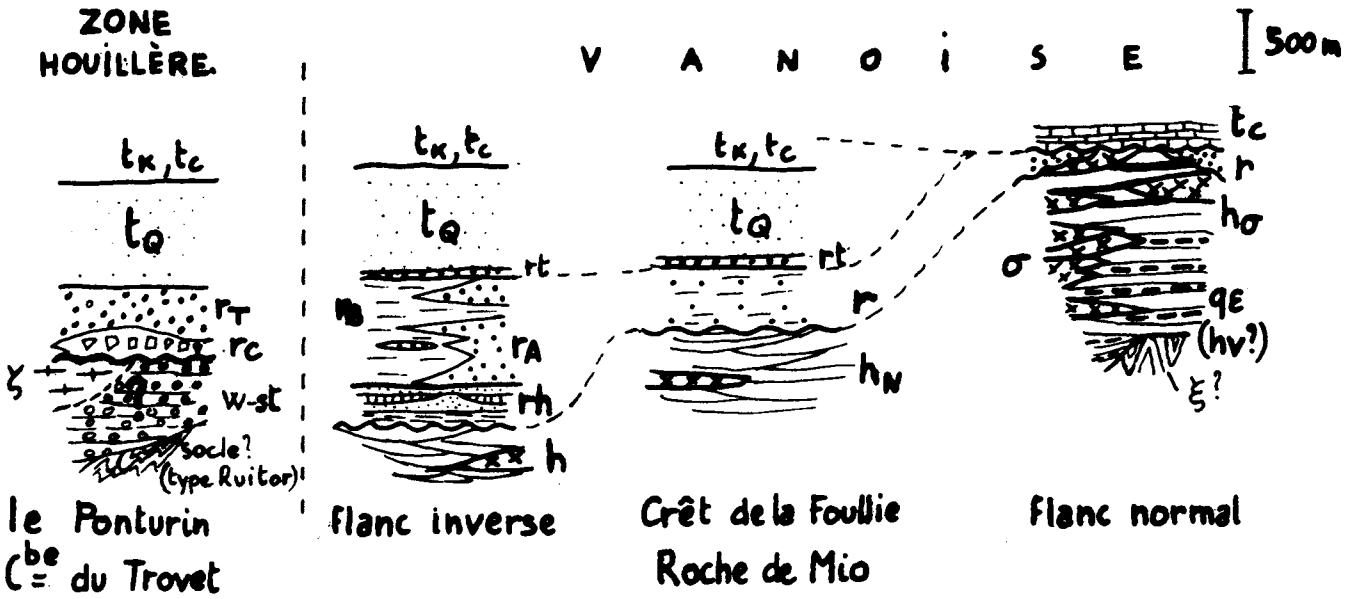


Fig. 15.- Reconstitution de la paléogéographie fini-triasique, dans l'hypothèse d'une superposition tectonique d'unités.

La rapidité des variations latérales de faciès est exagérée par les rapprochements tectoniques. Elle implique cependant l'existence, au Carbonifère et au Permo-Trias, de paléoreliefs (horsts, et grabens, produits par des distensions, accompagnées au Carbonifère de magmatisme).

Les formations q, ε, hσ, h_V, σ sont rattachées au flanc normal de Bellecôte pour rendre compte soit de l'analogie entre leurs faciès sédimentaires (pour h_V et q-ε), soit de la présence en leur sein d'intrusions gabbrodioritiques très similaires (que le Permien surmonte plus au Sud).

La figure 16 donne une interprétation de la coupe du Ponturin (fig. 12, B) avec les différentes unités distinguées dans la figure 14. Un schéma tectonique complet du secteur étudié sera donné à l'issue du chapitre tectonique.

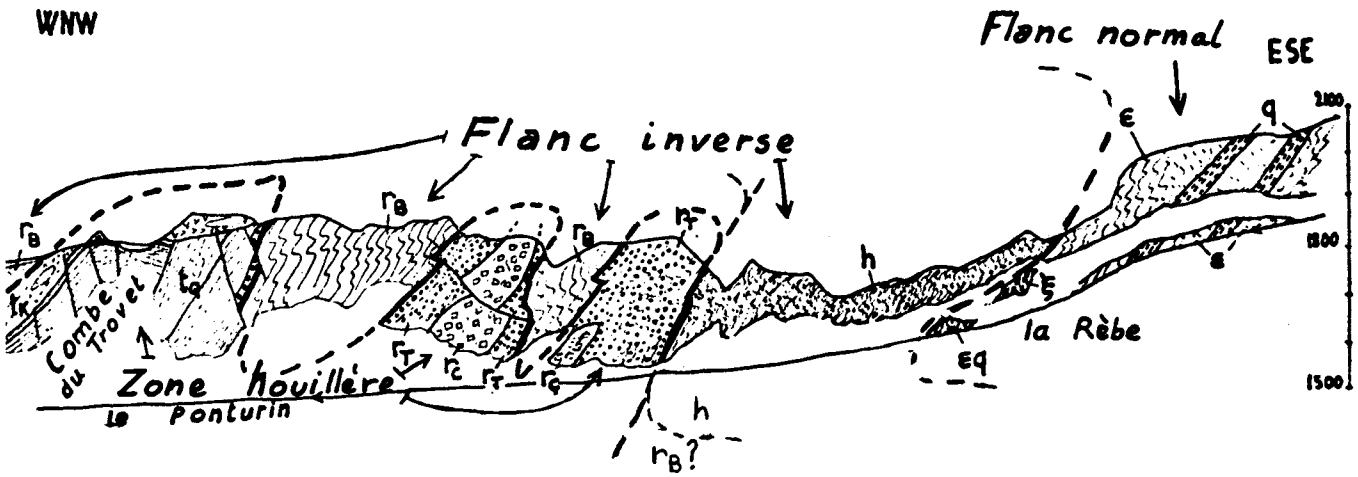


Fig. 16.- Interprétation de la coupe du Ponturin (fig. 12, B).

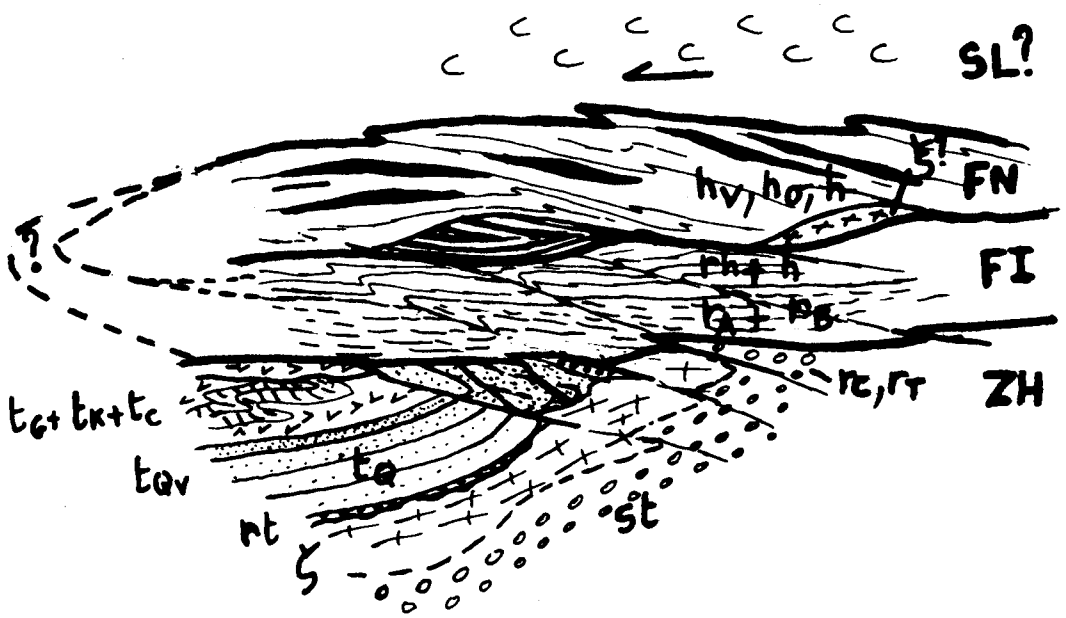


Fig. 16 B.- Reconstitution de l'allure des unités au moment des premiers charriages

ZH : zone houillère s.l., avec sa couverture parautochtone triasique.
FI : flanc inverse, et FN : flanc normal du pli couché de Bellecôte ; SL : nappe des Schistes lustrés.

Les formations r_T et r_C sont ici rattachées au Stéphanien ou au Permien de la zone houillère. On doit supposer que la couverture triasique a été décollée, refoulée (vers la gauche?), puisqu'elle n'apparaît plus à l'Est de la Combe du Trovet , permettant la mise en contact direct de FI avec r_C et r_T.

D. QUATERNAIRE.

Modelé glaciaire.

1. Glaciaire würmien (g_w)

Les grands traits de la morphologie sont dus aux phénomènes glaciaires. Au Würm (50 000 à 10 000 B.P.) la vallée était occupée par le glacier du Ponturin, affluent de celui de l'Isère, qui a laissé le profil général en U. Des épaulements sont visibles sur les deux versants, s'échelonnant de l'altitude 2300 m à l'Est (la Commune, contreforts N de l'Aiguille Motte) à 1800 m à l'Ouest (pentes au Nord de Nancroix, Plan du Mulet). Ces replats sont réentaillés par les torrents actuels.

2. Glaciaire postwürmien.

Des moraines bien visibles en photos aériennes sont conservées au Plan du Mulet, (g_{x-y}), et près du Chalet des Rossets où la langue glaciaire venue de la la Crête des Lanchettes se terminait par un glacier rocheux ($\mathcal{E}$ - g_x).

3. Glaciaire actuel et historique (g_z, g_y).

Des moraines à formes fraîches, déjà colonisées par la végétation (g_y), ceinturent vers l'aval les moraines de glaciers actuels (g_z). Ces appareils morainiques localisés à l'altitude 2500 - 2800 m, pourraient remonter au petit âge glaciaire (17ème et 18ème siècle de notre ère).

La notation $\mathcal{E}$ - g_z désigne deux glaciers rocheux actuels, au flanc E de l'Aliet, et à la Commune.

Modelés des versants.

- Les grands cônes mixtes (J_y) ont été édifiés par des phénomènes de ruissellement, d'éboulement, mais aussi de solifluxion (NE de Nancroix), et d'avalanches (Sud des Lanches ; la Rèbe). Ces cônes ont pu barrer complètement la vallée, créant des lacs aujourd'hui comblés ($\mathcal{F}_y$) à Rosuel (1500 m), et entre les Lanches et Nancroix (1470 m).

- Des glissements en masse ont laissé des cônes à forme de détail très tourmentée (Sud de Rosuel). Ils pourraient affecter encore des parties importantes de versant (crevasses multiples au plateau sommital de la pointe de Friolin, au Crêt de la Foullie, au Crêt de la Cicla). La présence des schistes sériciteux (r_B) au pied de ces parois, ou de gypse et cargneules en épaisseurs notables, doit évidemment favoriser ces phénomènes (voir fig. 10).

. Eboulis anciens recimentés ($\mathcal{E}_x$) : sous les masses de gypse du Grand Bois, le versant est couvert d'un placage épais d'éboulis ou de produits morainiques dont la matrice sableuse a été recimentée par les circulations superficielles, liées aux gypses ou cargneules voisins. Ces placages encroûtés sont entaillés par les ravins actuels.

Failles actives.

. Le versant W du Dos de la Chamette est haché de failles N-S jalonnées d'éboulis vifs. Elles pourraient se prolonger au Nord (Goguel, 1969), où leur fonctionnement a pu être daté par des tourbes du Quaternaire récent.

. Les crevasses multiples de la Pointe de Friolin ont été initiées selon ce même auteur par des failles profondes orientées E-W qui tranchent même les éboulis. L'épaisse semelle de gypses et cargneules sous-jacente pourrait aussi être la cause de ces failles, provoquant des tassements et glissements.

CHAPITRE III

PÉTROGRAPHIE. MÉTAMORPHISME.

A. LIMITES DE l'ETUDE PETROGRAPHIQUE.

Son objet est surtout une tentative de détermination d'une chronologie relative des épisodes tectoniques et métamorphiques. La plupart des lames minces étudiées ont montré deux foliations : l'une très fine, décimillimétrique, notée S_1, marquée par des alignements minéraux ; l'autre plus fruste, de fracture ou de strain-slip selon la compétence des roches, millimétrique à centimétrique, qui correspond à la schistosité mésoscopique régionale Sp, et qu'on devine sur certaines coupes (fig. 16) lorsqu'elles sont orientées transversalement à Sp. Cette deuxième schistosité ploie la première, réaligne les minéraux phylliteux, et paraît associée à la croissance de chlorite, à la recristallisation du quartz et de la calcite.

Le saut de métamorphisme entre zone houillère et Vanoise a été souligné par Saliot (1978) : "le domaine à zoïsite - amphibole sodique vient chevaucher tectoniquement un domaine à chlorite - albite - épidote". Il précise que ce fait est surtout visible dans la haute vallée de l'Isère (1978, p. 20-21). Je ne discuterai pas de ce problème, les lithologies ayant été trop différentes à l'origine entre zone houillère et Vanoise pour fournir des marqueurs valables. En particulier les roches intrusives basiques sont très rares dans ce secteur de la zone houillère.

Les phénomènes que j'ai étudiés paraissent au contraire uniformes dans les deux zones (voir C).

B. LES PRINCIPAUX MINERAUX PRESENTS.

Ils sont donnés dans le tableau 1, qui appelle diverses remarques :

1. La prédominance des minéraux du faciès des schistes verts (quartz, albite, mica blanc, chlorite, carbonates) se traduit par l'absence de feldspaths autres que l'albite. La biotite n'a pas été reconnue, mais il y a parfois du stilpnomélane.

FORMATION / MINÉRAL	ZONE HOUILLERE s.l.							VANOISE									
	St	ζ	t_c, t_K	tQ	rt	rc	rT	rA	rB	rh	h	hN	ξ	σ	ε	q	hσ
Quartz	++	+++	+	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+++	-	++	+++	++
Albite	++	++	+	-	+	++	++	+++	++	+	++	+++	+	++	+	-	++
Chlorite	++	+	+	-	+	+	+	+	+	-	++	+	+	++	++	-	+
Mica blanc	++	+	-	+	+++	++	++	-	+++	+	+	+	-	-	-	+	+
Carbonates	+	+	+++	+	+	+	+	++	+	++	+	+	+	+	+	+	+
Sphène	+	+		-		-	-	+	+	-	+	-	+	++	++	-	+
Epidote											+	+		++	+++	+	+
Amphiboles														+++			
Stilpnomélane (ou biotite)											-		-				
Grenat												-	+		-		-
Amphibole bleue											-				-		
Graphite	+	-				+				+	+	+					++
Tourmaline	+	+		+		+	+	+	+	+							

Tableau 1.- Assemblages minéralogiques des principales formations.

+++ : minéral dominant (> 30%)
++ : minéral important (5% à 30%)
+ : minéral fréquent (0,5% à 5%)
- : minéral rare à très rare

Les proportions données ne sont qu'indicatives, et peuvent varier de façon importante selon l'échelle d'observation (lame mince, affleurement, formation).

Grenats et amphiboles bleues paraissent très rares, et sont vraisemblablement liés à un chimisme particulier. Je ne traiterai pas de leur cas en détail, trop d'inconnues subsistant quant à leur position structurale et à la stratigraphie de leur encaissant. Les grenats du Ponturin (formation ξ sur carte h.t.) paraissent en tout cas antérieurs à Sp qui les contourne ou les casse (fig. 17), comme les porphyroblastes de beaucoup d'autres minéraux ; ces micaschistes (ξ) contiennent par ailleurs de petites quantités de stilpnomélane (ou de biotite ?).

2. Des hypothèses stratigraphiques m'ont été suggérées par certains minéraux :

   - le graphite me paraît caractériser le Carbonifère (hσ, hN, h) ; il semble exister jusqu'aux niveaux rh, hN, st et ζ (schistes noirs plus ou moins arkosiques) puis disparaître (sauf dans des galets du conglomérat r_C). Ceci cadre bien avec le climat du Permien, réputé désertique.

   - la tourmaline (fig. 18) est localisée aux niveaux d'âges présumés stéphanien à werfénien (st, ζ , r_C, r_T, rh, r_A, r_B, tQ) où elle est d'origine sédimentaire. Cela suggère qu'après l'orogenèse asturienne l'érosion attaquait des massifs granitiques bordant le bassin de sédimentation stéphano-permien.

3. Les roches éruptives me paraissent caractérisées par leur pauvreté en quartz et par l'association amphibole - albite (+ chlorite + épidote + sphène), l'un des deux pouvant prédominer. La texture grenue, quoique fréquente, peut avoir été estompée par les foliations S_1 et Sp. Ces roches se présentent généralement en sills, suivant donc la stratification. J'ai observé en un seul point des figures d'allure clairement intrusive, dans le laccolite de la Pointe de Friolin (fig. 19).

4. Les schistes verts riches en épidote et chlorite mais sans amphibole (notés ε) contiennent beaucoup de quartz, et alternent régulièrement avec des quartzites feuilletés (fig. 12, coupes B et E) : quoique formés sans doute aux dépens de matériel éruptif basique, j'en ferai des roches sédimentaires à l'origine. Le nom de prasinite qu'on peut leur donner ne préjuge d'ailleurs pas de leur genèse.

Fig. 17.- Grenat (formation ξ ; gorge du Ponturin, 1800 m ; éch. G 109, L.N.)

Le grenat (en noir) est scindé en deux masses vaguement hémisphériques, sur fond de mica blanc et chlorite (hachures), et de quartz (clair).

Cette fracturation ne paraît que faiblement reprise par Sp, et remonte donc à la formation de S_1.

La croissance du grenat pourrait être antérieure à S_1 (anté-Namurien ?).

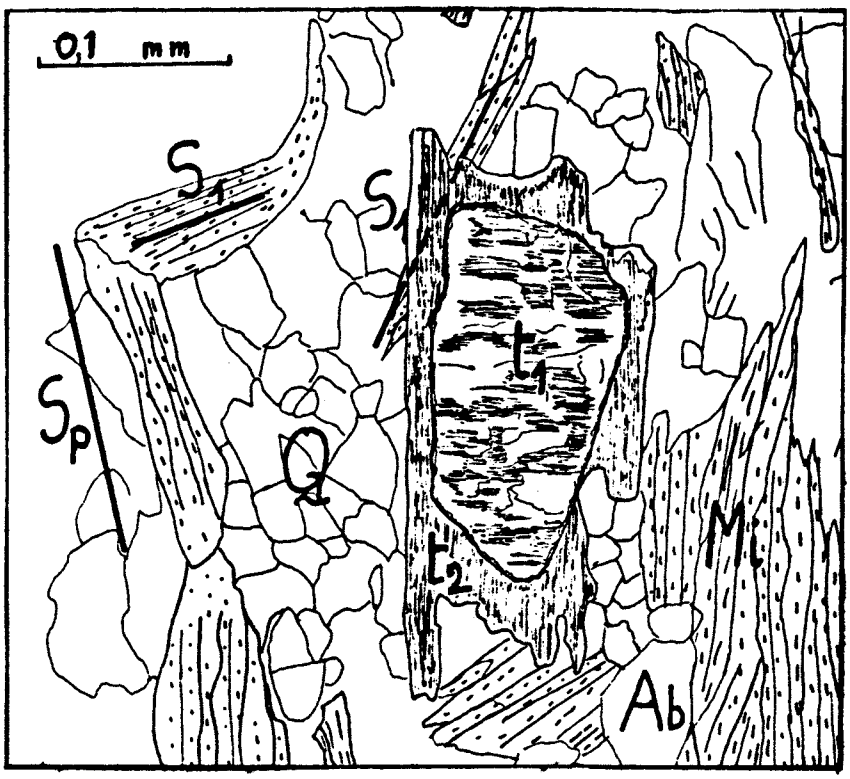


Fig. 18.- Tourmaline zonée dans les arkoses permiennes (r_A) (Crête des Lanchettes, arête Sud, 2300 m ; échantillon G 114, L.N.)

Les deux parties du cristal de tourmaline ont un pléochroïsme de même direction, brun pour le coeur (t_1), bleu vert pour la périphérie (t_2). Micas blancs (Mi) et albites (Ab) semblent aussi avoir recristallisé en conditions statiques, postérieurement à la naissance de S_1, et antérieurement à la schistosité Sp de strain-slip. Cette dernière a été accompagnée de recristallisations du quartz (Q).

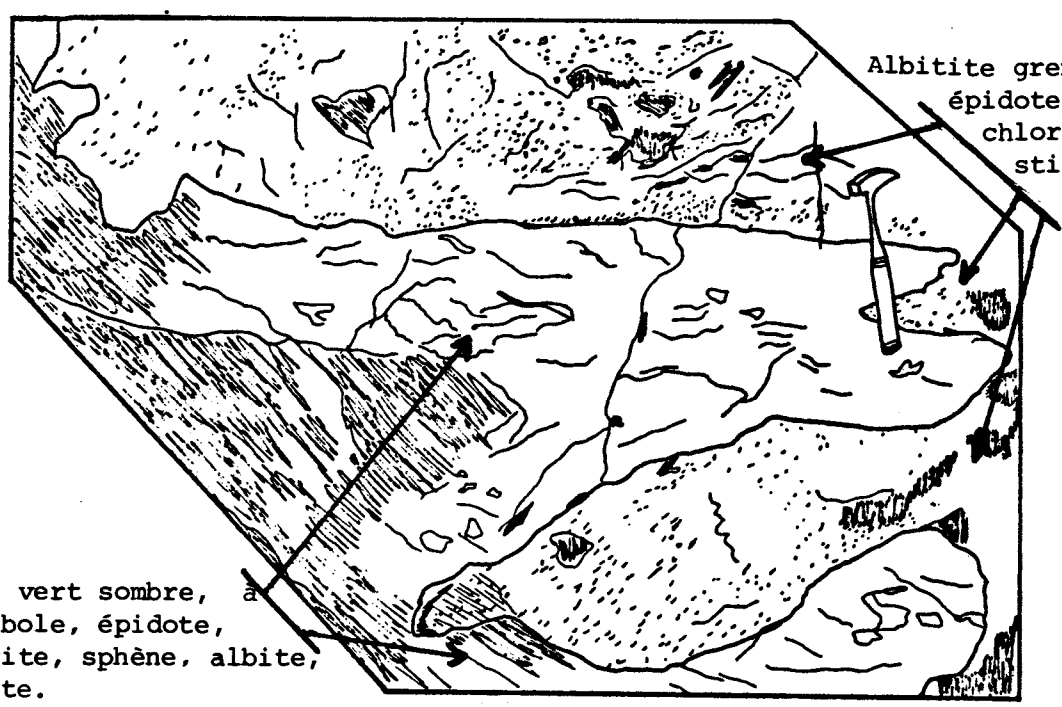


Fig. 19.- Contact imbriqué entre roches intrusives (Pointe de Friolin, arête NE, 2630 m ; vue vers le Sud).

Son tracé sinueux, à apophyses, paraît exclure une origine tectonique. Il pourrait s'agir de deux intrusions successives, et/ou de différenciations à partir d'un unique magma gabbro- dioritique. Ces deux roches sont très pauvres en quartz.

Fig. 20.- Amphibole zonée (sill dans hσ, Nord du Refuge du Mt Pourri, 2690 m ; échantillon G 071, L.N.).

Le coeur (1) plus ferrifère, vert olive, est entouré d'amphibole vert pâle (2) (trémolite, ou actinote peu ferrifère), qui a le même allongement. Cette amphibole est entourée de chlorite (Chlo) avec un peu de quartz (Q). L'ensemble est transverse sur Sp (non visible ici) comme en figure 21.

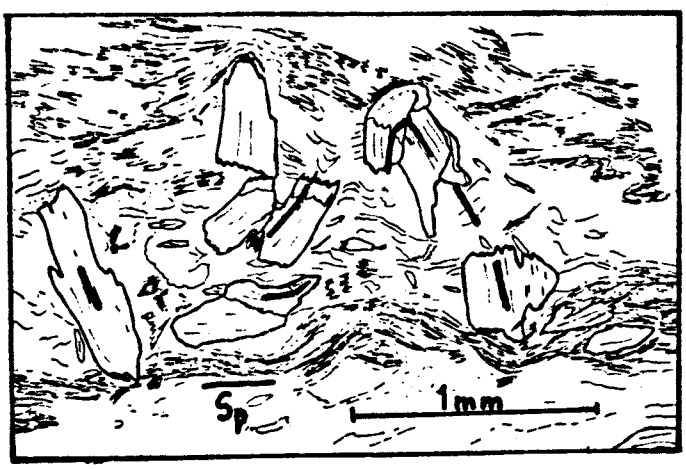


Fig. 21.- (Même lame que fig. 19 ; L.N.)

Amphiboles engrenées.

La schistosité Sp les contourne, ce qui montre leur antériorité. Elles paraissent avoir recristallisé en conditions statiques. Leur disposition en "arcs polygonaux", comme l'absence de sections à clivage losanqique indiquent une orientation des noyaux de recristallisation, qui pourrait correspondre à S_1 (sub-parallèle au plan d'observation ?).

Les lits noirs qui marquent Sp sont constitués de grains de sphène et de zoïsite, le fond clair de chlorite et d'amphiboles plus petites.

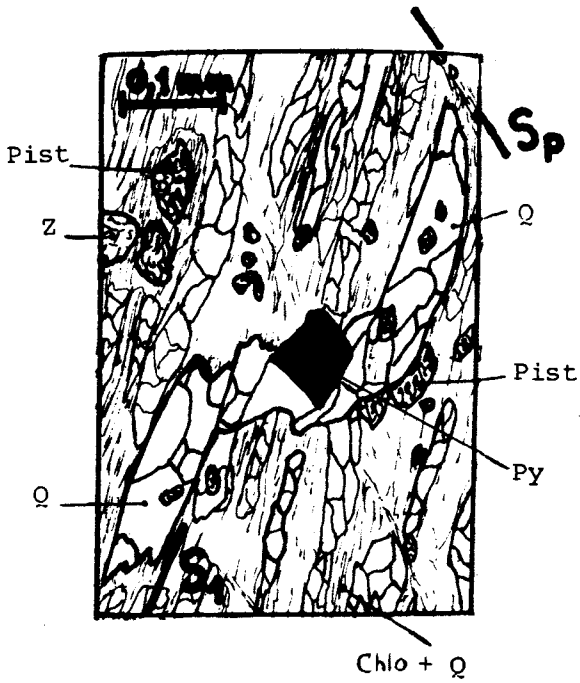


Fig. 22.- Pyrite (Py) avec queues d'étirement de quartz (Q) (schistes verts à épidote (ε) ; gorge du Ponturin, 1800 m; éch. G 108, L.N.).

Chlorite (Chlo), quartz, et épidote (Z : zoïsite ; Pist : pistachite) soulignent la foliation S_1, et sont légèrement repris par la schistosité de strain-slip (Sp).

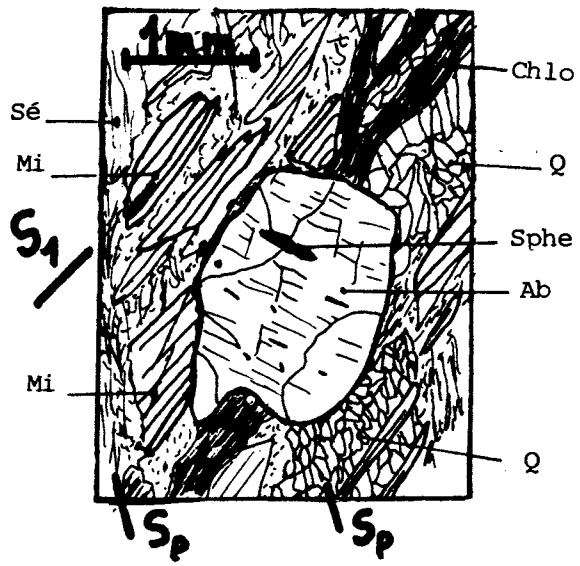


Fig. 23.- Albite (Ab) (gneiss du Sapey, Plan Peisey (2 km au NE de Nancroix) ; échantillon JFR 78-258, L.N.).

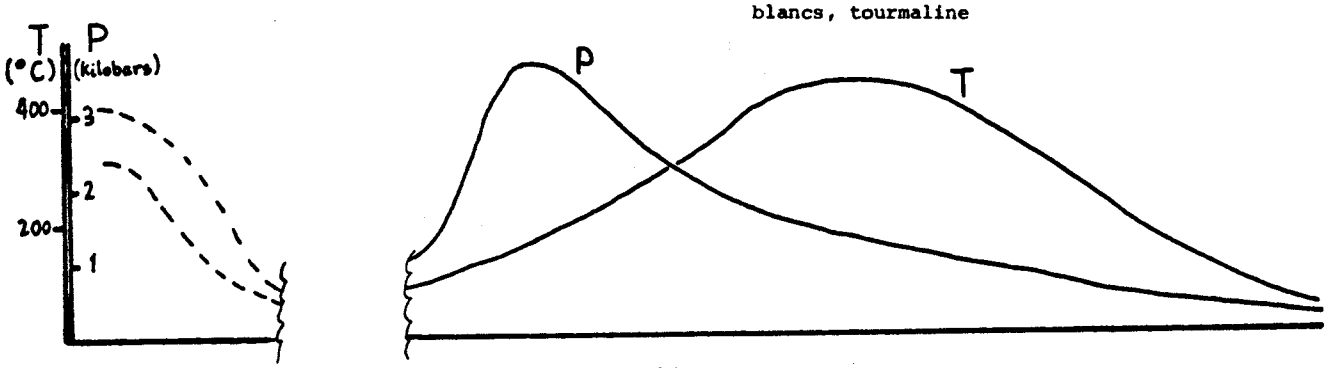
L'albite paraît postérieure à S_1, matérialisée par des micas blancs (Mi) qu'elle traverse. Sp les replisse ou les écrase (Sé : séricite). Les queues de chlorite (Chlo) autour de l'albite, les recristallisations de quartz, marquent un étirement transverse à S_1, parallèle à Sp. L'albite est constellée de sphène (Sphe) qui pourrait mimer un litage antérieur.

C. RELATIONS ENTRE LES PORPHYROBLASTES ET LES FOLIATIONS.

Les figures 17, 18, 20, 21, 22, 23 en fournissent plusieurs exemples, dans des formations diverses (ξ , r_A, hσ, hσ, ζ). J'ai choisi délibérément des lieux différents pour montrer la constance de certains phénomènes.

D. CONCLUSION : CHRONOLOGIE DES EPISODES TECTONIQUES ET METAMORPHIQUES.

ANTE-NAMURIEN?	EOCENE SUP.		MIOCENE?
faciès des amphibolites (+ faciès des schistes verts)	Faciès des schistes bleus	Faciès des schistes verts	
	(Foliation minérale (S_1)	Croissance de porphyroblastes	Schistosité de fracture ou de strain-slip (Sp)
	plis penniques mise en place des nappes enfouissement rapide	Diminution de pression (érosion) rééquilibrage thermique	"Rétrocharriage" érosion Plis semblables ou isoclinaux à vergence est
grenats (ξ) biotite	grenats (hσ, hN) amphiboles bleues	quartz, albite, chlorite, trémolite-actinote, zoïsite-pistachite, mica blancs, tourmaline	quartz, chlorite, calcite



Tabl. 2.- Chronologie des événements métamorphiques et tectoniques

Le tableau 2 qui la résume tient compte des travaux de Bocquet (1974) et Saliot (1978) pour l'âge et les faciès métamorphiques de la première phase. L'hypo-

thèse de Bocquet (1974) sur l'âge anté-namurien des formations anté-permiennes de Vanoise n'est reprise en compte que pour les micascistes à grenats (ξ) du Ponturin : le charbon des niveaux h_σ, le graphite des niveaux h_N, où des grenats existent, m'incitent à les attribuer au Carbonifère.

CHAPITRE IV

T E C T O N I Q U E

A. BUTS DE L'ETUDE TECTONIQUE.

J'admettrai que le nombre de phases tectoniques majeures et synchisteuses est limité à deux, sommairement décrites dans le chapitre précédent (Tab. 2). Pour arriver à reconstituer le style et la vergence de la première phase, il me paraît nécessaire de décrire d'abord de manière aussi détaillée que possible les effets de la seconde phase. Sp sera la dernière schistosité, S_{O-1} ou S_1 la première foliation.

B. COUPES SERIEES ET CARTE STRUCTURALE (pl. h.t.).

1. J'y distingue les domaines suivants, du NW vers le SE à l'affleurement :

ZHS : la zone houillère s.s. (st, ζ)
ET : les écailles triasiques (t_K, t_G, ± t_c, ± t_Q, ± rt)
Q : le dôme de quartzites de Rosuel (t_{QV}, t_Q, rt)
F : les fenêtres de la Gurraz (r_T, r_c)
} ZONE HOUILLERE s.l.

FI : la bande permo-carbonifère (r_A, r_B, rh, h p.p.), ou flanc inverse du pli couché de Bellecôte
FN : le flanc normal du pli couché de Bellecôte (ξ, qε, h, hσ, σ, h p.p.)
CV : les calcaires de l'Aliet (t_c) (couverture décollée et charriée de Vanoise ?)
} ZONE VANOISE

2. Styles structuraux.

ZHS : la schistosité Sp y est développée surtout dans le Stéphanien (st) et se réduit à une fracturation plus grossière dans les gneiss du Sapey (ζ), quoique d'orientation similaire (voir à FI un essai de quantification de l'attitude de Sp).

ET : sur ce "socle", le comportement du Trias est plus variable, presque indéchiffrable par exemple dans les cargneules et les gypses. Sa base a subi des dénivelées importantes du fait des failles du socle. Le tracé cartographique de ET, qui est EW au Sud du Ponturin, s'infléchit brutalement vers le Nord ou le NW, au Nord

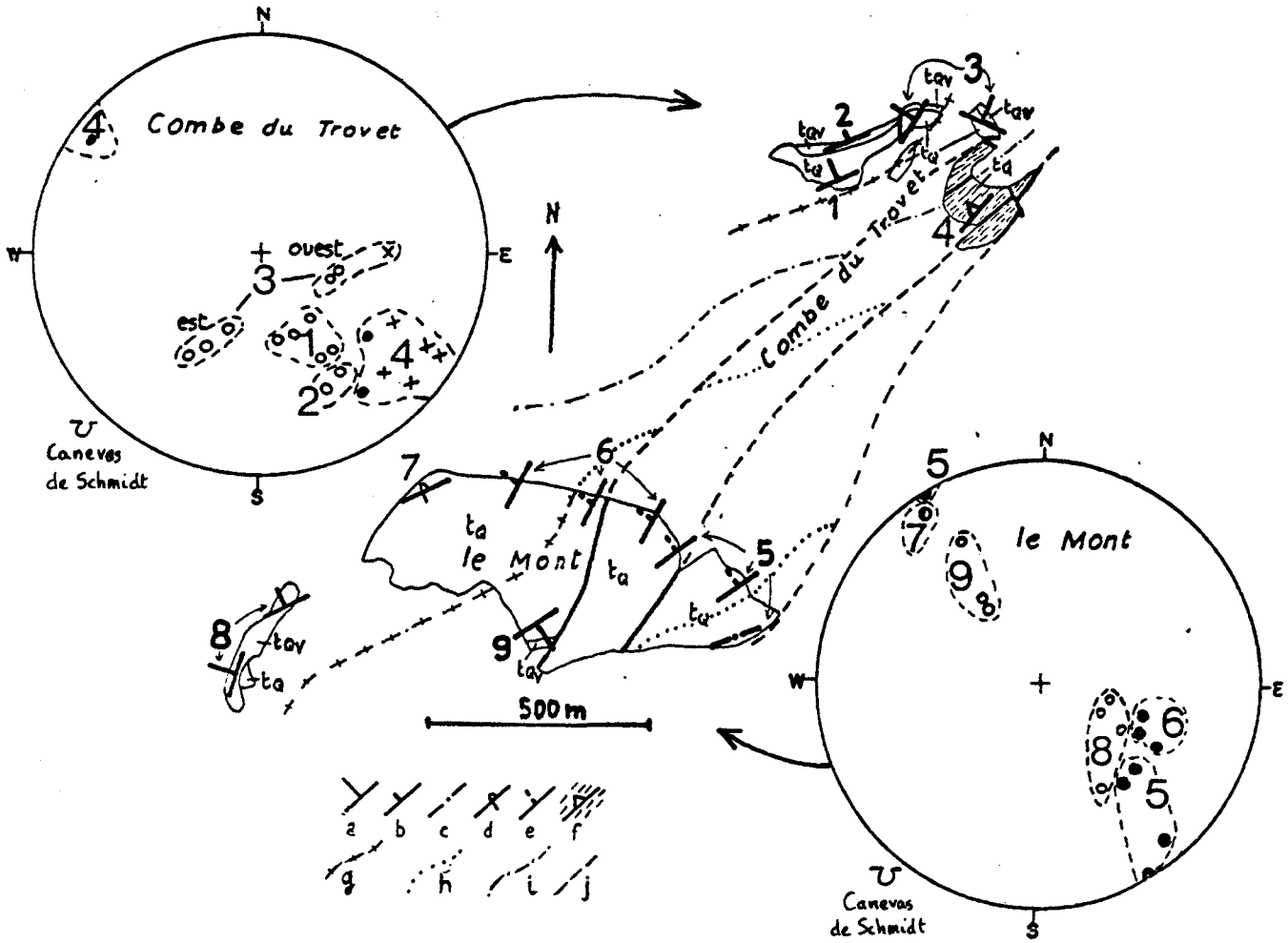


Fig. 24.- L'antiforme de quartzites de la Combe du Trovet-Le Mont. Interprétation structurale.

Carte : . Pendages stratigraphiques - a : normal modéré ; b : normal fort ; c : vertical ; d : inverse ; e : de polarité inconnue

f : schistosité, et quartzites broyés où seule cette schistosité est visible.

g : axe anticlinal ; h : axe de structure inconnue (anticlinal ou synclinal) ; i : axe synclinal hypothétique ; j : prolongement possible de failles visibles.

Pôles dans les stéréogrammes : ○ pendage normal ; ◑ pendage inverse ; ● pendage à polarité inconnue ; X : schistosité.
Le découpage par des failles en lanières sub-parallèles à Sp, et l'allure des axes de structures à l'intérieur de ces lanières est largement hypothétique : les axes, en particulier, ont été déduits p.p. seulement des mesures, indiquées sur la carte (signes de pendage ou de schistosité) et reportées, avec leur situation cartographique (1 à 9), sur stéréogrammes. L'ensemble, sans la démontrer, suppose admise l'hypothèse que les failles associées à Sp, soit N 10 à N 30 E, ont joué en décrochements senestres, déformant les structures précédentes d'axe N 60 E actuellement, et qui auraient pu être encore plus proches de la direction EW au départ. Noter que ces failles et Sp sont ici très redressées.

de la vallée : des failles (F_1) N-S pourraient rendre compte de la dissymétrie de ce V cartographique, en leur supposant une composante décrochante senestre.

Q : cette antiforme est d'axe cartographique N 30 à N 40 E. Elle est scindée en un flanc occidental à structure en demi-anticlinal déversé vers l'Est, et un flanc oriental très écrasé. Comme c'est le seul lieu de tout ce secteur où des polarités soient certaines, je crois nécessaire d'en proposer une interprétation relativement détaillée en figure 24. On peut noter aussi que son flanc occidental est surmonté par ET, qui serait donc ici subautochtone (cargneules werféniennes?).

F : ces pointements supposés de la zone houillère s.l. (voir chap. II) sont affectés par Sp, mais aussi par une série de cassures de direction ESE-WNW, postérieures à Sp, légèrement chevauchantes vers le Sud (voir fig. 10, pour leur prolongement dans FI et Q), avec un petit mouvement décrochant senestre (voir carte h.t. , et coupe BB h.t.). De telles cassures peuvent expliquer la direction actuelle de la vallée du Ponturin.

FI : cet ensemble (flanc inverse de Bellecôte) est composé, pour l'essentiel, des schistes bleutés (r_B) très ductiles.

- Sp y est bien développée, de strain-slip, très constante en orientation (fig. 25), plan axial de microplis isoclinaux reprenant S_{O-1}, dont les directions axiales sont plus capricieuses (fig. 25). J'ai noté, sur le terrain, que les plis à flanc court plongeant à l'Ouest sont beaucoup plus fréquents, et moins aplatis dans Sp que ceux à flanc court plongeant à l'Est. Dans les bancs d'arkoses (r_A), les plis deviennent plus amples (métriques) mais gardent des caractères analogues (fig. 26)

- la surface de base de FI est très accidentée, de plis isoclinaux plurihectométriques déversés à l'Est. L'allure rectiligne du bord de ces replis m'a conduit à les considérer comme séparés par des failles, sub-parallèles à Sp, prolongeant celles qui affectent la zone houillère sous-jacente ;

- au contraire, le sommet de FI est subhorizontal (à 2500 m environ) de la Pointe de Friolin jusqu'à l'Aliet. Cette divergence entre la morphologie de sa base et de son sommet me fait envisager que le Permien a joué comme un niveau d'amortissement lors de la phase 2, atténuant vers le haut l'effet des failles (y compris leur composante éventuelle en décrochement senestre) et des plis profonds ;

- vers l'Est, de l'Aliet à la Commune, le contact FI - FN est brutalement ployé, déversé vers l'Est, parallèlement à Sp (pli en genou déjà amorcé en coupe CC). Cette flexure pourrait avoir son équivalent antithétique en profondeur (coupes

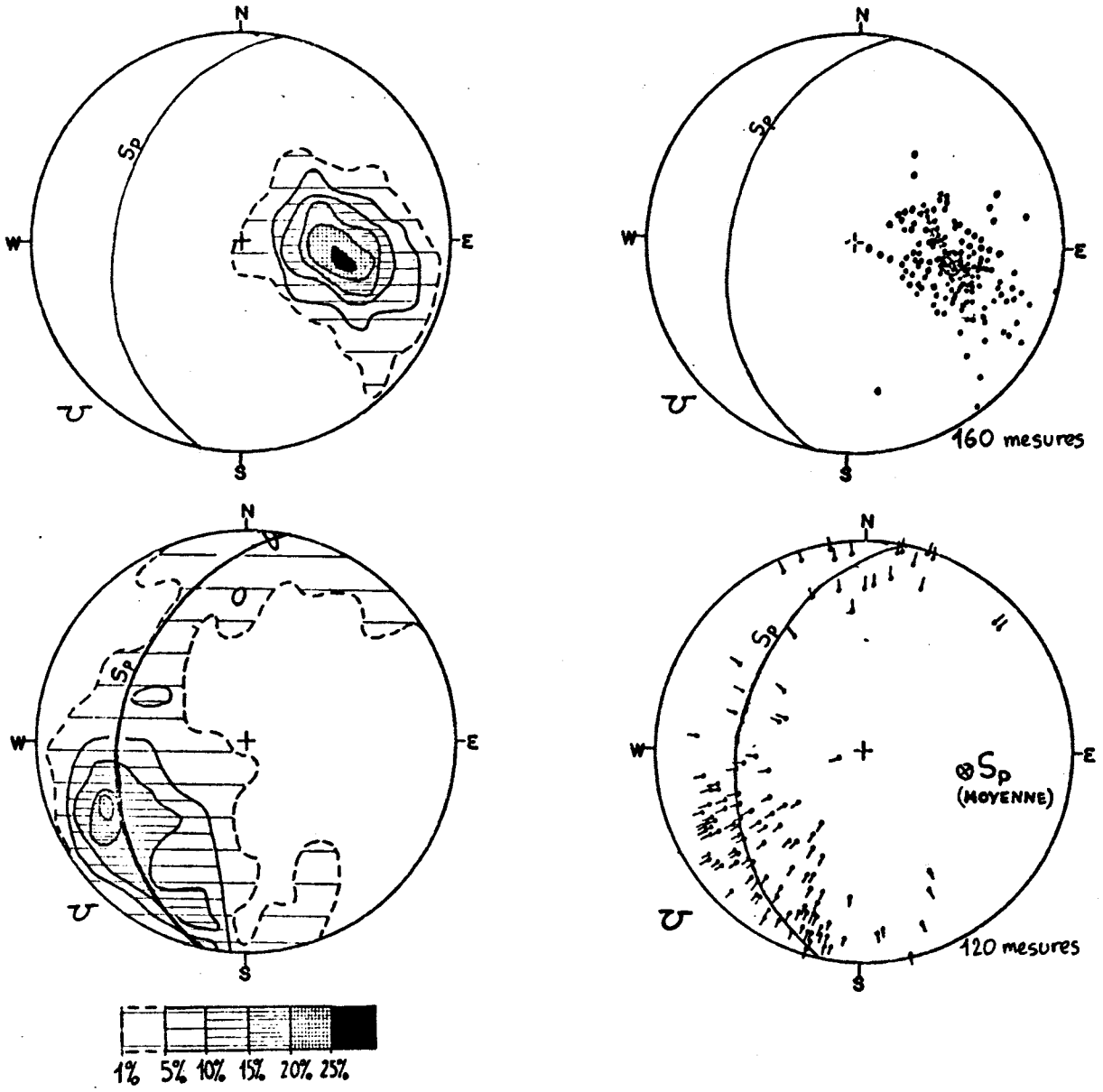


Fig. 25.- Mesures de la schistosité (pôles, en haut) et des axes de microplis (traces, en bas) dont cette schistosité est (ou paraît être) plan axial, dans les formations r_B, r_A, r_C, r_T, t_Q (Trovet, Est) et q-ε (vallée du Pontu-rin).

A gauche, courbes d'isodensité correspondantes. Les maximas trouvés sont:

- pour Sp, attitude de direction horizontale N 11 E, de pendage 40° W (Sp MOYENNE)
- pour les axes, direction N 241 E, plongement 28° SW.

BB, CC), qui amènerait à nouveau le contact FI-FN à l'horizontale (arguments microstructuraux : voir FN).

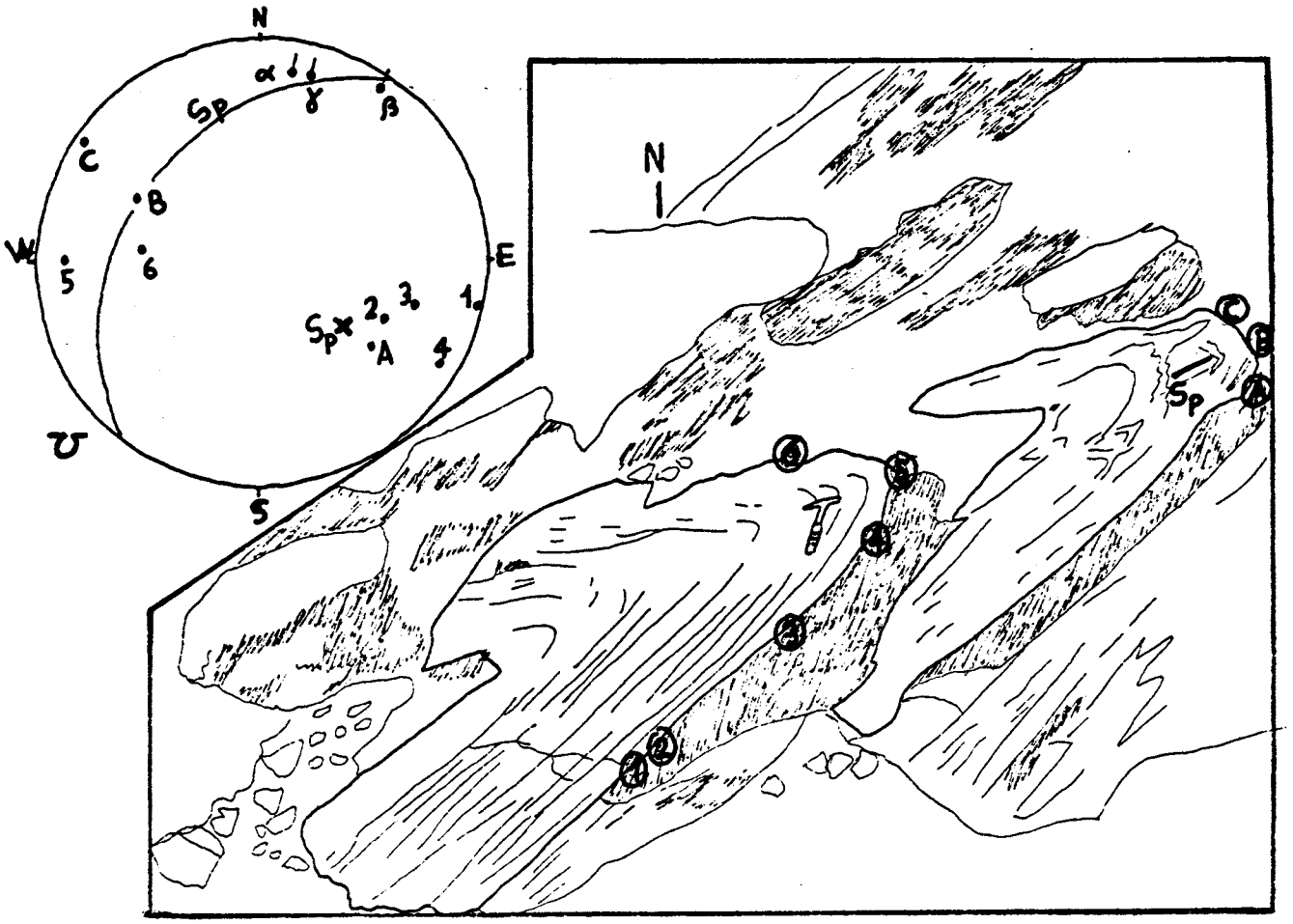


Fig. 26.- Etude de détail d'un pli métrique (arkoses permiennes du SW de la Crête des Lanchettes, 2450 m).

1 à 6 : mesures de S_{0-1} effectuées sur le pli de gauche
A à C : id., pli de droite.

● : pôles de S_{0-1} ; X : pôle de Sp mesurée (sa trace est indiquée)

α : orientation de la charnière du pli de gauche ; β : id., pli de droite ; γ : axe moyen, construit.

Noter les flancs courts plongeant à l'Ouest.

FN :

- le flanc normal (supposé) de Bellecôte est d'allure générale plus tabulaire (coupes CC, DD, EE), et d'épaisseur kilométrique (maximale à Bellecôte : de 2300 à 3400 m). Je l'ai très peu étudié et mon impression est que Sp y est peu visible, ou réfractée en plis de faible amplitude (mêmes coupes). La direction des failles y paraît plus capricieuse, délicate à raccorder à celles de la vallée du Ponturin ;

- le pli couché dessiné en coupe CC dans hσ (et en fig. 14) (s'il ne s'agit pas plutôt d'un ensemble intrusif bicônique très aplati) ne peut selon moi que relever de la première phase. J'ai effectué des mesures de stratification à l'altitude 2500 m, à sa base ; elles montrent peut-être un axe de pli N 50 originel, mais ce pli pourrait tout aussi bien n'être qu'un effet de phase 2 (fig. 27). De même dans la coupe AA, l'attitude verticale des niveaux hσ dans les contreforts du massif du Mont-Pourri contraste nettement avec la Sp du Permien voisin ; les mesures que j'ai faites, sur SO, au flanc ESE de cette arête, montrent des directions similaires à celles du Crêt de la Cicla (fig. 27) ;

- dans la vallée du Ponturin (coupe BB), FN (q-ε, ξ) est plus nettement affecté par Sp ; mais le style isoclinal en grand (avec des microplis métriques de style conforme peu accusés) bien visible au bord de la carte dans q-ε, fait place au pied du verrou glaciaire de la Rèbe à des plis en chevrons décimétriques dont Sp est plan axial : Sp devient donc nettement sécante sur S_{O-1}, ce qui fait supposer que FN (et FI) se remet à plat en profondeur, réalisant ainsi la structure antithétique annoncée du pli en genou de la coupe CC.

C. CONCLUSIONS : MECANISMES ENVISAGES.

Malgré l'absence (ou la rareté) de preuves tangibles (failles à stries subhorizontales par exemple), je supposerai que le mécanisme contrôlant les déformations de phase 2 est le jeu profond de décrochements senestres N 30 E, se traduisant par :

- la schistosité Sp et les microplis associés, légèrement obliques sur cette direction (N 10 E, et N 40 à 60 E, respectivement) ;

- l'existence d'un réseau assez dense de failles N 30 à N 50 E, inverses d'apparence seulement : malgré le "rétrocharriage", la zone houillère est restée plus basse que la Vanoise. Le caractère inverse des failles serait plutôt la traduction de la déformation interne à chaque lanière (fig. 28) ;

- l'amortissement vers le haut de toutes les déformations précédentes, particulièrement au contact du flanc normal, massif, de Bellecôte

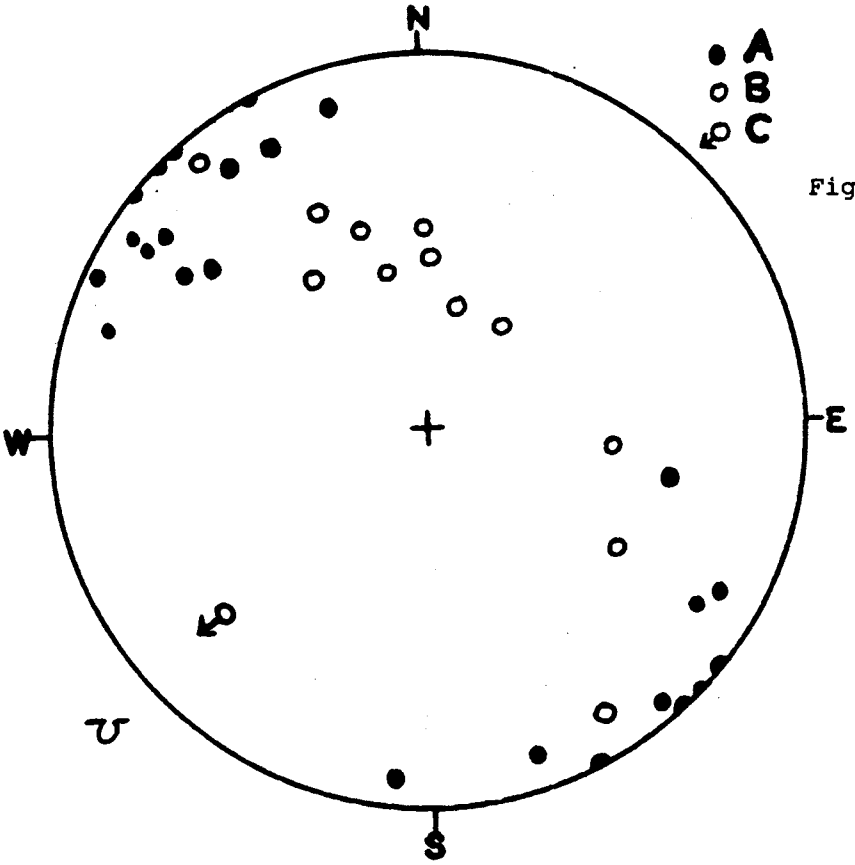


Fig. 27.- Pôles de S_0 dans h_σ au nord du refuge du Mt Pourri, du côté ESE de l'arête (A), et à la Crête de la Cicla à 2500 m (B).

L'axe construit (C) pour le pli de la Crête de la Cicla a une direction N 50 E, un plongement de 30° SW environ. Noter que ces deux masses stratifiées ont sensiblement la même orientation horizontale (N 45 à N 60 E). Sp y paraît très mal exprimée, alors qu'elle est bien visible dans le substratum permien s.l. (r et rh).

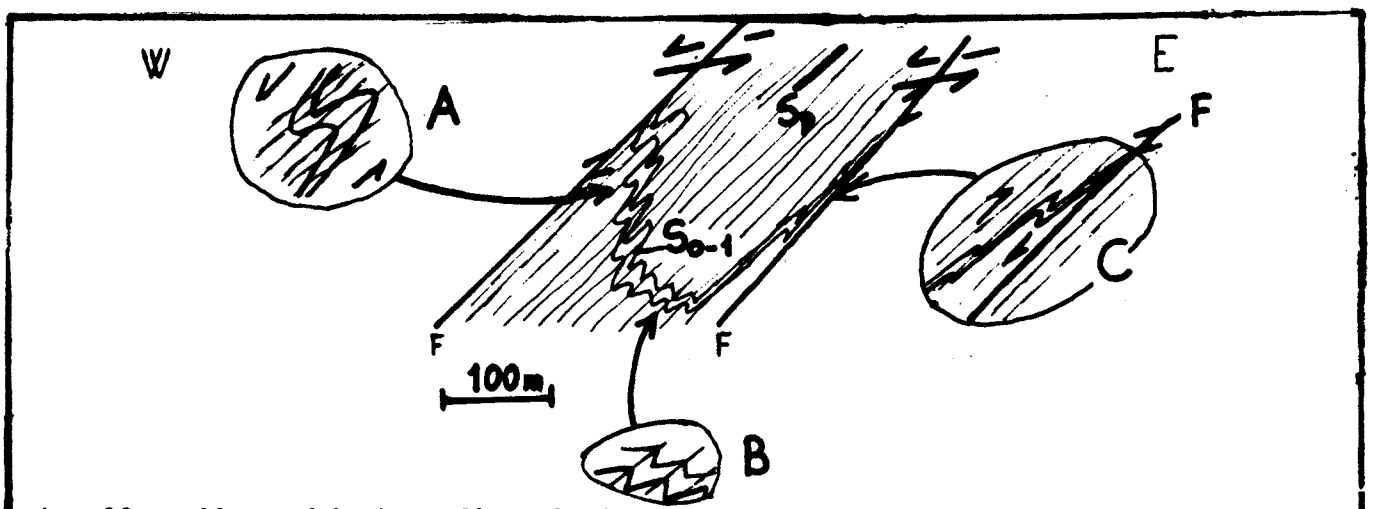


Fig. 28.- allure théorique d'une lanière entre deux failles (F) liées à la phase 2. En cartouches, trois styles de microplis :

A : flancs courts à l'Ouest ; mouvement interne de sens opposé au jeu inverse des failles ; plis isoclinaux. Ce cas est le plus fréquent.

B : SO-1 est restée transverse à Sp ; plis en chevrons.

C : flancs courts à l'Est ; mouvement interne conforme localement au jeu inverse des failles ; plis très aplatis sur Sp.

Chaque faille F est inverse, mais la déformation d'ensemble résultante ne produit que des rétrocharriages de portée limitée ; par exemple, la superposition de la Vanoise sur la zone houillère est conservée. Ceci pourrait indiquer l'importance de la composante décrochante.

Pour la phase 1, malgré les rotations antihoraires probables de phase 2, le style isoclinal plat à vergence N ou NNW me paraît compatible avec les rares observations d'un style pennique.

La masse carbonifère du flanc normal aurait d'ailleurs pu être "recharriée" sur la zone houillère grâce au coussin ductile de Permien (r_B) et écailles triasiques (t_K, t_G).

CHAPITRE V

C O N C L U S I O N S

Cette étude apporte des éléments nouveaux par rapport aux travaux d'-Ellenberger (1958, 1966, 1967) et tient compte d'autres recherches sur la Vanoise (Raoult, 1980) ou sur les Alpes (Fabre, 1961 ; Goguel, 1963, 1969 ; Boudon et al., 1974 ; Bocquet, 1974 ; Saliot, 1978).

Je ne soulignerai que les points nouveaux, renvoyant pour le reste à Ellenberger (1958).

Lithostratigraphie.

. Je décris un niveau de transition, continu et assez constant, entre le Permien et le Carbonifère de Bellecôte - Mont Pourri. Ce niveau serait Autunien p.p. Sa position prouve le renversement du Permien et d'une partie du Carbonifère de Bellecôte, renversement qu'Ellenberger avait préconisé (1958).

. Le conglomérat de la Gurraz n'avait pas été signalé. Sa position sous le Permien de Vanoise en fait pour moi une réapparition en fenêtre de la zone houillère (faciès permien, ou stéphanien élevé).

. Un pointement possible de socle anté-namurien est signalé en rive droite du Ponturin vers 1800 m. Son faciès (grenats, exsudats de quartz, couleur) rappelle le socle de Vanoise méridionale.

Métamorphisme.

Ellenberger (1967) considérait le pli couché de Bellecôte comme mis en place à découvert, et métamorphisé ultérieurement. Selon moi, cette mise en place se serait faite en conditions métamorphiques HP-BT, et serait synchrone de la naissance d'une foliation minérale fine. Une recristallisation, dans le faciès des schistes verts, en conditions de repos tectonique, aurait en tout cas oblitéré presque totalement les faciès métamorphiques antérieurs, même dans les gneiss du Sapey.

Tectonique.

. C'est surtout la phase 2 qui est bien caractérisée. Elle ne mérite le nom de rétrocharriage ni par son caractère "rétro", discutable, ni par les charriages qu'elle devrait avoir créés. Il s'agit essentiellement de plissements isoclinaux à vergence ESE, de longueur d'onde hectométrique dans le Permien et le Trias, kilométrique dans le Carbonifère, à flancs Est très laminés. Elle relèverait, à titre d'hypothèse, du fonctionnement de décrochements profonds (qui s'amortissent

vers le haut) de direction N 30 E, senestres, selon le modèle proposé par Boudon et al. (1976) pour les Alpes du Nord.

. Rien n'interdit de considérer que la phase 1 était à vergence N à NW, à style pennique accusé. Des directions axiales N 60 E ont été relevées dans les rares plis cartographiables. Des arguments paléogéographiques peuvent aussi être invoqués, comme la richesse en sills basiques du Carbonifère, qui fait penser aux épanchements basiques connus dans la zone houillère près de Briançon et suggère une origine méridionale pour ces formations.

. La géométrie des plis de phase 1 paraît plus compliquée que celle proposée par Ellenberger (1958), avec l'existence d'un flanc normal pour le pli de Bellecôte par exemple, mais permet de mieux rendre compte des différences notables de faciès entre les diverses coupes du Carbonifère.

Prolongements possibles de cette étude.

- Des essais de reconstitution de la stratigraphie du Permo-Carbonifère sont en cours en Vanoise (thèse de 3ème cycle, en cours, de M.D. Parison, Paris ; travaux inédits de J.F. Raoult). Leurs résultats permettront sans doute de préciser ou de limiter mes hypothèses stratigraphiques et tectoniques.
- Les gneiss du Sapey, de faciès si particulier à Peisey, gardent une position, au bord de la Vanoise, suspecte tectoniquement. Leur âge, leurs conditions de formation, l'étude de leur couverture permo-triasique seront sans doute nécessaires.
- Des recherches documentaires sur l'existence d'un rapport géologique concernant la galerie E.D.F. (de 10 km de long, qui, partant du Ponturin, a traversé le Massif du Mont-Pourri à 1800 m vers le SE) me rempliraient de joie (et d'anxiété) en cas de succès. J'ai du y renoncer, faute de temps, après 6 mois de démarches.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I - GÉNÉRALITÉS 1

A. INTRODUCTION..... 1

1. Buts du présent travail 1
2. Faits nouveaux 1

B. CADRE GEOGRAPHIQUE 2

C. BILAN DES RECHERCHES ANTERIEURES 3

1. La Vanoise dans les Alpes 3
2. Lithostratigraphie 4
3. Grandes structures dans le secteur étudié 6
4. Problèmes étudiés, méthodes 6

CHAPITRE II - LITHOSTRATIGRAPHIE 8

A. ZONE HOUILLERE 8

B. NEOPERMIEN ET TRIAS 10

C. ZONE VANOISE - MONT POURRI 13

1. Description des faciès ; hypothèse de la série continue 13
2. Objections à l'hypothèse de la série continue 17

a) Etude de la coupe du Ponturin 17
b) Etude de la coupe de la Crêt de la Foullie 18
c) Travaux de Raoult 18
d) Plis couchés de la face nord de l'Aliet 18

3. Hypothèse d'une superposition tectonique d'unités..... 18

D. QUATERNAIRE 21

CHAPITRE III - PÉTROGRAPHIE. MÉTAMORPHISME 22

A. LIMITES DE L'ETUDE PETROGRAPHIQUE 22

B. LES PRINCIPAUX MINERAUX PRESENTS..... 23

C. RELATIONS ENTRE LES PORPHYROBLASTES ET LES FOLIATIONS 27

D. CONCLUSION : CHRONOLOGIE DES EPISODES TECTONIQUES ET METAMORPHIQUES 27

CHAPITRE IV - TECTONIQUE 28

A. BUTS DE L'ETUDE TECTONIQUE 28

B. COUPES SERIEES ET CARTE STRUCTURALE 28

C. CONCLUSIONS : MECANISMES ENVISAGES 33

CHAPITRE V - CONCLUSIONS 35

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOCQUET J. (1974).- Etudes minéralogiques et pétrologiques sur les métamorphismes d'âge alpin dans les Alpes fraçaises. Thèse ronéot. Univ. Grenoble, 490 p. 104 fig., 39 tabl., 20 pl.

BOUDON J., GAMOND J.F., GRATIER J.P., ROBERT J.P., DEPARDON J.P., GAY M., RUHLAND M. et VIALON P. (1976).- L'arc alpin occidental : réorientation de stuctures primitivement E-W par glissement et étirement dans un système de compression global N-S ? Eclogae géol. Helv., vol. 69/2, p. 509-519, 6 fig.

DEBELMAS J. (1974).-Géologie de la France,t.2:les chaînes plissées du cycle alpin et leur avant-pays.Doin édit.,Paris.

ELLENBERGER F. et al. (1954).- in Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en Maurienne et Tarentaise (Savoie). Bull. Soc. géol. Fr., p. 482-484, pl. h.t.

ELLENBERGER F. (1958).- Etude géologique du pays de Vanoise. Thèse. Mém. carte géol. Fr., 561 p., 111 fig., 8 tabl., 42 pl., pl. h.t.

ELLENBERGER F. (1966).- Le Permien du pays de Vanoise. Atti del Symposium sul Verrucano - Pisa, p. 170-211, 4 fig.

ELLENBERGER F. et SALIOT P. (1967).- Tectonique "pennique" à découvert : le grand pli couché de Vanoise septentrionale (Savoie) et ses structures de détail surimposées. C. R. Acad. Sc., Paris, t. 264, p. 1569-1572, 1 fig., 1 pl. ph.

FABRE J. (1961).- Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie). Mém. B.R.G.M., 315 p., 52 fig., 10 pl., carte et pl. h.t.

GOGUEL J. (1963).- L'interprétation de l'arc des Alpes occidentales. Bull. Soc. géol. Fr., (7), t. V, n° 1, p. 20-33, 4 fig.

GOGUEL J. (1969).- Des failles d'âge quaternaire à Peisey (Savoie). Bull. Soc. géol. Fr., (7), t. XI, n° 1, p. 35-39, 3 fig.

MASSON H. (1972).-Sur l'origine de la cornieule par la fracturation hydraulique.Ecl.Geol.Helv.,Bâle,vol.65,n° 1,p.27-41,3 fig.

MORET L. (1947).- Un problème de la Vanoise (Savoie) : le charriage de la Vanoise septentrionale (Mont Pourri - Bellecôte - Grand Bec) et ses conséquences. C. R. Acad. Sc., Paris, t. 225, p. 948-950.

RAOULT J.F. (1980a).- Caractère transgressif du Trias de Bellecôte en Vanoise : implications tectoniques. C. R. Acad. Sc.,Paris, t. 291, p. 47-50, 1 fig.

RAOULT J.F. (1980b).- Interprétation nouvelle de la Vanoise (zone briançonnaise, Alpes françaises). Rev. Géol. dyn. Géogr. phys., vol. 11, fasc. 4-5, p. 303-312.

SALIOT P. (1978).- Le Métamorphisme dans les Alpes françaises. Thèse ronéot., Univ. Paris-Sud (Orsay), 190 p., 32 fig.

CARTE GÉOLOGIQUE de la VALLÉE DU PONTURIN par F. GUILLOT 1982

LÉGENDE

crevasse ou faille visible (barbelures : côté abaissé) — pendage stratigraphique — schistosité — couche verticale

QUATERNAIRE

- $\mathcal{E}_z$ éboulis vifs
- $\mathcal{E}_B$ écroulement, éboulis à gros blocs (anciens)
- $\mathcal{E}_x$ éboulis anciens recimentés (brèche de pente)
- coulées boueuses, glissements de terrain
- cours de torrent actuel
- $\mathcal{J}_y$ cône de déjection (avalanches, ruissellement, glissements)
- $\mathcal{F}_y$ alluvions de comblement lacustre
- glacier actuel
- $\mathcal{E}g_x$ glacier rocheux (x : ancien ; z : actuel)
- g_z moraines récentes, sans végétation
- g_y moraines à formes fraîches, colonisées par la végétation
- g_w glaciaire würmien, quaternaire indifférencié
- entonnoir de dissolution

ZONE HOUILLÈRE

- r_c chloritoschistes à tourmaline, conglomérat } (Permien ou Stéphano-Permien)
- st grès arkosique et psammitique gris, conglomérats (Stéphanien)
- γ_y gneiss du Sapey-Peisey (Eopermien ?)

TRIAS

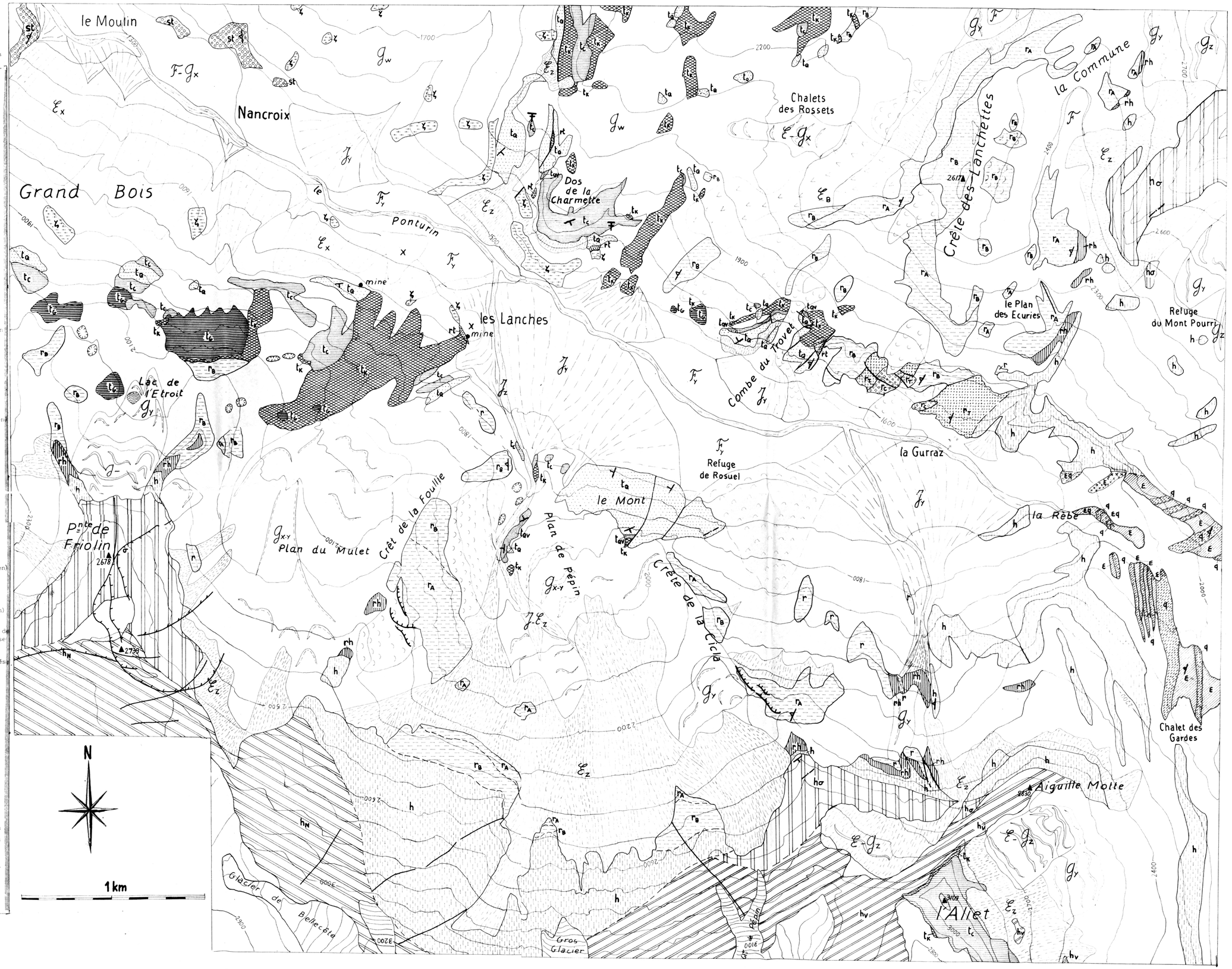
- t_K carqueules, t_G gypse } et écailles de rt, t_a, t_c.
- t_c calcaire et dolomie (Anisien p.p.)
- t_{av}, t_a, rt quartzites versicolores, quartzites francs, blancs, bien lités en grand, quartzites sériciteux, schistes verts nacrés ou violacés (Néopermien) } (Werfénien)

ZONE VANOISE - MONT POURRI

- r_B, r_A schistes bleutés fissiles, séricito-albitiques, arkoses claires à patine rouille } (Permien)
- rh quartzites feuilletés avec bancs carbonatés ; passées de schistes bleutés au sommet, de schistes noirs à la base (Permo-Carbonifère)
- h chloritoschistes, arkoses grises, quartzites feuilletés et Carbonifère indéterminé
- h_N schistes cendrés à noirs, arkosiques, à rares sills
- $h\sigma$, σ arkoses grises, charbon, sills gabbrodioritiques, laccolite de la Pointe de Friolin
- h_v prasinites, quartzites feuilletés, sills
- q, ε quartzites feuilletés, prasinites (schistes verts riches en épidote)
- micaschistes gris à grenats et nombreux exsudats de quartz (Anténamurien ?)

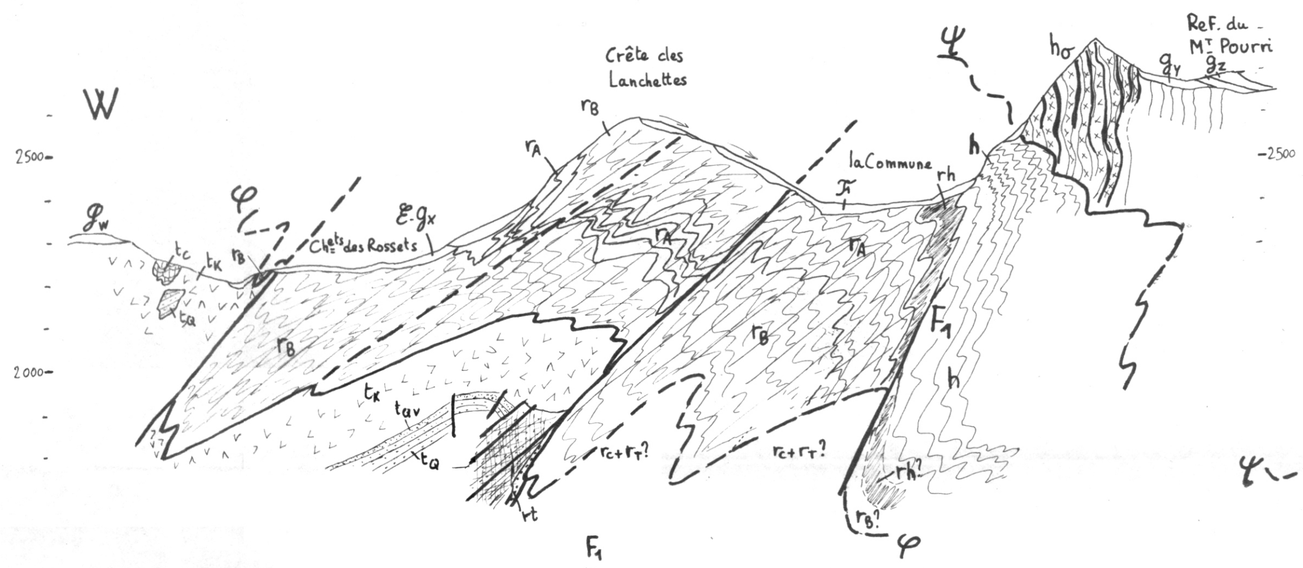
Le fond topographique a été dessiné d'après celui de l'I.G.N. au 1/10 000. Les courbes de niveau sont équidistantes de 100 m (haut des chiffres vers le sommet de la pente).

Outre les levers de F. Guillot, ce document est dérivé des minutes inédites de F. Ellenberger (pour toute la carte), de J.F. Raoult pour le Dos de la Charmette) et de P. Saliot (pour les bords Sud et Est de la carte).

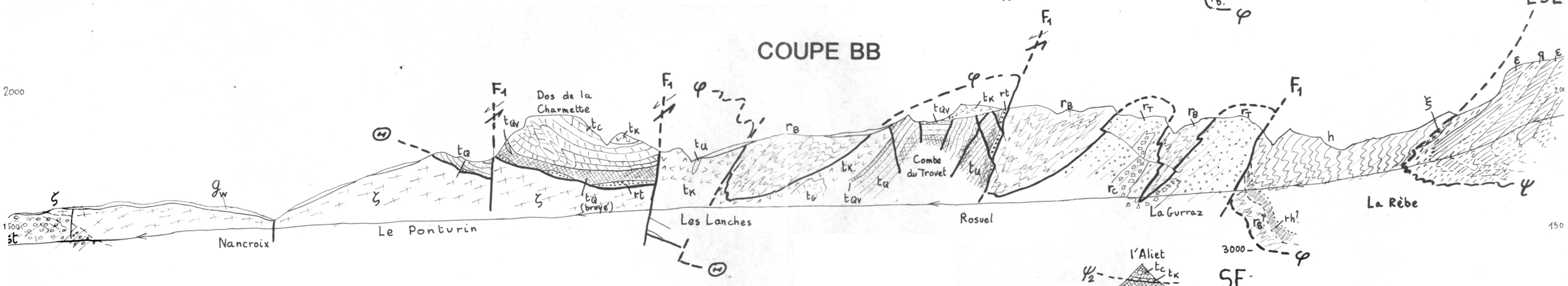


F. Guillot 1982

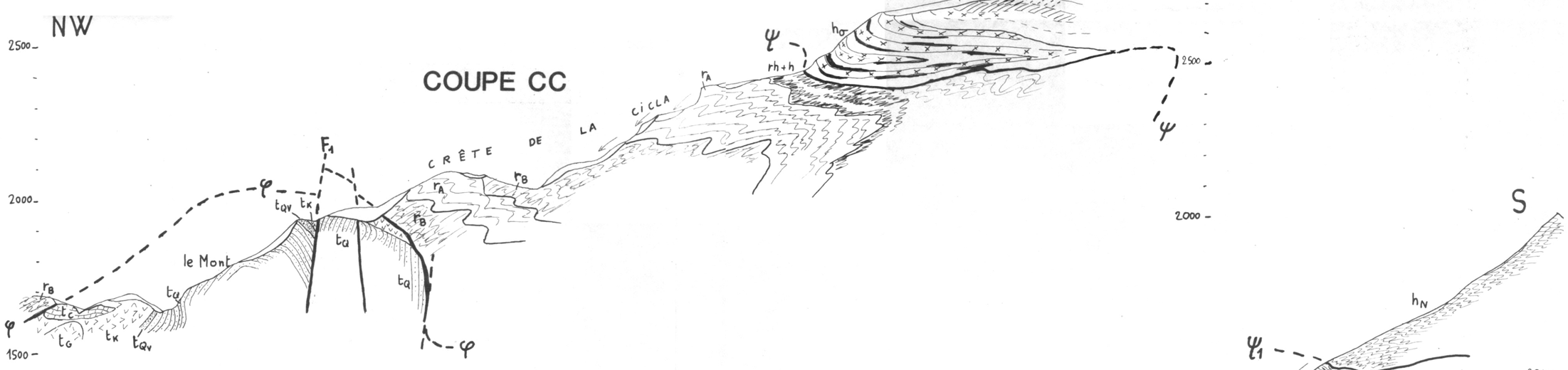
COUPE AA



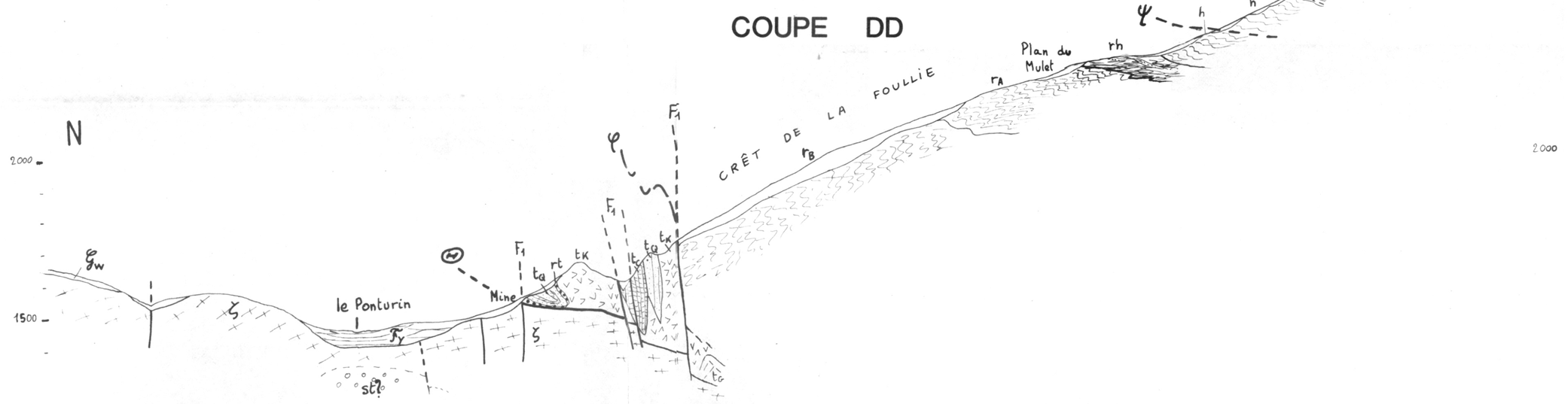
COUPE BB



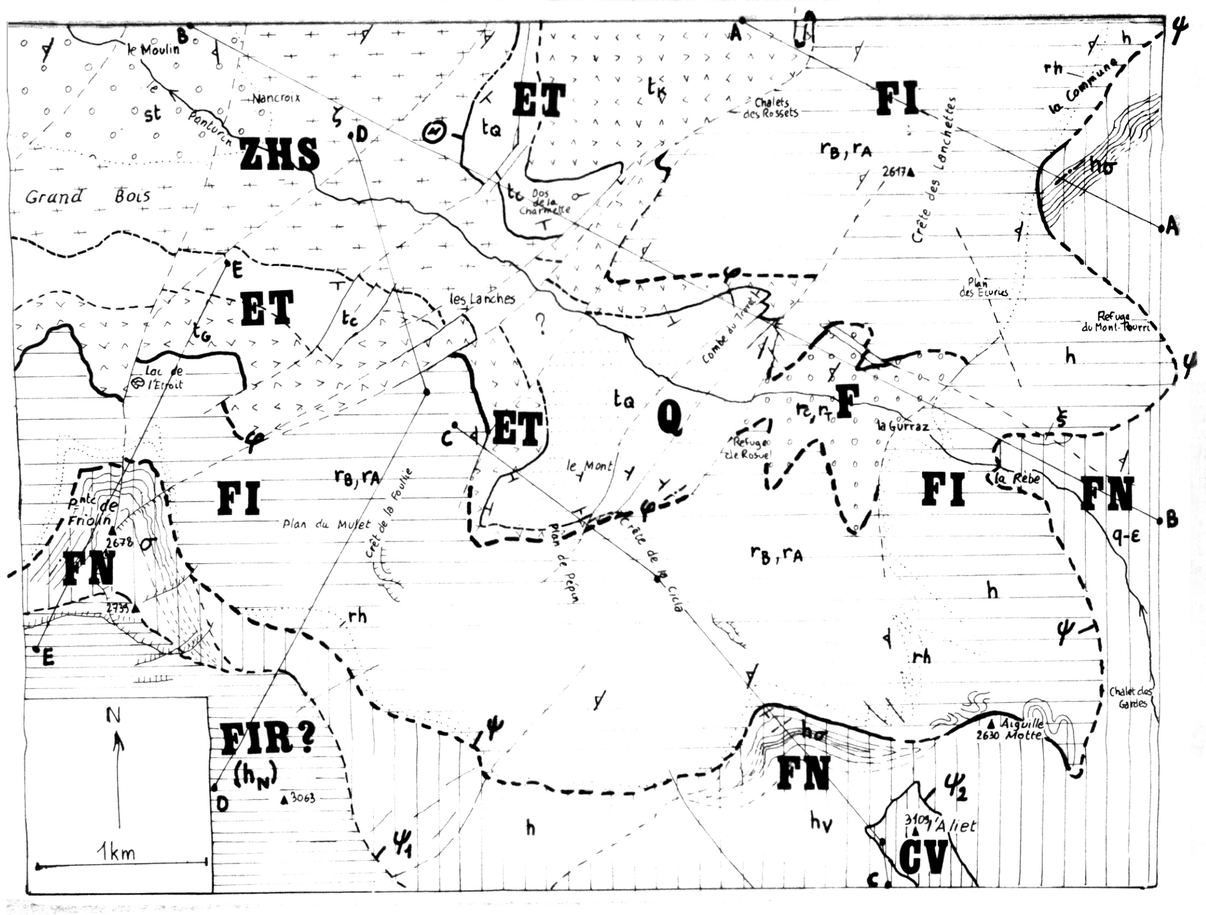
COUPE CC



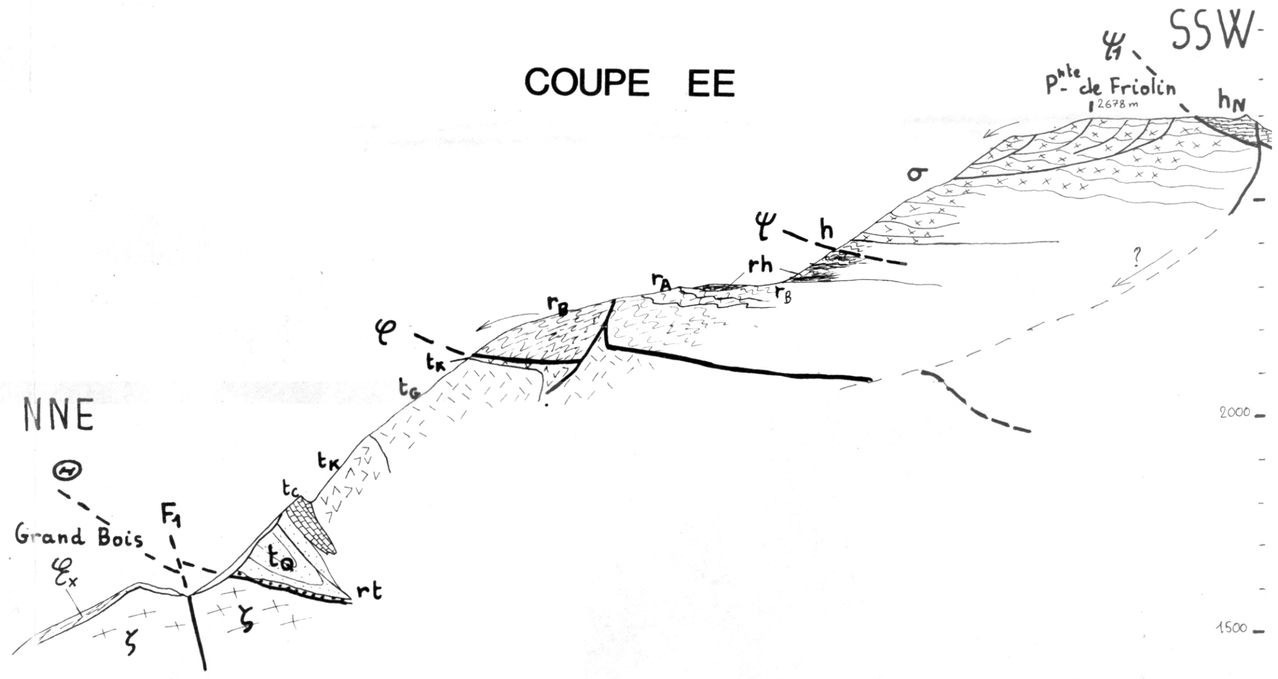
COUPE DD



SCHEMA STRUCTURAL



COUPE EE



L'échelle horizontale des coupes est identique à l'échelle verticale. Leur tracé est indiqué sur le schéma structural ci-contre.

Principaux accidents :

- ⊖ base de la couverture parautochtone de la zone houillère.
- φ contact zone houillère s.l. - Vanoise
- ψ contact entre flanc inverse (r_B, r_A, rh, h) et flanc normal (h_σ, σ, h, h_V, q, ε)
- ψ_1 base du flanc inverse "rétrocharrié" (ou de la couverture permo-carbonifère du flanc normal?) (h_N)
- ψ_2 base de la couverture de Vanoise décollée (coupe CC)
- F_1 failles ou décrochements postérieurs aux charriages (sauf ψ_1?)

ZONE HOUILLÈRE s.l.

- ZHS : zone houillère s.s.
- ET : écailles triasiques (en blanc : couverture parautochtone de ZHS)
- Q : dôme de quartzites de Rosuel
- F : fenêtre de la Gurraz

ZONE VANOISE - Mt POURRI

- FI : flanc inverse du pli couché de Bellecôte
- FIR : flanc inverse "rétrocharrié" (ou sommet stratigraphique du flanc normal?)
- FN : flanc normal
- CV : couverture de Vanoise décollée