



HAL
open science

Etude géologique et métallogénique du bord interne de la zone houillère et de la bordure des schistes lustrés entre Modane et la vallée étroite (Savoie, Haut Val de Susa)

Renaud Caby

► **To cite this version:**

Renaud Caby. Etude géologique et métallogénique du bord interne de la zone houillère et de la bordure des schistes lustrés entre Modane et la vallée étroite (Savoie, Haut Val de Susa). Stratigraphie. Université de Paris, 1963. Français. NNT : . tel-00718730

HAL Id: tel-00718730

<https://theses.hal.science/tel-00718730>

Submitted on 18 Jul 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.

25
Jm Bertrand
A. de Excel

J. M. BERTRAND

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

ETUDE GEOLOGIQUE ET METALLOGENIQUE
DU BORD INTERNE DE LA ZONE HOUILLERE ET
DE LA BORDURE DES SCHISTES LUSTRES
ENTRE MODANE ET LA VALLEE ETROITE.
(SAVOIE, HAUT VAL DE SUSAS)

par

Renaud CABY .

- TEXTE -

T H E S E

présentée à la

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

pour obtenir le titre de Docteur 3ème Cycle

Spécialité : Géologie - Option : Métallogénie

par

Renaud CABY.

ETUDE GEOLOGIQUE ET METALLOGENIQUE
DU BORD INTERNE DE LA ZONE HOUILLERE ET
DE LA BORDURE DES SCHISTES LUSTRES
ENTRE MODANE ET LA VALLEE ETROITE .

(SAVOIE, HAUT VAL DE SUSAS)

Soutenue le 1963, devant la Commission d'Examen:

Monsieur P. ROUTHIER, Président.

Monsieur F. ELLENBERGER, Rapporteur.

Monsieur J. ORCEL, Examineur.

Monsieur J. FABRE

Monsieur M. LEMOINE

{ Membres invités.

En octobre 1960, Monsieur le Professeur F. Ellenberger me confiait le sujet de ce travail, à la suite d'une brève campagne dans les Alpes ligures en compagnie de Monsieur J.P. Bloch, campagne au cours de laquelle naquit mon enthousiasme pour la géologie alpine.

Monsieur le Professeur L. Barrabé, très intéressé par le sujet de ce travail, avait accepté de me prendre dans son équipe ; mais sa soudaine disparition fût pour moi comme pour tous une douloureuse nouvelle.

Je remercie Monsieur le Professeur P. Routhier de m'avoir accordé sa confiance en me prenant dorénavant comme élève du troisième cycle, ainsi que d'avoir accepté la présidence de mon jury.

Monsieur le Professeur F. Ellenberger a su me faire profiter de son expérience et de sa grande connaissance des Alpes ; bien des conseils qu'il m'a sans cesse prodigués m'ont évité des déboires et des erreurs ; les nombreuses discussions passionnées que nous eûmes en course ou au laboratoire m'ont sans cesse obligé à une plus grande rigueur. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je dois beaucoup à Monsieur le Professeur J. Orcel : il a su m'initier à l'étude des minerais et m'a guidé en maintes occasions.

Monsieur le Professeur M. Lemoine a eu l'obligeance de s'intéresser à mon travail ; c'est lors de courses communes que furent faites de nombreuses observations sur la bordure des Schistes lustrés. Grâce à de fréquentes discussions, j'ai pu profiter de sa grande connaissance du Briançonnais, et élargir le cadre de ce travail.

J'ai toujours trouvé auprès de Monsieur J. Fabre, géologue houiller et alpin, un accueil enthousiaste et des conseils utiles.

Monsieur G. Deicha, Maître de Recherches au C.N.R.S. s'est intéressé aux problèmes que m'ont posé l'étude des minéralisations et des fentes alpines : c'est avec son aide que j'ai pu obtenir des résultats dans l'observation des inclusions des minéraux.

Grâce à Monsieur le Professeur J. Nicolas, de nombreuses déterminations aux rayons X et quelques analyses chimiques ont été réalisées ; je l'en remercie.

Mademoiselle S. Caillère, Sous-Directeur du Laboratoire de Minéralogie du Museum, m'a permis d'obtenir des analyses thermiques différentielles et m'a aidé dans leur interprétation.

Je remercie de même :

Messieurs J.M. Bertrand et F. Carme qui, à plusieurs reprises, m'accompagnèrent sur le terrain, ainsi que Monsieur Paul Nuer qui fut si souvent mon compagnon, tant en montagne que dans les galeries de mines peu rassurantes.

Mes nombreux séjours en Savoie (plus de 6 mois au total) m'ont été facilités et rendus des plus agréables grâce à de nombreux amis savoyards ; je pense aux gardiens des prises d'eau de l'E.D.F., aux bergers provençaux, à Monsieur et Madame Nuer et leurs enfants.

Je tiens à remercier tous mes camarades du Laboratoire, et à dire toute ma gratitude au personnel technique, notamment aux membres de l'atelier de préparation des plaques minces et à Monsieur P. Potiron qui a assuré la majeure partie de l'illustration photographique.

Je ne saurais enfin passer sous silence la compréhension et l'aide sans défaillance de Françoise, mon épouse, et aussi la grande patience et le courage avec lesquels elle a assumé à elle seule la mise en page de ce travail.

I N T R O D U C T I O N.

I - APERÇU GEOGRAPHIQUE.

La région étudiée se situe aux confins de la Savoie, des Hautes Alpes et de l'Italie. Elle s'étend de Modane jusqu'en Vallée Etroite au Sud ; elle est limitée à l'Est par la vallée de Bardonecchia.

Les sommets sont nettement moins élevés qu'au Nord de l'Arc ; les plus hauts sont : le Pic du Thabor (3203 mètres) et le massif des Rois Mages (3228 mètres).

Le modelé de ces montagnes est typique du Briançonnais : les terrains houillers forment le plus souvent des reliefs mous, accentués par les glissements des versants ; les crêtes, généralement bouleversées, sont parfois aigües lorsqu'elles sont formées de conglomérats. Les pics constitués par les quartzites ou les calcaires triasiques tendent à disparaître au milieu d'immenses cônes d'éboulis : leurs parois, bien qu'abruptes, sont souvent croulantes, à cause du broyage tardif généralisé de toutes les roches. Le déblayage des cours d'eau est faible dans les longues vallées longitudinales à pente faible qui rejoignent celle de l'Arc par des gorges ou même des cascades (exemple : vallée suspendue de Bissorte). Enfin, le pays des Schistes lustrés qui débute en France, offre des pentes douces grisâtres, menant à la crête frontière abrupte sur le versant italien.

Déjà nettement plus ensoleillée que la Savoie du Nord, cette région fait transition avec le climat beaucoup plus sec des Hautes Alpes ; ainsi, les sapins font place aux mélèzes vers le Sud.

L'enneigement est cependant abondant, mais les glaciers ont presque complètement disparu au Sud de l'Arc depuis un

demi-siècle.

Les centres industriels maintiennent définitivement les populations dans la vallée de l'Arc : le Savoyard de Maurienne n'est plus bûcheron ni vacher, mais ouvrier d'usine souvent dans des conditions très dures. Aussi nos montagnes sont-elles devenues des montagnes mortes, aux chalets d'alpage en ruine, animées seulement de juillet à septembre par les provençaux transhumants, dont les moutons achèvent de réduire la flore à une herbe rase. Cependant, encore épargnées par le tourisme, elles offrent au promeneur solitaire des journées radieuses d'un isolement envoûtant, au grimpeur des courses de rocher de toutes catégories dans des massifs déchiquetés, au skieur des courses de printemps inoubliables.

II - CADRE GEOLOGIQUE.

Nous sommes sur le prolongement vers le Nord de "l'éventail briançonnais". La majeure partie du secteur étudié se situe sur le bord interne de la zone houillère, et sur sa couverture autochtone ou allochtone briançonnaise.

L'autre partie correspond à un "Briançonnais interne" et au pays des Schistes lustrés.

III - TRAVAUX ANTERIEURS.

A - TRAVAUX ANCIENS :

Dans le chapitre "Historique des idées sur la Vanoise et la nappe des Schistes lustrés" (F. ELLENBERGER, thèse) et le chapitre d'histoire (J. FABRE, thèse), sont largement développées les idées anciennes et analysés les travaux relatifs à notre région. Notre secteur, situé loin des centres, a été moins parcouru que la Vanoise ou le Briançonnais. Ch. LORY, W. KILIAN et J. REVIL, G. de MORTILLET, S. FRANCHI, Ch. PUSSENOT, E. RAGUIN sont les principaux chercheurs (voir liste bibliographique).

B - TRAVAUX RECENTS :

a) Pour les terrains permo-houillers, J. FABRE, R. FEYS et Ch. GREBER ont établi une stratigraphie dans la zone houillère. J. FABRE (thèse) propose une paléogéographie houillère où s'insèrent des déformations d'âge hercynien, la discordance du Permien et la chronologie des émissions des roches éruptives et volcaniques, tandis que F. ELLENBERGER (1954) attribue définitivement au Permien les migmatites du Sapey, distinctes du métamorphisme alpin dont cet auteur a analysé en Vanoise les modalités, les différentes phases et le rapport avec la tectonique.

b) La stratigraphie des terrains secondaires de Vanoise, très similaire à celle de notre secteur, a été établie par F. ELLENBERGER et, plus au Sud, par M. LEMOINE.

c) De plus, ces deux auteurs se sont attaqués au problème des Schistes lustrés et à leurs rapports avec la zone du Briançonnais. Les preuves du charriage de la nappe des Schistes lustrés sur la Vanoise sont définitivement démontrées (F. ELLENBERGER), tandis que plus au Sud (M. LEMOINE) est posé le problème des rapports entre les Schistes lustrés et certaines séries (série du Gondran-Chaberton, Rochebrune, etc...).

IV - OBJET DU TRAVAIL ET METHODES SUIVIES.

1 - Ce travail avait pour point de départ l'étude de la mine des Sarrazins et des minéralisations avoisinantes situées au Sud de Modane ; il a été rapidement étendu au bord interne de la zone houillère dont la structure ne s'est éclaircie qu'avec l'étude de la couverture et notamment du Trias calcaire.

2 - Mais cette structure "en éventail", intéressant aussi les terrains situés plus à l'Est, a nécessité l'extension de ce travail jusqu'à la bordure des Schistes lustrés car il était fondamental de saisir les rapports entre la zone houillère et les terrains d'origine plus interne.

3 - Cette bordure des Schistes lustrés s'est montrée très complexe du fait de la juxtaposition de deux séries, l'une prépiémontaise et l'autre piémontaise, dont la distinction a été tentée malgré la ressemblance de la majorité des termes (calcschistes). Cependant, pas plus que vers le Sud, les rapports entre ces deux séries n'ont encore pu être élucidés. De plus, la découverte d'autres faciès très particuliers, attribuables par analogie à la série du Flysch à Helminthoïdes, a entraîné des développements qui n'ont plus place ici, et obligent à revoir entièrement, mais dans un cadre beaucoup plus vaste, cette bordure du pays des Schistes lustrés.

4 - L'étude des phénomènes hydrothermaux d'âge alpin a permis d'entrevoir que les minéralisations du type des Sarrazins en étaient tout à fait indépendantes. Leur stricte localisation dans les terrains houillers a entraîné l'étude d'autres minéralisations situées hors de notre secteur proprement dit et hors de la partie métamorphique de la zone houillère, confirmant ainsi leur indépendance vis à vis du métamorphisme alpin.

5 - Enfin, leur liaison entrevue avec les roches éruptives du Houiller a amené l'étude d'autres minéralisations beaucoup plus au Sud (Le Chardonnet) là où leur liaison avec les intrusions était plus évidente.

P L A N D E L ' O U V R A G E .

PREMIERE PARTIE : STRATIGRAPHIE.

Chapitre I - Les terrains houillers.

Chapitre II - Le Permien.

Chapitre III - Les terrains secondaires.

DEUXIEME PARTIE : STRUCTURE DE LA REGION.

Chapitre I - La zone houillère et sa couverture.

Chapitre II - La zone des gypses et les massifs calcaires du Briançonnais interne.

Chapitre III - La zone piémontaise et prépiémontaise.

TROISIEME PARTIE : LES MINERALISATIONS DE LA ZONE HOUILLERE.

Chapitre I - Les filons de sidérose et d'ankérite.

Chapitre II - Les filons sulfurés.

Chapitre III - Hypothèses génétiques.

Chapitre IV - Résultats apportés par l'étude des minéralisations de la zone houillère.

QUATRIEME PARTIE : LES MANIFESTATIONS HYDROTHERMALES D'AGE ALPIN.

Chapitre I - Fentes et filonnets d'exsudation en liaison avec le métamorphisme et les déformations d'âge alpin.

Chapitre II - Les minéralisations du Grand Argentier - Pas du Roc.

FAITS NOUVEAUX ET CONCLUSIONS GENERALES.

P R E M I E R E P A R T I E

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

C H A P I T R E I . L E S T E R R A I N S H O U I L L E R S .

Restée longtemps indéchiffrée, la stratigraphie de la zone houillère en Maurienne a été récemment établie par J. FABRE (thèse).

L'étude se heurte en effet, surtout dans la partie interne, à de nombreuses difficultés, à savoir : la recristallisation et la schistosité des roches qui ont dissimulé ou rendu méconnaissables les fossiles déjà rares ; les glissements parfois importants et le fauchage généralisé des crêtes ; les contacts anormaux, difficilement repérables, même sur photographie aérienne.

Jusqu'en Vallée étroite, au Sud, se retrouvent les subdivisions établies par J. FABRE au niveau de l'Arc. Ce sont :

- le Houiller stérile
- le Houiller productif
- l'assise conglomératique supérieure (Stéphanien?)
- le Stéphano-permien métamorphique
- les roches éruptives.

I - LE HOUILLER STERILE. ("Grès de la Pra").

Cette épaisse et monotone formation de grès massifs, en bancs épais, forme la base du Houiller en Maurienne. Les grès, plus ou moins grossiers, sont souvent feldspathiques (presque exclusivement des plagioclases acides) ; les bancs de schistes sont peu épais, le charbon absent. Vers le sommet les passées grossières ou même conglomératiques sont fréquentes (galets de 1 à 5 cm. de quartz laitoux, quartz noirs, phtanite noir, rhyolite, quartzite blanc et vert).

Les critères de polarité sont rares ; en effet, dans ces grès, les granuloclasses, comme les figures de charge, sont parfois inversés. Seules les stratifications entrecroisées, souvent dissimulées par la schistosité, peuvent localement donner une polarité aux couches (figure n°5).

Nulle part datées, ces couches stériles, qui appartiennent peut-être selon J. FABRE au Namurien, sont surmontées par le Houiller productif localement daté.

Dans la vallée des Herbiers, le laminage et la recristallisation dus au métamorphisme alpin, deviennent plus importants : les galets de quartz sont étirés en fuseau et, dans les grès souvent plissotés, gauffrés, à délits nacrés, les quartz ont recristallisé plus ou moins totalement, et sont corrodés par le ciment. Les plagioclases (presque exclusivement albite) des grès feldspathiques, ont recristallisé sur le bord et parfois même totalement.

D'autres albites, rarement maclées, (1 à 2 plans de macles) et entièrement néoformées, contiennent de très nombreuses inclusions de grande taille (quartz, séricite, chlorite, ou même rutile) ; leurs contours amiboïdes (figure n°10) se surimposent souvent aux autres minéraux ou au microplissement de la roche. Ces yeux d'albites néoformées sont plus abondants au voisinage des filonnets de quartz laitoux, d'albite et de chlorite verte qui sillonnent très fréquem-

ment les zones plissotées. D'autres feldspaths, souvent de grande taille, aux macles complexes en échiquier, et plus ou moins albitisés, semblent dériver d'anciens feldspaths potassiques.

Les micas blancs (1) détritiques, toujours fortement biaxes, sont tordus, cassés, et leurs extrémités floues au contact des quartz. Dans les schistes, ils ont souvent pivoté secondairement et sont disposés en travers de la schistosité de la roche, en yeux dont les extrémités sont formées de séricite. Ces micas blancs détritiques ressemblent parfois à la séricite alpine quand elle est en belles lamelles, parfois légèrement pléochroïque dans les vert-pâle, mais celle-ci est toujours très proche de l'uniaxiale (10° environ). Des phyllites complexes, formées de lamelles de mica blanc en sandwich avec des lamelles de chlorite verte polarisant dans les bleus, sont très fréquentes et semblent avoir subi une évolution complexe.

La tourmaline est souvent présente en cristaux automorphes à côté d'agrégats columnaires.

Les ferromagnésiens détritiques (biotites, amphiboles?) sont pseudomorphosés en oxyde de fer.

Les carbonates secondaires en petits rhomboèdres (calcite, dolomite-ankérite) sont souvent présents.

L'apatite (?) en petits grains se rencontre quelquefois.

Dans certains types de grès micacés à ancien ciment argileux abondant, ("structure empatée") le réarrangement est tel que la stratification devient invisible (phyllites pivotées).

(1) Souvent imprégnés de limonite provenant du fer de la roche, les micas blancs détritiques ou néoformés, deviennent alors nettement pléochroïques dans les brun-rouge.

II - LE HOUILLER PRODUCTIF.

Les grès (1) et schistes, à veines d'anhracite peu épaisses qui surmontent le Houiller stérile, semblent être l'équivalent des assises inférieures du Houiller productif beaucoup plus développé dans la partie occidentale de la zone houillère. Cette réduction peut être due ici à une subsidence plus faible à l'Est, mais aussi à une érosion anté-néopermienne (J.FABRE, thèse page 73).

Localement datées du Westphalien moyen au passage du Pic du Thabor, et Westphalien C. au pied du Pic du Thabor, ces couches ne fournissent le plus souvent que des débris indéterminables ou des feuilles de Sigillaria, des Calamites ; quelques Lépidodendrons très déformés ont été recueillis en compagnie de Madame F. CABY (crête des Roches, crête des Sarrazins). De même J. FABRE en a récolté un au Jeu.

Les grès à lentilles de conglomérats (galets de 1 à 4 cm. de schistes noirs, grès, quartz blanc et noir, phtanite noir, quartzite blanc ou vert, rhyolite à quartz automorphe, gneiss clair), les arkoses, les psammites plus rares, alternent avec des schistes dont la fréquence diminue vers l'Est et le Sud-Est. Ceux-ci sont parfois très compacts, parfois finement micacés, de couleur noire ou verdâtre à l'affleurement. Ce sont de tels schistes, quand ils ne sont pas plissotés ou même fibreux, qui ont fourni les rares fossiles déterminables. Le plus souvent, les schistes sont noirs, tendres et luisants, charbonneux, parfois décolorés à l'affleurement.

Les couches d'anhracite sont nombreuses, rarement

(1) Dans les grès, la matière charbonneuse est parfois concentrée en fins lits de quelques mm. sous forme de grains d'anhracite intimement mélangée à du quartz.

épaisses (maximum 2 mètres à la mine de Cote Vélin, près de Fourneaux), et présentent parfois des murs à Stigmaria. Très souvent, l'anhracite mêlé de quartz laiteux est injecté dans de petits accidents, et sa structure est mylonitique.

III - L'ASSISE CONGLOMERATIQUE SUPERIEURE. (STEPHANIEN ?)

A - Environs du Roc Valmeinier.

L'assise conglomératique supérieure forme un petit bassin compris entre le Col des Roches au Nord, le Roc Valmeinier à l'Ouest, le Roc Blanc au Sud, les limites à l'Est étant moins nettes.

Au Roc Valmeinier cette assise surmonte le Houiller schisteux renfermant de minces couches d'anhracite. Elle est formée de 150 mètres au maximum de grès grossiers arkosiques gris-verdâtres (feldspaths potassiques), de conglomérats à galets parfois anguleux de quartz rosé, blanc, gris ou verdi, de micaschistes, mais aussi au sommet de schistes verts et lie de vin à passées (1) et nodules d'oligiste.

En section polie, ces nodules présentent une structure zonée à alternance d'oxydes et hydroxydes de fer à grain très fin, évoquant un concrétionnement autour de zones arrondies plus pauvres en fer.

Cette assise a été mise en parallèle avec la série de Roche-Chateau par R. FEYS, série attribuée par cet auteur et J. FABRE au Stéphanien.

Dans la Vallée Etroite il n'existe plus que quelques mètres de grès grossiers clairs à passées schisteuses vertes

(1) Au Col des Roches (Sud des Sarrazins) de telles passées d'oligiste interstratifiées dans des schistes verts et lie de vin, renferment quelques empreintes de Calamites.

et violettes et à lits d'oligiste, surmontant des grès contenant de minces couches d'anthracite.

B-La mine du Banchet.

A la mine du Banchet (2148 mètres), ce niveau ferrugineux est localement épaissi : une couche d'oligiste d'un mètre d'épaisseur, interstratifiée entre des grès schisteux verts et violets et le Néopermien, fut activement exploitée jusqu'en 1938 environ ; cette couche presque verticale a été suivie sur 200 à 300 mètres, et en profondeur sur 20 mètres. Le tonnage de minerai extrait serait de l'ordre de quelques dizaines de milliers de tonnes. Les conglomérats et grès du mur stratigraphique contiennent déjà sur plusieurs mètres de nombreuses trainées rouges d'oligiste (figure n°12).

En lame mince, l'oligiste sous forme d'un fin pigment, forme le ciment des grains de quartz ; mais il a surtout recristallisé sous forme de lamelles fléchueuses et de grains automorphes d'un rouge cerise éclatant, à côté de chlorite très verte, de mica blanc, de quartz et de carbonates ferrifères.

Le minerai compact, contenant jusqu'à 97% de Fe_2O_3 , est massif. Il est souvent recoupé par du quartz laiteux et de l'albite qui ont entraîné des morceaux anguleux de minerai ; au contact, de rares cristaux de sidérose claire et de pyrite sont parfois présents.

En section polie, l'oligiste mêlé d'hydroxydes (?), révèle son grain très fin en lits mal individualisés. Mais dans ce fin tissu représentant sans doute l'état originel du dépôt, l'oligiste a aussi recristallisé en lamelles multiples, en plages arrondies à contours amiboïdes, et en lamelles rayonnantes autour d'impuretés (quartz ou hydroxydes d'un rouge vif en lumière polarisée).

Cette recristallisation sans déformation surprend un peu, alors que les roches détritiques encaissantes ont subi un important laminage ; le peu de plasticité de cette couche d'o-

ligiste, souvent fracturée et parcourue de quartz laiteux, en est certainement la cause.

R. FEYS (thèse) a donné une analyse de ce minerai :

SiO ₂	8,40	Fe ₂ O ₃	87,86
Al ₂ O ₃	non dosable	FeO	1,15

traces de MnO, CaO, MgO, P₂O₅.

Une autre analyse d'un échantillon de minerai riche, exécutée au Laboratoire de Géologie Appliquée a donné :

Al₂O₃ 0,23%.

- Extension du gisement : Vers le Nord, le minerai est mélangé intimement aux grès et conglomérats dans lesquels il se présente sous forme de passées de quelque 10 à 20 cm. d'épaisseur ; il devient aussi rare en profondeur (quelques cm.) au recoupement du travers banc exécuté environ 25 m. plus bas que les travaux les plus profonds du niveau supérieur (voir coupes du gisement, figure n°11).

Vers le Sud, dans le lit du torrent descendant de la Tête de Chien, les lambeaux de Permien n'existent plus ; seules quelques trainées d'oligiste se rencontrent dans les grès grossiers au contact du Permien, parfois accompagnées de pyrite dans les zones plus riches en carbone.

D'autres galeries de recherche dans les autres écaillés renversées de Permien n'ont recoupé que quelques centimètres de minerai en même position ; enfin, plus à l'Est, le Néopermien repose directement sur des grès à anthracite.

- Conclusion : a - La localisation du fer à un niveau stratigraphique précis (à la base du Néopermien) sur une vaste superficie (jusqu'au Lavoir), démontre le caractère sédimentaire de ce dépôt, interprété ailleurs (R. FEYS, thèse) comme filonien.

b - La liaison de ce niveau de fer avec des dépôts détritiques grossiers surmontant les grès houillers à anthracite, tout au moins au Sud, tend à montrer le caractère allochtone du fer [(1) page suivante].

c - L'origine du fer peut être recherchée

dans le remaniement d'anciens sols de type latéritique installés sur le continent qui bordait le bassin houiller. Le démantèlement de tels sols serait lui-même lié à la destruction du couvert végétal et à une violente érosion (phase de rhéxistasie) s'attaquant à des reliefs nouveaux ou rajeunis.

Ce dépôt de fer est peut-être contemporain des couches conglomératiques versicolores couronnant le sommet de l'assise de Courchevel ("Stéphano-permien") qui sont toujours riches en oligiste. Nous avons donc peut-être là les éléments d'un raccord stratigraphique entre le Sud et le Nord de l'Arc.

C - Environs de Modane.

A partir de Pra Dieu apparaissent, surmontant le Houiller schisteux à anthracite (ancienne exploitation à l'Est des Herbiers), des grès vert-clair grossiers, feldspathiques, à grandes muscovites détritiques et à quartz anguleux parfois rosés, ainsi que des conglomérats à galets de gneiss, mica-schistes et quartz rosé.

Des grès semblables, parfois tachetés de violet, affleurent entre Notre-Dame du Charmaix et la cascade du Seuil, associés à des schistes verts dans des écailles verticales complexes. Un peu en aval de N.D. du Charmaix, la gorge du torrent est taillée dans des schistes compacts, verts et micacés (2). Ces schistes, très riches en chlorite brun-olive en lumière polarisée, et en albite, contiennent aussi de très nombreuses aiguilles de rutile, de la tourmaline, du quartz et de la séricite ; ils peuvent provenir d'anciens tufs basiques et peuvent être rapprochés des roches basiques de la zone Sapey-Peisey.

(1) J. FABRE (thèse, p. 167) a envisagé pour d'autres niveaux ferrugineux du Westphalien d'aspect très différent, une origine chimique par précipitation du fer (fer des marais).

(2) Des roches semblables affleurent aux Charmettes, au Nord de Modane.

IV - LE STEPHANO-PERMIEN METAMORPHIQUE.

De la vallée de l'Isère au Nord, jusqu'à Modane au Sud, apparait, on le sait, surmontant l'assise de Courchevel localement datée par des fossiles (Stéphanien), un complexe métamorphique formé de micaschistes, gneiss ocellés, leptynites et même granite d'anatexie. Selon F. ELLENBERGER, suivi par J. FABRE, il s'agit de migmatites surmontant le Houiller non métamorphique, et la migmatisation a un âge antérieur au Néopermien qui les remanie à Modane (F. ELLENBERGER, thèse page 72). Cette migmatisation singulière semble avoir préférentiellement "digéré" les conglomérats versicolores à nombreux galets de roches cristallophyliennes, formant le sommet de l'assise de Courchevel.

1 - Environs de Modane :

A Modane, les gneiss du Sapey apparaissent très épais, et le front inférieur des migmatites semble être descendu plus bas, jusque dans le Houiller schisteux et gréseux. En effet, dans des enclaves gréseuses, il est possible de reconnaître les galets de quartz noir typiques des grès à anthracite (éboulis S.O. du Fort du Sapey). Le verrou du Sapey représente un gigantesque flanc inverse de pli déversé vers l'Est-Nord-Est, affecté de nombreux replis complexes peut-être d'âge ancien. Un second flanc inverse, distinct du précédent, forme les escarpements qui dominent, au Sud, la gare de triage de Fourneaux, tandis que les affleurements situés au Sud de Modane (traversés seulement par la deuxième galerie du tunnel ferroviaire) sont surmontés directement par le Permien légèrement discordant, et sont donc en position normale (voir coupes).

Au bord de la route du Replat à Modane-Ville, affleure, près des gneiss, au milieu de schistes noirs plissotés d'aspect huileux, feldspathisés, une prasinite à glaucophane, dérivée sans doute d'une roche verte (1). (voir figure n°16).

Un autre lambeau de micaschistes verdâtres et de gneiss affleure à Fonge-Lune, sur la route du Charmaix ; disloqué par les glissements, ses rapports avec les autres terrains sont assez confus. Il est surmonté par du Permien sériciteux verdâtre qui contient de très nombreux feldspaths détritiques automorphes (anciens microclines ?), pouvant provenir des gneiss sous-jacents.

Il est intéressant de savoir où que deviennent, plus au Sud, ces gneiss du Sapey. Du pied de la montagne 1.944 au torrent du Seuil, et jusqu'au torrent d'Arrondas, on peut suivre dans la forêt un liseré discontinu de quelques mètres de micaschistes et gneiss verts, très laminés, toujours situés entre des grès et conglomérats verdâtres et le Néopermien à quartz roses très laminé (voir figure 15).

Dans le lambeau renversé de Fonge Lune et plus au Sud, le Néopermien apparaît directement sur les grès houillers à anthracite (Pra Dieu, Le Jeu).

Remarque : Si nous prolongeons vers le Nord les affleurements précédemment décrits, qui sont ici les plus orientaux, nous voyons qu'ils correspondent aux couches de Peclet-Polset, qui sont encore au coeur de la zone houillère ; ainsi, le bord interne de la zone houillère est une limite tectonique et non paléogéographique.

2 - Lambeaux allochtones :

D'autres roches ressemblent en tous points aux roches du Stéphanopermien du massif de Peclet-Polset ; elles peuvent être observées dans des lambeaux allochtones, reposant toujours au milieu de cargneules (Arplane, Le Clos, Granges de Vallée Etroite) ou de calcaires triasiques (Col de Fon-

(1) page 13 : F. ELLENBERGER a décrit dans le Stéphanopermien de Peclet-Polset de nombreuses roches éruptives basiques antérieures à la migmatisation ; cette prasinite ne semble cependant rien devoir à la feldspathisation stéphanopermienne.

taine Froide, massif des Rois Mages). Ce sont des micaschistes plissotés verts à grandes muscovites, riches en tourmaline (figure n°13-14), et des conglomérats versicolores à galets de quartz blancs ou rosés atteignant 10 cm., et à galets de roches cristallophyliennes méconnaissables, étirées parfois sur 0,5 mètre (Col de Fontaine Froide). En lame mince, l'oligiste est toujours présent dans ces roches. Dans certains lambeaux, ces roches voisinent avec du Verrucano à quartz roses et à galets de liparite et de jaspe rouges, et même avec des quartzites blancs phylliteux. Cependant, nulle part nous ne trouvons de vrais gneiss.

Conclusions :

- a) - Il est probable que les lambeaux allochtones décrits plus haut appartiennent à l'ensemble Stéphano-permien, et que ces roches ont eu la même histoire que les roches de la zone Sapey-Peisey (grandes muscovites et tourmaline antérieures à la paragenèse alpine). Cependant, on ne peut y observer aucune roche visiblement feldspathisée.
- b) - Les formations attribuées au Stéphano-permien devaient s'étendre plus au Sud que nous ne le voyons aujourd'hui. Ces formations disparaissent vers le Sud avec les parties les plus internes de la zone houillère, ceci pour deux raisons :
- 1 - Les Schistes lustrés prennent en écharpe la zone houillère.
 - 2 - Le plongement axial très net de toutes les structures les fait s'envoyer vers le Sud :
 - la zone Vanoise-Mont Pourri disparaît ainsi à Modane.
 - le synclinal de Gébroulaz, de 3.000 mètres, descend à 1.000 mètres à Modane pour y disparaître.
 - les plis couchés vers l'Est tel celui du Lavoir ont un plongement d'axe de 20° vers le Sud.

V - LES ROCHES ERUPTIVES.

Elles sont peu nombreuses dans le secteur étudié.

- 1) - Quelques sills de 10 mètres d'épaisseur au plus ont été reconnus dans le haut vallon de Bonne Nuit non loin du "Grand Filon". Ces roches éruptives sont très altérées et ressemblent sur le terrain à des arkoses vert clair très laminées. Les feldspaths sont complètement détruits. J. FABRE (thèse pages 63-65) décrit l'altération et la recristallisation de ces roches (feldspaths remplacés par séricite, albite, zoïsite, amphibole chloritisée, néoformation de calcite, lawsonite ou prehnite).
- 2) - Les microdiorites du Thabor et des environs (Roche de la Pelle, etc...), en sills plus épais (50 mètres), sont plus fraîches (hornblende verte, andésine, pâte microcristalline de quartz, épidote, chlorite).

Il y aurait dans la zone houillère au Sud de l'Arc deux centres d'émission (J. FABRE, page 192), l'un serait situé dans la haute vallée de Névache (La Sée Haute), l'autre entre la Combe de Bissorte et le Thabor.

Les nombreuses analyses dont disposaient J. FABRE et R. FEYS ont permis à ces auteurs de confirmer leurs observations pétrographiques et de conclure que ces roches éruptives se situent entre le groupe des microdiorites et celui des prasinites, avec différenciations locales plus acides (microgranites du Briançonnais) ou plus sodiques.

Ces éruptions, dont on ne connaît pas l'équivalent microolithique se seraient produites au plus tard à l'Eopermien, puisque, selon R. FEYS, on retrouve des galets de microdiorite dans l'assise de la Ponsonnière (Néopermien inférieur), mais avant la migmatisation stéphanopermienne puisque des roches semblables mais migmatisées existent dans le massif de Pecllet-Polset.

- 3) - Enfin, près du Col des Muandes (versant Névache), exis-

tent dans le Westphalien plusieurs filons verticaux orientés N.NE.-S.SO. d'une roche compacte blanche à aspect de quartz (1) ;

au microscope, on observe dans un fond de quartz et d'albite engrainés, des feldspaths automorphes non altérés : les uns sont des plagioclases acides voisins de l'albite, aux macles complexes, les autres, craquelés et exempts de macles, sont peut-être potassiques (anciennes sanidines?) Aussi cette roche de filon dont l'analyse chimique serait instructive, représente-t-elle certainement un ancien porphyre riche en quartz, apparenté aux porphyres du Permien inférieur décrits plus à l'Ouest (massif de Roche-Chateau, série de Rochachille), ou même aux émissions plus tardives du Permo-trias (Néopermien inférieur) de caractère potassique (Assise de la Ponsonnière).

(1) Le filon principal affleurant à quelques dizaines de mètres à l'Ouest du Col, a été interprété sur la première feuille de Briançon au 80.000ème comme une bande de quartzites ; comme des microdiorites dans la deuxième édition (1933), enfin simplement comme un "filon de quartz à patine ferrugineuse" par R. FEYS (1954).

CHAPITRE II . L E P E R M I E N .

Il n'a jamais été daté paléontologiquement dans le Briançonnais. Les affleurements sont mauvais, car souvent recouverts par les éboulis des quartzites sus-jacents.

I - Jusqu'au Thabor vers le Nord, le Permien n'est autre que le "Verrucano" briançonnais. Epais de 50 mètres environ, il est formé de conglomérats contenant de nombreux galets de liparite, plus rarement de jaspe rouge (1), de grès arkosiques blancs verdâtres à nombreux quartz roses (figure n°17) et de quelques bancs schisteux verts ou violets.

Ces couches reposent indifféremment sur du Houiller productif, ou, comme au Roc Valmeinier, sur des couches stériles attribuées au Stéphanien ("série de Roche-Chateau") ; J. FABRE (thèse) a montré que ce "Permo-trias" ne représente que le sommet d'un Néopermien dont la base (série de Rochachille, série de la Ponsonnière où sont intercalées des coulées dacitiques puis rhyolithiques) est elle-même localement discordante sur un "Eopermien" à calcaires (massif de Roche-Chateau). De fait, une discordance est parfois observable dans notre secteur (20° à l'Ouest des Granges de Vallée Etroite), mais le plus souvent, il y a concordance plus ou moins apparente. Le sommet passe partout insensiblement aux quartzites du Trias, et, pour certains auteurs, ce Verrucano représente le conglomérat de base des quartzites.

(1) Ces jaspes sont connus en place, près des porphyres, couronnant l'assise de la Ponsonnière (Néopermien inférieur).

II - Ce Verrucano s'épaissit et en quelque sorte se dilue vers le Nord. A la base, où se rencontrent aussi quelquefois de petits lits et nodules carbonatés jaunes, les galets sont en général moins gros, plus usés, et plus rarement de nature volcanique. Les grès-quartzites feldspathiques grossiers, sériciteux, deviennent dominants ; de couleur claire, parsemés de quartz roses, ils sont presque toujours laminés et sans cohésion.

Souvent riches en petites tourmalines néoformées, ces grès feldspathiques contiennent souvent de petites taches de malachite, plus rarement d'azurite ; cette minéralisation diffuse en cuivre semble exister partout entre Fontaine Froide et Modane ; dans les quelques mètres de Permien laminé, au fond de la gorge en aval du Seuil, celle-ci est localement mieux développée mais la teneur en cuivre reste cependant très faible, l'analyse chimique a donné : 0,4% de CuO.

Les bancs de schistes verts et violets (1) traduisant une sédimentation plus calme, se rencontrent plutôt vers le milieu de la formation, quelquefois plus haut ; ni leur nombre ni leur position ne sont fixes.

Le sommet du Permien est souvent très riche en petits cristaux de carbonates brunissants (ankérite) (Fontaine Froide).

III - De plus en plus fin vers le Nord, le Permien est représenté à Fonge Lune et au pied de la montagne 1.944 par une épaisse formation de quartzites sériciteux et de sérici-

(1) Ces schistes, au Lavoir, ont montré une radioactivité nettement supérieure à celle des autres roches (21 c./s. contre 14 dans les schistes houillers). [Mesures faites au scintillomètre, mouvement propre : 10 c./s.].

A Champagny, M. BIZARD a découvert (1954) des indices uranifères dans les bancs carbonatés du Permo-trias de Champagny. (Vanoise septentrionale)

toschistes blanchâtres ou verdâtres, tendres et très onctueux au toucher (figure n°18) (1) contenant quelques quartz rosés, et de schistes mauves ; ces couches annoncent déjà les faciès de la Vanoise. La base verdâtre remanie localement les gneiss (nombreux gros feldspaths potassiques détritiques) et leur ressemble sur le terrain.

(1) Au point qu'une galerie de recherche pour l'amiante a été creusée dans ces roches ! (chemin du Seuil).

CHAPITRE III . L E S T E R R A I N S S E C O N D A I R E S

I - LES QUARTZITES TRIASIQUES.

Compte tenu des laminages tectoniques, leur épaisseur semble varier de 200 à 350 mètres environ. La base contient fréquemment encore quelques rares galets de quartz blanc ou rose très usés (taille : 0,5 cm.).

Le sommet du tiers inférieur contient souvent des niveaux mal consolidés ou même sableux, au grain plus grossier : les grains de 1 à 2 mm. environ, arrondis, indemnes de recristallisation, souvent craquelés et à extinction franche, voisinent avec de nombreux feldspaths potassiques (5 à 10% environ) ; ceux-ci, parfois de plus grande taille, sont envahis d'un voile rose brunâtre, et sont souvent attaqués par le ciment microcristallin de quartz et séricite, comme écrasés et digérés entre les grains de quartz.

Ces niveaux montrent souvent des stratifications entrecroisées nettes, et alternent avec des bancs de 10 à 20 cm. compacts et fins (1). Ils ont souvent été préférentiellement broyés et même injectés d'anhydrite (figure n°21) (2). Dans la montagne 1.944 au Sud de Modane, ces niveaux tendres font dans la falaise de très spectaculaires vires à chamois

(1) Ces alternances de bancs compacts et de bancs sableux (par exemple à Fontaine Froide), sont très semblables à ce que l'on peut observer dans les quartzites minéralisés de la Plagne, au niveau des "Quartzites supérieurs" (voir P. ROGEL thèse de IIIème cycle, 1962).

(2) Ces injections d'anhydrite se rencontrent même dans le Permien de Fonge Lune (premier lacet du sentier du Seuil).

(voir figure n° 20).

Plus haut les quartzites sont homogènes, massifs : mais ils se débitent souvent en petits cubes :

En lame mince, on observe des grains de quartz engrainés, à extinction moirée, où le nourissage des anciens grains détritiques est rarement observable.

Ils prennent fréquemment une patine rouille, due à de la pyrite extrêmement fine localisée surtout le long des nombreuses cassures verticales où ont pu circuler des eaux sulfatées descendantes (Thabor, Roc Mounio).

Parfois de rares interlits schisteux verts ou jaunes ainsi que des ripple-marks typiquement aquatiques (F. ELLENBERGER, thèse page 157) soulignent la stratification.

Au sommet apparaissent des teintes bariolées : dans les quartzites brun-rouille, le ciment est constitué par un carbonate brun (ankérite) qui corrode les grains indemnes de recristallisation et s'insinue dans leurs fentes et craquelures. Plus souvent les quartzites sont verts sur plusieurs mètres : le ciment très abondant, corrodant par des golfes les grains mal classés (0,10 à 2 mm.) de forme anguleuse ou esquilleuse, est constitué par de la séricite vert pâle, microcristalline ou en lamelles fines ne montrant pas de clivage, et non pas par de la chlorite. Les teintes violettes envahissent ces derniers bancs verdâtres en nuées, et sont exclusives dans certaines coupes : le ciment est alors de l'hématite sous forme de fins grains qui peuvent même teinter les grains de quartz ; l'hématite peut même devenir prépondérante (quartzites ferrugineux du sommet de la montagne 1.944 au Sud de Modane). [Voir chapitre de Métallogénie].

II - SCHISTES, CARGNEULES ET GYPSES INFÉRIEURS.

Les coupes souvent décapitées aux derniers bancs de quartzites, montrent en quelques points privilégiés le passage aux termes suivants :

1) Au Nord-Est du Pic Mounio, les grès bruns à ciment carbonaté, à grains de quartz arrondis absolument indemnes de recristallisation alpine, passent insensiblement à des schistes noirs finement micacés, plus ou moins brèchiques, à passées dolomitiques brunes (10 mètres) ; puis viennent 10 à 30 cm. de schistes verts et violets très tendres, et enfin les calcaires vermiculés.

Il ne semble y avoir eu ici ni cargneules ni gypses.

2) Entre le Mont Thabor et la pointe des Angelières, les quartzites bruns épais (20 mètres), sont suivis de schistes compacts gris-verts à fines paillettes de micas, épaissis peut-être tectoniquement (20 mètres), contenant au sommet de fins lits dolomitiques jaunes. Ces schistes passent vers le haut à des cargneules et à du gypse en petits bancs de 10 à 20 cm. alternant avec de petits lits de dolomie schisteuse jaune à rosée. Puis viennent les calcaires vermiculés riches en fossiles (voir plus loin).

3) Dans la "vire des cargneules" (1) de la face Est du Pic de l'Infernet, existent quelques affleurements de gypse entre les quartzites bruns et les calcaires vermiculés.

4) Les masses de gypses et de cargneules situées au Sud des Tours du Vallon (Vallée Etroite) et au Plan de l'Enfournant (Grotte de Millia) doivent, semble-t-il, être rapportées au niveau des gypses inférieurs, de même que plus au Sud, les gypses de Névache (M. LEMOINE, communication orale).

(1) Les cargneules inférieures se distinguent en général des cargneules supérieures par la présence de membranes schisteuses vertes et de débris de quartzites.

III - LE TRIAS MOYEN.

Avec les quartzites, les calcaires triasiques constituent les falaises et les hauts sommets de la région. Leur épaisseur semble pouvoir varier du simple au double.

Il a été possible de retrouver certains des nombreux niveaux repères lithologiques et paléontologiques des coupes types du Trias de Vanoise établies par F. ELLENBERGER (Roc de la Pêche, Lac Blanc) ; mais ces niveaux passent souvent inaperçus à un oeil peu averti, et les rares fossiles sont introuvables quand les roches n'ont pas une patine parfaite ; aussi les coupes présentées ici sont-elles certainement incomplètes et ne sont là qu'à titre documentaire en vue d'une comparaison avec les coupes plus détaillées de Vanoise (F. ELLENBERGER, thèse page 175).

F. ELLENBERGER a noté déjà que " la plupart des faciès lithologiques n'ont aucune signification chronologique" (thèse page 161) ; nous décrirons cependant quelques faciès du Trias calcaire qui semblent constants et susceptibles de servir de niveaux repères.

A - VIRGLORIEN.

1) Les Calcaires vermiculés.

Ils ont fourni de nombreux Gastéropodes peu déterminables (petits Gastéropodes, dont un petit Worthenia, au Mounio et au Mont Thabor) (1). Très peu épais sur le Trias de la zone houillère (1 mètre au Roc Mounio), ce niveau est normalement développé aux Rois Mages (15 mètres).

2) Les dolomies claires à patine jaune-ocre.

Elles sont toujours présentes au dessus ou intercalées dans les calcaires vermiculés, sous forme d'un ou plusieurs bancs. Au Mont Thabor elles renferment quelques articles de

(1) Signalés par Ch. LORY (1871).

petits Crinoïdes (1) à section étoilée (Dadocrinus ?).

3) Le niveau à "Oligoporelles". (Anisoporella)

Il n'a pu être retrouvé qu'au Mont Thabor et au Mounio. Ailleurs, ce niveau n'est pas identifiable dans les épais bancs de calcaire gris compact parfois phylliteux (micas blancs uniaxes) qui contiennent plus haut de rares sections attribuables à des Dentales (?).

4) Les Physoporelles.

Elles ont pu être retrouvées, très mal conservées, dans la coupe d'Arrondas.

5) Le niveau à silex.

Ce niveau est un repère précieux, bien que les silex soient parfois réduits, comme au Mounio, à quelques pustules et fines zones siliceuses. Au Pic du Sérous, sur 30 mètres, on voit se répéter plusieurs lits de silex anfractueux et jointifs (localement lits siliceux) à patine jaune, interstratifiés dans des dolomies claires.

6) Les dolomies noires à patine blanche.

Au Mounio, quelques mètres sous les "schistes d'émersion" apparaissent, au sein de calcaires gris, des zones floues d'une dolomie compacte très noire à patine blanche, renfermant de nombreux restes de Gastéropodes à tests lisses (3ème faune de Mollusques). Des Gastéropodes de petite taille ont été trouvés aussi au même niveau dans les Rois Mages, dans des calcaires noirs ; en lame mince on y observe de très nombreux petits Gastéropodes et de rares Foraminifères lagénidés (Fronicularia ?). (Figure n°23).

7) Le niveau d'émersion.

Les schistes dolomitiques verts à patine orangée sont toujours présents (10 à 50 cm.) et parfois passent à une brèche à éléments dolomitiques jaunis dont ils forment le ciment (Mounio). Ils peuvent aussi se dédoubler (Arrondas).

(1) Déjà signalés par W. KILLIAN.

B - LADINIEN.

Il débute par d'épais calcaires cristallins, souvent sombres et fétides au choc. Ça et là on trouve quelques Gastéropodes indéterminables.

Il leur fait suite une épaisse formation dolomitique débutant par des "dolomies sombres". Des niveaux saccharoïdes où toute structure organique a disparu, alternent avec des niveaux organoclastiques et oolithiques ou pseudo-oolithique, parfois montrant des stratifications entrecroisées. Les restes organiques sont peu identifiables : nombreux Gastéropodes de petite taille, Algues...

On observe aussi des niveaux à grain fin, souvent finement varvés ; de telles dolomies constituent la majeure partie des "dolomies claires", et renferment partout de nombreux niveaux riches en Diplopores (D. uniserialis = D. brianconnensis ?). Dans ces dolomies à grain très fin, où tous les restes organiques sont dolomitisés, cette épigénie a conservé beaucoup de détails des structures organiques ; il semble y avoir eu remplacement du Ca par le Mg, et non recristallisation totale comme dans les dolomies saccharoïdes. Les niveaux de brèche y sont fréquents : il est possible d'observer des bancs qui se brèchifient latéralement, il s'agit dans ce cas de brèches de remaniement du fond marin, décrites par J. DEBELMAS (thèse page 34).

Plus haut, un niveau de gros silex noirs atteignant 20 cm. en lits réguliers, semble constant dans le massif des Rois Mages. Indemnes de recristallisation, ils montrent au microscope les mêmes structures et restes organiques que la dolomie encaissante.

Ces dolomies compactes se terminent par un ou deux niveaux de 10 à 20 cm. de schistes verts compacts, décolorés à l'affleurement; ils sont extrêmement semblables à ceux du niveau d'émersion. Cependant leur nature diffère totalement: au microscope on peut y voir, dans un fin ciment sériceux abondant, des débris de quartz anguleux sub-automor-

phes à golfes de corrosion, des feldspaths indéterminables, de rares zircons, des fantômes de minéraux ferromagnésiens (biotite?) et des grains et lamelles d'un minéral opaque (oligiste, ilménite?) (figure n°25). Il s'agit très certainement d'une cinérite (1).

Localement très net dans les Rois Mages, ce niveau est peut-être dilué ailleurs dans les dolomies terminales ; il devrait cependant pouvoir servir de repère absolu dans les coupes du Ladinien et a certainement une assez vaste répartition géographique, puisqu'il est connu dans le massif de la Boullia-gnia (Haut Val d'Acceglio) (Melle GALLI D.E.S.). L'origine de ces cinérites est peut-être à rechercher dans les Alpes orientales (Dolomites) où des épanchements volcaniques sont interstratifiés dans le Ladinien ; en effet, les spilites du Dauphiné ont un chimisme différent (pas de quartz).

Des dolomies schisteuses et des schistes dolomitiques jaunes très finement varvés, formés par l'alternance de fins lits dolomitiques jaunes (1 à 2 mm.) et d'interlits noirs schisteux (varves annuelles?), terminent le Ladinien, surmontant généralement un niveau à grosses Entroques et Bryozoaires (figure n°24), plus compact, et des brèches intraformationnelles à ciment jaunissant. Ces dolomies schisteuses semblent être surmontées directement par des cargneules et gypses renfermant plus haut des lentilles de Keuper (Arrondas), mais qui ne sont cependant pas en place.

LE FER DES CALCAIRES TRIASIQUES DU ROC MOUNIO.

Les calcaires triasiques de la face Est du Roc Mounio représentent un des rares lambeaux autochtones de couverture de la zone houillère, redressé et décollé des quartzites.

(1) NEHER a décrit en Suisse, dans les écailles de Schams, des cinérites, mais, semble-t-il, entre le Virglorien et le Ladinien.

lamelles de 1 à 2 mm., souvent disposées en travers des précédentes, semblent avoir cristallisé postérieurement au laminage.

Vers le haut, les couches du Trias calcaire viennent tour à tour au contact des quartzites et s'enrichissent en même temps en fer. Ainsi, le niveau à silex se présente sous le faciès de marbres à lits siliceux et filets d'oligiste ; puis la brèche du niveau d'émersion voit son ciment dolomitique et anciennement argileux plus ou moins totalement remplacé par l'oxyde de fer, en même temps que les éléments sont rubéfiés. Vers le Nord, des traces d'oligiste se rencontrent toujours dans les calcaires, particulièrement près des quartzites, mais aussi parfois assez loin dans des fissures.

Conclusions :

Les calcaires minéralisés en oligiste sont dans un état d'évolution et de recristallisation assez poussé. Le fer ne montre aucune structure sédimentaire et se trouve toujours sous forme de lamelles dans des calcaires particulièrement recristallisés. Aussi se pose le problème de son origine :

1 - Nous savons que le sommet des quartzites est souvent riche en fer : ainsi au Sud de Modane, les derniers bancs de quartzites de la montagne 1.944 sont entièrement imprégnés d'oligiste qui forme le ciment des grains.

2 - D'autre part, un peu partout, les premières couches des calcaires vermiculés sont souvent rosées ou rouges.

3 - Au Roc Mounio, l'extrême réduction du Virglorien et particulièrement des calcaires vermiculés est remarquable, de même qu'est surprenante l'absence de cargneules dans l'accident du Mounio.

Cependant, la couverture calcaire autochtone de la zone houillère est inconnue ailleurs, sauf plus à l'Ouest (La Settaz), et le lambeau du Mounio en constitue l'un des rares témoins.

Aussi est-il permis de supposer la présence d'une brève

émersion peut-être au coeur de la zone houillère, contemporaine du dépôt des schistes et gypses inférieurs (1), avec formation d'un sol du type sidérolithique, qui aurait donné par démantèlement au début du Virglorien des apports de fer dans la mer.

La présence fréquente de traces d'oligiste dans la base du Trias calcaire et dans les lambeaux suspectés d'avoir une origine autochtone (exemples : Roc Rouge (2), Crête de Replanette, Thabor, Petit Sérous), tend à montrer l'origine sédimentaire du fer ; mais ce fer semble avoir été aussi remis en mouvement lors du métamorphisme et de la phase tectonique paroxysmale (ici vers l'Est) et avoir imprégné ou épigénisé certaines roches qui étaient peut-être les plus poreuses.

Ainsi, au Roc Mounio, les lits d'oligiste massif anciennement exploités et les veinules d'oligiste qui existent même dans les dolomies du Ladinien, semblent résulter plutôt d'un phénomène de concentration secondaire par remplacement du calcaire que d'un dépôt primaire syngénétique.

LES POCHES SIDEROLITHIQUES DU TRIAS CALCAIRE.

Dans les massifs calcaires situés plus au Sud (Massif de l'Infernet, Roc du Sérous, Sud des Rois Mages), les calcaires et dolomies renferment souvent des zones rubéfiées, à enduits d'oligiste, formant même localement des poches riches en oligiste rouge (calcaires à l'Ouest de la Tête du

(1) M. LEMOINE a décrit plus au Sud (massif de Roche Gauthié) une émersion avec encroûtements sidérolithiques à la limite Virglorien-Ladinien.

(2) A l'Ouest, dans les calcaires non bréchifiés, au contact des quartzites [la partie bréchifiée et cargneulisée est imprégnée de limonite qui a rougi la roche ; les fissures sont aussi parfois tapissées d'oxydes de fer et de manganèse (pyrolusite?)].

Chien, massif de l'Infernet en Vallée Etroite). L'oligiste est associée à une matière argileuse esquilleuse rouge et verte (1) qui semble résulter de l'évolution d'anciennes terra-rossa.

Près du Col du Vallon (face Sud du sommet 2.803,4) la localisation de ces zones rubéfiées dans des diaclases évoque tout à fait d'anciens puisards et l'origine karstique de ces dépôts rutilants. Ces karsts fossiles semblent antérieurs à la recristallisation des calcaires, et pourraient être de ce fait contemporains de la phase d'érosion continentale d'âge Eocène supérieur (voir plus loin).

CONCLUSIONS.

Il n'est pas possible, d'après les coupes, de différencier le Trias calcaire autochtone sur la zone houillère (Mounio, Thabor) du Trias allochtone (Rois Mages, etc...), sinon peut-être par les différences d'épaisseur du Virglorien.

Toutes les coupes du Trias allochtone (Rois Mages) appartiennent au type 2 défini par F. ELLENBERGER (thèse page 196-197) et il semble, du moins à Arrondas, que le Ladinien passe insensiblement aux cargneules et gypses "exotiques" du Keuper.

Les coupes du Trias autochtone sont décapitées par l'érosion au milieu du Ladinien. Qu'existait-il au dessus? Un Lias réduit, un Dogger, un Malm et un Crétacé comme en Vanoise? L'érosion, actuelle et ancienne, a peut-être fait disparaître ces couches comme toute la couverture du coeur de la zone houillère. La couverture post-triasique a cependant certainement existé sur toute la zone houillère puisqu'elle est connue avec des épaisseurs normales et sans indices d'émersions, plus au Sud (massif du Galibier, massif des Cerces) et à l'Ouest (Synclinal de la Setta).

(1) Les parties vertes montrent aussi de rares traces de malachite.

IV - LE KEUPER : GYPSES, CARGNEULES ET SCHISTES A EQUISETUM.

En Vanoise, la plupart des gypses ont été rapportés au Keuper, grâce à la découverte (1) d'une flore typique conservée au sein des lentilles de schistes noirs interstratifiées dans ces formations. A l'aplomb du tunnel ferroviaire, des schistes noirs, intercallés dans la zone des gypses, ont déjà fourni quelques empreintes d'Equisetum (F. ELLENBERGER). Ailleurs, les nombreuses lentilles de schistes noirs, toujours près de grès blanchis souvent pyriteux, n'ont fourni aucune empreinte végétale, notamment par suite de l'existence d'une schistosité oblique (pied du Grand Argentier). Les grès feldspathiques localement grossiers, peuvent mimer d'une façon parfaite certains types de grès houillers (sommets Ouest du Grand Argentier).

Au Pas du Roc, au sein des cargneules, des grès fins blanchis sont interstratifiés avec des dolomies jaunes et calcaires gris à accidents dolomitiques ressemblant en section à des Belemnites. De même, les nombreuses lentilles de dolomie jaune ou ocre et calcaires gris, situés dans les cargneules au pied Sud-Ouest du Grand Argentier, appartiennent aussi, semble-t-il, au Keuper.

(1) E. RAGUIN (1928). J. FABRE et J. RICOUR (1946).

V - LA SERIE DU GRAND ARGENTIER.

En position nettement plus interne que les massifs de calcaires et de dolomies triasiques (Arrondas, Rois Mages) apparait le Massif du Grand Argentier. Cette unité est isolée des massifs calcaires situés à l'Ouest (Petit Argentier, Arrondas) par une zone continue de gypses et cargneules.

Elle disparaît vers le Sud en se morcelant pour réapparaître au Mélézet (au débouché de la Vallée Etroite) où elle a jadis été étudiée par S. FRANCHI.

A - LES DOLOMIES TRIASIQUES. (NORIEN ?).

La base de la série est formé par 200 mètres ou plus de dolomies gris-clair à grain fin, en bancs monotones et nets de 1 mètre environ. Les brèches diagenétiques, parfois à blocs énormes et à éléments de dolomies noires et grises sont nombreuses à la base (face Nord-Ouest du Grand Argentier). Cette monotonie des faciès ainsi que l'absence du moindre débris organique les opposent aux dolomies ladinian-nes.

Une belle coupe renversée (figure n°26) montre, dans la face Est du Grand Argentier, le passage continu au Rhétien de dolomies à patine jaune-olive, à fines membranes schisteuses vertes et roses d'aspect corné ; ce faciès est caractéristique du Norien de Vanoise orientale (F. ELLENBERGER, thèse page 196).

B - LE RHETIEN. (voir coupes).

Il débute souvent par des schistes noirs ; il est suivi de dolomies noires à patine jaune, parfois oolithiques (crête du Piano dei Morti). Au microscope ces dolomies oolithiques se montrent riches en débris organiques dans un état de conservation parfait : nombreux tests minces de Lamelli-branches, Brachiopodes, petits Gastéropodes, radioles d'Our-

sin, sporanges de Dasycladacées(?). Quelques lits de Micro-lumachelles à tests minces sont aussi présents.

Puis vient un banc de calcaire compact gris, renfermant parfois des polypiers branchus (arête N.E. du Grand Argentier) ou des Polypiers simples. Suivent quelques mètres de dolomie compacte noire à patine ocre à olive, très typique, fréquemment bourrée de cristaux d'albite noire.

C - LE LIAS INFÉRIEUR.

Il est représenté par des calcschistes gris à délits noirs renfermant quelques traces attribuables à des rostrés de Belemnites, et par des calcaires marmoréens gris-clair à fines zones siliceuses.

D - LE LIAS PRÉPIÉMONTAIS.

1 - Les calcschistes en plaquettes.

Ce sont des calcaires et calcschistes se débitant en plaquettes sonores ("piles d'assiettes"), puis des calcschistes plus ou moins siliceux à interlits noirâtres tachant les doigts, très semblables aux Schistes lustrés.

On croirait aisément à un passage continu aux Schistes lustrés piémontais, mais dans toutes les coupes, ces calcschistes prépiémontais sont surmontés par un nouvel ensemble différent : la brèche.

2 - La brèche.

Il s'agit d'une brèche à patine brune, passant facilement inaperçue sur le terrain, d'épaisseur très variable (10cm. à 5 m.) dont les éléments de très petite taille (micro-brèche grano-classée dans un ciment schisteux) ou de plusieurs décimètres, alors anguleux et jointifs, sont surtout carbonatés. Il est possible d'y reconnaître de nombreux types de calcaires et dolomies du Trias, ainsi que des éléments de dolomie du Rhétien, malgré l'acquisition d'une patine brune ; cette patine insolite peut provenir d'une altération aérienne ou d'une légère imprégnation diffuse de man-

ganèse d'origine sous-marine. Cette brèche renferme aussi quelques rares blocs de quartzites triasiques. Au Piano dei Morti, une brèche semblable renferme en plus de nombreux éléments de gneiss et micaschistes verts très laminés, aplatis et recristallisés qui deviennent localement abondants au point de devenir le ciment recristallisé micaschisteux (1) d'une brèche où les éléments dolomitiques sont restés anguleux et intacts.

Seuls niveaux compacts dans cet ensemble lithologique, ces brèches sont presque toujours parcourues de filonnets de quartz, d'albite et de calcite. Elle renferme aussi toujours de très nombreux micas verts qui se sont révélés riches en chrome (fuchsite).

Deux ou trois bancs de brèche peuvent se succéder, séparés par des calcschistes plus ou moins siliceux ou des schistes noirs et verdâtres. Il est à noter que les micro-brèches se rencontrent à l'Ouest (Pas du Roc, Col de la Roue) alors que les éléments dépassant 20 cm. d'arête et ceux de micaschistes se rencontrent dans les brèches situées le plus à l'Est (Piano dei Morti, Combe du Fréjus). Comme ces formations sont renversées vers l'Est, les brèches auraient donc été alimentées par une cordillère située plus à l'Ouest.

Au bas du Piano dei Morti émerge, des cargneules et de la moraine, un affleurement isolé de dolomie bréchique très semblable à celle du Grand Argentier ; sur elle repose une brèche brunâtre du même type que celle décrite plus haut, mais plus diluée dans des schistes tendres noirs (figure n°27), contenant de fins lits de microgrès manganésifères et de petits lits carbonatés à grain très fin et à patine très brune (manganèse) ; en lame mince, de nombreuses sec-

(1) Dans la IVème écaïlle, M. LEMOINE (1961) a décrit des roches paradoxales semblables, de même F. ELLENBERGER dans le massif de la Tsanteleina.

tions de petits Mollusques peuvent y être observées. La brèche, en plus des éléments carbonatés (calcaires, dolomies) contient des éléments anguleux de quelques centimètres d'une roche siliceuse à grain très fin, gris bleuté, ressemblant à du silex. Selon F. ELLENBERGER, cette brèche aurait un certain cachet crétacé ; en tout cas, il s'agit d'une brèche reposant sur le Trias dolomitique ; il est tentant d'y retrouver la brèche de notre série prépiémontaise, transgressive directement sur le Trias dolomitique dépourvu du Lias inférieur, peut-être ici précocement érodé.

3 - Les schistes siliceux.

La série (par exemple dans la face N.E. du Grand Argentier) se poursuit par des schistes verdâtres et tendres, des calcschistes en plaquettes parfois verdâtres ou à patine brune, mais aussi des schistes siliceux vert-clair (figure n°32). Au Col de la Roue, les microbrèches, très "diluées" dans des schistes verdâtres, sont suivies de schistes siliceux plissotés.

En lame mince, ils se montrent constitués de lits de micro-quartzites rubanés de 0,5 cm. d'épaisseur qui alternent avec des lits boudinés millimétriques d'un tissu de fine séricite vert pâle légèrement pléochroïque, et de chlorite très verte. A la bordure de ces alternances phylliteuses sont visibles de nombreux prismes microscopiques de glaucophane intacte. Sont présentes aussi quelques albites n'ayant pas totalement englobé les lits phylliteux plissotés ; on observe aussi des fantômes d'un minéral automorphe (lawsonite ?) totalement pseudomorphosé en chlorite très verte.

Ces roches, qui ont exceptionnellement conservé leur texture originelle, dérivent peut-être d'anciennes radiolarites à fins lits cinéritiques, et pourraient être alors l'équivalent des radiolarites de la série du Gondran (voir plus loin).

Les "Schistes lustrés" du Col du Fréjus semblent être

la suite stratigraphique de la série renversée du Grand Argentier (figure n°26) morcelée en de nombreuses écailles poussées vers l'Est. Ce sont des calcschistes siliceux baux à délit parfois noirs et charbonneux (1), dans lesquels sont interstratifiés quelques bancs de 1 à 2 mètres de calcaires massifs gris-bleuté à zones siliceuses, sans grande continuité, ainsi que de minces lits carbonatés à grain très fin et à patine brunâtre, faiblement manganésifères.

Les calcschistes du Fréjus offrent une curieuse particularité : très souvent, les surfaces de délit, quand elles sont longuement patinées par les intempéries, montrent de petites facettes planes de quelques mm., en saillie, aux contours rectangulaires, losangiques, ou circulaires, souvent disposées dans un même plan oblique au délit des calcschistes. A l'oeil nu, elles font penser à des entroques (décrites comme telles par S. FRANCHI). Mais ceci semble très douteux.

Au microscope, ces "pseudo-entroques" se révèlent comme des reliquats d'une structure ancienne épargnée par la recristallisation. Ces reliquats ont une structure finement litée qui est peut-être celle du sédiment originel ; ils montrent aussi quelquefois des amorces de micro-charnières qui permettent de les identifier comme des résidus de flancs normaux (figure n°29). Ils nagent littéralement au milieu d'une matrice à cristaux engrainés de calcite, carbonate brun, quartz rare et phyllites, laquelle présente une amorce de foliation. Certaines de ces "pseudo-entroques", aux contours losangiques, ressemblent fort aux pseudomorphoses de lawsonite décrites dans les calcschistes du Lias prépiémontais de Sollières (F. ELLENBERGER, 1960) ("cristaux rectangulaires pseudomorpha-

(1) Il est parfois possible d'observer sur ces surfaces délimitées une linéation antérieure et oblique aux microplis qui l'ont reprise.

sés en chlorite, calcite, quartz, ayant englobé la trame du calcschistes encore peu déformé". Voir figure n°29 à comparer avec figure n°7 page 193, BSGF 1960). Sous le Col du Fréjus (versant italien), ces pseudomorphoses sont si nombreuses qu'elles sont presque jointives, ou à peine séparées par un étroit film de cristaux engrainés de quartz, calcite et séricite (photo n°28).

Cependant, tous les échantillons contenant des "pseudo-entrouques" (1) aux contours arrondis, parfois même apparemment percées au centre, ont toujours montré en lame mince des faits analogues à ceux décrits plus haut ; on voit mal comment des entrouques, qui résistent en général bien à la recristallisation, auraient pu être épigénisées par des lits microcristallins de calcite, séricite et quartz, riches en pigment noir charbonneux, dont la structure est si fine qu'il n'est pas absurde d'y chercher des Foraminifères.

Jusqu'ici, la série du Grand Argentier est pratiquement identique (métamorphisme mis à part) à la série décrite par M. LEMOINE au Gondran ou à Rochebrune (Queyras) (M. LEMOINE, 1954).

La série de la Grande Motte, d'origine moins interne, décrite par F. ELLENBERGER (thèse, pages 239, 258 et 274) diffère de la nôtre par la présence de Dogger, Malm et de Crétacé de type Vanoise, surmontant un épais "Lias prépiémontais" non sans analogies avec le nôtre, au dessus d'un Lias inférieur qui repose sur du Trias dolomitique daté du Norien par des Worthenia contabulata.

(1) Ces "pseudo-entrouques" se rencontrent aussi dans les Schistes lustrés de Bardonecchia; dans le Queyras (Pic Château Renard, Est de Saint Véran) les Schistes lustrés, souvent plus siliceux, renferment dans des bancs plus carbonatés, de très semblables petites facettes en saillie.

Nous avons vraisemblablement ici le dernier témoin vers le Nord de la zone du Gondran, toujours identique à elle-même depuis le Queyras ; sa base dolomitique n'a guère de rapport avec les faciès triasiques du Ladinien Briançonnais et appartient sans doute au Norien. Le faciès prépiémontais apparaît au dessus du Rhétien et s'applique à toute cette série. Sa limite supérieure n'est pas connue comme en Vanoise, mais les brèches et microbrèches ont été attribuées plus au Sud au Jurassique par M. LEMOINE. Cette série qui n'apparaît qu'au Sud de l'Arc, semble être la base stratigraphique des Schistes lustrés à ophiolites (F. ELLENBERGER, M. LEMOINE 1955). Au Col du Fréjus nous sommes apparemment dans les Schistes lustrés piémontais.

Pourtant, une autre formation nous sépare encore des premières ophiolites qui affleurent à l'Est de la Pointe du Fréjus, sur le versant italien.

E - LES SCHISTES NOIRS ET VERTS MANGANESIFERES.

Cette formation, épaisse de plus de 50 mètres, est formée de schistes verts à nodules et lits manganésifères (1), mais aussi de schistes noirs à fins lits gréseux brunâtres ; elle peut être suivie en Italie vers le Sud, jusqu'au dessus des Granges Merdovine (2).

(1) Ces nodules contiennent parfois de petites mouches de chalcopryrite ; le manganèse est sous forme de carbonate (diologite associé à la kutnahorite $(CO_3)_2CaMn$. (Détermination aux Rayons X, Laboratoire de Géologie Appliquée).

(2) Dans le percement du tunnel ferroviaire du Fréjus ont été rencontrés au sein des Schistes lustrés des "schistes verts et violets" vers 2736 mètres (du reste isolés de la masse des Schistes lustrés par quelques intercalations d'anhydrite) E. de BEAUMONT, C.R.A.S. tome 71, page 8.

Cet ensemble lithologique est caractérisé par ses niveaux anciennement argileux, manganésifères et par l'absence de roches carbonatées. Or, cette série est pratiquement identique au "complexe de base" de la série du Flysch à Helminthoïdes décrit par M. LANTEAUME dans les Alpes Ligures, si ce n'est que manquent ici les schistes siliceux rouges et verts.

Les mauvais affleurements situés au pied ouest du Petit Argentier (schistes tendres verts et violets proches de chloritoschistes à glaucophane) et ceux du Col de la Roue (schistes siliceux rouges (1) riches en oligiste, à fins lits microquartzitiques) inclus dans des cargneules, appartiennent aussi peut-être à la même formation. Ces lambeaux seraient alors, eux aussi, des témoins de la série du Flysch à Helminthoïdes.

Ce complexe de base, qui fut daté pour la première fois dans les Alpes maritimes du Cénomaniens (M. LANTEAUME), a, on le sait, une vaste répartition et se retrouve de l'Embrunais à Gènes, en passant par les Alpes maritimes et Ligures. Dans la nappe du Flysch à Helminthoïdes, il semble avoir été souvent un niveau de décollement.

Conclusions :

La formation décrite plus haut ne représente peut-être qu'un faciès des Schistes lustrés lié aux ophiolites ; mais, si nous l'homologons au "complexe de base" (2), il s'agirait donc d'un témoin de la série du Flysch à Helminthoïdes dont aucun lambeau n'avait jusqu'ici été trouvé en position si interne. Dans ce cas, toutes les formations situées à l'Ouest de la bande continue attribuée au "complexe de base" (Schistes lustrés du Fréjus, du Col de la Roue, etc...) doivent se rattacher à la série prépiémontaise. Deux hypothèses s'offrent à nous :

(2) R. CABY, C. KERCKHOVE, M. LEMOINE. 1963.

(1) Ressemblant sur le terrain à du Permien.

1 - Nous aurions une série continue, reposant sur du Trias d'affinités internes, du Rhétien au Crétacé (?) inférieur ; cette série représenterait un équivalent complet réduit, sans ophiolites, des Schistes lustrés piémontais et de la base de la série du Flysch à Helminthoïdes.

2 - Les calcschistes du Col du Fréjus représenteraient peut-être la suite stratigraphique de la série du Grand Argentier, mais la formation homologuée au "complexe de base" ne serait alors qu'un lambeau de la nappe du Flysch à Helminthoïdes (1) coincé lors des mouvements tardifs vers l'Est entre les formations prépiémontaise et les Schistes lustrés à ophiolites. Dans ce cas, nous devons donc isoler cette formation attribuée au Flysch par deux contacts anormaux, alors que sur le terrain aucun n'est visible. Cependant, il faut être très prudent dans l'interprétation des coupes apparemment concordantes (M. LEMOINE 1960), dans ces régions où les ensembles lithologiques ont pu glisser les uns sur les autres comme des cartes à jouer, lors du renversement vers l'Est de toutes les structures ; les exemples de coupes d'apparence continue où doivent se situer des contacts anormaux majeurs, sont de plus en plus fréquents dans les Alpes (M. LEMOINE 1962, M. LATREILLE, thèse).

F - LES ROCHES D'ORIGINE PYROCLASTIQUE PROBABLE.

Ces roches très différentes semblent appartenir à notre série prépiémontaise ; nous décrivons les principales, bien que leurs relations avec le reste de la série soient peu étudiables.

- a) Sous la crête dominant à l'Est le Piano dei Morti, on trouve, au milieu de calcschistes et de schistes glissés, des fragments d'une roche verte compacte.

Au microscope, cette roche montre, dans un fond plisso-

(1) L'existence de cette nappe plus à l'Ouest, est, rappelons le, tout à fait hypothétique à notre latitude.

té de quartz, albite, séricite et chlorite, riche en minéraux opaques et sphène, de nombreux phénoblastes de clinozoïsite et des fantômes d'une amphibole chloritisée. De plus, on observe un enrichissement local en belles tourmalines, visibles même à l'oeil nu.

- b) Au pied ouest du Petit Argentier, on peut ramasser, provenant des pentes glissées des schistes et calcschistes, des morceaux d'une roche compacte verte parsemée de belles aiguilles de glaucophane.

Au microscope, cette roche montre un fond laminé de quartz, d'albite et de chlorite, renfermant de nombreuses amphiboles totalement chloritisées (ancienne glaucophane ?), sur lequel sont surimposées de nombreuses albites et des aiguilles de glaucophane (montrant encore quelques traces de déformation) (figure n°31).

Une autre roche claire, rubanée, se ramasse çà et là dans le même lieu. Il s'agit d'un microquartzite rubané (figure n°33) renfermant des lits plus fins pétris de glaucophane très pléochroïque, en gerbes, en partie pseudomorphosé en chlorite très verte.

- c) Au Col d'Arronda, près de la brèche à gros éléments, existent aussi de mauvais affleurements de roches compactes vert-clair. A côté de micaschistes albitiques (riches en oligiste, rutile, sphène, épidote) on trouve des échantillons d'une ovardite plissotée, composée essentiellement d'albite et d'une amphibole entièrement pseudomorphosée en chlorite brun-olive en lumière polarisée, et rutile, près de séricite et quartz peu abondants. L'albite contient elle-même de nombreux fantômes de l'amphibole, sous forme de trainées sombres d'aiguilles fines de rutile (figure n°32).

Toutes ces roches se distinguent nettement des calcschistes et des schistes. L'absence de bons affleurements ne permet pas de préciser s'il s'agit de roches interstratifiées dans la série prépiémontaise, ou de lames tectoniques étrangères. Ces roches peuvent provenir d'un matériel pyro-

clastique ; elles s'opposent, par leur richesse en quartz, aux prasinites et autres roches des ophiolites affleurant par exemple à l'Est de la pointe de Fréjus.

De telles roches pourraient représenter l'équivalent peu métamorphique des "gneiss du Charbonnel" décrits par R. MICHEL (thèse).

VI - LES SCHISTES LUSTRES.

Tout essai de stratigraphie dans les Schistes lustrés de Maurienne semble prématuré. Rien ne démontre que les coupes naturelles observées soient des coupes continues.

Les contacts anormaux et les failles repérables sur le terrain sont exceptionnels, alors qu'ils sont si fréquents dans les autres formations. Aucune charnière importante n'est visible, et le pendage, uniformément orienté à l'Ouest, comme la schistosité, semble indiquer une apparente épaisseur de plusieurs milliers de mètres.

Les calcschistes très semblables à ceux du Col du Fréjus constituent l'essentiel de la formation ; de très nombreux filonnets d'exsudation de quartz laiteux, albite, chlorite, calcite et carbonates bruns (Fe, Mg, Mn), sont partout répandus. Le degré de métamorphisme de ces roches est faible, comparé à celui des Schistes lustrés beaucoup plus cristallins à grands micas blancs de Suse (Italie).

De la fine séricite et, plus rarement, de la chlorite, donnent à ces roches leur délits nacrés et "lustrés". La calcite, en gros grains, demeure le minéral prépondérant à côté du quartz en petits grains ; on ne peut savoir si celui-ci provient d'anciens grains détritiques recristallisés ou bien du regroupement de fins lits siliceux du sédiment originel.

A côté des calcschistes plus ou moins siliceux, on observe des bancs calcaires compacts, et aussi des niveaux

schisteux plus tendres.

Sur le versant italien existent quelques lentilles peu épaisses d'ophiolites. On y reconnaît des gabbros très altérés, parcourus de veinules d'amiante (chrysotile ?), d'épidote et d'oligiste, des prasinites à glaucophane, ainsi que d'autres roches vertes compactes constituées de chlorite, amphibole fibreuse, calcite et épidote. Sous la pointe du Fréjus affleure près de ces roches un filon de carbonate brun à grain fin (ankérite ?), parcouru de quartz et d'un minéral micacé vert riche en chrome : fuchsite ?

Quelques indices de cuivre (mouches de chalcopryrite) dans les calcschistes, existent aussi près des lentilles de serpentines d'Arronda.

Les lentilles d'ophiolites sont toujours en association avec des marbres clairs, se chargeant en serpentine et en calcite rouge près du contact apparemment normal, et ne semblent donc pas être des "intrusions tectoniques". M. LEMOINE (1962) a admis dans le Queyras, que les ophiolites associées toujours aux marbres clairs, semblent occuper une position stratigraphique précise. Il semble en être de même ici (à moins que les marbres clairs ne représentent non un niveau stratigraphique mais un faciès particulier des calcschistes, lié aux conditions régnant au voisinage d'éruptions sous-marines).

RAPPORTS ENTRE LA ZONE PREPIEMONTAISE ET PIEMONTAISE.

La série du Gondran est considérée par M. LEMOINE comme un équivalent marginal externe, sans ophiolites, des Schistes lustrés. La similitude des faciès laisse en effet supposer, comme dans le Queyras (M. LEMOINE 1961 a. page 116) l'existence d'un passage latéral entre les deux formations ; mais la solution de deux nappes indépendantes envisagée par le même auteur ne peut être exclue ici non plus ; les lambeaux attribués au Flysch à Helminthoïdes seraient des témoins d'une troisième nappe indépendante séparant ici les formations piémontaise et prépiémontaise, ou des témoins de la couverture normale de la série prépiémontaise.

Mais de nouvelles recherches sur une grande échelle sont indispensables pour :

- 1 - Vérifier l'attribution au complexe de base de la série du Flysch à Helminthoïdes, de certains faciès schisteux verts à nodules de manganèse.
- 2 - Retrouver d'autres lambeaux de ces formations vers le Sud dans une position analogue ou même plus interne.
- 3 - Discerner ces lambeaux des niveaux de schistes siliceux et microquartzites verts, certainement intercalés dans la série prépiémontaise.
- 4 - Préciser la position stratigraphique de roches telles que : chlorito-schistes quartzo-albitiques, schistes verts riches en épidote et albite ; roches qui sont peut-être dérivées d'un matériel partiellement pyroclastique.

CHAPITRE IV . L E S T E R R A I N S Q U A T E R N A I R E S

Leur étude n'entre pas dans le cadre de ce travail.

Cependant, il est facile de distinguer :

1 - LES MORAINES ANCIENNES.

Situées en basse altitude, elles sont entièrement recouvertes de végétation. Leur épaisseur peut atteindre plusieurs dizaines de mètres (Le Charmaix, alpages d'Arronda). Le liant des blocs est souvent de consistance argileuse dans les moraines issues des Schistes lustrés ou du Houiller.

2 - LES MORAINES RECENTES.

Uniquement constituées de blocs de toutes tailles (quartzites, calcaires) sans lien, elles sont peu fixées par la végétation et ont gardé leurs formes initiales ; telles sont les moraines d'Arplane et du Thabor.

3 - LES GLISSEMENTS ET EBOULEMENTS.

Ces phénomènes sont généralisés dans les terrains houillers où ils prennent une importance capitale (Vallée de l'Arc, vallée des Herbiers). On observe aussi des masses de gypses glissées près des Herbiers.

Dans le Permien de Fonge Lune, l'actualité des phénomènes est attestée par l'inclinaison des sapins et par les affaissements de la route du Charmaix à chaque printemps.

4 - EBOULIS.

Au pied de tous les pics s'entassent des cônes d'éboullis gigantesques, qui finissent par envoyer les sommets. Cet aspect est typique du Briançonnais, dans le haut des vallées qui creusent peu, et où le déblayage est insignifiant.

5 - TOURBIERES.

Elles sont nombreuses dans les terrains houillers et souvent localisées dans d'anciens lacs de surcreusement

d'origine glaciaire.

6 - TRAVERTINS.

Signalons les épaisses formations de travertins d'eau douce d'âge ancien (feuilles de laurier ?), au bas des gorges des deux torrents dont les cônes de déjection s'étendent jusqu'à Modane.

7 - GLACIER DE PIERRE ou "ROCK-GLACIER".

Il en existe un très spectaculaire (figure n°38) au pied des Rois Mages. La présence de glace fossile ne fait guère de doute car le front de ce glacier avance encore actuellement. Le haut du cirque était du reste récemment occupé par un glacier (1880).

DEUXIEME PARTIE

STRUCTURE DE LA REGION ETUDIEE.

GENERALITES.

La région étudiée est située dans la partie orientale de l'"éventail Briançonnais".

Toutes les structures sont déversées vers l'Est ; la majorité des terrains et des contacts anormaux sont fortement redressés souvent jusqu'à la verticale.

A Modane disparaît par ennoyage général le "synclinorium séparateur" des deux zones paléozoïques distinguées par F. ELLENBERGER : zone houillère et zone Vanoise-Mont Pourri. Rempli de cargneules, gypses et lambeaux de couverture, ce synclinorium séparateur représenterait une "zone cicatricielle d'involution" des deux socles paléozoïques (F. ELLENBERGER, thèse page 421). La zone Vanoise-Mont Pourri disparaît aussi à Modane par suite de son fort plongement axial.

La verticalité approximative des contacts tectoniques masque, au Sud de Modane, le caractère de nappes de recouvrement de la zone des gypses et de la zone des Schistes lustrés.

Trois "zones" s'imposent donc d'elles-mêmes :

- La zone houillère et sa couverture propre.
- La zone des gypses et les massifs calcaires (Briançonnais interne).
- La zone piémontaise et prépiémontaise.

CHAPITRE I.

LA ZONE HOUILLERE ET SA COUVERTURE .

Au niveau de l'Arc, J. FABRE (thèse) a distingué dans l'éventail houiller :

- 1 - La bordure occidentale.
- 2 - Le synclinal occidental.
- 3 - L'anticlinal médian.
- 4 - La retombée orientale.

Plus au Sud, la complexité de détail de l'anticlinal médian et de la retombée orientale apparaît grâce aux lambeaux de la couverture autochtone du Houiller (inconnue au Nord de l'Arc) conservés depuis Arplane jusqu'à la Vallée Etroite.

L'ensemble de la zone houillère est fortement déversé vers l'Est, surtout au Nord de l'Arc où le rétrochevauchement sur la zone Vanoise-Mont Pourri atteint au moins 1500 mètres au Sud du Col de Chavière (F. ELLENBERGER, thèse page 437).

Dans la partie orientale, les lambeaux de couverture sont souvent redressés à la verticale ou même renversés (quartzites, exceptionnellement calcaires triasiques au Roc Mounio). Il doivent être interprétés, quand ils sont solidaires du Houiller (1), comme les flancs inverses non lami-

(1) En fait, presque tous les contacts entre Houiller et quartzites ont joué en laminant le Permo-trias (voir figure n°15). Exemple : quartzites du tunnel ferroviaire du Fréjus sous le chalet de la Challe, où le Permien est réduit à 5 mètres par laminage au contact des quartzites. (miroir de faille vertical à stries horizontales).

nés de plis à charnière complexe déversés vers l'Est ; les flancs normaux sont au contraire mal développés (1), le plus souvent amputés de leur couverture. Cette structure caractérise le bord interne de la zone houillère jusqu'au Sud de Briançon.

Plus au coeur de la zone houillère, loin des lambeaux de couverture, les structures deviennent difficiles à déchiffrer. Les couches sont généralement inclinées vers l'Ouest, comme la schistosité ; les charnières sont rarement visibles et alors complexes (figure n°36) ; il est possible que le Houiller schisteux soit décollé du Houiller stérile plus rigide (crête de Sainte Marguerite au Cheval Blanc, figure n°35). Des zones calmes voisinent avec d'autres zones étroites plissotées et chaotiques, parcourues d'un chevelu important de quartz laiteux et d'albite, sans qu'il y ait de rapport visible avec les accidents majeurs (2).

De belles stratifications entrecroisées (figure n°5), d'une netteté exceptionnelle, nous ont montré le renversement de la crête des Sarrazins, formée de couches tranquilles à pendage Ouest faible, de schistes à anthracite à la base, et de grès et conglomérats au sommet. Ainsi, entre la Combe de Bissorte et le Lavoir, il existe certainement beaucoup plus de terrains à l'envers qu'à l'endroit.

Il est intéressant de passer en revue les divers types d'accidents rencontrés dans cette partie de la zone houillère :

(1) Le pli couché du Lavoir a conservé cependant en partie son flanc normal (quartzites du sommet 2.658, crête du Roc Rouge).

(2) De telles déformations "seraient tardives, et appliquées à un matériel qui n'était plus neuf, mais déjà devenu rigide par les déformations initiales". (E. RAGUIN, 1931, feuille du Petit Saint Bernard).

I - PLIS DE STYLE SOUPLE COUCHES VERS L'EST, LE N.E. (Modane)

OU LE S.E. (Le Charmaix).

Ces plis ont un rayon de courbure de 100 à 200 mètres (Vallée des Herbiers, Roche de la Pelle).

Certains d'entre eux ont un plongement axial vers le Sud assez net (pli du Lavoir). Le cœur des anticlinaux apparaît très souvent plissoté, à l'échelle de l'affleurement comme de la lame mince, notamment dans la vallée des Herbiers ; les grès y deviennent alors gauffrés et schisteux, et leur recristallisation est plus intense (1).

Entre les Sarrazins et le Lavoir se succèdent trois plis déversés vers l'Est ; vers le Sud, ces plis, souvent réduits à un flanc inverse, s'ennoient obliquement dans les cargneules qui limitent les terrains d'origine plus lointains. Ainsi le pli déversé du Signal des Sarrazins, situé en pleine zone houillère, se trouve-t-il amené au contact des gypses et cargneules en Vallée étroite. Il y a donc obliquité des structures autochtones par rapport au contact majeur des terrains d'origine plus interne.

II - ECAILLES PARAUTOCHTONES.

Elles sont formées de Permo-trias à faciès "zone houillère", de quartzites et, plus rarement, de calcaires triasiques.

- a) Les unes sont en coin dans le Houiller ; elles

(1) Le plissotement des grès est manifestement postérieur à la phyllitisation (chlorite, micas blancs) qui sont tordus, et rompus par la schistosité de fracture. L'albite semble par contre postérieure à ces phénomènes.

sont plus nombreuses dans la partie orientale : ainsi, par exemple, les répétitions des quartzites de la crête Sainte Marguerite, et du Permo-trias des environs du Banchet (Vallée Etroite). Au sein du Houiller existe aussi certainement ce style en écailles, trahi par les nombreuses failles verticales N.S.

- b) D'autres écailles sont isolées du Houiller par des gypses et des cargneules, mais doivent cependant être rattachées à la zone houillère par leur faciès ; ainsi la deuxième barre de quartzites du tunnel ferroviaire du Fréjus, isolée dans l'anhydrite, possède à sa base quelques m. de Néopermien et de Houiller ; les calcaires triasiques de la crête joignant Replanette à la Vallée Etroite possèdent de même à leur base des quartzites et du Néopermien.

L'écaille du Roc Rouge mérite une description plus détaillée ; apparemment isolée dans les cargneules, elle disparaît rapidement au Nord comme au Sud. Elle est formée de Néopermien, de quartzites, et de calcaires virgloriens ; ces terrains sont redressés à la verticale et même renversés sur le bord ouest de l'écaille, alors que les quartzites sont presque horizontaux et à l'endroit dans la face Nord du Roc Rouge (voir coupes n°9 à 11). Tout se passe comme si cette écaille, anciennement horizontale, avait été secondairement redressée par le pli couché du Signal des Sarrazins situé immédiatement à l'Ouest.

Les quartzites du Col d'Arplane (entourés malheureusement de toutes parts d'éboulis et de moraines) représentent aussi, peut-être, une écaille décollée au niveau du Permien et flottant plus ou moins totalement sur des cargneules (qui affleurent au Col d'Arplane). Seul son bord Ouest a été écrasé et rebroussé fortement.

Toutes ces écailles, isolées ou non dans les cargneules, sont verticales ou renversées.

Elles peuvent être interprétées comme d'anciennes écailles à plat issues d'une phase tangentielle antérieure, redres-

sées ou basculées secondairement vers l'Est.

III - LE MASSIF DU THABOR.

C'est au Massif du Thabor (figure n°2) qu'il est possible d'observer, entièrement conservés, les effets de ces mouvements tangentiels précoces. Cette conservation est due au niveau d'érosion plus faible et au fait que le Thabor est situé plus au centre de la zone houillère, donc là où les structures sont déjà moins fortement poussées vers l'Est.

Le Massif du Mont Thabor, constitué d'une dalle de quartzites faiblement inclinée vers l'Est et de nombreuses buttes-témoins/de calcaires triasiques plus ou moins glissées [dont le Roc du Sérours est le plus bel exemple (figure n°3)], vient en effet chevaucher vers l'Ouest le Pic du Thabor formé de quartzites et d'un peu de calcaires triasiques ; l'accident est souligné par des gypses et cargneules attribués au Werfénien supérieur dont l'origine est certainement locale, et par des lambeaux de Néopermien et de Houiller (Col du Thabor). Cet accident disparaît au Nord sous le glacier et la moraine du Thabor, mais peut être suivi vers le Sud. C'est lui qui est responsable de l'affleurement de Houiller et de Permo-trias du Lac Blanc ; au pied du Grand Adret, l'accident, dirigé N.O.-S.E., est devenu maintenant vertical et même incliné vers l'Ouest ; plus au Sud, c'est peut-être lui encore qui met brutalement en contact le Houiller et les quartzites au Rocher Blanc.

Tout se passe comme si le Massif du Mont Thabor, seulement découpé en blocs par des cassures peu importantes, avait résisté, tel un butoir, à la poussée vers l'Est. Ainsi s'explique :

- que le pli couché de la Roche de la Pelle soit mal individualisé au niveau du Thabor, alors que vers le Nord s'observent de beaux plis couchés (Roche Noire).
- que l'accident du Thabor à pendage Est, ait été "fossilisé"

alors que presque partout ailleurs ces accidents, comme les écaillés elles-mêmes, ont été redressés ou renversés vers l'Est.

Remarque : On pourrait penser que les quartzites du Pic du Thabor représentent simplement la continuation vers le Sud du pli couché de la Roche de la Pelle.

On aurait donc là une sorte d'encapuchonnement de ce pli sous les quartzites du Mont Thabor. Cette hypothèse semble mal fondée car :

1) Nous ne retrouvons ni au Nord ni au Sud des quartzites qui représenteraient le flanc inverse de ce pli "encapuchonné".

2) De tels encapuchonnements de plis n'existent nulle part et ne semblent pas compatibles avec le style tectonique décrit par ailleurs.

3) Ce pli couché hypothétique aurait certainement très affecté les roches du Thabor, alors que justement elles sont particulièrement indemnes de déformations (lits tranquilles de gypses, schistes et dolomies attribuées au Werfénien supérieur).

Il est permis de se demander pourquoi le Massif du Mont Thabor a résisté en bloc à la poussée vers l'Est. Peut-être ce massif devait déjà être, au moment de la phase de poussée vers l'Est (mais avant l'arrivée des Schistes lustrés), un plateau peu accidenté dominant un pays érodé souvent jusqu'au Houiller (voir plus loin) où n'existaient plus que quelques lambeaux de couverture. Ainsi, là où existait la couverture rigide de quartzites, les plis n'ont pas pu s'individualiser ; au contraire, les plis du Houiller de la Crête Sainte Marguerite se sont certainement formés sans couverture. Une phase d'érosion importante antérieure à l'arrivée de la nappe des Schistes lustrés (voir plus loin) et aux mouvements vers l'Est s'impose donc ici comme en Vanoise (F. ELLENBERGER, thèse page 432).

IV - ACCIDENTS D'AGE HERCYNIEU.

Nous verrons plus loin (chapitre de métallogénie) que certains accidents, minéralisés en quartz, sidérose et sulfures, ont certainement un âge hercynien.

Ces accidents sont toujours faiblement inclinés par rapport aux couches, anciennes failles plates ou en cuiller, correspondant sans doute à de petits chevauchements locaux, dont il est impossible de fixer l'ampleur et le sens du déplacement (peut-être vers l'Est) (voir chapitre de métallogénie) ; fréquemment orientés N.S., ils ont pu être redressés ou replissés à l'âge alpin.

De tels accidents s'observent bien lorsqu'ils sont minéralisés ; d'autres accidents, non minéralisés, se repèrent difficilement dans les parois, tranchant les couches sous un angle très faible (paroi du Grand Filon) ; cicatrisés, ils s'opposent à d'autres accidents d'âge alpin contemporains des mouvements vers l'Est, et aux failles post-tectoniques qui déterminent des couloirs et des arêtes dans les grès.

Il n'est pas possible d'avoir plus de données sur la tectonique d'âge hercynien, masquée par les mouvements alpins bien plus importants.

Nous retrouvons cependant des traits caractéristiques de la structure des bassins houillers, en rattachant à une phase hercynienne ces accidents minéralisés interprétés jusqu'ici comme alpins.

Les accidents anciens les plus importants que nous puissions observer dans notre région semblent être :

- 1) Les filons de quartz du Pousset, Genevret et Grasse Tête (rive droite de l'Arc, au dessus d'Orrelle).
- 2) Le filon de Combe Orsière (Valmeinier).
- 3) Le filon de quartz de l'Arizan (Hte Vallée de Névache)
- 4) La faille des Sarrazins.

Cette phase ancienne, dont l'âge est en tout cas anté-Néopermien, a peut-être engendré des chevauchements et même des renversements locaux dans les parties supérieures du bassin, avec des accidents plats, sans que l'on puisse voir de discordance angulaire dépassant 20° avec le Stéphanién ou le Permo-trias (ce qui est le cas).

Cette phase principale a suivi de peu les intrusions de

microdiorites accompagnées de leur cortège filonien (voir chapitre de métallogénie) et correspond peut-être à la phase asturienne, puisqu'au Sud on retrouve des galets de microdiorite dans l'Éopermien (R. FEYS. 1957), et puisque nulle part ne sont visibles des accidents minéralisés dans le Stéphanien (Massif de Peclet-Polset).

CHAPITRE II.

LA ZONE DES GYPSES ET LES MASSIFS CALCAIRES

DU BRIANCONNAIS INTERNE.

I - LES GYPSES ET CARGNEULES.

a) La zone de gypses et cargneules de Modane à Névache.

Cette zone continue représente la fusion vers le Sud de la "Nappe des gypses" de Vanoise, accumulation diapirique et tectonique à la base de la nappe des Schistes lustrés, mais aussi des gypses pincés dans le "synclinorium séparateur" de Champagny-Modane.

Cette zone verticale réduite aux seuls gypses au niveau du tunnel ferroviaire du Fréjus, limite la zone houillère des Schistes lustrés. En profondeur, elle a peut-être les mêmes caractères que plus au Nord ("zone cicatricielle d'involution") séparant les deux massifs paléozoïques. A partir des

Granges d'Arronda, les gypses apparaissent au front ou à l'arrière d'importants massifs calcaires triasiques qui sont donc isolés tectoniquement.

b) Les lambeaux de recouvrement.

Les îlots de gypses, cargneules et grès du Keuper situés près des lacs Sainte Marguerite, reposent à même le Houiller. Comme ceux de Polset et Gébroula, les gypses de Sainte Marguerite reposent localement sur les tranches de couches du Houiller, mais ils sont aussi certainement injectés en coin per descensum au sein d'accidents qui se traduisent sur la crête Sainte Marguerite par le redoublement du Permien et des quartzites. Ces gypses sont bien injectés par le haut puisque les lacs Sainte Marguerite permanents et très profonds ont pu s'établir dans ces lambeaux (Cl. BORDET: gypses du Tunnel Isère-Arc).

II - LES MASSIFS CALCAIRES. (BRIANCONNAIS INTERNE).

a) La Montagne d'Arrondas.

Cette lame de calcaires et dolomies triasiques naît au torrent d'Arrondas puis s'épaissit pour se laminer ensuite, au Petit Argentier, en écailles broyées contenant des lames de Permo-trias (1) et de quartzites.

b) Les Rois Mages.

Homologue de la Montagne d'Arrondas, ce massif est en continuité, vers le Sud, avec les massifs calcaires de la rive gauche de la Vallée de Névache, et est limité à l'Ouest comme à l'Est par des gypses et des cargneules. Il est formé d'un gigantesque empilement de séries triasiques calcaires et dolomitiques, où des zones intensément plissées (2) voisi-

(1) Ce Permo-trias très sériciteux pourrait avoir une origine plus interne, comme le lambeau de micaschistes verts à grandes muscovites inclu dans les cargneules de Pra Dieu.

(2) Plissements peut-être antérieurs au trainage au front des Schistes lustrés (anticlinal couché de Roche Bernaude).

ment avec de grands panneaux calmes, mais souvent à l'envers (voir coupes), séparés par des cargneules incluant des lambeaux attribuables au Stéphano-permien. Dans la combe du Col de la Roue, ce massif repose presque horizontalement sur des formations à rattacher aux Schistes lustrés, par l'intermédiaire de cargneules et de Keuper ; il possède à son front Ouest, au Col de Fontaine Froide, une lame importante de Stéphano-permien et Permo-trias qui repose sur des calcaires. Mais l'ensemble est refoulé vers l'Est sur les Schistes lustrés.

c) Le lambeau triasique du Clos. (Ouest du Lavoir)

Ce lambeau a une structure complexe (figure n°34). Il est associé à des cargneules renfermant des lentilles de grès et de dolomies du Keuper (Le Plan), et possède aussi à son front Ouest, comme les Rois Mages, des lames de Stéphano-permien, dont l'une (au dessus du Plan) est même incluse tectoniquement dans les calcaires plissés.

Totalement allochtone, ce lambeau repose sur du Houiller horizontal dépourvu de sa couverture propre, et doit être, à notre avis, rattaché à l'unité des Rois Mages. De plus, la coupe du sommet du Ladinien montre une identité frappante avec celles faites dans les Rois Mages (voir coupes du Trias).

Conclusions :

Ces massifs calcaires présentent de nombreuses analogies : leur origine lointaine est attestée par la présence de lambeaux de Stéphano-permien provenant de parties plus internes de la zone houillère qui nous sont aujourd'hui cachées (voir page 15). L'accumulation des séries calcaires des Rois Mages suggère une nappe repliée ultérieurement sur elle-même, dont l'extension primitive vers l'Ouest serait attestée par le lambeau du Clos. Mais cette accumulation a pu aussi avoir lieu plus simplement au front de la nappe des Schistes lustrés en marche, tout comme les masses de gypses et cargneules qui, elles, ont peut-être une origine beaucoup plus interne (F. ELLENBERGER, thèse page 415).

Remarques :

1) La présence sur la zone houillère des lambeaux allochtones de Sainte Marguerite et du Clos est certainement liée à l'avancée initiale vers l'Ouest des Schistes lustrés du Col de la Roue et de Replanette.

2) La position de ces deux lambeaux est remarquable : l'un comme l'autre reposent sur du Houiller érodé, au fond de cirques dominés tout autour par des crêtes où sont conservés des restes de la couverture autochtone. Il est donc permis de penser que lors de l'arrivée de la nappe des Schistes lustrés, la région, soumise à une forte érosion qui avait pu localement enlever plus de 500 mètres de couches, possédait encore un relief accidenté (peut-être par des cuestas de quartzites), relief hérité du style en écaillés de la phase tangentielle précoce. Les gypses et cargneules à la base des Schistes lustrés ont dû "comblent les creux de ces reliefs en rabotant les aspérités" (F. ELLENBERGER, thèse page 414) [Présence probable de "reliefs insulaires sous-gypseux " près des tourbières au N.O. des lacs Sainte Marguerite, point 2.583 (figure n°35)].

CHAPITRE III.

LA ZONE PIEMONTAISE ET PREPIEMONTAISE.

Son contact avec les terrains situés à l'Ouest est vertical ou renversé, de Modane au Mélézet ; pourtant les lambeaux du Col de la Roue et de La Lauze, du Col et des Granges de Vallée Etroite, sont là pour attester le caractère allochtone des Schistes lustrés ; la klippe de La Lauze est le seul témoin de leur extension initiale sur la zone houillère, avec le Mont Jovet plus au Nord.

La percée du tunnel ferroviaire du Fréjus a montré de nombreuses intercalations d'anhydrite au sein des Schistes lustrés même assez loin de la masse principale d'anhydrite ;

ces intrications dénotent la complexité de détail du contact, comme par exemple au Col d'Arronda, à moins qu'il s'agisse de simples injections dans les schistes.

Tant qu'il est possible d'avoir des repères stratigraphiques, les séries renversées sont les plus fréquentes.

L'unité du Grand Argentier est limitée à l'Ouest par des cargneules (Col de la Roue, Col du Petit Argentier) qui représentent certainement un accident de grande ampleur, dans le prolongement du chapelet "d'écailles intermédiaires" (zone d'Aceglio-Longet "effilochée") connues jusqu'au Nord du Mont Genève, et séparant les unités prépiémontaises du Briançonnais interne (M. LEMCINE 1961). Mais une zone de cargneules et de formations attribuées au Keuper ceinture le Grand Argentier et remonte sans doute dans la combe Sud (dépourvue d'affleurements). Le sommet et le versant Est montrent des écailles morcelées et trainées vers l'Est, isolées par de l'anhydrite ou des grès du Keuper. D'une manière curieuse, ces écailles n'ont pas été décollées au niveau du Rhétien : elles possèdent presque toutes une semelle de dolomies triasiques, et flottent plus à l'Est et au Sud, telle une guirlande, comme séparées de leur patrie qui semblerait être le Grand Argentier. Le dernier de ces îlots dolomitiques se trouve sur la crête du Piano dei Morti, en position renversée. D'autres îlots de dolomie nagent au milieu des calcschistes, mais leur patine claire permet de les différencier des brèches brunes à éléments énormes affleurant au sommet de la combe qui domine au Sud le Col du Fréjus.

Quand il ne reste aucun repère stratigraphique, les calcschistes (piémontais et prépiémontais) montrent sur le versant italien un pendage Ouest régulier (30°). Les contacts anormaux, s'ils existent, sont invisibles et, hélas, non injectés de cargneules. Le seul accident repéré (peut-être sans aucune importance) est un filon peu épais de quartz et albite, vertical et recoupant les calcschistes (Cima della Blave).

Il est probable qu'au sein des calcschistes à pendage

Ouest monotone (cette disposition existe aussi ailleurs à la bordure des Schistes lustrés) un écaillage important passe totalement inaperçu ; de même, une grande partie des Schistes lustrés est peut-être à l'envers comme semblent le montrer en plusieurs points les études de microplis.

RESUME DES EVENEMENTS OROGENIQUES.

I - PHASE OROGENIQUE PRELIMINAIRE.

Cette phase peut être synchrone de la mise en place des nappes briançonnaises plus au Sud (fin Eocène, début Oligocène selon J. DEBELMAS, thèse page 155) : un serrage de la zone houillère engendre des écailles chevauchantes vers l'Ouest, ou subverticales dans la partie interne (?) ; elles sont décollées au sein du Houiller, plus fréquemment au niveau du Néopermien et des cargneules inférieures, qui s'insinuent entre elles.

Il n'est pas possible de préciser les rapports entre cette phase orogénique sur la zone houillère et la phase orogénique préliminaire de style jurassien et d'âge peut-être antérieur (Médio-éocène) admise en Vanoise par F. ELLENBERGER, thèse page 457).

II - PHASE D'EROSION CONTINENTALE.

Une violente érosion attaque les reliefs édifiés (en même temps ou peu après la phase orogénique préliminaire). Cette phase d'érosion, admise aussi en Vanoise (F. EL-

LENBERGER, thèse page 431) où elle aboutit à une pénélaine très accidentée, laisse la zone houillère encore accidentée par des plateaux et buttes-témoins, correspondants aux zones peu écaillées, et par des cuestas de quartzites qui correspondent au dos des écailles de la couverture ; ces reliefs voisinent avec des zones déprimées, érodées jusqu'au Houiller.

III - ARRIVEE DES SCHISTES LUSTRES.

Vers le début de l'Oligocène (F. ELLENBERGER, thèse page 459) les Schistes lustrés et leur écaille frontale prépiémontaise s'avancent sur la zone houillère érodée et accidentée, séparés d'elle par une semelle épaisse de gypses ramassés et accumulés en chemin ; la limite de leur extension initiale vers l'Ouest est parfaitement inconnue ; en même temps, la zone houillère ne reste certainement ^{pas} inerte : les accidents tangentiels de la phase antérieure rejouent peut-être, puis le soulèvement axial s'ébauche ou, plus certainement, reprend, et les plis du Houiller commencent même peut-être à se former dès avant le reflux vers l'Est des Schistes lustrés. Au front de ces nappes, emballés dans les gypses, sont poussés et trainés d'importants massifs calcaires décollés d'un substratum plus interne (Vanoise ?) et des écailles parautochtones arrachées aux parties les plus internes de la zone houillère (lambeaux de Stéphano-permien, quartzites du tunnel ferroviaire du Fréjus isolés dans les gypses).

C'est aussi l'époque du paroxisme du métamorphisme alpin qui a pris en écharpe la zone houillère.

IV - RETROCHARIAGES VERS L'EST.

A peine mis en place, les Schistes lustrés refluent vers l'Est. Ce mouvement a le maximum d'ampleur dans les parties les plus hautes : ainsi les Schistes lustrés du Col de la Roue se sont-ils avancés au moins jusqu'au niveau du Clos

Sainte marguerite, avant d'être refoulés jusqu'à leur position actuelle.

Mais les terrains houillers participent aussi à ces mouvements : l'anticlinal médian s'exagère ; il correspond au Sud de l'Arc à une série de plis déversés vers l'Est, dissymétriques, dont le flanc normal est dépourvu de couverture, à côté du flanc inverse bien développé, qui n'est souvent autre qu'une écaille précoce basculée (voir coupes) ; ces plis rebroussent, redressent et renversent même les écailles parautochtones flottantes issues de la phase initiale qui ont été épargnées par la phase d'érosion antérieure (1). Ces mouvements intéressent aussi les unités briançonnaise interne et prépiémontaise qui se renversent sur les Schistes lustrés.

Tous ces mouvements s'opèrent sous une surcharge importante des Schistes lustrés, séparés par les gypses qui, en même temps, s'insinuent et s'injectent le long des accidents. C'est pourquoi les lambeaux de Schistes lustrés pincés sous les flancs inverses des plis déversés du Houiller, sont exceptionnels (La Lauze) à côté des lambeaux de gypses, de cargneules et de couverture trainée.

(1) Ce renversement responsable de l'édification de la partie orientale de l'éventail briançonnais, a, plus au Sud, depuis longtemps (J. GOGUEL. 1943) été admis comme postérieur à la mise en place des nappes briançonnaises. M. LEMOINE (1961) envisage pour les rétrocharriages des unités du Briançonnais interne du Queyras un "curieux basculement d'ensemble probablement lié à des phénomènes profonds", mais il leur oppose le (rétro)charriage de Rochebrune (5 km.) dont la série est normale, et "qui implique un mécanisme différent". Récemment, M. GIDON (thèse, page 225) a invoqué comme moteur de ces renversements, la surrection du Pelvoux ; très contestable, cette hypothèse ne semble, en tout cas, pas devoir être retenue ici.

En même temps, le bord interne de la zone houillère possédant une partie de sa couverture propre (Néopermien, quartzites) se renverse (chevauchement de Polset plus au Nord) et s'engloutit au contact des gypses (comme plus au Nord), de Modane au Col de Thures. De même, au Sud de l'Arc, la zone Vanoise-Mont Pourri s'effondre, exagérant peut-être ainsi dans notre région le reflux vers l'Est des parties les plus hautes.

V - LAMINAGES, BROYAGES.

Des laminages nombreux, des rejeux d'accidents (zone houillère-Vanoise Mont Pourri) ainsi que des broyages sur place, non accompagnés de recristallisations engendrant des kakirites (quartzites, calcaires) appartiennent, semble-t-il, à des phénomènes tardifs, postérieurs aux filonnets et fentes alpines. Les zones broyées se relaient latéralement, mais forment une zone presque continue (souvent confondue avec la zone d'extension des gypses), de la Vallée Etroite à Modane [1]. Enfin, dans les calcaires apparaissent des failles post-tectoniques verticales, comme celles découpant les Rois Mages, parfois minéralisées (Grand Argentier, Pas du Roc).

[1] Cette zone de roches broyées se continue vers le Nord jusqu'en Tarentaise (La Plagne).

COMPARAISONS AVEC LES REGIONS AVOISINANTES.

A - VERS LE NORD.

Au Nord de l'Arc, les mouvements vers l'Est sont encore plus importants dans la zone houillère (plis couchés, chevauchement de Polset). Aussi, l'existence d'une phase tangentielle antérieure vers l'Ouest n'y est-elle pas décelable, d'autant plus que la couverture secondaire autochtone a presque partout disparu, par suite de son départ vers l'Ouest (?) ou plutôt par suite d'une érosion antérieure à l'arrivée des Schistes lustrés, puisque la klippe du Mont Jovet repose sur du Houiller dénudé.

B - VERS LE SUD ET LE SUD-OUEST.

1) Les lambeaux de couverture briançonnaise de la zone houillère (Le Queyrellin, Tête Noire, Grand Aréa) semblent avoir été plus ou moins trainés sur le Houiller ; les différents auteurs s'accordent à voir une indépendance totale entre la couverture et le substratum siliceux (M. LEMOINE, R. FEYS).

Ces lambeaux de couverture peuvent représenter des témoins de la phase tangentielle vers l'Ouest, qui, plus au Sud, a donné naissance aux nappes briançonnaises, nappes dont l'extension vers le Nord au delà de la latitude de Monétier-les-Bains reste hypothétique.

2) Les plis déversés vers l'Est caractérisent le bord interne de la zone houillère. Jusqu'au Sud de Briançon, cette structure subit peu de variations ; ces déversements vers l'Est sont aussi manifestement postérieurs à la mise en place des nappes tant briançonnaises que d'origine plus interne (4^e écaïlle, Flysch à Helminthoïdes).

A Briançon, ces plis sont renversés sur le Briançonnais interne (prolongement de notre Massif des Rois Mages) lui même renversé sur les zones prépiémontaise et piémontaise. Cependant, il n'existe à cette latitude aucune preuve décisive d'une phase d'érosion importante.

CONCLUSIONS :

Entre les latitudes de Serre-Chevalier et du Mont Jovet, nous n'avons aucune preuve de l'existence de nappes de recouvrement sur la zone houillère (IV^eème écaille, Schistes lustrés, Flysch à Helminthoïdes). Cependant, au niveau de l'Arc, le niveau d'érosion est bien inférieur à ce qu'il est plus au Sud où les terrains houillers disparaissent sous leur couverture de terrains autochtones ou de nappes.

Aussi, si le métamorphisme alpin est bien en liaison avec la surcharge des nappes, il est probable que la zone houillère, qui est déjà métamorphique sur son bord interne, n'a pas échappé totalement, tout au moins pendant un certain temps, à la surcharge de nappes d'origine plus interne.

T R O I S I E M E P A R T I E

L E S M I N E R A L I S A T I O N S D E

L A Z O N E H O U I L L E R E .

GENERALITES.

Les minéralisations de la zone houillère forment un groupe très homogène par :

- leur localisation exclusivement dans les terrains houillers (1).
- leur type de gisement indépendant des structures et déformations d'âge alpin.
- leur paragenèse assez constante où l'on peut distinguer trois types extrêmes :

Filons de sidérose et carbonates,
filons de sulfures et sulfosels,
filons de quartz.

Nous décrirons successivement les gîtes les plus intéressants dans chaque catégorie, choisis parmi ceux dont l'étude a été la plus complète ou facilitée par les travaux miniers.

(1) Déjà remarquée par G. de MORTILLET (1858).

CHAPITRE I.

LES FILONS DE SIDÉROSE ET D'ANKÉRITE.

Il existe tous les intermédiaires entre des filonnets diffus, boudinés, de quelques centimètres d'épaisseur, cloisonnés par du quartz, et des filons atteignant jusqu'à 5 m. d'épaisseur.

La sidérose brun-clair à rouge, se distingue de l'ankérite beige-clair, moins dense, de teinte rouillée quand elle est altérée. Ces deux carbonates, à gros grain le plus souvent, sont presque toujours associés et, dans les filonnets, la sidérose se montre fréquemment antérieure.

Nous décrirons les principaux filons qui ont été exploités pour le fer.

A - LE GRAND FILON.

Situé à 2650 mètres d'altitude en pleine paroi N.E. dans le haut vallon de Bonne Nuit, ce filon a fait l'objet d'une exploitation assez importante pour le fer avant 1860, qui a occupé jusqu'à 40 ouvriers l'hiver.

Les travaux ne sont plus accessibles, et à l'affleurement n'est visible qu'une masse quartzeuse rouillée.

D'après les documents, ce filon a été suivi en direction et exploité sur 200 mètres environ ; faiblement incliné (10° au S.E.) comme les grès encaissants, il a montré des épaisissements de 5 à 7 mètres, avant de se perdre aux avancements en se ramifiant capricieusement dans des grès pyriteux, se réduisant à quelques cm. de minerai mélangé de quartz.

Les déblais montrent de la sidérose brune en lamelles atteignant 1 à 2 cm., à rares mouches de pyrite et chalcoppyrite ; elle est souvent recoupée par quelques veinules de quartz, d'albite, de chlorite et de calcite (figure n°42bis). L'ankérite, rejetée, existait aussi en quantité notable, ainsi que du quartz à mouches de chalcoppyrite, moulant les cristaux de carbonates.

La fonte élaborée aux usines de la Praz et Fourneaux, contenait jusqu'à 8 à 10% de manganèse. De fait, l'analyse thermique différentielle de cette sidérose, a montré un pic de départ à 420° (donc intermédiaire entre celui de la sidérose à 380° et la dialogite à 450°).

Trois cent mètres plus à l'Ouest existe une famille de filons parallèles. L'un d'eux, le "Filon Neuf" a jusqu'à 5 mètres d'épaisseur. Il affleure dans un dangereux couloir, où il recoupe légèrement les grès pyriteux encaissants ; son remplissage est surtout constitué d'ankérite mêlée de calcite, de chlorite et de quartz.

Plus à l'Ouest, dans la paroi Nord, affectée d'éboulements, du "Pic du Grand Filon" existent aussi de nombreux filons, capricieux et discontinus, de sidérose impure mêlée de chlorite, pyrite et calcite, à mouches de cuivre gris et chalcoppyrite ; les uns recoupent en biais les grès et quelques sills de microdiorite très altérée au contact : feldspaths totalement détruits, néoformation de calcite et chlorite ; d'autres sont interstratifiés dans des schistes (fig; 43,44) et sont plissés en disharmonie par rapport aux grès ou à la microdiorite, ou se sont insinués au contact des sills.

Tous ces filons voisinent avec des zones pyriteuses floues que l'on suit parfois sur quelques centaines de mètres ; quelques filons broyés de barytine saccharoïde existent aussi dans ce même lieu.

Tous ces filons sont souvent recoupés, comme les grès et conglomérats, par des fentes verticales remplies de quartz

laiteux, d'albite et de chlorite ; quelques fentes sont ouvertes et tapissées de quartz hyalins ou chloriteux recouverts de limonite.

B - LE FILON DE PLAN RAPHIN.

Situé à l'Ouest du Charmaix, ce filon affleurerait vers 1600 mètres d'altitude dans la forêt de sapins.

Il fut activement exploité de 1806 à 1830 par Daymonaz, puis plus tard par le Creusot. Un gigantesque glissement de terrain indique sans doute l'emplacement des anciennes exploitations. Légèrement plus haut, les grès gaufrés pyriteux sont parcourus de très nombreux filonnets capricieux de sidérose de quelques cm. d'épaisseur, plissotés comme les grès (figure n°46) ; les cristaux de sidérose broyés nagent dans du quartz laiteux, de l'albite et de la chlorite ; à côté d'eux existent aussi des filonnets interstratifiés de quartz rosé craquelé, et de calcite grise et blanche à rubanements de pyrite. Aussi, le filon de Plan Raphin proprement dit n'est-il connu que par les anciens documents : "Ce filon incliné à 40° au S.E., entièrement parallèle aux grès à anthracite, a montré des renflements de 2 à 3 mètres, mais le grand nombre de failles qui le recoupent rendent inexploitable ce filon". (1874, L'Ingénieur des Mines).

Selon Daymonaz, ce filon se poursuivrait sur plusieurs centaines de mètres vers le Nord, entre les "Côtes" et "Le Chat". De fait, dans le lit d'un des torrents, des schistes noirs très pyriteux parcourus de filonnets de sidérose, correspondent peut-être à cette zone filonienne.

C - LES MINES DES FOURNEAUX.

Plus au Nord, vers 1650-1700 mètres d'altitude, un grand éboulement dans les sapins signale les anciennes exploitations des Fourneaux, près d'escarpements de grès pyriteux.

Seuls sont visibles quelques filonnets de sidérose mêlée de blende brun-rouge, et, dans les grès pyriteux, des filonnets diffus de barytine saccharoïde à mouches de galène; seuls les documents nous donnent quelques renseignements : "Ce filon couche très capricieux, épais de 1,50 mètre, est divisé à l'avancement des travaux, en 2 branches séparées par un banc de schistes de 1 mètre d'épaisseur. A l'approche des failles, le filon devient quartzeux et mélangé de schistes, perd sa puissance et se subdivise en plusieurs veines".

Ce filon fut cependant activement exploité comme en témoignent des scories et de vieux fours catalans (inscriptions de 1797 et 1814).

Plus bas, fut aussi exploité par Daymonaz, au dessus du Freney, un filon de 4 mètres de "dolomie ferrifère", utilisée comme fondant. Il s'agissait certainement d'ankérite et sidérose, dont on retrouve çà et là des morceaux éboulés dans la forêt.

D - LE FILON DE BISSORTE.

Il affleure vers 2300 mètres dans les escarpements qui dominant au Sud le lac du barrage de Bissorte (figure 45). Orienté Nord 5° Est, il est légèrement discordant avec les grès et schistes à fort pendage Ouest.

La plus grande partie du filon est constituée de sidérose brune, peu mélangée à l'ankérite, en cristaux de plusieurs cm., çà et là recoupée par du quartz et de l'albite. Les épontes sont nettes avec les grès, mais l'une d'elle s'est décollée et a été remplie par du quartz et de la chlo-

rite ; l'autre partie du filon est constituée de sidérose à grain bien plus fin (quelques millimètres) associée à de la galène fine qui recoupe et s'insinue dans les cristaux de sidérose.

Ce filon fut exploité activement surtout avant 1800, par Tournaz. Le minerai était fondu aux usines de la Praz, déjà en activité au 17ème siècle ; l'usine produisait 12.500 tonnes de fer par an en 1794. Le minerai était descendu, comme celui des autres mines de montagne de la région, au printemps, glissé sur la neige dans des peaux de bouc (un homme descendait ainsi 500 kg.).

Le minerai de Bissorte, qui possédait un pourcentage élevé de manganèse (8%), contenait aussi de l'or (?).(1)

CONCLUSIONS.

a) Les filons de carbonates sont assez courants dans les terrains houillers ; ils se montrent souvent associés à des sulfures, quelque soit leur importance, exemple : filonnets d'ankérite à mouches de cuivre gris dans les grès houillers du fort du Lavoir.

b) Ces filons ne semblent pas être répartis à un niveau privilégié des assises houillères.

c) D'après quelques analyses thermiques différentielles exécutées au Laboratoire de Minéralogie du Muséum d'Histoire Naturelle sur des ankérites, il semble y avoir de nombreuses variations dans leur composition chimique (figure 48). Cependant les courbes obtenues sont très comparables à celles données par KULP, KENT et KERR (1951). Ces variations, pressen-

(1) D'après la légende, un ouvrier de la fonderie de la Praz récupérait l'or en secret la nuit, en faisant monter moins haut la température du four, ce qui donnait du fer de moins bonne qualité, et lui valut son renvoi de l'usine...

tés macroscopiquement (la couleur de ces carbonates complexes varie du blanc à l'ocre) se traduisent, d'après l'analyse thermopondérale, par des variations du rapport Fe/Mg (variation théorique : de 5 à 70% de Fe). Ainsi l'analyse thermopondérale de deux ankérites macroscopiquement très semblables, l'une provenant de la mine du Grand Filon, l'autre de la mine des Sarrazins, a montré une perte de poids de 35% pour la première et de 40% pour la seconde, correspondant à des pourcentages de fer différents (les pertes de poids théoriques sont respectivement de 38% pour la sidérose, et 52% pour la magnésite).

De même, l'étude des sidéroses manganésifères montrerait certainement des variations dans le rapport Fe/Ca et aussi Mn/Fe.

d) Ils ont subi des déformations postérieures à leur mise en place, et sont fréquemment recoupés ou pénétrés par des filonnets de quartz laiteux, d'albite et chlorite, si fréquents partout dans les grès et schistes houillers.

CHAPITRE II.

LES FILONS SULFURES.

Généralités :

Ils sont presque toujours associés à ceux de sidérose et d'ankérite, et se rencontrent aussi uniquement dans les terrains houillers. Particulièrement nombreux et riches vers la Crête des Sarrazins, ils ont fait l'objet d'une exploitation très ancienne, puis plus récente jusqu'en 1860.

A - LA MINE DES SARRAZINS.

SITUATION.

Cette mine est sans doute l'une des plus élevées d'Europe à avoir subi une exploitation non négligeable. Les galeries s'étagent au versant Sud de la Crête des Sarrazins entre 2800 et 2900 mètres ; les forêts étant trop éloignées, le boisage n'a été employé que parcimonieusement, et l'établissement de murs en pierre sèche dans les parties défilées a été nécessaire, ce qui gêne considérablement l'observation.

HISTORIQUE.

Cette mine fut certainement exploitée très anciennement, comme de nombreuses mines de Maurienne, et comme le veut la tradition, peut-être par les Sarrazins ; les seuls vestiges sont :

- une galerie creusée à la pointerolle.
- des roues en grès de 1 mètre de diamètre ayant servi à

broyer le minerai, très usées et façonnées par les intempéries.

- des inscriptions cabalistiques trouvées sur une lauze près de la mine (sans rapport du reste avec l'arabe).

- des scories.

La première date d'exploitation certaine remonte à 1646. Puis l'exploitation se poursuivit irrégulièrement jusqu'en 1861 (Annexion de la Savoie). Le tonnage total de minerai extrait, d'après les dépilages et les chiffres connus, serait de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de tonnes de minerai riche (surtout galène), la blende était rejetée. (Pour plus de détails, voir tableau n°85).

DESCRIPTION DE LA MINE.

Il existe 3 niveaux d'exploitation (voir figures n°49, 50, et plan de la mine).

1) Le niveau inférieur ou "VICTOR EMMANUEL".

Une galerie a suivi sur 200 mètres environ un filon vertical orienté N.S. encaissé dans des schistes noirs verticaux. Le centre est occupé par une zone bréchifiée cimentée par du quartz rosé et surtout par de la blende rouge à gros grain.

De belles cocardes (figure n°51) montrent, autour d'un débris anguleux de schiste ou d'ankérite, la succession : quartz, pyrite, mispickel (en très petits cristaux), galène et blende. De part et d'autre de cette zone, serpentent plusieurs veines de 20 à 30 cm. de sidérose brune, d'ankérite à veinules et amas de chalcoppyrite et pyrite.

De plus, des filonnets de quartz laiteux et de chlorite recoupent çà et là carbonates et sulfures.

Au départ de la galerie, la puissance réduite en blende atteint au moins 40 à 50 cm., mais vers le Nord, ce filon s'est montré de plus en plus réduit et ramifié, avant de se perdre à 200 mètres environ en plusieurs filets de galène de quelques centimètres d'épaisseur.

2) Le filon broyé du Sentier de la Mine.

Un filon couche de 1 mètre d'épaisseur, tronçonné dans les schistes noirs (figure n°52) affleure près du sentier qui mène aux galeries supérieures ; le remplissage consiste en sidérose broyée, mêlée de quartz, de blende et galène ; il se perd rapidement à l'Est, et n'a peut-être pas de rapport avec les 2 filons-couches situés légèrement plus haut et qui ont fourni l'essentiel des tonnages extraits.

3) Les filons-couches des Barrazins.

Le moins élevé (galerie Sainte Barbe, 2830 mètres) est presque horizontal, interstratifié dans les schistes noirs.

Le plus élevé (2860 mètres) est le plus important ; il a un pendage faible de 10 à 30° N.O. Il a été suivi vers le Nord sur plus de 200 mètres et a montré des épaissements de 2 à 3 mètres. Il est certainement ramifié (exploitations superposées au centre).

La même description est valable pour ces deux filons, qui n'en constituent du reste peut-être qu'un seul, divisé et décalé par des failles tapissées d'une terre noirâtre à consistance d'argile (1), et de quartz broyé en poudre.

-a- Le plus souvent, on observe une masse de 1 à 2 m. d'épaisseur, imprégnée de quartz et de galène.

La galène massive à grain fin, forme des veines de 10 à 30 cm. séparées par des schistes noirs tendres charbonneux, dans les feuillets desquels la galène s'insinue aussi en petits lits.

En section polie, sont visibles de la bournonite en belles plages ou en petites taches et facules, et du cuivre gris (il s'agit toujours du pôle antimonieux) en quantité très variable, ce qui explique les teneurs en argent très variables selon les analyses (de 0,8 à 1,6 kg. Ag/T. de

(1) Aux Rayons X, cette terre faisant pâte avec l'eau, a montré la présence de quartz, séricite, chlorite, et ne contient pas de minéraux argileux.

plomb, et même plus) ; plus rarement, de la blende jaune miel à grain très fin et de la chalcopryrite lui sont aussi associées ; la blende renferme de nombreuses inclusions de chalcopryrite en taches arrondies (figure n°55) résultant dans ce cas plus probablement d'un phénomène de remplacement que d'immiscibilité.

Des îlots arrondis de 1 à quelques cm. de blende brun-rouge à gros grain, d'ankérite, et plus rarement de barytine saccharoïde et de quartz rosé, sont assez fréquents, corrodés et traversés par la galène.

Des filets de quartz laiteux et d'albite côtoient et parfois recoupent les veines de sulfures.

Vers l'Ouest, on voit le filon passer de 2 mètres à quelques centimètres d'épaisseur de galène, et cela en une dizaine de mètres de distance.

-b- Dans d'autres parties moins riches, souvent laissées en piliers, le quartz rosé à éclat mat, jamais géodique, contenant de nombreux débris de schistes, devient dominant ; la pyrite et la chalcopryrite deviennent les sulfures les plus fréquents, en mouches ou en lits vaguement zonés, avec des mouches de bornite. En d'autres points, le grain des sulfures (blende, chalcopryrite) peut être plus gros (0,5 cm. , voir figure n°53) à côté de cristaux et de noix d'ankérite pénétrés de sulfures à grain plus fin (figure n°53).

L'ordre de cristallisation des sulfures n'apparaît pas clairement ici ; il semble y avoir eu dépôt simultané ou presque des sulfures et du quartz (1), postérieur en tous cas à celui de l'ankérite.

-c- Carbonates dominants : vers le Nord, le filon est à dominante carbonatée : surtout ankérite, plus rarement sidérose. Les sulfures ne se rencontrent plus qu'en veinules et rares amas, associés ou non au quartz rosé ; la galène y

(1) Le quartz renferme de très nombreuses inclusions microscopiques : carbonates en petits rhomboèdres (20 microns environ), sulfures.

est rare, et ces parties du filon ont été peu exploitées.

-d- Dans les déblais, existent aussi des blocs de quartz riches en cuivre gris, chalcopyrite, avec lesquels sont associés de la blende noire à gros grain, de la bornite et de la barytine. Il n'a pas été possible de retrouver en place de tels échantillons.

Le grain du minerai est régulier (0,5 cm. au plus). Les cristaux de sulfures sont jointifs.

En section polie, la bornite présente des teintes variables (selon son environnement ?) du rose brunâtre, rose-jaune ou rose franc ; légèrement anisotrope et souvent maclée selon deux systèmes de macles perpendiculaires, elle montre fréquemment de belles microstructures réticulées d'aiguilles de chalcopyrite de petite taille (20 microns environ), orientées à 120° (figure 57, 58). De rares grains à tendance automorphe, de bornite orange (1), fortement anisotrope dans le rouge, bleu et vert, sont aussi visibles.

La blende noire (variété marmatite), sans doute très ferri-fère aux tons brunâtres, ne montre pas de réflexions internes. La galène et le cuivre gris, en taches, semblent postérieurs, comme la barytine en petits cristaux automorphes. La pyrite et le mispickel sont remplacés par tous les autres sulfures.

Une telle paragenèse est assez caractéristique dans des gîtes mésothermaux liés à des roches éruptives. La bornite semble être comme les autres sulfures d'origine endogène ; la présence d'inclusions réticulées de chalcopyrite est, en général, interprétée comme résultant d'une exsolution à relativement haute température (la disparition de telles microstructures à lieu à une température dépassant 475°). De même, la blende noire se rencontre en général dans des gîtes de

(1) Ce minéral rare représenterait une série isomorphe stannifère dérivant de la bornite.

haute température.

Mais on observe de plus dans les échantillons contenant de la bornite, de la covellite, certainement d'origine supergène.

En section polie, celle-ci se présente en fins agrégats dans des veinules qui recoupent et remplacent les sulfures, tout particulièrement la bornite ; elle se présente aussi en belles lamelles de 1 à 2 mm. d'allure micacée ; mais la covellite forme aussi, surtout avec la galène, plus rarement avec la bornite et la barytine, de très belles structures micrographiques et myrmékitiques (fig. n°59) ; quelques lamelles de stéphanite (?) fortement anisotropes dans le violet, sont aussi présentes près de ces associations. Selon Monsieur le Professeur J. ORCEL, ces microstructures semblent résulter ici d'un phénomène de remplacement supergène (structure "pseudo-eutectique") dans une zone de cémentation.

-e- Les filons de quartz. Quarante mètres environ au dessus du filon-couche principal, affleurent plusieurs épais filons de quartz. Ils sont orientés N.S. comme le filon "Victor Emmanuel", leur aspect contourné et broyé au milieu des grès et conglomérats semble indiquer qu'ils ont été plissés comme eux. Le quartz rouillé, rosé ou gris, contient des zones plus carbonatées, parsemées de mouches de chalcopryrite et cuivre gris, et aussi de nombreux box-works de carbonates sur lesquels ont pu repousser de petits quartz hyalins de quelques mm.

Mais le fait le plus frappant est qu'aucun des filons ne se poursuit dans les schistes susjaccents et ne franchit la crête située 50 mètres au dessus. Il y a donc une nette discontinuité au-dessus de ce replat où affleurent ces filons stériles.

De l'autre côté de la crête apparaissent à nouveau des filons à pendage N.-N.O., c'est à dire dans le prolongement des filons des Sarrazins (voir figure n°60). L'un d'eux, qui

affleure sur la crête S.N., a certainement été exploité anciennement ; des déblais importants sont constitués d'ankérite à veinules de quartz et chalcopyrite.

D'autres filons-couches affleurent dans la falaise qui domine le cirque des lacs : ce sont encore des filons-couches de sidérose brune recoupée par des veinules et amas de pyrite et chalcopyrite. Du quartz laiteux, de l'albite et de la chlorite sont présents aussi en veinules montrant parfois de petites zones géodiques où l'albite automorphe et le quartz hyalin moulent des cristaux automorphes de chalcopyrite. Toute cette famille de filons disparaît brusquement au Nord, à partir d'un accident vertical important dirigé N.S.

-f- Enfin, 300 mètres au S.O. de Victor Emmanuel, au milieu de la barre rocheuse, affleure vers 2780 mètres un filon de sidérose de 1 mètre d'épaisseur, interstratifié dans des grès (figure n°61) et escorté de très nombreux filonnets capricieux de sidérose de quelques cm. d'épaisseur. La sidérose est recoupée par de larges veinules de quartz ou même d'albite pure. Parallèlement à ce filon principal, un mètre plus bas, chemine un filon de 10 cm. environ, à lits zonés montrant de l'extérieur à l'intérieur : sidérose, carbonates, blende, quartz rosé à figures de croissance vers l'intérieur. Ce quartz est très fissuré, mais seule l'ankérite est broyée et cicatrisée par du quartz laiteux et de l'albite.

CONCLUSIONS.

1) Cette brève description des principaux filons montre bien clairement la relation intime qui existe entre les filons de carbonates, de quartz et de sulfures.

2) La présence d'une brèche minéralisée dans le filon vertical "Victor Emmanuel" l'oppose aux autres filons-couches; il s'agit d'une fracture importante contemporaine de la mise en place de la minéralisation, peu oblique par rapport aux couches, mais qui n'était peut-être pas verticale à l'origine.

La liaison structurale avec les filons-couches n'apparaît pas, mais il faut remarquer que cette fracture disparaît vers le Nord ; comme les filons de quartz, elle ne franchit pas la crête. Au Sud, on la retrouve à 300 mètres, non minéralisée, avant de disparaître sous la moraine.

Nous ne savons pas si le filon-couche principal est parfaitement interstratifié. Il semble que non, car, encaissé dans des schistes noirs charbonneux (c'est là où il semble être le plus riche en galène), il peut être aussi encaissé dans des grès et conglomérats comme vers le Nord ; aussi ce filon est-il peut-être localisé dans un accident recoupant faiblement les couches.

Cependant, il existe un lien génétique entre tous ces filons puisque nous retrouvons partout la même paragenèse avec les mêmes caractères.

3) La présence de phénomènes typiques de cimentation, si localisés soient-ils, surprend un peu à cette altitude. Il ne peut s'agir d'un phénomène actuel puisqu'il n'existe pas de zone d'oxydation (la chalcopirite affleure). Ces phénomènes de cimentation sont donc anciens.

De plus, le fait qu'aucun filon vertical ne passe la crête est surprenant, alors que les filons-couches réapparaissent sur l'autre versant. Aussi est-il possible que les couches de la crête des Sarrazins (que l'on sait être à l'envers) reposent en contact anormal (comme les pendages semblent l'indiquer) sur les tranches des couches de schistes et grès du niveau de la mine. Le replat que l'on observe là où affleurent les filons de quartz stérile à boxworks de carbonates pourrait, de même, correspondre à une ancienne surface d'érosion, dégagée des couches susjacentes en contact anormal. De ce fait, les phénomènes de cimentation fossile pourraient^{ent} avoir un âge antérieur aux mouvements vers l'Est : Lutétien ?

INTERET ECONOMIQUE.

Dans les circonstances actuelles, l'éloignement de la vallée, l'altitude élevée ôtent à ce gisement tout intérêt. De plus, les parties les plus riches (galène et cuivre gris) ont été exploitées. Nous devons cependant remarquer les points suivants :

1) Les déblais importants sont encore très riches en métal notamment en zinc qui a toujours été rejeté (blocs de blende (1) presque massive), et même en cuivre.

2) Le filon Victor Emmanuel a été reconnu en direction et abandonné pour ses faibles quantités de plomb et argent, la blende étant nettement dominante. Cependant il n'a jamais été reconnu en profondeur alors qu'au départ, la puissance réduite est de l'ordre de 50 cm. (surtout blende).

Si donc d'autres circonstances amenaient à reconsidérer ce gisement, les premiers travaux devraient être faits au niveau Victor Emmanuel, en vue de reconnaître en profondeur et vers le Sud le filon vertical.

B - LA MINE DES PETITS SARRAZINS.

Du Col des Sarrazins au sommet 3027 de nombreux filons peu épais apparaissent interstratifiés dans les schistes et sont visibles dans la face Est. Nous savons que toutes les couches tranquilles, à pendage régulier Ouest sont en fait renversées (voir page 51).

Aux "Petits Sarrazins", en pleine paroi balayée par les avalanches, on a exploité vers les années 1850-1860 quelques veines très riches mais peu épaisses.

(1) Selon G. de MORTILLET, la blende serait aussi fortement argentifère ; elle renferme souvent en effet de fines veines de cuivre gris.

Le levé de détail de 2 galeries a montré que les veines de sulfures, de 20 cm. au maximum, sont loin d'être interstratifiées et représentent en fait de petits accidents plats (figure n°62).

Le minerai possède un grain très fin.

En section polie, on observe un remplacement sélectif de la pyrite et du mispickel automorphe par la chalcopryrite (golfes, veinules, tâches), à côté de la galène, à nombreuses plages et facules de bournonite et cuivre gris. De nombreux débris de quartz broyé sont aussi pénétrés et remplacés par les sulfures (figure n°63).

La barytine saccharoïde est abondante au fond d'une des galeries, associée à du quartz gris à allure de quartzite, l'un et l'autre contenant des rubanements de galène, cuivre gris et quelques mouches de bornite.

Ces veines sont recoupées par de petites failles à fort pendage, accompagnées de quartz laiteux et d'albite. Le minerai a été broyé au contact, mais a aussi recristallisé, avec un grain plus grossier ; en effet, on observe parfois des cristaux automorphes d'albite limpide, cimentés et recoupés par du cuivre gris, ainsi ^{des} que fentes tapissées de petits quartz pyramidés, de chalcopryrite, et de cuivre gris en petits tétraèdres de quelques mm. De telles fissures et fentes verticales sont fréquentes sur la crête. Celles qui recoupent les conglomérats massifs du sommet sont béantes et montrent de beaux cristaux de quartz hyalin atteignant quelques cm.

Conclusions :

1) Ces petits accidents plats cicatrisés par les sulfures, évoquent assez bien des accidents anciens dans des couches non indurées. Il est possible que les filons-couches des Sarrazins constituent un réseau de failles plates anciennes, du même style que celles des Petits Sarrazins, mais à une plus grande échelle.

2) La postériorité des filonnets typiquement tardifs

d'âge alpin s'impose une fois de plus. Nous voyons de même qu'il n'y a pas eu ici de régénération des sulfures, mais tout au plus une recristallisation locale et des déplacements très réduits (un mètre au maximum).

C - LA MINE DES HERBIERS.

Vers 1900 mètres, au dessus du petit hameau des Herbiers, près du sentier des Herbiers au Lavoir, des travaux anciens et des recherches récentes (1914) ont été faites sur quelques filons.

Les grès à pendage 30° à l'Ouest sont déjà dans le flanc inverse de l'anticlinal couché des Herbiers.

Quelques filons d'ankérite à mouches de sulfures peuvent être suivies vers le Nord et représentent peut-être la suite de ceux des Côtes.

Un filon-couche ramifié de sidérose (voir figure n°64) épais de 2 mètres contient de nombreux septas de grès et schistes. Recoupée par du quartz rosé, la sidérose contient aussi de nombreuses veinules de galène et cuivre gris qui s'insinuent entre les cristaux de sidérose ou dans leurs cli-vages.

Dix mètres en dessous un filon-couche épais de 1 à 2 m. a été suivi sur une dizaine de mètres. Il était assez riche en chalcopryrite en veinules et amas dans du quartz rosé et gris et de la calcite. Près de lui chemine un autre filon de carbonate, à grain plus fin. Des cocardes (figure n°65) montrent une fois de plus la succession sidérose, ankérite, blende et galène. Quelques mètres encore plus bas, ce filon se ramifie (?) et passe à du quartz rosé avec parties riches en cuivre gris et galène ; tout près, les schistes noirs charbonneux contiennent eux aussi plusieurs lits de minerai alternant avec des lits de carbonates.

Deux veines de 5 à 10 cm. de minerai riche à grain fin ont été exploitées.

En section polie (figure n°66), on observe des cristaux anciens de pyrite et de marcasite automorphes ou fibroradiés, et du mispickel, remplacés en partie, sélectivement, par la chalcoppyrite et le cuivre gris, accompagnés de galène, de bournonite et de blende, cette dernière renfermant de nombreuses inclusions et des veinules de chalcoppyrite.

La succession serait donc :

- 1 - sidérose, ankérite.
- 2 - quartz, pyrite-marcasite, mispickel.
- 3 - blende.
- 4 - galène, bournonite, cuivre gris et chalcoppyrite.

D - LA MINE DE CORNAVIAUX.

Au lieu dit Cornaviaux, au bord du torrent du Lavoir, un filon d'une certaine continuité a été suivi sur 100 mètres environ lors de travaux datant de 1915. Ce filon vertical, orienté N.20°E., est encaissé dans des grès massifs verticaux. Nous ne pouvons savoir s'il s'agit d'un accident ou d'un filon-couche.

La minéralisation consiste en plusieurs veines de 10 à 30 cm., les unes carbonatées, les autres à blende dominante, séparées par des feuillets de grès laminés schisteux (fig. n°69).

On observe des dépôts rubanés de galène et blende le long des épontes des filonnets, venant recouvrir des quartz rosés (1) à figures d'accroissement très nettes (figure n°70), ou en cocardes autour de résidus d'ankérite d'aspect contour-né (figure n°72).

En section polie, la blende à gros grain, remplaçant de rares prismes de mispickel et de la pyrite-marcasite, sem-

(1) De tels quartz rosés, observés avec l'aide de Monsieur DEICHA ont toujours révélé au fort grossissement, à côté d'un
.....

ble antérieure à la galène ; elle est aussi recoupée par des veinules de pyrite secondaire.

La chalcopyrite et le cuivre gris ne se trouvent qu'en veinules dans les carbonates (sidérose, ankérite).

De plus, des filonnets renfermant du quartz laiteux, de l'albite, de la chlorite et de la calcite, recourent perpendiculairement des veines de sulfures ; ce quartz a pu déplacer et entraîner à quelques cm. des morceaux anguleux de blende.

Une analyse faite sur un échantillon de minerai riche en 1914, a donné :

Pb	8%	Zn	22%
Ag	150 g/T	Or	traces (1)

Ce filon qui affleure très mal dans la forêt de sapins, peut être suivi plus au Sud le long du torrent du Lavoir jusqu'aux abords du fort militaire du Lavoir (soit sur plus de 600 mètres) ; sa puissance réduite en blende ne dépasse pas en moyenne 20 cm.

E - LA MINE DES COTES.

Au bord du sentier du Charmaix et au chalet des Côtes, deux galeries de 25 mètres ont été tracées dans des schistes noirs et des grès schisteux pyriteux décolorés, très plissés. On a exploité une veine de 10 à 20 cm. d'épaisseur de galène, de blende sombre, et de pyrite-marcasite à structure rubanée dans une gangue de quartz.

.... brouillard d'inclusions très petites, un grand nombre d'aiguilles submicroscopiques optiquement anisotropes, à relief faible (rutile ?), caractéristiques des quartz roses. On remarque également de nombreux alignements d'inclusions secondaires.

(1) Sans doute dans le mispickel.

En section polie, la blende se montre très riche en inclusions : fines aiguilles de 20 à 50 microns, petits grains; il s'agit sans doute de mispickel ; on y observe aussi des traînées pyriteuses d'allure fluidale ; la galène et la bournonite sont postérieures.

Cette veine, escortée d'autres veines plus étroites de nature semblable, ou de carbonates (ankérite, calcite), suit les moindres ondulations des couches de schistes noirs penfortement au S.O. ; les sulfures sont, de plus, recoupés en tous sens par des filonnets de quartz laiteux et d'albite.

D'autres veines plus pauvres, ont été reconnues non loin de là ; 50 mètres plus haut, plusieurs petits filons-couches pauvres ont fait l'objet de travaux de recherche ; l'un d'eux montre une zonalité symétrique avec barytine saccharoïde verdâtre au centre (figure n°74).

F - LA MINE D'ARPLANE.

Au sommet des grands alpages d'Arplane recouverts de moraines anciennes affleurent les schistes houillers à couches d'anhracite.

Dans ces couches orientées N.O.-S.E., fortement inclinées au S.O. et plissotées, plusieurs veines de galène ont été anciennement exploitées ; les travaux sont inaccessibles mais les déblais montrent de la galène fine, riche en bournonite et cuivre gris dans laquelle nagent des débris anguleux de marcasite et quartz, ainsi que du quartz rosé à rubanements de pyrite-marcasite, et de la sidérose.

G - LES GISEMENTS DU BROCARD ET DE LA LAUZE.

Près du Lavoir, les petits gisements du Brocard et de la Lauze correspondent à de petits accidents dirigés N.S. ou N.O.-S.E. Les veines riches mais peu épaisses (10 à 20 cm.) de galène à grain fin, toujours associée à la bournonite et

au cuivre gris, se localisent au contact ou dans les schistes noirs. Les grès grossiers plissotés à schistosité oblique, sont imprégnés aux alentours par des filonnets diffus, boudinés et tronçonnés de sidérose broyée mêlée de galène.

H - LES AUTRES INDICES.

De nombreux indices de plomb, zinc ou cuivre existent ailleurs, toujours dans des terrains houillers.

1) Entre la Turra et Tannette, des filonnets de sidérose et ankérite voisinent avec des filonnets diffus et contournés de fluorine craquelée, mêlée de quartz, entourée d'un mince liseré de galène.

2) Au pied Nord du Pic du Sérous, un filon-couche de quartz et sidérose à mouches de galène, proche d'un sill peu épais de microdiorites, est remarquable par sa position à quelques mètres sous le Néopermien.

La sidérose semble avoir subi un début d'oxydation, et les boxworks de carbonates sont nombreux dans le quartz. Ce phénomène d'oxydation est peut-être antérieur au Permien qui le surmonte. C'est le seul point où l'on puisse observer une minéralisation aussi proche d'un autre terrain que le Houiller.

3) Au Nord de l'Arc existent dans la paroi et le verrou situés sous le glacier de Chavière, de nombreux filons apparemment interstratifiés, d'ankérite et de quartz rosé à mouches de chalcopryrite et bornite ; de tels filons peu épais (fig. n°42) se poursuivent sur plusieurs dizaines de mètres dans les grès polis du pied du glacier de Chavière. Ils sont cloisonnés par du quartz laiteux et de l'albite, mais la chalcopryrite a pu recristalliser en cristaux automorphes près de l'albite et du quartz hyalin.

De plus, la moraine du glacier de Chavière a fourni des échantillons de blende rouge massive à grain fin, pénétrée et recoupée par du quartz laiteux et de la chlorite, lesquels proviennent sans doute de l'arête qui rejoint la pointe Rénod. Il n'a pas été possible de retrouver le moindre filon du même type dans les couches stériles du Houiller terminal (Assise de Courchevel, "Stéphano-permien versicolore") ni dans les gneiss qui les surmontent.

Cinq cent mètres plus au Nord, les accidents verticaux d'âge alpin (puisque quelques lambeaux de cargneules terreuses ou très recristallisées y sont pincées) sont accompagnés d'oligiste lamellaire, de quartz et d'albite, mais il n'existe pas d'autres sulfures que la pyrite (1) ; ces accidents ne semblent avoir aucun lien avec les minéralisations étudiées dans ce chapitre (voir IVème partie).

D'autres filons, situés en dehors de notre secteur (voir carte au 100.000ème) mais toujours dans les terrains houillers ont été étudiés. Ils présentent des caractères semblables à ceux des Sarrazins ; nous décrivons cependant les plus intéressants :

a) Les filons du Genevret.

J. FABRE (thèse page 51) a décrit déjà ce filon qui débute à l'Arc pour se poursuivre dans les montagnes de la rive droite, jusqu'à Plan Bouchet. C'est en fait un faisceau plus ou moins continu de filons de quartz, épais de plusieurs dizaines de mètres, qui se relaient ou se cotoient depuis l'Arc jusqu'au Bois-Dessus.

Au bord de la vieille route de Saint Michel au Pousset, une tentative d'exploitation de ce filon pour la silice a été entreprise il y a quelques années. Mais ce quartz est loin d'être pur : on observe à l'oeil nu, en plus des nombreux septas de schistes noirs et de grès de

(1) Pyrite aurifère d'après la légende (vieux travaux).

toute taille, des mouches de pyrite et de chalcoppyrite ainsi que des cristaux ou des zones floues de carbonates (ankérite). Les contacts avec les schistes sont flous et le quartz semble avoir remplacé les schistes et les grès, souvent silicifiés aux abords, plutôt que d'avoir rempli une fracture nette. De plus ce quartz est rosé à roux. Il est intimement craquelé, fissuré et parfois parcouru d'un chevelu diffus d'un second quartz laiteux ou chloriteux et d'albite.

En lame mince on observe une large cristallisation en gerbe ; de nombreuses fractures ou de fins films sinueux de quartz microcristallin les recoupent en tous sens.

Plus haut, (Grasse Tête, Cirque du Bouchet) apparaissent dans la même direction d'épais filons de quartz du même type, interstratifiés et ramifiés (Grasse Tête). Non loin des chalets du Genevret, une zone pyriteuse faiblement minéralisée en chalcoppyrite, ainsi qu'à la Lozière une veine de galène et de chalcoppyrite au voisinage d'une source ferrugineuse, furent anciennement exploitées.

Nous retrouvons donc absolument les mêmes caractères que dans les filons des Sarrazins.

J. FABRE a noté la juxtaposition de cette zone de filons et des plis couchés du Mont Brequin. Mais il est difficile de dire s'il y a une liaison entre ces deux types d'accidents : quoiqu'il en soit, les filons de quartz du Genevret semblent avoir subi des déformations importantes postérieures à leur mise en place (plis et laminage).

b) Combe Orsière (Valmeinier).

A Combe Orsière (figure n°76), un filon de quartz rosé à rouge, ou gris, à mouches de sulfures, plissé avec les schistes noirs et les grès, chemine le long d'un sill de microdiorite très altérée.

Dans les schistes noirs, parallèlement à lui, d'autres filonnets et amandes de quartz renferment outre

de nombreux débris anguleux des épointes (figure n°77) (schistes noirs, charbon), des zones minéralisées en sulfures (galène, blende, pyrite, chalcoppyrite, cuivre gris) et en sidérose ; des filonnets de sidérose et ankérite sont fréquents aussi dans la microdiorite. J. FABRE a déjà décrit le phénomène de cokéfaction des filets anthraciteux au contact de ce sill. On observe en section polie, près des sulfures, quelques éléments anguleux de matière carbonneuse, qui n'ont pas le pouvoir réflecteur ni le faciès lamellaire du graphite, mais sont cependant nettement anisotropes ("graphitoïde" ?).

c) L'Arizan.

Dans le vallon de Brune qui mène au Col des Muandes (Haute Vallée de Névache) apparait au fond du torrent, vers 2300 mètres, au milieu des schistes noirs du Westphalien, une masse épaisse interstratifiée, quartzifiée et parcourue de nombreux filonnets diffus de sidérose, quartz, blende et galène ; au contact, les schistes sont blanchis sur plusieurs mètres. La blende, de teinte rouge ou jaune miel, mêlée de sidérose, domine sur les autres sulfures. Elle forme une veine de 0,5 à 1,5 mètres ; on observe dans la blende de nombreux débris de sidérose ; en section polie la blende est elle-même recoupée par la galène renfermant des plages de bournonite et de cuivre gris, qui remplace aussi de la pyrite et du mispickel en petits cristaux précoces automorphes. Des lamelles de vrai graphite et une matière carbonnée anisotrope sont fréquentes aussi près de la galène.

On suit vers le N.E. cette masse quartzreuse sur près de 1 km. Son pendage faible S.O. lui donne une largeur d'affleurement de 30 à 50 mètres, sur une petite croupe. De petites failles E.O. la décrochent vers l'Est.

Plus haut, près du point coté 2547, existent encore des mouches de galène et de blende dans cet épais filon de quartz, ainsi que des passées de barytine.

Plus haut, vers le Col des Muandes, existent d'autres filons de quartz, difficilement distinguables sur le terrain des roches éruptives filoniennes blanches (voir page 18).

Intérêt économique : ce gisement, qui a anciennement fait l'objet de recherches superficielles pour le plomb et l'argent, (près du torrent) n'est peut-être pas dénué de tout intérêt. Il présente en effet à l'affleurement plus de 0,5 mètres d'épaisseur de minerai à forte teneur en zinc, sans compter le plomb et l'argent. La faible distance à la route (500 m. environ) doit être prise aussi en considération.

d) Un grand nombre d'autres indices de plomb ou cuivre, toujours situés dans les terrains houillers, sont signalés dans de vieux documents. Exemple : Saint Michel de Maurienne, Orelle, Bonvillard, tunnel ferroviaire du Fréjus, galerie E.D.F. de la Lauze à Bonne Nuit, etc ...

CONCLUSION GENERALE.

Toutes les minéralisations de la zone houillère au niveau de la Maurienne forment un groupe très homogène.

1) Localisation : exclusivement dans le Houiller west-phalien (?).

2) Type de gisement :

- filons-couches, parfois plissés, faillés.
- fractures faiblement obliques aux couches, sans rapport avec les structures actuelles édifiées lors de la phase tectonique alpine de poussée vers l'Est.

Ces caractères tendent à montrer l'âge ancien de ces minéralisations.

3) Paragenèse : pas de grande variation de l'un des gisements à l'autre, et succession presque identique.

- a- Existence d'une phase initiale à sidérose et ankérite.
- b- Quartz ancien et sulfures "chauds" : mispickel, pyrite,

marcasite ; exceptionnellement bornite et blende noire.

Quartz et autres sulfures : blende, galène, chalcopyr-
rite, etc ...

-c- Existence d'une phase récente postérieure avec recrista-
llisation très locale des sulfures, liée à la recristallisa-
tion de quartz, albite et chlorite ; ceci est un phénomène
généralisé dans la zone houillère et les zones avoisinantes,
et non localisé uniquement dans les filons.

CHAPITRE III.

HYPOTHESES GENETIQUES.

Ière HYPOTHESE.

Les sulfures disséminés dans les schistes noirs et les charbons (1), auraient été reconcentrés, ici par le métamorphisme alpin (en Russie on a admis cette origine pour certains sulfures des bassins houillers ; exemple : houilles de la Volga).

Objections :

a) La liaison constante avec les carbonates de fer oblige à envisager le même processus pour le fer. Or, le fer des niveaux ferrugineux [Banchet, couches de passage du Houiller au Permien et niveaux interstratifiés dans le Houiller (Les Granges, voir J. FABRE, thèse page 167)] n'a pas recristallisé sous forme de sidérose mais sous forme d'hématite, qui elle même n'est jamais présente dans les minéralisations de ce type.(2)

b) La présence de gisements du même type plus à l'Ouest (là où le métamorphisme alpin est nul) serait inexplicable.

(1) Les anthracites alpins sont généralement très pyriteux.

(2) Des filons d'oligiste existent en Maurienne dans les terrains houillers (filons de Pierre Blanche au N.E. de Saint Michel de Maurienne) ; en Tarentaise (faisceau de Salins) existent aussi des filons de sidérose et oligiste (P. ROGEL, communication orale).

II ème HYPOTHESE.

Les sulfures seraient issus de phénomènes hydrothermaux alpins.

De telles manifestations seraient donc anté-tectoniques puisqu'il existe des filons plissés ; mais elles auraient certainement eu lieu aussi dans la couverture (1).

IIIème HYPOTHESE.

Les minéralisations s'intègrent beaucoup mieux dans un cadre hercynien, en liaison avec les microdiorites ; ainsi s'expliquent :

1) La tendance générale à l'interstratification (comme les microdiorites (2)) dans des failles plates si caractéristiques des bassins houillers.

2) Leur absence totale dans le Stéphanien, le Permien, et la couverture secondaire.

3) La présence de minéraux relativement chauds (mispickel) et le caractère presque mésothermal des minéralisations.

Nous retrouvons ainsi un type de gisement relativement répandu à sidérose et sulfures B.P.G.C., barytine, et même fluorine, lié à des roches éruptives grenues ou microgrenues.
Exemple : Harz, Siegerland, massif Rhénan, etc ...

Nous sommes donc contraints d'admettre :

- la même hypothèse génétique pour tous ces gisements.
- L'âge hercynien des accidents minéralisés en sidérose ou

(1) Type anté-tectonique ; exemple : filon de galène de l'Argentière, près de Briançon, dans les quartzites triasiques de la tête plongeante hachée de failles de la nappe briançonnaise de Champcella (J. DEBELMAS, thèse page 27, M. BAUDINOT, 1861, BSGF, tome 18, p.791).

(2) On ne connaît pas dans la zone houillère une seule cheminée d'ascension des microdiorites.

en quartz de type ancien à sulfures (Genevret, etc ...).
- L'âge hercynien de certains mouvements de part et d'autre de ces accidents.

Il était intéressant de rechercher d'autres minéralisations ailleurs, dans la zone houillère, précisément là où les microdiorites sont le plus abondantes :

A - Passage du Thabor. Roche de la Pelle. Roche Noire. Roche des Marches.

Le long de cette crête se relaient d'importants sills de microdiorites (1) assez fraîches, mais écrasées dans les flancs inverses des grands plis couchés. Des filonnets de carbonates et de blende rouge sont assez fréquents à proximité, soit même dans la microdiorite (Lac des Marches).

B - Région du Chardonnet.

Située sur la rive droite de la haute vallée de Névache, dans la partie occidentale de la zone houillère, cette région a une structure beaucoup plus simple. Le Houiller, daté Westphalien A. en de nombreux points, est horizontal ou à pendage Ouest faible. Les microdiorites constituent non seulement de très nombreux sills mais même à la Cée Haute un massif (ou un grand laccolite ?) considéré par R. FEYS comme le centre éruptif probable du Briançonnais.

La structure devient grenue en même temps qu'un léger métamorphisme de contact a pu transformer les couches d'an-thracite en graphite (graphite du Chardonnet).

Entre les massifs du Queyrellin et la crête du Chardonnet affleurent de nombreux filons verticaux, encaissés dans les grès ou la microdiorite, orientés N.S. L'un d'eux a été exploité pour le cuivre en 1835 ; son remplissage est surtout constitué d'ankérite en cristaux atteignant plusieurs cm., contenant souvent des fragments anguleux des épontes et pré-

(1) Dans cette région, les microdiorites renferment souvent de nombreuses mouches de pyrite, exceptionnellement de chalcopyrite.

sentant des structures en cocardes avec répétition de quartz et ankérite (fig. 78). Localement, ce filon atteint 15 m. d'épaisseur. En plusieurs points, la minéralisation a été plus complète : quartz blancs en sphérolites avec chalcoppyrite, ou quartz hyalins en gros cristaux automorphes corrodés et recouverts par la barytine blanche ou rose en grandes rosettes, accompagnée de galène, blende jaune miel, cuivre gris et calcite plus récente.

Sur la crête des Rochers de Privé et au Col de Roche Noire affleurent aussi des filons d'ankérite et barytine rose à gros noyaux de blende brun-rouge, contenant de rares prismes de mispickel.

Plus au Nord, un filon vertical semblable (découpé par de nombreuses failles pyriteuses E.O. s'arrête net au Permien qui constitue la base de la Tête de Cassille.

Ici les déformations alpines ont peu affecté le Houiller (alors que la couverture secondaire a été plus ou moins décollée et traînée sur lui : M. LEMOINE, B. TISSOT, R. FEYS.). Les couches tranquilles sont exemptes de plissements et de filonnets de quartz laiteux et d'albite, si fréquents plus au Nord et à l'Est ; la recristallisation alpine est de même peu sensible et les microdiorites ne contiennent pas de minéraux du métamorphisme alpin. Aussi est-il logique de penser que les minéralisations du Chardonnet n'ont subi que peu de modifications depuis leur mise en place. Leur liaison avec les microdiorites semble s'imposer, et leur paragenèse est très comparable aux minéralisations du type des Sarrazins. Les différences constatées, surtout dans le mode de gisement (ici fractures verticales), peuvent être mises en parallèle avec l'évolution des microdiorites vers le Sud (caractère plus intrusif, structure à tendance grenue). Cette évolution elle-même est peut-être conditionnée par la plus grande profondeur d'érosions anté-néopermiennes de la zone houillère au Sud (le Permien repose sur la microdiorite, le Stéphanien repose directement sur le Namurien encore plus au Sud).

Aussi les filons du Chardonnet peuvent-ils être considérés comme des équivalents plus profonds des minéralisations des environs de Modane.

Ainsi s'individualise dans la zone houillère une province métallogénique à sidérose et BPGC, calquée sur celle des intrusions de roches microgrenues dioritiques d'âge éo-permien.

CHAPITRE IV.

RESULTATS APPORTES PAR L'ETUDE DES MINERALISATIONS DE LA

ZONE HOUILLERE.

I - DONNEES SUR LA TECTONIQUE HERCYNIENNE DE LA ZONE HOUILLERE

La plupart des fractures sont actuellement orientées N.S. ou N.O.-S.E. (Arplane). De même les filons du Chardonnet sont orientés N.S. ; beaucoup de ces accidents sont faiblement obliques aux couches, même ceux qui sont verticaux. Ils évoquent tout à fait le style si caractéristique de la tectonique des bassins houillers réalisée dans des couches non indurées (exemple : bassin Franco-belge).

Ce schéma est peut-être trop rigide : en effet, B. TISSOT a décrit plus au Sud (massif des Cerces) des failles qui ont joué au cours du Secondaire.

Cependant, nous n'avons rien trouvé de comparable dans notre secteur et il semble, en tous cas, qu'il y ait indépendance totale entre les déformations hercyniennes et alpines.

II - COMPORTEMENT DES FILONS DANS LES PHASES TECTONIQUES ET

METAMORPHIQUES D'AGE ALPIN.

A - Nous avons vu que les filons ont souvent subi des déformations postérieures à leur mise en place : plis, boucinage (voir figure n°47), failles, glissements des épontes.

B - La fracturation des minéraux est particulièrement nette dans les carbonates qui sont presque toujours recoupés par du quartz laiteux ou de l'albite. Ils semblent par contre

exempts de recristallisation (sauf la calcite) car nous leur trouvons toujours le même grain et les mêmes traces de déformation.

Dans le filon-couche des Sarrazins, il est intéressant de constater que les zones à carbonates dominants, mais pauvres en quartz ancien accompagnant les sulfures, sont au contraire particulièrement riches en filonnets de quartz laiteux ou en fissures tapissées de petits quartz hyalins, comme si, moins indurées, elles avaient plus facilement cédé sous les efforts dynamiques, et permis le passage des fluides déposant le quartz. Près de la galène ou de la blende qu'elle semble avoir altérée, l'albite est très rare, la chlorite exceptionnelle alors qu'elle peut abonder dans les filons de sidérose et y coexister fréquemment à côté de la chalcopryrite ou du cuivre gris.

Les néoformations de quartz laiteux de d'albite semblent d'autant plus importantes que l'on est près de couches intensément plissées (sidérose de Plan Raphin). Dans les petits filonnets de sidérose et ankérite, le quartz alpin est toujours présent, cloisonnant le filonnet perpendiculairement sans passer dans les épontes (figure n°42). Il s'agit manifestement de fractures dues aux déformations alpines, colmatées par du quartz de recristallisation des roches encaissantes. J. GOGUEL, qui a déjà observé ce phénomène dans les filonnets de sidérose des grès houillers de notre secteur, l'interprète comme caractéristique du peu de plasticité de la sidérose à côté de celle des grès ou des schistes encaissants (Traité de Tectonique, page 57).

Au contraire, plus à l'Ouest, dans les zones plus calmes, les carbonates peu déformés ne sont pas pénétrés par de tels filonnets de quartz alpin, du reste rares dans les couches encaissantes (exemple : Combe Orsière, Chardonnet).

- Le quartz ancien gris ou rosé est souvent craquelé, fendillé (1) ou même recoupé par du quartz laiteux récent.

(1) Le quartz laiteux récent peut être lui aussi fendillé ...

- La barytine a peut-être acquis son grain saccharoïde par recristallisation récente (?).

- La faible intensité des déformations des sulfures (fissures, craquelures) et des déplacements là où le quartz récent les a recoupés, peut s'expliquer par leur bonne protection au sein de la gangue rigide de quartz ou de carbonates. Cependant, certaines structures à grain très fin sont difficiles à interpréter, notamment pour les sulfures isotropes. L'observation d'une section polie de galène et cuivre gris à grain fin provenant du Brocard, après attaque ménagée à HCl, semblerait montrer l'existence de déformations plastiques, caractéristiques des sulfures (T.N. CHADLON, 1954).

Localement nous avons eu des preuves de la recristallisation d'âge alpin de quelques sulfures (chalcopyrite, cuivre gris). Cependant, cette recristallisation est très limitée dans l'espace puisque nous trouvons partout les mêmes caractères morphologiques des minéraux et les mêmes successions : par exemple en Valmeinier où le métamorphisme alpin est nul.

En conclusion, les minéralisations hercyniennes sont restées presque inertes et figées dans le métamorphisme naissant (1). Les filons ont, certes, subi des déformations comme

... par suite de déformations très tardives, mais aussi par l'éclatement sous l'action du gel des grandes inclusions fluides.

(1) En Vanoise, F. ELLENBERGER a décrit, aux Gorges du Doron, Nord de Termignon, dans les schistes cristallins formant le noyau le plus métamorphique de Vanoise (Houiller présumé), une minéralisation diffuse en chalcopyrite, pyrrhotine, cuivre gris et dialogite. Cette minéralisation localement mieux exprimée en filons-couches (ancienne concession des Gorges de la Letta) aurait l'âge du métamorphisme alpin : la croissance des sulfures y est en gros contemporaine de celle de l'albite et de la chlorite.

les roches encaissantes ; les sulfures ont pu localement recristalliser, mais n'ont subi ni phase de régénération, ni, à fortiori, de rajeunissement d'âge alpin. Les circulations de fluides liées au métamorphisme et aux efforts tectoniques, pouvant déposer du quartz, de l'albite et de la chlorite (existant partout dans les roches encaissantes), sont donc restées pour ainsi dire sans action sur les sulfures et n'avaient pas du tout les mêmes propriétés que les solutions originelles génératrices des minéralisations.

III - COMPARAISON AVEC LES MINERALISATIONS D'AMODON (ZONE VANOISE-MONT POURRI).

Bien qu'appartenant à une autre zone, nous décrirons brièvement des minéralisations observables à deux pas de Modane, car il est intéressant de les comparer à celles de la zone houillère.

Elles sont situées dans le Permien métamorphique de Vanoise (quartzites grossiers et conglomérats de Loutra-Amont), à peu près au coeur de l'anticlinal d'Amodon.

Ces roches détritiques grossières contiennent de nombreux nodules et filets d'un carbonate jaune clair d'une dolomie ankéritique manganésifère.

Sur la butte d'Amodon, à 50 mètres environ à l'Ouest du monument aux morts, de vieux travaux (1) ont suivi à l'affleurement et en profondeur un filon de 0,5 à 1 mètre d'épaisseur ; à l'affleurement il recoupe les quartzites grossiers mais semble leur être parallèle en profondeur. On observe une zonalité dans les parties les plus étroites du filon, mais le

(1) Permis de recherches de 1881, et aussi travaux plus anciens ; une autre galerie encore visible, située sous la Chapelle d'Amodon a suivi un filon semblable (peut-être s'agit-il du même filon ?).

plus souvent le remplissage est diffus. Il consiste en un carbonate jaune clair, de teinte brune quand il est oxydé, à grain fin mais aussi en cristaux de 0,5 cm., et en barytine souvent saccharoïde occupant le centre du filon ; çà et là, des débris des éponges, micacés et d'aspect schisteux sont englobés dans le carbonate, dans lequel sont aussi visibles des micas blancs en belles lamelles, et des veinules de quartz laiteux ou hyalin.

Les sulfures (1) (pyrite, galène, chalcopryrite) se rencontrent en petites mouches ou en fines veinules dans les carbonates ; mais le cuivre gris, plus abondant, forme des amas dans la barytine ou à son contact avec le carbonate.

Ce filon est, de plus, escorté d'un essaim de nombreux filonnets capricieux et contournés de même nature, jusqu'à plusieurs mètres dans les quartzites grossiers souvent décolorés.

Par de nombreux caractères (type de gisement, paragenèse) les minéralisations filoniennes d'Amodon se rapprochent de celles de la zone houillère. Mais il n'est pas permis de les relier génétiquement puisque les deux socles paléozoïques, si différents par leur contenu pétrographique, ont de toute évidence, subi un rapprochement horizontal important (peut-être 10 km.) (F. ELLENBERGER). De plus, ce Permien de Loutra-Amont, dont l'âge peut être en gros équivalent de la base du Néopermien de la zone houillère, ne semble pas contenir de roches d'origine éruptive comme le complexe Permien du Haut Massif de Chasseforêt. Cependant, la mise en place des minéralisations d'Amodon semble être antérieure au laminage alpin intense ; elles y ont résisté assez bien, autant que les lits ankéritiques interstratifiés plus loin

(1) La stibine, signalée par A. LACROIX et A. CAILLAUX, n'est pas visible macroscopiquement.

(Rateau d'Aussois) dans la même formation, peut-être en recristallisant plus ou moins totalement. Ces lits ankéritiques, particulièrement nombreux vers le Col de la Masse, contiennent fréquemment outre la pyrite abondante, de rares mouches de cuivre gris.

Aussi une liaison existe-t-elle peut-être entre les minéralisations d'Amodon et les lits carbonatés d'origine sédimentaire.

QUATRIEME PARTIE .

LES MANIFESTATIONS

HYDROTHERMALES D'AGE ALPIN .

CHAPITRE I : FENTES ET FILONNETS D'EXSUDATION EN LIAISON

AVEC LE METAMORPHISME ET LES DEFORMATIONS D'AGE ALPIN.

Il existe des fentes et filonnets d'exsudation dans toutes les roches propices à leur formation, et leur remplissage dépend uniquement de la nature des roches encaissantes.

A - TERRAINS HOUILLERS.

Les filonnets de quartz laiteux presque toujours associés à l'albite, visible à l'oeil nu, et à une chlorite verte (1), sont très fréquents dans les terrains houillers. Ces filonnets, présents un peu partout, sont abondants dans cer-

(1) Aux Rayons X, ce type constant de chlorite montre une structure ortho-hexagonale, trioctaédrique ; riche en fer, cette chlorite est formée par l'alternance d'un feuillet gibbsite et d'un feuillet pyrophyllite (BROWN 1961). Au microscope, elle se présente souvent en petits vermicules tor- dus (faciès helminthe) ; de teinte vert clair, peu ...

taines zones qui ne sont pas obligatoirement les plus plissées.

1) Dans les schistes, ils sont le plus souvent interstratifiés et forment des boudins épais de 10 cm. environ, exceptionnellement de 50 cm. ; dans le quartz, quelques faces de pyramides se rencontrent parfois, mal développées, à côté de la chlorite pulvérulente et d'albite (figure n°81), tandis que le centre est occupé par quelques rhomboèdres d'une calcite légèrement manganésifère.

2) Dans les grès et conglomérats, on observe plus souvent des fentes verticales (figure n°80) ou très inclinées, de quelques mètres, exceptionnellement quelques dizaines de mètres d'extension, parallèles entre elles, qui se ferment rapidement vers le bas comme le haut ; leur épaisseur est de l'ordre de 10 cm., exceptionnellement 50 cm. Le quartz laiteux forme parfois des cavités drusiques tapissées de cristaux hyalins peu allongés, et d'albite blanche. Les faces prismatiques de ces quartz sont parfois courbes (1), et la pyramide est souvent soupoudrée de ripidolite pulvérulente.

Dans les fentes de la crête des Sarrazins (à l'aplomb des filons-couches de carbonates et sulfures) les cristaux de quartz, atteignant quelques cm., sont tapissés de limonite.

Localement il est possible d'observer (Combe de Bissorte) plusieurs générations de fentes ; les unes interstrati-

... pléochroïque, elle polarise toujours dans une teinte bleu berlin, ou est parfois presque isotrope ; il s'agit certainement de ripidolite, si fréquente dans les fentes alpines décrites dans le Pelvoux, le Mont Blanc et en Suisse.

(1) La courbure de ces quartz géodiques doit être interprétée avec G. DEICHA comme contemporaine de la croissance du quartz et non comme résultant d'une déformation post-minérale.

fiées et déformées, ne renferment pas de chlorite et sont recoupée par d'autres, plus riches en albite et chlorite.

La formation de ces fentes et filonnets est tardive, postérieure aux phases majeures de déformation et de recristallisation. Les minéraux semblent plutôt avoir rempli des vides, que remplacé les roches encaissantes, et la limite du quartz est toujours nette, sans phénomène de silicification des épontes ; ces fentes soulignent donc des zones de distension (1). Par leur mode de gisement, elles méritent l'appellation de "fentes alpines", mais leur paragenèse simple les différencie des fentes alpines décrites notamment, dans les terrains cristallins anciens (Pelvoux, Mont Blanc, Saint Gothard, Tessin, etc ...).

Elles ne contiennent que les minéraux présents dans les roches encaissantes, dus à des processus de recristallisation d'âge alpin. Elles ne renferment de sulfures autres que la pyrite que lorsqu'elles sont situées à peu de distance des filons sulfurés anciens.

Etude des inclusions des quartz et des albites.

α) Les quartz ont été observés au fort grossissement avec l'aide de G. DEICHA ; ils montrent toujours de belles inclusions primaires atteignant 10 à 20 microns, exceptionnellement 0,1 mm. dans la pyramide des quartz hyalins des fentes de la crête des Sarrazins ; leur forme est alors parfois celle de cristaux négatifs. Ces inclusions renferment des bulles occupant toujours environ 1/6 de la cavité, indiquant donc une température de formation toujours inférieure à 100°, par fois même moindre (60°). La nature gazeuse de ces bulles a été mise en évidence par écrasement dans une goutte

(1) Il faut cependant remarquer que ces fentes sont le plus souvent orientées E.O. et non pas perpendiculairement à la pression principale; aussi leur époque de mise en place serait elle plutôt contemporaine de la fin du serrage alpin que du relachement des contraintes.

d'huile de paraffine ; dans l'eau de baryte fraîche, ces bulles se dissolvent lentement ; cependant nous n'avons pu observer qu'une légère trainée blanchâtre et non un anneau bien net de $BaCO_3$ indiquant avec certitude la présence de CO_2 . Sur la paroi de ces bulles on observe souvent une fine lamelle de chlorite.

D'autres inclusions de plus petite taille, souvent alignées, sont aussi présentes, mais leur degré de remplissage est le même, aussi sont-elles qualifiables de "pseudo-secondaires".

β) Dans les albites, les fantômes d'accroissement des cristaux sont souvent soulignés par de très nombreuses inclusions primaires, de plus petite taille que celles du quartz leur nature est semblable, quoique le dégagement de gaz soit moins net à l'écrasement ; le degré de remplissage des inclusions indique de même une température de formation inférieure à 100° .

3) Dans des accidents en rapport avec la couverture et les gypses. Dans la gorge du torrent du Charmaix, en aval de la Chapelle, on observe dans les grès et les schistes houillers des accidents minéralisés en pyrite, oligiste en grandes lamelles, albite et quartz chloriteux. Mais ces accidents sont très complexes puisque l'on retrouve en plein Houiller quelques lambeaux de Permien et de quartzites, comme involués avec des cargneules ("diapirs descendants", figure n°40) et même une lame de cargneules tectoniquement interstratifiée dans les schistes houillers, 50 mètres en aval de la Chapelle du Charmaix. Aussi, la genèse de la pyrite et de l'oligiste est-elle sans doute liée ici comme au glacier de Chavière à des circulations d'eaux sulfatées[(1)page suivante].

B - GNEISS DU SAPEY.

On y observe aussi des fentes de quartz laiteux, mais bordées d'un fin liseré d'albite et stilpnomélane en belles

lamelles ; la chlorite, d'un vert plus sombre, s'y rencontre aussi, ainsi que la calcite.

Dans la dalle du Sapey, et au dessus de la vieille route du Charmaix, on peut voir de telles fentes recouper des filonnets interstratifiés d'un quartz gris, craquelé, qui a peut-être l'âge du métamorphisme et de la migmatisation stéphanopermienne.

Enfin, les quelques mètres de micaschistes verts laminés situés entre les quartzites et le Houiller du torrent d'Arronda, sont parcourus de filonnets de quartz laiteux à tourmaline en prismes de plusieurs mm., exempts de déformation.

C - NEOPERMIEN.

Les filonnets de quartz laiteux, dépourvus d'albite (les arkoses du Permien sont surtout potassiques) renferment souvent des rhomboèdres d'un carbonate jaune clair presque toujours oxydé à l'affleurement (variété d'ankérite très ferrifère ?).

D - QUARTZITES.

Les quartzites sont peu propices à la formation de fentes. Quelquefois, des quartz hyalins très mal formés se rencontrent dans les fissures.

(1) page précédente : Une paragenèse semblable a été observée dans des fractures au sein des grès du Keuper indus dans les gypses et anhydrites de Bramans (rive droite de l'Arc). Les lits de dolomies du Keuper interstratifiés près des grès, renferment aussi d'énormes albites translucides de plusieurs cm. présentant des macles complexes et bourrées d'inclusions de grande taille (0,1 mm.) (aiguilles de glaucophane ?).

E - CALCAIRES ET DOLOMIES.

Dans les zones broyées, la recristallisation de filonnets de calcite associée à la dolomite en beaux cristaux blancs n'est pas rare (Nord d'Arronda).

F - GYPSES, CARGNEULES ET GRES DU KEUPER.

Ces formations ont été particulièrement favorables à certains types de dépôts hydrothermaux.

Ainsi les filonnets d'albite ne sont-ils pas rares (Col d'Arronda) : de beaux cristaux d'albite laiteuse, plus rarement limpide, de 0,5 à 1 cm. au plus, sont engrainés avec du quartz et quelques grains de pyrite et de calcite impure.

Au sommet du Grand Argentier, dans les grès pyriteux et l'anhydrite à mouches de soufre, pincés en lames dans des calcschistes, on observe de nombreux filonnets diffus d'albite, quartz et de mica blanc. Ce mica, en lamelles de plusieurs mm. légèrement bleu-verdâtres, est pour ainsi dire uniaxe (inférieur à 5°) ; il s'agirait de phengite (?). En lame mince l'albite montre de curieuses structures graphiques avec le quartz (figure n°83).

Enfin, dans les cargneules du Col de la Roue, près d'un lambeau de schistes siliceux rouges attribués plus haut à la série du Flysch à Helminthoïdes, on observe des filonnets d'oligiste en lamelles, associé à des rosettes d'un minéral rose à vert qui n'a pu être déterminé (chlorite ?).

G - SCHISTES LUSTRES PIEMONTAIS ET PREPIEMONTAIS.

Les circulations hydrothermales y ont été particulièrement intenses : ainsi les micas verts chromifères (fuchsite) que l'on rencontre un peu partout notamment dans les roches compactes, dont le chrome a peut-être pour origine les ophiolites, et les enduits de malachite dans les schistes.

Dans les schistes et calcschistes piémontais, se rencontrent de très nombreux filonnets de quartz laiteux contenant souvent un carbonate blanc à rosé, riche en manganèse, mais faisant effervescence avec HCl ; ces quartz renferment aussi parfois une matière vert d'eau d'aspect opalin, qui n'a pu être déterminée aux Rayons X.

Dans la brèche prépiémontaise enfin, on trouve fréquemment des fissures tapissées de quartz hyalins ; la brèche prépiémontaise affleurant au sommet de la combe Sud du Grand Argentier s'est montrée particulièrement riche en veinules drusiques tapissées de beaux quartz hyalins, de calcite et d'albite. Les albites hyalines se sont révélées très riches en inclusions liquides aux contours géométriques, soulignant les fantômes d'accroissement : elles sont purement hydrothermales et le degré de remplissage indique une température de formation très basse (50 à 75°).

D'autres albites, moins translucides, renferment un grand nombre d'inclusions solides très fines en forme de bâtonnets de 20 à 50 microns, particulièrement nombreuses au coeur du cristal et en saupoudrage près de la surface ; on observe aussi des inclusions liquides de plus petite taille, possédant une bulle de retrait d'autant plus petite que l'on approche de la surface du cristal.

CONCLUSIONS :

α) La genèse d'albite alpine dans les grès houillers, remise en mouvement à partir d'anciens feldspaths acides détritiques, explique sa présence générale dans les fentes de ces roches.

Cependant, la présence de constituants fugaces dans les quartz opposent ces fentes à de simples "filonnets d'exsudation". Aussi est-il plus logique de parler de témoins d'actions pneumatolytiques d'âge alpin, très comparables à ceux décrits par G. DEICHA (1958) dans les Alpes lépontiennes.

Comme les minéraux des fentes sont ceux du métamorphisme alpin, ces constituants fugaces seraient des témoins directs des fluides minéralisateurs catalyseurs du métamorphisme alpin. L'analyse chimique quantitative de ces fluides serait des plus instructives.

Nous avons une confirmation des idées généralement admises sur le métamorphisme alpin d'épizone dont les caractéristiques seraient, pour de nombreux auteurs :

- basse température,
- rôle capital des solutions, probablement riches en soude (ou en CO_3Na_2) et en CO_2 .

β) La présence d'albite en cristaux automorphes dans les dolomies (Rhétien), ou en filonnets dans les cargneules, associée à des micas blancs, pose des problèmes quant à l'apport de Na et K : une partie provient peut-être d'anciennes masses salifères associées aux gypses (cristaux d'anhydrite et sel gemme du tunnel ferroviaire du Fréjus, présence d'inclusions cubiques de ClNa signalées déjà par A. LACROIX dans les quartz des dolomies du Roc Tourné aux environs de Modane).

CHAPITRE II : LES MINÉRALISATIONS DU GRAND ARGENTIER -

PAS DU ROC .

Les deux massifs calcaires et dolomitiques d'Arrondas et du Grand Argentier présentent de nombreuses fentes verticales recoupant les bancs calcaires plissés ou verticaux. Le long de ces fentes, on observe souvent de petites taches d'azurite et malachite dans les calcaires ou dolomies.

C'est au verrou du Pas du Roc, au lieu dit Canalus, que ces fentes sont le plus minéralisées et faciles à étudier (voir figure n°84). Elles sont orientées E.N.E.-O.S.O., et forment un réseau plus ou moins anastomosé, recoupant par la tranche les dolomies et les calcaires verticaux du Ladienien inférieur ; ces fentes sont tapissées de galène, de cuivre gris en petits tétraèdres de 0,5 cm., et de blende brun-rouge ; le minerai se présente le plus souvent sans gangue, dans les fentes de la roche, ou dans une gangue bréchique de calcite et de dolomite. De petits quartz hyalins automorphes de quelques mm. aux faces du prisme courbes et dont les faces de la pyramide sont à peine développées, se rencontrent aussi, collés à plat le long des fissures. Ces quartz sont riches en très petites inclusions fluides dont le degré de remplissage indique une température de formation inférieure à 100°.

Les petites veines de minerai riche en argent, épaisses de quelques cm. (20 au maximum) ont été exploitées très anciennement.

Dans la montagne d'Arronda existent aussi d'autres fentes tapissées d'albites limpides en rosettes.

Plus haut, les cargneules du Col d'Arronda sont souvent parcourues de filonnets d'albite blanche automorphe, dont les cristaux sont souvent courbes, associées à du quartz, des carbonates et de la pyrite. Il n'est pas possible d'observer

des relations entre cette albitisation et les minéralisations du Pas du Roc.

Origine de ces minéralisations. Comparaisons.

1 - Ces minéralisations sont localisées dans des fractures verticales post-tectoniques intéressant deux massifs calcaires appartenant à deux unités tectoniques probablement sans racines, de paléogéographie, d'origine, et probablement d'âge différents. Elles sont le mieux développées là où le réseau de fractures est le plus dense, et sont peut-être en relation avec l'accident décrochant du Pas du Roc orienté N.O.-S.E. (un des seuls de notre secteur).

2 - Il n'est pas possible de les lier aux minéralisations du Houiller, qui n'existe peut-être même plus en profondeur ici. Pourtant la blende de Canalus a montré sensiblement les mêmes éléments en trace que les blendes du Houiller (voir tableau n°79).

3 - De rares mouches d'azurite se rencontrent parfois ailleurs dans les calcaires triasiques (F. ELLENBERGER, communication orale) ; on peut en observer dans les calcaires de l'ancienne carrière de Loutra-Aval (lame de calcaires très recristallisés, pincés dans la zone des cargneules au Nord de Modane).

4 - Cependant, d'autres petits gisements du même type existent dans notre région, dans des massifs calcaires situés aussi en position frontale des Schistes lustrés :

- Bramans. (Haute Maurienne, 12 km. en amont de Modane, 500 mètres au Sud de la Chapelle Saint Pierre d'Estravache). Il s'agit d'une très ancienne mine, exploitée par les Romains comme le veut la tradition (plusieurs galeries creusées à la pointerolle). La minéralisation est encaissée dans des calcaires broyés, cargneulisés et très recristallisés ; elle consiste en galène et cuivre gris, dans les fissures des calcaires.

- Les Acles. (Col de la Chaux d'Acles, au dessus de Plampinetz, Basse Vallée de Névache). Anciens travaux (1833 sur des "veines de cuivre dans des calcaires dolomitiques" (A. CAILLAUX).

Conclusions.

Les minéralisations du Pas du Roc - Grand Argentier sont localisées dans des fractures post-tectoniques des calcaires triasiques et semblent avoir une origine hydrothermale ; elles sont peut-être en liaison avec l'accident majeur complexe qui sépare les deux domaines briançonnais et piémontais.

FAITS NOUVEAUX ET

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Ce travail s'insère dans la série des levés systématiques à l'échelle du 1/20.000, base indispensable pour la compréhension de l'histoire des Alpes occidentales ; il tend à faire la liaison entre les travaux de F. ELLENBERGER en Vanoise, de M. LEMOINE en Briançonnais, et de J. FABRE, R. FEYS et Ch. GREBER dans la zone houillère ; la partie métallogénique de ce travail constitue l'une des rares études des minéralisations des Alpes occidentales françaises, avec celles de P. ROGEL (1961) et J. LOUGNON (1962).

Une surface de plus de 150 km² a été levée en détail, d'après photographie aérienne ainsi que des photographies de terrain et croquis.

I - STRATIGRAPHIE.

1) LES TERRAINS HOUILLERS.

Il a seulement été possible de recueillir de nouvelles présomptions pour attribuer avec J. FABRE au Westphalien la majeure partie du Houiller au Sud de l'Arc (récolte de quelques Lépidodendrons) ; quelques sills de microdiorites ont été découverts.

De rares lambeaux d'un Houiller terminal ont été distingués :

a) Certains chloritoschistes riches en albite, rutile, etc ... (Chapelle du Charmaix) ont été interprétés comme d'é-

ventuels tufs basiques, à rapprocher des roches basiques de la zone Sapey-Peisey.

b) Du Sud du Lavoir à la Vallée Etroite a été mis en évidence un niveau constant riche en fer, probablement contemporain du sommet du sommet versicolore de l'assise de Courchevel, dont l'origine détritique (remaniement d'anciennes latérites) a été proposée.

c) Des lambeaux de Stéphano-permien, jusque là inconnu au Sud de Modane, ont été découverts.

2) LE PERMIEN.

Une minéralisation diffuse en cuivre a été observée.

3) LES TERRAINS TRIASIQUES.

a) Certains gypses ont été attribués au Werfénien supérieur, tandis qu'a été entrevue la possibilité d'une émersion plus à l'Ouest à la même époque, avec formation d'un sol sidérolithique.

b) Dans le Trias calcaire, il a été possible de retrouver de nombreux niveaux paléontologiques définis en Vanoise par F. ELLENBERGER : de nombreux gisements fossilifères ont été découverts ; dans le Ladinien terminal, ont été trouvées des cinérites dont la patrie est à rechercher dans les Alpes orientales.

c) Un essai de distinction entre le Trias calcaire autochtone sur la zone houillère et le Trias allochtone (Briançonnais interne des Rois Mages) a été tenté.

d) L'unité du Grand Argentier, dont le Trias dolomitique appartient peut-être au Norien, a été attribuée à la zone du Gondran.

e) Des divisions lithologiques dans le Lias prépiémontais ont été tentées.

f) Nous avons attribué (avec C. KERCKHOVE et M. LEMOINE) certains faciès des Schistes lustrés à la série du Flysch à

Helminthoïdes.

II - ETUDE DES MINERALISATIONS.

L'étude des minéralisations de la zone houillère, tant dans notre secteur que plus à l'Ouest (Valmeinier, Saint Michel), plus au Nord (massif de Peclet-Polset) et plus au Sud (Vallée de Névache, Chardonnet) a montré leur grande unité et les caractères suivants :

- localisation dans le Westphalien.
- paragenèse : sidérose, BPGC, de caractère presque mésothermal.
- caractère précoce, déformations postminérales.
- indépendance du métamorphisme alpin.

Toutes ces minéralisations, dont la liaison avec les intrusions de microdiorites d'âge Eopermien semble la seule possible, appartiennent à une même province métallogénique, calquée sur celle des intrusions de microdiorites ; leur étude a permis d'entrevoir des déformations intimes et un style à rattacher à la tectonique hercynienne de la zone houillère.

III - TECTONIQUE.

1) Dans les structures déversées vers l'Est du bord interne de la zone houillère, il a été possible de reconnaître les effets d'une phase tangentielle antérieure vers l'Ouest ; à celle-ci a succédé une rapide mais intense phase d'érosion, laissant la zone houillère très accidentée, puis l'arrivée des Schistes lustrés et des gypses, avec en position frontale, l'unité prépiémontaise, et d'importants massifs de Trias calcaire (Briançonnais interne) probablement accumulés en chemin avec les gypses.

2) Le reflux vers l'Est des Schistes lustrés s'accompagne de plis déversés dans le Houiller et sa couverture morce-

lée par l'ancienne érosion. Ces plis redressent et basculent les anciennes écaillés tangentielles, donnant ainsi naissance à cette structure si spéciale du bord interne de l'éventail briançonnais caractérisé par l'abondance des flancs inverses non laminés.

De même, les massifs du Briançonnais interne sont poussés sur les Schistes lustrés, eux mêmes probablement en grande partie basculés.

IV - ETUDE DES PHENOMENES HYDROTHERMAUX ET PNEUMATOLYTIQUES D'AGE ALPIN.

Leurs processus sont très différents de ceux des minéralisations BPGC d'âge hercynien.

Dans les fentes alpines, les variations de paragenèse (très simple) avec la nature des roches encaissantes, milite ici en faveur d'une origine locale des éléments, probablement mis en mouvement par des circulations de divers fluides catalyseurs du métamorphisme alpin, dont l'origine, les voies de circulation et les effets au cours de l'histoire alpine, ne pourront être précisés que par de nombreuses observations d'un bout à l'autre de la chaîne (G. DEICHA. 1958).

Il faut cependant leur opposer certaines phénomènes impliquant manifestement un apport : albitisation locale massive (filonnets d'albite dans les cargneules, cristaux automorphes dans les dolomies), et minéralisations sulfo-antimoniées post-tectoniques (Pas du Roc).

Espérons que les résultats nouveaux apportés par ce travail permettront un raccord plus aisé entre la Vanoise et le Briançonnais, et une meilleure compréhension des Alpes internes.

Beaucoup de faits concernant la bordure des Schistes lustrés devront être vérifiés et complétés, notamment au

cours de cette prochaine campagne d'été 1963, que le Service de la Carte Géologique de la France me permet de réaliser.

T A B L E D E S M A T I E R E S .

INTRODUCTION.

I - Aperçu géographique.	p. 1
II - Cadre géologique.	p. 2
III - Travaux antérieurs.	p. 2
IV - Objet du travail et méthodes suivies.	p. 3
V - Plan de l'ouvrage.	p. 5

Ière PARTIE : STRATIGRAPHIE.

<u>Chap. I</u> - <u>LES TERRAINS HOUILLERS.</u>	p. 6
I. Le Houiller stérile.	p. 7
II. Le Houiller productif.	p. 9
III. L'Assise conglomératique supérieure (Stéphanien ?).	p. 10
A. Environs du Roc Valmeinier	p. 10
B. La mine du Banchet	p. 11
C. Environs de Modane	p. 13
IV. Le Stéphanio-permien métamorphique.	p. 14
1) Environs de Modane	p. 14
2) Lambeaux allochtones	p. 15
Conclusions	p. 16
V. Les roches éruptives.	p. 17
 <u>Chap. II</u> - <u>LE PERMIEN.</u>	 p. 19
I. Verrucano.	p. 19
II. Verrucano "dilué".	p. 19
III. Séricitoschistes onctueux.	p. 20

<u>Chap. III - LES TERRAINS SECONDAIRES.</u>	p. 22
I. Les quartzites triasiques.	p. 22
II. Schistes, cargneules et gypses inférieurs.	p. 24
III. Le Trias moyen.	p. 25
A. Virglorien	p. 25
B. Ladinien	p. 27
- le fer des calcaires triasiques du Roc Mounio	p. 28
- les poches sidérolithiques du Trias calcaire	p. 31
Conclusions sur le Trias moyen autochtone et allochtone	p. 32
IV. Le Keuper : gypses, cargneules et schistes à Equisetum.	p. 32
V. La série du Grand Argentier.	p. 34
A. Les dolomies triasiques (Norien?)	p. 34
B. Le Rhétien	p. 34
C. Le Lias inférieur	p. 35
D. Le Lias prépiémontais	p. 35
- les Schistes lustrés du Col de Fréjus, Col de la Roue	p. 37
- les pseudo-entroques du Fréjus	p. 38
E. Les schistes noirs et verts manganesifères (complexe de base du Flysch à Helminthoïdes ?).	p. 40
F. Roches d'origine pyroclastique partielle probable.	p. 42
VI. Les Schistes lustrés	p. 44
- Les ophiolites	p. 45
- Rapports entre les zones piémontaise et prépiémontaise	p. 46
<u>Chap. IV - LES TERRAINS QUATERNAIRES.</u>	p. 47

IIème PARTIE : STRUCTURE DE LA REGION ETUDIEE.

Généralités	p. 49
<u>Chap. I - LA ZONE HOUILLERE ET SA COUVERTURE.</u>	
Généralités	p. 50
I. Plis de style souple déversés vers l'Est.	p. 52
II. Ecailles parautochtones.	p. 52
III. Le massif du Thabor.	p. 54
IV. Accidents d'âge hercynien.	p. 55
<u>Chap. II - LA ZONE DES GYPSES ET LES MASSIFS CALCAIRES DU BRIANCONNAIS INTERNE.</u>	p. 57
I. Les gypses et cargneules.	p. 57
II. Les massifs calcaires (Briançonnais interne).	p. 58
-Arrondas, Rois Mages	p. 58
-Lambeau du Clos	p. 59
<u>Chap. III - LA ZONE PIEMONTAISE ET PREPIEMONTAISE.</u>	p. 60
<u>RESUME DES EVENEMENTS OROGENIQUES</u>	p. 62
I. Phase orogénique préliminaire.	p. 62
II. Phase d'érosion continentale.	p. 62
III. Arrivée des Schistes lustrés	p. 63
IV. Rétrocharriages vers l'Est de la zone houillère et des Schistes lustrés	p. 64
V. Laminages, broyages tardifs	p. 65
<u>COMPARAISONS AVEC LES REGIONS AVOISINANTES.</u>	p. 66
A. Vers le Nord.	p. 66
B. Vers le Sud.	p. 67
C. Conclusions.	p. 67

IIIème PARTIE : LES MINÉRALISATIONS DE LA ZONE HOUILLÈRE.

Généralités.	p. 68
<u>Chap. I</u> - <u>LES FILONS DE SIDÉROSE ET ANKERITE.</u>	p. 69
A. Le Grand Filon.	p. 69
B. Le filon de Plan Raphin.	p. 71
C. Les mines des Fourneaux.	p. 72
D. Le filon de Bissorte.	p. 72
Conclusions.	p. 73
<u>Chap. II</u> - <u>LES FILONS SULFURES.</u>	p. 75
A. La mine des Sarrazins.	
- situation, historique	p. 75
- étude des minerais	p. 78
- conclusions	p. 81
- intérêt économique	p. 83
B. La mine des Petits Sarrazins	p. 83
C. La mine des Herbiers	p. 85
D. Cornaviaux	p. 86
E. Les Côtes	p. 87
F. Arplane	p. 88
G. Le Brocard, la Lauze	p. 88
H. Autres indices	p. 89
- Genevret	p. 90
- Combe Orsière	p. 91
- Arizan	p. 92
Conclusions générales	p. 93
<u>Chap. III</u> - <u>HYPOTHESES GÉNÉTIQUES.</u>	p. 95
- Liaison avec les microdiorites.	p. 96
- Région du Chardonnet (Htes Alpes).	p. 97
<u>Chap. IV</u> - <u>RÉSULTATS APPORTÉS PAR L'ÉTUDE DES MINÉRALISATIONS DE LA ZONE HOUILLÈRE.</u>	p. 100
I. Données sur la tectonique hercynienne.	p. 100

II. Comportement des filons dans les phases tectoniques et métamorphiques d'âge alpin. p. 100

III. Comparaisons avec les minéralisations d'Amodon (zone Vanoise-Mont Pourri). p. 103

IVème PARTIE : LES MANIFESTATIONS HYDROTHERMALES D'AGE ALPIN.

Chap. I - FENTES ET FILONNETS D'EXSUDATION. p. 106

A. Terrains houillers. p. 106

-Etude des inclusions des quartz et albites. p. 108

B. Gneiss du Sapey. p. 109

C. Néopermien. p. 110

D. Quartzites. p. 110

E. Calcaires et dolomies. p. 111

F. Gypses, cargneules, grès du Keuper. p. 111

G. Schistes lustrés piémontais et pré-piémontais. p. 112

Conclusions. p. 112

Chap. II - LES MINERALISATIONS DU GRAND ARGENTIER-PAS DU ROC. p. 114

Origine des minéralisations, comparaisons. p. 115

CONCLUSIONS GENERALES. p. 117

La totalité des illustrations peut être consultée dans
l'exemplaire déposé au Laboratoire de Géologie Appliquée,
Faculté des Sciences, Paris.

B I B L I O G R A P H I E.

Abréviations employées :

CRAS. Compte--rendu de l'Académie des Sciences.
BSGF. Bulletin de la Société Géologique de France.
SCGF. Service de la Carte Géologique de France.
JM. Journal des Mines.

- BADOUREAU A. 1901. Le passé, le présent et l'avenir de l'industrie minérale dans l'arrondissement de Chambéry. Chambéry.
- BARBIER 1878. La Savoie minérale. Chambéry, Exposition universelle.
- BARELLI V. 1835. Cenni di statistica mineralogica degli Stati Sardi. Torino. (Fordatti)
- BEAUMONT E. de 1870. Sur les roches rencontrées dans le tunnel de Fréjus. CRAS; t 71, p 8.
- BEAUMONT E. de 1871. Deuxième note sur les roches qu'on a rencontrées dans le creusement du tunnel des Alpes occidentales entre Modane et Bardonnèche. CRAS, t 73, p689-715.
- BETEKHTIN A.G. 1954. Discussion sur le problème de l'origine sédimentaire de certains gites de Pb-Zn. Extrait Bull. Ac. Sc. URSS 1954 n°2. SCGAlgérie, Doc. n° 7, Ronéot. Alger 1957.
- BIGNAMI 1871. Ceniso e Frejus. Torino.
- BORDEAUX A. 1898. Explorations minières dans les Alpes. Liège.
- BORDEAUX A. 1925. Géologie et mines de Savoie. Paris.
- BOREL L. 1889. Notice historique sur les mines de Savoie. Rec. de Mém. et Doc. Ac. de la val. d'Isère. Mémoires. Vol.4, p 297.

- BUFFAULT P. 1936. Minerais et exploitations minières en Dauphiné. Revue Géol. Sc. t 47.
- CABY R. 1962. Etude géologique des terrains situés entre Modane et Bardonnèche, en vue du forage des puits d'aération du tunnel routier du Fréjus. Rap. inédit à la Sté des Travaux souterrains.
- CABY R.
KERCKHOVE C.
LEMOINE M. 1963. Présence de témoins attribuables à la série du Flysch à Helminthoïdes dans la partie externe du pays des Schistes lustrés des Alpes cottiennes. CRAS, t 256, p 2003.
- CAILLAUX A. 1875. Tableau des mines métalliques de la France. Paris, Baudry.
- CHABRAND E. 1900. Note sur les gîtes métallifères des Alpes, Tarentaise et Maurienne. Paris. Dunod.
- CHABRAND E. 1905. Fonderies des Alpes delphino-savoisiennes. Ass. F. Avanc. Sc. Congrès de Grenoble. p 293.
- CHADLOUN T.N. 1954. Sur certaines structures métamorphiques de minerai. Ext. du Bull. Ac. Sc. URSS n°2. Serv. carte Géol. Algérie. Doc. n°15. Ronéot. Alger 1957.
- CHARRIN V. 1951. Les ressources minérales de la Savoie. Génie Civil. t CXXVIII.
- CONTE 1863. Rapport sur le percement du Grand tunnel des Alpes. An. Ponts et Chauss. 1er sem. 4ème série, t V.
- DAYMONAZ 1858. Mémoire sur les mines, fonderies et forges de la Haute Maurienne. Annecy. Burdet
- DEBELMAS J. 1955. Les zones sub-briançonnaise et briançonnaise occidentale entre Vallouise et Guillestre (Htes Alpes). Thèse. Imp. Nat. Paris.
- DEBELMAS J.
LEMOINE M. 1955. Une unité tectonique nouvelle dans le massif de Peyre-Haute (zone du Briançonnais, Htes Alpes) : la Nappe du Flysch de Furfande. BSGF, t 5, p 86-88.
- DEBELMAS J.
LEMOINE M. 1962. Remarques sur la structure de la zone briançonnaise dans le massif de Peyre Haute entre Briançon et la vallée du Guil (Htes Alpes). Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. de Grenoble. t 38, p 205-217.

- DEICHA G. 1948. Quelques observations sur les voies de minéralisation post-triasiques en bordure S.O. du Mont Blanc. BSGF, p 230.
- DEICHA G. 1955. Feldspathisation alpine en bordure S.O. du massif du Mont Blanc. BSGF, p 327.
- DEICHA G. 1957. Quartz d'exsudation et filons stériles. Cahiers Géol. n°43. Juillet 1957.
- DEICHA G. 1958. Contribution à l'étude des témoins d'actions pneumatolytiques d'âge alpin : résultats d'observations dans les Alpes lépon-tiennes. BSGF. t VIII, p 633-640.
- DOMAREV V.S. 1954. Les traits caractéristiques des gîtes hydrothermaux et métamorphogènes du groupe métamorphogène régional. Extr. CRAS URSS. 1954 n°3. SCGAlgérie, Doc. n°25. Ronéot. Alger 1958.
- ESPINE d' 1858. Notice statistique sur l'industrie minière des Etats Sardes. Turin. Favale.
- ESPINE d' 1871. Procès verbal de visite de la mine des Sarrazins. Inédit.
- ELLENBERGER F. 1958. Etude géologique du pays de Vanoise. Thèse. Imp. Nat. Paris.
- ELLENBERGER F. 1960. Sur une paragenèse éphémère à lawsonite et glaucophane dans le métamorphisme alpin en Haute Maurienne. BSGF, t II, p 190.
- ELLENBERGER F. 1955. Les faciès prépiémontais et le problème du passage de la zone du Briançonnais aux Schistes lustrés piémontais. BSGF. p 146-148.
- LEMOINE M.
- FABRE J. 1961. Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et Tarentaise (Alpes de Savoie). Thèse, BRGM.
- FERSMAN A.E. 1915. Sur la minéralogie des sédiments carbonifères des alentours de la région de Borovitchy. Bull. Ac. Sc. URSS.
- FEYS R. 1955. Le Carbonifère sur la rive gauche de la Clarée et en Vallée Etroite (Htes Alpes) SCGF. n° 246, p 13.
- FEYS R. 1957. Etude géologique du Carbonifère briançonnais (Htes Alpes). Thèse ronéot.

- FEYS R.
RICOUR J. 1948. Coupes géologiques des différentes galeries-aqueduc du barrage de Bissorte (Savoie). Rapport inédit. BRGM.
- FRANCHI S. 1911. Il reticoquale zona di transizione fra dolomia principale ed il Lias a "facies piemontese" calceschisti con Belemniti e pietre verdi nel'alta valle di Susa. Boll. R. Comit. Geol. d'Italia. XLI, 3, p 36, pl 2.
- GASTALDI B. 1871. Studii geologica sulle Alpi occidentali. Florence.
- GEYMARD 1857. Gisements métallifères de Savoie, Dauphiné. Cong. Sc. de France. Session 24. Grenoble I. p 425.
- GIDON M. 1962. La zone briançonnaise en Haute Ubaye (Basses Alpes) et son prolongement au S.E. Thèse. Imp. Nat. Paris.
- HASSENFRATZ V. 1797.(?). Observations sur les Mines de la Maurienne. J.M. VII.
- KILIAN W. 1903. Sur l'origine de la structure en éventail. BSGF. (4) III. p 670.
- KILIAN W. 1891. Sur la structure géologique du Massif du Thabor. BSSICR. 22 décembre 1890. série IV. p 655. BSGF. 2 février 1891.
- KONSTANTINOV M. 1954. Problèmes immédiats concernant l'étude de la genèse des gîtes sédimentaires de plomb et zinc. Ext. du Bull. Ac. Sc. URSS. Série géol. 1954 n°2. Sur le rôle de la diagenèse et du métamorphisme dans l'édification de gisements sédimentaires du Pb et du Zn. Service Carte Géol. Algérie, Doc. n°6. Ronéot. Alger 1957.
- LACHAT H. 1861. Relation sur les mines du département de Savoie et de leur exploitation. (Peisey, Macot, Le Sault, La Croix de Verdon, Les Sarrazins). Inédit. BRGM.
- LELIVEC 1806. Statistique des mines et usines du département du Mont Blanc. J.M. vol. XIX, p 113.
- LEMOINE M. 1950. Le Jurassique supérieur et le Crétacé près de Névache. CRAS. 8 mai 1950.

- LEMOINE M. 1951. Données nouvelles sur la géologie du Briançonnais oriental et le problème de la 4ème écaïlle. BSGF. 6ème série, in 8, p 191-204.
- LEMOINE M. 1954. Stratigraphie de la zone piémontaise (Schistes lustrés du Queyras). SCGF. 241-242. p 273.
- LEMOINE M. 1954. Le Paleozoïque de Vallée Etroite, Clarée. SCGF. C.R. 1954.
- LEMOINE M. 1955. Note préliminaire sur le mode de gisement de certaines ophiolites des Schistes lustrés du Queyras (Htes Alpes). BSGF. V. p 94-96.
- LEMOINE M. 1960. Esquisse d'une représentation de la paléogéographie de la marge de la zone briançonnaise au Jurassique et au Crétacé (transversales de Briançon et du Queyras). BSGF. V. p 102-104.
- LEMOINE M. 1961 (a). Le Briançonnais interne et le bord de la zone des Schistes lustrés dans les vallées du Guil et de l'Ubaye. Trav. du Lab. de Géol. Fac. des Sc. de Grenoble. t 37. p 97-119.
- LEMOINE M. 1961 (b). Observations nouvelles et considérations sur la signification des ophiolites dans les Schistes lustrés du Queyras (Htes Alpes) et des régions voisines. BSGF. VII. p 186-187.
- LEMOINE M. 1961 (c). La marge externe de la fosse piémontaise dans les Alpes occidentales. Rev. de Géogr. Phys. et Géol. Dyn. IV. p 163-180
- LEMOINE M. 1962 (6). Découverte d'une microfaune du Crétacé supérieur au Col du Longet (sources de l'Ubaye, Basses Alpes). Conséquences tectoniques et paléogéographiques. BSGF. IX. p 234-235.
- LOUGNON J. 1962. Etude métallogénique de la Miniera di Vallauria près de Tende (Alpes Mmes). Rapport inédit, BRGM.
- MARCHAL Ch. 1897. Le Briançonnais. Richesses minérales et substances susceptibles d'exploitation. Gap. Vollaïre.

- MORET L. 1925. Les ressources minérales de la province de Savoie. Trav. Lab. Géol. de Grenoble. XIV.
- MORET L. 1948. Les faciès du laminage des quartzites du Trias alpin. BSGF. p 61-62.
- MORTILLET G. de 1857. Etudes géologiques sur la percée du Mont Cenis. Chambéry.
- MORTILLET G. de 1858. Géologie et minéralogie de la Savoie. Chambéry.
- MORTILLET G. de 1872. Géologie du tunnel de Fréjus ou percée du Mont Cenis. BSGF. XXIX. série 2. p11.
- PETIGRAND 1855. Rapport sur les mines et usines à fer de la Maurienne.
- PUSSENOT Ch. 1930. La nappe du Briançonnais et le bord de la zone des Schistes lustrés entre l'Arc et le Guil. Grenoble. 160 p. 4 pl.
- PUSSENOT Ch. 1931. Premier supplément à la "Nappe du Briançonnais et le bord de la zone des Schistes lustrés entre l'Arc et le Guil". Grenoble. Imp. Allier.
- RAGUIN E. 1931. Révision de la feuille de Briançon au 80.000ème. Le Briançonnais et la bordure des Schistes lustrés. SCGF. XXXIV. p 187-198.
- RAGUIN E. 1938. La mine de plomb argentifère de la Plagne (Savoie). Ann. des Mines. Fevr. 1938.
- REVIL J. 1918. Les richesses industrielles minérales de la Savoie. Bull. Hist. Nat. Savoie. t XVIII.
- ROBILANT N. 1784-85. Essai topographique, géographique et minéralogique des États du Roi de Sardaigne. Mém. Ac. Sc. Torino. Vol. VI.
- ROGEL P. 1961. Etude géologique et métallogénique du gisement de plomb de la Plagne (Savoie). Thèse 3ème cycle, Lab. Géol. Ap. Paris.
- ROJKOVA
CHTEHERBACK 1958. Sur l'adsorbition du plomb par différentes roches et son rôle possible dans la formation des gites. Alger 1958. BSCG Alg.: Extr. Bull. Ac. Sc. URSS. n°2. 1956.

- SALOP L.I. 1954. Sur le métamorphisme des minéraux métalliques dans la série pyriteuse de la province septentrionale montagneuse de Baïkalie. Extr. Bull. Ac. Sc. URSS. série Géol. n°1. SCGAlgérie. Doc. n°19. 1957. Ronéot. Alger.
- SISMONDA A. 1872. Observation à l'article de G. de Mortillet intitulé : "Géologie du tunnel de Fréjus ou percée du Mont Cenis". Turin. Imp. Royale.
- TISSOT B. 1955. Etudes géologiques du Grand Galibier et du massif des Cerces. Trav. Lab. Géol. de Grenoble. XXXII. p 111.
- VERNEILH 1807. Statistique générale de la France. Statistique du Département du Mont Blanc. Paris. Testu.
- DOCUMENTS INEDITS ET ANONYMES :
Rapports manuscrits, P.V. de visite d'ingénieurs des Mines. BRGM.
Id. Service des Mines de Grenoble.

Jo. Fall.

Bibliothèque
I.S.T.E.E.N.

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

ETUDE GEOLOGIQUE ET METALLOGENIQUE
DU BORD INTERNE DE LA ZONE HOUILLERE ET
DE LA BORDURE DES SCHISTES LUSTRES
ENTRE MODANE ET LA VALLEE ETROITE
(SAVOIE, HAUT VAL DE SUSAS)

par

Renaud CABY.

- ILLUSTRATIONS -

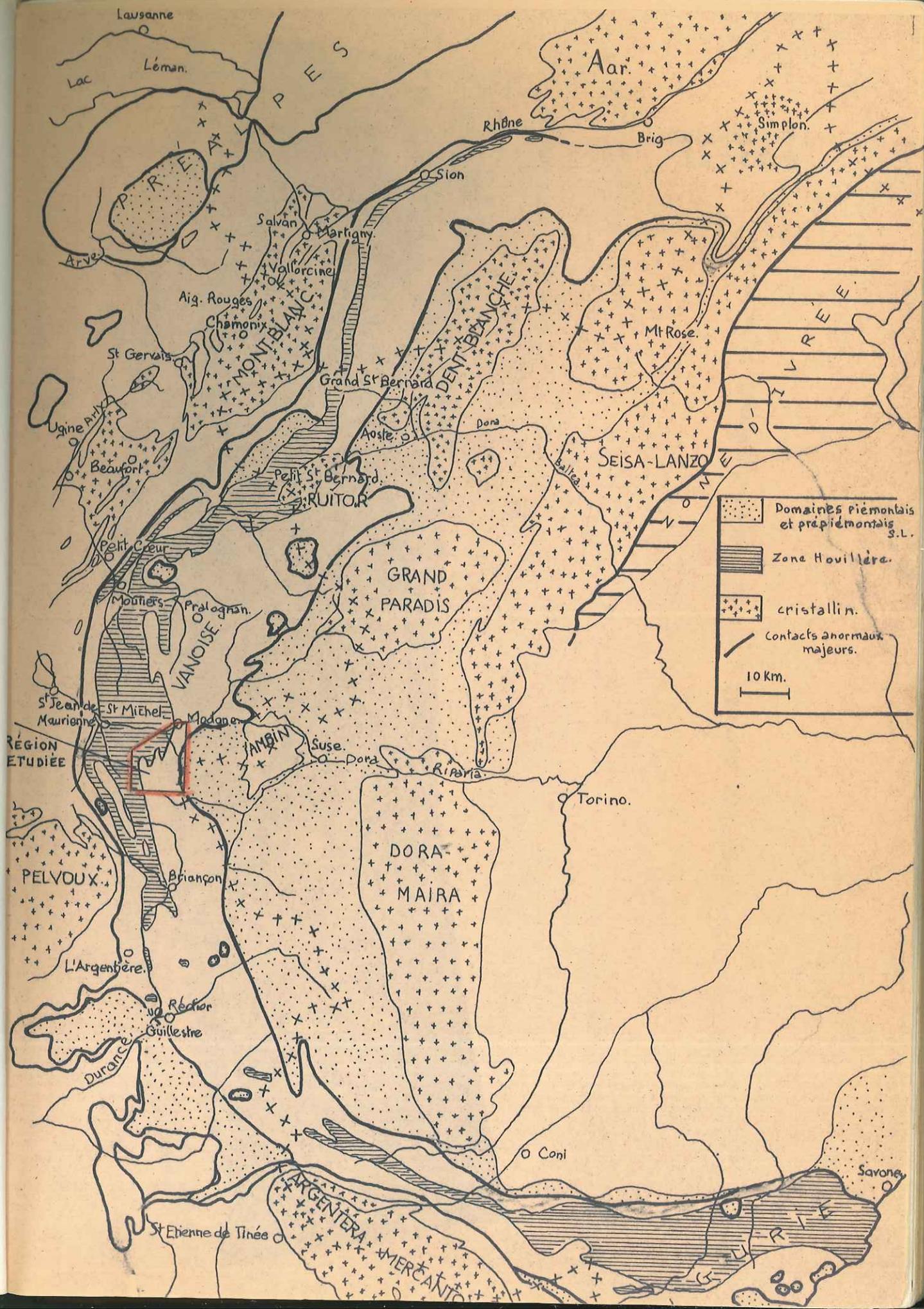




Figure n° 1. Panorama général , vu du sommet du Grand Argentier.

Bibliothèque
I.S.T.E.E.M.

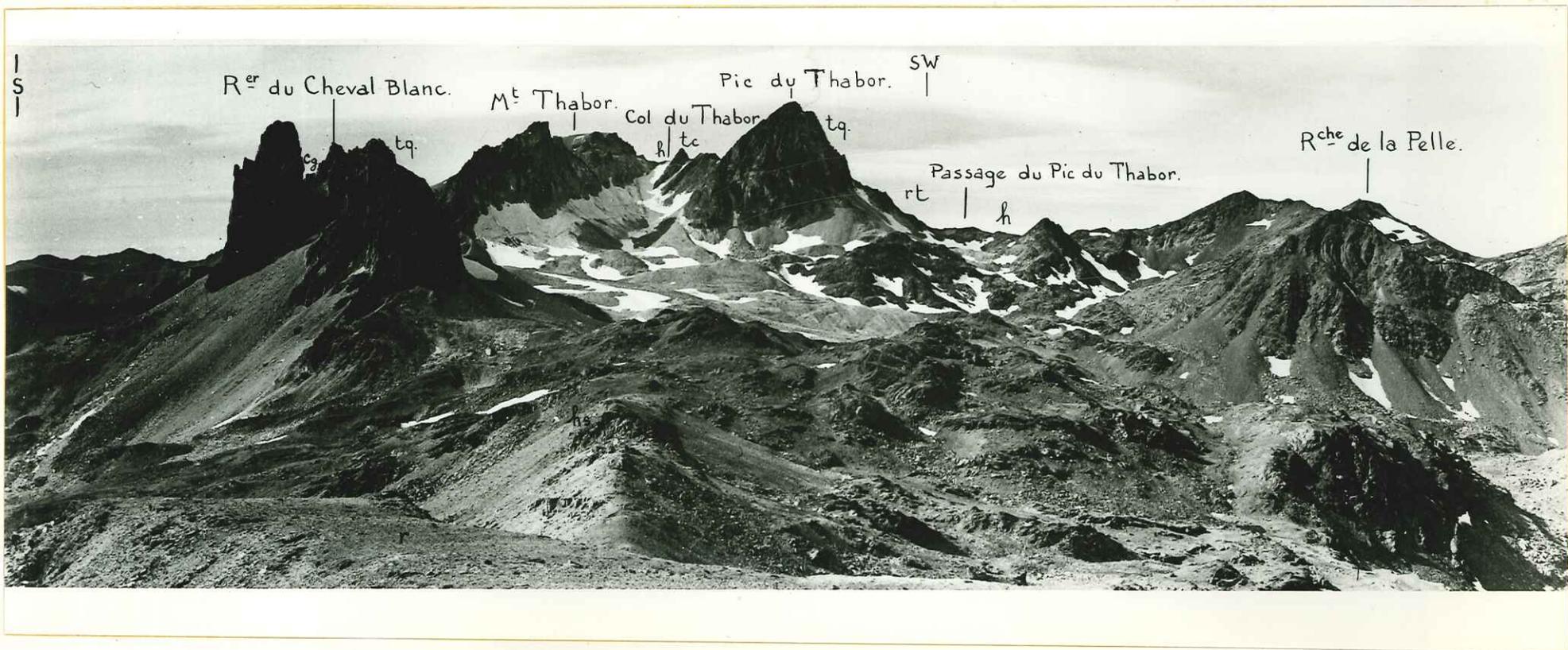


Fig. 2 - Le Massif du Thabor, vu de la crête des Roches ;
noter le lambeau de Houiller qui jalonne l'accident du Thabor à pendage Est,
et le pli couché de la Roche de la Pelle.



Fig. 5 - Grès à stratifications entrecroisées ; couches renversées, face Est de la crête des Sarrazins.



Fig. 4 - Conglomérats polygéniques des Herbiers.



Fig. 6 - Echantillon de grès houiller particulièrement plissé, provenant de l'éboulement des Herbiers ; noter la schistosité de fracture naissante.



Fig. 7 - Grès plissé (même provenance que fig. 6).
Le degré de métamorphisme est celui d'un véritable micaschiste : alternance de lits de quartz (et d'albite), et de lits phylliteux (surtout micas blancs) Nicols croisés. (x40).



Fig. 8 - Grès houiller laminé (Plan Raphin). Notez la forme fusiforme des grains de quartz craquelés, et la formation d'yeux phylliteux complexes (chlorite, séricite) avec les clivages (001) obliques à la stratification. Nicols croisés. (x40).



Fig. 9 - Grès houiller (Le Charmaix). Albite, maclée de néoformation riche en inclusions de rutile. Muscovite détritique (M) ; fond de quartz et séricite. Nicols croisés. (x40).

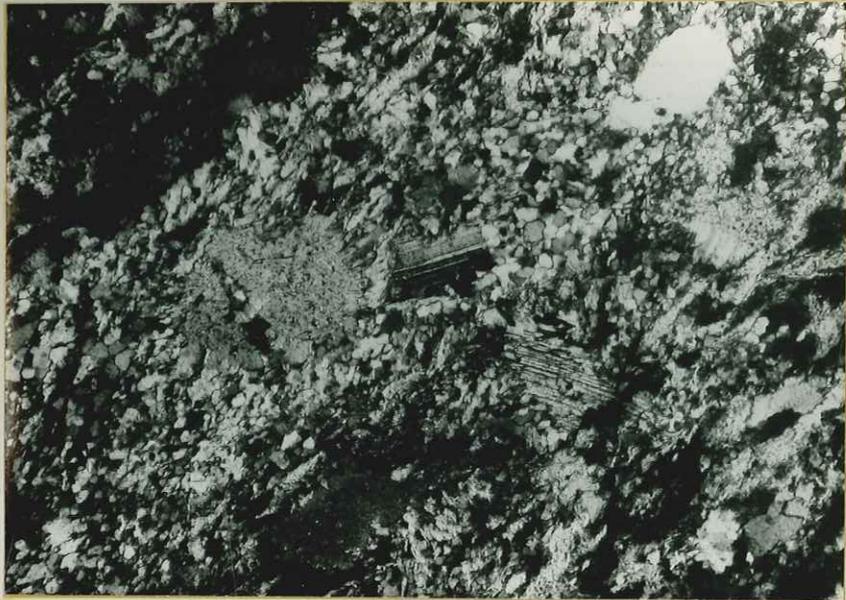


Fig. 10 - Albites néoformées et albites détritiques ;
grès houiller des Herbiers. (x40).



Fig. 12 - Grès laminé vert et violet à passées d'oligiste
(Mur stratigraphique de la couche minéralisée du
Banchet).

Fig 11.

TROIS COUPES SCHÉMATIQUES AU NIVEAU DE LA MINE DU BANCHET

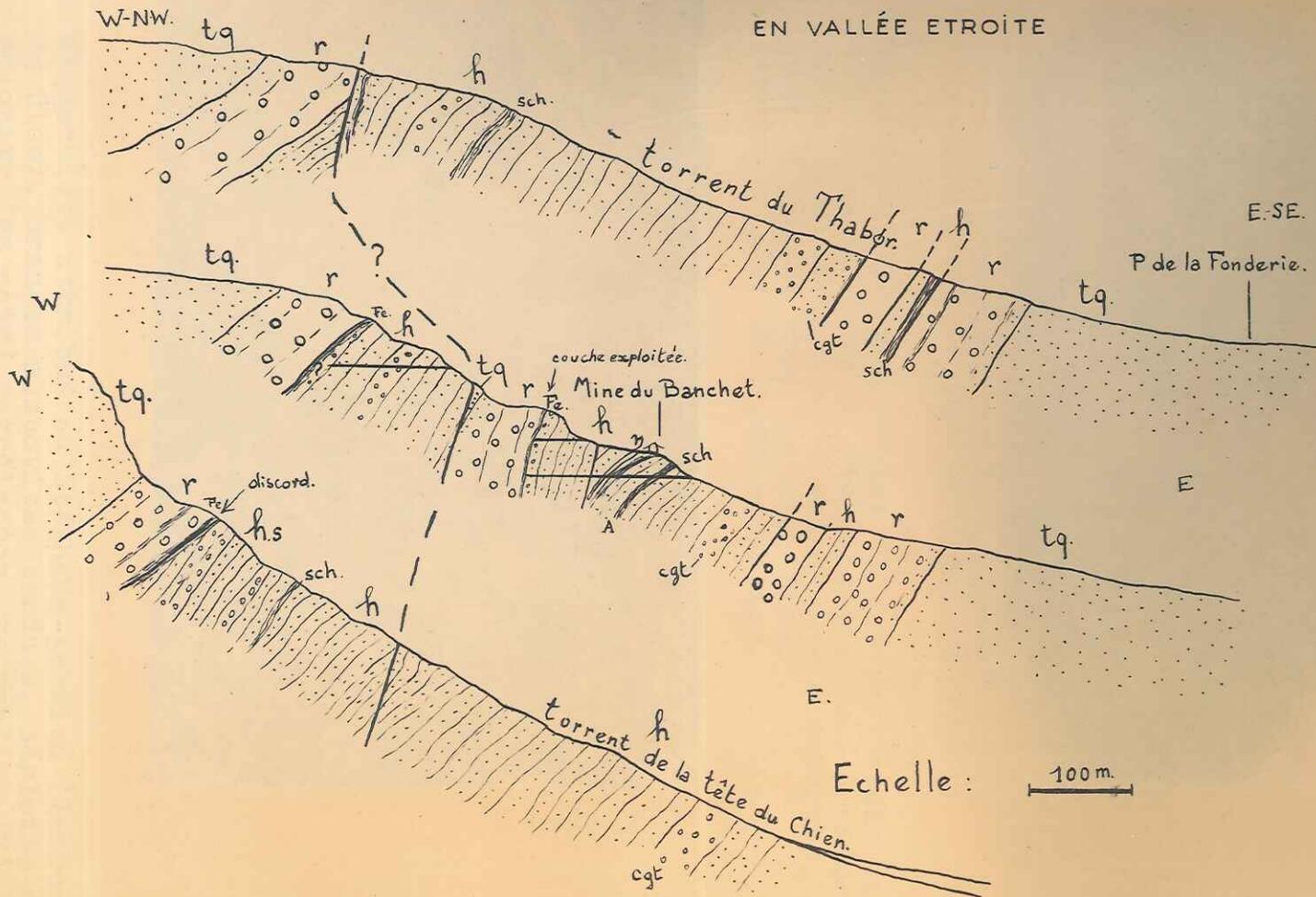




Fig. 13 - Micaschiste vert et violet (lit sombre riche en oligiste) attribué au Stéphano-permien. Grandes muscovites, chlorite et tourmaline automorphe, yeux de quartz rose (galets étirés). Lambeau du Col de Fontaine Froide.



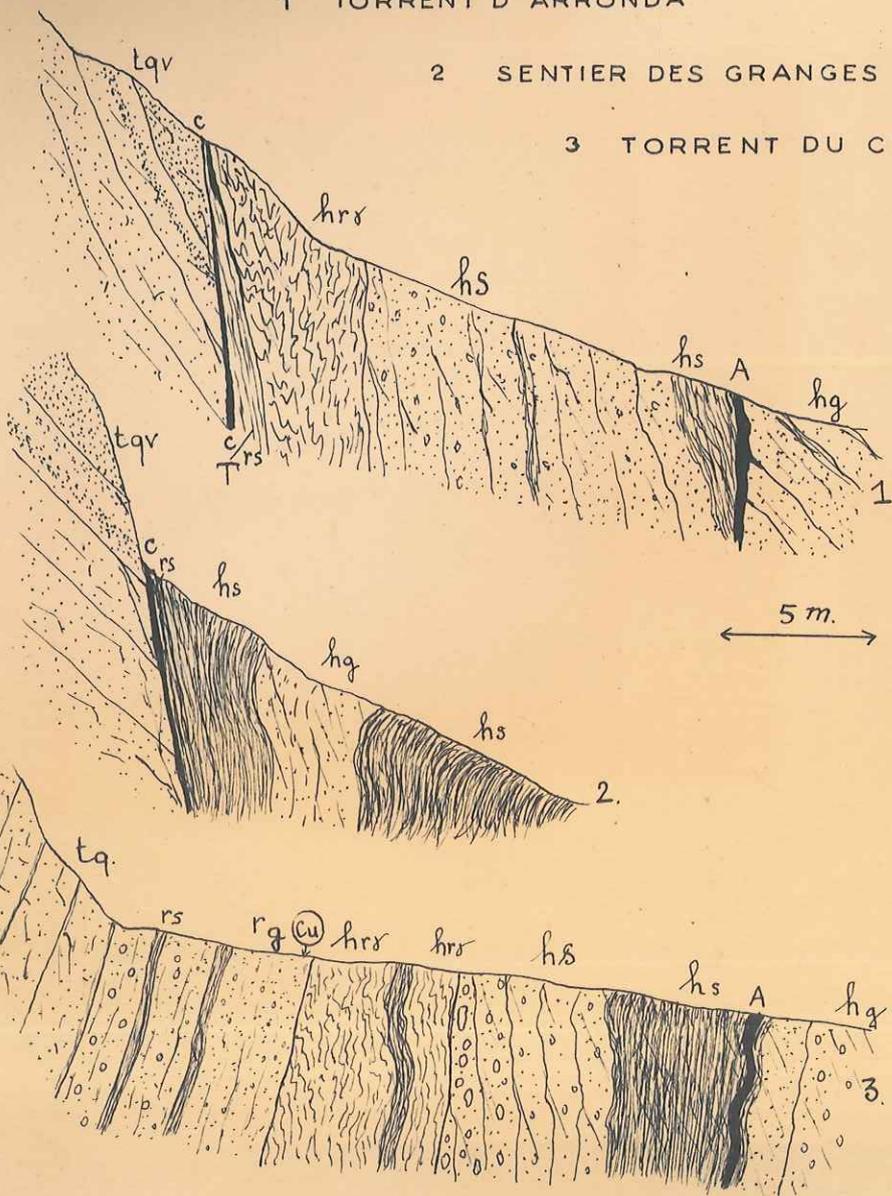
Fig. 14 - Micaschiste attribué au Stéphano-permien (lambeau du Clos). Grandes muscovites tordues, séricite et chlorite (en noir) entrelacées, tourmaline (T) ; notez la schistosité naissante perpendiculaire aux muscovites. Nicols croisés. (x40).

Fig n°15 DIFFICULTÉS D'INTERPRÉTATION DES COUPES NATURELLES

1 TORRENT D'ARRONDA

2 SENTIER DES GRANGES D'ARRONDA

3 TORRENT DU CHARMET EN AVAL DU SEUIL



T = tourmaline (voir p.)

Ⓞ = indices de Cuivre (voir p.)

c = cipolin jaunâtre (cargneule recristallisée.)

tqv = quartzites verts et violets.

tq = quartzites triasiques

rs = schistes verts et mauves.

r = permien rg = grès-quantzites blancs sériciteux.

1 = gneiss verts à grands feldspaths.

hrs = micaschistes verts à muscovite.

hs = stéphanien? | grès verts ou tachetés de violet.
conglomérats polygéniques.

s = schistes noirs.

h = houiller g = grès.

A = Anthracite.

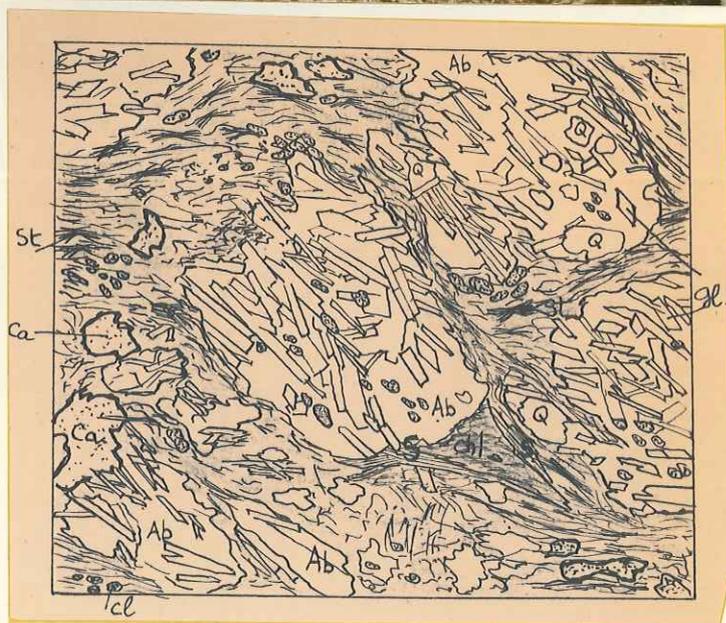


Fig. 16 - Prasinite à glaucophane (route du Replat, Modane). Anciennes albites dans lesquelles la glaucophane (Gl) a été conservée ; le fond laminé de la roche est constitué de chlorite (Chl), séricite (s) rare et stilnomélane (st). De nombreux grains de clinozoïsite (cl) sont présents, ainsi que de grandes plages de calcite ; un peu de quartz. Nicols croisés. (x40).



Fig. 17. Grès feldspathique. Les feldspaths potassiques (en gris) sont comme écrasés et plus ou moins "digérés" par le ciment microcristallin de quartz et séricite. Notez les "golfses de corrosion" produits par le ciment, et le grain polycristallin. Néopermien, Pointe Mulatière (Vallée Etroite). (x15).

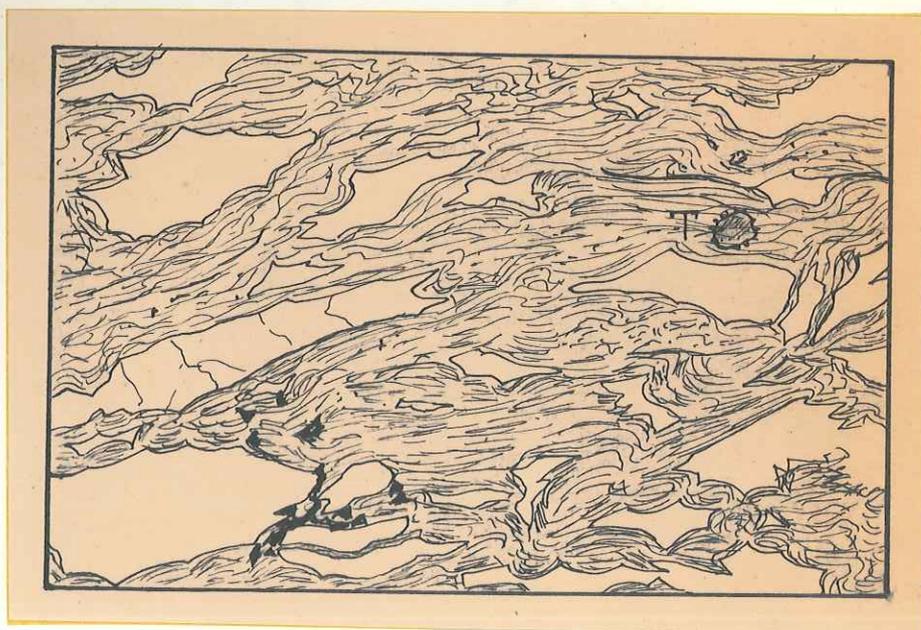


Fig. 18. Séricitoschiste onctueux au toucher (Néopermien de Fonge Lune). Quartz corrodés, mouchetures d'ankérite (en noir), tourmaline tardive (T). (x40).

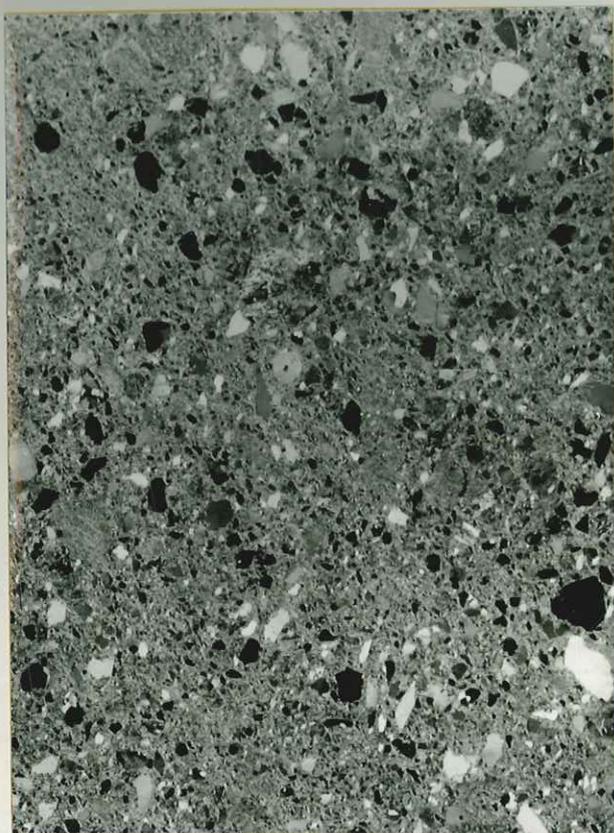


Fig. 19 - Grès vert permien en petits bancs (Néopermien, crête Sainte Marguerite). Quartz anguleux, certains sub-automorphes à golfes de corrosion ; fantômes de feldspaths, ciment sériciteux très abondant.
Matériel remanié d'origine pyroclastique (acide) probable.
Nicols croisés. (x12).



Fig. 20 - Niveaux sableux dans les quartzites. Versant N.O.
de la montagne 1944, Sud de Modane.

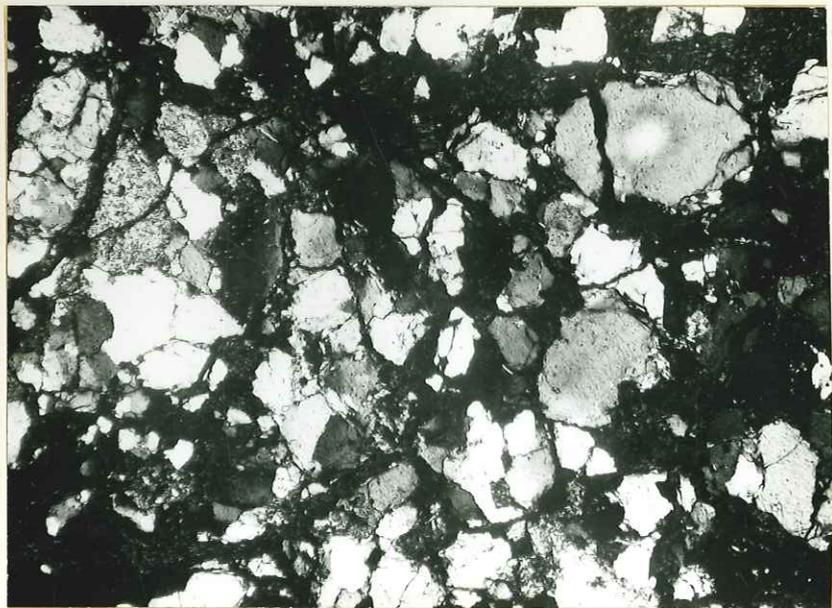


Fig. 21 - Quartzite triasique broyé et injecté d'anhydrite
(lamelles sombres). Montagne 1944.
Nicols croisés. (x40).

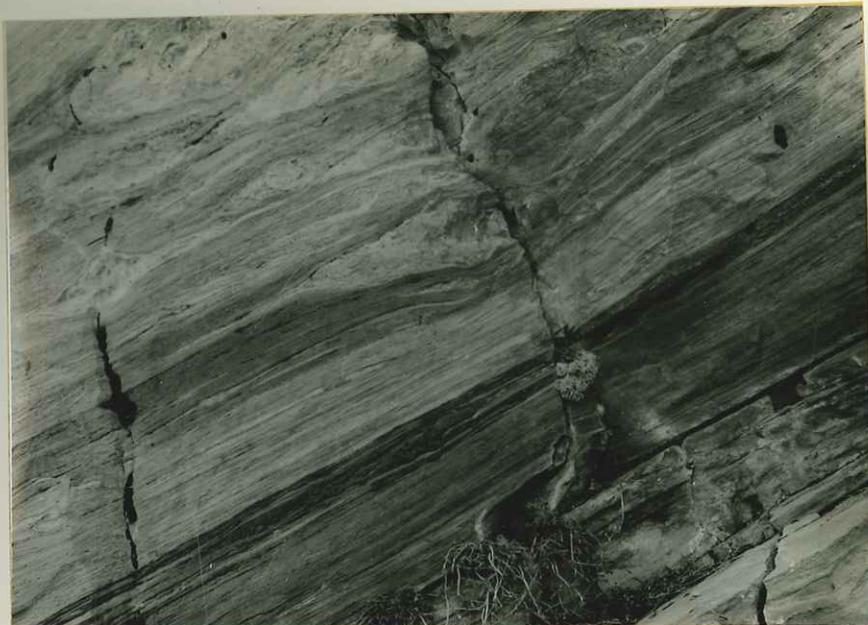


Fig. 22 - Calcaires virgloriens marmorisés à filets d'olistolite. Les lits dolomitiques sont rompus et réduits à des boules qui nagent dans le calcaire intensément laminé.
(L'échelle est donnée par l'herbe).



Fig. 23 - Calcaire noir organogène. Sommet du Virglorien, coupe de la Planette ; de nombreux Gastéropodes de petite taille sont reconnaissables ainsi que des tests de Lamellibranches, des spicules d'Our-sins.
Lumière naturelle. (x12).

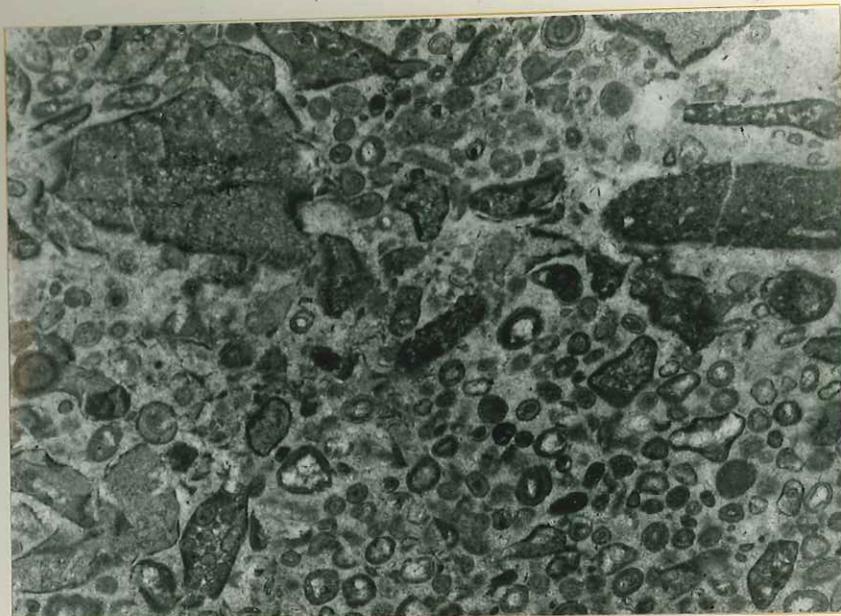


Fig. 24 - Dolomie à grosses encrines, sommet du Ladinien
Cîme de la Planette. Oolithes, pseudo-oolithes.
Lumière naturelle. (x12).

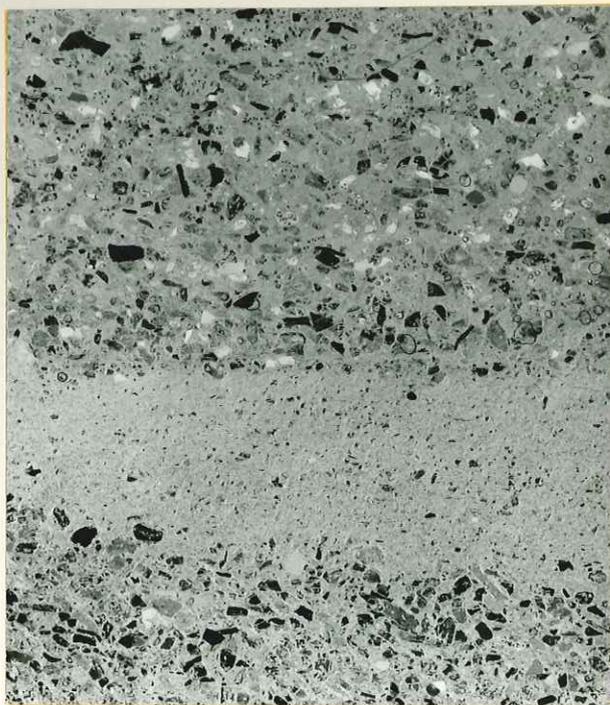


Fig. 25 - Cinérite du Ladinien (Montagne d'Arrondas) :
alternance de lits de fine séricite et de lits
riches en fragments de quartz automorphes à golfes,
en feldspaths (potassiques ?) et en minéraux
opaques (oligiste, ilménite ?).
Nicols croisés. (x9).



LE MASSIF DU GRAND ARGENTIER, VU DE LA P^{te} DU FREJUS (2932) fig 26.

T₅, g = gypses (Kleuper) T_d Dolomies (NORIEN?) Li = Lias inférieur (+rhétien) L.P. Lias prépiémontais S.L. Schistes lustrés
 Br = Brèche.



Fig. 27 - Contact de transgression : brèche à éléments calcaires et dolomitiques, à ciment schisteux noir où sont interstratifiés des lits et nodules carbonatés manganésifères. Ouest du Piano dei Morti.



Fig. 28 - Pseudo-entrouques du Col de Fréjus (versant italien) La texture du calcschiste peu déformé a été conservée ; le reste a recristallisé en carbonates, quartz, séricite, et le pigment carboné s'est concentré dans les fissures et les joints de schistosité ici peu développée. Lumière naturelle. (x10).



Fig. 29 - Pseudo-entrouques (Col du Fréjus). Résidus de microplis (flancs normaux) nageant dans le fond recristallisé en calcite et quartz, présentant déjà une amorce de foliation soulignée par les trainées sombres charbonneuses. Lumière naturelle. (x16).



Fig. 30 - Chlorite-schiste albitique. Col d'Arronda. Très nombreuses albites pour la plupart surimposées à la roche déjà plissotée ; amphiboles totalement pseudomorphosées en chlorite et rutile, visibles aussi en fantômes (rutile) dans les albites. Quartz et séricite rares. Nicols croisés. (x40).

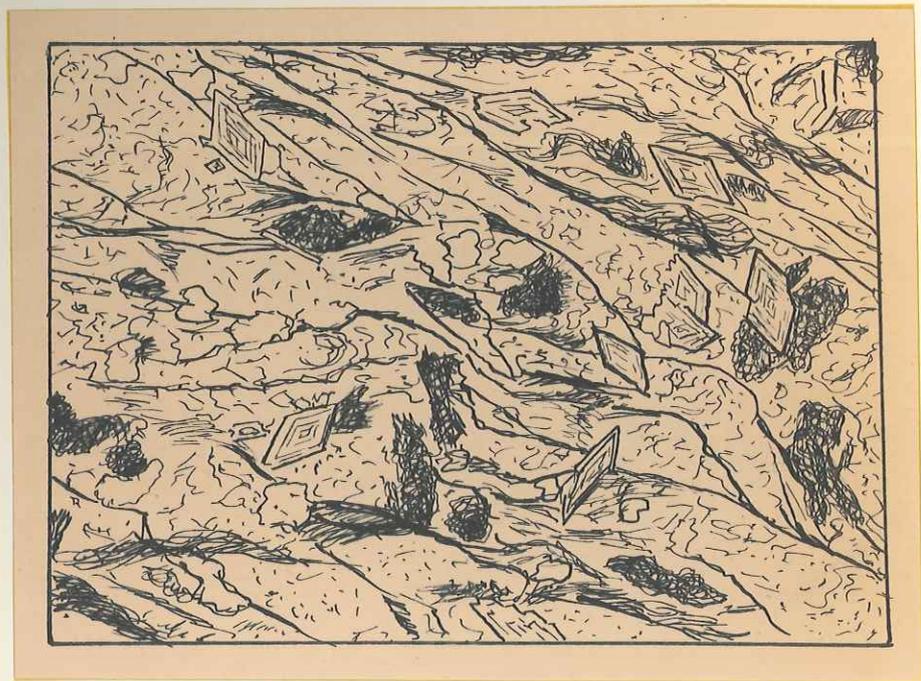
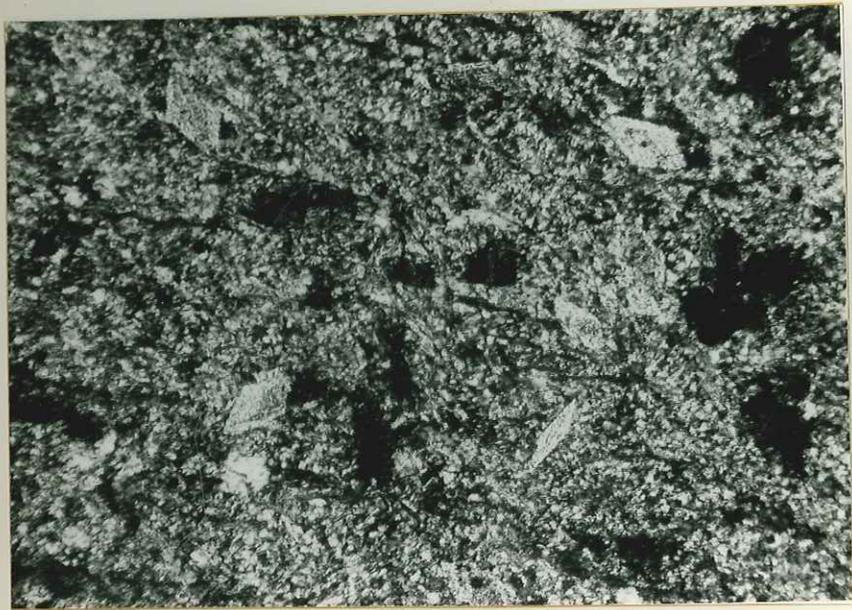


Fig. 31 - Chloritoschiste à glaucophane. Pied Ouest du Petit Argentier. Prismes de glaucophane tardifs non orientés, cicatrisant la schistosité ; fond de quartz, albite, chlorite, séricite ; anciennes glaucophanes déformées, incomplètement pseudomorphosées en chlorite. Nicols croisés. (x60).



Fig. 32 - Schiste siliceux, ici très laminé. Col de la Roue. Alternance de fins lits microquartzitiques et sériciteux. Nicols croisés. (x10).



Fig. 33 - Quartzite à glaucophane. Pied Ouest du Grand Argentier ; alternance de lits à gros grain et de lits microquartzitiques riches en sphène et leucocène, dans lesquels s'est préférentiellement développée la glaucophane en gerbes (partiellement recoupée par des veinules de chlorite très verte et de stilpnomélane). Nicols croisés. (x10).

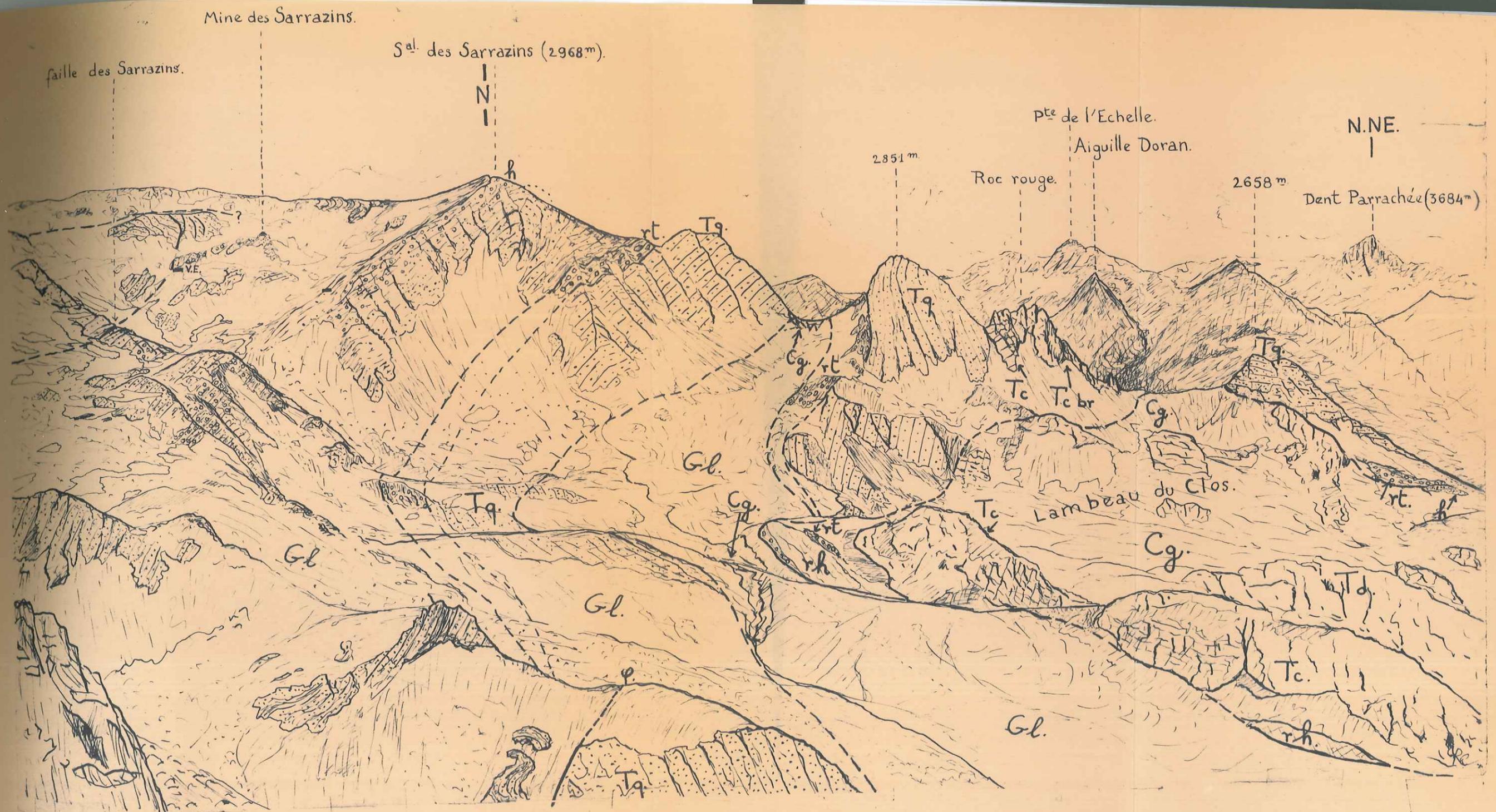


fig 33^{bis} LES CRETES DES SARRAZINS ET DU ROC ROUGE VUES DU ROC MOUNIO

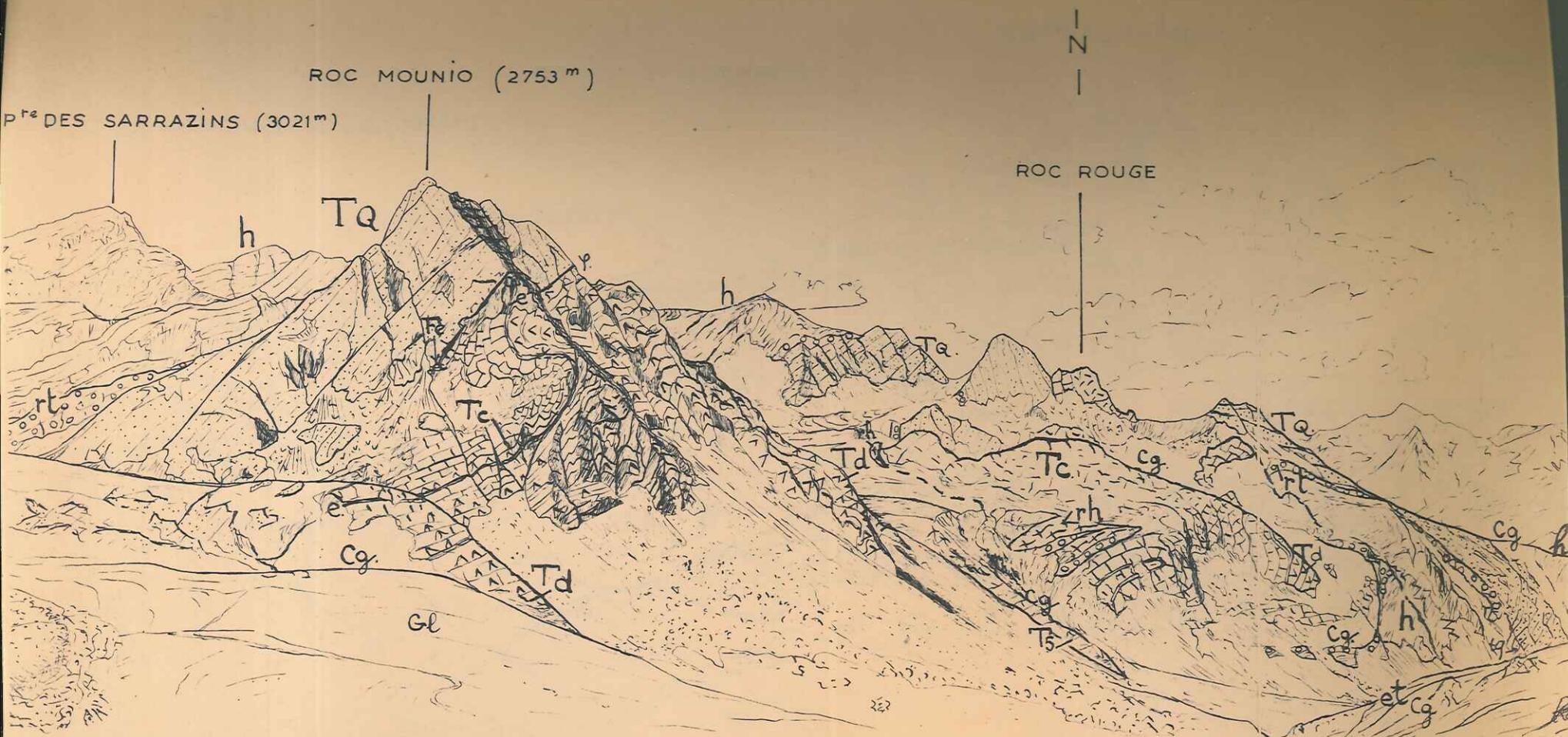


fig 34. LE ROC MOUNIO ET LE LAMBEAU ALLOCHTONE DU CLOS

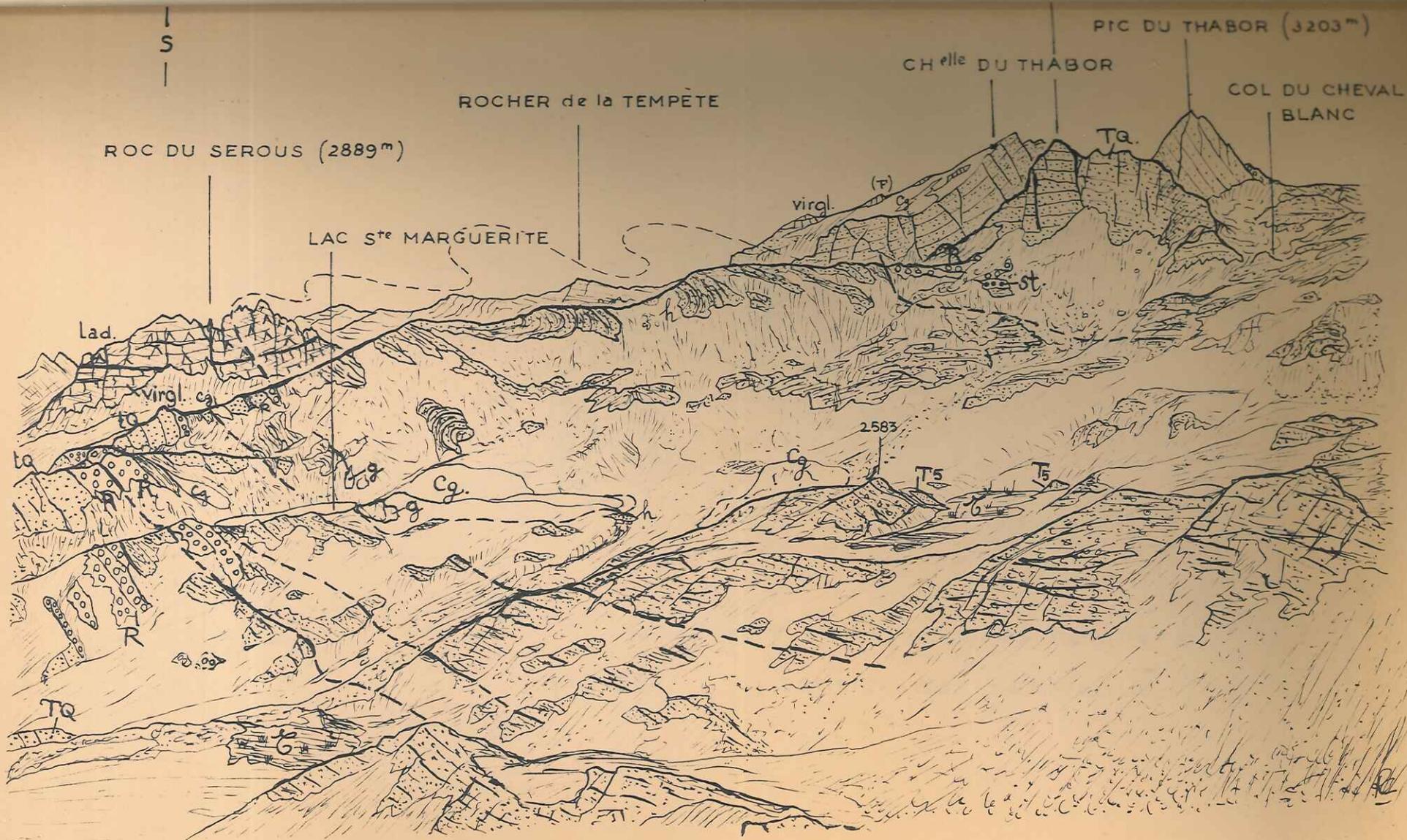
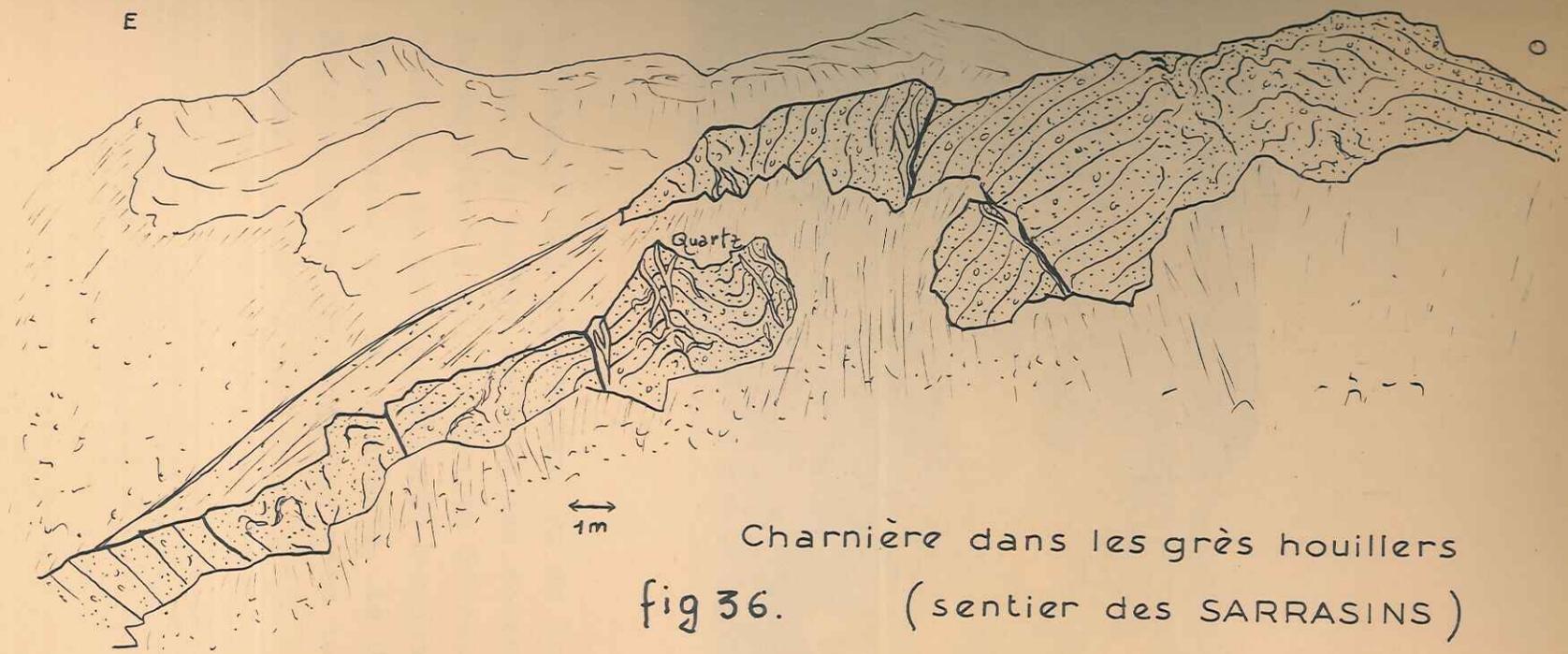


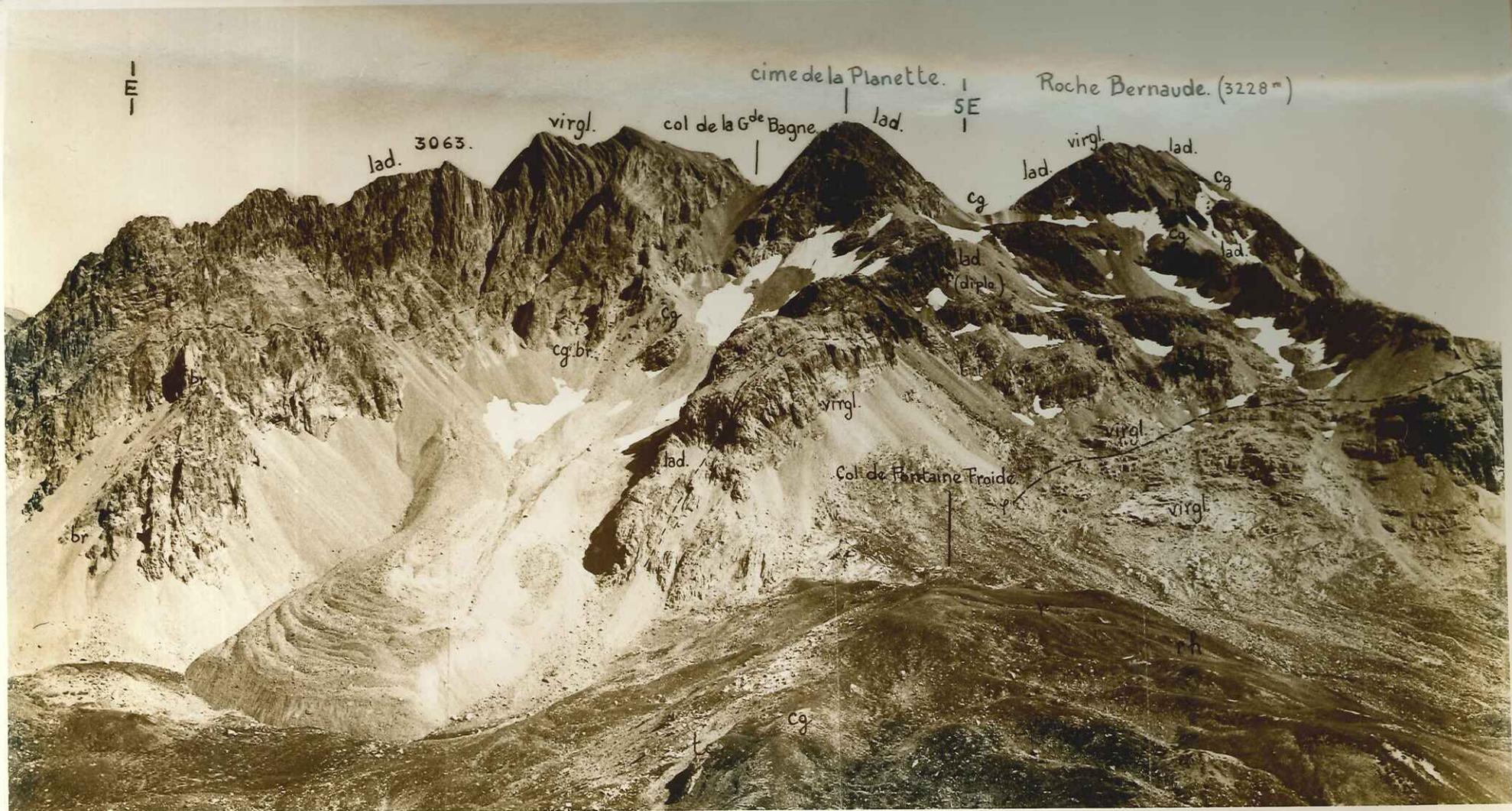
fig 35. VUE DU ROC MOUNIO



Charnière dans les grès houillers
fig 36. (sentier des SARRASINS)



Fig. 37 - Le Massif des Rois Mages, vu du Mont Thabor.
Notez les barres sombres des dolomies ladinienes.
Au deuxième plan, le Pic du Sérours (Trias autoch-
tone sur la zone houillère) reposant sur les
quartzites. Au fond à droite, le défilé de Vallée
Etroite et la prolongation vers le Sud des Rois
Mages.



E

cime de la Planette.

Roche Bernaude. (3228m)

lad. 3063.

virgl.

col de la G^{de} Bagne

lad.

SE

lad.

lad.

cg.

cg.

lad. (diple)

cg.

lad.

cg. br.

br.

virgl.

virgl.

Col de Fontaine Froide

virgl.

cg.

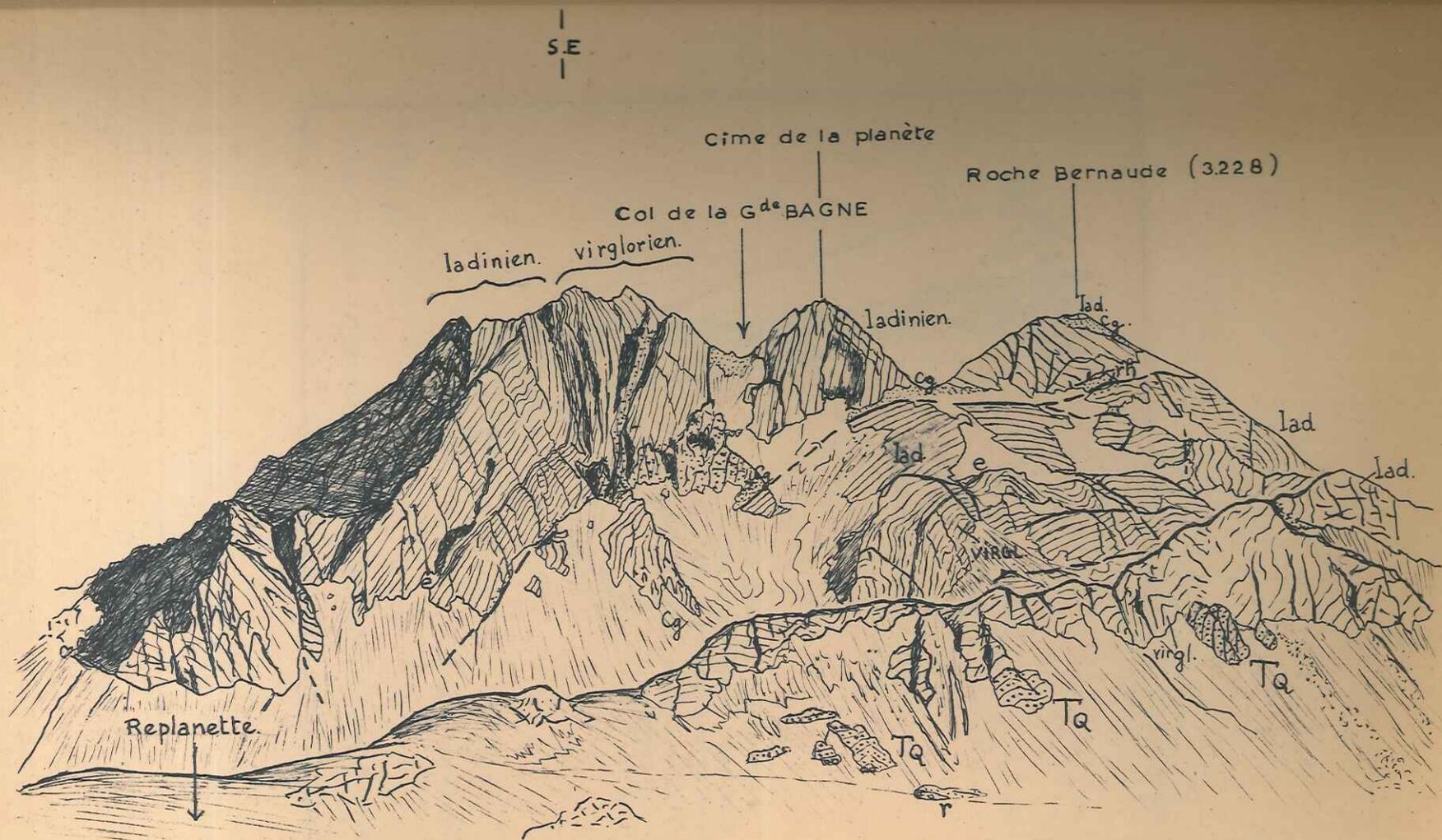
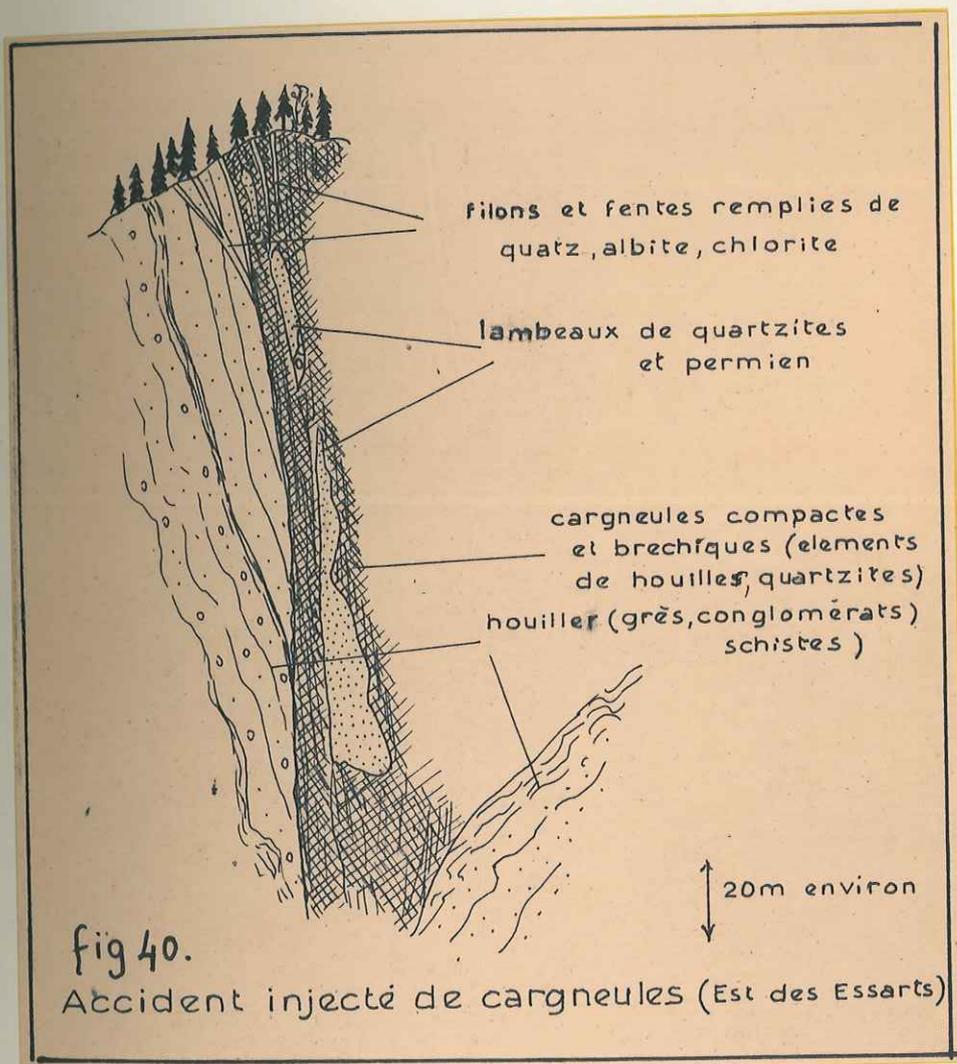


fig 39. LE MASSIF DES ROIS MAGES VU DU ROC MOUNIO



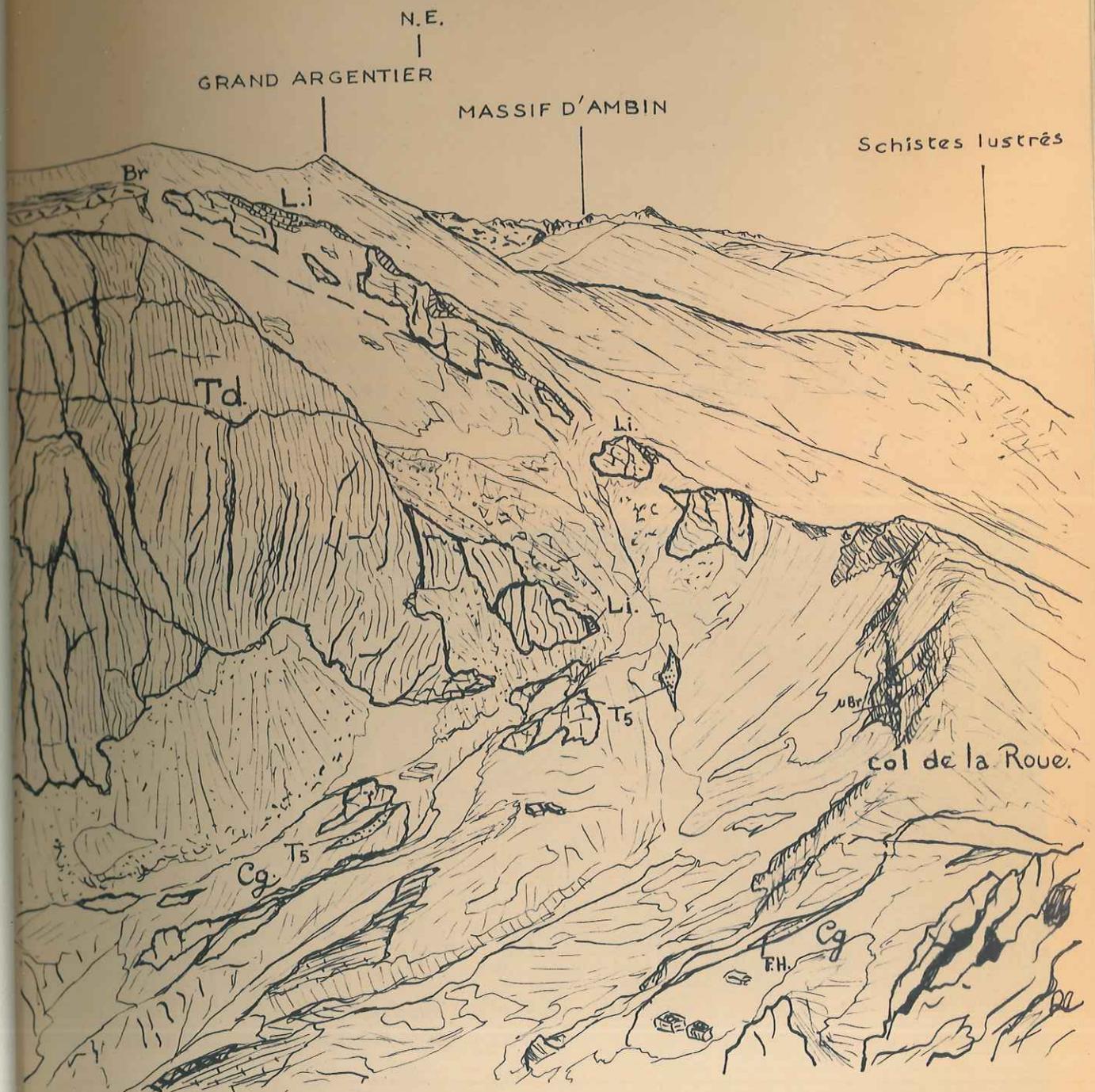


fig 41. LE VERSANT SUD DU GRAND ARGENTIER

Fig. 42 - Filonnet d'ankérite à mouches de chalcoppyrite, cloisonné par du quartz laiteux. Polis glaciaires dans les grès houillers, glacier de Chavière. (Nord de Modane).



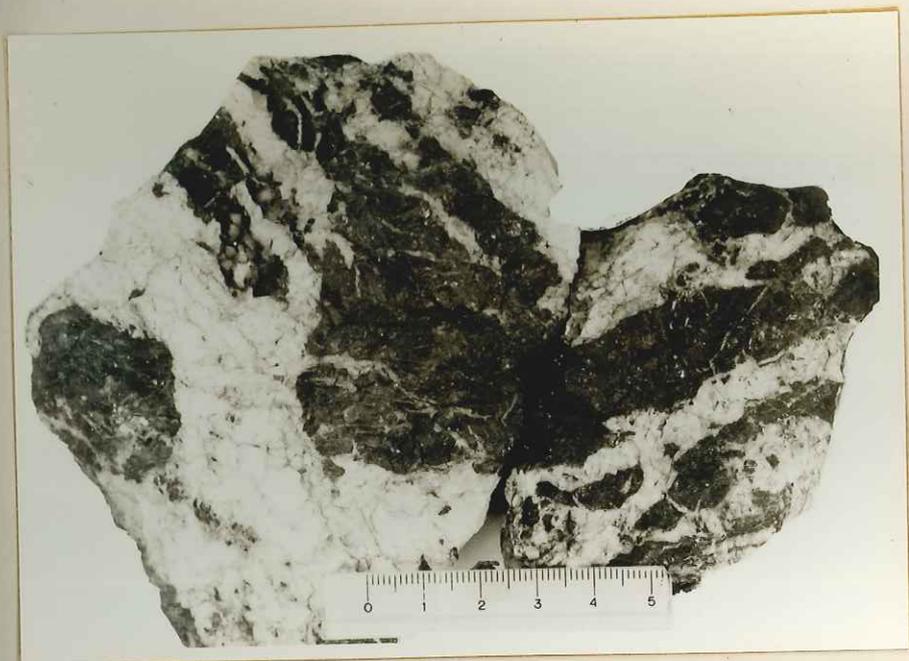


Fig. 42bis - Sidérose récupérée par albite pure.
Le Grand Filon.

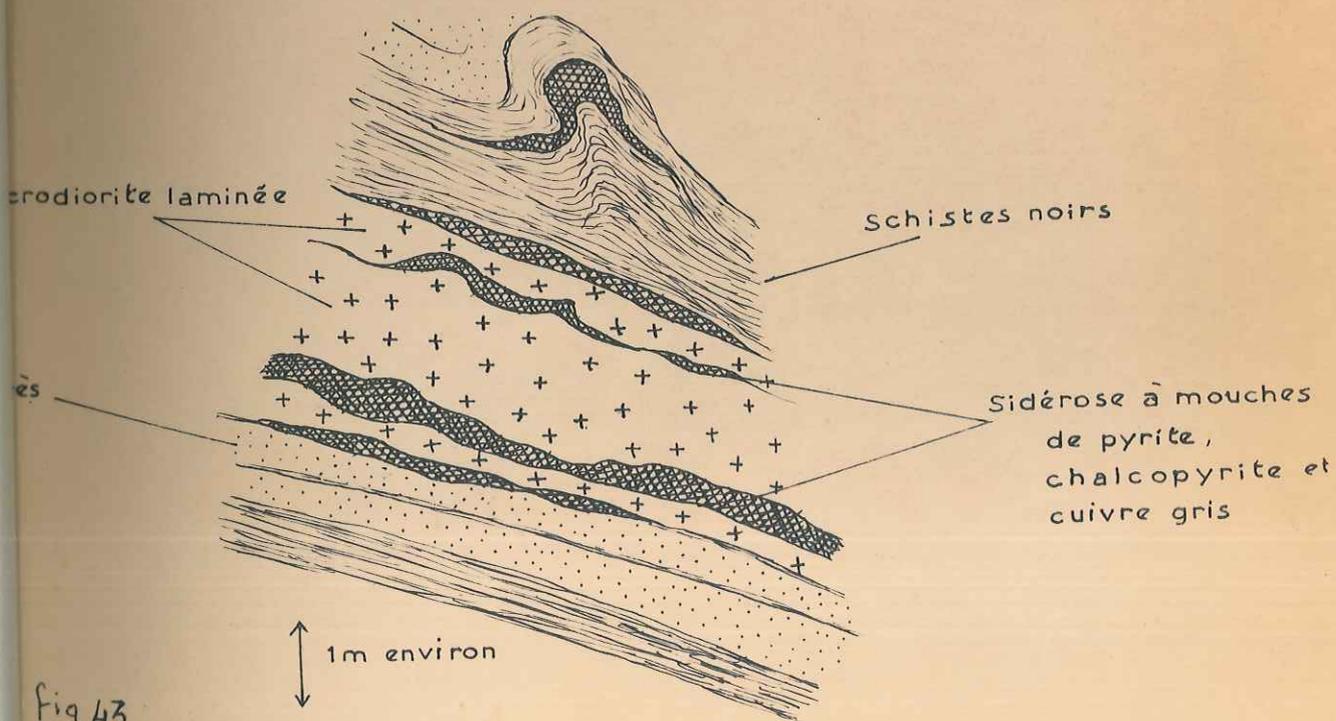


Fig 43

Relations entre microdiorites et filons - Couches (Pic du Grand Filon.)

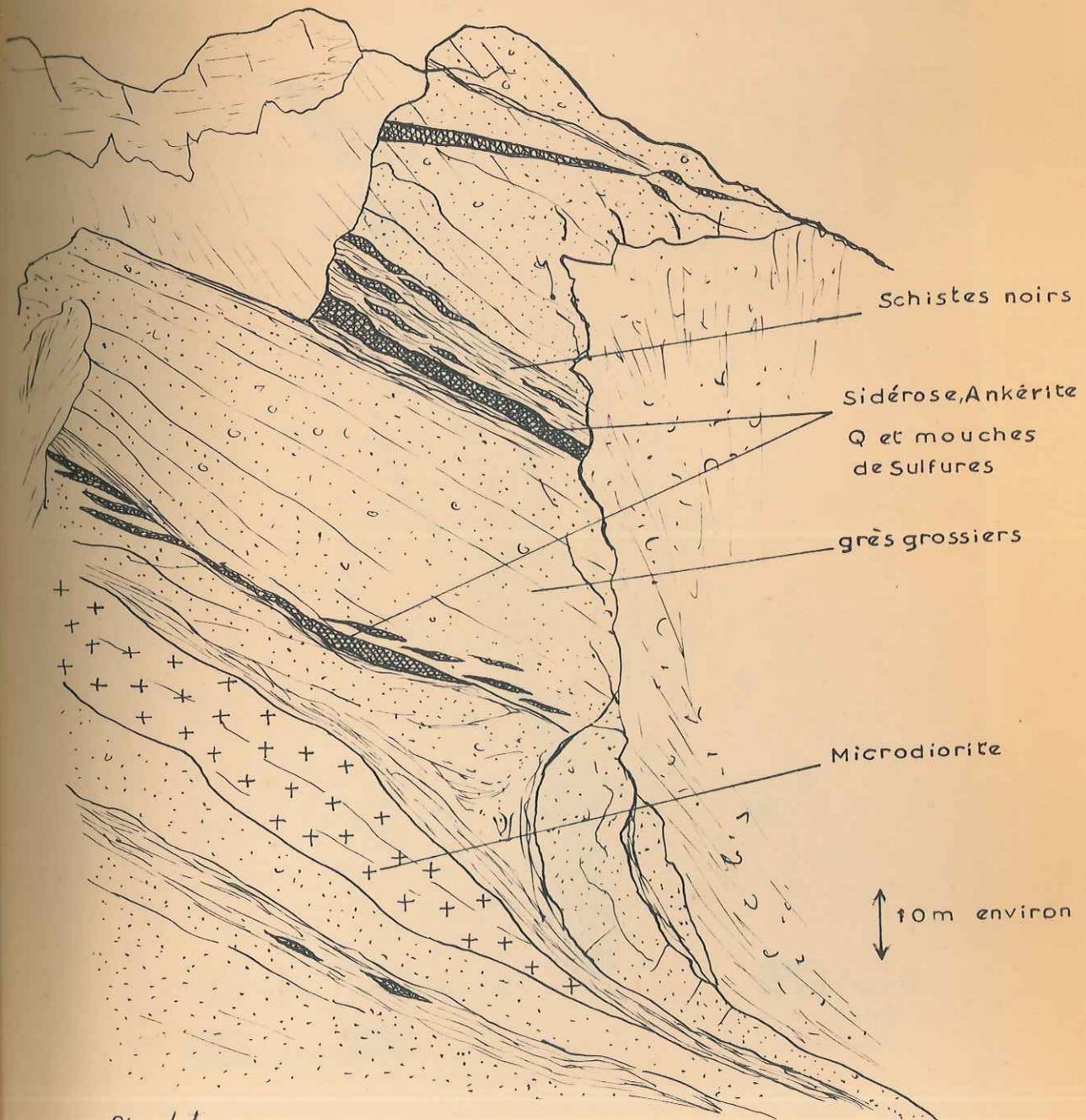


fig 44

FILONS AFFLEURANT DANS LA PAROI N.O DU "PIC DU GRAND FILON"
 ("FILON NEUF")

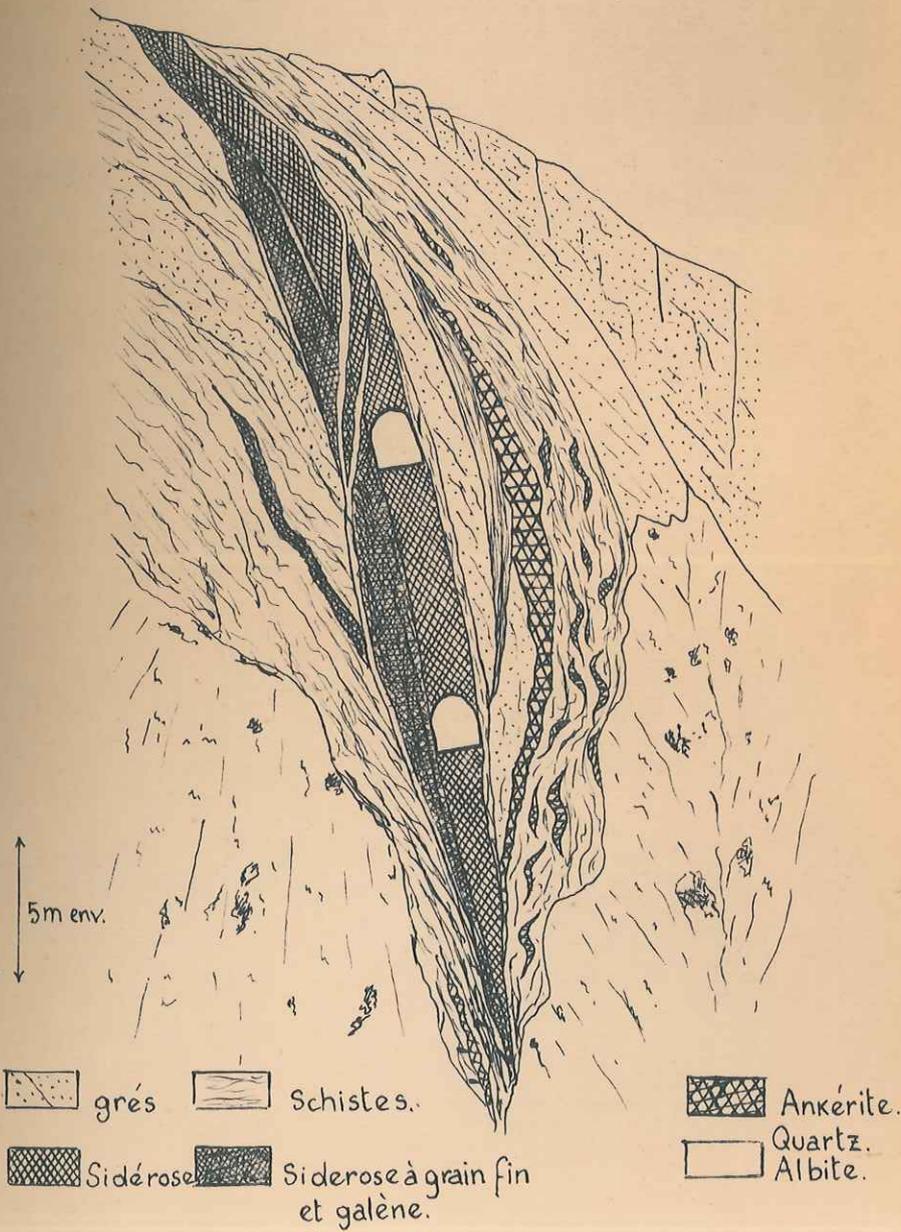


fig.45 LE FILON DE SIDEROSE DE BISSORTE

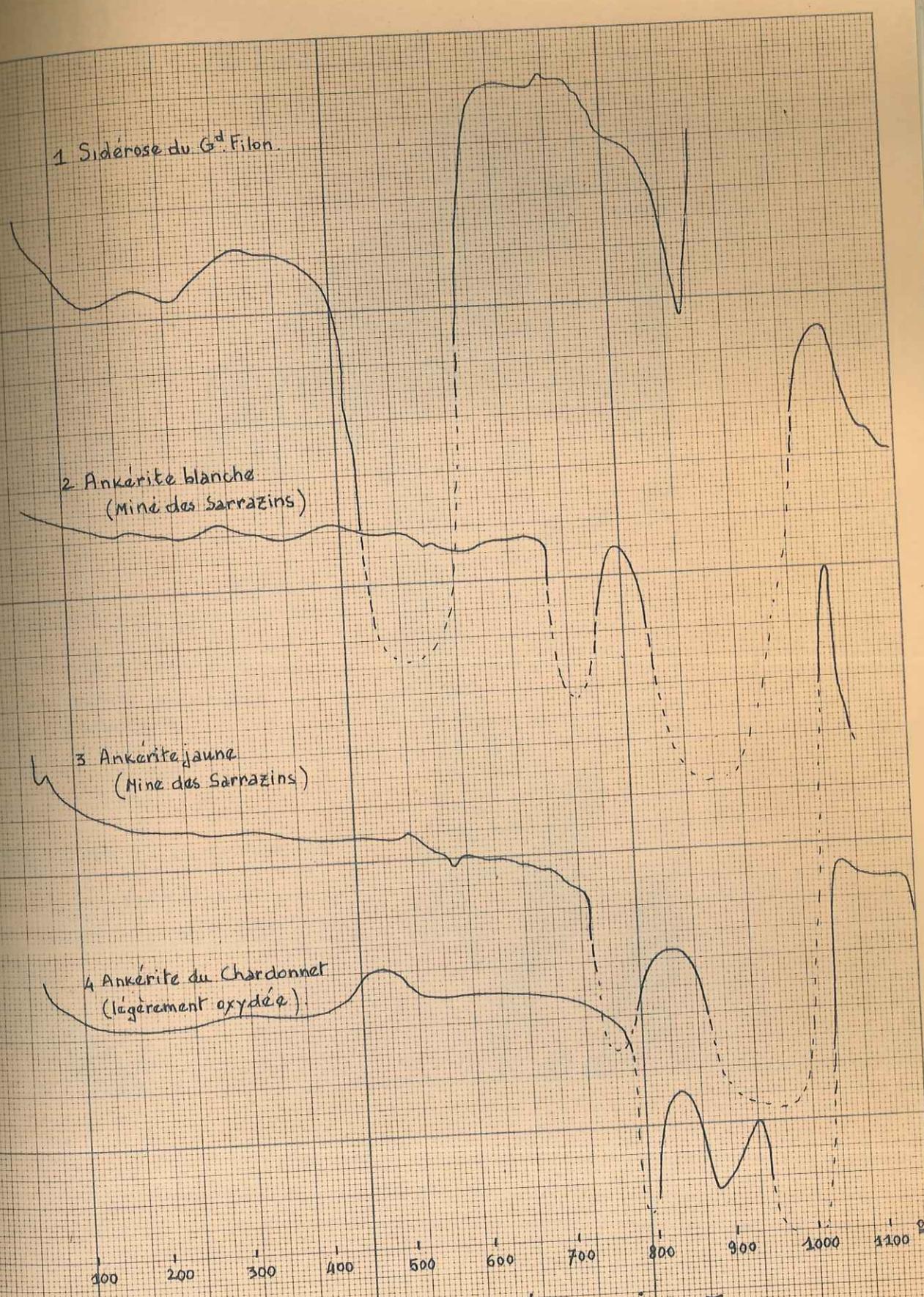


Fig. 46 - Filonnet d'ankérite et sidérose (en noir) plissoté
et broyé dans les grès houillers.
Plan Raphin.



fig 47.
Filons plissés (verrou au .S.de BONNE NUIT)

- 1m
-  Sidérose
 -  Schiste noir
 -  Grès



1 Sidérose du G. Filon.

2 Ankerite blanche
(Mine des Sarrazins)

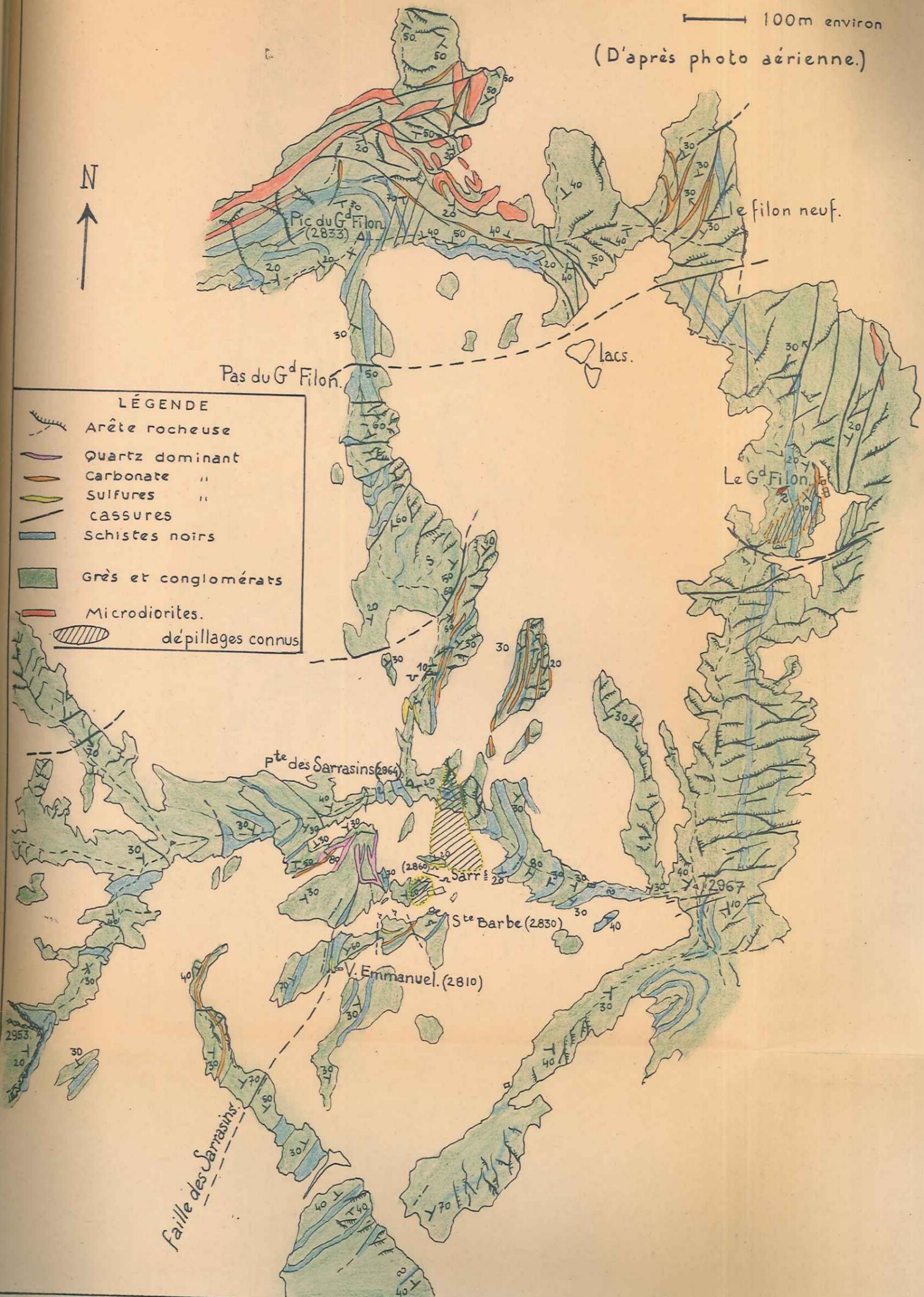
3 Ankerite jaune
(Mine des Sarrazins)

4 Ankerite du Chardonnet
(légèrement oxydée)

fig 48. ANALYSE THERMIQUE DIFFÉRENTIELLE
DE DIVERS CARBONATES.

fig 49.
 CARTE DETAILLÉE DES FILONS DES SARRAZINS

100m environ
 (D'après photo aérienne.)

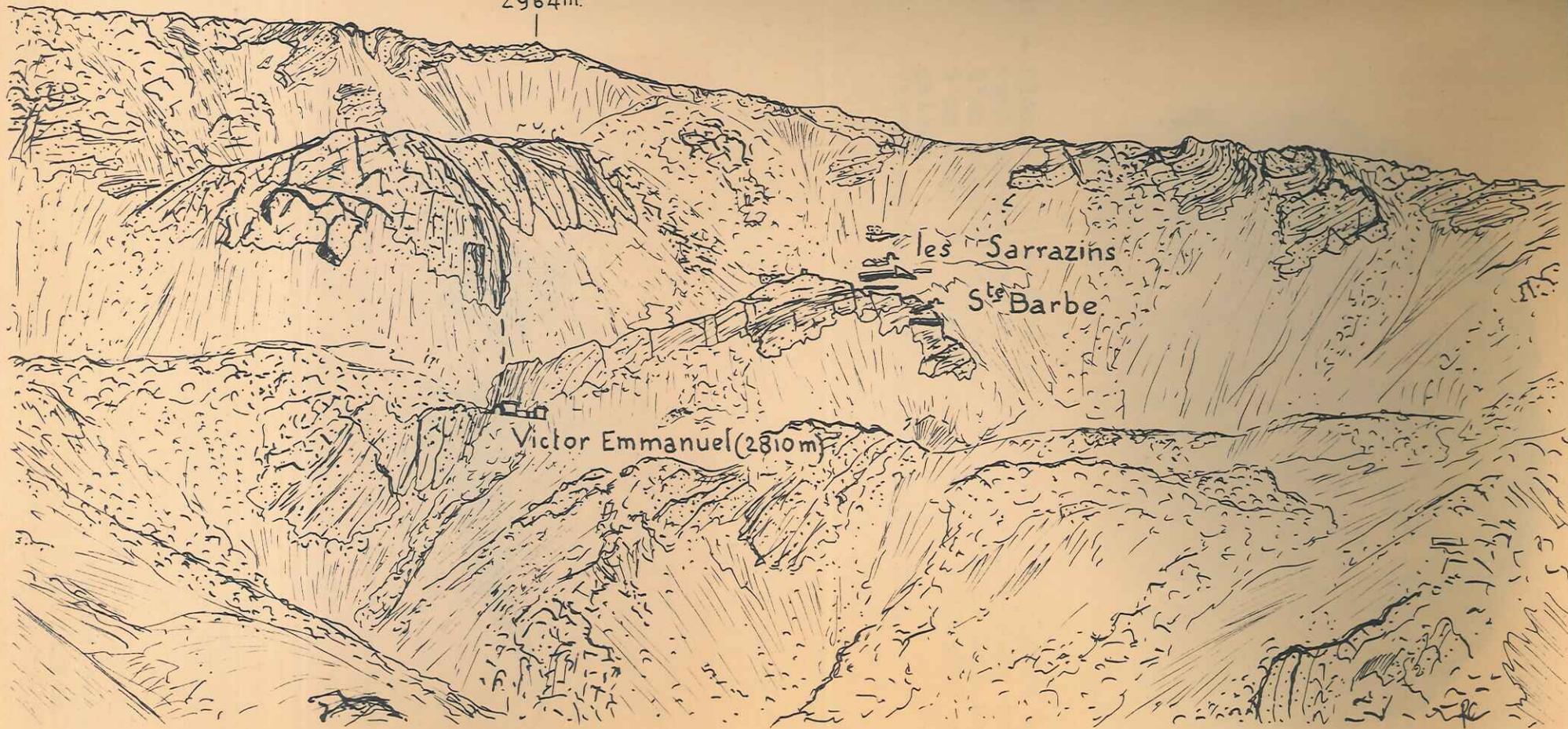


LÉGENDE

- Arête rocheuse
- Quartz dominant
- Carbonate "
- Sulfures "
- cassures
- Schistes noirs
- Grès et conglomérats
- Microdiorites.
- dépillages connus

|
N
|

2964m.



panorama n°50 LES ABORDS DE LA MINE DES SARRAZINS VUS DU SUD



Fig. 51 - Blende à structure en cocardes. Le centre est souvent occupé par un débris de schiste noir cerné d'un liseré de quartz gris-violacé, puis parfois d'un très fin liseré de pyrite, mispickel et galène.
Victor Emmanuel, Mine des Sarrazins.

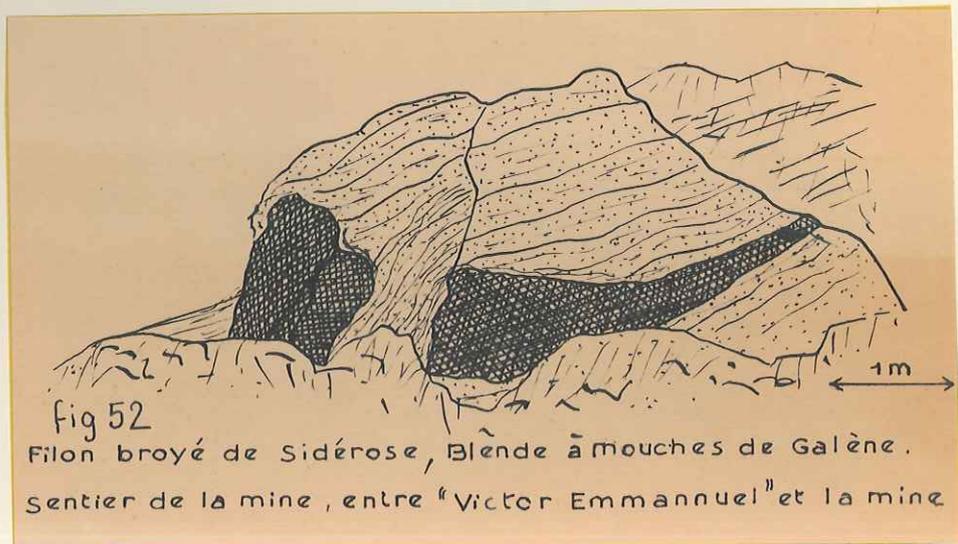




Fig. 53 - Chalcopyrite (Ch), blende à gros grain (B), galène (G) dans gangue de quartz et ankérite (en gris).
Mine des Sarrazins, Sainte Barbe.



Fig. 54 - Blende recoupée par galène et chalcopyrite.
Mine des Sarrazins, Sainte Barbe.
(x40).

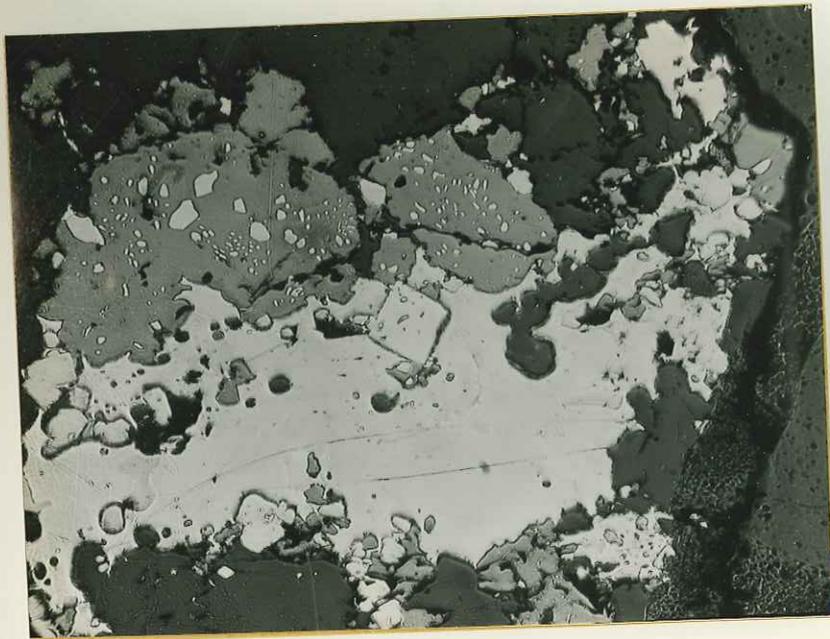


Fig 55 - Blende à inclusions de chalcopyrite, et pyrites automorphes remplacées par la galène. Filon couche des Sarrazins. (x40).



Fig. 56 - Bornite remplacée par covellite (structure graphique). Pyrite (P) et barytine en tâches et cristaux automorphes. Filon supérieur des Sarrazins. (x40).

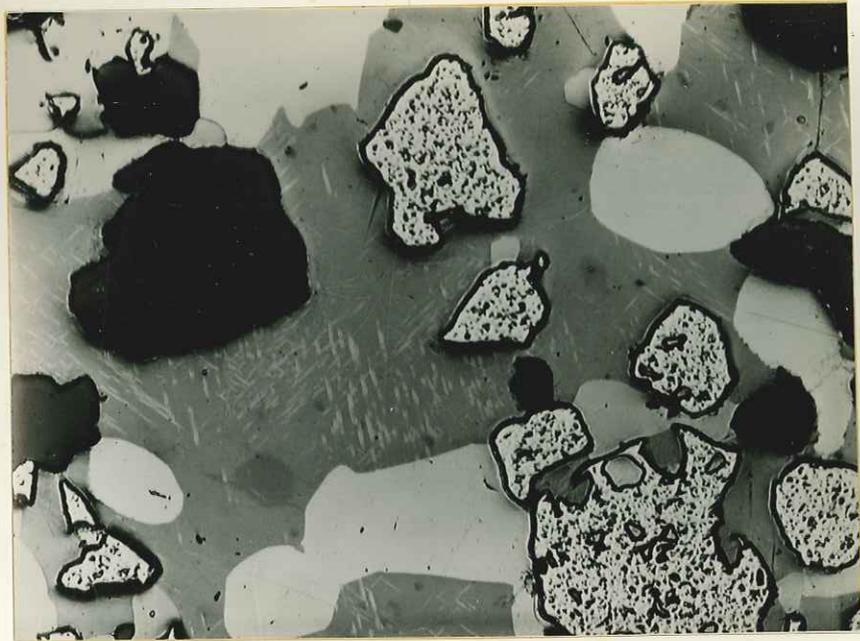


Fig. 57 - Association de chalcoppyrite dans bornite en structure réticulée ; galène, chalcoppyrite à contours mutuels, anciennes pyrites remplacées. Filon supérieur des Sarrazins. (x150).

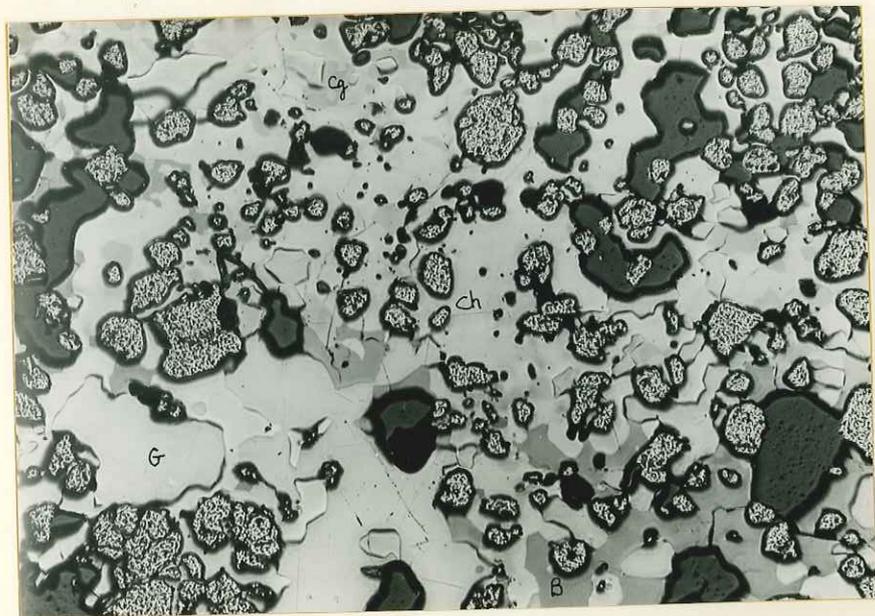
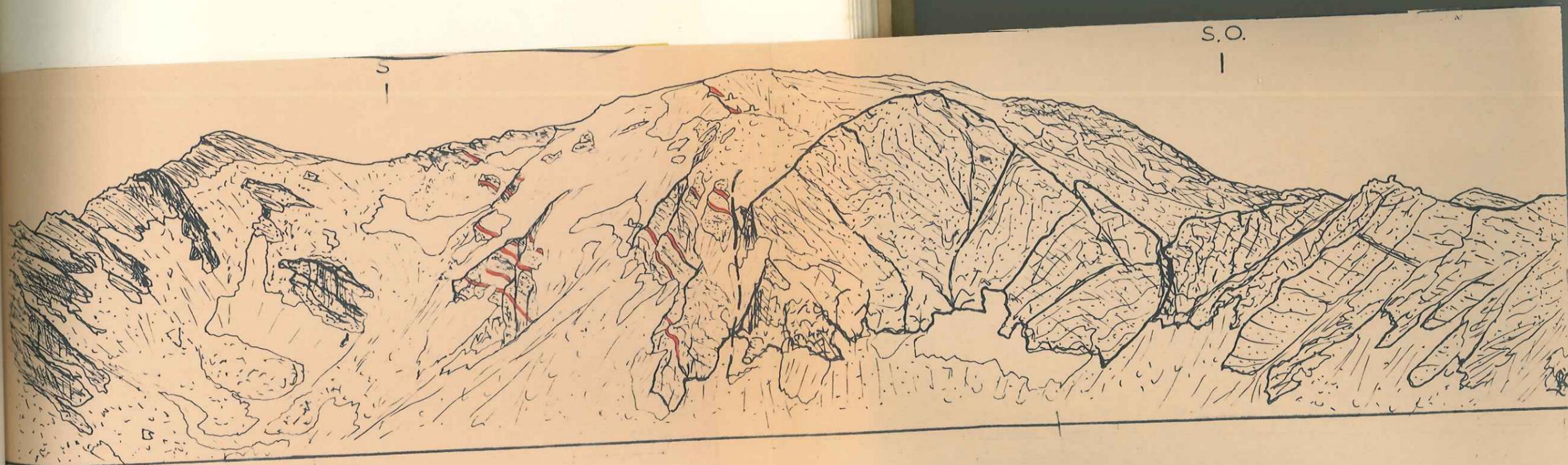


Fig. 58 - Anciennes pyrites remplacées par galène (G), chalcoppyrite (Ch), bornite (B) et cuivre gris (Cg), et quartz (en noir). Filon supérieur des Sarrazins. (x40).

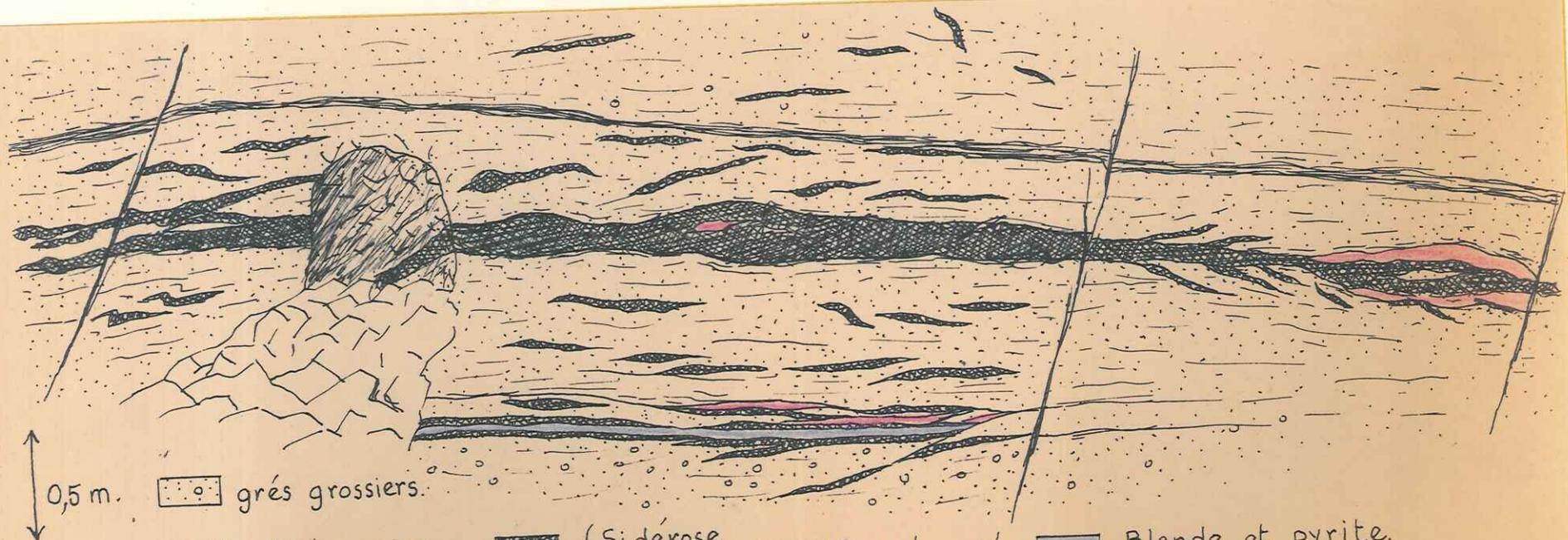


Fig. 59 - Covellite remplaçant la bornite et la galène (structure myrmécitique) ; barytine (en sombre). Filon supérieur des Sarrazins. (x60).



— Filons à sidérose

fig 60
LE VERSANT NORD DE LA CRÈTE DES SARRAZINS



0,5 m.

grés grossiers.

schistes noirs.

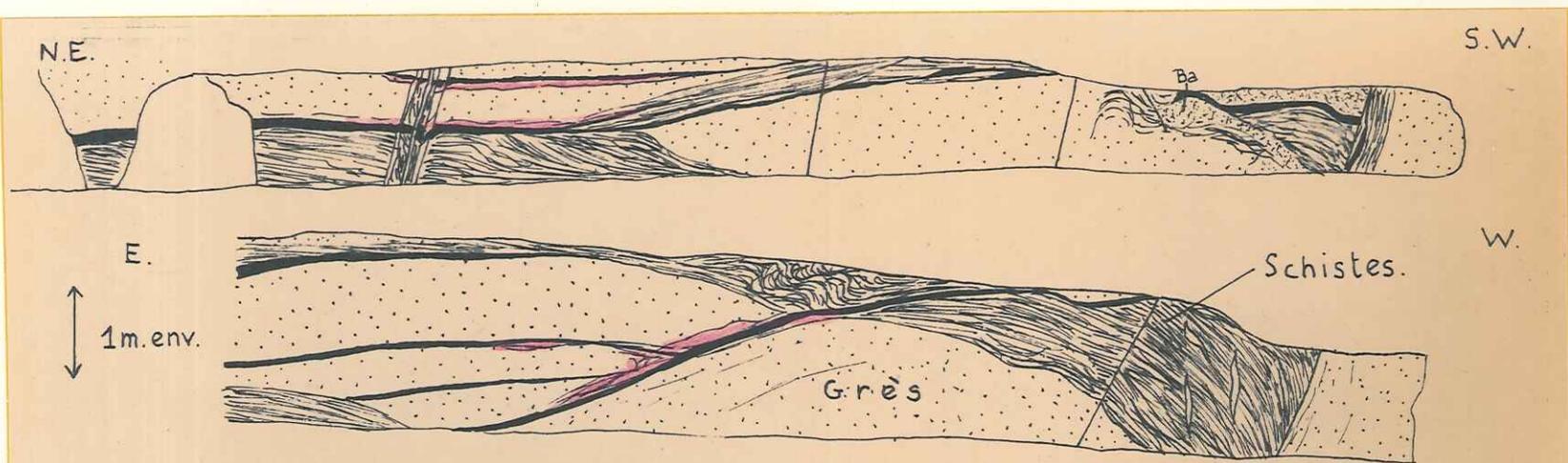
{ Siderose,
Quartz,
Albite.

Quartzrosé.

Blende et pyrite.

fig 61

FILON DE SIDEROSE SOUS LE COL DES SARRAZINS



- galène et cuivre gris à grain fin. □ Quartz ancien rosé.
- ▨ Barytine et Quartz saccharoïdes, mouches de sulfures.
- ▭ Quartz laiteux et hyalin, Albite et recristallisation des sulfures.

fig 62 LES "PETITS SARRAZINS".

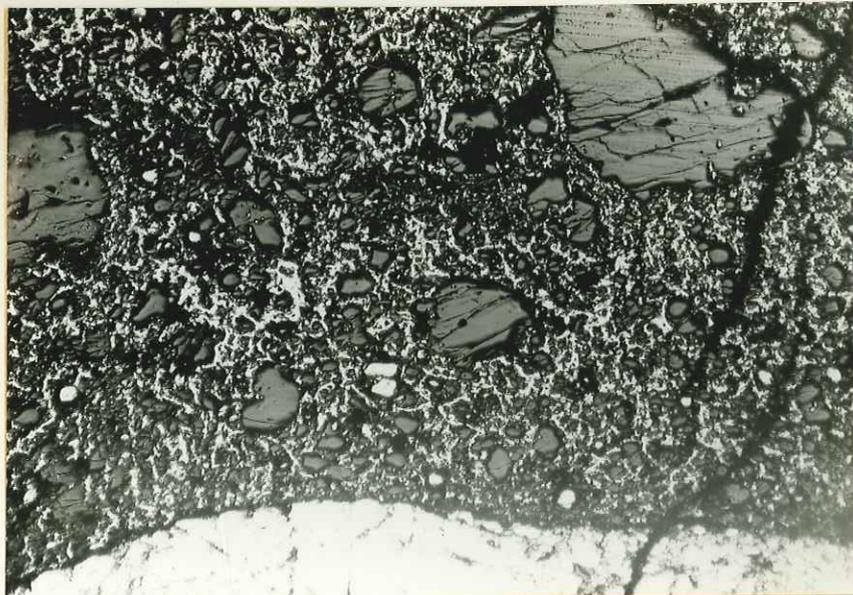


Fig. 63 - Galène et cuivre gris cimentant de la barytine, du quartz broyé et d'anciennes pyrites. Notez la fracture d'âge alpin remplie de quartz laiteux. Filons des Petits Sarrazins. (x40).

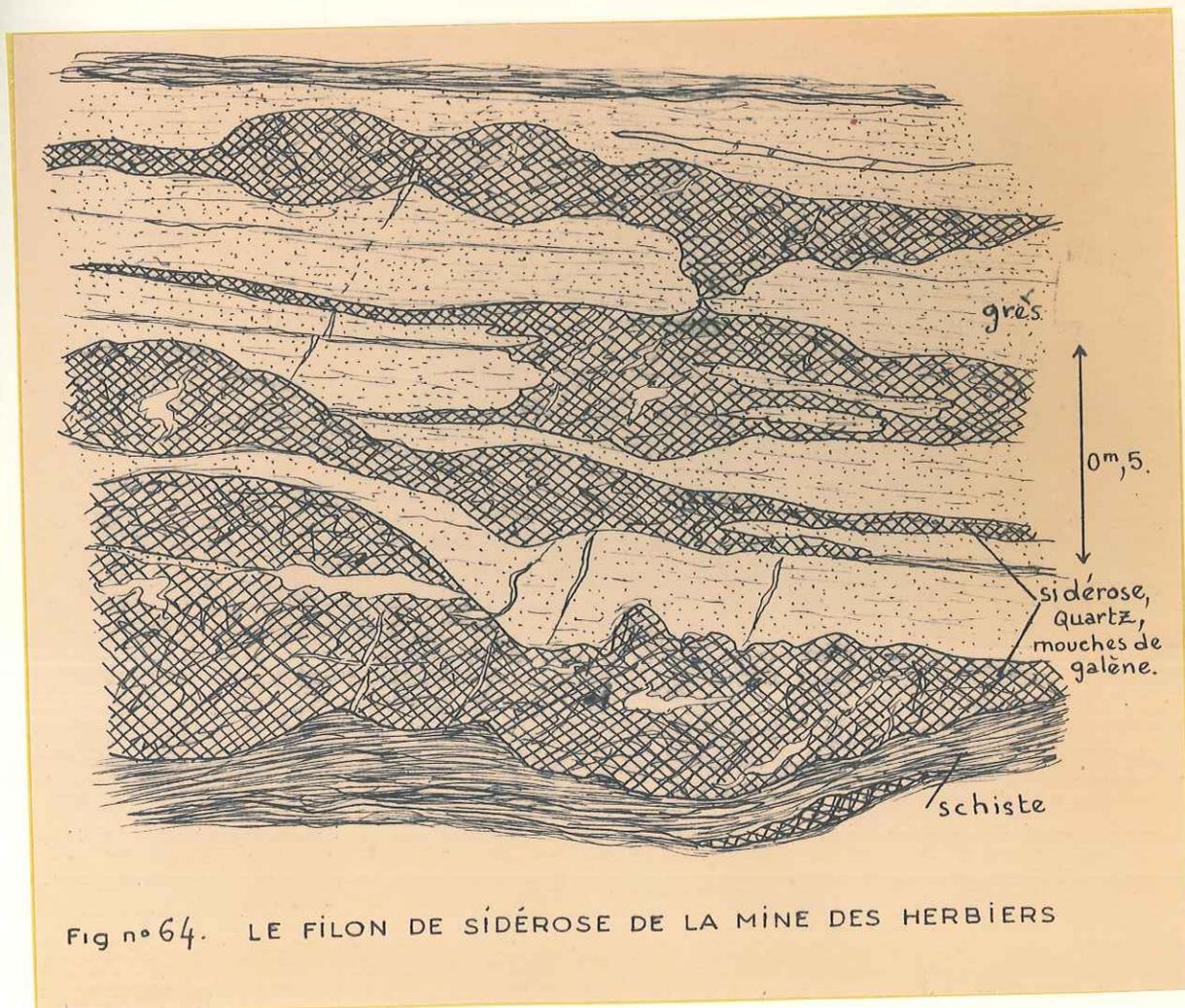


Fig n° 64. LE FILON DE SIDEROSE DE LA MINE DES HERBIERS

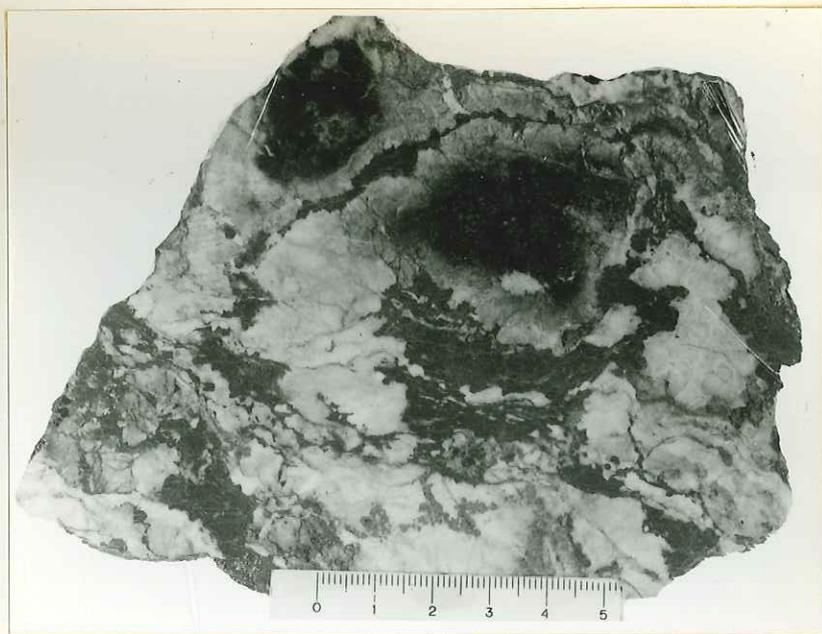


Fig. 65 - Minerai à grain fin ; Mine des Herbiers.
Sidérose (en noir) passant insensiblement à l'an-
kérîte (en blanc) ; quartz rose à figures d'ac-
croissement (Q), blende (B), marcassite (M).

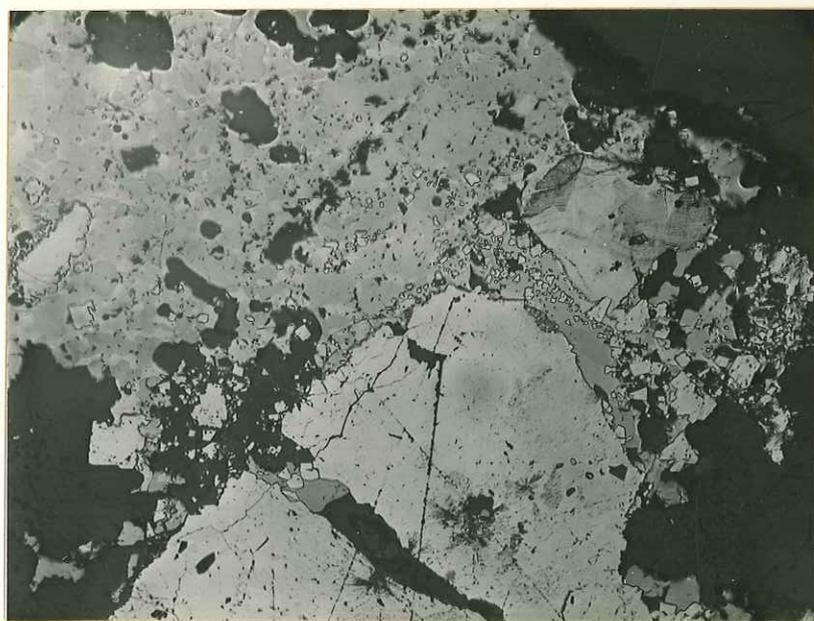


Fig. 66 - Marcassite fibroradiée et en cubes, fracturée et
remplacée par quartz, galène, bournonite, cuivre
gris.
Filon des Herbiers.
(x40).

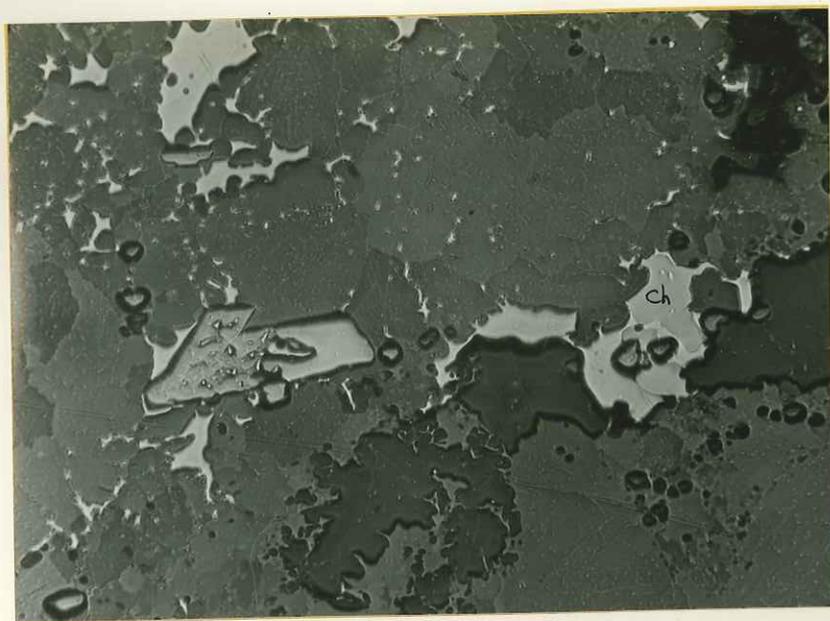


Fig. 67 - Prismes de mispickel sélectivement remplacé par le cuivre gris ; galène et chalcopyrite (ch) ; gangue de sidérose et quartz (sombre).
Mine des Herbiers. (x60).

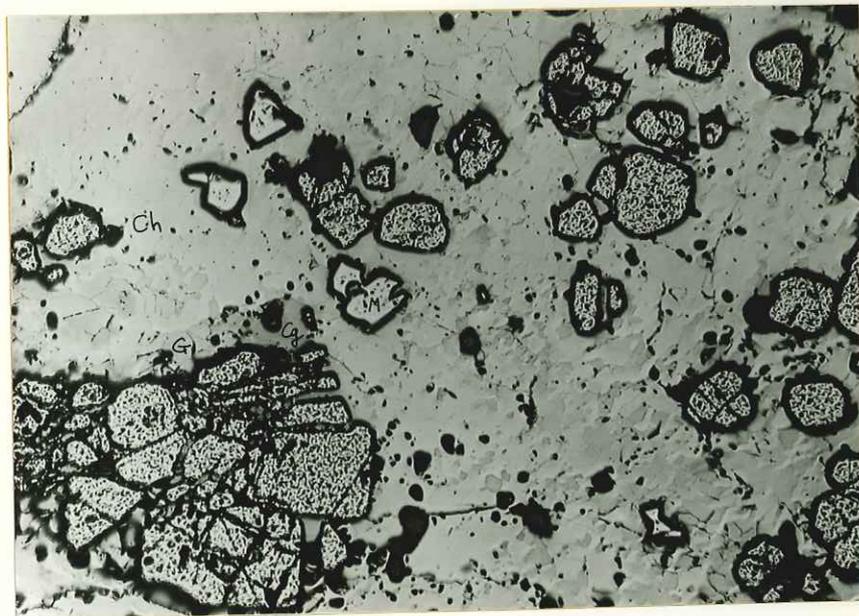


Fig. 68 - Anciennes pyrites et mispickel remplacés par galène (G), chalcopyrite (ch) (ici plus claire), cuivre gris (Cg).
Mine des Herbiers.
(x40).

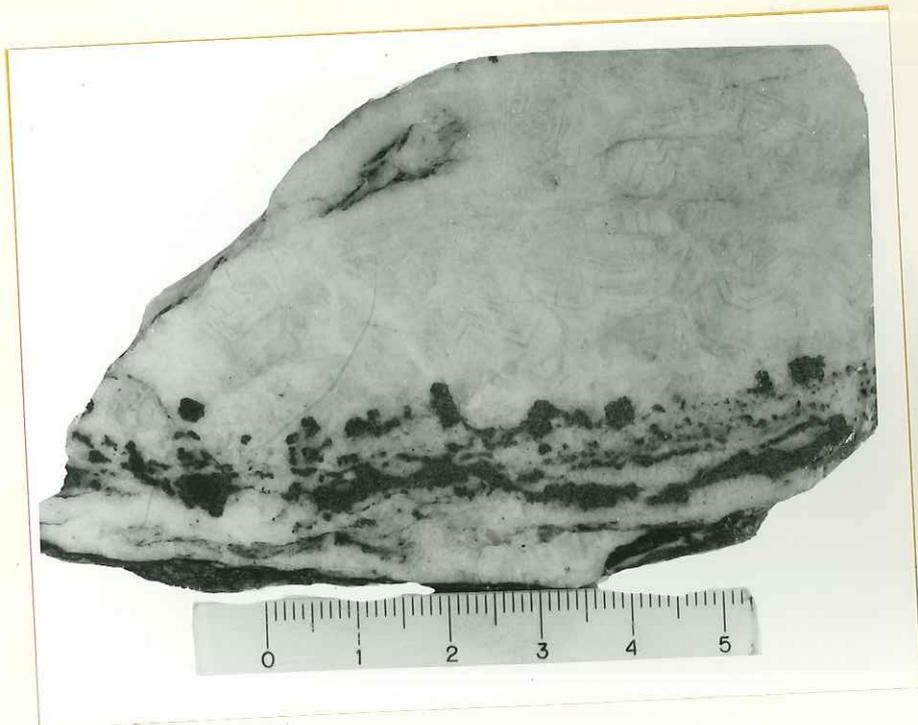
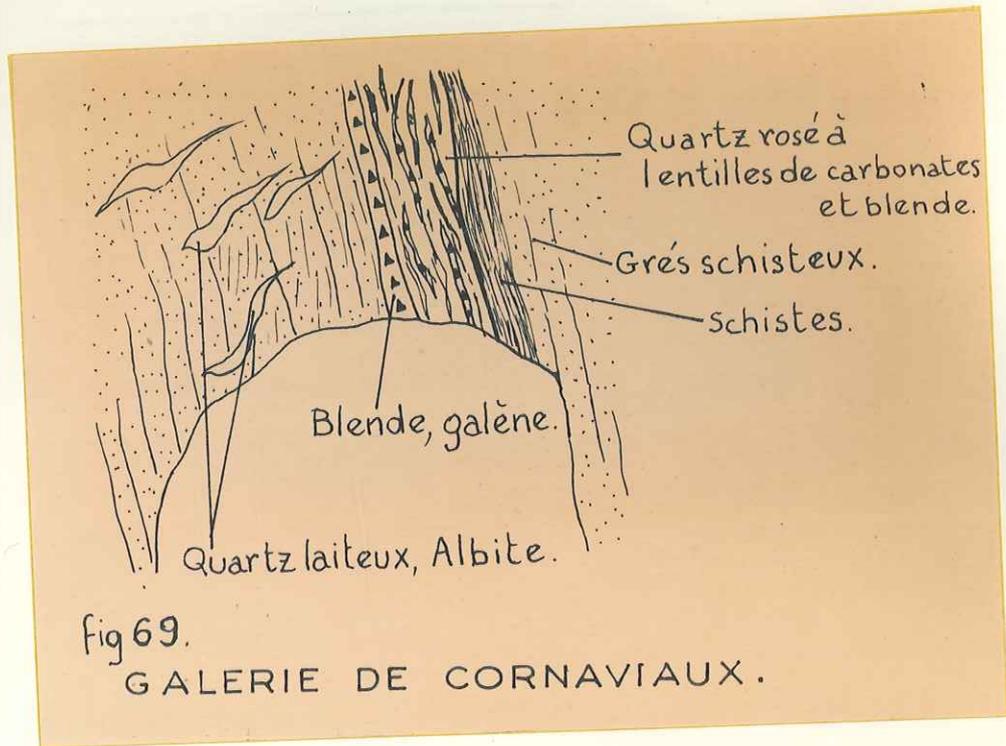


Fig. 70 - Quartz rosé à figures d'accroissement, antérieur
à la blende.
Mine de Cornaviaux.



Fig. 71 - Filon de Cornaviaux. Veine riche en blende à gros grain, à veinules de pyrite. Rubanements de quartz, pyrite, galène.



Fig. 72 - Rubanements d'aspect contourné autour de débris d'ankérite ; galène (G), marcasite (M), quartz rosé (Q).
Mine de Cornaviaux.

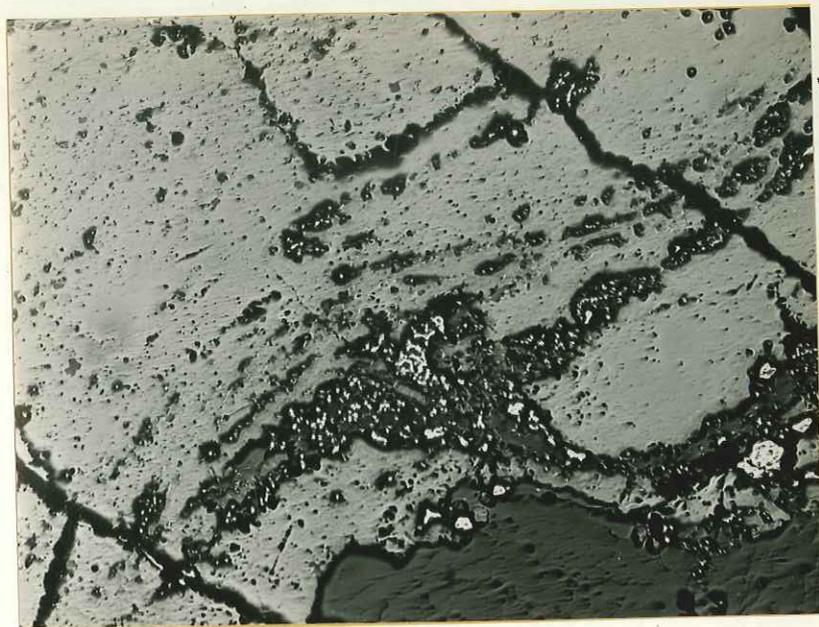


Fig. 73 - Blende à trainées d'allure fluidale de pyrite. Notez les fractures post-minérales. Filon des Côtes près du sentier de Fourneaux. (x40).





Fig. 75 - Plages de cuivre gris et de bournonite (maclée) dans galène (plus clair) ; îlots de blende. Filon du Brocard (Sud du Lavoir). Nicols à demi croisés. (x40).

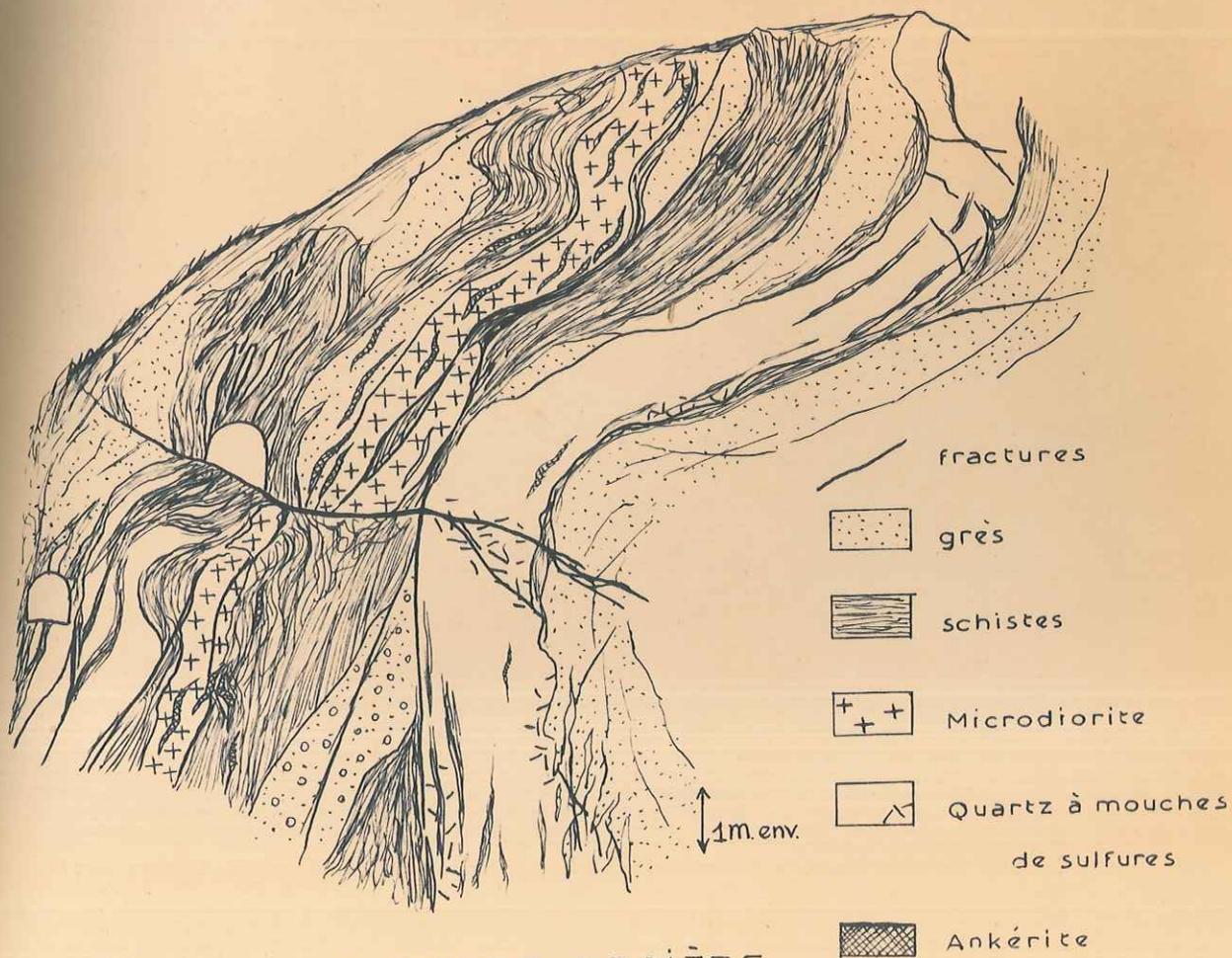


fig n°76 FILON DE COMBE ORSIÈRE



Fig. 77 - Eponte du filon de quartz de Combe Orsière.
(Valmeinier)



Fig. 78 - Filon principal d'ankérite du Chardonnet. (Rive droite, vallée de Névache). Débris anguleux des épontes (microdiorites, grès) cernés d'un liseré d'ankérite, puis de quartz.

Fig. 79 - DOSAGE D'ELEMENTS EN TRACES DANS LES BLENDES, EFFECTUE AU BRGM.

Provenance	ppm Sb	ppm Sn	ppm Ge	ppm Ga	In	Co	Cd Ag	Tl
n°1 - Sarrazins	- 100	15	24	12	p	p	p	p
n°2 - "	690	16	- 15	60	p	n d	p	n d
" 3 - "	240	70	- 15	4	n d	p	p	p
" 4 - Herbiers	150	95	- 15	1	p	p	p	n d
" 5 - Cornaviaux	150	30	- 15	1	p	p	p	p
" 6 - "	380	15	60	30	p	n d	p	n d
" 7 - Les Côtes	240	15	- 15	7	p	n d	p	n d
" 8 - Brocard	690	20	40	12	p	n d	p	p
" 9 - Combe Orsière	- 100	16	- 15	30	n d	n d	p	p
"10 - Canalus	- 100	70	40	12	n d	n d	n d	n d
"11 - Sarrazins (blende miel).	2	15	1	7	1	n d		

Il est bien difficile de vérifier que les blendes brun-rouge (n°1 à 9), macroscopiquement semblables, associées aux mêmes autres sulfures et récoltées dans des gisements du même type appartiennent à la même famille. On note en effet des écarts énormes dans les teneurs en certains éléments : on peut à la rigueur expliquer les écarts de Sb par un mauvais triage du cuivre gris ; mais les écarts en Ga sont très grands.

Toutes les blendes sont stannifères. On sait que les fortes teneurs en Sn sont généralement considérées comme indiquant une haute température de formation : or la blende rouge n°10 que nous savons par ailleurs être associée à des quartz de basse température (inférieure à 100°) contient 70 ppm. de Sn. Y aurait-il eu régénération ?



Fig. 80 - Fentes remplies de quartz et d'albite dans les grès houillers. Col du Cheval Blanc.



Fig. 81 - Quartz, albite maclée et ripidolite helminthe, lamelles de mica blanc uniaxe, dans un filonnet des schistes houillers. Le Charmaix. Nicols croisés. (x40).



Fig. 81bis. Cristaux d'albite (en blanc) développés sur du quartz hyalin (à gauche) et quartz chloriteux (à droite). Druses dans les fentes de la crête des Sarrazins.

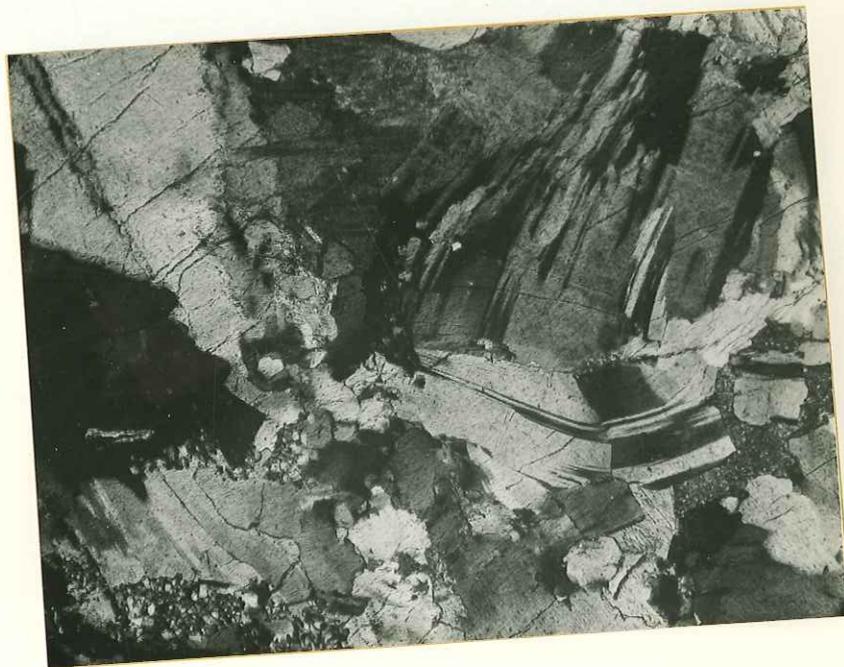
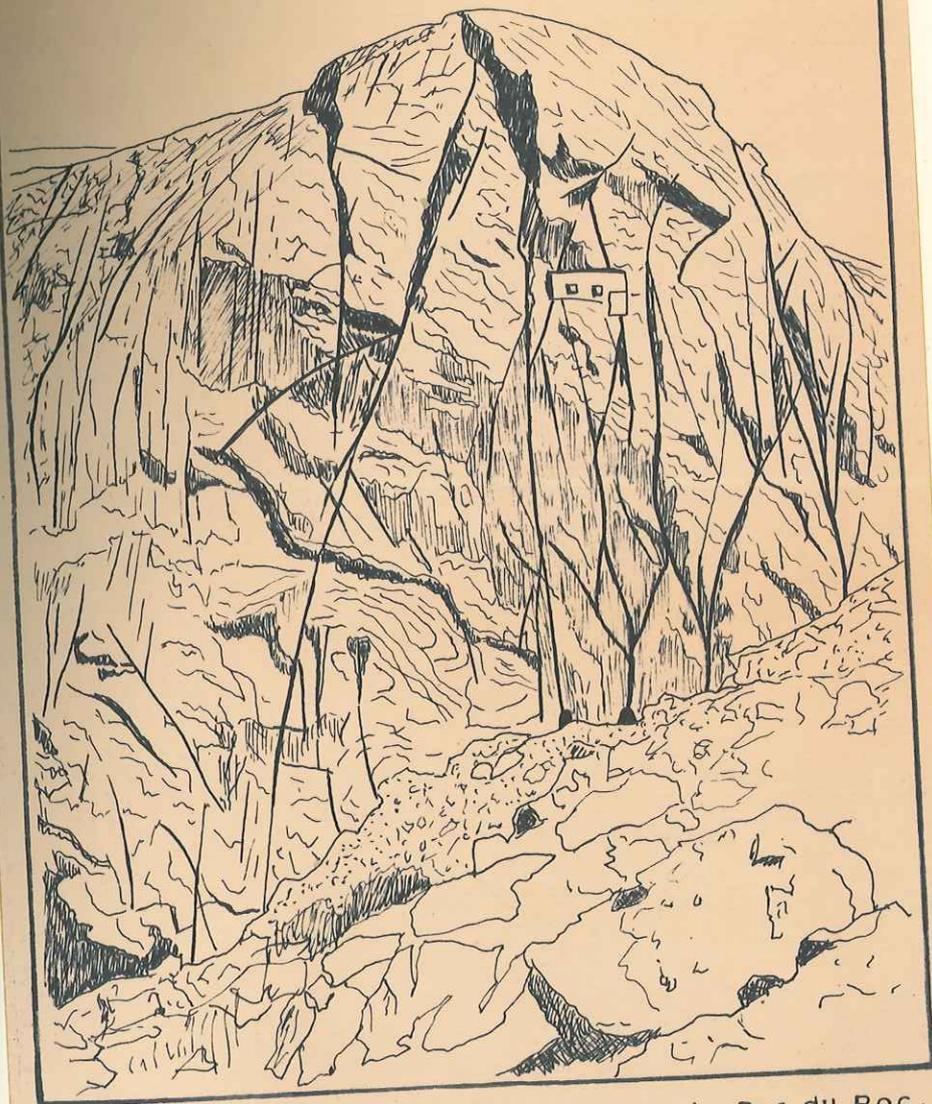


Fig. 82 - Filonnet post-tectonique dans les cargneules du Col d'Arronda. Albite aux faces courbes, calcite. (x40).



Fig. 83 - Quartz (Q) et albite (Ab) à structure micrographique ; grandes lamelles de micas (M) uniaxe. Filonnet dans les grès du Keuper, sommet Est du Grand Argentier.
(x40).

Fig 84.



Fentes dans les calcaires triasiques du Pas du Roc,
minéralisées, en galène et cuivre gris.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES EXPLOITATIONS MINIERES DE LA REGION ETUDIEE fig 85.

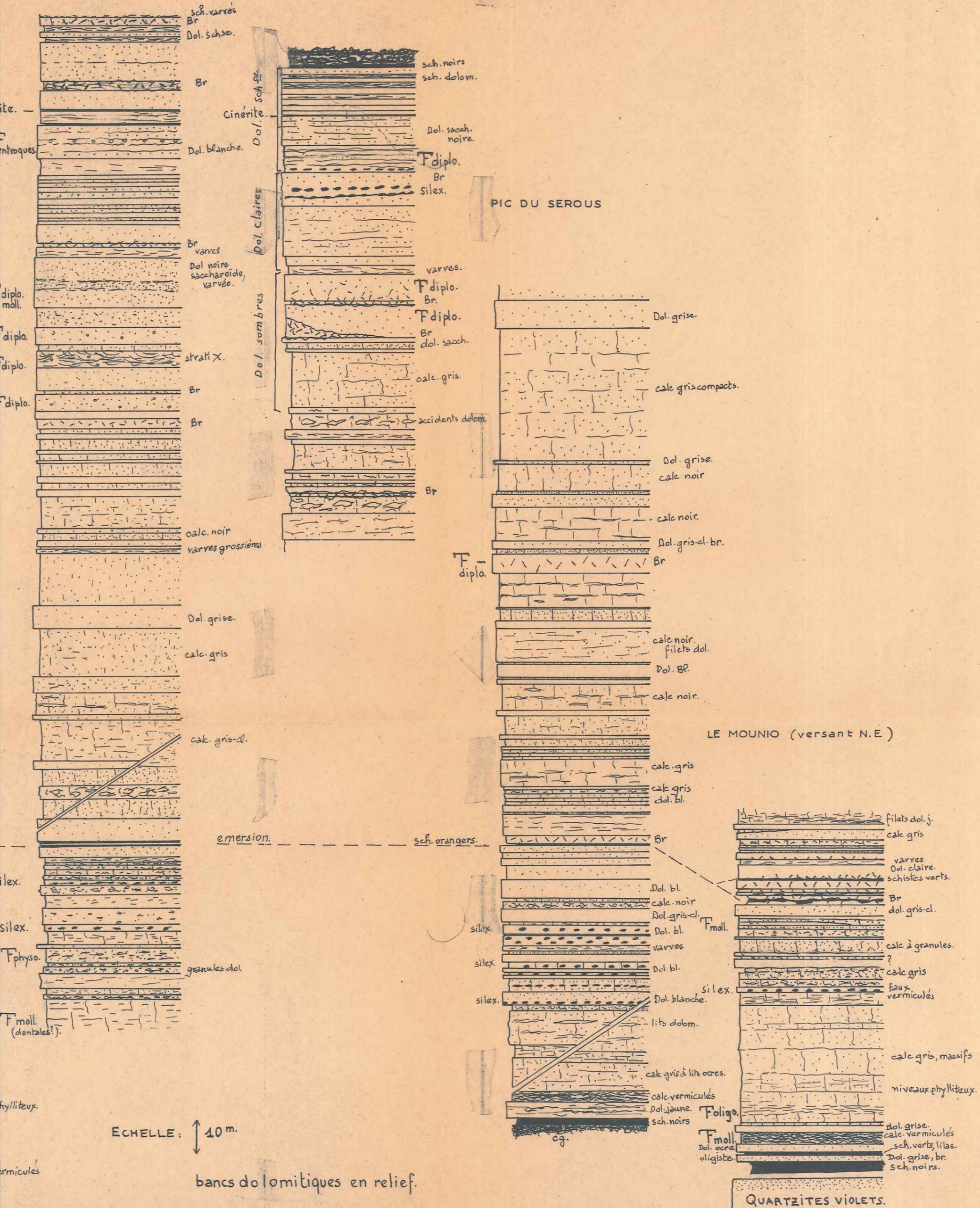
N°	MINES.	EXPLOITATION	NOMBRE d'OUVRIERS	TRAVAUX MINIERES.	TONNAGES EXTRAITS.	TENEURS - ANALYSES.	RENONCIATION.
	<u>Sarrazins.</u>	730. 906-1006. 1646 - Concession. Laverie à Fourneaux. 1750 - Concession à des actionnaires pour 30 ans. 1786-89 - Nouveaux Travaux (emploi du siphon puis abandon). 1790 - Comte de Chiroletti. 1792 - Pelissier cesse d'exploiter. 1807-14 - Sébastien Grandis 1840 - annulé par Gouvernement Sarde. 1849-52 - Nouveaux Travaux - Etat Sarde. 1853 - Concession au Comte de Certeau - Vente à S ^{te} Franco. Savoisiennne. puis revient à l'Etat. 1865 - Abandon. 1908 - Adjudication à L. de S ^t Pierre. puis héritiers.	1835 = 30 1854 = 24 1855 = 11	Galeries percées au pignon. 1776 = nouvelles galeries. 1 à 2 Km.	1832-34 = 200T. schlich /an. 1850-52 = 351T. " " 1854 = 200T. " " 1855 = 100T. " " 1860 = 400T. minerai trié 1861 = 500T. " "	1835 - Concentré à { 65% Pb. (Barelli). } 1,7 Kg Ag/T. 1850 - Minerai trié { 20,1% Pb } 250g Ag/T. 1855 - 15 à 20% schlich à = { 75% Pb } 140g. Ag/T. - essais: minerai non lavé = { 45% Pb. } 100g Ag/T. 1861 - Sur 500 T. minerai = { 73 T. de conc. } 41 T. Pb. { 66 Kg. Ag. } 120g/T. Lacroix : Ag = 120g/T. Badoureau : Ag = 800g/T.	1938.
	<u>Petits Sarrazins.</u>	1865 - Travaux		50 m.			
	<u>Arplane.</u>	1646. Concession au Comte Graneri. 17? - 1792. Travaux puis inondée. 1855. Concessions redemandées. 1861 - Recherches Fardelet		3 galeries. 2 puits		Minerai fondu à Fourneaux: 31% Pb. ~ 750g. Ag/T. de galène à 50% Pb.	?
	<u>Herbiers.</u>	Anciens Travaux (sarrazins) 1791 -		150 m. environ	av ^t 1860 = Replane + Herbiers + Côtes = 150T. Pb/an.	Galène fine { 59% Pb } 450g. Ag/T.	?
	<u>Cornaviaux.</u>	Anciens Travaux. 1909. 1914. Travaux par M ^r de S ^t Pierre.		200 m. + 1 puits 5 m.		minerai : { Pb : 8% } Zn : 22% } Or : traces } Ag : 150g/T.	?
	<u>Pragion.</u>					Concentré à : { 70% Pb. } 1150g. Ag/T.	?
	<u>Chardonnet.</u>	1831-35. C ^{ie} des Mines d'Allemont.	30	puits. 80m. galeries		Ag = 124g/100 Kg minerai trié bocard = 4 à 5% de schlich.	1929.
	<u>Bocard.</u>			1 puits; 50m. gal.			?
	<u>Grand Filon.</u>	1804 - Le Creusot. vendu en 1824 au S ^t Grange. 1845 - Abandon. S ^{te} Anonyme Française des Fonderres et Acierres électriques de S ^t Chamond. 1874 - C ^{ie} du Creusot. 1876 (juillet) - Abandon.	40 (l'hiver)	1 à 5 m. X 200 m. Puits de 100 m. (foré par Creusot) 1876 = 185m. (?)	1647: usines à Fe. Fourneau. 1794: " " La Pra: 12.500T. de Fe. 1804: 140 T.	40 à 60% de Fe. 8 à 10% de Mn.	1926
	<u>Plan Raphin.</u>	1806-30 : Daymonaz. 1874 : Schneider et C ^{ie} (Le Creusot).	8 30 (l'hiver)	4 attaques. 200 m.	1804: 200T. de minerai trié.	30 à 40% Fe.	1874 (20 aout).
	<u>Freney.</u>		6 à 12		1804: 200T. de minerai.	Fe = 60% ; Mn = 1,8%	
	<u>Bissorte.</u>	av ^t 1790 : Tournaz		150 m.		% Mn élevé	?
	<u>Filon Neuf.</u>	1924 - S ^{te} des Mines de H ^{te} Maurienne.		25 m.			1924

TRIAS CALCAIRE

ARRONDAS (Pas du Roc)

LAMBEAU DU CLOS

1/1000

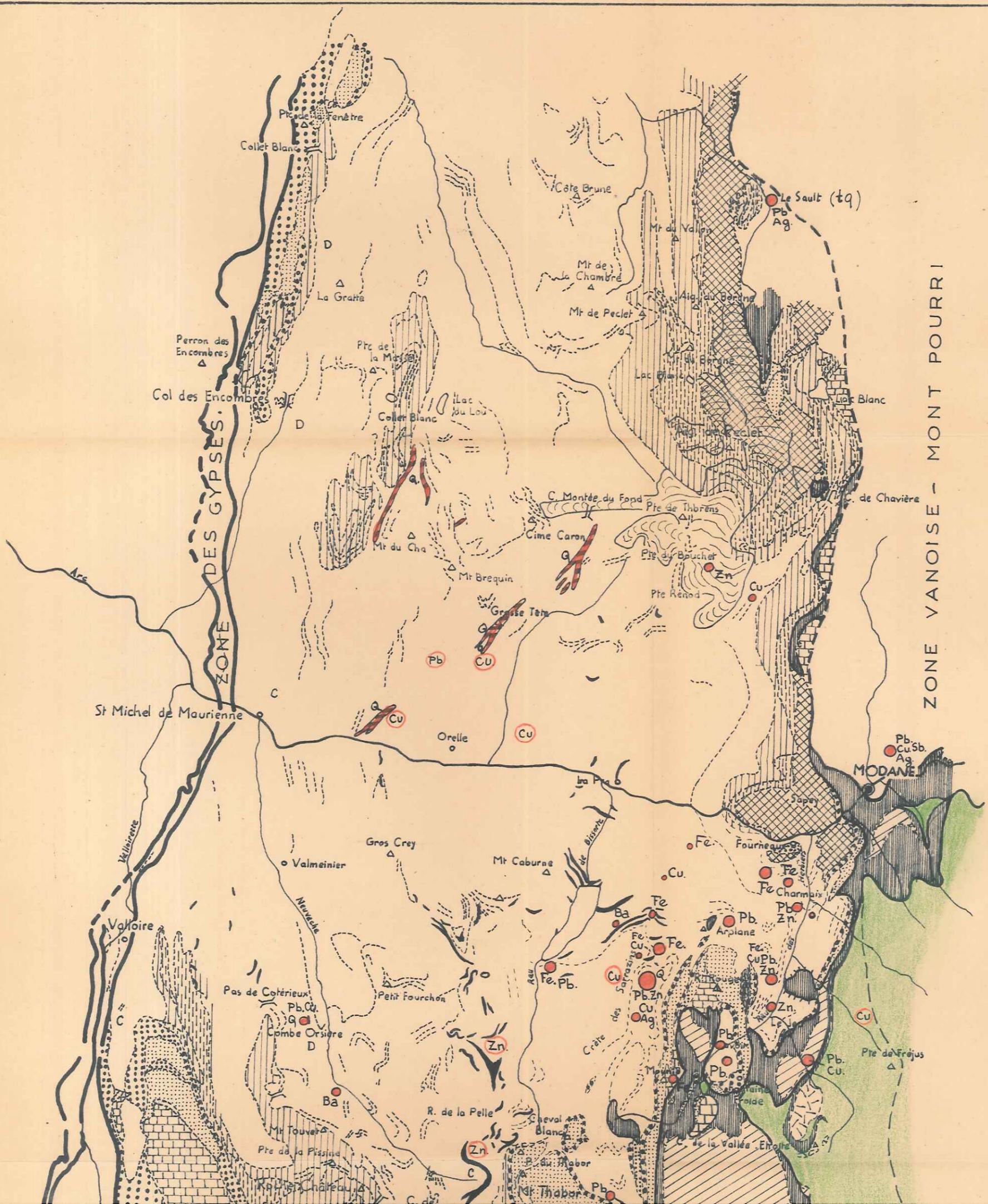


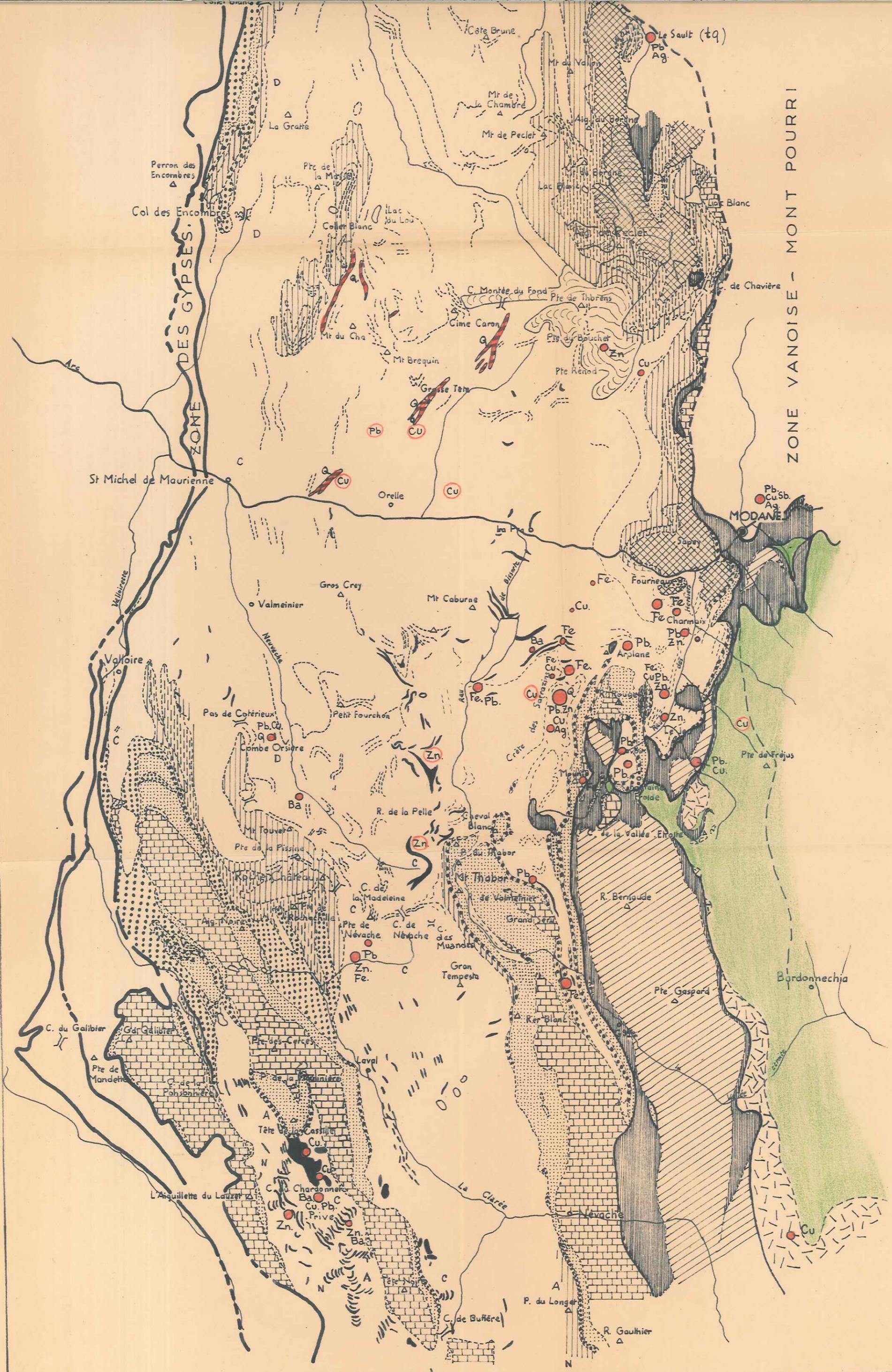
CARTE GEOLOGIQUE INTERPRETATIVE DE LA ZONE HOUILLERE ET DES REGIONS AVOISINANTES

D'après J.FABRE, R.FEYS, CH.GREBER 1958
et R.CABY 1963

Echelle 1/100.000

- ZONE HOUILLERE**
-  Couverture Calcaire autochtone
 -  Quartzites
 -  Néopermien verrucano
 -  Migmatites (SAPEY)
 -  Eopermien, stephanopermien
 -  Carbonifère sup. (Roche chateau Courchevel)
 -  Houiller localement daté (N Namurien) (ABCD = Westphalien)
 -  Calcaires triasiques (Briançonnais interne)
 -  Keuper exotique (Gypses)
 -  Schistes lustrés indifférenciés
 -  Trias dolomitique (NORIEN ?) suivi de LIAS inf., et LIAS PRÉPIÉMONTAIS
 -  Gites métallifères
 -  indices
 -  direction des couches





ZONE DES GYPSES.

ZONE VANOISE - MONT POURRI

St Michel de Maurienne

MODANE

Bardonnechia

L'Aquilalette du Lauzet

P. du Long

R. Gauthier