



HAL
open science

Etude géologique et gîtologique du massif d'Allevard : chaîne de Belledonne (Savoie)

Jean Bernard Ducros

► **To cite this version:**

Jean Bernard Ducros. Etude géologique et gîtologique du massif d'Allevard : chaîne de Belledonne (Savoie). Minéralogie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1974. Français. NNT : . tel-00643886

HAL Id: tel-00643886

<https://theses.hal.science/tel-00643886>

Submitted on 23 Nov 2011

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.

DOCTORAT DE 3^e CYCLE
N^o ORDRE

205142
1974
23

THESE

PRESENTEE

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE
GRENOBLE

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE 3^{eme} CYCLE

SPECIALITE : SCIENCES DE LA TERRE

MENTION : GEOLOGIE APPLIQUEE

PAR

Jean Bernard DUCROS

**ETUDE GEOLOGIQUE ET GITOLOGIQUE
DU MASSIF D'ALLEVARD**

Chaîne de Belledonne (Savoie)

BIBLIOTHEQUE
GRENOBLE-SCIENCES
UNIVERSITAIRE

Soutenu le Janvier 1974 devant la commission d'examen

MM R. MICHEL	Professeur	Président
P. GIRAUD	Professeur	Examineur
H. DABROWSKI	Maître - assistant	Rapporteur
F. JAFFE	Professeur	Invité

TABLE DES MATIERES

Page

AVANT PROPOS

INTRODUCTION

- | | |
|---|---|
| 1 - Cadre géographique | 1 |
| 2 - Cadre géologique générale du massif de Belledonne | 1 |
| 3 - Métallogénie générale du Rameau externe | 2 |
-

PREMIERE PARTIE - Etude stratigraphique et pétrographique

10

Chapitre 1 : Le socle cristallin :

- | | |
|--------------------------------|----|
| 1 - <u>Le Rameau externe</u> | 10 |
| A - Sericito-chloritoschistes | |
| B - Micaschistes ocellaires | |
| C - Leptynites | |
| D - Micaschistes à graphite | |
| 2 - <u>Le Synclinal médian</u> | 12 |
| 3 - <u>Le Rameau interne</u> | 14 |

Analyses chimiques du socle

16

Chapitre 2 : Le Paléozoïque :

17

1 - Le Houiller

17

Analyses chimiques du Houiller

20

2 - Les Grès d'Allevard (Autuno-Permien-Stéphanien D)

20

2.1 - Affleurements

22

A - Les affleurements Stéphanien supérieur

23

B - Les affleurements Autuno-permiens

28

2.2 - Etude pétrographique

28

Analyses chimiques des grès d'Allevard

30

2.3 - Etude pétrochimique

31

2.4 - Etude sédimentologique du Houiller et de l'Autuno-permien

35

2.5 - Interprétations

37

2.6 - Conclusions de l'étude stratigraphique

39

3 - Le Trias :

40

1 - Le Trias sans spilites

42

2 - Le Trias avec spilites

47

3 - Les spilites

50

4 - Le Lias:

53

DEUXIEME PARTIE - Tectonique

56

Chapitre 1 : Introduction :

56

1 - Les mouvements anciens

56

2 - Les mouvements récents

59

3 - Principales directions de fractures

60

Chapitre 2 : Bordure occidentale de Belledonne et esquisse structurale du flanc est du synclinal d'Allevard

61

Chapitre 3 : La zone anticlinale Gd Rocher-Allevard

64

<u>Chapitre 4 : La zone effondrée Montmayen-Gd Collet-Prodins-Arvillard</u>	65
<u>Chapitre 5 : La zone anticlinale axiale</u>	66
<u>Chapitre 6 : Conclusions: gîtes métallifères et tectonique linéamentaire</u>	66

<u>TROISIEME PARTIE</u> / - Les travaux miniers dans le massif d'Allevard	72
1 - <u>Historique</u>	
2 - <u>Différentes concessions et leurs indices minéralisés</u>	80
Analyses sidérites concessions A à E	84
- Concession de la Taillat (J)	89
Etude de la mine de la Taillat	
1. Situation	89
2. Anciens travaux d'exploitation	89
3. Méthode d'exploitation	90
4. Disposition du gîte de la Taillat	90
A - Affleurement de surface	90
B - Disposition du gîte en profondeur	93
a) Le rive et le maillat de Ste Madeleine	93
b) Les filons Lachaume et du Pinot	104
c) Les filons croiseurs	105
d) Tectonique du gisement de la Taillat	105
Analyses sidérites concessions F à N	110
Analyses sidérites concession P, Y, Z	115
3 - <u>Tectonique et minéralisation dans le massif d'Allevard</u>	118
4 - <u>Recherches minières pour cuivre dans le massif d'Allevard</u>	121

<u>QUATRIEME PARTIE</u> / - La Minéralisation	124
<u>Chapitre 1 : La gangue filonienne</u>	126
A - Le Quartz	126
1 - Les inclusions fluides	126
2 - Conclusions	132
B - L'Ankérite	133
Analyses d'ankérite massif d'Allevard	135
<u>Chapitre 2 : Le Minerai</u>	136
A - La Sidérite	136
1 - Analyses chimiques	136
2 - Les Lanthanides :	138
- dans les sidérites:	
- Tableau classement des Lanthanides	140
- Répartition des Lanthanides dans les sidérites du massif d'Allevard	143
- Analyses des autres éléments dans les sidérites du massif d'Allevard	144
- Répartition des Lanthanides dans les sidérites du massif de	
Belledonne	147
- Analyses des autres éléments dans les sidérites du massif de	
Belledonne	148
- dans les quartz :	
- Répartition des Lanthanides et des autres éléments dans les quartz de St Georges d'Hurtières	151
3 - Relations de stabilité de la sidérite dans le système Fer-Carbone-Oxygène	152

3.1 - Introduction	153
3.2 - Résultats expérimentaux	155
1. Equilibre sidérite-hématite-magnétite-gaz	155
2. Equilibre sidérite-magnétite-graphite-gaz	157
3. Stabilité de la sidérite dans un espace PF-f02-T	157
3.3 - Applications géologiques	159
 B - Les Sulfures	160
1 - La pyrite	160
2 - Le cuivre	160
3 - Le plomb	161
4 - Le zinc	162
5 - Le platine	162
 <u>Chapitre 3 - Répartition zonaire des éléments</u>	163
1 - Répartition zonaire dans la caisse filonienne	164
2 - Zonalité verticale dans les filons	165
2.1 - Evolution verticale des carbonates	166
2.2 - Evolution verticale des sulfures	167
3 - Zonalité à l'échelle du massif de Belledonne	170
3.1 - Les carbonates	170
3.2 - Les autres éléments	170
1 - minéralisations au contact du granite	170
2 - minéralisations dans les micaschistes	170
3 - minéralisations dans la couverture sédimentaire	172
4 - Conclusions	172
<hr/>	
<u>CINQUIEME PARTIE</u> /- Conclusions générales	173
1 - Contexte pétrographique	173
2 - Contexte structural	174
3 - La minéralisation	174

P L A N C H E S

	page
- Cadre Géographique	
- Situation géologique	3
- Province métallogénique d'Aiguebelle	5
- Province métallogénique d'Allevard	6
- Province métallogénique de Vizille	7
- Coupe géologique Arvillard-Gd Charnier	9
- Le synclinal médian	13
- Série stratigraphique du Houiller	18
- Coupe lithologique de Malatrait	24
- Coupe lithologique du Buisson et du Bard	25
- Coupe lithologique Granges du Coudray	26
- Coupes lithologique Montouvrard et Bréda	27
- Diagramme de Pettijohn	32
- Diagramme H. de la Roche	33
- Courbes cumulatives des indices d'éroussés de différents lots de galets	36
- Morphométrie des galets du Houiller, Stéphanien supérieur et Trias	38
- Coupe géologique Torrent de la Jeannotte	44
- Coupe géologique Torrent du Buisson	45
- Coupe géologique Torrent du Bard	46
- Coupe galerie EDF St Pierre d'Allevard	48
- Série stratigraphique du Lias	54
- Schéma Tectonique au nord d'Allevard	57
- Schéma Tectonique au sud d'Allevard	58
- Carte aéromagnétique 1/1000 000	71
- Coupe de fours - méthode d'exploitations	75
- Plan d'ensemble des concessions	77
- Concessions de la Montagne du Collet	79
- Concessions au nord du chaînon Gd Rocher-Allevard	86
- Les affleurements de surface (concessions J - L)	91
- Plan des filons maillats et rive de Ste Madeleine -niveau 205	94
- Plan des filons maillats et rive de Ste Madeleine -niveau 110	95
- Plan des filons maillats et rive de Ste Madeleine -niveau 0	96
- Coupe géologique Ste Madeleine - St Henri	97
- Tectonique du gisement de la Taillat	99
- Coupe verticale dans le plan du filon maillat (La Taillat)	101
- Coupe dans le plan du filon rive (La Taillat)	103
- Concessions de la région de Theys	111
- Directions minéralisées	119
- Relation P.T.V de l'eau	127
- Système H ₂ O - CO ₂ à basses et hautes températures	129
- Courbes critiques du système H ₂ O-CO ₂ pour des solutions de 2,5 à 15 mol% CO ₂	130
- Relations entre type d'inclusions et mode d'homogénéisation	
- Fréquence des températures d'homogénéisation des quartz 1 et 2 - filons d'Allevard	131
- Variations de compositions chimiques de l'ankérite	134
- Composition sidérites Vizille-Allevard	137
- Composition sidérites Aiguebelle	139
- Répartition des Lanthanides dans les sidérites d'Allevard	142
- Répartition qualitative des Lanthanides dans les sidérites de Belledonne	146

PLANCHES (suite)

	page
- Répartition des Lanthanides dans les quartz St Georges d'Hurtières	150
- Courbes univariantes expérimentales SHMG et SMGrG	156
- Champ de stabilité de la sidérite en fonction de log F _{O2} et T	158
- Textures en cocardes	164
- Variations de ΔG en fonction de T pour les sulfures	169
- Zonalité verticale de la minéralisation dans le rameau externe de Belledonne	171
- Carte hors texte n° 1 - gîtes métallifères et tectonique linéamentaire	
- Carte hors texte n° 2 - carte géologique du massif d'Allevard au 1/25 000	
- Carte n° 3 - les concessions minières du massif d'Allevard	



AVANT PROPOS

Jadis, en Dauphiné-Savoie, la métallurgie du fer et de l'acier et l'exploitation des mines métalliques ont occupé une large place dans l'industrie locale.

La plupart des cours d'eau - dont l'énergie hydraulique est utilisée aujourd'hui par des papeteries, des scieries ou des usines hydroélectriques - alimentaient les trompes à eau et mettaient en activité les soufflets et les marteaux d'un grand nombre de fourneaux à fer, de feux d'affinerie et de martinets, que l'ancienne forgerie dauphinoise avait installé sur leurs bords, séduite par l'abondance des eaux et par la secrète vertu que certaines étaient réputées posséder pour la trempe du fer ou de l'acier.

Si l'on observe l'importance des riches gisements de minerai carbonaté spathique (sidérite), si aptes à la fabrication des aciers naturels et l'abondance des ressources en combustible végétal, on ne s'étonne plus que le massif de Belledonne ait été, du temps de la métallurgie à bois, un foyer actif de production de l'industrie sidérurgique.

Quatre groupes géographiques prédestinés, réunissaient les conditions nécessaires à l'existence de forges à acier:

- groupe du Dauphiné ou de l'Isère (massif de Belledonne)
- groupe des Alpes Centrales (Styrie, Carinthie, Tyrol)
- groupe du Rhin (pays de Siegen)
- groupe de Thuringe

Les produits ne se définissaient pas seulement par leur composition, mais par leur provenance: fer des Alpes, acier Rivois, fer des Pyrénées, fer de Conté.. expression synthétique des propriétés spéciales de ces produits de l'art des forges, dont la qualité dépendait davantage de la nature des minerais de fer existant dans la région que des procédés d'élaboration.

Le massif de Belledonne, riche de milliers d'indices minéralisées (sulfures et carbonates) sur plus de 70 km de Vizille à Aiguebelle, constituait ainsi une région métallurgique naturelle, aujourd'hui disparue.

L'étude de la région d'Allevard s'inscrit donc dans le cadre plus général du déchiffrement des minéralisations carbonatées et sulfureuses du massif de Belledonne et des relations avec la pétrographie des roches encaissantes.

Il n'existe aucun document géologique précis (ou métallogénique) datant du début des exploitations des mines d'Allevard; la plupart des grattages et des travaux miniers (dont il ne reste que peu de traces dans les archives du Service des Mines) ont donc été recensés et replacés dans leur contexte pétrographique et structural.

En même temps, grâce à l'aide technique et financière de la Société d'Etudes et de Recherches de Beaufort, plusieurs anciens travers-bancs ont été occupés. (St Georges d'Hurtières et surtout la galerie Ste Madeleine à Allevard).

Ce n'est qu'ensuite que des échantillons de minerai prélevés en place pouvaient être livrés à l'analyse et à différentes investigations.

Ce mémoire, qui ne peut être exhaustif, reste donc comme dans toute recherche minière, le fruit d'un travail d'équipe, et je tiens à exprimer ma gratitude à ceux qui, par leurs conseils, leur intérêt ou simplement leur sympathie, m'ont aidé, peut-être sans le savoir à réaliser ce travail.

Qu'il me soit permis, en premier lieu, de citer mes parents à qui vont toute ma reconnaissance et toute mon affection.

Cette reconnaissance s'adresse aussi à Monsieur Dabrowski à qui je dois le sujet de cette étude, et qui fut pour moi un guide précieux, me prodiguant ses encouragements, m'apprenant patiemment au fil des jours mon métier de géologue. Monsieur Dabrowski trouvera ici le témoignage de ma profonde amitié ainsi que des souvenirs communs, notamment l'espoir, devant les fronts de taille ébouleux de Ste Madeleine, d'accéder un jour aux anciennes galeries de la Taillat. Ces travaux commencés en Août 1970 dans le cadre d'un programme de recherches de la S.C.E.R.B. (Société Civile d'Etudes et Recherches de Beaufort) devaient permettre, en pénétrant au coeur des filons de La Taillat d'étudier l'évolution des carbonates spatiques et des sulfures associés dans un but très appliqué. Cet espoir est aujourd'hui perdu à la suite de l'arrêt des travaux en décembre 1972, après le creusement de 260m de TB dans les cargneules triasiques, à 6m du filon maillat.

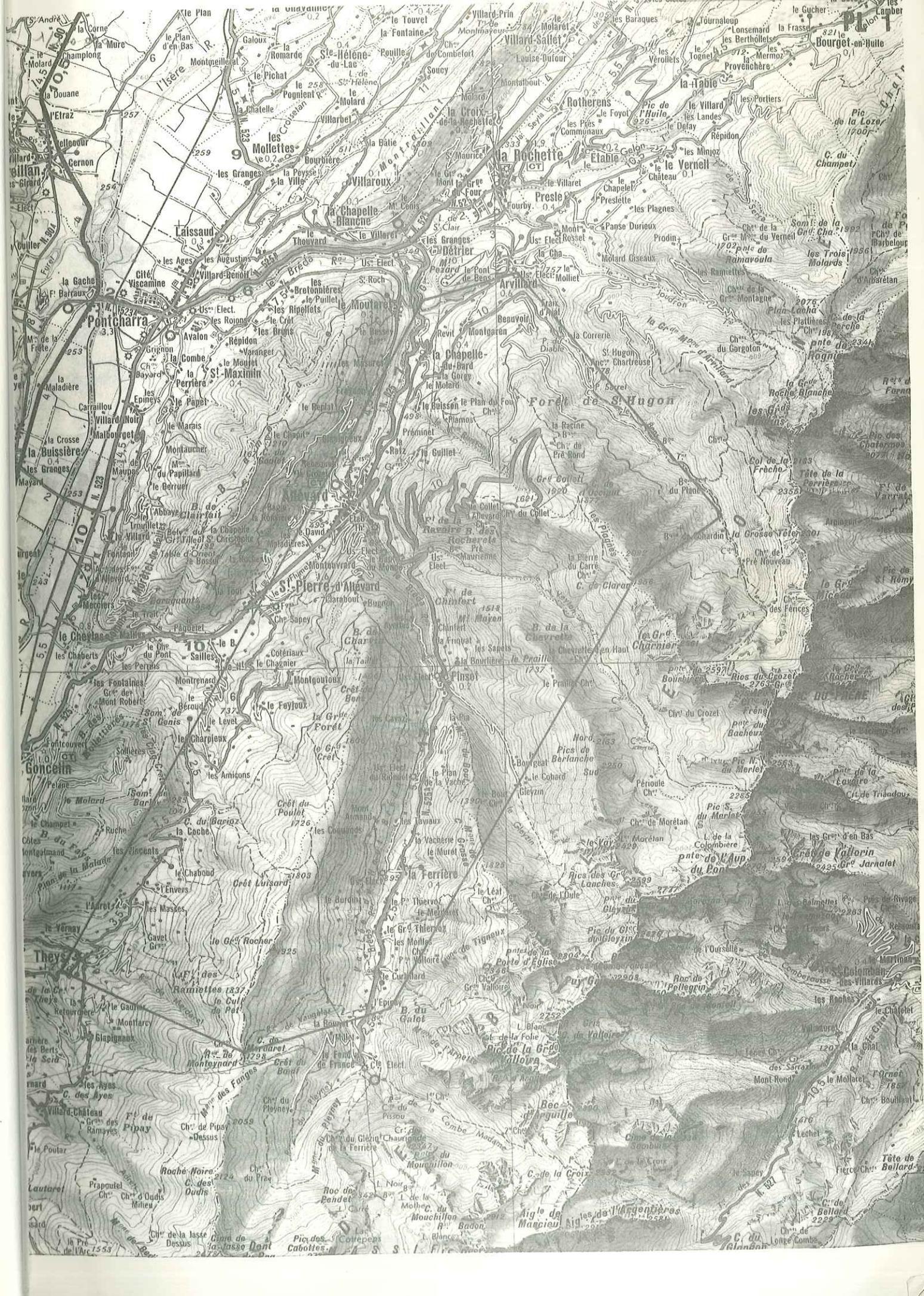
Je tiens à remercier Monsieur Lemoine, amateur de mines autant que financier, président de la Société de Recherches Minières de Beaufort, mais surtout ses équipes de mineurs, qui ont travaillé avec beaucoup de courage dans des terrains difficiles avec des moyens techniques très simples.

Mes remerciements vont également à Monsieur le Professeur R. Michel qui m'a fait l'honneur de présider ce jury et qui en lisant ce manuscrit a apporté de nombreuses améliorations.

Je tiens à dire à Monsieur le Professeur P. Giraud, Directeur de l'Institut Dolomieu, que j'ai été très sensible à ce qu'il ait accepté de faire partie de ce jury.

Je nommerais aussi Monsieur le Professeur F. Jaffe, pour son accueil si chaleureux à l'Institut des Sciences de la Terre de Genève, et qui malgré ses nombreuses occupations a bien voulu venir à Grenoble pour juger ce mémoire. Je lui en sais infiniment gré.

Mon ami Le Suavé reconnaîtra au fil des pages, ses analyses de lanthanides dans les carbonates, analyses qu'il a effectuées au CENG, et leurs difficultés d'interprétation dans un cadre métallogénique.



INTRODUCTION

1.-CADRE GEOGRAPHIQUE : (Pl.1)

Allevard, à 20 km à vol d'oiseau au NNE de Grenoble, sur le versant occidental de la chaîne de Belledonne, se situe sur la bordure ouest d'un quadrilatère de 20 km sur 7, dont les limites forment le cadre de cette étude :

- à l'ouest, la dépression Arvillard-Allevard-Theys (contact du Lias moyen et du Lias supérieur)
- au sud, une ligne Theys-col du Merdaret (limite méridionale des concessions minières du massif d'Allevard)
- à l'est, le "synclinal médian", depuis le col du Merdaret jusqu'à la haute vallée du Bens en passant par le col de Clarans au pied du Grand Charnier (limite ouest du granite des Sept Laux)
- au nord, la vallée du Bens jusqu'à Arvillard en aval.

Cette région couvre sur les fonds topographiques au 1/50 000:

- la moitié est de la feuille Domène
- la moitié est de la feuille Montmélian
- la feuille La Rochette

et sur les fonds topographiques au 1/25 000:

- la feuille Montmélian 7-8
- la feuille La Rochette 5-6
- la feuille Domène 3-4
- le nord de la feuille Domène 7-8

2.-CADRE GEOLOGIQUE GENERAL DU MASSIF DE BELLEDONNE : (Pl.2)

Le massif de Belledonne a fait l'objet de nombreux travaux depuis Guettard (1779) jusqu'à Dondey (1960).

Sans en faire l'historique, nous rappellerons le déroulement des différents phénomènes qui conduisirent à la structure actuelle de la chaîne.

On admet, depuis P. et Cl. Bordet (1957), que le massif de Belledonne possède, très schématiquement, une structure binaire:

- à l'ouest, le rameau externe (ou série satinée) d'âge antécarbonifère, formé d'ectinites (leyptinites et micaschistes albitisés localement) avec des niveaux de prasinites.

Cette série, présumée d'origine sédimentaire, dériverait du métamorphisme de sédiments schisto-gréseux de type flysch.

- à l'est, le rameau interne (ou série verte) d'âge dévonien, complexe d'origine volcanique à passées sédimentaires et décomposé en 3 sous-ensembles:

- la série verte inférieure : micaschistes à passées d'amphibolites nigmatisées (sédimentation détritique + volcanisme basique).

- la série verte moyenne : amphibolites et prasinites d'origine volcanique (ophiolitique?).

- la série verte supérieure: schistes gris et quartzeux associés à des prasinites volcaniques et des schistes graphiteux (stade ultime du cycle sédimentaire avec des dépôts organiques?).

L'ossature de cette zone (rameau interne) est constituée par les "massifs cristallins externes" (granite) âgés de 320 à 270 Ma, séquelles de l'orogénèse hercynienne.

Il existe deux massifs de granites principaux:

- le granite des Sept Laux, qui s'étend depuis la région qui porte ce nom, vers le NE, jusqu'à la vallée de l'Arc; on l'appelle aussi granite d'Epierre.
- le granite de St Colomban, antérieur au précédent, qui apparaît non loin du village du même nom, sur la bordure orientale de Belledonne, pour disparaître à la hauteur de la vallée de l'Isère.

D'une manière générale le volcanisme de cette chaîne, a été particulièrement important dans la région méridionale de Belledonne (travaux de Den Tex 1950 - Michel et Berthet 1958 - Michel et Verollet 1962); les formations basiques de Chamrousse ont un caractère massif, et il semble que les centres d'émissions doivent se trouver du côté du Tabor et peut-être plus au sud. Nous ne retiendrons des travaux de ces auteurs que l'hypothèse d'un gradient positif d'activité vers le sud.

L'histoire géologique du massif de Belledonne pourrait être la suivante:

- antéwestphalien: dépôt d'une épaisse série sédimentaire (de type eugéosynclinal) transformée par le métamorphisme en une série d'ectinites qui constituent en grosse partie, le socle actuel,
- la phase sudète succède à cette ectinisation, avec formation d'anticlinaux et de synclinaux allongés parallèles, et granitisation des axes anticlinaux, formant ainsi une ossature rigide (granite de St Colomban),
- des mouvements post-sudètes, provoquent la montée d'un nouveau matériel granitique qui s'introduit dans les régions de charnières plus fragiles et plus brisées.

Des fissures accompagnatrices donnent lieu à un volcanisme acide rhyolitique; cet ensemble isoclinal est ensuite serré, écrasé, facilitant l'ascension du granite des Sept Laux.

- Ce massif est alors pénéplané, et dans les graben, en formation se déposent des sédiments westphaliens et stéphaniens qu'une phase tectonique ultérieure (poussée vers le NW) plissera en synclinaux. Le massif de Belledonne est en effet lardé de graben houillers très pincés contenant du Westphalien inf., du Stéphalien inf. et sup., recouverts en discordance d'Autuno-permien.

L'Autuno-permien, rare dans la partie nord des massifs cristallins externes, sauf dans la région d'Allevard, se développe surtout dans le massif de l'Argentera et ses annexes (dôme de Barrot). C'est une série détritique rouge sans coulées volcaniques, mais à débris d'ignimbrites, nettement indépendantes du Stéphalien (phase saalienne?).

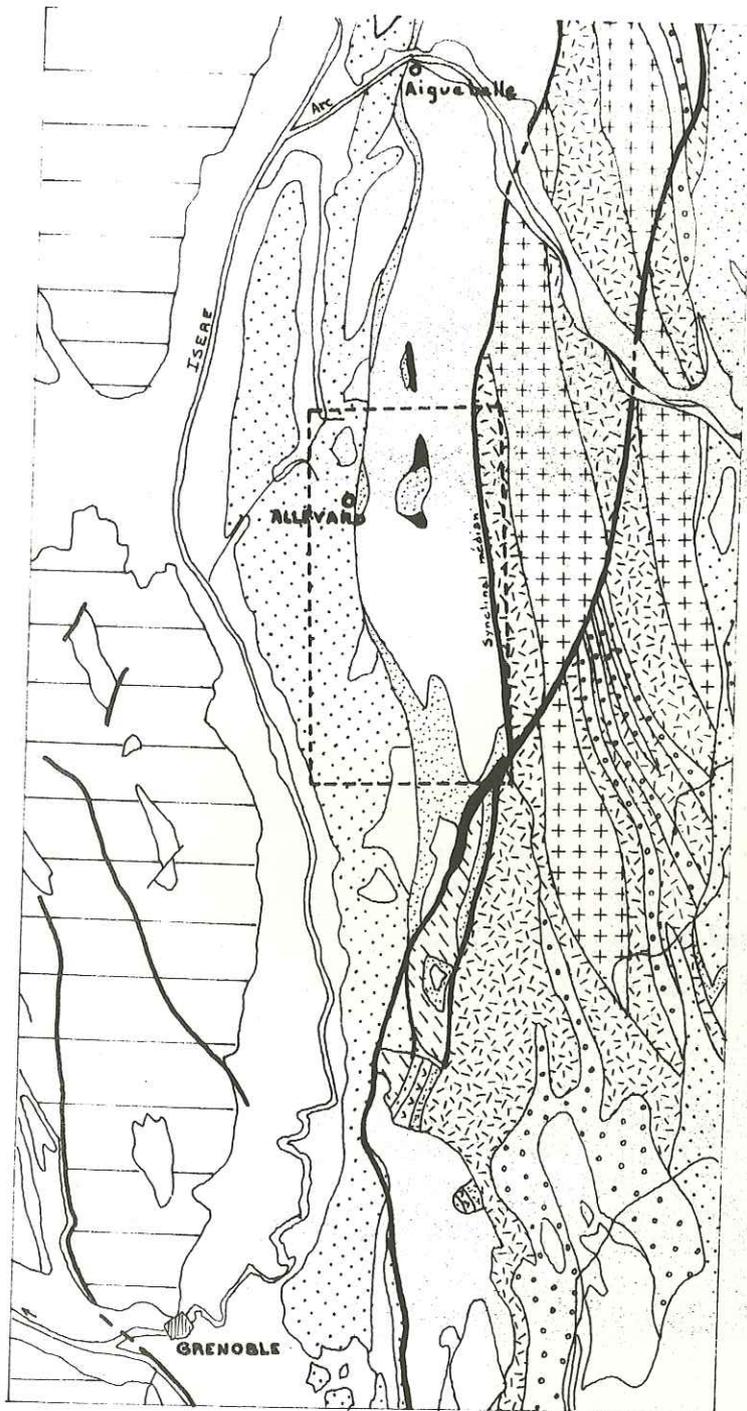
Le Trias et le Lias recouvrent les précédentes formations plus ou moins en discordance, et l'ensemble affecté par la tectonique alpine prend un style isoclinal avec chevauchement des différents ensembles pétrographiques vers le NW.

Géologiquement le domaine de cette étude appartient au raneau externe et à sa couverture sédimentaire du Houiller au Lias moyen.

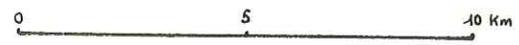
3.-MÉTALLOGÉNIE GÉNÉRALE DU RAMEAU EXTERNE (DANS BELLEDONNE) :

La région d'Allevard, en tant que "district minier" de Belledonne, possède certains caractères particuliers - que nous étudierons tout au long de cette thèse - permettant de définir la "province métallogénique" d'Allevard, minéralisée en sidérite, chalcopryrite, galène et blende .

Les filons d'Allevard, appartiennent d'une façon plus générale, à la province sidéritique de Belledonne.



-  Crétacé inf. à Jurassique moy.
-  Jurassique inf.
-  Trias - Permien
-  Rameau Externe
-  Rameau Interne
-  Granite
-  Amphibolites



En effet tout au long du rameau externe de ce massif, de Vizille à Aiguebelle, des milliers d'indices minéralisés, soit en filonnets de quelques centimètres, soit en filons de plusieurs mètres (St Georges d'Hurtières, Allevard) contiennent du fer spathique et d'autres carbonates (calcite, dolomite, ankérite).

Nous devons à l'omniprésence de la sidérite un grand nombre d'informations permettant de comparer les différents gîtes entre eux.

Ces amas minéralisés ne sont pas cependant régulièrement distribués (ou du moins connus) sur tout l'allongement de Belledonne. Certaines provinces sont très riches en minerai alors que les régions intermédiaires en sont presque dépourvues. Au nord de la vallée de la Maurienne, les indices de sidérite disparaissent; par contre au sud de Vizille, ils se poursuivent sur le plateau de la Matheysine jusqu'à la flexure des Alpes au sud de La Mure. Nous n'aborderons pas leur étude ici:

On distingue dans le massif de Belledonne :

- la province d'Aiguebelle (Pl.3 page 5)
- la province d'Allevard (Pl.4) page 6)
- la province de Vizille (Pl.5) page 7)

Cette distinction de province n'est pas purement géographique: à l'intérieur de chacune d'elle, la minéralisation carbonatée présente des caractères physico-chimiques constants. Bien que la sidérite offre des faciès variés, sa composition chimique est peu variable dans une province donnée, même à la suite de recristallisation locale.

Par contre, d'une province à l'autre, les teneurs de certains éléments varient notablement (magnésium et manganèse).

Les rapports FER/MANGANESE permettent de discriminer 3 types de sidérite qui appartiennent respectivement aux 3 provinces géographiques:

A/	1-Fe/Mn =	en moyenne	II (région d'Aiguebelle)
B/	2-Fe/Mn =	"	22 (type I Allevard)
	3-Fe/Mn =	"	40 (type 2 Allevard)
C/	4-Fe/Mn =	"	32 (type 1 Vizille)
	5-Fe/Mn =	"	60 (type 2 Vizille)

Chaque province possède en outre un faciès très particulier de sidérite:

- la sidérite d'Allevard correspond à la description des manuels de minéralogie: "rhomboèdres présentant des facettes allant jusqu'à 5 ou 6 cm², à clivage facile, de couleur brun "clair".

Les anciens mineurs distinguaient un type maillat à grands cristaux rhomboédriques, manganésifère, réfractaire, décrépitant au feu, variété qui fournit les plus beaux échantillons des collections, et un type rive, à petites lamelles, à cristallisation un peu confuse, riche en manganèse, facile à griller.

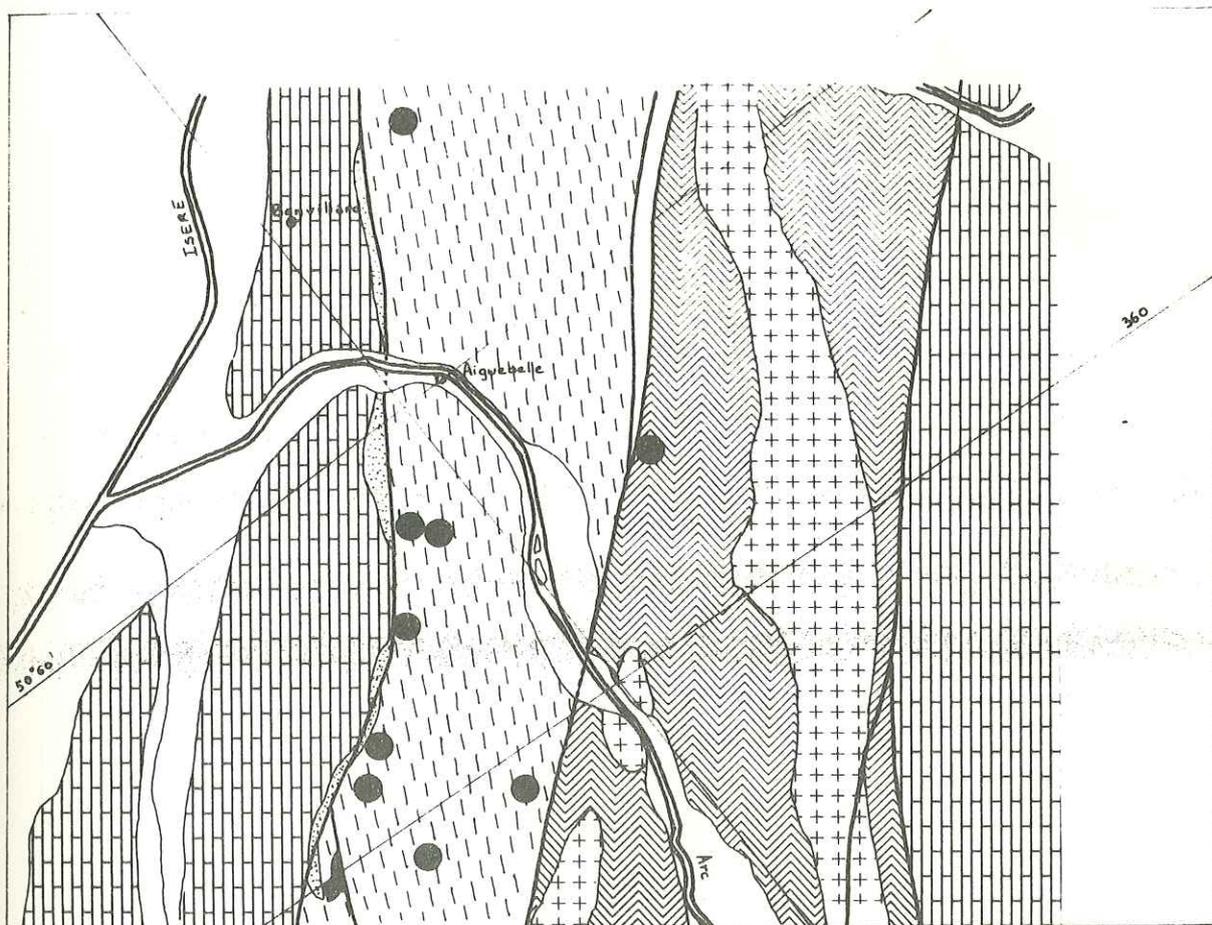
- la sidérite de St Georges d'Hurtières (Aiguebelle) n'est pas d'un type classique: elle est blanc ivoire ou grise en cassure fraîche. Décarbonatée, elle devient brun noir le long des fissures ou à l'altération superficielle. Les cristaux très petits (0,1 mm) donnent une texture finement grenue, très homogène, conférant à la roche une très grande tenacité.

- la sidérite de Vizille est, comme celle d'Allevard, géodique, à gros cristaux euhédraux. Dans certains cas elle présente un faciès particulier avec des cristaux à structure plate, imbriqués (aspect d'une rose des sables).

On retrouve dans les diagrammes de diffraction aux rayons X de ces sidérites les mêmes raies caractéristiques: les mailles cristallographiques ont donc des dimensions identiques.

MINERALISATIONS RAMEAU EXTERNE

AIGUEBELLE



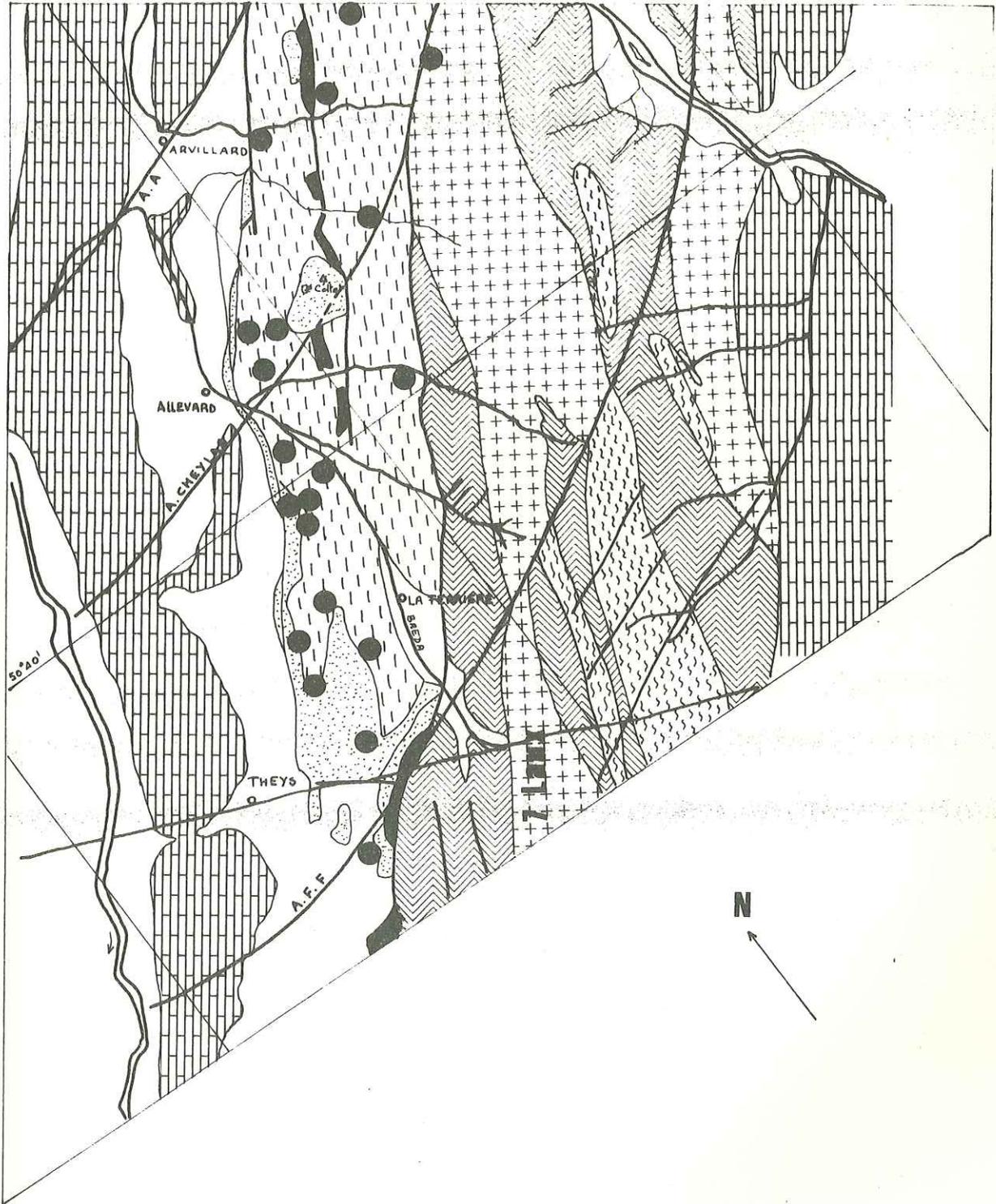
-  JURASSIQUE - LIAS
-  PERMO-TRIAS
-  HOULLER
-  RAMEAU EXTERNE
-  RAMEAU INTERNE
-  GRANITE
-  AMPHIBOLITES
-  R. U. BASIQUES

0 8 16 24 km

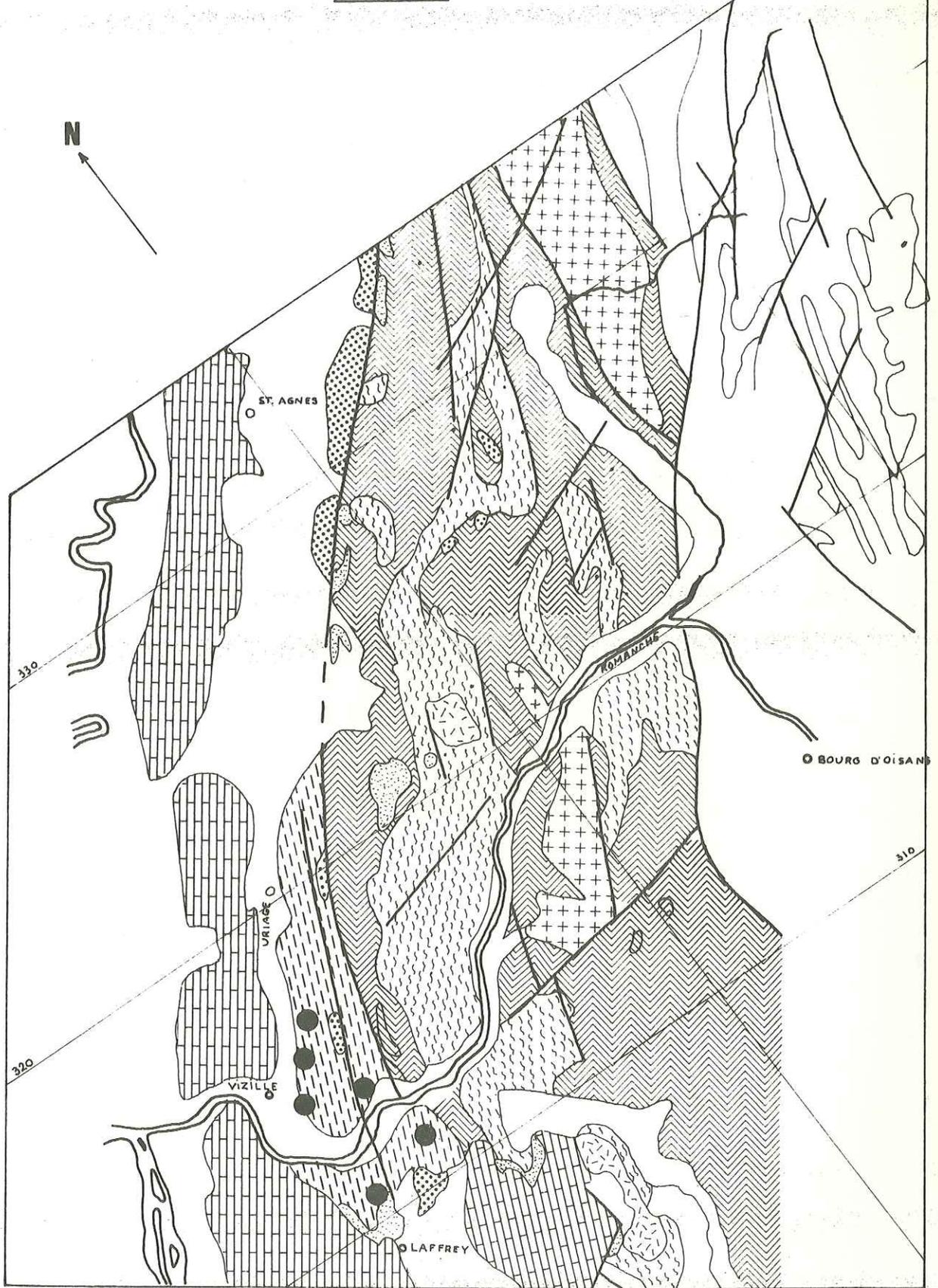


MINERALISATIONS RAMEAU EXTERNE

ALLEVARD



VIZILLE



Les variations de teneurs en Mg, Mn, Fe ont montré qu'il y avait remplacement isomorphique du fer par le manganèse (St Georges) et du fer par le magnésium (Allevard) et non pas association sidérite-dialogite ou sidérite-giobertite.

A Allevard, les différences de composition chimique et de cristallisation permettent de penser que 2 venues de sidérite se sont succédées dans le temps (type rive et type maillat) mais ce phénomène est bien moins net pour les sulfures qui les accompagnent: la vieille sidérite (rive) est plus riche en soufre (Pb, Zn, Cu).

La chalcoppyrite est le seul minerai de cuivre exploitable dans Belledonne en général; elle se présente soit sous forme de pyrite cuivreuse d'aspect granuleux et plus clair, où la chalcoppyrite ne fait que lier les cristaux de pyrite, soit de chalcoppyrite très pure, à cassure conchoïdale. Elle remplit les fractures qui sillonnent le filon, dans des zones plus quartzieuses et ankéritiques. Sa venue, généralement de seconde génération, se concentre dans les zones tectonisées des filons (flexure, torsion...).

Les datations de galène (méthode au plomb total) pour autant que l'on puisse leur faire confiance, donnent des âges moyens de 250 ± 50 Ma (âge hercynien = permocarbonifère).

Le quartz accompagne la sidérite surtout dans les filons d'une certaine importance: la thermométrie des inclusions fluides (températures à laquelle le liquide des inclusions s'homogénéise à la phase gazeuse = température minimale de cristallisation du cristal hôte), a permis de distinguer 2 types d'inclusions :

- températures de 270° à 310°C (dépôts épithermaux)
- températures de 300° à 350°C (dépôts mésothermaux)

Les ankérites, généralement produits de remplacement de la sidérite par des solutions calciques, se divisent en plusieurs groupes d'après leur composition chimique:

- fortes teneurs en Fe et Mn, à paragenèse de plus haute température (Aiguebelle et région à l'est du graben houiller du Gd Collet).
- ankérites à déficit en calcium et faibles teneurs en fer et manganèse, produits de remplacement de la sidérite.
- jeunes ankérites, phase minéralisante tardive, donnant lieu à une recristallisation partielle des vieux filons.

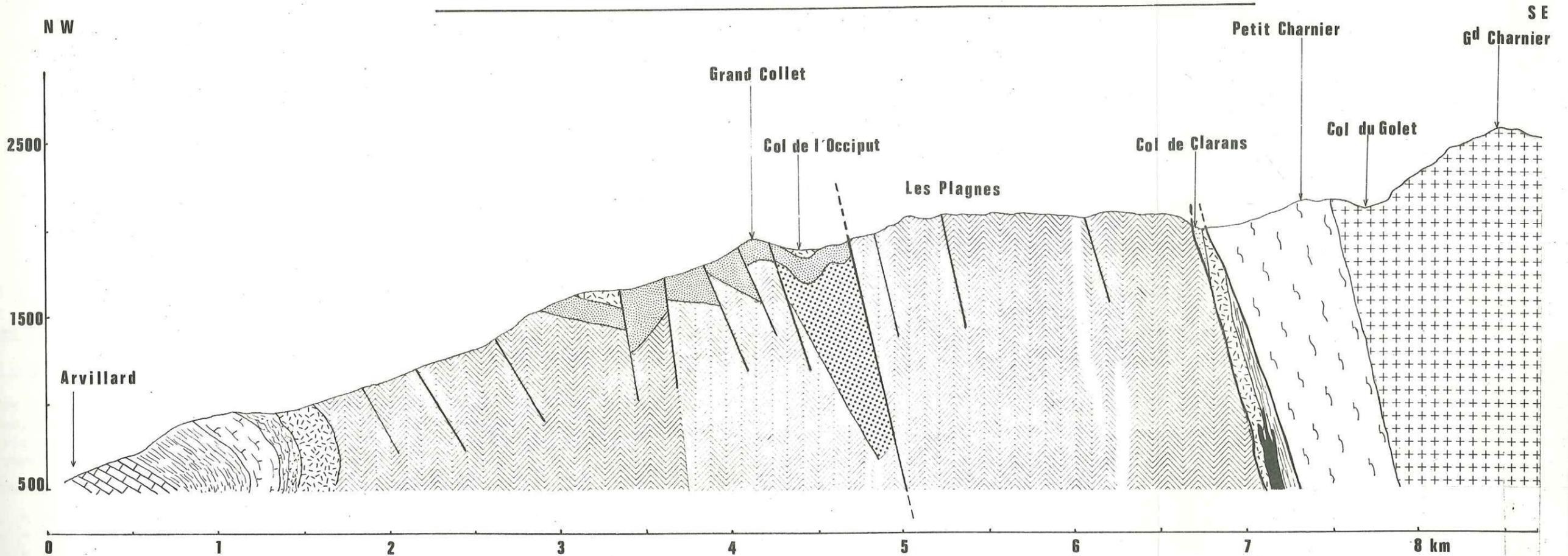
Dans sa synthèse métallogénique des Alpes, H.T. Huttenlocher (1934) pensait que les vieuxgisements étaient d'âge pré-triasique; au cours de l'orogénèse alpine ils auraient été tectonisés, remobilisés et d'autres mis en place.

Nous essayerons de répondre à un certain nombre de ces questions en étudiant les filons carbonatés de la région d'Allevard et en comparant les évolutions dans les régions voisines.

Les gîtes sont des remplissages de fissures à épontes régulières recoupant l'encaissant d'ectinites, ou parfois le Permien, la minéralisation ne traversant jamais le contact Permien-Trias.

=====

COUPE GEOLOGIQUE ARVILLARD - GD CHARNIER



- | | | | |
|--|---|--|-------------------|
| | Bajocien | | Migmatites |
| | Lias Schisteux | | Granite |
| | Lias Calcaire | | |
| | Lias Noduleux | | |
| | Trias | | |
| | Micaschistes | | |
| | Permien (stéphanien sup.) | | |
| | Houiller (stéphanien inf.) (westphalien) | | |

Première Partie : ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET PETROGRAPHIQUE

Une coupe géologique a peu près complète (Pl. 7 page 9) a été tracée entre le Gd Charnier à l'est et la Chapelle du Bard à l'ouest pour permettre de visualiser les rapports des différents ensembles décrits dans ce chapitre.

D'ouest en est on distingue :

- le Lias moyen et inférieur
- le Trias
- l'Autuno-permien
- le Stéphaniens
- le Westphalien
- le socle : - rameau externe
 - synclinal médian
 - bordure ouest du rameau interne

Chapitre 1.- LE SOCLE CRISTALLIN

1°- LE RAMEAU EXTERNE :

Cet ensemble, assez homogène d'Aiguebelle à Vizille, se compose de micaschistes, de style isoclinal, à pendage SE sur toute la longueur de Belledonne; il en résulte un chevauchement uniforme des différentes unités pétrographiques du SE vers le NW.

Sous le terme micaschistes se regroupent en fait :

- les séricitoschistes
- les micaschistes ocellaires
- les leptynites
- les micaschistes à graphite

A - LES SERICITO-CHLORITOSCHISTES :

Quand ils ne sont pas altérés, ils montrent un brillant gris-argent-vert sur leurs plans de schistosité (présence de séricite et chlorite). La schistosité très fortement marquée, est due à la prépondérance des lits micacés sur les lits de quartz. La texture est planaire, régulièrement litée: ils diffèrent en cela des micaschistes très microplissés de la chaîne des Hurtières (région d'Aiguebelle). La stratification étant parallèle à la schistosité, les plongements sont verticaux ou SE sauf dans certaines zones tectonisées où les pendages deviennent NW (voir chapitre tectonique).

a) le quartz: il est toujours présent, généralement en bandes continues à structure granoblastique, alternant avec des lits micacés, ou isolé au sein de lits phylliteux. On peut distinguer 2 générations de quartz:

- l'une à individus de taille variable mais intimement engrenés et à extinction roulante
- l'autre, concernant des quartz de recristallisation, à extinction normale, formant parfois de minuscules grains limitant d'autres cristaux de quartz ou remplissant des fissures de feldspath.

b) les minéraux phylliteux: ils ne se retrouvent intacts que lorsqu'ils ont été préservés d'une altération (rétroréaction) ou d'écrasements tectoniques. Les failles qui les affectent, souvent sécantes par rapport à la schistosité, laminent la séricite et la chlorite avec néoformation de séricite, chlorite et quartz.

- séricite-muscovite: en fines paillettes de teintes vives du 2ème ordre très pures, elles forment parfois 80 % de la roche et se présentent soit en bandes parallèles à gros individus de phengite (muscovite légèrement verdâtre en LN) soit en lits de fines paillettes où il est très difficile de distinguer les individus.

- chlorite : bien que moins abondante que la muscovite, elle est toujours présente, interstratifiée avec elle. En LN elle offre un pléochroïsme dans les verts et en LP on distingue des pennines (teintes anormalement bleutées très foncées) et des ripidolites (teintes anormalement violet foncé). Une partie de ces chlorites dérivent de l'altération des biotites qui persistent sous forme d'amas au sein de la chlorite (LM 53). La chlorite secondaire est parfois un minéral des filons carbonatés: à La Chevrette, des filonnets de quartz, ankérite, chlorite et chalcopryrite, parcourent la sidérite.

- biotite : elle n'existe qu'exceptionnellement à l'état de reliques dans les micaschistes et présente un pléochroïsme dans les tons brun chaud. Les lamelles de biotite sont alignées et coïncident avec une orientation privilégiée de tous les minéraux phylliteux.

c) feldspaths : lorsqu'ils sont présents, ils se rencontrent mêlés aux lits de quartz. Il s'agit d'albite (et quelquefois d'oligoclase) souvent limpide, parfois à inclusions de quartz, leucoxène ou sphène (structure poecilitique). Le feldspath communément représenté est vers l'est (rameau interne) l'oligoclase, alors qu'à l'ouest l'albite prédomine sur les autres plagioclases, rares et généralement indéterminables.

d) les carbonates : les carbonates (dolomite-calcite) ne sont pas rares et imprègnent souvent les micaschistes en pénétrant entre les minéraux.

e) les minéraux accessoires :

- le sphène : on observe quelques rares sphènes (LMI) généralement altérés en leucoxène (agrégats finement cristallins brun sombre).

- la tourmaline : elle est parfois très abondante (LMI) et possède un pléochroïsme bleu vert jaunâtre. Il s'agit de schorlite (tourmaline sodique).

- le rutile : toujours présent sous forme de petites aiguilles dans les albites, parfois en structure sagénétique dans les biotites et les chlorites.

- le zircon : commun aussi (surtout à l'approche des granites); les plus grands cristaux sont ronds, parfois carrés avec quelques halos pléochroïques dans les chlorites.

- l'ilménite : dispersée à travers la roche sous forme de cristaux tabulaires formant angle avec la schistosité.

- l'apatite : en cristaux généralement petits.

B - LES MICASCHISTES OCELLAIRES : (LM2)

Le qualificatif "ocellaire" s'applique aux porphyroblastes d'albite qui soulèvent les paillettes des phyllites. Ces porphyroblastes ont soit une forme ronde (0,5 à 2 cm) soit la forme propre du cristal (naclé albite, albite-carlsbad ou ala). Leur distribution à l'échelle de l'échantillon est irrégulière: parfois ils forment 60 % de la roche (sous le Gd Collet). Ils se trouvent de préférence dans des bandes riches en micas.

Des mesures à la platine universelle donne une composition presque générale de 0 à 7 % d'An. Quelquefois les porphyroblastes montrent un zoning inverse témoin d'une origine métamorphique: dans ce cas le bord du cristal peut atteindre la composition d'un oligoclase. Souvent les porphyroblastes ont été tordus ou cassés par des mouvements postérieurs à leur croissance. Un exemple d'extinction onduleuse dans un anas de porphyroblastes conduit à un mécanisme différent: ceux-ci semblent avoir été courbés parallèlement à un micropli de quelques mm d'amplitude.

Très rarement l'albite se trouve avec du quartz en structure granoblastique ou en longs cristaux irréguliers avec de la séricite comme produits d'altération; dans ce cas nous avons probablement affaire à un plagioclase riche en chaux altéré ou à un feldspath potassique altéré.

Souvent les albites montrent des nuages plus ou moins denses d'inclusions, ou de fines aiguilles de rutile (biréfringence et réfringence extrêmes) de sagénite, quartz, leucoxène, ilménite, sphène.

On peut penser aussi que la cristallisation de l'albite, postérieure au microplissement s'est opérée sous des pressions orientées responsables de sa rotation en cours de cristallisation et de sa structure pseudo-hélicitique à inclusions sigmoïdes.

Autour de certaines albites à inclusions, une auréole d'albite parfaitement limpide évoque un nourrissage ultérieur.

Les autres minéraux observables sont les mêmes que pour les séricito-chlorito-schistes.

C - LES LEPTYNITES :

Ce sont des roches très claires, massives, à reflets gris ou verts sur le plan S, translucides et quartziteuses en tranches. La texture est litée, la structure granoblastique avec de fréquentes cloisons de calcite et de phyllites.

Les autres caractères micrographiques sont les mêmes que ceux des micaschistes; ces niveaux sont parfois envahis par l'albite (0 à 10 % d'An) limpide, poecilitique, ocellaire ou porphyroblastique.

D - LES MICASCHISTES A GRAPHITE :

Ces niveaux sont toujours le siège de phénomènes tectoniques importants (Gros Chêne) qui provoquent le laminage de la roche et l'étirement des minéraux. A la limite, la roche, formée d'une purée de phyllites et de graphite, mérite le nom de phyllonites.

Il s'agit de roches très sombres, dures ou tendres, avec des amandes de quartz et pyrite ainsi que des veines de graphite (quelques mm). Au microscope, l'orientation des lits micacés est soulignée par des files d'inclusions graphiteuses: les lits micacés, réguliers ou très plissotés sont accompagnés de grosses lamelles de phengite et d'albite à inclusions de graphite-oligiste; les quartz sont faiblement engrenés.

L'albite, toujours abondante, ocellaire ou en gros porphyroblastes limpides à inclusions d'oligiste, graphite, chlorite, quartz, tourmaline, rutile en aiguilles; toutes ces inclusions sont parallèles à une direction unique.

Les albites cataclastiques sont envahies secondairement par de la calcite; l'abondance de l'albite peut être en relation avec le rôle tectonique de ces assises.

2°) LE SYNCLINAL MEDIAN : (Pl.8 page 13)

Le "synclinal médian" dénommé ainsi par Ch. Lory n'est en fait qu'un accident structural important qui sépare 2 formations différentes du socle:

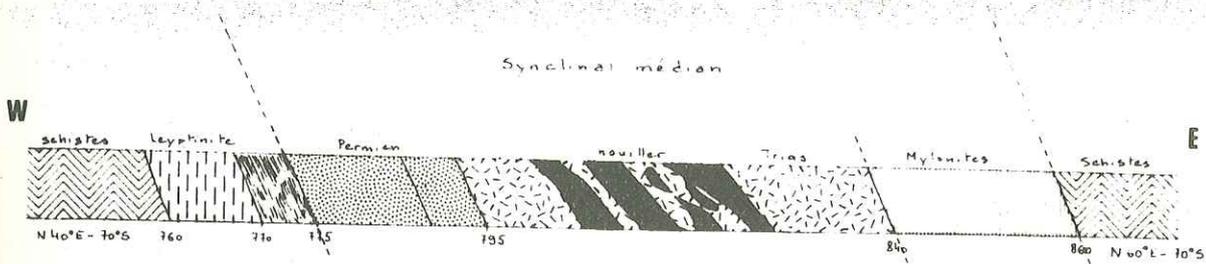
- la série satinée que nous venons de décrire, déposée jusqu'au Carbonifère,
- la série verte d'âge dévonien dans laquelle se sont mis en place les granites des Sept Laux.

Le synclinal médian se suit, dans la région qui nous intéresse, du col de Clarans au nord, au col du Merdaret au sud. Entre Fond de France et ce dernier col, il passe par le ruisseau de Vaugelat où il est superposé à l'accident de Fond de France. Il n'est pas possible d'y faire une stratigraphie mais simplement de distinguer:

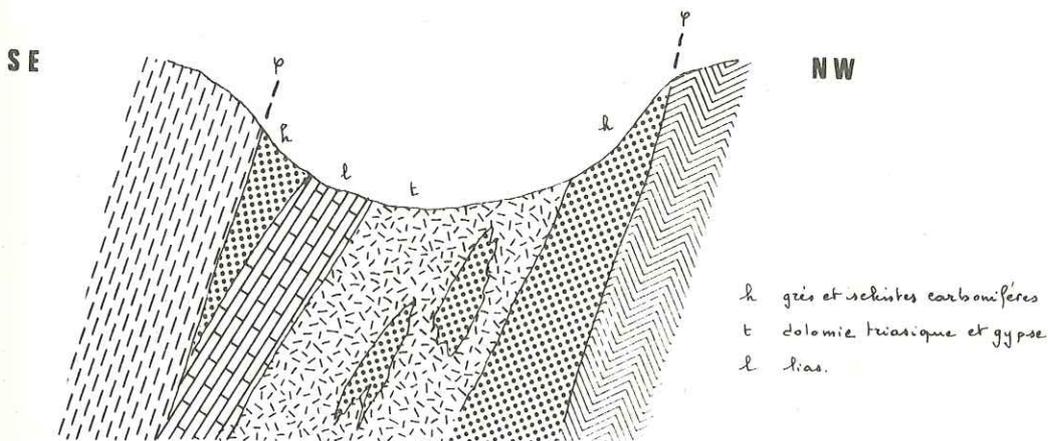
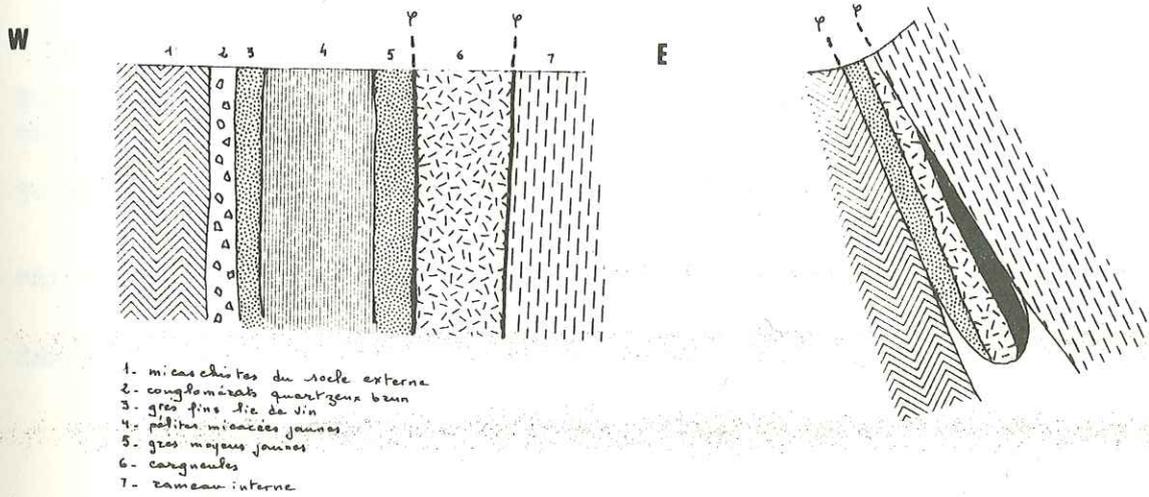
- des pélites graphiteuses noires, écailleuses et lustrées, des schistes noirs et des grès micacés sombres du Houiller. Cette formation se caractérise par l'absence de conglomérats.
- des calcaires dolomitiques, des cargneules, du gypse triasique parfois injecté dans le carbonifère.
- des calcaires marneux du Lias, très fissiles.

LE SYNCLINAL MEDIAN

Galerie du Veyton



Col de Clarans (1956 m)



Col du Merdaret

D. Dondey avait étudié en 1960 la pétrographie des échantillons prélevés dans la galerie du Veyton (2450m de long) percée au droit du village de Pinsot, du Mt Pelas au Chalet du Carré.

De cette galerie nous ne retiendrons que la fraction qui intéresse la terminaison est du rameau externe, le synclinal médian et la bordure ouest du rameau interne (Fig.1 Pl.8).

- PK 770-775 : schistes graphiteux, noir brillant; une lame de micaschistes est intercalée dans leur masse; toucher savonneux, très fortement écrasés (série externe).

- PK 775-840 : synclinal médian: il débute avec les grès et les schistes permien et se poursuit par du Trias gypseux et dolomitique à lentilles tectoniques de Houiller.

- PK 840-860 : nylonites; zone écrasée et fracturée avec filons de quartz eux-mêmes écrasés.

La coupe du synclinal médian au col de Clarans (1956) montre:

- à la base un conglomérat quartzeux brun
- des grès fins micacés rouge lie de vin
- des grès moyens satinés jaunes et rouille
- des cargneules triasiques avec des phénocristaux d'albite

Sur le versant sud du col (Le Planet) le remplissage du synclinal offre en plus des calcaires noirs du Lias.

3°-LE RAMEAU INTERNE :

Nous citerons rapidement, sans la détailler, la zone comprise entre le synclinal médian et le granite des Sept Laux.

En partant du synclinal à l'ouest, vers le granite à l'est, nous trouvons dans la coupe type :

- des embréchites rubannées
- des granulites
- des schistes amphiboliques
- des embréchites ocellées
- des anatexites
- le granite des Sept Laux

Dans la région du Gd Collet-Gd Charnier, le synclinal médian, oblique sur les structures pétrographiques, réduit ces formations à une bande de migmatites au contact du granite.

Les migmatites présentent plutôt un faciès de granitisation et d'écrasement lié à la présence du granite que le résultat d'une migmatisation fondamentale.

Les différents faciès de ces migmatites sont les suivants :

- schistes granitisés: micaschistes sombres à schistosité fortement marquée, texture litée légèrement ocellée, épais lits de biotite séparés par des granules irréguliers de quartz et feldspaths.

- embréchites : porphyroblastes de microline de plusieurs cm, en amandes, provoquant un amincissement et un plissement des lits micacés.

- anatexites: en bordure du granite, roches claires, texture équante à anatexite, biotite réduite au sein d'une pâte leucocrate.

- le granite : leucocrate, calcosodique et potassique, perthite (en faveur d'une compression du granite), myrmékites, riche en biotite, granu à grain moyen.

Pendage occasionnel des masses granitiques:

- 40°E au col de Clarans
- vertical à Fond de France
- en général SE très redressé.

Au sud, près du col du Merdaret, la série verte du Crêt du Boeuf (analyse n° 5, Pl.9) complète les faciès pétrographiques décrits ci-dessus : il s'agit d'une roche vert foncé, à schistosité bien marquée. Le quartz, à extinction roulante, et structure granoblastique est très abondant. Les plagioclases: les teneurs en anorthite atteignent 40 à 45 % (labrador - bytownite). La biotite est complètement chloritisée. Des granules de pyrite parsèment l'ensemble de la roche. L'amphibole est essentiellement de la hornblende bleu-vert en lumière naturelle.

ANALYSES CHIMIQUES

n°	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O+	H ₂ O-
1	64,09	17,25	2,98	4,51	0,06	1,14	0,22	1,43	3,18	-	0,18		3,86	
2	51,9	24,94	3,70	4,83	0,12	3,05	0,75	1,50	4,75	-	1,13	0,13	4,03	
3	48,06	32,28	1,24	0,48	0,02	2,54	1,17	0,59	7,80	-	0,67	0,08	4,49	0,31
4	49,14	19,82	7,79	7,41	0,26	2,92	0,54	2,06	4,82	-	0,48			
5	50,53	18,59	0,83	6,23	0,10	6,33	6,27	3,60	2,05	-	1,00	0,13		0,25

- 1 - séricito-chlorito schiste à albite de la vallée de St Hugon
- 2 - schistes chloriteux à muscovite et albite de la vallée du Veyton
- 3 - mylonite noire de séricitoschiste de la région de Prodins
- 4 - schiste chloriteux à muscovite et albite d'Allevard
- 5 - schiste vert amphibolique du Crest du Boeuf (série verte) analyse CEA

} référence A.C. Tobi

Les analyses (1 à 4), extraites de la thèse de Tobi (1958), ont été citées à titre indicatif .

(Planche 9)

Chapitre II.-

LE PALEOZOIQUE

Il est représenté, dans la région d'Allevard, par des formations détritiques (conglomérats, grès et pélites) appartenant :

- au Houiller (Westphalien et Stéphalien inférieur)
- au Stéphalien supérieur
- à l'Autuno-permien

Le Stéphalien supérieur et l'Autuno-permien sont désignés sous le terme "grès d'Allevard".

1°) LE HOULLER :

Dans le massif de Belledonne, le Houiller se rencontre sur le flanc ouest. Généralement cachés sous les éboulis et la végétation, les affleurements sont discontinus et jalonnent une bande NNE-SSW qui partant de la région de la Table au nord, passe au-dessus d'Allevard (Gd Collet-Mt Moyen) puis au col du Merdaret et se prolonge dans les 3 concessions de la Boutière, Gd Joly et St Mury.

Dans ces petites exploitations, le charbon généralement pulvérulent contient parfois de gros rognons de pyrite blanche.

Plus au sud, les lambeaux de Vaulnaveys (empreintes de Cordaïtes) et du Mt Sec conduisent au-dessus de la vallée de la Romanche; au delà le houiller réapparaît à l'est du lac Mort et se raccorde ensuite au grand bassin de La Mure.

Le grand axe houiller externe, auquel appartiennent les formations de la région d'Allevard, s'étend avec quelques interruptions, du massif des Aiguilles Rouges au nord à celui de l'Argentera-Mercantour au sud, en dessinant tout comme les massifs cristallins un angle droit .

Il est classique de parler de synclinaux houillers dans les massifs cristallins externes; leur étude, qui sera traitée dans le chapitre tectonique, montre pourtant que les structures du Houiller ne sont pas purement synclinales mais plutôt assimilables à des graben limités par des failles à peu près parallèles (dislocation du socle hercynien) le contenu de ces graben peut être plissé en synclinal.

Prolongements structuraux lointains des bassins de St Mury et de La Mure nos affleurements s'en distinguent par l'abondance des conglomérats, l'extrême rareté de l'antracite (sauf à Prodins) et l'absence de faune limnique.

Les renseignements fournis par les sédiments houillers eux-mêmes sont de peu d'importance: les conglomérats, les grès et les schistes noirs sont classiques et prouvent une érosion intense suivie de phases de réinvasion.

Seules les directions d'apport, et l'absence de galets de granite ou d'amphibolites auront un rôle pour reconstituer la tectonique et la paléogéographie à l'époque hercynienne.

Les principaux affleurements houillers ont été dégagés par les vallées qui entaillent profondément le rameau externe:

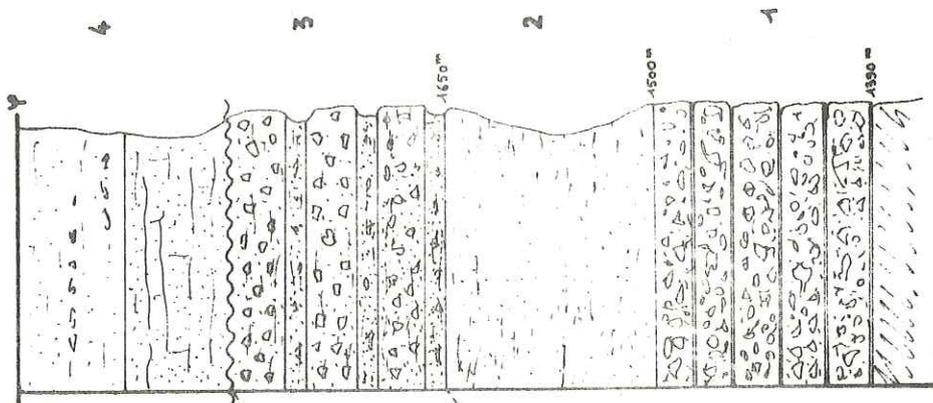
- vallée du Bens au nord (La Racine)
- le Collet-Pretermont (entre Bens et Veyton)
- le Mt Mayen (entre Veyton et Bréda)
- le ruisseau de Vaugelat au sud (col du Merdaret)

Les affleurements : (Pl. 10 page 18)

a) Le mont Mayen :

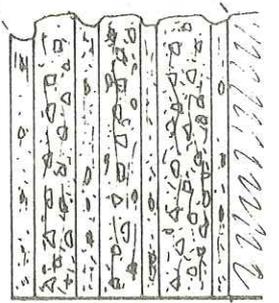
Cette série offre la coupe la plus complète du Houiller dans la région d'Allevard:

1°) - à l'altitude de 1390m la couverture sédimentaire, discordante sur le socle d'ectinites, débute par 120m de conglomérats, constitués d'une succession de bancs

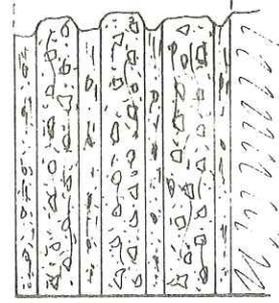


Westph. D. Stephan. infé. Steph. moyen Steph. sup.

Mont Mayen



Pretermont



Bens

IE HOUILLER

de poudingues (3 à 6m) massifs, cohérents, séparés par de minces passées grèsopélitiques.

Le matériau est composé presque entièrement de fragments de schistes jointifs et intriqués ou isolés dans une matrice gréseuse micacée, très émousés, l'ensemble de couleur gris fer. Les quartz sont de petites tailles et rares.

2°) - 150m de grès micacés compacts (côte 1500), à granulométrie moyenne ou fine, à caractère psammitique, de couleur gris foncé, à clivage frustré parallèle au litage.

3°) - enfin une alternance de bancs conglomératiques et de grès micacés rappelle les termes précédents si ce n'est une plus grande abondance de galets de quartz peu émousés dans les niveaux conglomératiques.

Les ensembles 2 et 3 sont stéphanien (quelques fragments de Pecopteris).

4°) - Les grès beiges et lie de vin qui continuent cette série appartiennent au Stéphanien supérieur.

Les ensembles 3 et 4 sont discordants sur les ensembles 1 et 2.

b) Vallée du Bens et Pretermont :

Prolongement nord du Mt Mayen, ces 2 affleurements correspondent à la même bande houillère passant sous le Gd Collet et profondément enracinée dans le socle. On y trouve une succession de bancs de poudingues lenticulaires de 3 à 4m de puissance, à éléments de schistes jointifs émousés avec parfois une proportion notable de galets de quartz anguleux et de bancs de grès micacés fins qui rappelle la partie supérieure de Mt Mayen (ensemble 3).

c) Col du Merdaret :

Entre le Mt Mayen et le col du Merdaret (ruisseau de Vaugelat) le Houiller ne se trouve qu'à l'état de lambeaux dans le synclinal médian (au-dessus de la Ferrière).

Certaines différences existent entre les précédents affleurements et celui du Merdaret; ce dernier est sur le passage du synclinal médian et de l'accident de Fond de France qui se superposent ici. Il en résulte un intense microplissement de ces formations.

Les conglomérats sont très rares et à la place des pélites noires finement litées qui les accompagnaient, nous trouvons des ardoises noires avec quelques minces lits de grès micacés noirs, le tout avec des imprégnations de pyrite, oxyde de fer, carbonates (voir analyse ankérite page).

Ces affleurements d'ardoises très fissiles sont affectés d'un clivage schisteux différent de la stratification donnant un débit en petits parallélépipèdes de quelques centimètres.

d) Ramavoula Prodins :

La zone houillère n'apparaît plus au niveau de la montagne d'Arvillard mais elle existe plus au nord sur la crête de Ramavoula (Prodins, les Ramiettes).

Au niveau du Bens une flexure de l'axe houiller d'origine tectonique: faille N50°E) explique ce changement brusque de direction.

La mine des Ramiettes exploitait une couche d'antracite de 1,5m de puissance de direction N35°E - 60°SE qui fournit à B.Cabrol (1967) Callipteridium pteridium, Asterophyllites et Alethopteris grandini permettant de dater ces formations du Stéphanien inférieur .

ANALYSES CHIMIQUES

n°	14	15	16	17	18
SiO ₂	85,47	59,22	55,49	56,86	76,22
Al ₂ O ₃	6,92	18,41	29,23	22,04	13,49
Fe ₂ O ₃	0,36	3,68	1,0	4,32	0,88
FeO	1,52	5,60	1,34	3,74	2,12
MnO	0,03	-	-	0,06	0,07
MgO	0,84	2,39	0,39	2,07	0,84
CaO	0,96	0,36	0,53	0,60	0,10
Na ₂ O	0,73	1,93	0,60	1,06	0,47
K ₂ O	1,16	2,43	6,72	3,64	3,00
H ₂ O+	1,19	4,24	4,49	4,55	2,85
H ₂ O-	0,10	-	-	0,20	0,07
CO ₂	-	-	-	0,24	0,12
TiO ₂	0,43	1,13	0,39	0,74	0,21
P ₂ O ₅	0,26	0,08	0,21	0,24	0,10

n° 14 : conglomérat houiller Pinsot

x = 946

y = 473

n° 15 : grauwackes Rocher Rouge

x = 863

y = 250

n° 16 : tuf-Grande Lauzière

x = 848

y = 238

n° 17 : tuf-Rocher Noir du Pleynet

x = 902

y = 358

n° 18 : tuf Gd Lauzière

x = 848

y = 238

Ces analyses de roches totales (référence thèse Tobi) sont données à titre indicatif.

2°) LES GRES D'ALLEVARD :

Les formations dites "grès d'Allevard" (Stéphanien supérieur, Autuno-permien) sont largement représentées sur le versant ouest du massif de Belledonne: le lambeau le plus septentrional se trouve à la montagne du Collet (à l'est d'Allevard), les affleurements les plus étendus et les plus typiques revêtent les croupes du Gd Rocher et du Col du Merdaret.

Reconnu pour la première fois dans la région d'Allevard par Ch. Lory (en 1860) le faciès type y a emprunté son nom "faciès grès d'Allevard" et désigne des formations détritiques, parfois grossières, essentiellement représentées par :

- des conglomérats et des brèches recristallisées
- des grès plus ou moins fins
- des pélites diverses

Il semble qu'au cours des temps, la sédimentation se soit progressivement étendue vers le sud, sur des aires plus stables.

Dans la région du Gd Collet-Mt Mayen, les grès sont datés du Stéphanien supérieur (détermination fossiles végétaux par J.Sarrot 1963 et Danzé 1968) et sont discordants sur le socle et le Stéphanien inférieur.

Par contre au sud, les grès du Gd Rocher, et ceux de toute la bordure ouest du massif, discordants sur le socle de micaschistes appartiennent à l'Autuno-permien.

Cependant, malgré les études de P. Liard 1970 et B.Pomerol 1967, la stratigraphie de ces grès reste entachée d'incertitudes:

- leur âge au niveau du Gd Rocher ne repose que sur la découverte en 2 points d'empreintes fossiles caractéristiques:

- .Calamites cisti (versant est) par P.Gidon 1950
- .Pseudovoltzia (versant sud-ouest) Tobi, Corsin 1958

- les caractères pétrographiques rappellent souvent le Carbonifère et le passage au Trias est parfois progressif (d'où les termes de Permo-carbonifère et Permo-trias).

- l'origine de ces formations est double: déritique et volcanique. Comme dans tout le Permien d'Europe on retrouve les traces d'un volcanisme ignimbritique, caractérisé par des fragments de rhyolites.

- les corrélations stratigraphiques entre les différents affleurements sont difficiles à faire, même au niveau du banc; l'étude micrographique révèle, outre une recristallisation générale du sédiment, la néoformation de phyllites qui, par corrosion des anciens minéraux et envahissement des anciennes structures, éloigne la roche du faciès gréseux primitif.

Ces phénomènes de recristallisation orientée, indice d'un début de métamorphisme, ne se déchiffrent clairement que dans les assises demeurées à l'écart des réorganisations mécaniques ultérieures; la schistosité vraie (recristallisation générale et développement des phyllites) est souvent masquée par une schistosité de fracture secondaire avec cataclases et faibles recristallisations.

- Montagne du Collet : bordés à l'est par un grand accident NS les grès, tantôt en contact avec le socle (montagne des Plagnes) tantôt avec le Houiller, sont conservés dans un graben, effondré vers l'est et surimposé à celui du Houiller. La bordure ouest des grès correspond à une flexure du socle.

- Le Gd Rocher: les grès du Collet se prolongent vers le sud au-delà du Bréda, en conservant les mêmes relations discordantes avec le socle, mais deviennent autuno-permiens tandis que le Stéphanien supérieur disparaît. On les retrouve à la Taillat et à Croix Reculet où les galeries exploitant la sidérite y ont souvent leurs entrées (Gd Brache, Ste Madeleine).

Ils existent aussi avec un développement bien plus grand, plus au sud, sur les sommets qui séparent Theys de la Ferrière, toujours discordants sur les mica-schistes (crêt Luisard).

Jusqu'au col du Merdaret les grès forment un revêtement complet sur la partie supérieure de la montagne. En crête, les couches sont presque horizontales; elles plongent légèrement à l'WNW sur le versant de Theys. Par contre vers la vallée du Bréda les grès sont abaissés régulièrement par un réseau de failles en escalier NE-SW.

Stratigraphie : Mis à part le conglomérat basal (de 1 à 11m de puissance) on note plusieurs fois la réapparition de faciès à sédimentation grossière suivi d'épisode à granulométrie plus fine.

La récurrence de ces niveaux conglomératiques témoigne de mouvements épirogéniques du socle du Stéphaniens supérieur au Permien; les variations de faciès sont caractéristiques du mode de dépôt des grès.

Nous reprendrons les conclusions de P. Liard (1970) et B.Pomerol (1967):

" le transport était de type fluviatile à chenaux divagants; à la base de chaque séquence un courant de type torrentiel apportait, parfois sous forme de coulées boueuses, le matériel grossier suivi d'un écoulement plus calme expliquant la granodécroissance".

Figure de sédimentation et Indice d'éroussé: l'apport provient d'une région proche, située au NE des lieux d'épandage. Les grès s'épandaient dans des cuvettes, sorte de glaciers d'érosion sensiblement plats, à chenaux divagants situés au pied même de reliefs peu importants (sédimentation fine). Les produits du socle (mica-schistes) n'entrent que pour une faible part dans la composition des grès permien et la présence abondante de quartz et de matériel ignimbritique laisse supposer un apport magmatique important. Les grès d'Allevard auraient été à l'origine des cinérites gréseuses remaniées et resédimentées, mais la localisation des cheminées responsables de ces apports volcaniques reste inconnue.

1°) Les affleurements :

A: les affleurements du Stéphaniens supérieur (zone médiane de la montagne du Collet;

- a: Malatrait
- b: Pommiers Bouchard
- c: Pré Rond
- d: Arête de l'Evêque
- d: le Gd Collet

B: les affleurements autuno-permiens (bordure ouest de Belledonne et chaînon du Gd Rocher):

- a: au nord d'Allevard
 - 1- La Jeannotte
 - 2- Le Buisson
 - 3- Le Bard
 - 4- La ferme du Mt Levet
- b: au sud d'Allevard
 - 1- Les granges du Coudray
 - 2- Le plateau de Laval
 - 3- Le ruisseau de Pierre Herse
 - 4- Le Gd Rocher
- c: le Bréda

A: Les affleurements Stéphanien supérieur : (Pl.11 page 24)

L'affleurement de Malatrait résume la série stéphanienne supérieure dans la montagne du Collet.

1°) Malatrait: Les grès sont recoupés dans leur totalité par la route sud à 650m de l'esplanade de Malatrait, de la côte 1490 à la côte 1520m. La série est discordante sur le socle:

- 11m de conglomérats verts, massifs, à fragments jointifs de schistes cristallins, bréchiques à la base. Puis un niveau moyen de galets rubéfiés, violacés, plus émousés, enfin un terme supérieur essentiellement quartzeux dans une matrice chloriteuse.
- 3m d'un ensemble versicolore comprenant des lentilles granoclassées de brèches à graviers de quartz dans une pâte lie de vin.
- 8m de grès micacés lie de vin homogènes
- 15m de pélites grises feuilletées
- 4m de grès grossiers micacés gris clair en bancs décimétriques avec quelques empreintes (Pecopteris: Stéphanien).
- 25m de grès moyens fins, bruns.
- 5m d'ardoises gris bleu lustrés .
- 8m de pélites micacées vertes et brunes.
- 3m de conglomérats, massifs, verts, à graviers de quartz anguleux.

Puis suivent les termes de base du Trias: l'Autuno-permien n'est donc pas encore représenté.

2°) Pommiers Bouchard: La coupe a été relevée à l'WNW du chalet de Pré Rond, le long de la route forestière nord.

Cette série, discordante sur le socle, est datée du Stéphanien supérieur par des débris végétaux. Bien qu'il soit difficile de relier cet affleurement avec le précédent sans niveau repère, les caractères analogues du conglomérat de base permettent de penser que les 2 séries sont équivalentes.

On trouve:

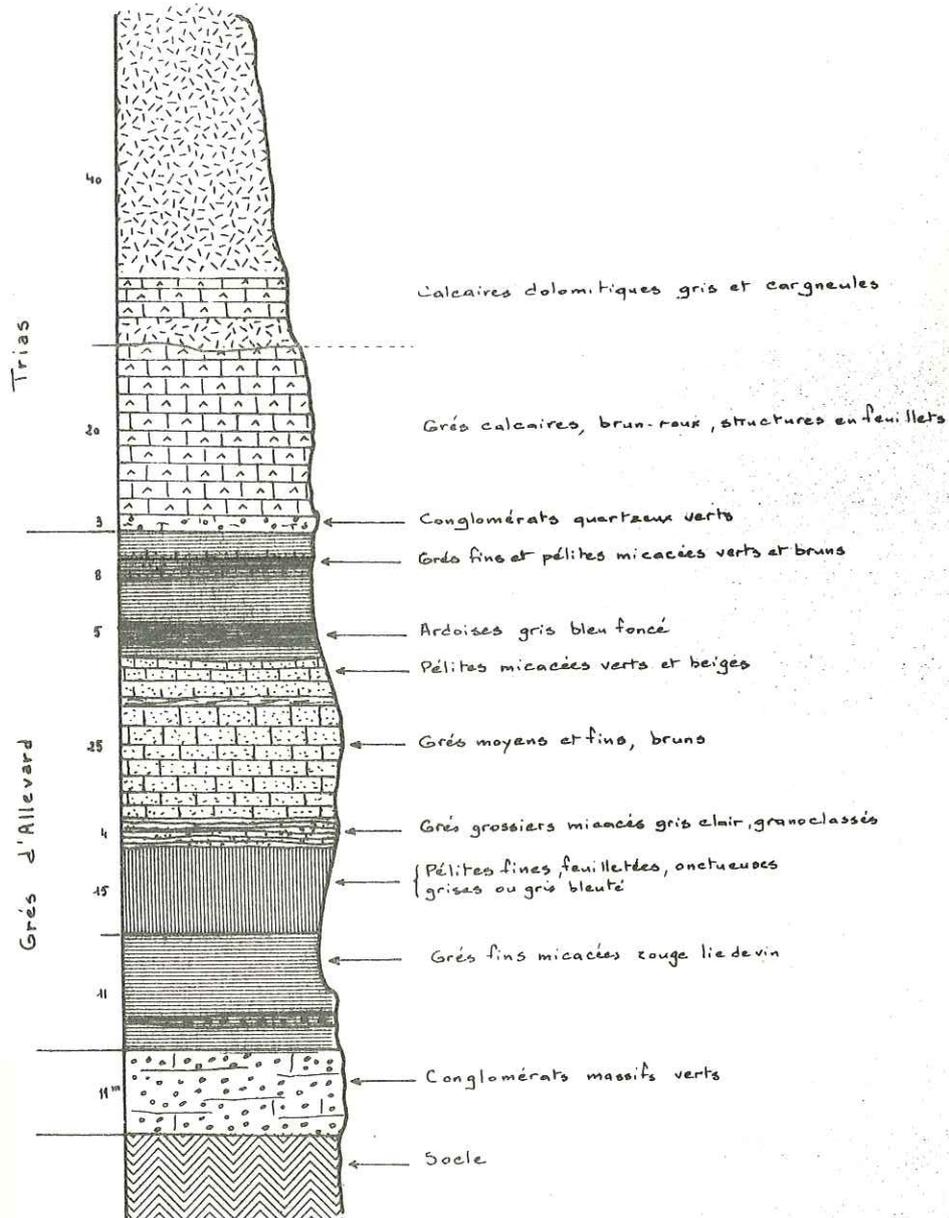
- 30m d'une alternance répétée de bancs de grès grossiers verts et conglomératiques et de grès fins, micacés lie de vin.
- 15m d'un ensemble de grès fins, micacés, pélites schisteuses versicolores, très souvent lie de vin.

3°) Arête de l'Evêque : L'affleurement est formé d'une épaisse série de grès à récurrence conglomératique; le pendage horizontal à l'ouest devient SE à l'est. L'ensemble discordant sur le socle rappelle les termes 3 et 4 du Mt Mayen.

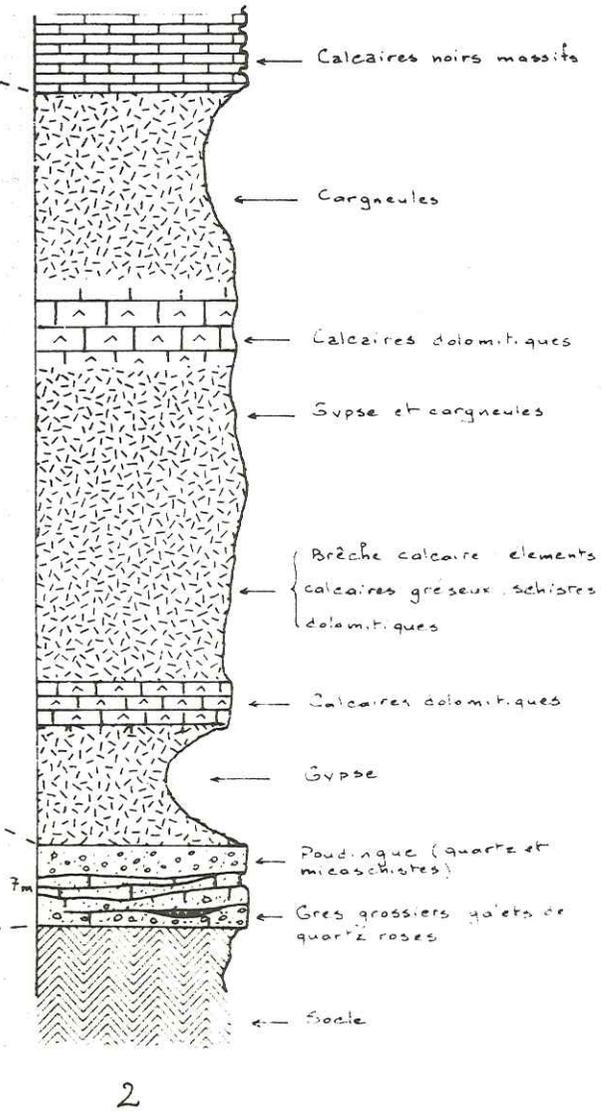
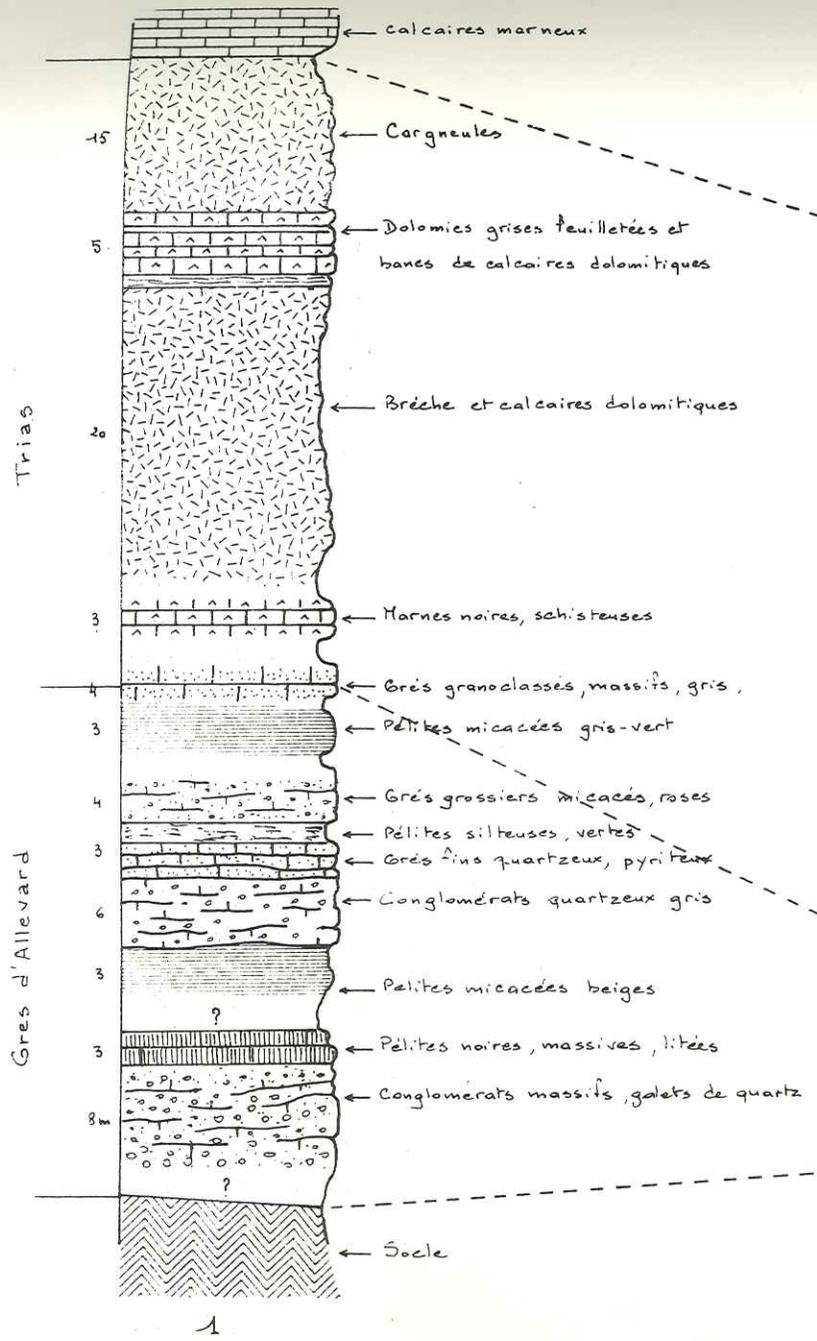
Vers l'est, 2 grandes failles NE-SW, encadrant un petit synclinal gréseux, séparent l'Arête de l'Evêque du socle de micaschistes de la montagne des Plagnes. En mouvement relatif, le compartiment est du socle a été surélevé par rapport à la série des grès d'Allevard.

- 8m de conglomérats massifs à gros galets de quartz blanc ou rose recristallisés et à fragments de micaschistes avec de minces passées schisto-gréseuses.
- grès grossiers jaunes
- grès fins gris clair et des schistes phylliteux clairs gris jaunes
- grès jaunes à gros grain avec des lits plus schisteux
- grès lie de vin à grain moyen succédant à des schistes fins lie de vin, schistes phylliteux clairs, puis lie de vin passant à des schistes ardoisiers très fins verts et noirs.

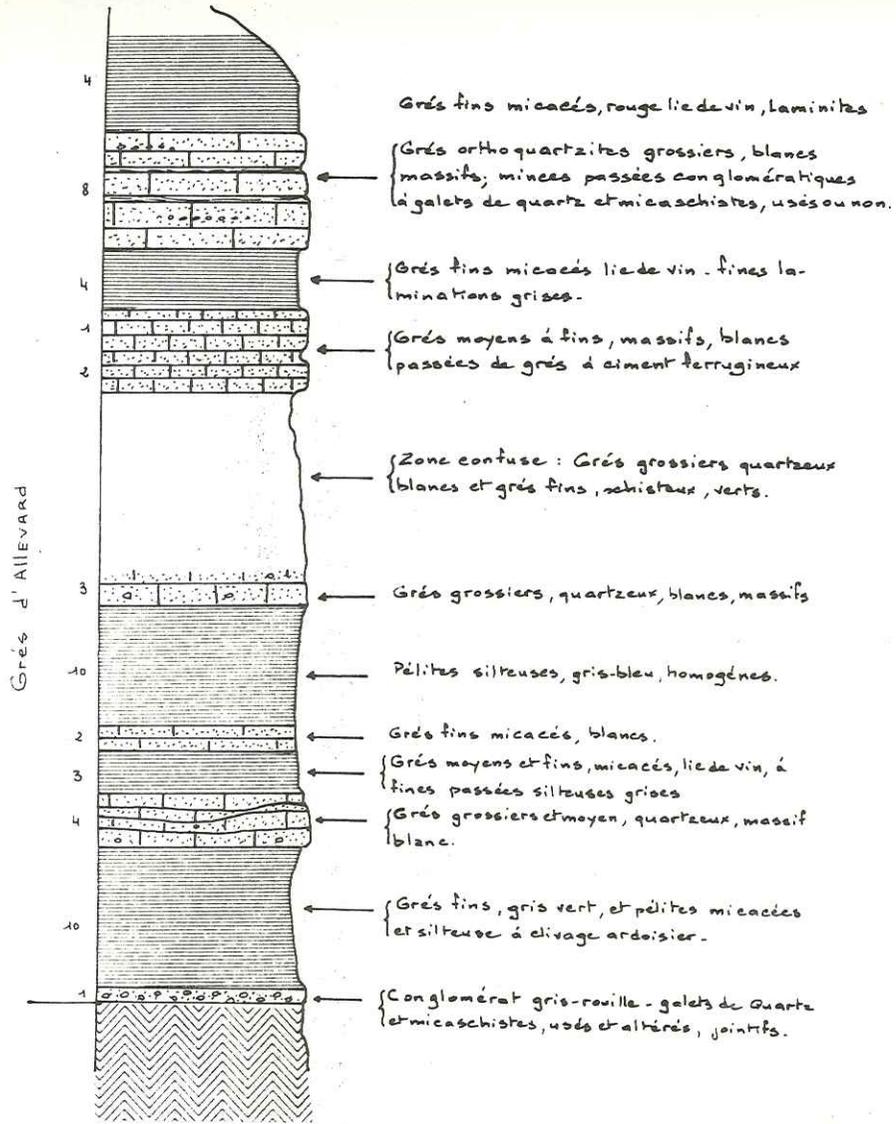
COUPE LITHOLOGIQUE MALATRAIT



COUPES LITHOLOGIQUES 1 BUISSON 2 BARD

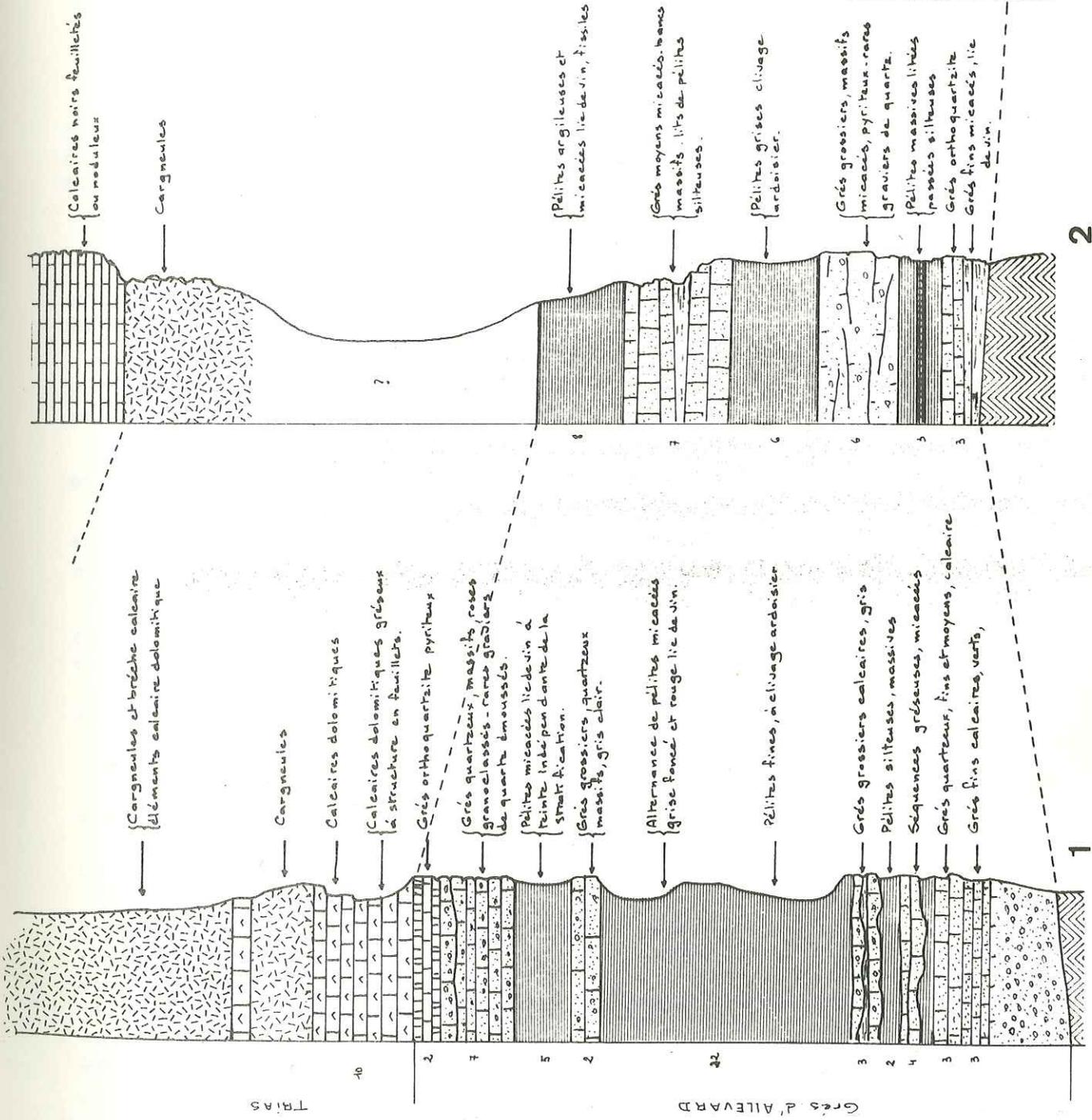


COUPE LITHOLOGIQUE GRANGES DU COUDRAY



COUPES LITHOLOGIQUES

- 1 MONTOUVRARD
- 2 BRED A rive gauche
- 3 " " droite



4°) Le Gd Collet : L'affleurement du Gd Collet est constitué d'une dalle anticlinale de grès (50m) auquel fait suite vers l'est le synclinal à coeur triasique du col de l'Occiput.

Sur la face nord du Gd Collet, les grès horizontaux surmontent en discordance les conglomérats houillers à fort pendage SE.

Des grès grossiers et des conglomérats quartzeux verts dans une matrice grèsseuse abondante, à la base.

Des grès moyens massifs, très quartzeux, blancs.

Des grès moyens et fins, micacés, bruns et beiges.

Des pélites micacées ou silteuses vertes.

Des grès moyens et fins schisteux, gris puis des pélites fines micacées gris bleu, fossilifères. La flore, trouvée par J.Sarro 1963 à 200m à l'ESE du sommet du Gd Collet (Asterophyllites, Annularia) dans cette dernière formation date l'affleurement du Stéphanien.

B: Les affleurements autuno-permiens: (Pl.12 à 14 page25 à 27)

Pour éviter une description trop fastidieuse des différentes séries, nous avons regroupé sur les planches 12 à 14 les logs des principaux affleurements de la bordure ouest de Belledonne et du Gd Rocher.

Les grès d'Allevard toujours discordants sur le socle, débutent par des niveaux grossiers et conglomératiques à galets de schistes au contact des ectinites puis très rapidement à galets essentiellement quartzeux.

Au-dessus se succèdent des alternances de niveaux gréseux moyens et fins et de niveaux pélitiques versicolores parfois lenticulaires.

Entre le Bréda et le torrent du Bard à 2km au nord, la puissance des formations gréseuses passe de 80m à 6m. Au-delà du Bard le Trias est directement discordant sur le socle.

Au sud d'Allevard, la série autuno-permienne se poursuit sur la bordure ouest de Belledonne jusque sur la crête du chaînon du Gd Rocher, toujours en discordance sur le socle .

2°) Etude pétrographique des grès :

Au microscope les grès d'Allevard offrent 2 types principaux de texture:

- texture grenue correspondant à des grès micacés dont les éléments sont visibles à l'oeil.
- texture microgrenue montrant une schistosité très nette dans un matériau où l'oeil ne discerne pas les minéraux.

On retrouve à peu près les mêmes minéraux en grains et dans le ciment des différents faciès gréseux. Seuls les grès rouge lie de vin ont une coloration très particulière dont le pigment appartient au ciment. La presque totalité des minéraux étant transparents en lumière naturelle, la coloration est probablement due à la présence de très fins granules d'hématite déposés (sous une autre forme peut-être) en même temps que le sédiment; localement, à la faveur de diaclases, la roche prend une couleur verte par réduction de l'oxyde de fer .

a) le quartz : Généralement xénomorphe, il se présente en agrégats de plages plus ou moins grandes, formant puzzle, englobant des inclusions de micas, rutile, à extinction roulante. Certains échantillons sont riches en quartz automorphe, à extinction normale, vraisemblablement d'origine rhyolitique.

La mésostase se compose d'agrégats de minuscules cristaux de quartz imbriqués les uns dans les autres à extinction roulante, déterminant des taches à contours flexueux.

b) l'albite: Elle existe soit sous forme de macles presque invisibles, envahies par des minéraux phylliteux, soit en albite poecilitique, maclée carlsbad limpide, à inclusions de quartz et rutile. Une partie de ces albites auraient une origine détritique par désagrégation des micaschistes du socle: ces porphyroblastes sont souvent cataclastiques, les fissures sont comblées par du quartz et des phyllites. Par contre on doit admettre un âge plus récent pour les albites limpides et non cataclastiques (on retrouve dans le Trias gypseux et dolomitique du Col de Clarans, une exceptionnelle richesse en albite maclée et limpide témoin d'une seconde génération).

c) les micas: Les minéraux phylliteux se présentent soit en petites paillettes soit en larges lamelles automorphes, flexueuses ou cassées. La chlorite est abondante, surtout la pennine qui polarise dans des teintes bleu foncé à violet très foncé.

La biotite existe quelquefois en petites lamelles à pléochroïsme inférieur à la moyenne dont l'alignement coïncide avec une orientation privilégiée de tous les minéraux.

On observe aussi de la muscovite et de la phengite.

La phyllitisation primitive des sédiments est secondairement recoupée par un clivage schisteux secondaire qui tend à réorienter la roche avec peu de recristallisation.

d) les autres minéraux :

- Le sphène assez abondant
 - La tourmaline détritique (brune ou vert olive) est parfois formée d'un noyau de tourmaline magnésienne entouré d'une tourmaline plus sodique.
 - Le rutile est abondant en inclusions dans les quartz et les albites.
 - L'hématite est fréquente, surtout dans les grès micacés formant des amas bruns à l'intérieur desquels se dessine le contour d'anciens minéraux.
- La pyrite peut se présenter en dodécaèdres pentagonaux bien formés.
- Les carbonates: dolomite et calcite sont très abondantes dans certains niveaux (jusqu'à 50 % de la roche). (LM 17) Galerie EDF St Pierre d'Allevard.

Certains niveaux permiens, essentiellement quartzeux, sont très riches en nodules carbonatés (très souvent de la sidérite) qui semblent imprégner la roche .

ANALYSES CHIMIQUES (voir page 34)

n°	23 A	23	22	21	20	19
SiO ₂		83,74	60,47	60,80	81,54	74,18
Fe ₂ O ₃		0,89	4,76	6,53	1,03	0,63
FeO		0,19	0,21	-	0,90	1,04
MnO		0,01	0,10	-	0,06	0,15
MgO		0,24	0,56	1,52	1,42	4,08
CaO		0,17	0,22	0,25	1,82	2,25
Na ₂ O		0,30	0,83	1,03	1,42	1,43
K ₂ O		2,80	5,60	5,38	1,81	1,69
H ₂ O +		-	-	2,90	1,08	1,50
H ₂ O -		0,45	0,58	0,22	0,05	0,08
CO ₂		-	-	-	1,04	2,96
TiO ₂		0,08	1,17	1,04	0,17	0,10
P ₂ O ₅		0,04	0,13	0,09	0,27	0,34
Al ₂ O ₃		9,03	21,56	20,70	7,62	9,38
Cu ppm	140					
Zn ppm	40					
Ni ppm	240					
Fe %	4,5					
Ti %	5					
Ca ppm	700					
Co ppm	25					

- n° 23 A: pélite nicacée rouge lie de vin - Plateau de Laval (Le Merle)
- n° 23 : grès beige - Plateau de Laval
- n° 22 : pélite nicacée pourpre - Plateau de Laval
- n° 21 : pélite nicacée pourpre - Col du Merdaret
- n° 20 : grès feldspathique - Col du Merdaret
- n° 19 : grès feldspathique - Pré de l'Arc

$$\left. \begin{array}{l} x = 890 \quad y = 342 \\ x = 891 \quad y = 338,5 \end{array} \right\}$$

3°) Etude pétrochimique des grès d'Alleverd (tableau d'analyse page 30)

Bien que l'interprétation des diagrammes soit sujette à caution, nous avons utilisé les diagrammes de H. de la Roche et Pettijohn, car ils réunissent à eux deux la majorité des éléments (Fe, Mg, Al, Ti, Ca).

A/ Diagramme de Pettijohn: (Pl. 16 page 32)

Le diagramme de Pettijohn est établi d'après les relations entre oxyde de fer et de magnésium et le pourcentage de silice donné par l'analyse chimique.

Il ne permet pas de dégager les tendances sédimentaires des tendances éruptives d'une roche métamorphique et s'applique dans le cas présent.

Les points représentatifs des grès dans ce diagramme se répartissent en 2 groupes:

- domaine des grauwackes pour les grès rouge lie de vin
- domaine des arkoses pour les formations grès-feldspathiques

Tous ces échantillons sont datés de l'Autuno-permien.

B/ Diagramme H. de la Roche : (Pl. 17 page 33)

Ce type de diagramme ne permet pas de distinguer les roches ferrifères des roches carbonatées.

2 groupes d'analyses apparaissent à nouveau:

- domaine des arkoses pour les grès feldspathiques
- domaine des grauwackes pour les grès lie de vin, moins net car la teneur en Al₂O₃ est plus forte que dans la moyenne des grauwackes.

C/ Le problème du volcanisme dans les grès d'Alleverd:

L'étude micrographique et les diagrammes précédents nous amènent tout naturellement à poser le problème de l'importance du volcanisme dans les grès.

A. Tobi signale le premier en 1958, la présence d'un fragment de rhyolite dans une arkose autuno-permienne du Bout du Monde (Alleverd). Dans cette roche microgrenue, apparaissent dans un verre des phénocristaux bipyramidés de quartz à extinction normale. Par extension Tobi avait relié le volcanisme permien et l'intense silification des sédiments gréseux (entre 60 et 80 % de SiO₂).

B. Pomerol (1967) écrivait à propos des grès du Gd Rocher:
"La structure originelle ne correspond pas à un grès typique avec des grains de quartz détritiques et un ciment argileux ou calcaire mais certainement à des cinérites gréseuses... La matrice semble être formée de feldspaths décomposés (plagioclases)... les amas d'hématites (avec traces de ferromagnésiens) rappelant les lapilli volcaniques, donnent à penser que les quartz détritiques étaient mélangés à des cendres volcaniques provenant peut-être de volcans explosifs..."

Nous avons retrouvé depuis de nombreux fragments de verre volcanique en lame mince (ignimbrite-rhyolite) dans plusieurs niveaux de grès et surtout dans les pélites rouges lie de vin.

Les traces d'un tel volcanisme s'observent dans la majorité des formations permienes (Vosges-Esterel-Guil-bordure du Pelvoux). Les rhyolites y sont rougeâtres.

On peut se demander alors si la couleur rouge des grès (classiquement attribuée à l'alternance de saisons sèches et humides provoquant une altération ménagée) ne serait pas liée aux phénomènes volcaniques: nous concluons plus loin sur ce point.

Dans la concession de la Taillat, près de la galerie Vaugraine, certains niveaux de grès roses, très siliceux, de l'Autuno-permien, contiennent aussi de fines mouchetures de chalcopryrite: la présence de cuivre dans le Permien supérieur n'est pas exceptionnelle, car dans toute l'Europe cet étage a été étudié en raison de ses importantes richesses minérales: cuivre à teneur exploitable en Pologne et en Allemagne.

DIAGRAMME de PETTIJOHN

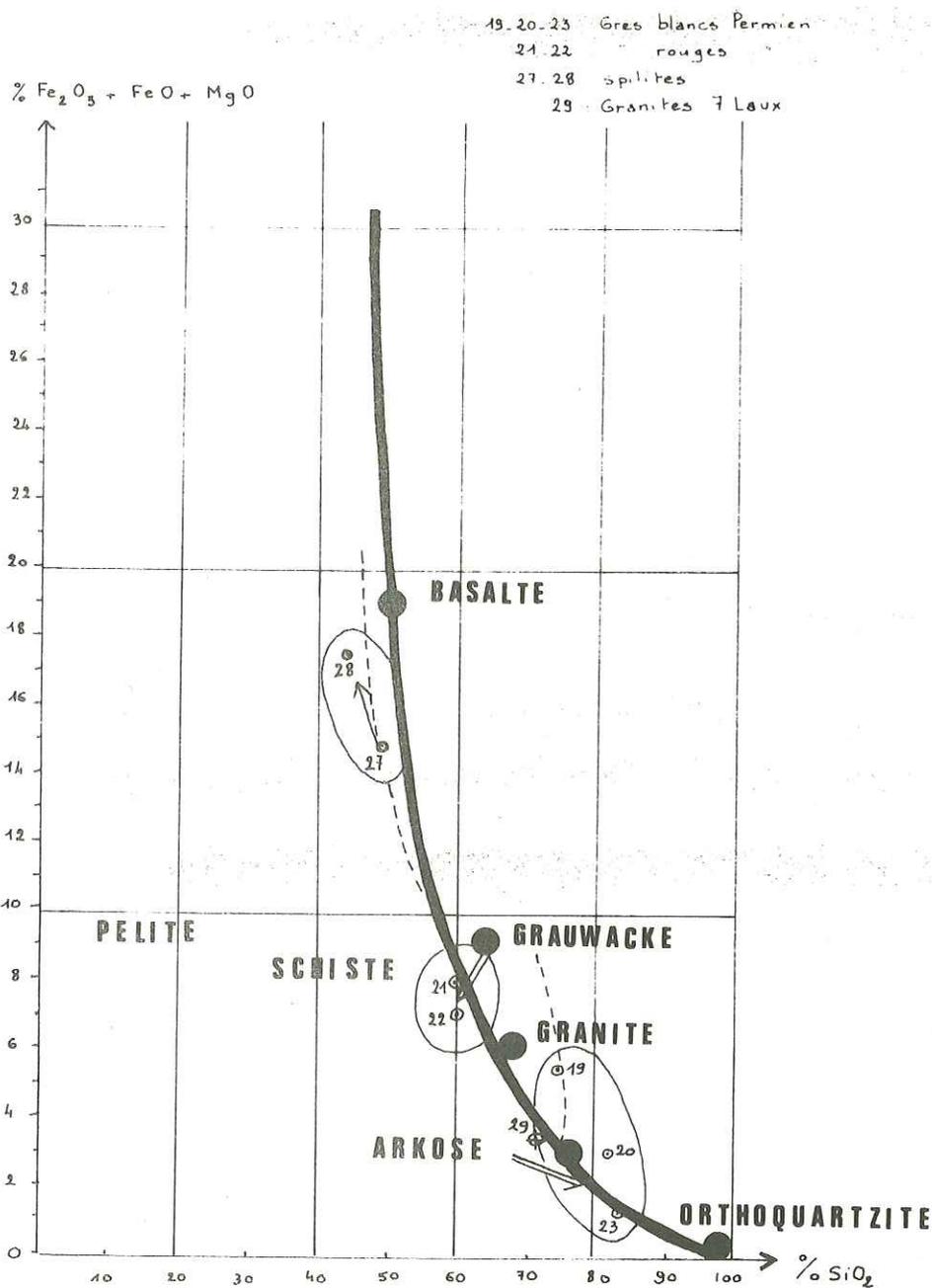
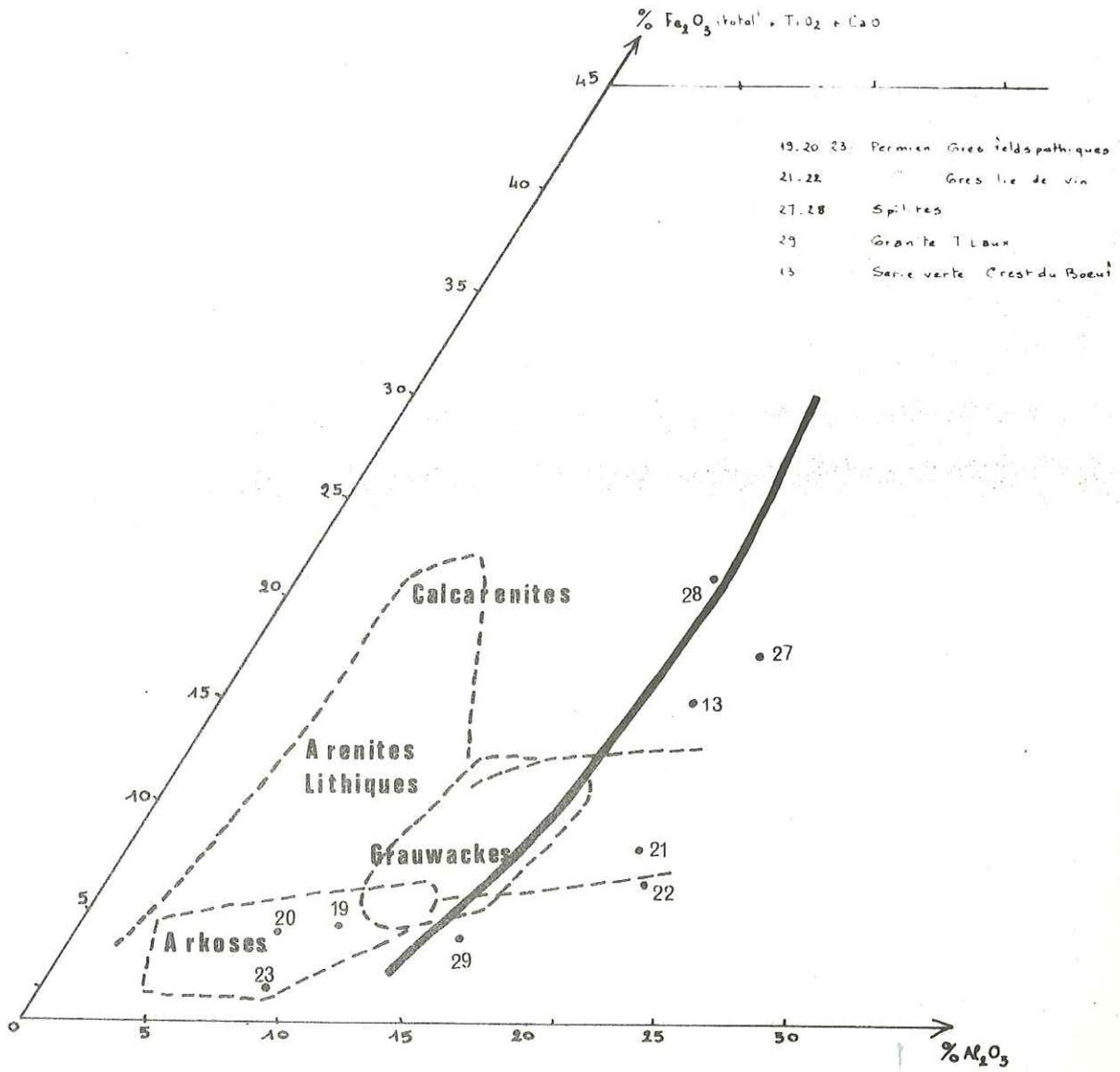


DIAGRAMME H. DELAROCHE



Mais si la présence de fragments de verres volcaniques dans les grès est certaine, le tableau d'analyses chimiques (page 30) appelle certaines remarques:

- le fer et le titane varient dans le même sens: par exemple les grès rouges plus riches en titane sont aussi plus riches en fer
- le titane et l'aluminium varient en proportions identiques
- la silice, par contre, varie en sens inverse du titane, du fer, de l'aluminium, du potassium.

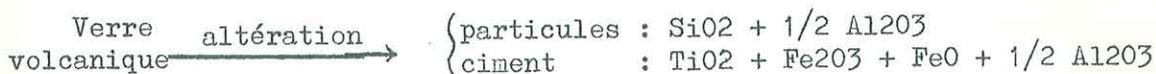
J. Trichet (1969) a étudié l'altération des verres volcaniques (verres basaltiques) apparaissant sous formes de ponces légères dans un appareil de type SOXHLET.

On sait, que les verres, homogènes à grande échelle, ont en fait, dans le détail, une structure hétérogène: dans un ciment sont distribuées des particules plus ou moins sphériques assemblées irrégulièrement. Par altération les particules se séparent du ciment.

J. Trichet montre que:

- les particules concentrent la totalité de la silice et la moitié de l'aluminium du verre volcanique.
- le ciment renferme tout le titane et le fer ainsi que l'autre moitié de l'aluminium.

On aboutit au schéma suivant :



L'altération de ces verres dépend:

- du mode de refroidissement de la lave lors de son émission,
- de sa composition chimique,
- du comportement des particules vis-à-vis des agents de l'altération: intensité et rythme des lessivages, acidité du milieu.

J. Trichet a de plus observé la formation de minéraux phylliteux qui trouvent la source essentielle de leur aluminium dans les particules silico-alumineuses arrachées au verre volcanique .

On constate, entre le schéma de J. Trichet, les résultats des analyses chimiques et l'observation des lames minces, des analogies et des rapports entre titane, fer, aluminium, silice.

Il semble que des ignimbrites se soient déposées et mêlées aux sédiments autuno-permiens, apportant les éléments dont la teneur ou la présence semblent anormales. L'altération de ce matériel volcano-sédimentaire libère selon le schéma ci-dessus différents éléments:

- la couleur rouge du grès trouverait son origine dans le fer du ciment du verre volcanique,
- la présence de teneurs plus élevées en titane serait dûe au même phénomène et l'on comprend que le titane soit lié préférentiellement aux niveaux rouges,
- l'abondance du quartz de néoformation montre que de nombreuses silicifications se sont succédées après le dépôt des grès, par exemple par migration de la silice d'origine volcanique et recristallisation en fins agrégats (extinction non roulante) autour de minéraux préexistants.

D/ Les ignimbrites:

Ce néologisme fut forgé à partir des mots latins signifiant feu et pluie pour désigner les tufs volcaniques qui recouvrent de vastes régions du monde.

L'un des caractères fondamentaux des ignimbrites est de comporter des niveaux dont les fragments originels sont soudés entre eux: or, le frittage ne peut se produire qu'à des températures supérieures à 800°C.

Pour que des parcelles de lave demeurent assez chaudes encore pour se souder les unes aux autres à 30, voire 50 ou 100 km de leur point de départ H. Tazieff propose le processus suivant :

" la couverture d'ignimbrite serait la plupart du temps le résultat de l'épanchement d'un aérosol torride, d'une suspension dans des gaz chauds de fragments de lave incandescente. Cette émulsion gazeuse ne serait pas lancée avec violence dans l'atmosphère mais déborderait simplement par dessus les lèvres de l'évent (généralement une fissure).

Les fragments de lave restent longtemps en suspension pour 2 raisons:

- les gaz sont très riches en anhydride carbonique, donc très denses.
- les laves sont très légères car les ignimbrites proviendraient d'un magma acide où la proportion et la tension de vapeur des gaz seraient telles que ceux-ci feraient équilibre à la pression hydrostatique: d'où une dilatation des bulles jusqu'à rupture non explosive des parois.

Ici, hormis une certaine proportion de lave éjectée de la sorte et transformée en cendres, les éclats de verre en fusion, les lambeaux de ponce non éclatés, les cristaux qui parfois abondent dans le magma, portés par les gaz débordent de façon paisible et cette suspension s'écoule au flanc du volcan à une vitesse que l'on estime variable entre 50 et 300 km/heure.

Au moment où elle s'immobilise, toute la matière solide et liquide qui se trouvait en suspension retombe d'un seul coup et s'anonce sur place, les fragments s'aplatissent et s'agglomèrent; c'est pourquoi la partie haute de la couche est faite de cendres et de ponces à peine soudées et pas écrasées.

On suppose que ces ignimbrites proviennent de la fusion locale ou régionale de l'écorce granitique.

Les nappes d'ignimbrites sont caractérisées par l'importance de leur volume: or, ces énormes quantités de matière sont déversées en très peu de temps et en une seule fois (pas de stratification), le vide laissé par cette extrusion ultra-rapide va provoquer des effondrements colossaux ronds, ovales ou rectangulaires lorsqu'un réseau de failles le conditionne".

4°) Etude sédimentologique sommaire du Houiller et de l'Autuno-permien:

L'étude sédimentologique des formations houillères et autuno-permiennes, renseigne sur leur mode et leur condition de dépôt, et permet de tirer des conclusions sur la morphologie et la tectonique pendant ces périodes.

Nous reprendrons en les synthétisant aux nôtres, les observations de P. Liard (thèse Grenoble 1970).

A/ Les observations :

1 - les conglomérats : (Pl. 18 page 36)

Les courbes cumulatives des indices d'échouage des galets (abondance des éléments en ordonnée et taille des éléments en abscisse) montrent:

- le mauvais triage du matériel houiller,
- l'apparition d'un mode bien défini au Stéphanien supérieur ainsi qu'un meilleur triage des éléments.

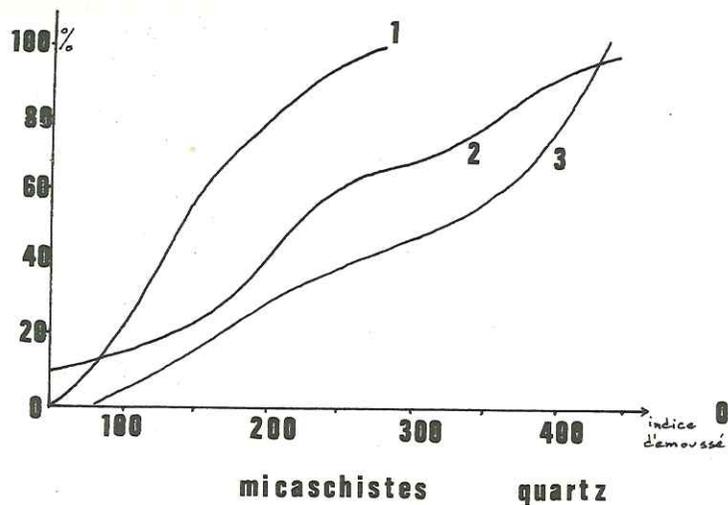
2 - les grès :

De leur étude granulométrique se dégagent quelques faits :

- les grès carbonifères et permien renferment un fort pourcentage de matrice,
- les grès de la base du Trias beaucoup moins; d'autre part cette matrice se compose surtout de carbonates au détriment d'une matrice argilo-gréseuse.

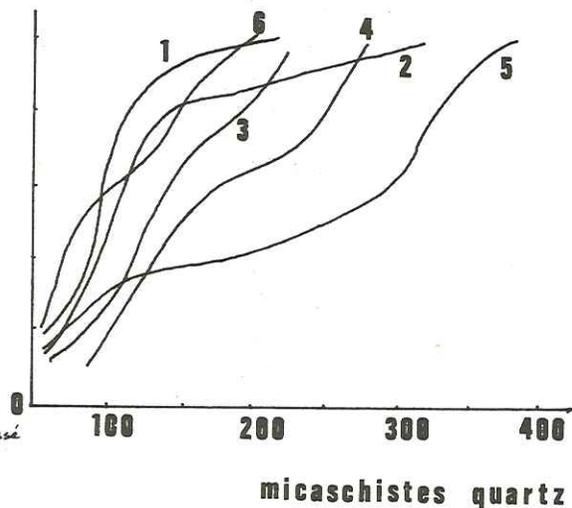
Les sédiments triasiques se sont déposés sur une aire stable avec lagunes et eaux calmes.

HOUILLER



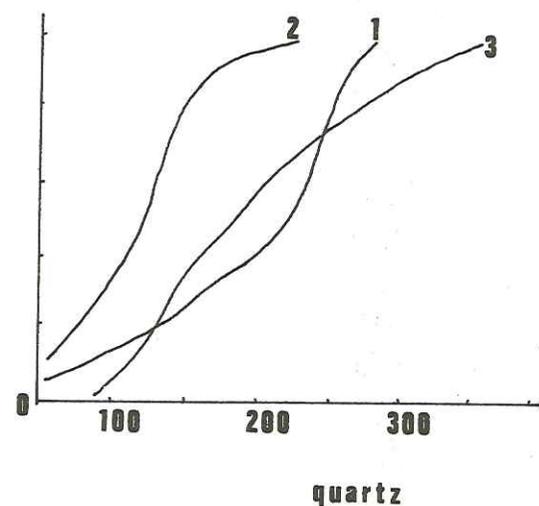
Pretermont		1
La Racine	2	
Montmayen	3	

STEPHANIEN SUP



Malatrait	1	2
Pommiers		
Bouchard	5	6
Arête de l'Evêque	3	4

TRIAS



_____	1
_____	2
Le Bard	3

COURBES CUMULATIVES des INDICES D'EMOUSSE de DIFFERENTS LOTS de GALETS

- dans les grès lie de vin de Malatrait (montagne du Collet) des pulsations dans l'arrivée d'un matériau relativement grossier se surimposent à des matériaux fins.

B/ Morphométrie des galets : (Pl. 19 page 38)

On déduit classiquement les caractéristiques de l'agent de transport des paramètres "indice d'éroulé et "indice d'aplatissement" des galets.

L'interprétation d'ensemble est celle d'un transport fluviatile, entraînant deux types d'éléments:

- les éléments d'origine lointaine présentant des caractères très nets d'usure fluviatile (transport inférieur à 10 km).
- les éléments d'origine proche: c'est le cas des galets de quartz non usés de Malatrait et de Pommiers Bouchard et des micaschistes de Malatrait. Le transport serait dans ce cas de l'ordre du kilomètre.

Les courbes relatives aux galets du Houiller montrent un mélange en proportions identiques de matériel d'origine locale et lointaine. Le pourcentage d'éléments proches augmente dans les grès de base du Trias.

C/ Inclinaison des galets :

La majorité des conglomérats étudiés présente une disposition en vrac des galets. Quelques affleurements offrent une inclinaison d'ensemble des galets de 0 à 10°.

L'agent de dépôt final a remanié les galets dont l'origine est double:

- apport fluviatile d'origine lointaine,
- apport local de matériel très peu évolué (coulées boueuses, torrents,

L'inclinaison des galets a permis aussi de reconstituer la direction et le sens du courant. Il semble que les apports soient dirigés du NE-SW à N-S avec un écoulement du N vers le S pour les conglomérats houillers).

D/ Etude des stratifications :

Bien que la grande majorité des plans de stratification observés soient horizontaux, quelques stratifications obliques donnent une direction préférentielle des écoulements ESE-WNW au Stéphien supérieur. Dans les grès blancs de Pré Rond l'orientation est NE-SW.

5°) Interprétations :

A/ Nature des écoulements liquides:

- les stratifications horizontales accompagnent les dépôts très fins, indiquent d'une sédimentation en eaux très calmes, et se rencontrent à tous les niveaux, depuis le Houiller psammitique jusqu'au Trias grèsodolomitique.

- les stratifications obliques indiquent la direction des nappes fluviales ou deltaïques: les plus inclinés (10 à 35°) correspondent aux niveaux conglomératiques.

Les grès blancs de la série de Pré Rond apparaissent comme un épandage deltaïque plus régulier sur une aire en voie de comblement .

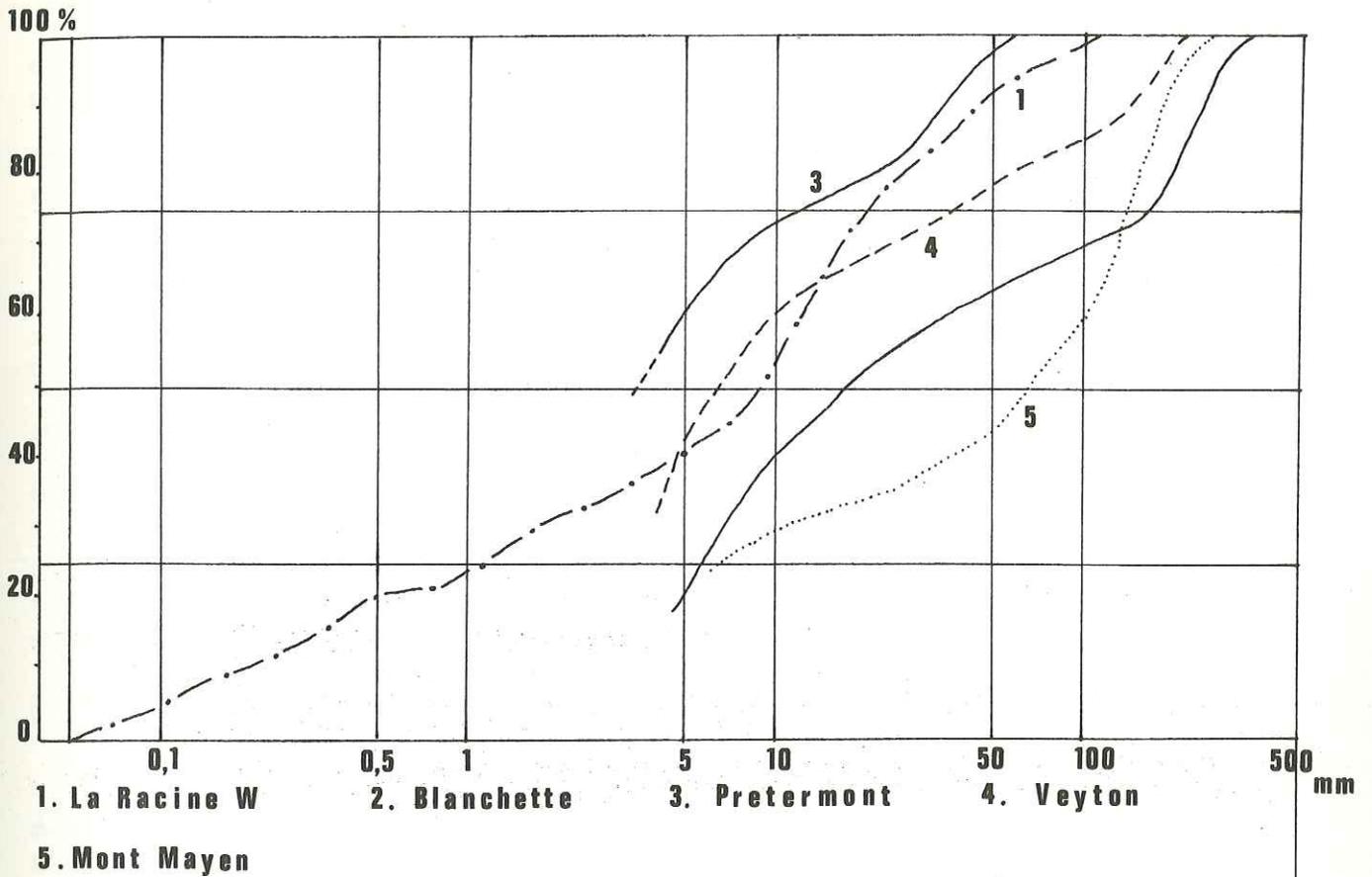
B/ Sens des écoulements:

- N-S à NE-SW: c'est le cas des conglomérats houillers et celui des épandages de la série de Pré Rond.

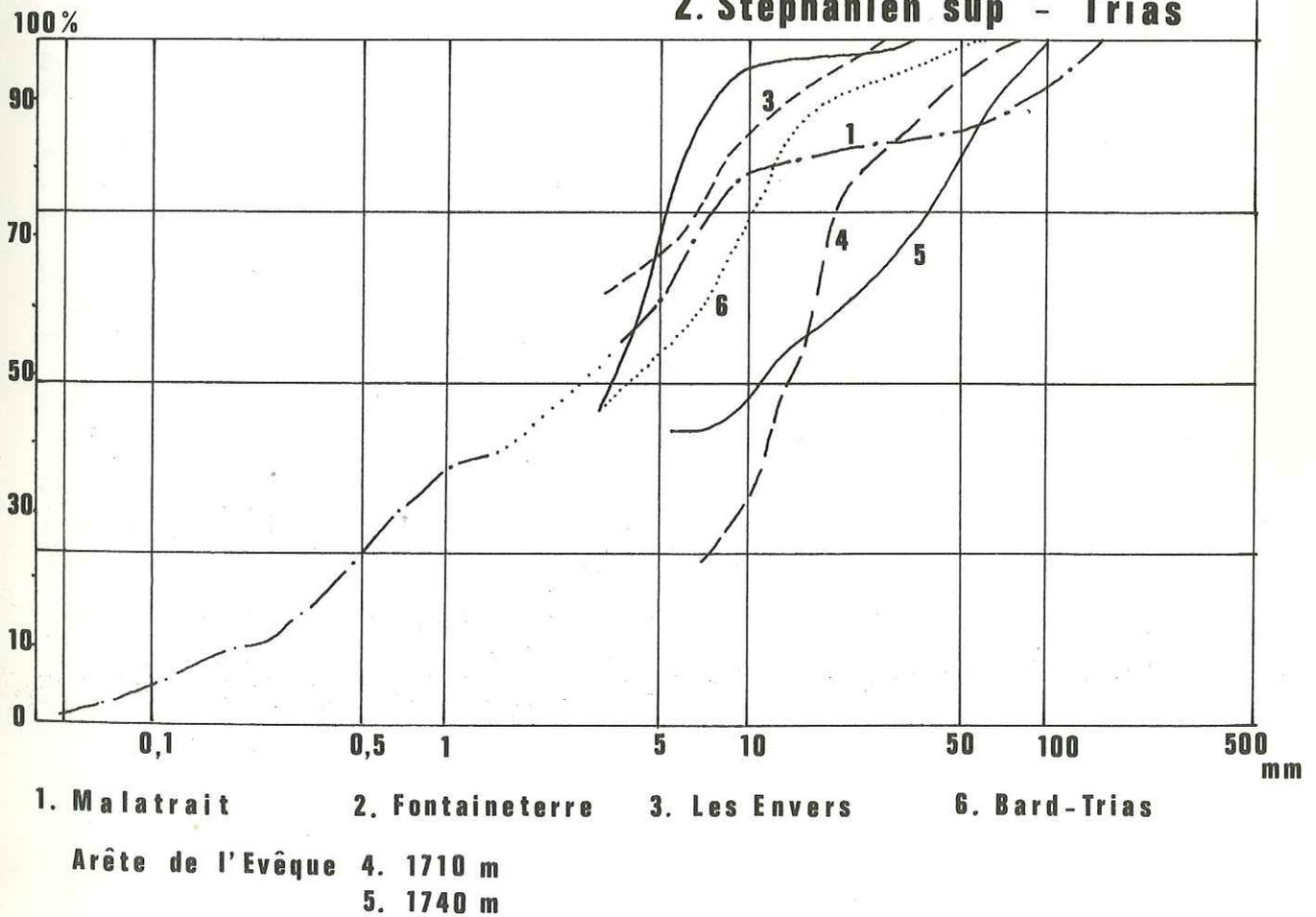
- E-W: c'est le cas des niveaux conglomératiques du Stéphien supérieur.

De plus ces niveaux révèlent l'interaction de 2 types d'agents de dépôt:

- apport fluviatile ou torrent de haute compétence,
- agent de dépôt final de type fluviatile .



2. Stephanien sup - Trias



Le schéma semble être le suivant :

- écoulement fluviatile ou torrentiel orienté N-S à NE-SW responsable du dépôt des conglomérats houillers jusqu'au Stéphanien supérieur avec une baisse notable de la compétence traduisant une aire devenue plane.

- localement apport répété dans le temps de matériel grossier selon une direction et un sens E-W, apport qui peut être ensuite repris par le courant principal N-S.

C/ Les chenaux :

Les lentilles conglomératiques enchâssées dans un matériel plus fin, suggèrent l'existence de chenaux peu profonds, divagants, d'axe NE-SW sur une aire d'épandage peu inclinée.

Les figures sédimentaires, bien que rarement observable, traduisent un ruissellement NE-SW et NNE-SSW.

6°) Conclusions à l'étude stratigraphique du Houiller et des grès d'Allevard :

La régularité des directions d'apport du matériel gréseux et conglomératique ainsi que les différentes figures de sédimentation permettent de supposer l'existence, à la fin des temps primaires, d'une zone d'effondrement subsidente qui se comblera tout au long du Houiller, d'axe NE-SW inclinée vers le SW.

Dans ce graben coulait un cours d'eau dont le caractère torrentiel ira en s'atténuant vers le sud grâce à l'existence d'un talus faiblement incliné vers le SW; ce talus devait s'étendre entre le Mt Mayen et le Col du Merdaret .

Dans ce cours d'eau se jetaient des torrents apportant un matériel grossier venant de l'est, surtout au Stéphanien supérieur. Cet apport latéral est certainement lié aux rejeux successifs de la faille bordant à l'est le fossé d'effondrement .

Cette faille sépare actuellement la montagne du Collet de la montagne des Plagnes: le bloc ouest (Houiller et Stéphanien supérieur) est à la même altitude que les micaschistes du socle à l'est. Ces rejeux expliquent le rajeunissement à plusieurs reprises du profil d'équilibre des torrents venant de l'est.

La rareté des apports gréseux venant de l'ouest laisse penser que la bordure ouest du graben n'était qu'une flexure du socle; l'enfoncement ne se faisait qu'à l'est (Gd Collet-Mt Mayen); dans un même mouvement relatif le bloc oriental se soulevait.

L'essentiel des matériaux gréseux et conglomératiques se compose de quartz, de roches cristallophyliennes (micaschistes, leptynites), de galets ou de cendres volcaniques, mais jamais de granite ou de gneiss (dans les formations wesphaliennes et stéphaniennes).

Plus au sud, la série houillère de la Gde Lauzière, contient des serpentines ainsi qu'un important matériel volcanique (grauwakes) provenant vraisemblablement de Chanrousse ou du Taillefer.

On peut déduire de ces observations que les granites axiaux (Sept Laux et Epierre) n'étaient pas encore soumis à l'érosion; de plus une grosse partie du matériel détritique autuno-permien est d'origine volcanique (cendres).

La composition de ce matériel détritique amène à d'autres conclusions:

- l'évolution dans le temps des deux constituants majeurs (quartz et micaschistes) montre la raréfaction des galets de micaschistes au profit des galets de quartz,

- dans le même temps, la taille des galets de micaschistes décroît du Houiller au Stéphanien supérieur, ce dernier phénomène, conséquence de la diminution d'intensité des rejeux de la faille bordière est.

L'abondance des galets de quartz dans les conglomérats a permis à G.Deicha d'étudier leurs inclusions:

- inclusions de type I; elles sont rares, de grandes tailles, digitées, irrégulièrement réparties, fréquemment vidées de leur contenu aqueux et gazeux (CO₂) quand il existe. Les constituants solides sont l'hématite et parfois des aiguilles de rutile.

- inclusions de type II: ce sont les plus abondantes, petites isodiamétriques, à remplissage aqueux et moins fréquemment gazeux, avec parfois des granules d'hématite.

Les inclusions de type I auraient une genèse à tendance pneumatolytique (gaz sous pression), les inclusions de type II résultant d'un fluide hydrothermal. L'origine des galets de quartz est multiple:

- 1 - quartz d'origine filonienne (filons hydrothermaux)
galets d'une taille supérieure à 13 cm
- 2 - quartz anygdalaire interstratifié dans les micaschistes
(métamorphisme hercynien)
- 3 - quartz lié à des roches endogènes acides (granites)
- 4 - quartz issu des filons de quartz pegmatitique postérieurs à la mise en place des granites: (quartz roses dans le conglomérat de base du Stéphaniens supérieur et de l'Autuno-permien).

3°) LE TRIAS :

Assez limités en nombre (à cause de la végétation et de placages morainiques) les affleurements triasiques s'alignent en deux bandes à peu près rectilignes NE-SW: (voir Pl.20 et 21).

- Dans la première, bordant le flanc ouest de Belledonne du col du Barioz à Arvillard, le Trias jalonne la grande faille verticale du Grésivaudan. Les seules coupes à peu près complètes ont été mises à jour par les torrents: Jeannotte, Bréda, Buisson, Bard au nord d'Alleverd ou par des routes forestières au sud (Plateau de Laval).

Plusieurs galeries traversent le Trias: Ste Madeleine, St Henri et surtout la galerie EDF de St Pierre d'Alleverd qui offre la coupe la plus complète et la plus fraîche de cet étage.

- La seconde bande appartient au "synclinal médian" où Lias, Trias, Permien, Houiller sont mêlés sans que l'on puisse détailler la lithologie.

Il existe enfin des placages triasiques autochtones, isolés: Malatrait (montagne du Collet) Gd Rocher - Col du Merdaret.

Il importe de souligner les difficultés que l'on rencontre pour établir une stratigraphie cohérente de cet étage: gypse, calcaire dolomitique, cargneule, spilite apparaissent étroitement liés.

Sur le plateau de Laval, les spilites sont traversés de filonnets centimétriques de sidérite (voir photo) sans que l'on puisse établir ou non un lien génétique.

- L'alternance au sein du Trias, de gypse (ou anhydrite) et de calcaires dolomitiques pose des problèmes génétiques qui sont loin de faire l'unanimité; il faut peut-être chercher la raison de ces incertitudes et de ces contradictions dans les différences qui séparent la physionomie du monde anté-alpin à notre géographie actuelle (par exemple l'extrême réduction quantitative des dolomies par rapport aux calcaires dans les sédiments récents).

Il existe une relation étroite entre gypse et dolomite: dans la plupart des cas leur cristallisation est distincte et le dépôt de la dolomite a lieu avant ou après celle du gypse.

La précipitation de gypse détermine l'apparition des saumures enrichies en magnésium: les rapports Mg/Ca élevés favorisent la formation de la dolomite.

Le ciment est enrichi en SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , TiO_2 par rapport aux éléments de la brèche. Par contre il s'appauvrit notablement en MgO .

Les cargneules ne seraient pas des dolomies décalcifiées mais dédolomitisées, leur matière actuelle étant surtout calcaire.

Dans cette analyse, la teneur en Na est faible (0,35 %) mais l'albite est souvent très abondante sous forme de petits porphyroblastes, bien cristallisés et récents (Trias gypseux ou dolomitique du Col de Clarans) à inclusions de quartz et anhydrite. Une origine hydrothermale n'est donc pas à exclure pour ces albites.

Il faut citer aussi la présence, sans que l'on puisse l'expliquer pour autant, dans les cargneules du Col du Merdaret, de chlorite magnésienne et de micas chromifères d'un vert intense (détermination Barfety).

Des cas de dolomitisation structurale tardive existent aussi (Trias de la Galerie Ste Madeleine) dans des structures tectoniques, faille par exemple.

B.Pomerol a essayé d'analyser quelques dolomies calcaireuses du sommet à la base du Trias du Gd Rocher: comme dans le Trias des Gdes Rousses la partie supérieure de la série triasique paraît plus calcaire que la partie inférieure.

Enfin l'absence de produits détritiques au cours du Trias (sauf les grès de base à quartz anguleux blanc ou rose et tourmaline détritique dans une pâte sériciteuse) montrent que les reliefs érigés au cours du Trias étaient de faible importance ou inexistant.

L'apport de sédiments n'a donc pu se faire que par évaporation d'eau de mer ou par l'intervention de saumures chaudes en relation avec le volcanisme spilitique: il semble que des fluides riches en CO_2 , précédant la venue de la lave apportaient et précipitaient le calcium (toujours en excès dans les spilites sous forme de vacuoles) et le magnésium, la formation de nodules de silice dans les calcaires magnésiens se faisant sous les mêmes effets.

Au cours du cycle volcanique spilitique, des exhalaisons riches en H_2S , SO_2 .. expliquent les sulfures associés aux spilites (amas de pyrite dans les calcaires magnésiens).

Le gypse serait la conséquence d'une précipitation de composés gazeux qui, arrivant en milieu oxydant, se transforment en sulfates, et par combinaison à l'excès de calcium qui caractérise le Trias, précipitent.

1/ Le Trias non associé aux spilites : (voir page 24 à 27)

A/ La coupe du Bréda :

Elle se situe à 800m en amont d'Allevard, sur les rives du torrent le Bréda, au lieu-dit le Bout du Monde.

Les affleurements sont à l'heure actuelle entièrement recouverts d'éboulis et la description est de C.Lory (1867):

Dans l'ordre de superposition normale on observait de bas en haut:

- gypse exploité sur les 2 rives en carrière souterraine; en rive gauche la stratification est très nette (N 35°E - 45°NW). Il est enclavé dans des schistes argileux bariolés (pélites micacées rouge lie de vin?).

- calcaires dolomitiques presque entièrement à l'état de cargneules.

- Lias, calcaires noirs compacts ou feuilletés, en couches minces datées du Rhétien (Avicula contorta).

Cette série triasique s'appuie sur les grès d'Allevard (en rive gauche) eux-mêmes reposant sur les schistes du socle fortement redressés (N 10°E - 80°NW). Le contact socle-couverture semble tectonique (stries de faille dans un plan N 40°E - 80°NW , gauchissement et broyage des niveaux inférieurs). Le même contact tectonique se retrouve dans la galerie EDF de St Pierre à 1 km au sud.

B/ La coupe de la Jeannotte : (Pl.22 page 44)

Au nord du Bréda, le torrent de la Jeannotte recoupe perpendiculairement les structures: de bas en haut, on distingue :

- calcaires dolomitiques gris et ocre et des cargneules plus ou moins éboulées (puissance de la formation 20m)
- gypse (lentille exploitée autrefois?)
- brèche monogénique calcaire à éléments de calcaires dolomitiques et à ciment calcaire abondant gris bleu foncé (5m)
- cargneules
- calcaires dolomitiques gris clair (3m)
- brèche calcaire à éléments de calcaire dolomitique (4m)
- calcaires dolomitiques gris clair schisteux, et patine rousse (2m)

Le contact entre Lias et Trias est anormal:

- ardoises du Lias: N 65°E - 35°W
- calcaires dolomitiques du Trias: N 25°E - 80°NW

C/ La coupe du Buisson : (Pl.23 page 45)

Le contact Permien-Trias est peu évident mais la série semble être la suivante de la base au sommet:

- marnes noires, schisteuses (3m)
- brèches monogéniques et calcaires dolomitiques plus ou moins gréseux ocres, éboulés (20m)
- dolomie grise feuilletée alternant avec des bancs de calcaires dolomitiques (5m)
- cargneules (15m)

Les cargneules éboulées sont surmontées par les calcaires noirs du Lias et semblent en concordance; litage du Lias: N 40°E - 80°NW.

D/ La coupe du Bard: (Pl.24 page 46)

Au-dessus d'une série permienne réduite (6m), se succèdent:

- gypse
- calcaires dolomitiques gréseux gris clair à patine rousse; litage: N40°E - 45°NW.
- brèche calcaire ocre à éléments de calcaires gréseux fins brunâtres et de schistes dolomitiques gris.
- calcaires dolomitiques gris clair
- cargneules

Le contact Lias-Trias est masqué. Plus au nord, le flanc est du synclinal d'Allevard est recouvert d'importants placages norainiques, peu entanés par les torrents qui masquent les affleurements.

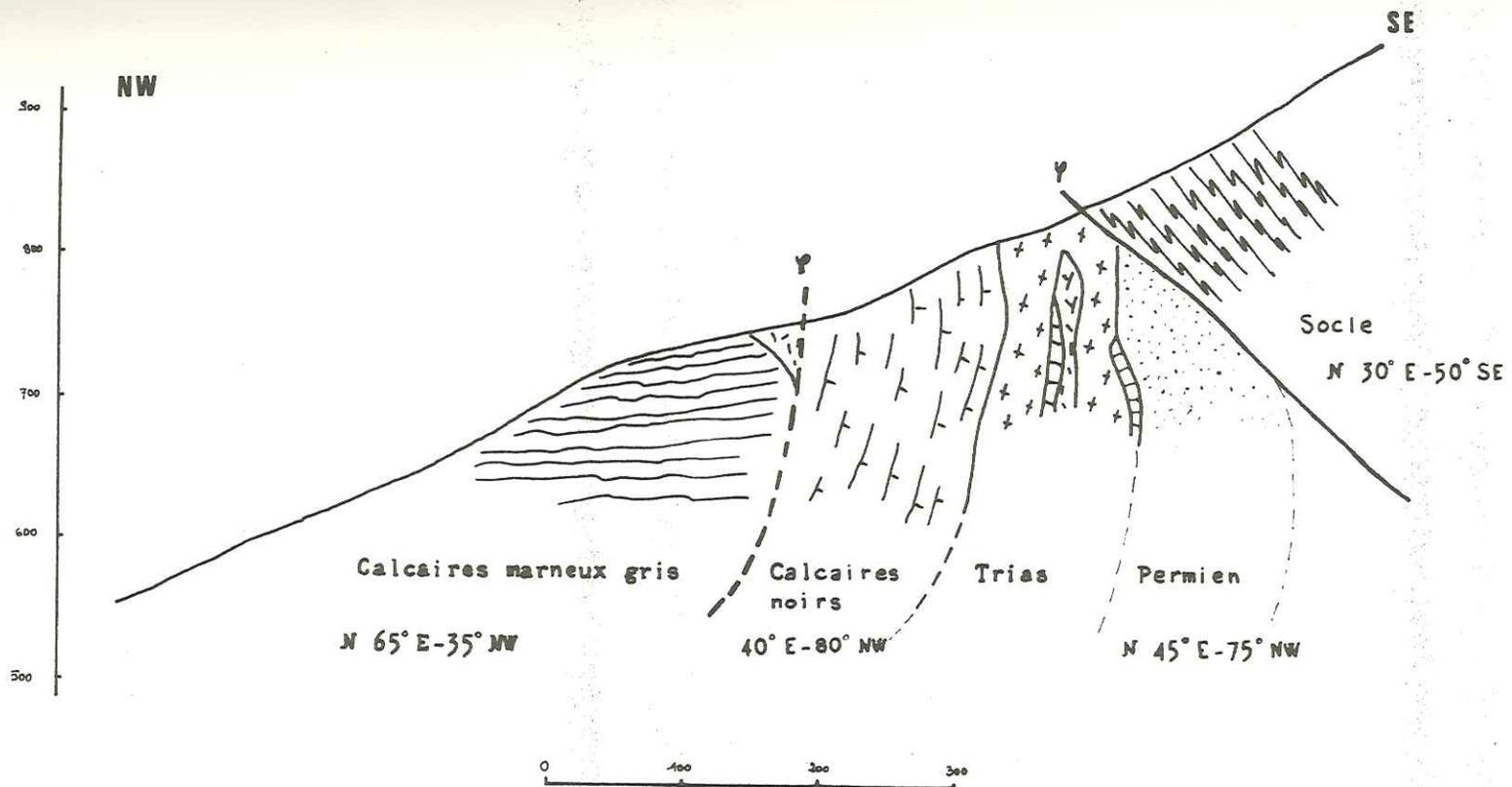
E/ Ferne du Mont Levet :

L'affleurement se situe en bordure de la route forestière de St Hugon en rive droite du Bens.

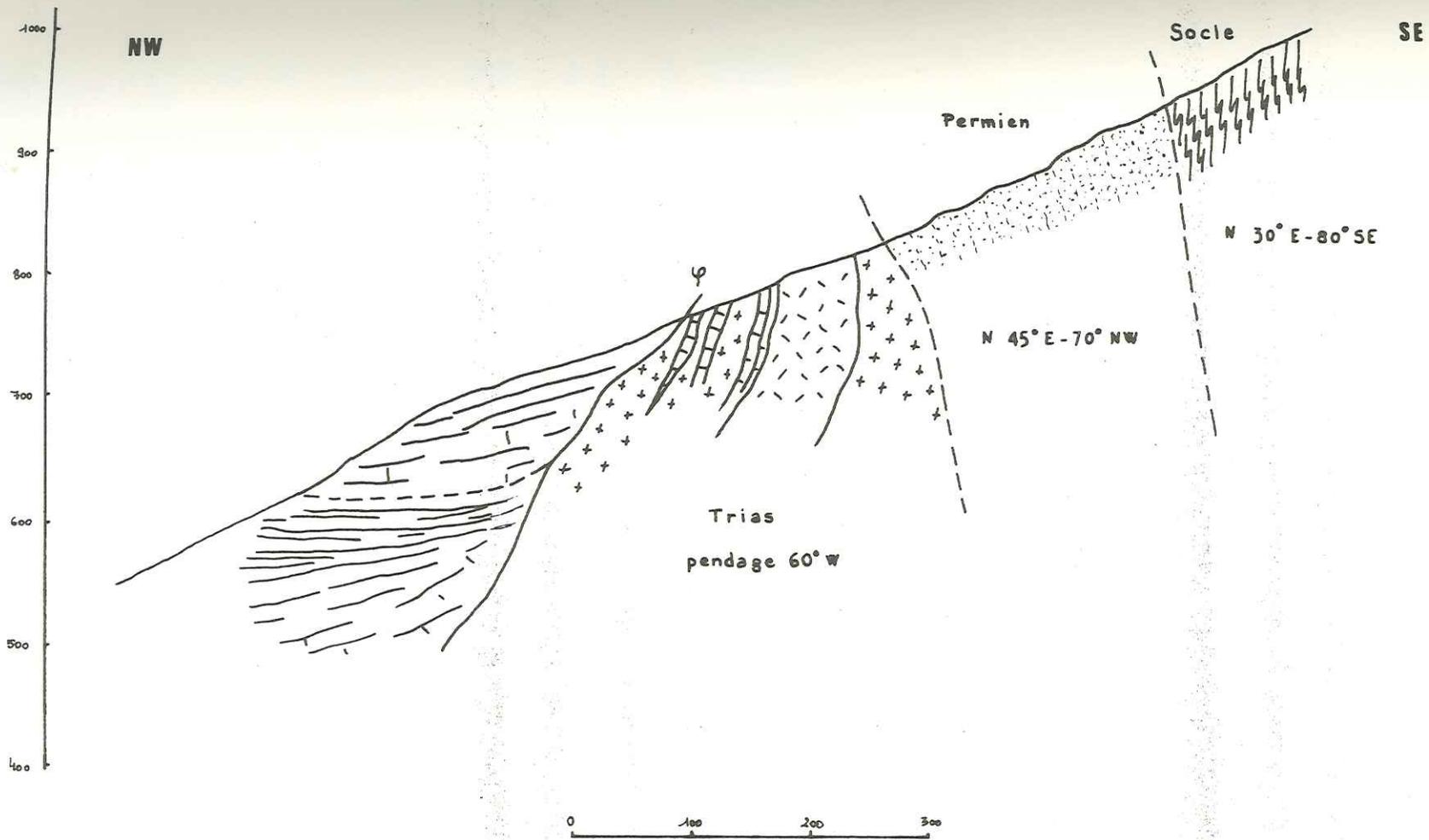
30m, au moins de calcaires dolomitiques gris à patine rousse, à débit prismatique, durs, légèrement gréseux, à litage moyen: N 35°E 60°NW.

F/ Torrent du Verneil :

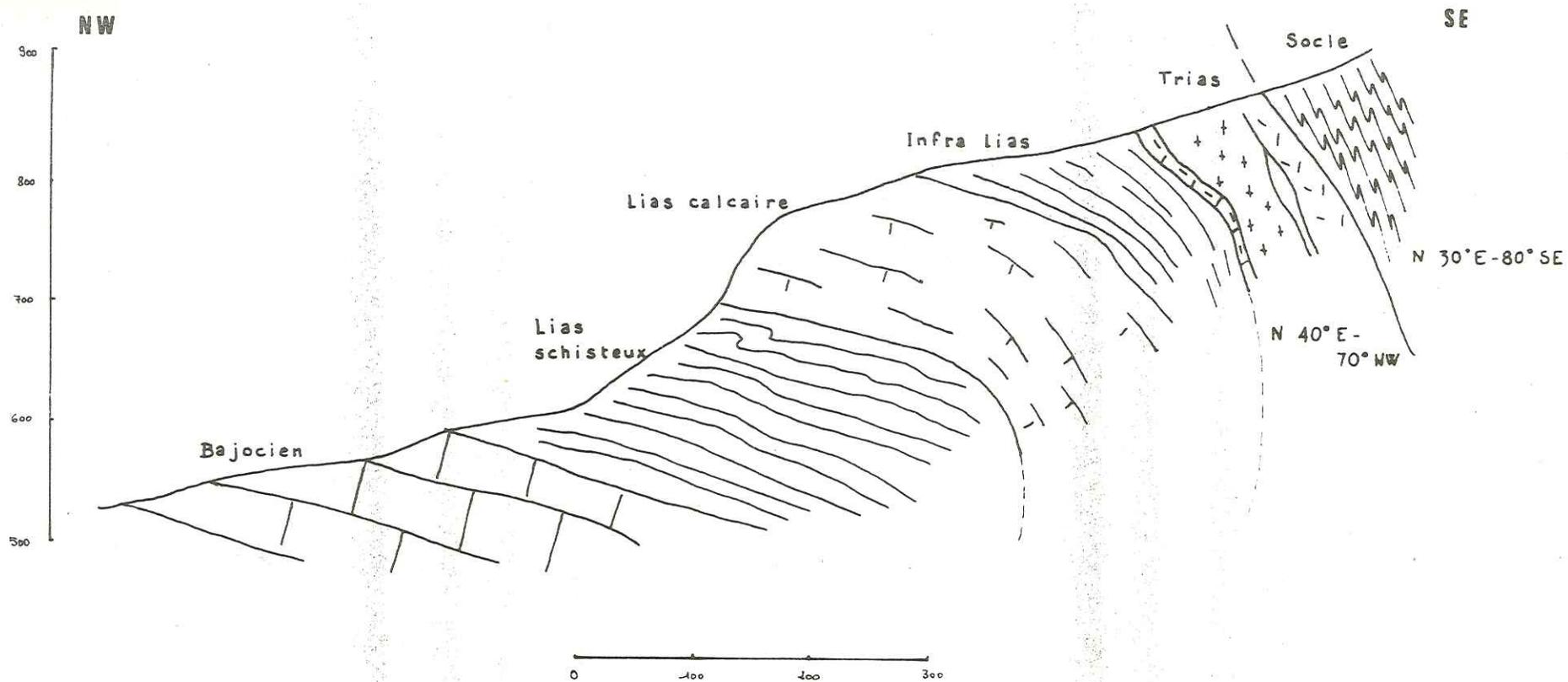
Le Trias, directement discordant sur les micaschistes à schistosité verticale, se compose de 2m de poudingues quartzeux en bancs de 50cm formés essentiellement de graviers de quartz roses énuissés, le tout surmonté d'une centaine de mètres d'éboulis et de cargneules remaniées. Plus au nord le liseré triasique se poursuit uniquement sous forme de cargneules.



COUPE GEOLOGIQUE TORRENT de la JEANNOTTE



COUPE GEOLOGIQUE TORRENT du BUISSON



COUPE GEOLOGIQUE TORRENT du BARD

2/ Le Trias associé aux spilites :

Les spilites semblent former un jalon stratigraphique entre le Lias et le Trias supérieur, en plusieurs points de la chaîne de Belledonne. A cette époque, la localisation du volcanisme spilitique dauphinois se trouvait dans une région bien particulière de la zone externe (proche de la zone de courbure maximum des Alpes); les affleurements spilitiques d'Allevard représentent les derniers pointements nord de cette région.

C.Lory avait noté que le gypse et les dolomies du Trias accompagnaient très souvent les spilites (et il pensait même à une liaison d'origine).

Il faisait un cas particulier, dans la région qui nous occupe, des gypses d'Allevard, de La Ferrière et du Vaugelat, n'y ayant jamais trouvé de spilites. Or, on sait, depuis le creusement de la galerie EDF de St Pierre d'Allevard, que 30m de spilites et 50m de tufs succèdent à 200m de gypses et anhydrite.

Au contact des spilites, les calcaires magnésiens ne présentent pas de profondes modifications si ce n'est un durcissement et une silicification très nette en lame mince.

A/ Plateau de Laval:

Situé sur la route forestière des grandes du Coudray, à 1,5km au NE du Col du Barioz, c'est le dernier affleurement de Trias au sud du terrain qui nous intéresse. On n'observe pas le contact Trias-Permien, mais on distingue de bas en haut :

- cargneules
- calcaires dolomitiques et schistes dolomitiques jaunâtres et gris foncé.
- un ensemble constitué d'une alternance de bancs de calcaires dolomitiques silicifiés, très pyriteux, jaunâtres, associés à des schistes dolomitiques verts et blancs en lamelles flexueuses et à des coulées de spilites bulleuses ou non, massives, de teinte verte dont l'épaisseur individuelle des couches est de 30cm.
- calcaires dolomitiques pyriteux, silicifiés, roux alternant avec des schistes dolomitiques vert clair et blanc.

Le contact avec le Lias est ici tectonique (faille N 20°E); quelques mètres au-dessous des spilites, dans le ruisseau, on remarque un crochon de faille dans le Lias avec abaissement relatif du Lias par rapport au Trias.

Une route forestière recoupe à 1km au sud le prolongement de cet affleurement on n'y note rien de plus si ce n'est un contact des calcaires triasiques directement transgressif sur le socle de schistes.

B/ Replat de Montgoutoux:

Ici l'ensemble des couches est renversé et plonge de 50° vers le SE. De bas en haut:

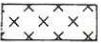
- 1m de spilite massif, vert, interstratifié dans les niveaux dolomitiques: il est surmonté de quelques centimètres de calcaires dolomitiques gris beige.
- 3m environ de dolomie gréseuse grise à patine brune en bancs massifs de 50cm.

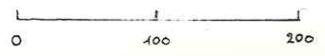
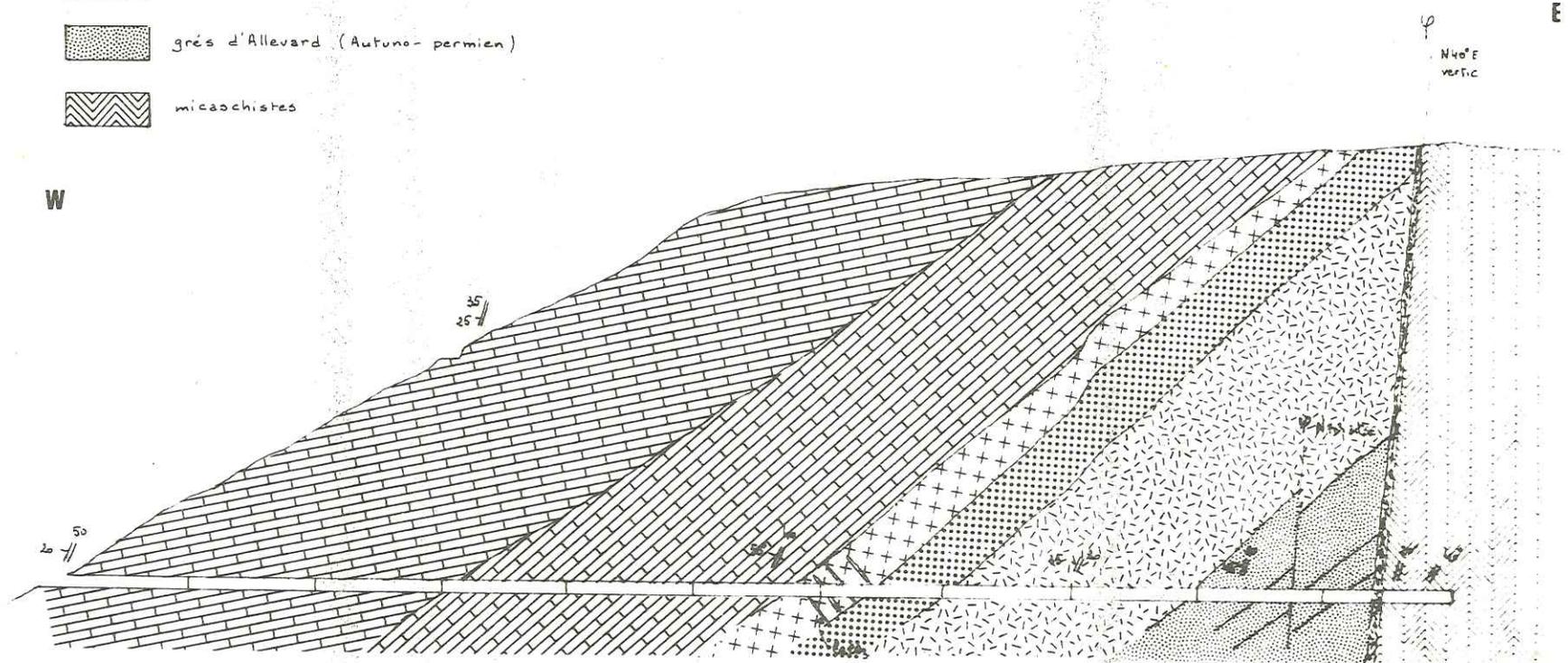
Le contact des spilites et du Lias (marnes grises et calcaires noirs) est différent de celui du plateau de Laval où le Lias est séparé par quelques mètres de calcaires dolomitiques du Trias.

C/ La galerie EDF de St Pierre d'Allevard (altitude 500m) (Pl.25 page 48)

Cette galerie de reconnaissance, creusée de St Pierre d'Allevard en direction de St Etienne de Cuine par l'Electricité de France, traverse la série sédimentaire du versant ouest de Belledonne.

Coupe galerie EDF St Pierre d'Allevard

-  Lias schisteux
-  Lias calcaire
-  Spilite
-  Tufs spilitiques
-  Trias
-  grés d'Allevard (Autuno-permien)
-  micaochistes



PK 1103m : schistes sériciteux, chloriteux et albitique du socle à schistosité verticale de direction N 40°E. On observe dans les plans de schistosité des filonnets de sidérite avec pyrite et nouches de chalcopryrite (LM1D).

PK 1076m: faille de 1m de puissance affectant les schistes, verticale direction N 60°E remplie de mylonite rouge.

PK 1070: la schistosité toujours verticale prend une direction N 20°E.

PK 1065: une faille N 40°E, verticale forme contact entre Permien et socle.

On y trouve une petite bande de mylonite de nicaschistes (30 cm) avec schistes graphiteux noirs pulvérulents et Lias.

PK 1063: la série permienne, après ce contact par faille débute par des pélites gréseuses vertes, très fines; les couches ont une direction N 20°E et un pendage 45°W.

Ces niveaux fins se poursuivent en alternance avec des niveaux beaucoup plus grossiers à éléments visibles à l'oeil (surtout quartz millimétriques).

PK 980: apparition du Permien lie de vin en pélites très fines: couches N 30°E - 60°W.

PK 970: une faille N 70°E- 30°SE recoupe perpendiculairement la formation en décalant de quelques mètres les couches (voir coupe). La série se poursuit par la réapparition des niveaux pélitiques verts puis du Permien lie de vin.

PK 910: contact entre des niveaux verts très fins et d'autres plus grossiers N 30°E - 65°W.

PK 905: contact en concordance et très rapide entre le Permien et les anhydrites du Trias.

PK 900: premier banc de 10cm de calcaire noir dolomitique intercalé dans l'anhydrite. Celle-ci a une allure très régulièrement stratifiée, la série débutant avec une alternance de bancs clairs et plus foncés de 1cm, puis en remontant les bancs d'anhydrite pure pourront atteindre plusieurs mètres.

PK 860: contact anhydrite avec calcaires dolomitiques noirs massifs.

PK 845: contact plus diffus entre les calcaires noirs et l'anhydrite. La roche sur 1m prend un aspect globiforme avec des boules d'anhydrite (5cm) dans une matrice de calcaires noirs.

PK 837: contact entre la fin de l'anhydrite et un nouveau banc de calcaires noirs dolomitiques de direction N20°E - 35 W.

PK 825: ces calcaires noirs passent à un niveau de même composition mais très fissuré, chaque diaclase étant envahie par de la calcite, sans direction propre et parfois injectée de gypse.

PK 810: apparition de nouveau de l'anhydrite en contact normal: c'est la plus propre de la galerie et la plus épaisse.

PK 710: contact NS - 30°W entre la fin des anhydrites et des calcaires noirs par l'intermédiaire de quelques centimètres d'une zone argileuse jaunâtre.

PK 675: les calcaires noirs passent à des pélites gréseuses très fines soit ivoire clair soit vert clair mais très riches en pyrite.

PK 673: apparition de tufs spilitiques en série continue qui passent sans transition visible à des spilites massifs avec une très grande abondance de filonnets de calcite N60°E - 70°E, le tout affecté d'une schistosité de fracture de même direction.

PK 635: on note un filon de quartz de même direction et pendage. Puissance 10 cm.

PK 610: apparition du faciès vacuolaire dans les spilites (vacuoles de calcite).

PK 600: passage sans transition bien visible à une formation à galets nous (attribuable au Rhétien) à éléments de calcaires noirs à cassure conchoïdale très caractéristique.

PK 577: contact N 40°E - 50°W avec des calcaires noirs massifs à cassure conchoïdale. Ce contact semble correspondre à la stratification.

La série se poursuit ensuite par ces calcaires noirs (Lias) qui deviennent un peu plus schisteux entre le PK 0 et le PK 300. L'ensemble du Lias apparaît tranquillement stratifié, sans tectonique visible avec peu de filonnets de calcite.

3°) LES SPILITES :

Les affleurements de spilite dans la région d'Allevard se présentent sous forme de puissants épanchements (30m) d'une roche très compacte, verte, en couches successives (jusqu'à 4), parcourus par des filonnets de calcite et de sidérite.

On observe généralement une alternance de coulées massives et de coulées vacuolaires avec parfois des passées de projections volcaniques (roche très compacte, à éclats gras, verdâtre à texture légèrement schisteuse).

Rien dans ces affleurements ne justifie l'idée d'un épanchement sous-marin (pas de pillow-lavas). Les spilites correspondent vraisemblablement à des coulées sub-aériennes.

La position géographique des spilites ayant été précisée avec l'étude stratigraphique du Trias, nous essayerons de tirer quelques renseignements des lames minces et des analyses chimiques.

ETUDE PETROGRAPHIQUE :

Nous confirmerons, en les complétant éventuellement, les observations faites par L. Moret et R. Michel en 1958 sur un spilite de la galerie EDF de St Pierre d'Allevard.

A/ Le faciès non vacuolaire :

Trame intersertale de lattes de plagioclases très allongées, à faciès en échardes caractéristiques (les plus longues 350 μ). Il s'agit toujours d'albite pure, maclée albite ou carlsbad, à minuscules inclusions de séricite, chlorite et calcite. La structure est trachytique, presque fluidale, avec une légère tendance variolitique.

- la mésostase est très réduite. Les méats sont remplis de chlorite vert pâle, légèrement pléochroïque et d'un agrégat semi-opaque de leucoxène et sphène. Un peu de calcite en plages xénomorphes, de nombreux granules de leucoxène et sphène, épars dans la roche en amas ou en petites traînées rectilignes.

Gros phénocristaux (1mm) idiomorphes, corrodés, à contours d'olivine, pseudomorphosés par de la chlorite ferrifère, lamellaire, à biréfringence élevée, pléochroïque dans les tons bruns et verdâtres.

- quelques vacuoles de quartz d'exsudation en minuscules cristaux inbriqués.

- quelques filonnets (1 à 2cm de puissance) de sidérite traversent les spilites (plateau de Laval).

B/ Le faciès vacuolaire :

- les microlites de plagioclases sont plus grands et plus trapus.
- les méats sont occupés par les mêmes minéraux que dans le précédent faciès ou par de la chlorite brune bordée d'un liseré opaque.

- les sections pseudomorphosées d'olivine sont plus rares et plus petites.

- la forme originale des anciens pyroxènes, parfois ouralitisés, est conservée. Les amphiboles ont été aussi chloritisés mais on peut parfois reconnaître leur clivage.

- les vacuoles: noyau de calcite affecté d'un faux clivage dynamorphique; cette calcite est légèrement pigmentée d'hématite avec marge de fibres de calcite radiale, puis chlorite et parfois quartz autonorphe.

Ces coulées, vacuolaires ou non, sont toujours séparées les unes des autres par quelques centimètres d'une formation à grain très fin (calcite, chlorite, quartz, hématite) qui paraît appartenir au volcanisme au même titre que les coulées.

C/ Les tufs spilitiques:

- éléments détritiques en quantité mineure: fragments de quartz anguleux.

- éléments détritiques abondants: microlites de plagioclases très altérés, ferromagnésiens pseudomorphosés en chlorite.

Nombreuses et minuscules plages xénomorphes de chlorite vert pâle (anciennes particules de verre volcanique), oxydes divers.

- le tout est uni par un ciment dolonitique peu abondant et très diffus.

ANALYSES CHIMIQUES :

n°	1	2
SiO ₂	43,15	48,6
Al ₂ O ₃	16,70	19,58
Fe ₂ O ₃	10,30	2,20
FeO	10,30	9,63
MnO	0,10	0,01
MgO	5,90	2,98
CaO	6,00	0,78
Na ₂ O	4,00	6,00
K ₂ O	0,60	1,15
CO ₂	4,00	?
TiO ₂	2,45	3,10
P ₂ O ₅	0,40	0,48
H ₂ O+		
H ₂ O-		

spilite } 1 - spilite: galerie EDF de St Pierre d'Allevard (alt. 510m)
 non } x = 891,95 y = 348,90 z = 500
 vacuolaire } 2 - spilite: plateau de Laval (Col du Barioz) (alt. 1100m)
 } x = 890,30 y = 343,38 z = 1100

Il est difficile de tirer des conclusions générales de ces deux analyses de spilites:

- il n'existe pas en effet d'analyse représentative des spilites car ce volcanisme correspond à la phase hydrothermale d'un foyer ortho-magnétique plus profond. Cette phase fluide ne transporte alors qu'une partie des éléments présents dans ce foyer.

- de plus les échantillons analysés ont été prélevés dans des coulées et à des altitudes différentes en deux points éloignés géographiquement de plus de 5km.

Le spilite du Col du Barioz (altitude 1100m) montre un enrichissement en :

Na ₂ O	: + 2%
K ₂ O	: + 0,6 %
TiO ₂	: + 0,6 %
SiO ₂	: + 5 %
Al ₂ O ₃	: + 3 %

Le spilite de la galerie EDF de St Pierre d'Allevard (altitude 510m) est par contre plus riche en :

FeO + Fe ₂ O ₃	: +8 %
MnO	: +0,1 %
MgO	: +3 %
CaO	: +5 %

Si l'on s'en tient seulement à la notion d'altitude, il semble que les éléments tels que Si, Na, K, Al, migrent préférentiellement vers le haut, Ca, Fe, Mg, Mn moins solubles dans les mêmes conditions s'accumulent vers le bas.

M. Maurin (1972) a exposé en autoclave un mélange d'eau et de basalte à différentes conditions de températures et pression (T = 0 à 500°C et P = 1 à 600 bars); ses résultats applicables au volcanisme spilitique montrent que dans la phase fluide:

- Si, Na, K, Al demeurent les éléments les plus solubles en milieu aqueux et se déplace le plus loin (J.T. Ilyana 1961, montre aussi expérimentalement que la silice est le dernier constituant d'un basalte à demeurer relativement soluble dans l'eau à basses températures).

C'est donc vraisemblablement en raison de cette solubilité dans l'eau supérieure à celle des autres constituants, que la silice précipite en tout dernier lieu, en déterminant au-dessus des coulées proprement dites des zones où il y a surtout du quartz.

Le Na ne doit jamais être en excès, car il n'y a pas de dépôts de sel associés aux spilites. Au niveau des coulées, l'abondance de l'albite implique successivement et au même endroit une précipitation du sodium (par enrichissement de la solution en Na) et une baisse de la température. La coulée, stade final d'une lave est condamnée à s'arrêter par refroidissement, tandis que le Na précipite au même endroit, puisque la lave n'est plus en mouvement.

- Ca, Fe, Mg moins solubles dans ces mêmes conditions, tendent à s'accumuler vers le bas; la présence de CO₂ accroît leur solubilité en même temps qu'elle diminue celle de l'aluminium.

Les spilites, lors de leur ascension, contiendraient deux phases non miscibles:

- une phase aqueuse (H₂O, Si, Na, K, Al) responsable de l'altération hydrothermale des minéraux des spilites. Cette phase aqueuse pourrait être considérée comme le terme acide, au sens géologique.

- une phase carbonatée (CO₂, Ca, Fe, Mg, Mn) correspondant dans les coulées vacuolaires (généralement de seconde génération dans le massif d'Allevard) aux vacuoles de calcite (qui traduisent plutôt une non miscibilité de la phase carbonatée et de la phase aqueuse, qu'un excès de calcium). Cette seconde phase représenterait le terme basique (toujours au sens géologique).

Le fait que les spilites et les calcaires dolomitiques associés, contiennent (en petites quantités certes) des sulfures (chalcopryrite et cuivres gris dans les spilites et pyrite dans les calcaires dolomitiques) permet de supposer l'existence d'une troisième phase sulfureuse (H₂S, SO₂...). La présence de gypse, presque toujours lié aux spilites, serait la conséquence d'une précipitation de CaSO₄ par combinaison de sulfates (après oxydation) au Ca.

SPLITITES ET FILONS MINERALISES :

Dans le massif d'Allevard, le voisinage des spilites et des filons sidéritiques et sulfurés, tous deux de type hydrothermal, nous amène à supposer une liaison d'origine. Dans le cours normal de la différenciation, il faudrait s'attendre d'abord aux spilites puis aux filons carbonatés. On retrouve aussi dans les filons de sidérite maillat les trois phases distinguables dans le volcanisme spilitique :

- une phase aqueuse avec quartz (voir structure orbiculaire à la Chevrette page 163).
- une phase carbonatée, beaucoup mieux exprimée que dans les spilites.
- une phase sulfureuse postérieure avec Cu, Pb, Zn....

4°) LE LIAS (Pl.27 page 54)

Dans la région d'Allevard, la série stratigraphique de couverture des massifs cristallins externes, montre tous les termes du Lias et du Bajocien et forme une bande continue entre la vallée de l'Isère et la chaîne cristalline de Belledonne.

Le Lias n'étant pas minéralisé, nous citerons simplement pour mémoire la coupe de la gorge du Bréda, au SE d'Allevard, à Bramefarine, qui donne la meilleure succession et a servi de référence aux géologues du siècle dernier.

1 - le Rhétien : décrit par C.Lory (1867), les couches sont actuellement masquées par les éboulis: calcaires noirs, compacts ou sublamellaires, en couches minces très nettes; une couche à petite coquille: Avicula contorta.

2 - Hettangien: brèche à éléments dolomitiques noirs, calcaires et quartzeux, dans un ciment de calcaires bleus, épaisse de quelques mètres.

3 - base du Sinémurien (20m): calcaires argileux en petits bancs à débit modulaire et cassure bleutée, séparés par de minces lits de schistes noirs.

4 - Sinémurien : calcaires marneux compacts, durs, à pâte fine, alternant avec des passées plus schisteuses noires (200 à 250m) avec Arietites (route de Pinsot et chemin du Bugnon, Echioceras (ruisseau de la Jeannotte).

5 - Carixien: bancs plus épais de calcaires compacts à grains fins séparés par des lits schisteux (25 à 30m) avec Uptonia près de la source thermale d'Allevard, Acanthopleuroceras et Productyloceras sur la route du Collet d'Allevard.

Tout cet ensemble appartient au Lias calcaire.

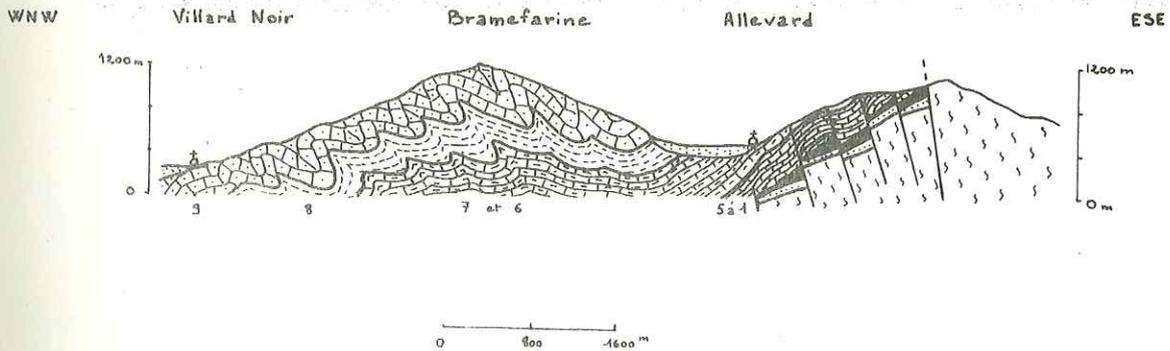
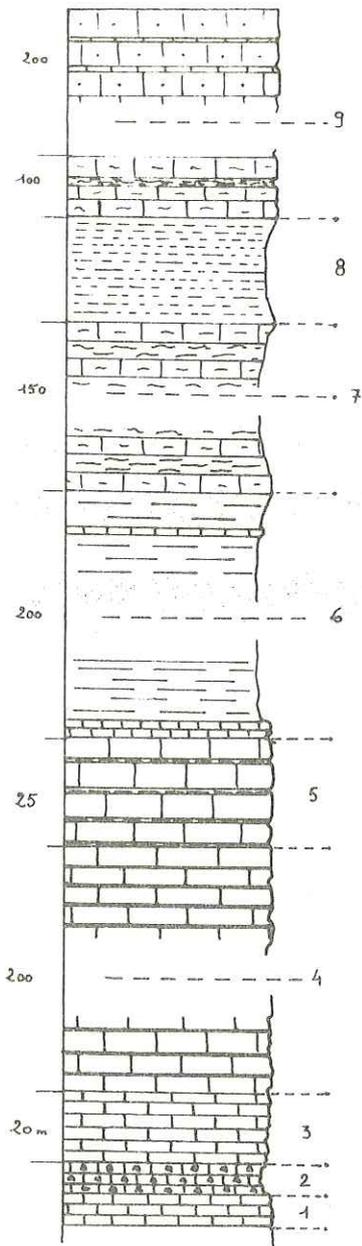
6 - Domérien : (200m) on attribue à cet étage un ensemble marno-calcaire tendre, à débit feuilleté, dans lequel on peut distinguer deux ensembles:

- une partie inférieure à dominante marneuse avec quelques petits bancs de calcaire à la base;
- une partie supérieure encore plus marneuse à rares bancs de calcaires marneux tendres (0,20).

7 - Toarcien : cet étage comprend un ensemble de calcaire marneux brun noir, parfois assez compact, épais d'au moins 150 à 200m.

A l'est du Col du Barioz, le Toarcien affleure largement sous forme de marnes grises compactes avec petits bancs calcaires; dans la région d'Allevard, les bancs plus calcaires intercalés dans les marnes forment les ressauts inférieurs sur les pentes de Montouvrard et du Collet d'Allevard.

LE LIAS



8 - Aalénien: cette formation, bien caractérisée par son faciès et sa faune importante a des limites inférieures et supérieures arbitraires et peu précises. Elle est constituée par des schistes argilo-siliceux brunâtres à intercalations de lits centimétriques, siliceux et ferrugineux, se débitant parfois en nodules. Le meilleur affleurement se trouve au col du Barioz.

Au nord d'Allevard, cette formation pourrait correspondre à la vallée du Bréda, où elle passerait insensiblement au Bajocien inférieur.

9 - Bajocien: cet ensemble, assez dur, donne une zone de collines massives dominant la vallée du Grésivaudan à l'ouest et séparé de Belledonne par la dépression Arvillard - Allevard - Theys: c'est cette ligne de relief que les anciens appelaient "collines liasiques".

Dans la région d'Allevard, les affleurements sont très importants, notamment dans le massif de Bramefarine, en raison de redoublement tectonique.

A la base (100m), une alternance irrégulière de schistes noirs et de bancs de calcaire marno-sableux.

Au-dessus (200 à 300m), une formation épaisse et monotone de calcaires marno-sableux noir à patine grise et nervures rouilles, avec une alternance de bancs plus carbonatés et de lits plus argileux.

Une des caractéristiques de la formation est sa richesse en fins éléments détritiques, quartz anguleux surtout .

Deuxième Partie :

TECTONIQUE

Formés lors de l'orogénèse hercynienne (sans oublier la longue histoire du socle métamorphique avant le dépôt du Houiller), les massifs cristallins externes ont une histoire géologique et tectonique complexe qui poursuit encore de nos jours.

Ce que nous en savons prouve qu'ils ont réagi aux efforts de l'orogénèse alpine en fonction des dispositions du socle hercynien et de ses grandes fractures; ce fait est sans doute général dans tous les vieux socles cristallins.

Il est probable que beaucoup de traits structuraux des Alpes, inexpliqués ou remis en question de nos jours, trouveront finalement une explication dans la structure du socle, celui-ci constituant de très loin le volume principal du matériel affecté par l'orogénèse alpine. La fine pellicule sédimentaire qui le recouvrait n'a subi que le contre-coup de la tempête qui se jouait sous ses pieds.

Chapitre 1 -

INTRODUCTION

P. et Cl. Bordet avaient admis l'existence, dans la chaîne de Belledonne, de plis isoclinaux d'axe NE - SW, fondée sur la reconnaissance d'unités lithologiques majeures, suivies par continuité sur de longues distances. Les levés détaillés font apparaître l'obliquité des structures tectoniques locales sur les limites de ces unités pétrographiques (par exemple le synclinal médian).

La carte structurale du massif d'Allevard et de la chaîne des Hurtières (entre le Col du Merdaret au sud et Aiguebelle au nord), résultat d'une étude photogéologique, met en évidence une architecture très complexe; des recristallisations importantes accompagnent les déformations de l'ancienne trame rocheuse: formation de porphyroblastes d'albite, de carbonates dans des zones déformées, transposition de la foliation par des micas syncinématiques... Il existe une continuité apparente de la déformation et de la recristallisation métamorphique (la déformation se traduit dans nos régions par un étirement du massif de Belledonne vers le NE et par une phase de plissement vers le NW).

1°) LES MOUVEMENTS ANCIENS : (Pl. 20 et 21, page 57 et 58)

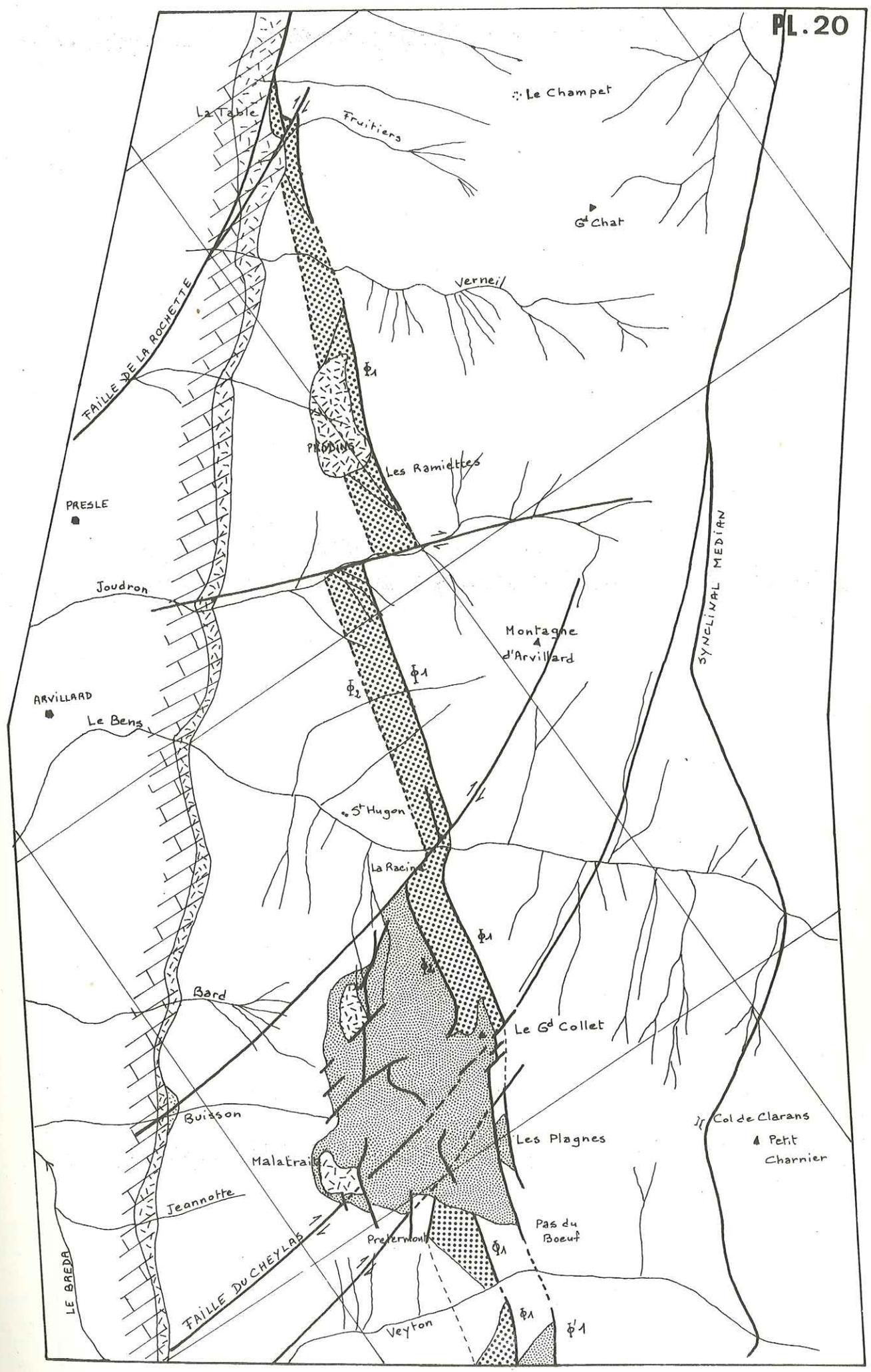
L'histoire de la couverture sédimentaire de Belledonne commence au Westphalien, et l'on considère comme acquis, à cette époque, le métamorphisme et la schistosité des micaschistes (orientation parfaitement arbitraire des fragments de schistes cristallins dans les conglomérats houillers).

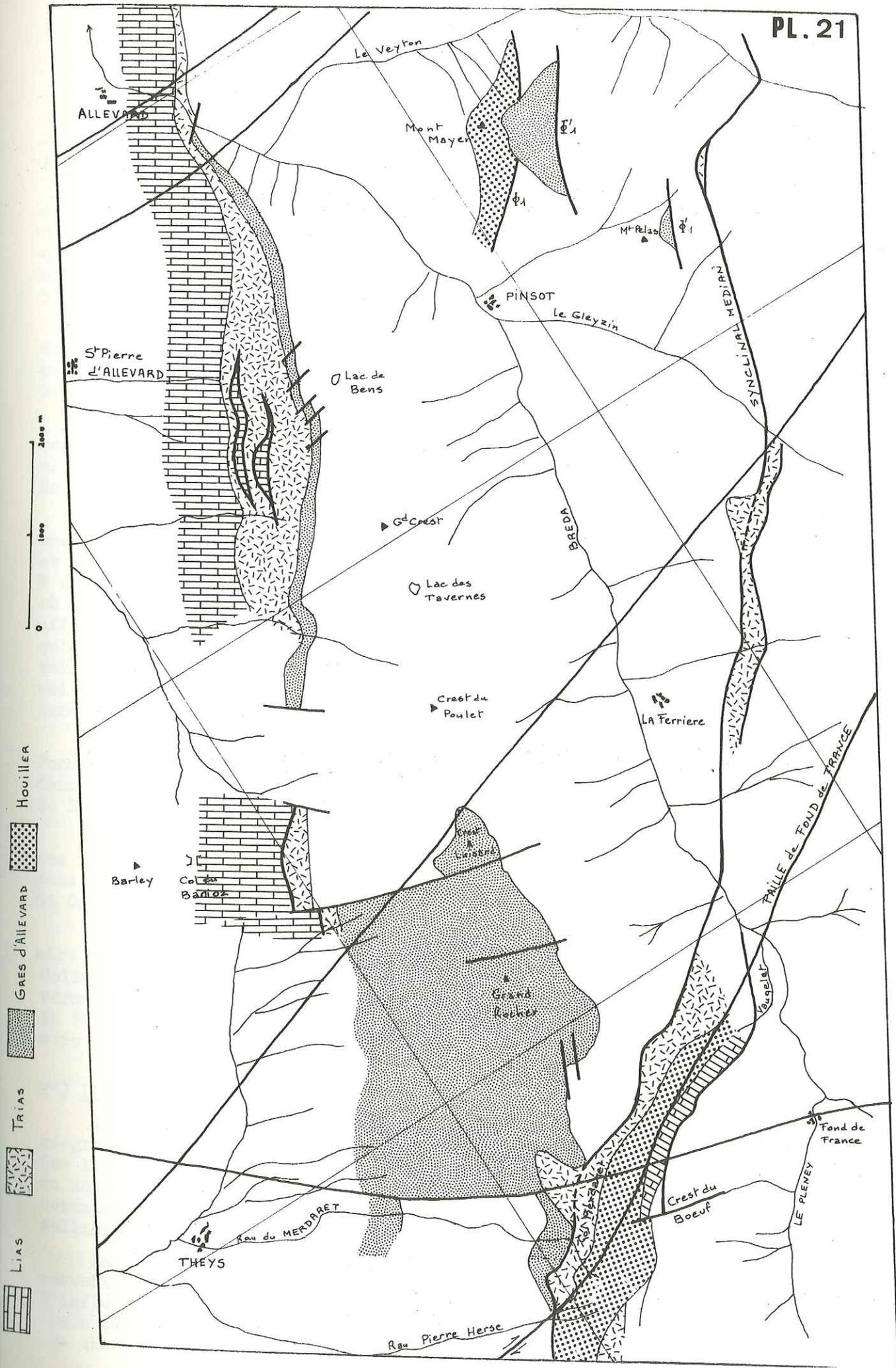
A l'exception de quelques chapeaux houillers coiffant tranquillement le socle (Gd Lance de Domène), les premiers sédiments résultant du démantèlement de la chaîne hercynienne, s'accumulent dans une zone déprimée de la série satinée, zone subsidente liée à des accidents NS préexistants.

Les déformations ont donc affecté un socle déjà induré et correspondent à la fin de l'orogénèse hercynienne; cette phase finale comporte une période de détente accompagnée de fractures et d'effondrements. Ces fractures sont à l'origine des dépressions dans lesquelles se sont accumulés des sédiments mais il est possible qu'elles aient livré passage à un volcanisme de détente caractéristique, de type ignimbritique, dont on retrouve les traces dans le Permien. On constate la permanence des zones d'enfoncements du Westphalien au Stéphanien supérieur.

Dans le massif d'Allevard, il ne subsiste que quelques témoins du synclinal houiller; dans la montagne du Collet, les deux failles méridiennes (NS à N 20°E) \mathcal{Q}_1 et \mathcal{Q}_2 , limitant à l'est et à l'ouest le fossé d'effondrement houiller, sont particulièrement nettes.

Elle tendent à se rejoindre en profondeur (dans le torrent du Veyton) alors que les affleurements s'étendent sur 400m de largeur au Gd Collet, 1000m plus haut.





HOUILLER

GRÈS d'ALLEVARD

TRIAS

LIAS

Barley

THEYS

Le Veyton

Mont Mayet

PINSOT

Le Gleyzin

Lac de Bens

G^d Crest

Lac des Tavernes

Crest du Poulet

LA Ferriere

Grand Rocher

Fond de France

R. du MERDRET

R. Pierre Herse

Crest du Boeuf

LE PLENEY

FAULLE de FOND de FRANCE

SYNCLINAL AXIS

BREA

ALLEVARD

St Pierre d'ALLEVARD

Crest de L'Allevard

Col de Barloz

M^{te} Pélissier

Φ₁

Φ₁

Φ₁

Crest de L'Allevard

Boeuf

L'âge de cet effondrement subsident (lié à la phase asturienne) date au maximum du Stéphanien moyen, puisque son contenu est fossilisé par les grès stéphanien supérieurs qui reposent en discordance (montage du Collet).

L'effondrement houiller se prolonge vers le nord jusqu'à la Table, sous forme de bandes rectilignes NS, régulièrement décrochées vers le NE par des accidents cassants NE-SW (N70°E) le plus caractéristique est l'accident dextre du Cheylas, qui passe à l'aplomb du Gd Collet, décalant en mouvement relatif, le compartiment nord de 1 km. Au total, entre la Table et Prétermont le Houiller est rejeté de 5 km vers l'est.

Ce décrochement est très visible au niveau du col de l'Occiput: au sud de ce dernier le socle chevauche sa couverture, tandis qu'au nord celle-ci repose en position normale sur son substratum. L'accident proprement dit est déterminé dans le détail par une série de petites cassures parallèles.

La faille de la Rochette (N 70°E) appartenant à ce réseau transversal recoupe sous un angle de 40° les structures houillères à la Table; à partir de ce point elle rejoint la faille du Grésivaudan, expliquant le rejet vertical important: Houiller en contact avec le Trias.

Vers le sud, à partir de Pinsot, les affleurements houillers disparaissent pour reprendre sur l'autre rive du Bréda, en aval de Fond de France. Entre Pinsot et Fond de France, la vallée du Bréda est dans le prolongement d'un grand accident N 20°E qui rejoint la vallée de l'Eau d'Olle, à travers le massif des Sept Laux, où il tranche obliquement les structures du granite, tandis que les gneiss sont affectés d'un clivage schisteux parallèle à l'accident. Dans sa partie sud et jusqu'à Fond de France, cet accident structural hercynien casse la bordure occidentale du granite des Sept Laux mais au nord de l'accident de Fond de France, la vallée du Bréda doit son orientation à un accident prolongeant qui se poursuit sans signification structurale importante à travers le rameau externe.

A Fond de France, le synclinal houiller réapparaît et suit l'accident de Fond de France et le synclinal médian, tous deux N 70°E et superposés en cet endroit, dans le torrent du Vaugelat et le Col du Merdaret. Au-delà, sur le flanc occidental de Belledonne, il prend une direction NE-SW.

Le dépôt du Stéphanien supérieur est séparé des formations précédentes par une nouvelle phase tectonique (phase saaliennne) qui épargnent le Houiller conservé dans le fossé d'effondrement; l'accident du Cheylas décale de part et d'autre du Gd Collet le graben houiller.

Les grès d'Alleverd (Stéphanien supérieur) reposent en discordance dans une aire subsidente vers l'est, surimposée à celle du Houiller dans la montagne du Collet, de direction N 20°E; les grès s'enfoncent à l'est du Houiller sur le versant Bens. Ceci semble montrer qu'après le décrochement de la faille du Cheylas, la faille \mathcal{A} a joué au Stéphanien supérieur, provoquant l'effondrement des grès vers l'est.

2°) LES MOUVEMENTS RECENTS :

Il existe à partir de l'Autuno-permien, une liaison entre les lignes paléogéographiques et les structures tectoniques qui montrent un parallélisme frappant. Ces lignes résultent des mouvements et de la disposition des différents éléments du socle, dont l'origine remonte déjà à l'époque hercynienne. Ces directions ont certainement été empruntées par les phases sudète, asturienne et ont été à nouveau sollicitées par les mouvements alpins.

La montée des massifs cristallins externes va provoquer un basculement d'ensemble vers l'ouest et la dispersion des éléments antérieurs (en particulier par l'influence de décrochements au niveau du socle). On peut expliquer ainsi différents dérangements croissants des structures en se rapprochant du socle, formation des chevauchements du socle...

Le rejet final de ce type d'accident aboutit à la surélévation du compartiment est par rapport au compartiment ouest. L'accident longitudinal (N 30°E) le plus important est celui qui provoque le chevauchement du compartiment des Plagnes (socle) sur les grès d'Allevard (à l'ouest). Il est en réalité double et, au sud du lac du Collet, il se confond avec la faille limitant le graben du Stéphaniens supérieur. D'une manière générale cette faille des Plagnes paraît faire la jonction entre la faille est du graben houiller (au Nord du Gd Collet) et celle du graben stéphaniens supérieur; elle est donc postérieure à ces deux accidents.

Sur la bordure ouest de Belledonne, vient une bande d'affleurements discontinus de Permien, Trias, Lias, appartenant à l'ancienne couverture sédimentaire du rameau externe. En dehors de quelques points où cette couverture paraît reposer tranquillement sur le faite de ce rameau (Permien et Trias du Gd Rocher) elle est partout très tectonisée.

Elle est d'une part affectée par des failles méridiennes qui se relaient pour former la faille du Grésivaudan et qui, par un jeu d'effondrements successifs, abaissent en mouvement relatif le compartiment ouest de 1000m (différence de 1000 m d'altitude entre le Trias du Bréda et du Gd Collet). Avec la fin du Trias apparaissent les éruptions volcaniques qui ont donné naissance aux spilites. Les filons d'alimentation ont traversé le socle cristallin qui devait se trouver en détente tectonique. Il semble que toutes ces structures, correspondant à une détente tectonique, seraient des accidents posthumes de l'orogénèse hercynienne.

D'autre part, des failles transverses NE-SW, dextres, décalent vers l'est, les différents panneaux nord (voir carte 1/25 000). Il en résulte une modification des directions hercyniennes qui ont été harmonisées avec celle de l'arc alpin. Les blocs, constitués par des morceaux du socle séparés par de grands accidents transverses, ont pu se déplacer les uns par rapport aux autres, sans se déformer très sensiblement, et en entraînant leur couverture sédimentaire.

3°) LES PRINCIPALES DIRECTIONS DE FRACTURES:

L'étude photogéologique du massif d'Allevard fait ressortir l'existence de plusieurs familles de grandes fractures:

1 - les failles méridiennes:

Elles correspondent essentiellement à des mouvements verticaux (horst et graben) en période de détente tectonique, mais pourraient avoir joué aussi en cisaillement horizontal.

Actuellement, elles sont discontinues à la suite de décalages postérieurs par des accidents transverses. On est frappé par leur densité au niveau du socle cristallin où elles correspondent souvent aux limites de formations différentes, adoptant un caractère chevauchant à la suite de poussées ultérieures.

Ces failles méridiennes datent très certainement de l'orogénèse hercynienne, car c'est un réseau identique qui limite le sillon houiller du Massif Central, l'effondrement de la vallée du Rhin.

- faille bordière ouest du massif d'Allevard
- faille du graben houiller
- faille de l'effondrement permien
- faille du Bréda

2 - Les failles E-W:

Dans le réseau de fractures E-W, il semble se dégager deux temps de fracturation, le deuxième temps représentant simplement des réajustements.

Les plus anciennes fractures E-W (N 80°E) très nettes dans le socle cristallin, n'ont pas eu d'effets très marqués dans la couverture sédimentaire et semblent

contemporaine de l'orogénèse hercynienne. Il est à noter que les plus vieux filons de sidérite d'Allevard se sont mis en place dans des failles de même direction (ex. Montagne du Collet).

Les failles E-W (N 110°E) les plus récentes recoupent transversalement le massif de la Chartreuse, et on les suit encore à travers Belledonne à l'est duquel elles s'infléchissent vers le sud. Elles semblent abaisser leur lèvre nord et soulever leur lèvre sud au cours de mouvements de détente et de réajustements.

- faille de St Pierre d'Entremont
- faille de St Pierre de Chartreuse

3 - Les failles NE-SW :

Une cartographie précise de ces directions de faille montre:

- un réseau N 40° E
- un réseau N 60° E

Beaucoup mieux marquée dans la couverture mésozoïque que dans les formations du rameau externe, la direction N 60°E pourrait être très ancienne si l'on admet que la faille du Cheylas a déjà affecté le Houiller du Gd Collet au Stéphanien moyen. Mais ces accidents ont du rejouer plus tardivement car leur rôle apparaît fondamental dans la chaîne de Belledonne pour expliquer d'une part l'évolution des accidents longitudinaux et d'autre part la translation vers l'est (du sud vers le nord) de la zone cristalline axiale, compartiment par compartiment.

- faille de la Rochette
- faille du Cheylas
- faille de Fond de France

Le synclinal médian appartient au réseau N 40°E, ancien puisqu'on y retrouve du Houiller pincé mais qui a rejoué postérieurement expliquant la présence de Trias et de Lias. Ainsi au début de l'orogénèse alpine, ce synclinal médian était déjà prédéterminé par la tectonique hercynienne.

4 - Les failles NW-SE :

Les directions N 140°E sont beaucoup plus marquées dans les massifs voisins (Chartreuse, Bauges, Jura) mais entaillent profondément les micaschistes jusqu'aux granites centraux. Elles ne correspondent cependant dans le détail qu'à des accidents locaux. Les filons de sidérite du chaînon Gd Rocher-Allevard suivent cette direction.

- faille du Bréda
- faille du Buisson
- faille du Bens

Nous étudierons les structures tectoniques à partir des anciennes lignes paléogéographiques qui permettent de distinguer schématiquement d'ouest en est 4 grands ensembles, de la vallée du Grésivaudan jusqu'à l'axe de la chaîne:

- l'anticlinal bajocien de Bramefarine et le synclinal aalénien des vallées de Theys et d'Allevard
- la zone anticlinale Gd Rocher-Allevard
- la zone déprimée Gd Collet-Prodins-La Table
- la zone anticlinale axiale.

Chapitre II - BORDURE OCCIDENTALE DE BELLEDONNE ET ESQUISSE STRUCTURALE DU FLANC EST DU SYNCLINAL D'ALLEVARD -

A/ BORDURE OCCIDENTALE DE BELLEDONNE :

Toutes les mesures et observations collectées dans les formations jurassiques (Bajocien inférieur et moyen) de la bordure occidentale de Belledonne (collines bordières) traduisent l'importance des effets de socle sur la couverture sédimentaire. Le style tectonique se modifie progressivement du sud au nord.

- dans la région de Mens, la stratification du Jurassique à tendance à se mouler sur les massifs cristallins.

- entre Monestier et Vif, la stratification reste régulièrement pentée vers l'ouest.

- entre Grenoble et Goncelin, elle dessine une voussure d'amplitude faible déversée légèrement vers l'ouest ou le nord-ouest, de direction N 30°E, à schistosité de plan axial.

- vers le nord, ce mouvement s'accroît et dans le chaînon de Bramefarine la structure devient plus plissée avec des plis isoclinaux déversés vers le nord-ouest, à schistosité moyenne N 25°E - 20°NE.

- à partir d'Albertville, ces plissements, toujours déversés vers le nord-ouest, s'accroissent et évoluent progressivement en plis couchés à recouvrement important au niveau de l'Arve.

B/ SYNCLINAL D'ALLEVARD :

En arrière des collines bordant le Grésivaudan, une gouttière longitudinale est creusée dans le Lias supérieur (Aalénien), le synclinal d'Allevard apparaît dissymétrique; cette dissymétrie s'affirme par l'existence d'un flanc ouest (Bajocien) bien développé (Bramefarine) et accidenté de nombreux replis secondaires déversés vers le NW, isoclinaux, de plan axial peu incliné vers l'est dont l'axe montre une plongée constante de 10° à 30°NE.

Le flanc est se montre très réduit: le Lias schisteux et le Dogger, à pendage SE, sont recouverts en discordance par le Lias calcaire (Aalénien) plongeant vers le NW (coupe Buisson, coupe du Bréda, Pl.23). Le contact anormal qui sépare le Lias calcaire (N 45°E - 50°NW) du Lias schisteux N 40°E - 30°SE) n'est pas localisable au Col de Barioz, mais passe sur la route de Montouvrard, la rive droite du Bréda...

Ce contact (niveau de décollement permettant au Bajocien de Bramefarine de glisser et de se replisser) sépare un Lias autochtone à pendage SE, d'un Lias allochtone penté vers l'ouest et qui forme le vrai flanc est du synclinal d'Allevard.

Ce Lias autochtone, peu incliné vers l'est, bute contre le Trias vertical ou à pendage NW, tout au long de la bordure est de ce synclinal, par l'intermédiaire de failles: col du Barioz, faille N 20°E, avec effondrement du panneau ouest (le Sinémurien affronte le Trias).

En schéma général, le flanc est du synclinal d'Allevard, généralement incliné vers le NW, se redresse à partir de St Pierre d'Allevard, se renverse au nord d'Allevard, se couche au niveau de la Chapelle du Bard (coupe du Bard Pl.24) puis redevient franchement ouvert au nord de la Rochette. Il faudrait d'ailleurs invoquer plutôt des failles chevauchantes qu'un chevauchement au sens où on l'entend généralement.

Les grès autuno-permiens et les micaschistes du socle participent à cette structure chevauchante:

- galerie EDF (St Pierre d'Allevard) : grès : N 20°E - 45°NW
schistes : N 20°E - verticaux

Le contact socle-grès est tectonique; une faille N 40°E verticale remonte le panneau est (Pl. 25).

- torrent du Bréda : schistes : N 10°E - 80°NW
grès : N 20°E - 45°NW

- torrent du Buisson : schistes : N 30°E - 60°SE
grès : N 45°E - 70°NW

La formation du synclinal d'Allevard est donc liée aux mouvements verticaux du socle, qui ont présidé lors de l'orogénèse alpine à la surrection des massifs cristallins externes. Ce soulèvement apparaît sous la forme d'une importante zone de fracture verticale ou légèrement chevauchante, N 20°E, à fort pendage SE. Dans le Jurassique des collines bordières, les fractures N 20°E abaissent généralement les compartiments ouest vers la vallée du Grésivaudan.

Cette grande fracture subméridienne a ensuite été remobilisée par des failles transverses NE-SW qui ont accentué le mouvement chevauchant dans les terrains plastiques, ce mouvement devenant cassant dans les schistes du socle avec décalage des différents panneaux vers le NE.

Cette gouttière synclinale est aussi traversée par 2 grandes fractures N 110°E très certainement subverticales.

- faille de St Pierre d'Entremont :

Elle recoupe transversalement la Chartreuse entre les Echelles et Ste Marie d'Alloix, puis le massif de Belledonne, par St Pierre d'Allevard, Pinsot, le Col du Merlet et suit la vallée de l'Arc entre St Jean et St Michel de Maurienne. Au niveau de Sailles, le synclinal d'Allevard présente une terminaison périclinale à la suite d'un mouvement vertical ascendant du compartiment sud.

- faille de St Pierre de Chartreuse :

Rigoureusement parallèle à la précédente, elle se suit depuis Charavines, St Pierre de Chartreuse, par Theys, Fond de France, le Col du Glandon, le torrent de l'Arvan.

Chapitre III - LA ZONE ANTICLINALE GD ROCHER-ALLEVARD:

Le chaînon Gd Rocher-Allevard, séparé de l'axe granitique de Belledonne par la vallée du Bréda, représente une unité morphologique qui a dû demeurer relativement stable au Houiller et au Stéphanién supérieur car sa couverture sédimentaire commence à l'Autuno-permien et repose en discordance sur le socle de mica-schistes.

1°/ Au sud du Crêt du Poulet affleure un placage de grès autuno-permiens à pendage NW sur le flanc occidental et horizontal en crête. Sur le flanc est cette couverture sédimentaire est abaissée vers la vallée du Bréda par un réseau de failles N 40°E, à pendage SE, en escaliers.

Quand on parcourt la crête (axe NS) du Crêt du Poulet au Col du Merdaret on s'aperçoit que celle-ci est découpée par toute une série de ressauts WNW-ESE. Ainsi au Crêt Luisard (1800m), à 100m au-dessous du Gd Rocher affleurent les schistes lie de vin de la partie supérieure des grès d'Allevard.

La couverture est donc divisée en blocs de plus en plus élevés en allant du nord vers le sud, les blocs méridionaux étant aussi décalés vers l'ouest.

2°/ Au nord du Crêt du Poulet, les grès autuno-permiens disparaissent en crête au profit des micaschistes, la couverture sédimentaire ne recouvrant plus que le flanc ouest.

Le contact socle-sédimentaire se fait par failles N 20°E, qui montrent une contraction perpendiculaire à leur plan et un mouvement cisailant vertical important. Leur fonctionnement traduit un enfoncement dissymétrique de la couverture sédimentaire vers l'ouest par rapport au socle.

Postérieurement des failles N 50° à N 70° fonctionnent généralement en décrochements dextres et décalent aussi les failles méridiennes.

3°/ Au niveau du Crêt du Poulet, un grand accident N 70°E semble marquer la limite d'extension nord des grès autuno-permiens, puis il se poursuit par la Ferrière, où il interrompt vers le nord le petit synclinal mésozoïque de la Ferrière, puis s'enfonce dans l'axe granitique de Belledonne.

Dans sa moitié nord, ce chaînon regroupe la majorité des filons sidéritiques du massif d'Allevard.

Chapitre IV - LA ZONE EFFONDREE MONTMAYEN-GD COLLET-PRODINS-ARVILLARD :

Cette zone effondrée comprend 2 ensembles superposés au niveau du Gd Collet:

- le graben houiller
- le graben stéphanien supérieur

Nous avons déjà évoqué (page 59 du chapitre tectonique) la structure d'ensemble du graben houiller qui dans la montagne du collet apparaît sous forme de blocs monoclinaux NS, décalés par des failles N 50° à N 70°E.

Dans la vallée du Veyton, à Pretermont les couches présentent un litage moyen N 45°E - 40°SE. Le contact avec le socle se fait par faille.

Les couches du Houiller de Prétermont descendent jusqu'en rive droite du Veyton sans réapparaître sur l'autre rive. Elles sont vraisemblablement décalées du Houiller de Mont Mayen par une faille N 110°E parallèle à celle de St Pierre d'Entremont .

A Mt Mayen la série présente une orientation N 20°E à N 45° à pendage variable SE.

Dans la vallée du Bens (fond du graben houiller) les affleurements possèdent une structure synclinale.

Bordés à l'est par un grand accident N20°E, pendage SE, qui les met tantôt en contact avec le socle, tantôt avec le Houiller, les grès de la montagne du Collet (Stéphanien supérieur) sont conservés dans un second graben effondré vers l'est et surimposé à celui du Houiller.

Dans la coupe naturelle du Veyton, les couches présentent un pendage uniforme de 30 à 40°SE passant à 60°SE dans la région du Pas du Boeuf (à l'est) où se situe la partie la plus profonde du graben.

Au nord (vallée du Veyton, affleurement de la Racine), les grès sont constitués de niveaux pélitiques à fissilité marquée, dirigés vers le NW, tandis que les polarités du Houiller qui leur fait suite sont SE. Le joint tectonique, responsable de la structure actuelle du Houiller, a donc rejoué ultérieurement.

En surface les grès d'Allevard sont affectés de replis anticlinaux et synclinaux dont les axes sont orientés N 40° à N 50°E.

Les mieux individualisés sont le synclinal de Fontaineterre, à coeur triasique, le bombement anticlinal du Gd Collet suivi du synclinal du Col de l'Occiput également à coeur triasique.

Mais ces structures présentent un caractère mineur comparées aux rôles des accidents cassants qui s'orientent suivant 3 directions principales:

- les accidents NNE-SSW :

Le rejet final de ce type d'accident aboutit à la surélévation du compartiment est, par rapport au compartiment ouest. L'accident le plus important est celui qui provoque (par une double fracture) le chevauchement du compartiment des Plagnes (socle) sur les grès d'Allevard. Ces accidents sont très denses dans le socle de la montagne du Collet.

- les accidents NE-SW (N40° à N 70°E):

Très nombreux, ils semblent responsables des décrochements du graben houiller entre le Mont Mayen et la Table. Ce sont aussi des accidents de même direction qui affectent toute la bordure occidentale de Belledonne.

- les accidents EW:

Ils deviennent très denses dans le socle au nord du torrent du Bens. Le plus caractéristique est celui qui suit le cours du Joudron et décale le graben houiller dans un mouvement dextre.

Les plus vieux filons de la montagne du Collet ont été mis en place dans des failles de même direction.

- les accidents N 140°E:

Ils marquent fortement la morphologie (torrents Bréda-Gleyzin, Veyton) mais leurs conséquences semblent réduites à des mouvements verticaux.

On observe ainsi une rotation des lignes tectoniques au cours des temps:

- NS et EW à l'Hercynien
- N 20°E au Permien
- N 50°E à l'Alpin

Chapitre V - LA ZONE ANTICLINALE AXIALE :

L'interprétation de la structure longitudinale de la chaîne de Belledonne est assez complexe.

Le déplacement vers l'est de la zone cristalline axiale, de plus en plus marqué du sud vers le nord, montre que la direction primitive de la chaîne de Belledonne devait être assez différente de ce qu'elle est actuellement.

Ceci peut être dû, à la mise en place des granites suivant une direction oblique par rapport aux structures originelles de la chaîne, mais très certainement à une translation vers l'est, élément par élément de l'axe granitique le long d'accidents transverses (N 50 à 70°E). Ces translations s'accompagnent de la disparition du flanc ouest de l'anticlinal (dans lequel se sont mis en place les granites) par exagération de son déversement sur le synclinal de micaschistes qui forme le rameau externe de la chaîne.

Ces décrochements expliquent aussi les décalages entre les massifs granitiques de Livet, Sept Laux, Gd Charnier, St Colomban...

Les grandes fractures N 110° à N 140° qui traversent cette zone axiale ne correspondent certainement qu'à des réajustements de blocs en période de détente tectonique.

Chapitre VI - CONCLUSIONS: GITES METALLIFERES ET TECTONIQUE LINEAMENTAIRE :

L'allongement général du massif de Belledonne (NE-SW) laisse prévoir l'influence prépondérante de la direction N 50°E:

- affleurements des axes granitiques
- direction des unités lithologiques majeures
- synclinal médian
- anomalies magnétiques..

Les directions transverses (N 140°E ou armoricaine) sont moins apparentes bien qu'elles entaillent profondément la série satinée jusqu'au niveau des granites centraux (vallées du Gleyzin, du Veyton, du Bens), certaines se prolongeant à travers Bauges et Chartreuse jusqu'au Jura.

F. Carme (1971) relie le réseau des fractures majeures et les formations pétrographiques de Belledonne et des Cévennes en distinguant:

- les accidents type sillon houiller (NS à N 30°E)
- le système conjugué de type cévenol (N 50°E et N 170°E)

Les travaux récents tendent de plus en plus à faire jouer un rôle important et déterminant dans les déformations alpines aux grandes fractures N 50°E de toute la bordure orientale du Massif Central, dont les prolongements NE atteignent les massifs cristallins externes, les prolongements SW affectant l'extrémité orientale des Pyrénées (M. Mattauer 1972).

Le bâti cristallin est ainsi découpé en blocs, plus ou moins soulevés le long de fractures NE-SW avec une certaine dissymétrie:

- soulèvement des compartiments NW
- soulèvement des compartiments SE

Ces blocs découpés dans le socle, jouent alors le rôle de môles plus rigides entre lesquels la couverture continue de se plisser; ainsi beaucoup des effets morphotectoniques de surface ne sont que des effets secondaires de ces fractures du socle.

Ce n'est qu'à l'aide de telles structures (NE-SW) que l'on peut relier les filons sidéritiques de St Georges d'Hurtières, Allevard, et de la bordure est du Massif Central (Alès, La Voulte).

1/ RELATIONS ENTRE MORPHOLOGIE ET MANIFESTATIONS PROFONDES :

On peut difficilement nier sur le vu de la carte jointe (1/500 000) ou d'après des photos de cartes en relief, ou mieux de photos satellites, l'existence de liaisons structurales étroites entre les directions de rivières et leurs changements brusques d'orientation, les directions de ligne de crête et leurs flexures brutales, les alignements de cols, de lacs et de vallées qui restent étonnamment constants, malgré le franchissement à maintes reprises de reliefs obliques.

Quand il apparaît que ces structures rectilignes sont soulignées de façon privilégiée par des minéralisations, le phénomène peut d'une part être interprété comme un reflet de la structure crustale et d'autre part intéresser la recherche minière.

Ch. Lory (1860) invoquait déjà l'action des "forces intérieures" pour expliquer les coupures transversales des Alpes. Les linéaments, puisque tel est le terme consacré, sont le résultat de ces forces.

Ce sont des zones de faiblesse de la croûte terrestre, rectilignes ou peu courbées sur des dizaines de kilomètres, qui, lorsqu'elles sont recouvertes d'une épaisse couverture sédimentaire, ne se traduiront pas obligatoirement par des failles, mais par des phénomènes aussi divers qu'un alignement de volcans, une zone plissée, des décrochements de structures, un épïcêtre de séisme...

Très souvent les linéaments coïncident avec des anomalies du champ magnétique total, sans qu'il soit possible d'affirmer que ces dernières résultent de structures anciennes ou récentes. On pourrait dire, que les montées ignées et les fluides minéralisants auront tendance à s'élever dans ces zones où la croûte est fracturée (ou affaiblie) jusqu'à de grandes profondeurs.

F. Blondel (1938, 1942, 1951 etc..) séparait dans la répartition des gisements minéralisés: - un ensemble de très nombreux facteurs, d'action individuelle très faible,

- des facteurs principaux, d'action individuelle importante, qui devraient permettre de voir apparaître des lois simples de "répartition aléatoire".

Les grands districts miniers se placeraient de préférence sur des intersections tectoniques de "première classe", c'est à dire impliquant 4 directions: on aboutit ainsi à l'idée de noeuds minéralisés.

R.A. Sander admet que le système linéamentaire du globe comprend fondamentalement des cassures orthogonales NE-SW et NW-SE, tandis que P. Hupé montre que le dispositif est plus compliqué et qu'il existe en outre des directions subméridiennes et des directions presque équatoriales; la tendance générale est celle d'un réseau complet à 4 directions.

Il ne fait pas de doute qu'une telle analyse prête à discussion, car le choix des linéaments et de leurs intersections reste sujet au facteur personnel; cependant le tracé des linéaments prend de plus en plus un caractère rigoureux à la suite d'observations de vastes régions par les satellites.

Ces linéaments forment dans les Alpes un double réseau rhéomatique:

N-S et EW

NE-SW et NW-SE

II/ COMMENTAIRES DE LA CARTE AU 1/500 000 (carte hors texte n° 1):

En 1904, De Hollande avait essayé de raccorder les différents accidents d'une région comprenant :

- la bordure occidentale du massif d'Allevard
- les Bauges
- l'extrémité septentrionale de la Chartreuse
- le jura méridional savoisien.

Plus près de nous, C. Kerckhove et P. Antoine (1964) s'interrogent sur la signification des trouées qui séparent Bauges, Bornes, et Chartreuse.

Au nord d'une ligne horizontale Bourg en Bresse-Genève, le Jura, limité à l'ouest par l'affaissement de la plaine de la Saône, à l'est par la plaine molassique suisse, offre une succession de rides d'axes NE-SW, parallèles à l'allongement du massif.

Au sud de cette ligne, les chaînons amorcent une flexure jusqu'au niveau de Chambéry, modifiant ainsi la direction des lignes de crête et des principales dépressions qui deviennent méridiennes.

De nouveau, à partir de Chambéry, la Chartreuse relaye la direction initiale NE-SW des plis jurassiens.

L'ensemble Jura-Chartreuse dessine un S, et cette flexure s'accompagne de plusieurs dépressions transverses NW-SE, morphotectoniques, qui recoupent sans en être affectées, les structures plissées des Bauges.

- cluse de Chambéry
- cluse du Chéran
- cluse d'Annecy

Nous avons représenté sur la carte hors texte n° 1, les principaux axes linéaires ou morphotectoniques (dans un rayon de 50 à 100km autour de Chambéry). Ces linéaments, tirés de l'observation de photos satellites, sont jalonnés de façon préférentielle par des minéralisations, des sources chaudes, des phénomènes volcaniques.

A/ Principaux alignements NE-SW :

- la ligne Béziers-Annecy: délimite au passage la bordure ouest du Vercors et sud-est des Cévennes; elle est soulignée par la zone des gîtes à sidérite-galène-blende-barytine d'Alès, l'or de St Ambroix, le réseau de failles NE-SW des Cévennes, le kaolin de Barbières, Hostun et St Nazaire en Royans..

Cet alignement correspond aussi à la limite d'extension des faciès purbéckiens et récifaux qui recoupe la Chartreuse (la Buisse) et pourrait d'une façon plus générale avoir commandé la répartition des faciès pendant tout le Mésozoïque.

- le sillon Vif-Megève: emprunte la vallée du Grésivaudan, la basse vallée du Gelon, la dépression Albertville-Megève et passe par la Fontaine Ardente (gaz naturel avec CH₄, azote, Hélium) les spilites et les amas de gypse de Champ sur Drac, les filons de sidérite de Vizille ...

- l'alignement Allemont-Chamonix se traduit par une empreinte profonde dans la topographie, et borde à l'est les massifs cristallins externes en empruntant les Cols du Sabot, du Glandon et de la Madeleine. Il est jalonné par les minéralisations d'Allemont, de Nantuel, du Crozat, du Gd Mont, de la région de Chamonix..

- l'accident Moûtiers-St Jean de Maurienne provoque le coude de l'Isère à Moûtiers puis se prolonge vers le sud-ouest par le Doron de Belleville pour rejoindre St Jean de Maurienne, accrochant au passage le fer de Montgirod, le rutile de Moûtiers, les sources chaudes de l'Echaillon, de Salins Moûtiers et de Brides les Bains, le gypse de St Jean de Maurienne, la fluorine du Rocheray...

B/ Les principaux alignements NW-SE :

- la ligne Sisteron-Die passe par les hautes vallées du Buech et de la Drôme, et se poursuit très certainement sur la bordure est du Massif Central jusque dans la région de St Etienne. Les minéralisations de Saléon, Clavellan, Sigottier, La Pierre, les Près sont en relation avec cet accident.

- la ligne St Bonnet-Vienne, parallèle à la précédente, longe la vallée du Drac entre St Bonnet et La Mure, délimitant la bordure sud-ouest du Pelvoux. Elle relie les sources chaudes de St Bonnet et de la Motte les Bains, les gîtes du Pérailler, les épanchements spililitiques de la région de Corps et de la Salette et probablement les minéralisations de la région de Vienne en passant par Corrençon (tremblements de terre 1962-63).

- la cluse de l'Isère sépare très nettement le massif de la Chartreuse du Vercors, et l'Isère fait un coude brutal à Grenoble pour l'emprunter. On trouve tout au long de cet accident la source thermale de l'Echaillon, les nappes bitumineuses de la Porte de France, l'anomalie magnétique positive de Fontaine...

- la vallée du Rhône: entre Ambérieu et les Echelles, le Rhône puis le Guiers délimitent la bordure sud-ouest du Jura; le long de cette ligne on signale la source sulfatée et bicarbonatée de la Gadinière, les gîtes de fer de Vaux, St Sorlin Villebois, la source thermale de St Pierre d'Entremont ...

- la dépression du lac du Bourget: cet accident apparaît depuis la flexure du Jura, un peu à l'ouest de la montagne du Gd Colombier, puis se dirige par le Col du Chat, Chambéry, Allevard, les torrents du Bréda et du Gleyzin, le long d'une anomalie magnétique (voir page 71).

- la vallée du Chéran: son interprétation comme fracture du socle fut vivement critiquée par Lugeon (1900) mais elle est morphologiquement évidente de Seyssels au Gd Pic de la Lauzière sur plus de 80km; elle s'accompagne de phénomènes accessoires difficilement explicables si l'on n'admet pas le passage d'un linéament à cet endroit: les calcaires bitumineux de la région d'Orbagnoux, les sources salées de Sales, la vallée du Chéran (où Dolomieu et Hericart de Thury trouvèrent des pépites d'or, de la magnétite) le marbre de Grézy-sur-Isère, le mouvement tectonique complexe de Roche Torse, le coude brutal de l'Arc à Anguebelle, les micaschistes mylonitiques ou très microplissés de part et d'autre...

- la cluse d'Annecy est certainement le plus bel alignement depuis la flexure du Jura à Bellegarde jusqu'en Vanoise: il suit l'axe du chaînon de la montagne de la Vuache, les amas ferrugineux de Duingt et du château d'Annecy, le coude de l'Isère entre Albertville et la Bathie.

C/ Les principaux alignements N-S:

- la ligne Die-Rencurel n'est soulignée par aucune minéralisation connue mais elle traverse très nettement le Vercors par le Col du Rousset, la vallée de la Vernaison, le vallon de Rencurel jusqu'à l'Isère.

- la ligne Corps-La Rochette: ce grand alignement passe par les spilites de Corps et de la Salette, la vallée de la Malsanne, le Col d'Ornon, les minéralisations d'Oulles, d'Allemont, d'Articol, la vallée de l'Eau d'Olle, du Bréda, les gîtes minéralisés de la Ferrière et de la montagne du Collet. Cet alignement semble se poursuivre jusque dans les Bauges.

D/ Les principaux alignements E-W:

- la ligne Tournon-Col du Lautaret joint les minéralisations de la région de Tournon (bordure est du Massif Central) à celle de Vizille, du Gd Clot et du Col du Lautaret, en traversant le Vercors le long des gorges de la Bourne, forme la faille du Taillefer, puis suit la vallée de la Romanche entre le lac du Chambon et le Lautaret.

- la ligne Voiron-Beaurepaire séparant le plateau de Chambarran des Terres Froides.

III/ MASSIF DE BELLEDONNE :

Caractères magnétiques majeurs dans le massif de Belledonne :

La plus importante anomalie magnétique positive des massifs cristallins externes correspond au massif de Belledonne; allongée dans sa partie méridionale selon une direction NNE-SSW, elle s'incurve vers le NE dans sa partie septentrionale (Pl. 27 page 71).

Son extrémité sud est marquée en affleurements par les roches basiques et ultra basiques de Chamrousse, les filons carbonatés et cuivreux de Vizille, le musée minéralogique des Chalanches, les chromites de Chamrousse.

Cette lentille de roches basiques (30km sur 5) disparaît vers le NE tandis que l'anomalie magnétique se poursuit jusqu'à l'Arc et englobe entre temps le granite des Sept Laux, les amphibolites qui le bordent, le granite de St Colombar; elle se retrécit brutalement au niveau de l'Arc et seule une digitation souligne le prolongement de l'accident de Fond de France jusqu'à l'Isère. Plus au nord cette anomalie s'estompe.

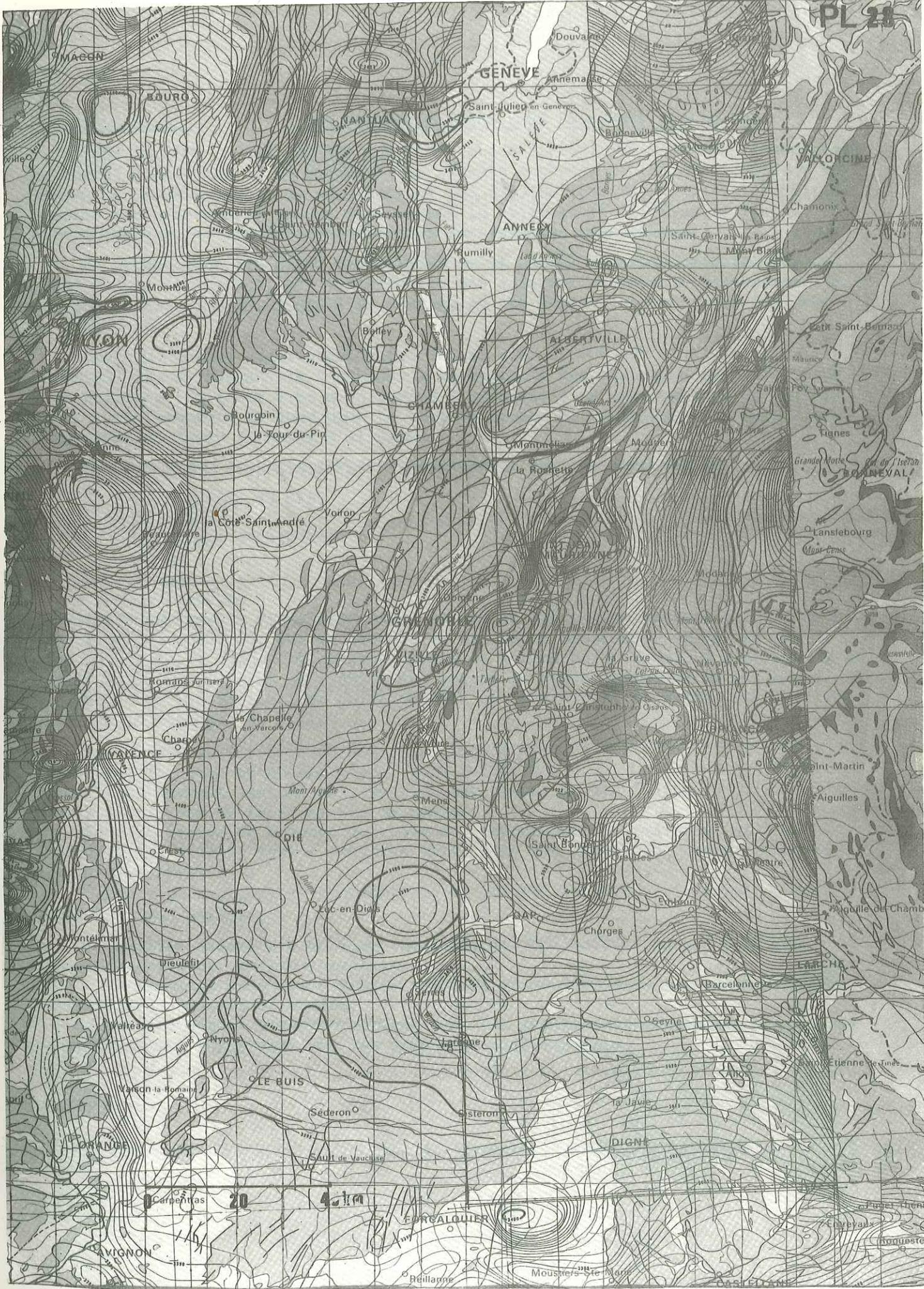
Le fait qu'une anomalie magnétique de cette importance se manifeste en surface par des roches basiques aussi bien que par des roches acides (granite) traduit une profondeur d'investigation importante et pose le problème des liens génétiques entre ces 2 types de roches. C. Bordet affirmait dans sa thèse la parenté du granite de la Lauzière, d'Epierre, et des autres roches de la série verte essentiellement basiques.

Cette hypothèse se retrouve confirmée dans les gisements porphyriques de cuivre: intrusions subvolcaniques acides entourées de venues volcaniques plus basiques, montées à la faveur des mêmes fractures, à partir d'un même magma (?), mais à des époques différentes.

Une autre anomalie magnétique, négative celle là, de direction NW-SE recoupe obliquement la précédente anomalie positive suivant une ligne Chambéry-Pontcharra, Allevard, Col du Glandon. Nous serions tentés de l'assimiler à une fracture profonde du socle .

- elle correspond dans la morphologie actuelle à la trouée de Chambéry;
- elle s'atténue vers le NW en s'enfonçant sous l'épais manteau sédimentaire du Jura méridional;

- elle est soulignée par les amas oolithiques ferrugineux du Mont du Chat, la source thermale chaude d'Aix les Bains (47°), l'une des plus abondantes de France (3030 m³/j)-contenant en solution gazeuse de l'hélium, des gaz rares et de l'azote- les sources thermales de Challes et d'Allevard (16°), les tremblements de terre du Granier (24/11/1248) et d'Allevard (1793), le champ filonien de la Taillat .



20 4 1/4

FORCALQUIER

VIGNON

Béllanne

Mousnier

SAINT-ÉTIENNE

Troisième partie : LES TRAVAUX MINIERS DANS LE MASSIF D'ALLEVARD :

Dans la série métamorphique monotone (micaschistes) qui constitue l'essentiel du massif d'Allevard et où manquent les niveaux repères, les filons suppléent au manque de stratigraphie, en enregistrant les déformations et permettent de différencier les principales phases tectoniques en distinguant différentes venues minéralisantes, de les dater en fonction des terrains traversés...

La prospection des gîtes minéralisés de ce massif a permis de retrouver un grand nombre de travaux, par tranchées et par galeries, depuis la concession A dite de Plan du Fol au nord, jusqu'à la concession des Hérines au sud, soit sur 18km de long.

Ces concessions étant abandonnées depuis plus de 100 ans (pour les plus récentes) il est impossible d'accéder à la majorité des anciennes galeries (sauf à la Taillat). Ce n'est donc qu'à partir d'archives et d'observations de surface qu'il a été possible de regrouper un certain nombre de renseignements permettant l'approche du champ filonien d'Allevard.

Les anciennes exploitations se répartissent sur les communes de :

- La Chapelle du Bard
- Allevard
- St Pierre d'Allevard
- Theys
- Pinsot
- La Ferrière

principalement sur le flanc nord-ouest et sur la crête d'un chaînon de direction approximative nord-sud, qui se détache de la chaîne principale de Belledonne au nord du Col de la Coche; ce chaînon sépare le vallon de St Pierre d'Allevard de la vallée de la Ferrière et se termine aux gorges du Bréda au-dessus du village d'Allevard. Les minéralisations se retrouvent en rive droite du Bréda, sur le flanc ouest de la Montagne du Collet .

Les filons sont encaissés dans les micaschistes et certains d'entre eux traversent les grès autuno-permiens, mais butent toujours sur le contact Permien-Trias (très souvent tectonique). On retrouve néanmoins des filonnets de sidérite dans les spilites du Trias au Col du Barioz.

Le remplissage se compose de sidérose, accompagnée de sulfures (galène, chalcopryrite, blende, pyrite, cuivres gris) dans une gangue de quartz, calcite, dolomite, ankérite.

Suivant sa couleur, sa composition, sa cristallisation, le minerai de fer prend les noms suivants :

- rive: sidérite à petites lamelles, cristallisation un peu confuse, riche en manganèse, facile à griller,
- maillat: sidérite à grands cristaux rhomboédriques, peu manganésifère, réfractaire, décrépitant au feu,
- mine douce: sidérite altérée dans les parties superficielles des filons et spécialement recherchée par les premières exploitations.

Analyse moyenne des minerais Rive et Maillat :

	Rive (gros à menu)	Maillat	
		gros	menu
Fe	28 à 32 %	30 à 34 %	28 à 32 %
Mn	1,4 %	1,4 %	1,4 %
SiO ₂	17 %	14 %	20 %
CaO	3 %		2 %
MgO	4 à 5 %		6 à 9 %
Al ₂ O ₃	2,5 %		3 %
P	0		0

1°) HISTORIQUE :

C'est à partir des ruines de bas fourneaux, de tranchées, de haldes que l'on a pu retrouver les indices minéralisés. On suit aussi, au cours des âges, l'amélioration des techniques qui permettent au mineur d'aller chercher plus profondément, par des travers-bancs plus longs, un minerai moins riche (moins oxydé) mais plus abondant.

En altitude ou au fond des vallées, près d'anciens déblais d'exploitation (catis), il reste des amas considérables de scories riches en fer, indices de la présence d'anciennes forges.

Gueymard (1844) fait remonter ces exploitations à la domination romaine, car il ne semble pas que les Sarrazins, qui ont longtemps occupé les Hautes-Alpes, se soient suffisamment attardés dans la vallée du Grésivaudan pour y fonder des usines.

Les premiers documents écrits mentionnant l'activité minière datent du onzième siècle: La Ferrière, St Hugon, La Chapelle du Bard y figurent. Les moines de la Chartreuse de St Hugon se sont intéressés, dès la fondation de leur couvent, au onzième siècle, au traitement du minerai de fer. Leurs hauts-fourneaux, soit en France, soit en Savoie, leur permettaient de pallier à des difficultés politiques.

Grâce à l'étude de A. Bouchayer, dans son livre "Les Chartreux, maîtres de forge" nous nous attarderons sur les travaux de ces moines qui furent déterminants pour l'industrie du fer dans notre région et ses environs.

De tous les foyers sidérurgiques des Alpes, seul celui d'Allevard n'était pas encore occupé par les pères en 1170; il avait possédé de tout temps une législation spéciale: n'importe qui pouvait ouvrir une fosse et disposer du fruit de son labeur. Les Chartreux eux-mêmes s'y fournissaient pour satisfaire aux besoins toujours croissants de leur industrie.

En 1170, les Chartreux obtiennent du seigneur Hugues d'Arvillard et de nombreux consorts l'abandon d'un immense désert dans le val de Bens: "Cette vallée tellement agreste, que le jour perce mal, tellement les forêts sont profondes".

Lantelure et quelques frères quittent la maison mère (Gde Chartreuse) pour fonder la Chartreuse de St Hugon (à la mémoire de l'Evêque de Grenoble).

Le noble Barthélémy d'Allevard ayant abandonné tous ses droits, les Chartreux deviennent "coseigneurs activistes" d'Allevard. Grâce aux forêts et aux eaux abondantes du Bens, cette maison devient rapidement la plus riche de l'ordre. Cette abondance devait attirer sur les bénéficiaires des difficultés et des violences continuelles.

L'ancien procédé de traitement du fer avait un rendement faible avant les Chartreux. L'opération se faisait au charbon de bois dans un petit ou bas foyer, construit pour chaque opération dans le sol même de l'usine. Elle se compliquait d'une série de tours de main qui la rendait impénétrable au profane. La décarburation ou affinage, poussée jusqu'au bout, donnait le fer; arrêtée à temps, elle donnait l'acier. Le maître affineur n'obtenait l'acier que si le minerai d'où venait la fonte possédait certains éléments favorables, que rien ne décelait au fondeur (on sait maintenant que ces propriétés étaient dues à la présence de manganèse et de cérium agissant comme puissants agents de désoxydation).

La sidérurgie à 2 temps, fonte au fourneau puis acier ou fer par affinage en bas foyer, va remplacer la pratique à un temps qui produisait le fer directement dans le fourneau.

Pour réaliser la haute température nécessaire à la combinaison du fer et du carbone il a fallu la puissance mécanique accolée au fourneau: la puissance du cours d'eau. Les maîtres affineurs utiliseront l'air entraîné par la chute d'une colonne d'eau dans un ajutage de forme appropriée (trompe à eau) sorte d'injecteur de grandes proportions dans lequel s'engouffre toute l'eau du torrent.

En 1440, la fabrication de l'acier n'a pas encore pénétré dans le massif d'Alleverd, ce qui donne une idée de la lenteur de diffusion des secrets de fabrication, car depuis 200 ans les aciéries à l'entour (Vizille, Rives) tournent avec du fer ou du minerai d'Alleverd. Ce n'est qu'en 1478 que sera fabriqué l'acier dans le pays d'Alleverd.

Pendant les guerres de religion (1562-1600) le désordre règne à St Hugon, le couvent est pillé, puis la France connaît une période de crise économique -baisse de la valeur du fer de 4 à 1 - diminution des salaires de moitié; le pays las de tant d'années de guerre civile rentre enfin le fer au fourneau.

Au 17^{ème} siècle, les Chartreux ayant retrouvé la sécurité, obtiennent par lettre patente du 25.04.1663 la concession générale de toutes les mines d'or, d'argent et de cuivre dans le périmètre de la Chartreuse de St Hugon.

A partir de 1650, les Chartreux tirent leur minerai des localités de Plan du Fol, Les Envers, Le Mollet, et utilisent un nouveau haut fourneau à bois.

En 1700, commence la dernière période de l'activité monacale car les ordonnances royales limitent les coupes de bois; malgré l'achat de la mine de charbon de Pommiers, la concurrence des aciers suédois, espagnols et russes précipitent ce déclin.

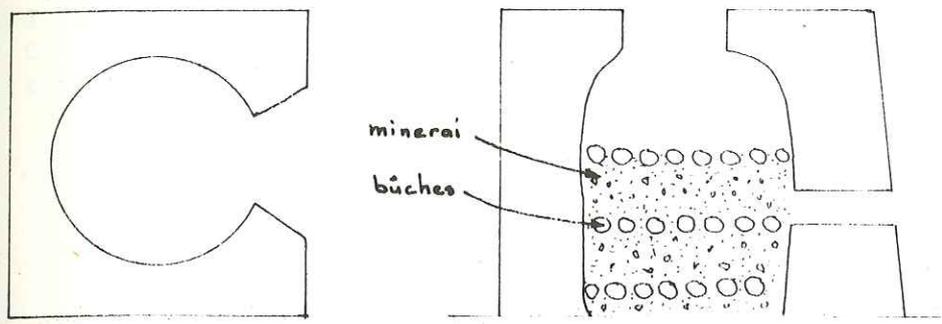
Mais là ne se termine pas l'histoire des mines d'Alleverd, car les anciennes exploitations n'avaient utilisé que la mine douce, en suivant des boyaux irréguliers dans la masse de la sidérite ou dans les salbandes, abandonnant les autres types de minerai impropres à la consommation.

Ces travaux, antérieurs à la poudre, étaient commencés à la surface de la montagne et descendaient dans le filon par des galeries à contre pente ou des puits inclinés. On battait en retraite quand on était inquiet par les eaux.

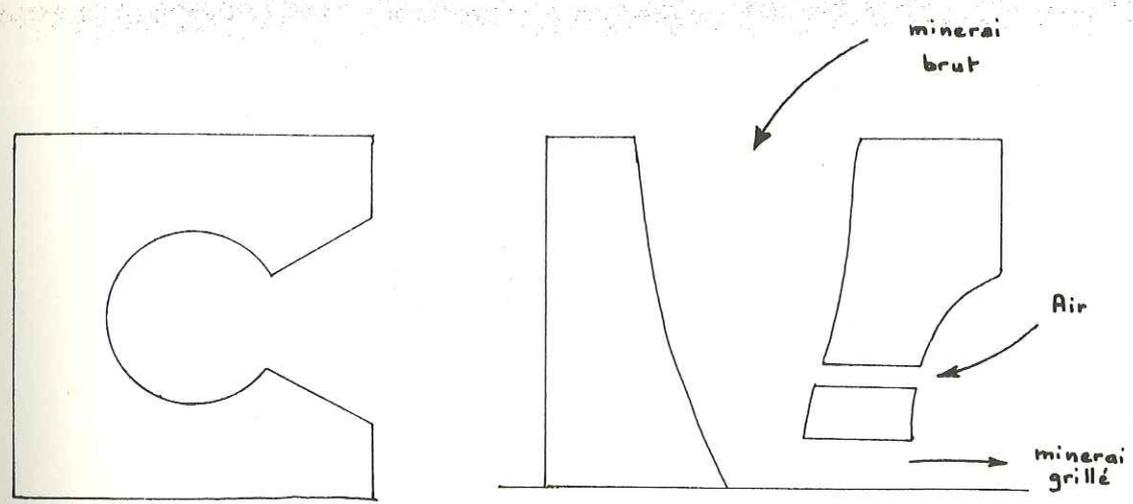
Dès 1812, la région d'Alleverd est découpée en 12 permis dont le nombre passera à 25.

Entre 1842 et 1847, les concessions sont acquises par M. Charrière et C^o, propriétaires des forges d'Alleverd, qui exploiteront principalement La Taillat (concession J) à raison de 8 à 10 000 tonnes par an.

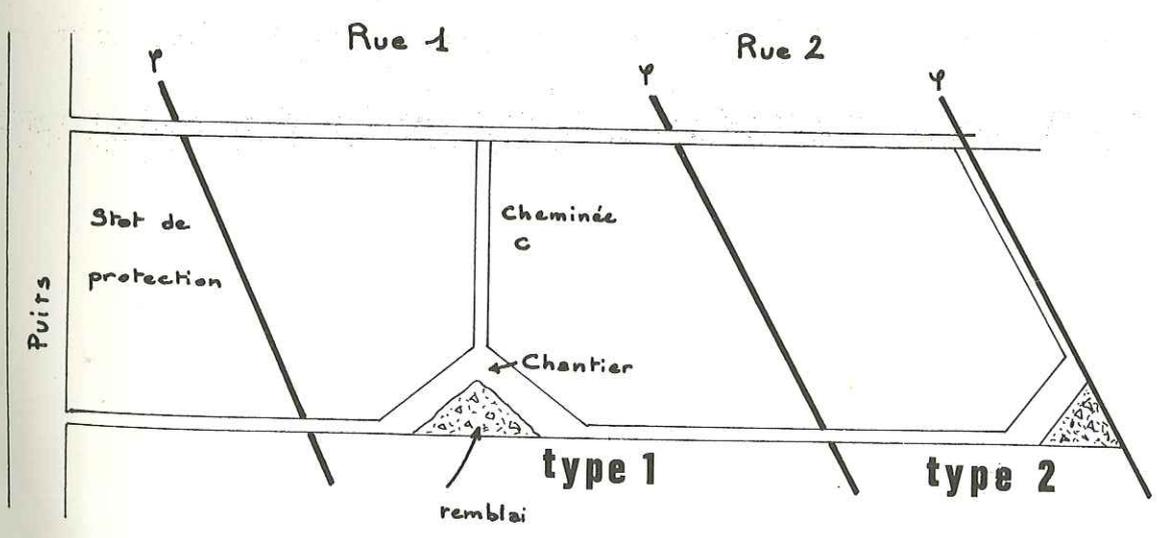
En 1874, le Creusot achète tous les droits, ferme les petites mines et porte son effort sur La Taillat avec 1 million de tonnes de minerai en 20 ans à environ 30 % de fer.



COUPE D'UN FOUR EN 1814



COUPE DES FOURS DE St HUGON
(1829-1835)



METHODE D'EXPLOITATION - PROFIL EN LONG

En 1881, M. Schneider et C^o réunissent les concessions et à l'expiration de leur contrat en 1899, c'est la Société Pinat et C^o qui exploitera jusqu'en 1929, date à laquelle fermeront définitivement les mines d'Allevard à la suite de la concurrence des minerais de fer lorrains.

Production des mines de fer de la région d' Allevard

1814	:	2287 tonnes par an
1830	:	4500
1867	:	7000
1873	:	15000
1882	:	48000
1885	:	55000
1887	:	37000
1889	:	44000
1897	:	15000
1908	:	6500
1909	:	8200

PLAN D'ENSEMBLE
DES CONCESSIONS

0 400 800

N

Vers Goncelin

ALLEYARD

C

A

B

S

Torges
Rochasse

R^e Veyton

R

E

U

G

F

H

La Taillet

J

PINSOT

R^e Gleyzin

Le Breda

R^e Salin

L

M

X

Z

R^e Barbas

N

ligne de crête

O

LA FERRIERE

P

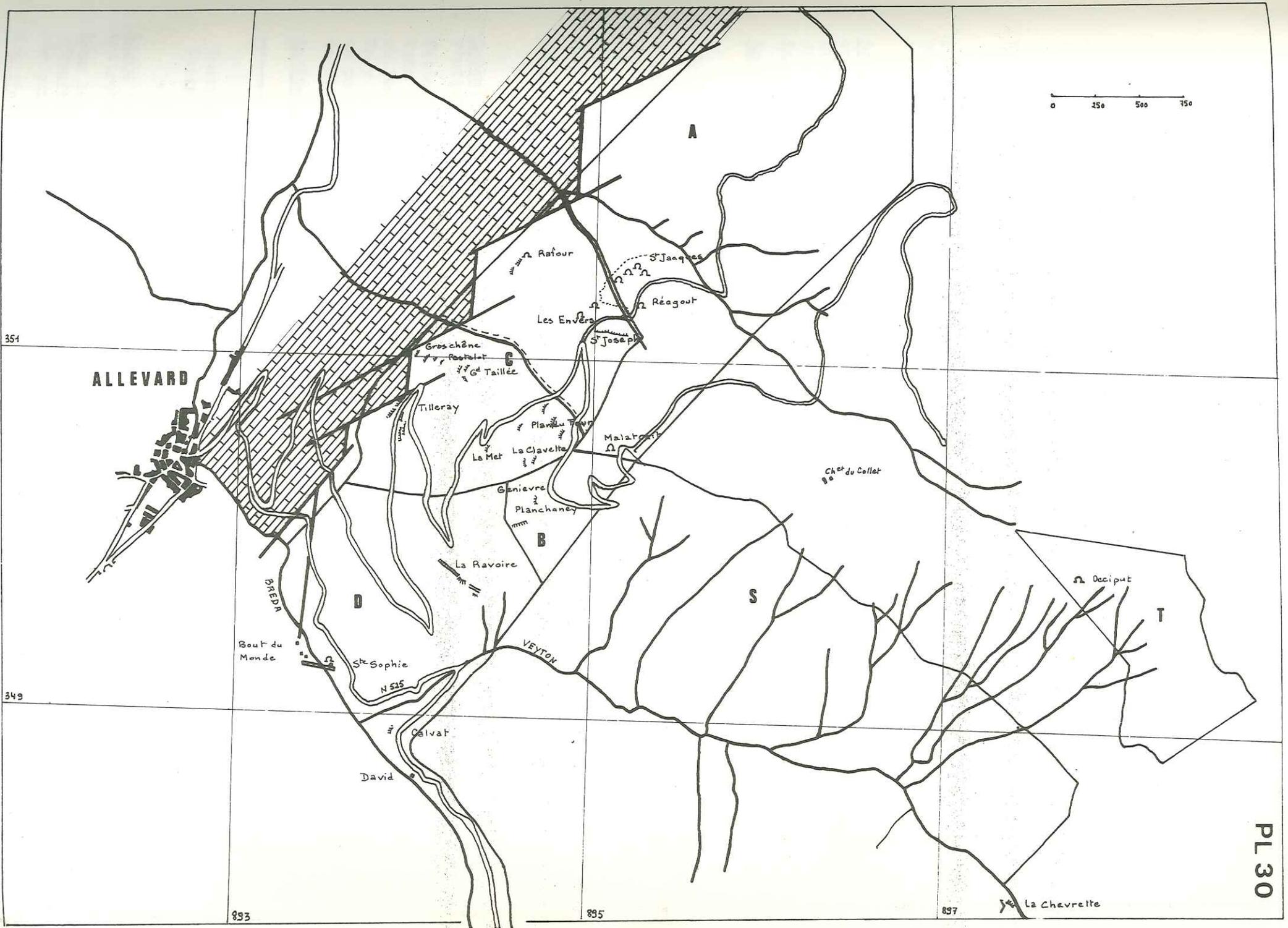
Y

Pierre Roubey

Lyatel

Q

CONCESSION		COMMUNES	DUREE D'EXPLOITATION
Plan du Fol	A	La Chapelle du Bard et Allevard	1817 - 1852
Planchenay	B	Allevard	1817 - 1861
Les Envers	C	Allevard	1817 - 1864 à 1868
La Ravoire	D	Allevard	1817 - 1864
Etellier	E	Allevard	1817 - ?
Combe Noire	F	Pinsot	1817 - ?
Rossignon	G	Allevard-Pinsot	1817 - 1867
Le Gd Champ	H	Pinsot	1817 - 1861
La Taillat	J	Allevard-Pinsot La Ferrière	1817 - 1931
Le Fayard	K	Pinsot	1817 - 1861
Croix Reculet	L	St Pierre d'Allevard	1817 - 1896
Les Tavernes	M	St Pierre d'Allevard	1817 - 1862
Paturel	N	St Pierre d'Allevard	1817 - 1861
Genivelle	O	St Pierre d'Allevard	1817 - 1868
Girodet	P	St Pierre d'Allevard	1825 - 1858
Les Violettes	Q	La Ferrière -St Pierre	1826 - 1826
Preternont	S	Allevard	1827 - 1858
L'Occiput		Allevard	1827 - 1927
Le Bout		Pinsot-La Ferrière	? - 1830
Le Veyton	U		? - 1875
Le Merle	Y	Theys	1832 - 1898
La Feuillette	X	Theys	1833 - 1875
La Pioulaz	Z	Theys	1833 - 1854
Gd Gorgeat		Theys	1849 - 1879
Cul Plumé	R	Theys	1829 - 1854
Le Lyatel		Theys	1856 - 1870
Pierre Roubey		Theys	? -
La Rochasse		Theys	1827 - 1836
Gd Essart		Theys	? - 1873
Les Hérines		Theys	1861 - 1874



ALLEVARD

354

349

893

895

897

PL 30

La Chevette

2°) LES DIFFERENTES CONCESSIONS ET LEURS INDICES MINERALISES : (carte hors texte n° 2)

De 1817 à 1850, 24 concessions se sont partagées le territoire minéralisé de la région d'Allevard. La plupart des travaux n'existent plus qu'à l'état de tranchées envahies par la végétation et de haldes perdues en forêt.

Les différentes analyses de sidérite sont consignées dans les tableaux pages 84- 110- 115.

A/ CONCESSION DE PLAN DU FOL (A)

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 315 hectares

- FILON DE ST JACQUES : $x = 895,25$ $y = 351,25$ $z = 1120$

Accès: un sentier forestier abandonné, conduit à la plate-forme de la galerie aujourd'hui éboulée; on retrouve dans les haldes des blocs de sidérite avec quartz et pyrite cuivreuse provenant d'un filon de rive blanc de 0,9m de puissance mais de direction et pendage inconnus.

Les travaux furent irréguliers et d'un résultat médiocre.

Analyses : n° 74 et 47

- FILON DE MALATRAIT : $x = 895,12$ $y = 350,45$ $z = 1400$

Accès: les travaux sont en contrebas du tournant coté 1424 de la route Allevard-Collet.

C'est des plus anciens du pays d'Allevard (exploité par les Chartreux) et abandonné à cause de la pyrite cuivreuse; il semble recouper à angle droit l'arête de la montagne. La galerie était profonde (194m) à pente inverse, avec des venues d'eau: le filon de rive noir, d'une puissance de 1,4m direction N 50°E à N 80°E, vertical, contenait de la sidérite et des traces de pyrite cuivreuse.

Analyses : n° 5 et 53

- FILON DU REAGOUT : $x = 895,25$ $y = 351,27$ $z = 1240$

Accès : sur le talus supérieur de la route forestière de Beauvoir à quelques centaines de mètres du carrefour coté 1200 avec la route Allevard-Le Collet.

Cette fosse communiquait avec St Joseph pour l'écoulement des eaux. Le travers-banc avait été creusé dans une roche très dure et très quartzreuse (micaschistes) où les venues d'eaux étaient abondantes.

On y avait exploité un rive contenant en abondance des cuivres sulfurés ainsi qu'un petit maillat peu productif; jusqu'à la fermeture en 1833 on a extrait 112 tonnes de minerai.

Analyses : n° 12 et 46

B/ CONCESSION PLANCHANEY (B)

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 28 hectares

- FILON GENIEVRE $x = 894,75$ $y = 350,20$ $z = 1290$

Accès : facilement accessible par la route Allevard-Gd Collet, les travaux sont en contrebas de la nationale.

Dans les haldes on ne trouve plus que de gros blocs de quartz blanc. L'exploitation offrait, par une galerie à pente inverse, un filon de rive de direction E-W et d'une puissance de 0,8m.

Pas d'analyse

- FILON GOURON : $x = 894,25$ $y = 350,20$ $z = 1310$

Les seuls restes visibles sont des haldes avec résidus de fonderie dans le talus de la route avec sidérite et quartz. La fosse Gouron exploitait l'amont pendage du filon de la gosse Genièvre. La pyrite semble abondante.

Pas d'analyse

- FILON PLANCHANEY : $x = 894,57$ $y = 350,05$ $z = 1190$

Il ne reste plus des anciens travaux qu'une vague plate-forme et quelques blocs de quartz.

Ce filon n'a jamais été bien productif et l'on y exploitait un rive très mélangé de quartz, se pinçant très rapidement en profondeur.

En 1832 et 1852, 205 tonnes de minerai de bonne qualité furent extraites de cette concession.

C/ CONCESSION DES ENVERS (C)

Institution : le 15.01.1817

Superficie : 150 hectares

Cette concession fut séparée en Envers Nord et Envers Sud en mars 1858.

A/ NORD :

- FILON DES ENVERS : $x = 895,07$ $y = 351,25$ $z = 1200$ à 1240

Accès : On quitte la route Allevard-Collet au tournant côté 1200m pour suivre la route forestière de Beauvoir. Au début et en contrebas de cette route des haldes sont visibles.

Ces déblais contiennent de la sidérite avec de fins cristaux de quartz, un peu de cuivre gris et de la chalcopryrite parfois abondante. Ici, aussi les sulfures furent cause de l'abandon des travaux.

Le filon de type rive a une puissance de 0,9n, une direction N 80°E, un pendage variable 25° à 70°SE.

Analyse:n° 44

- FILON DE RAFOUR : $x = 894,57$ $y = 351,50$ $z = 970$

Les travaux sont très proches de la surface anté-triasique, avec de nombreux grattages E-W et N 120°E à pendage NE. On n'observe plus en surface que des tas de minerai (sidérite et quartz).

On exploitait jadis un filon de maillat noir et blanc, pur, d'une puissance de 1,2m de direction N 40°E et pendage 15°SE.

Analyse:n° 43

- FILON ST JOSEPH $x = 894,97$ $y = 351,12$ $z = 1170$ à 1180

Cette galerie creusée sous la fosse Paturel n'a trouvé qu'un filon principal avec un grand nombre de ramifications.

Ce filon de rive noir avec taches de pyrite cuivreuse avait une direction N80°E peu régulière, un pendage faible, une puissance de 0,9n. Après un changement brusque dans son inclinaison, il reprend son pendage normal; l'encaissant est fort dur et presque exclusivement quartzeux.

Analyse:n° 45

B/ SUD :

- FILON DU GROS CHENE: x = 894,00 y = 350,96 z = 830 à 900

Accès: tout comme pour les travaux de Gd Taillée - ci-dessus- on accède à ce filon en prenant la route Allevard-Gd Collet jusqu'au virage coté 931, à partir duquel un sentier nous mène sur les plates-formes des anciennes galeries.

En affleurement, on observe des micaschistes bréchiques avec de nombreuses veines (mm ou cm) de sidérite massive.

Le filon, épuisé actuellement, était un rive blanc, de direction N 80°E de 1m de puissance.

Analyses: n° 49 et 21

- FILON DE PLAN DU FOUR: x = 894,75 y = 350,70 z = 1190 à 1250

Accès: les différents grattages se trouvent dans un espace limité par le tournant coté 1200. De grosses haldes sont étagées sur 60m de dénivelé, le minerai est rare, même dans les haldes.

D'après les archives, il semble que cette partie de la montagne appartienne à un vaste éboulement, les mineurs trouvant des blocs de galène épars et sans suite.

Pas d'analyse

- FILON DE LA CLAVETTE : x = 894,70 y = 350,45 z = 120 à 1240

Cette galerie atteignait le sommet des travaux de Plan du Four et on y exploitait un peu de maillat noir de 0,6m de puissance que l'on abandonna à cause de l'abondance des eaux. De plus le filon était sujet à de nombreux étranglements.

Analyse: n° 52

- FILON DE LA MET :

Dans ces travaux non retrouvés, se faisait une petite exploitation de rive et de maillat blanc et noir, à points cuivreux, le filon se terminant au contact d'une roche tendre et friable (faille?).

- FILON DU TILLERAY : x = 893,90 y = 350,50 à 75 z = 930 à 950

Accès: on trouve de très nombreuses excavations dans la boucle coté 931 de la route d'Allevard au Collet.

Il s'agissait d'un filon de rive, régulier, avec des taches de pyrite de cuivre, très mélangé de quartz, de direction N 100°E et de pendage 70°S. Dans les haldes, de nombreux blocs de galène à grands cristaux avec peut-être de la blende dans les géodes. En section polie, on observe de la blende autour de la chalcopryrite. La pyrite est localement abondante. Les archives signalent que ce filon puissant se terminait à l'avancement (présence supposée d'une faille) et que des recherches à droite et à gauche de la galerie donnaient de la blende.

Analyses: n° 18 et 50

D/ CONCESSION DE LA RAVOIRE (D)

Institution : le 15.01.1817

Superficie : 136 hectares

Fin des travaux: 1864

- FILON DE LA RAVOIRE: x = 894,15 y = 349,85 z = 950 à 1000

Accès: les travaux se trouvent sous le virage coté 1016 de la route Allevard - Collet, au bord d'une piste forestière.

En 1836, on exploite un filon rive noir, en partie décomposé, dont la puissance varie entre 0,5 et 0,7m; il est très mélangé de pyrite cuivreuse. Ce filon, parallèle à la pente de la montagne (pendage 30°W) à environ 20m sous terre, est attaqué par plusieurs galeries peu profondes.

En 1839, un second filon rive, de direction N 150°E, à pendage 75°SW, parfois resserré, très pyriteux et cuivreux, est mis en exploitation à peu de distance du précédent.

En surface, il reste encore des travaux à ciel ouvert (tranchées) N150°E sur 250m de long, ayant exploité un maillat noir très pyriteux. On observe aussi du cuivre gris, des carbonates de cuivre, un peu de blende et de la chalcopryrite en gros cristaux.

Analyses: n° 54 et 42

- FILON STE SOPHIE :

Accès: cette fosse est à une centaine de mètres en amont de l'usine électrique du Bout du Monde sur le Bréda. On y accède à partir d'Alleverd en suivant la route qui longe le torrent.

Le filon de 0,4m de puissance avait une direction N 50°E et un pendage 75°SW. Avant que les travaux ne se rejoignent, la partie supérieure du filon portait le nom de fosse Picotin où l'on exploitait un rive blanc et noir à tâches pyriteuses abondantes surtout en salbandes.

Ces travaux qui s'étendent sur 70m sont encore visitables. On sortit environ 550 tonnes de minerai.

Analyse: n° 55

- FILON DES PANISSIERES :

Accès: il se situe à 200m en amont de Ste Sophie, et l'on y accède en suivant le torrent du Bréda.

Ce filon était exploité par un puits vertical, et reste intact dans le bas par suite de la mauvaise qualité du minerai rive blanc lamelleux, très mélangé de cuivre. De direction N 50°E, pendage 80°SW il avait une puissance de 1m.

Analyse: n° 56

E/ CONCESSION DU MARBRE OU PRETERMONT (S)

Institution : le 8.08.1827

Superficie : 285 hectares

Ces travaux non retrouvés, se composaient de 3 petites exploitations très rapprochées, de 15m de profondeur, à ciel ouvert.

Les filons de rive noir et blanc, très pyriteux, étaient parsemés de chalcopryrite.

D'une puissance de 1,5m, de direction N 120°E, pendage 70°SE, ils produisirent 28 tonnes d'un minerai de mauvaise qualité.

F/ CONCESSION DE L'OCCIPUT (T)

Institution : le 8.08.1827

Superficie : 77 hectares

Un maillat noir décomposé et très quartzeux, situé en altitude a été exploité pendant quelques semaines.

SIDERITE - ANALYSES

Concessions	n°	FeO	MnO	MgO	CaO	Fe2O3	CO2	Cu	Zn	Ni	Ca	Cd	Co	Mn	Fe	Ag	Ti	Sb
A	47	41,18	2,64	4,70	0,58	17,76	27,70											
	74							7800	100	680	2500	10	25	1,3%	25%	5	20	
	53	2,08	1,94	-	-	79,66	0,43											
	53	-	1,76	0,83	-	82,16	-											
	5								1,1%	170	250	700	15	70	1,4%	48%	5	
	46	-	1,24	0,70	-	58,3	-	9200	200	400	200	15	40	1,3%	28%	2		
C	44	44,88	2,13	5,14	0,53	7,18	32,40											
	45	-	1,77	0,52	-	74,50	-											
	43	-	1,76	0,87	-	76,94												
	49	21,54	1,75	4,29	0,29	28,7	15,14											
	21							6800	1300	1300	3000	15	55	4800	15%	10	5	40
	52	-	3,06	0,96	-	80,02	0,90											
	50	-	1,27	-	-	79,7	-											
	18							1700	4900	240	100	20	65	4000	42%	15	5	40
D	54	46,5	2,5	5,46	0,49	7,52	31,40											
	54	49,14	2,8	6,06	0,50	2,77	33,82											
	42							7%	160	600	200	15	110	2600	46%	3	5	ND
	55	38,18	1,84	4,24	0,53	14,94	28,2											
	56	-	1,05	0,62	0,26	43,64												
E	59	44,4	2,39	3,44	0,71	8,50	30,63											
	57	41,24	1,20	10,46	0,44	8,98	33,6											

Toutes les minéralisations que nous venons de décrire appartiennent à la montagne du Collet d'Allevard, limitée au nord par le torrent du Buisson et au sud par le torrent du Bréda.

Tous les filons ont une direction E-W et un pendage S.

La minéralisation se compose de chalcopryrite toujours très abondante
de galène abondante
de blende localement (Les Envers)

Ces sulfures se retrouvent essentiellement dans une sidérite de type rive et dans un encaissant de micaschistes.

G/ CONCESSION DE LA ROCHASSE :

Institution : le 21.06.1856
Superficie : 11 hectares

Elle est en rive gauche du Bréda, en prolongement de la concession de La Ravoire et a exploité un filon rive affleurant dans le rocher à pic au-dessus de l'usine du Bout du Monde, prolongement NW du filon de Ste Sophie.

Un autre filon de maillat blanc vient jusqu'au jour.

Ces travaux sont si voisins des grès permien que les anciens estimaient nulles les chances de continuation régulière.

Cette concession est donc restée inproductive.

H/ CONCESSION ETELLIER (E)

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 58 hectares

Cette concession est parsemée des ruines d'une infinité d'anciennes galeries et de haldes.

En 1820, il restait 3 galeries toutes dirigées vers le même filon à des hauteurs différentes.

Le minerai n'adhère pas aux épontes mais se présente en blocs enveloppés de terre. Le filon rive est découpé en deux longitudinalement par une bande de quartz, schistes décomposés et grès.

- FILON ESPERANCE: $x = 893,57$ $y = 348,35$ $z = 910$

Un filon de rive noir (correspondant avec la fosse Wagram) de 1m de puissance, de direction N 135°E épuisé au-dessus de la galerie.

Le minerai, sidérite, chalcopryrite, quartz est encaissé dans des micaschistes N 20°E - 70°SE avec des filonnets de sidérite massive de 5 à 10 cm à l'entrée de la galerie.

Analyse: n° 59

- FILON WAGRAM :

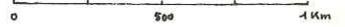
Au sommet du filon de la galerie Espérance, le rive avec chalcopryrite avait une puissance de 0,8m dans un encaissant de schistes tendres. Cette fosse était épuisée en 1841.

- FOSSE GUEYMARD :

Le maillat noir et blanc, à petites facettes, très quartzeux, a une puissance de 0,8 à 1,5m, une direction N 145°E, un pendage 70°NE.

Allevard

351



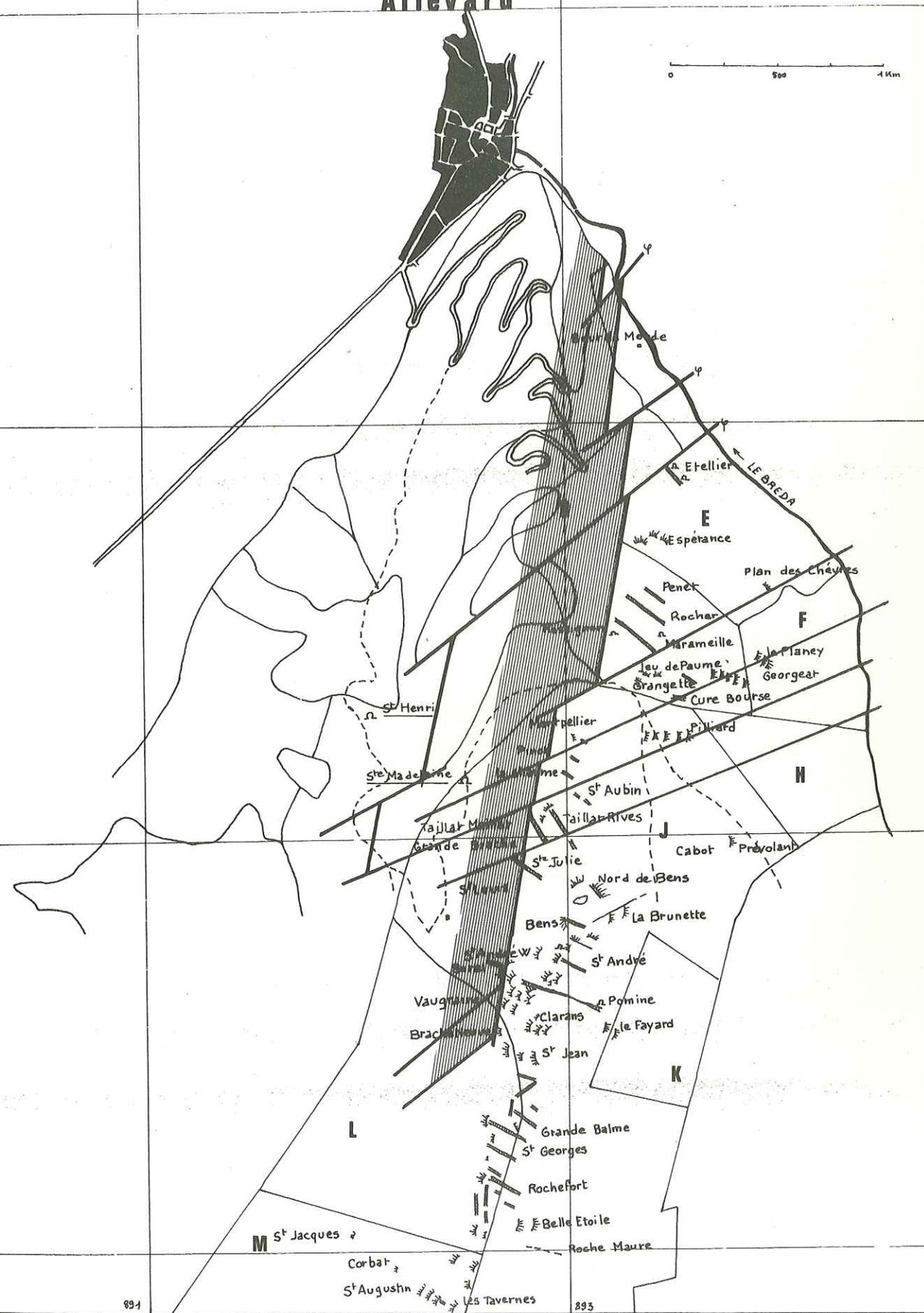
349

347

345

891

893



- PLAN DES CHEVRES : $x = 893,62$ à 70 $y = 348,12$ $z = 980$ à 1000

Accès: on y accède facilement par Pinsot en prenant le vieux chemin venant d'Allevard.

La sidérose est en grande lame brune, parfois bréchique, avec un peu de quartz.

Analyse: n° 63

- FILON ETELLIER : $x = 893,56$ $y = 348,76$ $z = 700$

Il ne reste plus que des galeries effondrées, des haldes, des traces de vieux fours.

Analyse: n° 57

Production de minerai dans cette concession

1850 : 49 tonnes

1851 : 150 tonnes

1852 : 308 tonnes

I/ CONCESSION COMBE NOIRE (F)

Institution : le 15.01.1817

Superficie : 42 hectares

Cette concession regroupe des gîtes irréguliers, de faible puissance et failles.

Accès : les filons se trouvent en rive gauche du Bréda, à l'altitude moyenne de 825m et n'ont pu être retrouvés avec précision.

- FILON DE COMBE NOIRE :

Ce filon de rive noir et blanc, pyriteux, de direction N 160°E et pendage 75°E, stérile vers le bas, d'une puissance de 0,6m, donnait un minerai en rognons et peu de produits en général.

On y trouve de la sidérite, du quartz, de l'ankérite, de la chalcoppyrite.

Le sol est une accumulation d'éboulements; les galeries autrefois déjà étaient de parcours difficile.

Analyse: n° 64

- FILON DES QUEUES ;

Sujet à des serrés, la sidérite de type rive est néanmoins de 1ère qualité et offre une puissance de 0,8m selon une direction peu régulière NS et un pendage 60°W.

- FILON DU PLANEY : $x = 893,90$ à 98 $y = 347,82$ à 87 $z = 825$ à 855

Les travaux se trouvent à la limite inférieure de la forêt, au-dessus du hameau des Ayettes. Il s'agit de sidérite bréchique (style Etellier).

- FILON DU GORGEAT : $x = 893,67$ à 85 $y = 347,75$ $z = 980$ à 880

On trouve du rive noir, sur 0,6m de puissance, et une direction N 155°E dans des terrains ébouleux.

- FILON ST ANTOINE :

Cette galerie atteignait un filon de rive blanc et noir de 0,4m de puissance et n'a pas été retrouvée.

J/ CONCESSION GRAND CHAMP (H)

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 45 hectares

Tous ces travaux n'ont pu être retrouvés, et nous citons seulement les documents d'archives.

- FILON STE BARBE :

Il s'agit d'un filon rive, de direction N 150°E, à pendage 80°; qui diminue en profondeur. Sa puissance varie entre 1, 2m et 2m.

- FILON PILLIARD :

Moins puissant, son pendage est variable, sa direction N 120°E dans un encaissant très dur.

- FILON LUIZARD :

Les anciens l'avaient abandonné en raison de sa composition: 1m d'oligiste.

- FILON TREMBLEY :

Situé près du Bréda, sur le chemin de Pinsot, on ne trouve que des morceaux de sidérite épars dans les éboulis, probablement à la suite de l'éboulement de la fosse Cabot.

K/ CONCESSION ROSSIGNON (G)

Une certaine confusion règne dans la répartition des travaux entre les concessions G et F. Les limites sont difficiles à préciser car la concession G n'est pas pointée sur le "Plan général des travaux pour fer spathique de la région d'Alleverd".

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 24 hectares

Cette concession d'une faible étendue, comprend néanmoins un grand nombre de filons puissants, bien réglés et très rapprochés les uns des autres.

De Maramaille à Rossignon on suit 2 filons qui se réunissent et forment à leur jonction une masse minéralisée considérable. Le filon vient buter contre les grès permien et l'on observe un chevauchement des schistes sur les grès. Le contact entre les 2 formations délimite le filon maillat de Rossignon qui comme Maramaille est très riche en pyrite.

- FILON ROSSIGNON : x = 893,25 y = 348,00 z = 1090

Il s'agit d'un maillat blanc lamelleux, d'une puissance de 1,5m, de direction N 100°E et pendage 80°SW qui, à sa jonction avec les 2 filons de Maramaille atteint 7,5m de puissance selon une direction WNW-ESE.

Analyse: n° 60

- FILON DU JEU DE PAUME : x = 893,27 à 42 y = 347,80 à 77 z = 1150

Ce rive blanc et noir, pyriteux, d'une puissance de 0,3m, de direction N 140°E a une allure irrégulière.

- FILON DE MARAMAILLE: x = 893,40 y = 347,93 z = 1140

La petite fosse de Maramaille qui se trouve sous le rocher de Maramaille a exploité en 1860 l'affleurement d'un filon qui est le même que celui de Rossignon. On y fait du maillat très propre mais très pyriteux surtout dans le fond des travaux.

Une galerie prise sur le plateau de Marameille, mais un peu haut, pour exploiter le fond des travaux sans cesse inondés n'a pas permis de travailler longtemps.

Analyses : n° 1 et 61

- FILON CURE BOURSE: $x = 893,55$ $y = 347,70$ $z = 1060$

La galerie inférieure, actuellement effondrée, n'a rien rencontré.

La galerie supérieure a touché une brèche de sidérite et quartz d'une puissance de 1m.

- FILON GRANGETTE : $x = 893,55$ $y = 347,70$ $z = 1060$

Le filon de rive noir et blanc a été épuisé. On accède aux anciens travaux par un sentier qui va du Jeu de Paume aux Ayettes.

Analyse: n° 65

- FILON DU ROCHER : $x = 893,50$ $y = 348,04$ $z = 1160$

Les travaux se poursuivent sans discontinuité sur 250m de long et recourent tout le plateau de Marameille. Ils se retrouvent au pied du versant NW avec d'énormes excavations. On exploitait un maillat blanc, exempt de pyrite, mais très magnésien qui se poursuit jusqu'à Rossignon, selon une direction N 110°E, une puissance de 1,5 à 4m.

L/ CONCESSION DE LA TAILLAT (J)

Institution : le 15.01.1817

Superficie : 460 hectares

Cette concession a été la plus vaste, la plus riche et la plus productive de tout le chaînon d'Allevard.

ETUDE DE LA MINE DE LA TAILLAT

1°) SITUATION-

Entrée Ste Madeleine $x = 892,5$ $y = 347,20$ $z = 1112,60$

Le gisement de sidérite de la Taillat est situé dans un chaînon de Belledonne de direction méridienne, qui domine à l'est St Pierre d'Allevard et à l'ouest le torrent du Bréda.

On y accède à partir d'Allevard, en suivant la route de Montouvrard pendant 2km, puis en prenant une route forestière (terres et forêts) qui nous conduit directement en 4km sur la plate-forme de Ste Madeleine, actuellement galerie principale d'accès aux différents travaux miniers de la Taillat.

2°) ANCIENS TRAVAUX D'EXPLOITATION -

Les premiers travaux ont exploité les filons sur la crête à ciel ouvert, par des tranchées régulièrement envahies par les eaux et dont la profondeur reste faible. Par la suite on pénétra dans le filon par des travers-bancs à pente inverse puis horizontaux, de plus en plus profonds au cours des siècles.

En 1872, commence une intense extraction du minerai de fer par le creusement du travers-bancs de Ste Madeleine (altitude 1112) recoupant le principal filon maillat à 290m de l'entrée, puis le plus important filon rive de la concession à 420m. Cette galerie s'enfonçait à 300m sous la crête.

Par la suite l'exploitation se poursuit au niveau -20 et -40 (par rapport au TB) par l'intermédiaire du puits Ste Madeleine.

En 1894, le Creusot perce le travers-bancs St Henri (altitude 898n) à la verticale de Ste Madeleine; sa longueur est de 1000m et à son extrémité fut creusé un puits de 205m vertical (puits St Henri) reliant Ste Madeleine et St Henri; ce puits de 3m de diamètre, équipé d'une cage et d'un contre-poids était réservé à la circulation des matériaux, les mineurs empruntant, pour atteindre les chantiers, des descenderies.

Entre le niveau Ste Madeleine et le niveau St Henri le gîte a été reconnu par 7 niveaux de galeries qui ont toutes une recette au puits :

TB Ste Madeleine : niveau 205	:	altitude 1104 m	
		185 :	1084
		165 :	1064
		137 :	1046
		110 :	1019
		83 :	992
		55 :	964
		27 :	936
TB St Henri :		0 :	900
		:	

La planche n° 32 donne une coupe verticale de ce puits creusé dans le filon rive.

En surface, 3 plans inclinés consécutifs, de 200m de dénivelée chacun pour une longueur de 500m environ, reliaient les TB de sortie du minerai à l'atelier de criblage de Champsappey (près de St Pierre d'Allevard). Ces plans inclinés sont du type à 3 rails avec dédoublement du rail médian à mi-course pour permettre l'évitement.

Ils fonctionnent par l'action de la pesanteur, le porteur étant seul chargé. L'existence d'un bassin au sommet des plans permettait, en remplissant d'eau les bennes descendantes de remonter mineurs et matériel.

A Champsappey, le minerai était trié à la main (on enlevait quartz et sulfures) puis acheminé par voie ferrée, après criblage et grillage, vers les hauts fourneaux d'Allevard.

3° METHODE D'APPLICATION : (Pl. 29 page 75)

Les filons de la Taillat, d'une puissance moyenne de 5m, à pendage généralement fort vers le NE, sont coupés transversalement par un important réseau de fractures distantes de 15 à 50m et à rejet horizontal.

Chaque panneau de filon compris entre 2 failles successives et parallèles porte le nom de rue.

Les rues sont exploitées séparément à chaque étage par la méthode dite des gradins renversés qui se prête bien au peu de solidité des épontes. Quand la rue est assez longue, on perce entre les 2 niveaux une cheminée C à partir de laquelle on établit 2 chantiers, l'un à droite, l'autre à gauche. Dès que le vide est suffisant on verse le remblai par la cheminée C puis le mineur travaille en montant sur le remblai qui est recouvert de planches pour éviter le mélange du minerai au stérile.

Si la rue est courte, on monte la cheminée C le long d'une faille et l'on a un seul versant.

4° DISPOSITION DU GITE DE LA TAILLAT :

A/ AFFLEUREMENTS DE SURFACE : (Pl. 34 page 91)

On peut encore trouver sur la concession de la Taillat, les vestiges d'un important champ filonien (sidérite) recouvert d'une végétation très dense. On ne le décèle que par la présence de fosses qui jalonnent les filons. A l'aide de tranchées, les anciens mineurs extrayaient des oxydes de fer (altération superficielle de la sidérite) qui gardent souvent par pseudomorphose la forme de cristallisation du minerai de fer primitif.

Les affleurements de la Taillat se divisent en 4 groupes du nord au sud:

- Groupe du Bens
- Groupe de Clarans
- Groupe de Rochefort
- Groupe des Tavernes

a) CONTEXTE GEOLOGIQUE :

Tous les filons rive et maillat recoupant la crête du chaînon Gd Rocher-Allevaré sont dans un encaissement de micaschistes, tranchant nettement la schistosité. Seuls les maillats atteignent vers l'ouest le contact permien-Trias après avoir traversé les grès Autuno-permiens. On ne connaît pas de filons de sidérite dans le Trias.

Les contacts socle-Permien et Permien-Trias sont très souvent tectoniques:

- des fractures N 20°E à fort pendage NW limitent le Permien du socle en abaissant régulièrement les panneaux ouest vers la vallée du Grésivaudan. Ce même mouvement se retrouve au contact Permien-Trias.

- des failles N 50°E à N 70°E, à pendage SE découpent ce contact en compartiments, et par un rejeu généralement dextre, décalent vers le NE les compartiments nord.

Il faut donc s'attendre à retrouver en profondeur les filons affectés par ce double réseau de fractures: N 20°E et N 50°E.

b) GROUPE DU BENS :

Au nord et à l'est du lac de Bens (1350m) les petits pointements sidéritiques correspondent à l'anant pendage des filons de la Chaume, Pinot et Ste Madeleine. Nous reviendrons en détail sur ces galeries.

A 50m au sud du lac de Bens on suit un maillat EW sur 75 m de longueur. Les affleurements minéralisés situés entre le lac de Bens et le pic de Rochefort, ont été recoupés en profondeur par les galeries St Louis, Ste Victoire et Ste Julie.

- Galerie Ste Julie: $x = 892,82$ $y = 346,73$ $z = 1320$

Le plus important des filons du Bens est le rive de Vaugraine, N 80°E pendage SE, le long duquel les travaux ont été très développés; ce filon a été reconnu par plusieurs galeries appartenant à la concession L: St André, Borel, Gd Brache, Brache Neuve, Colonbet, Vaugraine, Lavanches.

Les exploitations de Vaugraine et Lavanches sont relativement récentes; toutes étaient encore accessibles en 1931.

c) GROUPE DE CLARANS :

Nous comprenons dans ce groupe plusieurs filons perpendiculaires à la crête du chaînon Gd Rocher-Allevaré, d'une longueur moyenne de 250m.

- un maillat NW-SE, pendage SW, longueur 400m, bute (?) au NW contre le rive de Vaugraine, mais n'a pas été recoupé en profondeur.

- 3 filons rives, parallèles au filon précédent.

- le maillat de Clarans (galerie: $x = 892$ $y = 346$ $z = 1460$) à pendage SE, toujours NW-SE, présentant plusieurs ramifications E-W qui se terminent 70m plus loin en sifflets.

L'exploitation a été arrêtée car le minerai très quartzeux se pince rapidement en profondeur. Un filon rive (N 80°E) bute contre le premier maillat et recoupe le filon de Clarans.

- le maillat de St Jean ($x = 892,82$ $y = 345,68$ $z = 1465$ à 75) limité au nord et au sud par 2 filons rives N 80°E.

d) GROUPE DE ROCHEFORT :

Il comprend 3 filons principaux:

- le maillat de Gd Balme, NW-SE à pendage 80°SW (altitude 1500m) exploité par tranchée sur 100m de long, 5 de large, profonde de 6 à 8m.

- le maillat St Georges, d'une puissance de 1 à 2m, de direction EW, à pendage S, sur une longueur de 100m et qui devrait recouper vers l'est le filon de Gd Balme.

- le rive de Rochefort, de direction générale NW-SE, compliqué de ramifications ENE-WSW, avec oligiste, quartz et pyrite.

Sur le versant est de la crête, il se poursuit par le rive de Roche maure de direction EW, pendage S, avec sidérite altérée et beaucoup de pyrite cuivreuse, cause de l'abandon des travaux.

e) GROUPE DES TAVERNES :

- 2 petits rives N 140°E à pendage SW

- un maillat au sud du crest des Tavernes (1600m) de direction EW, à pendage S.

- le filon le plus important est le rive de Montmayen, de direction N 110°E, pendage N, de 3 à 6m de puissance, renfermant un rive blanc et noir, un peu cuivreux, devenant très pyriteux en profondeur.

Une petite galerie: $x = 862,60$ $y = 344,50$ $z = 1565$.

Tous ces filons furent abandonnés en raison de leur éloignement du centre de la Taillat .

B/ DISPOSITION DU GITE EN PROFONDEUR: (Pl. 35 à 38 pages 94 à 97)

L'exploitation de la Taillat (qui correspond aux filons du groupe du Bens) comprend plusieurs filons:

a) le filon rive et le filon maillat de Ste Madeleine-St Henri, de direction N 150°E, auxquels on accède par les galeries Ste Madeleine (1150m) et St Henri (900m) en partie éboulées aujourd'hui.

b) les filons Lachaune et Pinot, atteints par les galeries du même nom (1250m), situés au NNE des deux précédents, sensiblement parallèles entre eux et à ceux de Ste Madeleine.

c) les filons croiseurs maillat de moindre importance, de direction EW.

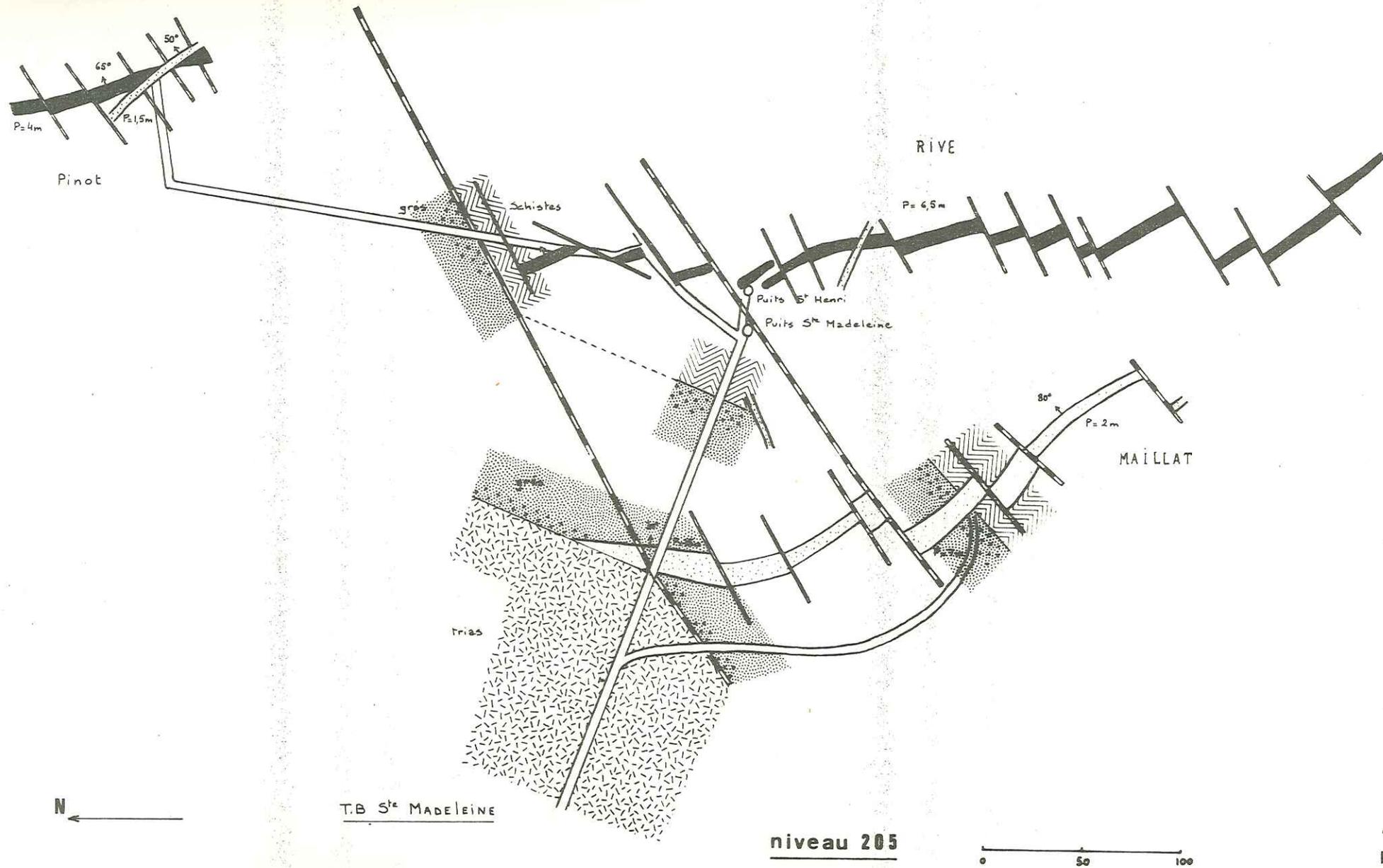
1/ LE RIVE ET LE MAILLAT DE STE MADELEINE :

Au niveau 205, les filons rive et maillat de Ste Madeleine sont à peu près parallèles, selon une direction N 150°E, distants d'une centaine de mètres. Leurs pendages subverticaux ou fortement NE à l'origine, ont été profondément diminués en profondeur, dans certains quartiers de la mine par des facteurs tectoniques.

Nous reviendrons dans le chapitre minéralogie sur les caractéristiques de ces deux types de sidérite, correspondant probablement à deux venues minéralisantes différentes, selon des directions très voisines (à la Taillat) en admettant que le maillat est postérieur au rive. En effet:

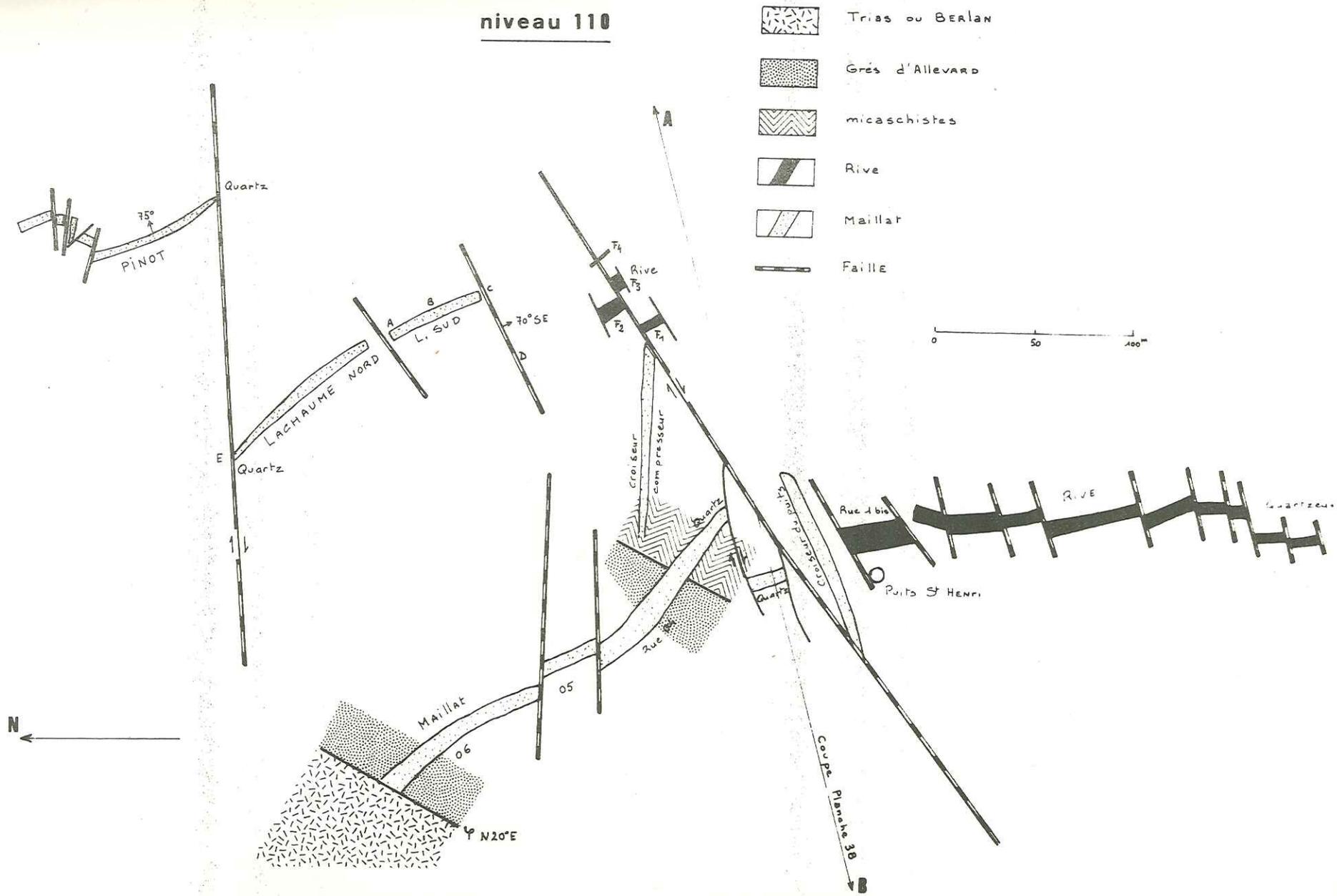
- tous les filons rives de la région d'Allevard sont encaissés uniquement dans les micaschistes; le maillat, par contre, traverse sans modifications sensibles les grès autuno-permiens; il s'arrête toujours au contact Permien-Trias mais sans changement profond du contenu des filons près de ce contact si ce n'est une dilatation de la caisse filonienne, changement qui aurait dû logiquement se produire si les maillats s'étaient mis en place pendant le Permien.

CONCESSION J

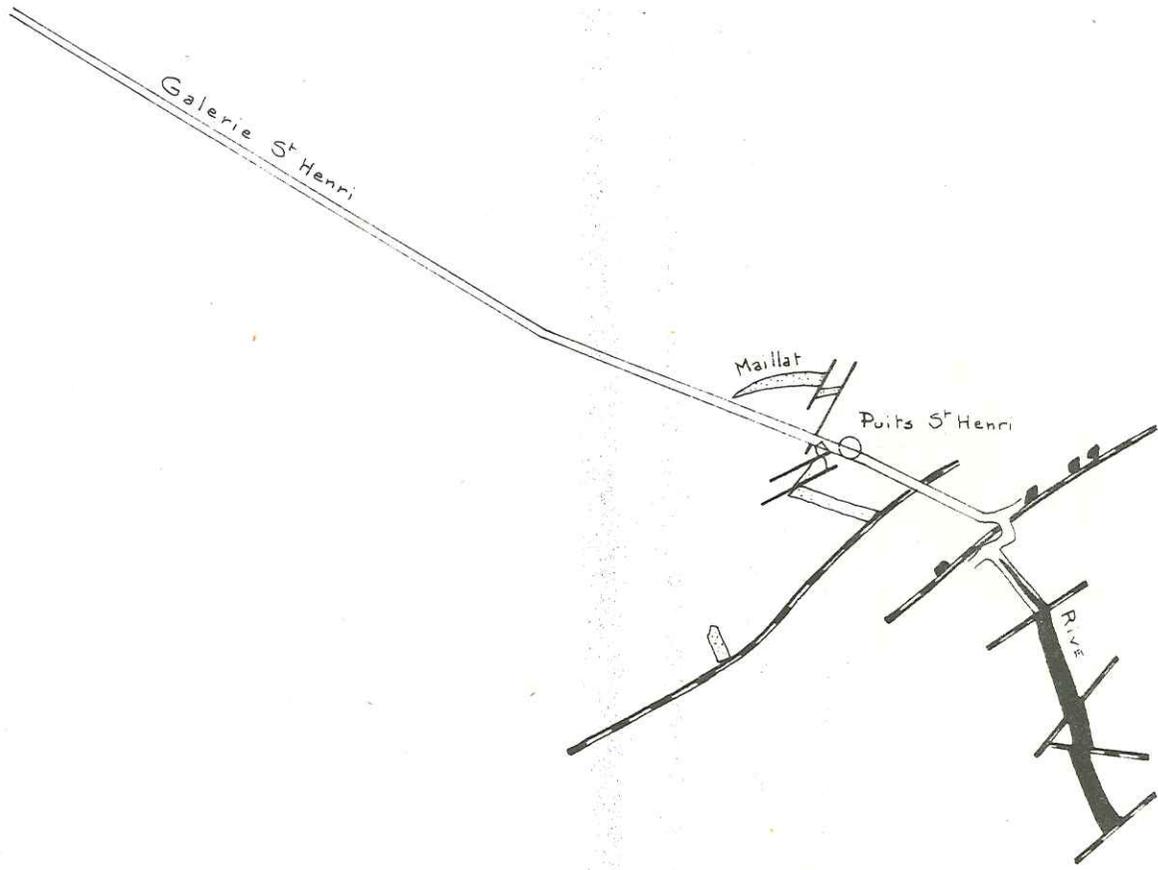


CONCESSION J

niveau 110



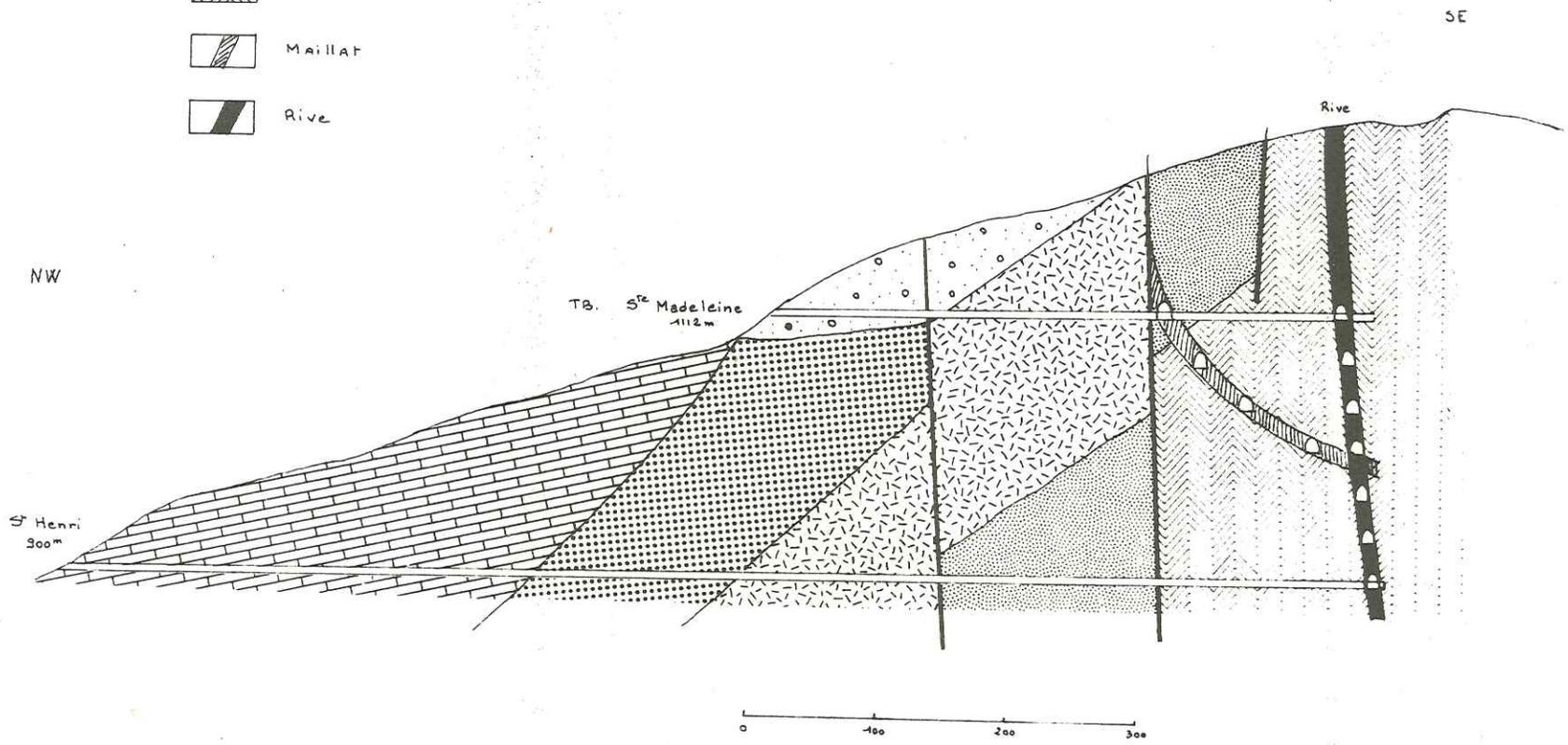
CONCESSION J



niveau 0

CONCESSION J

-  Lias
-  Gypse-Anhydrite
-  Calcaires dolomitiques
-  Grès d'Allevard
-  Socle
-  Maillar
-  Rive



coupe AB - PL.36

- le contact Permien-Trias s'avère généralement tectonique dans le massif de la Taillat. Il semblerait plus logique d'expliquer cet arrêt de la minéralisation dans ce cas en invoquant des failles sectionnant les filons maillats, lesquels auraient un âge triasique ou post-triasique.

- on connaît enfin plusieurs filons maillats croiseurs du filon rive.

Une coupe géologique perpendiculaire au chaînon Gd Rocher-Allevaré et passant par les TB Ste Madeleine et St Henri permet de visualiser les relations entre formations différentes: (Pl.38).

- coupe de la galerie Ste Madeleine :
 - . 130m de terrains remaniés (sable, graviers)
 - . 150m de Trias (calcaires dolomitiques et brèches)
 - . 35m de Permien
 - . 105m de micaschistes

Nos travaux miniers n'ont pu atteindre le Permien mais St Nicolet en 1931 avait décrit cet étage dans la galerie Ste Madeleine:

- à la base, zone bréchique avec galets de schistes et quartz (conglomérat de base).

- grès à grain moyen, lie de vin: roche détritique formée de gros éléments de micaschistes (taille ?) de grains de quartz à extinction onduleuse, lamelles de micas blancs, le tout dans un ciment gris foncé opaque où l'on retrouve de petites lamelles de micas, des grains de quartz dans une matrice ferrugineuse, brunâtre.

- grès à gros grains, gris jaunâtre, à nombreuses plages de calcite formant ciment dans lequel on observe de petits grains de quartz dans une matrice ferrugineuse, brunâtre.

- grès à grains moyens, micacés, gris verdâtre: la masse principale de la roche est formée de petites paillettes de micas, de kaolin (?), de quelques petits grains de quartz, ainsi que çà et là de petites lamelles parallèles de micas blancs, alternant avec des zones contenant les mêmes éléments disposés de la même façon, mais plus grossiers, le tout disposé dans une masse rougeâtre, très ferrugineuse.

- coupe de la galerie St Henri:
 - . 367m de Lias
 - . 150m de gypse et anhydrite
 - . 143m de calcaires dolomitiques
 - . 156m de Permien
 - . 143m de micaschistes

Nous évoquerons en conclusion les rapports éventuels entre les épanchements spilitiques de la fin du Trias (galerie EDF St Pierre d'Allevaré) et la mise en place des filons de sidérite de type maillat.

Pour faciliter la description de la structure filonienne de la Taillat dans l'espace, nous diviserons les travaux miniers en 4 quartiers principaux séparés par trois grandes fractures N 50°E, dénommées du nord au sud: (Pl. 39 page 99).

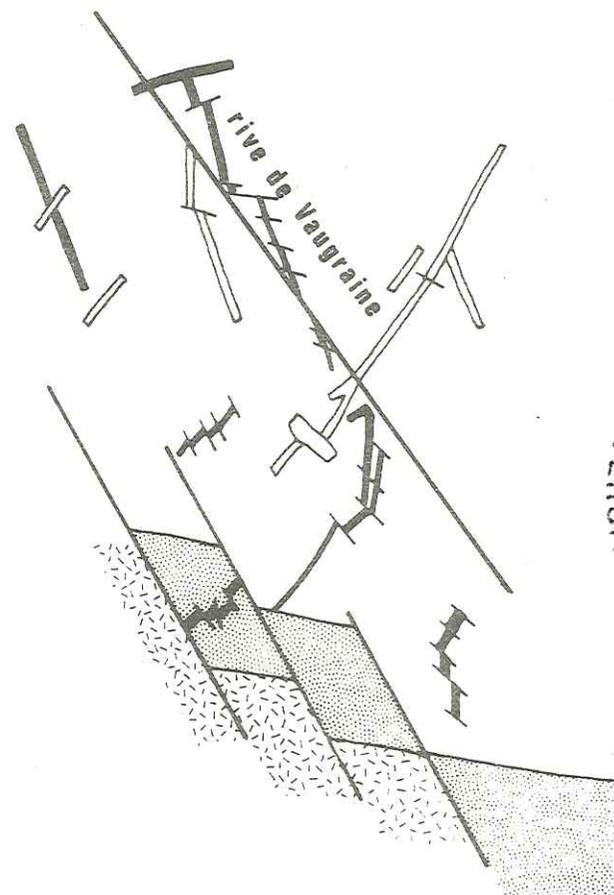
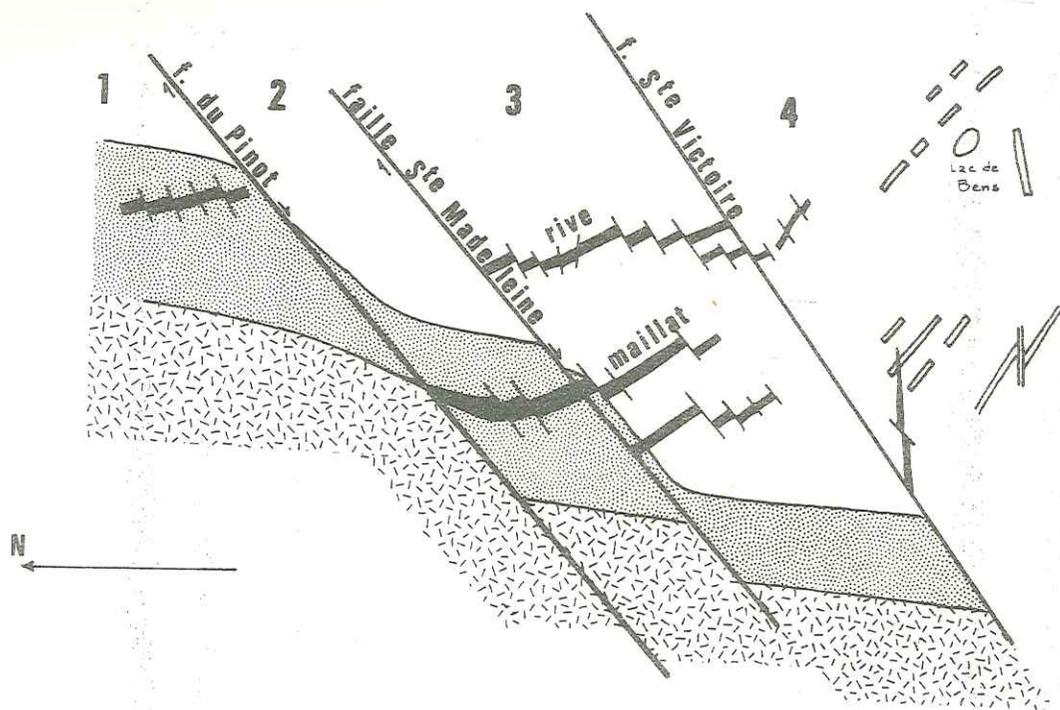
- faille du Pinot
- faille Ste Madeleine
- faille Ste Victoire

LE MAILLAT NIVEAU PAR NIVEAU : (Pl.33 page 101)

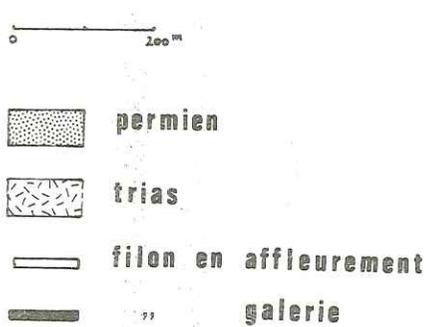
Le maillat principal situé à l'ouest du rive principal, est bien connu au-dessus du niveau 110; au-dessous, on ignore à peu près tout de son allure. Au-dessus de l'étage 110, le filon a offert un champ d'exploitation d'environ 300m de développement horizontal en direction, entre le Trias au nord et une importante colonne quartzreuse au sud qui le stérilise sur presque toute sa hauteur.

LA TAILLAT (J)

CROIX RECULET (L)



BIBLIOTHÈQUE
RENNÉ-SCIENCE
UNIVERSITAIRE



TECTONIQUE des filons (Concessions J et L)

Le champ d'exploitation dont le centre se situe au nord du puits St Henri (niveau 205) se déplace rapidement en profondeur vers le nord. Son étendue varie peu et atteint 200m au niveau 110.

A peu près vertical dans sa partie méridionale (quartier III), le filon s'applatit fortement vers le NE dans sa partie septentrionale (pendage 30°NE dans le quartier II) entre la faille de Ste Madeleine et la faille du Pinot.

Au-dessus du niveau 137 le champ d'exploitation est complètement dépilé.

Entre les niveaux 137 et 110 le dépilage est à peu près complet, il ne reste que deux rues abandonnées au cours de traçage, et un panneau vierge contre le Trias.

Généralement d'une forte puissance, plus variable que dans le rive, le filon maillat présente dans cette région une épaisseur moyenne réduite de 5m sensiblement égale à sa puissance totale, le minerai étant très pur.

On n'a jamais tenté de traverser la colonne quartzreuse au sud qui est certainement limitée en direction et annonce le passage probable d'un accident (faille Ste Victoire), car on retrouve dans la galerie Ste Victoire (1159m) un maillat très quartzeux de 4m de puissance qui correspondrait au prolongement du filon de Ste Madeleine.

En aval pendage (niveau 900m) les travaux de la galerie St Henri n'ont pas retrouvé le maillat, bien qu'ils aient atteint le filon rive situé bien plus à l'est.

En effet dans le quartier II, à partir de la faille Ste Madeleine (N 70°E pendage SE) le maillat existe à l'état de crochon de faille.

- en plan, le mouvement est très net, indiquant un déplacement dextre, c'est-à-dire un rejet vers le SW du quartier II par rapport à la faille du Pinot.

- dans l'espace, le pendage du filon varie de 80°SE à l'étage 205 à 30°SE à l'étage 110 soit 100m plus bas. Il est manifeste, dans ces conditions, que la galerie St Henri est passée sous le filon maillat sans l'atteindre.

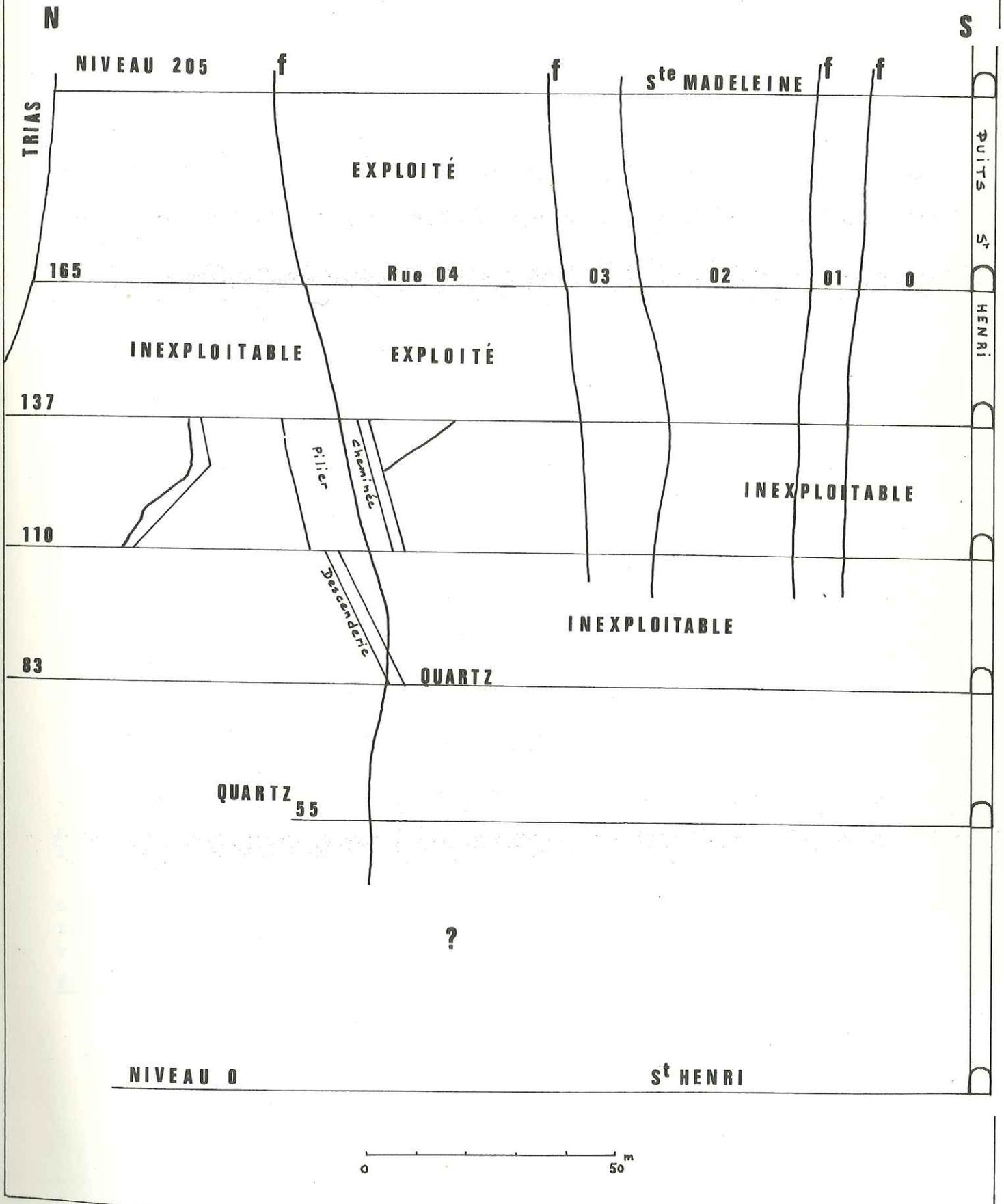
Ce décrochement affecte aussi les terrains encaissants qui sont déplacés d'une centaine de mètres de part et d'autre de la faille Ste Madeleine.

Etage 110-137 : A ce niveau le filon n'est connu qu'aux rues 04 et 05. Le sud de la rue 04 est très quartzeux et c'est dans ce quartier qu'était faite la chambre du compresseur (dans le quartz). Au sommet de la rue 04, il reste un peu de minerai très friable. Le dépilage a déjà commencé dans la rue 05 (puissance moyenne de 5 à 6m) sur le versant SE en laissant un pilier de protection de 12m entre la faille et une descenderie du niveau 110 au niveau 83. Le versant nord offre un minerai propre de 6m de puissance mais assez friable. A l'extrémité de la rue 05 (vers le nord) au niveau 127 le filon bute, par l'intermédiaire d'une faille N 20°E - 80°NW sur le berlan et on y rencontre des traces d'hématite. Voici la disposition du remplissage:

- mur (grès verdâtre à grain très fin, permien)
- 3,5m de minerai parsemé de lentilles de quartz et au mur de blocs de grès.
- 0,3m de quartz, parallèle aux salbandes et qui se retrouve sur toute la hauteur du filon. Les lentilles de quartz disséminés dans la masse du minerai sont allongées et orientées de la même façon.

Au toit de la rue 05 du niveau 110 on observe des grès verdâtres, très fins.

COUPE VERTICALE DANS LE PLAN DU FILON MAILLAT (LA TAILLAT)



La roche contient de tout petits grains de quartz, associés à une infinité de petites lamelles de micas blancs. Parfois, le grain devient plus gros et l'on trouve parmi les galets de quartz des lamelles de micas blancs et de biotite, cette dernière fortement décomposée, et du sphène leucoxénique; tous ces éléments sont distribués dans une masse qui se montre formée d'une matière grisâtre, opaque, accompagnée d'une quantité de lamelles de micas blancs.

Ce type de grès est fortement métamorphisé (métamorphisme au contact du filon) et en voie de recristallisation.

Etage 83-110 : La descendrie de reconnaissance, partie du niveau 110 au sud de la rue 05 est restée dans le minerai sur quelques mètres, elle est passée ensuite dans le mur. Une petite recoupe a rencontré le filon dans une zone quartzreuse.

Etage 55-83 : La rue 04 a été rejointe en 1918 par un TB de 150m à partir du puits St Henri. Le filon existe à l'état de quartz; c'est là que l'on a exploité du quartz pur pour l'atelier du Cheylas. Les recherches n'ont pas été poursuivies pour retrouver les autres rues.

LE RIVE NIVEAU PAR NIVEAU: (Pl. 32 page 103)

Le rive principal est connu de Ste Madeleine à St Henri, à tous les niveaux intermédiaires; il est presque vertical et son exploitation correspond au quartier III.

Il présente fréquemment un rubannement de quartz et de noyaux de dolomie et de schistes. Sa puissance réduite, assez régulière est en moyenne de 3,5m.

Le filon a été partiellement dépilé à tous les étages, et la reconnaissance n'a précédé que de très peu les dépilages; il n'est guère connu que dans la région exploitée, de plus en plus étroite quand on s'enfonce au-dessous du niveau 205.

La faille Ste Madeleine ayant un pendage SE (60°) et la faille Ste Victoire étant verticale, elles tendent à se rejoindre en profondeur, et l'on comprend que dans le quartier III, limité par ces 2 accidents, le champ d'exploitation passe de 500m au niveau 205 à 100m au niveau 0.

Une invasion de quartz au niveau 110 dans la rue 5 traduit certainement le passage d'un accident local.

Au sud, dans le quartier IV, les recherches ont été infructueuses, les failles délimitant les rues et habituellement dextres, devenant senestres.

La qualité du minerai, quelque peu variable d'une rue à l'autre, se tient généralement bien au sein d'un même tronçon, verticalement. Aux niveaux inférieurs le filon devient dolomitique.

On peut supposer qu'au nord, au-delà de la faille Ste Madeleine, le rive doit manifester comme le maillat une tendance à l'aplatissement. En étudiant les travaux du Pinot, nous verrons que cette galerie a peut-être retrouvé la partie rejetée du filon rive.

Etage 165 - 185 : Au niveau 165, le rive a été reconnu de la rue 1 à la rue II. Les rues 2, 3, 4 sont assez mauvaises, la rue 5 très courte, de 4m de puissance est inexploitable car fortement barrée de schistes et de quartz.

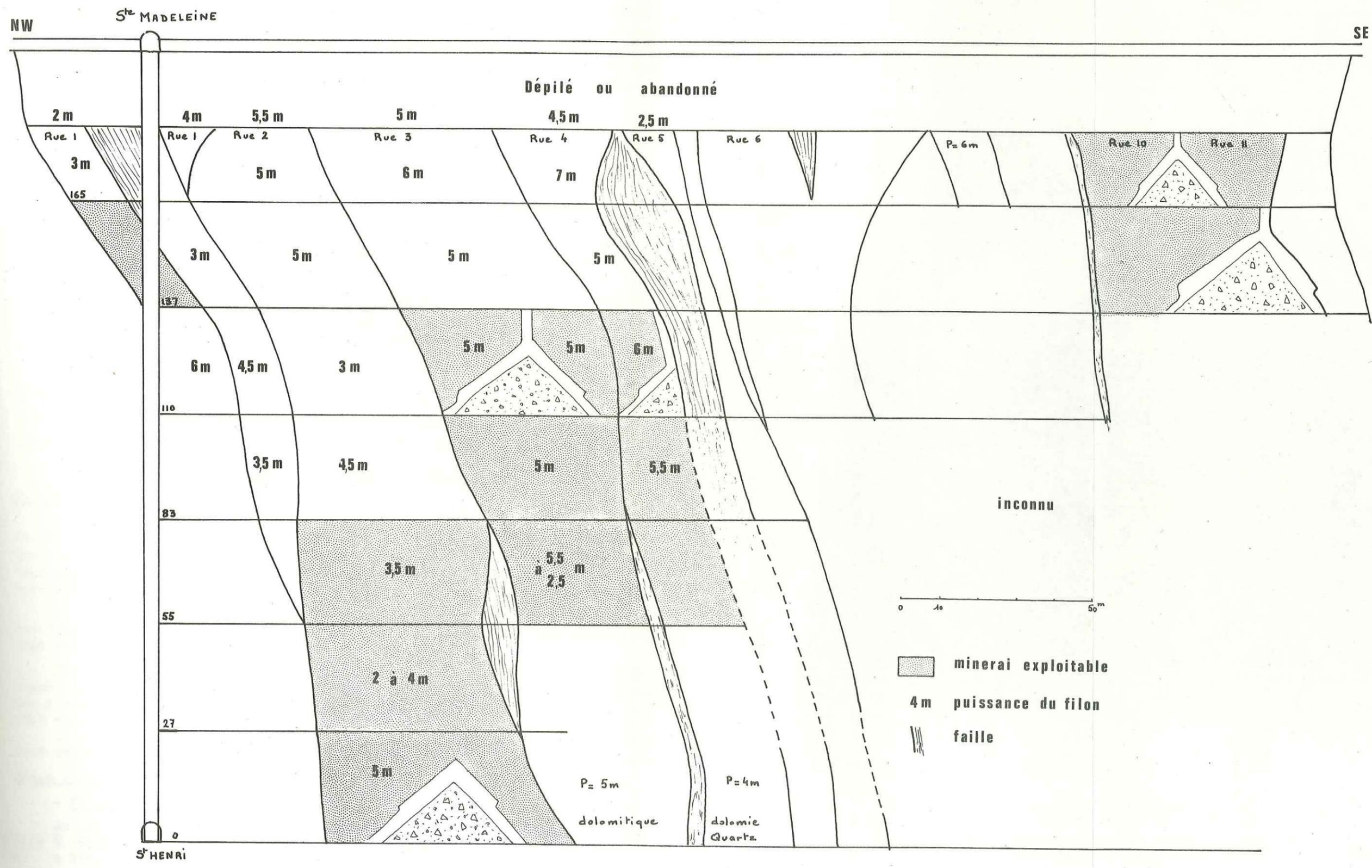
Les rues 5,6,7,8,9 sont aussi inexploitable car très minces et de remplissage schisteux.

La rue 10 d'une puissance moyenne de 3m présente un minerai quartzeux au mur et une bande stérile au toit.

La rue 11 de 5m de puissance offre le remplissage suivant :

- 1m de minerai au toit
- 0,5m de quartz
- 1,5m de schistes
- 0,8m de minerai pur
- 1,2m de minerai quartzeux au mur

COUPE DANS LE PLAN DU FILON RIVE - LA TAILLAT -



Etage 137 - 165 : On retrouve les mêmes conditions qu'à l'étage précédent. Dans les rues 10 et 11 le minerai est très dolomitique et quartzeux.

Etage 110 - 137 : Le niveau a été tracé jusqu'à la rue II qui est inexploitable jusqu'à la rue 5 inclus. La puissance des rues intéressantes varie de 4 à 7m, avec des zones complètement quartzieuses ou schisteuses. Le minerai lui-même est parsemé de gros rognons de quartz. La rue 3 présente le profit suivant :

- toit (micaschistes)
- 1,5m de minerai dolomitique
- 1m de quartz
- 2m de minerai quartzeux et un peu schisteux
- mur (micaschistes)

Etage 83 - 110 : Au nord vers la faille Ste Madeleine la puissance du filon passe de 2,5 à 0,8m. Le minerai étant très schisteux et quartzeux. En montant dans le chantier la puissance croît jusqu'à 5m. En coupe cette rue présente du côté nord de l'abattage :

- toit (micaschistes)
- 2m de minerai quartzeux
- 0,8m de minerai très schisteux
- 0,5m de minerai propre
- 1,5m de minerai très quartzeux
- 0,4m de quartz
- mur (micaschistes)

Etage 55 - 83 :

Etage 27 - 55 : Le minerai est de plus en plus envahi par les schistes et quartzeux.

Etage 0 - 27 : La puissance reste assez grande mais le minerai est dolomitique.

II/ LES FILONS LACHAUME ET DU PINOT (Pl. 36 page 95)

Filon du Pinot :

Au niveau 205 (Ste Madeleine) un TB creusé vers le nord à partir du puits Ste Madeleine, a rejoint le filon du Pinot exploité en affleurements par de vieux travaux. Déjà à l'époque du Creusot on ne pouvait plus visiter les travaux mais les archives précisent que l'on avait rencontré un maillat pur et un rive orgueilleux accolé (rive orgueilleux = composition intermédiaire entre le rive et le maillat).

Le rive aurait atteint une puissance de 4m, le maillat beaucoup moins (1,5m). Les deux filons se rencontraient sous un angle très aigu, selon une direction générale NW - SE, l'ensemble affecté par de nombreuses failles.

En 1902, au niveau 110, un TB partant du sud de la rue 04 du maillat Ste Madeleine, rencontre à 300m de son origine, un maillat de 3m, quartzeux et schisteux, que l'on assimilait à l'époque au filon du Pinot (du niveau 205) et qui se terminait rapidement vers le sud en se pinçant.

Au nord-ouest, on a retrouvé les rues 1, 2 et 3, puis des failles interviennent qui le font disparaître. Le filon est beaucoup plus disloqué qu'à l'étage 205.

Filon Lachaume :

- filon Lachaume sud (de A vers C)

Au niveau 110, à 180m de l'entrée, le TB du Pinot a rencontré un rive de direction N 160°E. Vers le sud, la puissance est au début de 80cm.

A 21m le filon est coupé par une faille NE-SW, à pendage SE très fort derrière laquelle on le retrouve avec rive et maillat accolés.

Voici en cet endroit la disposition du remplissage:

- toit (micaschistes)
- 1,5m de rive quartzeux et très pyriteux
- 1 à 5 cm de quartz
- 0,6m de maillat peu pyriteux
- mur (micaschistes)

Deux mètres plus loin, on rencontre une nouvelle petite faille; 48m après, le filon s'arrête contre une faille NE-SW, pendage 70°SE. En la suivant vers le SW on trouve à 38m un peu de rive orgueilleux (puissance 50cm).

- filon Lachaume nord (de A vers E)

Du côté nord, le filon a été suivi assez loin. Sur 42m de longueur la puissance a varié de 1 à 2m; au-delà elle tombe à 50cm.

A 85m du TB du Pinot, le filon Lachaume nord est arrêté par une faille EW et pendage SE, qui a été suivie à droite et à gauche sans résultats.

On a défilé dans ce filon un minerai d'excellente qualité sur une hauteur de plus de 10m.

Au niveau 205, l'ancien TB du Pinot n'a pas retrouvé le filon Lachaume mais il semble qu'on le connaisse en affleurements.

III/ LES FILONS CROISEURS (Pl. 36 page 95)

Le croiseur du Puits :

Ce filon a été rencontré par le TB Ste Madeleine à proximité du puits. Sa direction est EW et son pendage N, presque vertical. Il est situé entre les deux filons principaux (rive et maillat) et n'a pas été retrouvé au-dessous de l'étage 165.

Entre Ste Madeleine et le 165, une descenderie qui sert à la circulation, a été pratiquée dans ce filon et permettait de l'observer en détail.

La puissance ne dépasse guère 1m et se réduit parfois à 20cm. Le remplissage est constitué par un très beau maillat presque exempt de quartz, si ce n'est une mince bande continue au toit .

Au niveau 165, à 7,5m à l'est du pied de la descenderie on rencontre une faille qui rejette le filon d'environ 35m vers le sud; la puissance est alors de 1,5m sur 9m de long. Puis une nouvelle faille le rejette encore de 3,5m dans la même direction. Au-delà le filon n'a pas été étudié.

Dans la galerie Ste Madeleine, on pouvait observer, parallèlement au croiseur, un faisceau de filonnets maillat dont l'épaisseur ne dépasse guère 10cm.

Le croiseur du Compresseur :

Ce filon, comme le précédent, est de direction EW; il a été recoupé au niveau 110, à 35m de l'entrée du TB du Pinot: c'est un maillat.

Il est assez régulier d'allure et il est souvent parcouru par des bandes longitudinales de quartz; sa puissance est d'environ 50cm et atteint rarement le mètre.

La galerie qui l'a suivi, a rencontré à 88m du côté sud, un filon rive F, sensiblement parallèle au rive Ste Madeleine-St Henri, d'une puissance de 1,5m qui s'arrête sur une faille à 7,5m de la galerie du croiseur.

A 95m du côté sud, on a trouvé un autre rive FI, de 80cm, puis à 100m du côté nord, un troisième rive F2, appelé filon auriculaire, puissant de 4,5m et qui renferme un minerai fortement chargé de sulfures; la puissance du filon diminue très rapidement et devient presque nulle à 26m où il s'arrête sur une faille.

A 105m la galerie du croiseur a rencontré une faille F3, puis quelques mètres plus loin, un petit maillat assez quartzeux, F4, d'un mètre d'épaisseur.

Les travaux d'exploration n'ont pas été poussés plus avant .

IV/ TECTONIQUE DU GISEMENT DE LA TAILLAT : (Pl. 39 page 99)

A l'étage 205 (Ste Madeleine) les filons Rive et Maillat, de direction parallèle (N 140°E) étaient distants d'environ 150m (micaschistes).

Dans le quartier III, limité au sud par la faille Ste Victoire (N60°E) et au nord par la faille Ste Madeleine (N 70°E) les pendages de ces deux filons restaient relativement constant: 80°NF.

Au nord de cette faille, dans le quartier II, le filon rive n'a pas été retrouvé à l'étage 205.

Le filon maillat existe par contre, jusqu'au berlan (Trias), et suit pendant quelques mètres le contact Pernien-Trias, sa puissance se réduisant alors à quelques centimètres.

A l'étage 110, soit 100m au-dessous, on retrouve le rive du quartier III et le maillat du quartier II pratiquement dans le prolongement l'un de l'autre de part et d'autre de la faille Ste Madeleine.

Cet accident a donc joué de façon dextre et son rejet horizontal est supérieur à la centaine de mètres.

Dans le quartier II, le pendage du maillat varie de 80°NE au niveau 205 à 30°NE à l'étage 110. Cette variation brutale mais régulière (crochon de faille) est certainement lié au mouvement d'accidents cassants NE-SW, dont la faille Ste Madeleine est un exemple.

La partie rejetée du filon rive dans le quartier II correspond vraisemblablement aux filons rives F, F1, F2, F3, F4 que la galerie du croiseur du compresseur a atteint.

Les filons croiseurs (du compresseur et du puits) situés à l'étage 110 de part et d'autre de la faille Ste Madeleine ne seraient qu'un même et unique filon maillat affecté par cette faille et leur mise en place (en tant que fissure de distension) lui serait contemporaine.

Les filons du Pinot et de la Chaume, de même, semble avoir été rejetés de part et d'autre d'un accident EW.

Lieu de prélèvement	Fe %	Mn %	SiO2 %	CaO %	S %	MgO %	Al2O3	P
Taillat	33,5	1,98	14,05	1,74				
	30,8	1,57	18,48	3,30				
	27,6	1,68	13,93	2,35				
	30,4	1,74	11,0	1,16				
	33,1	1,75	10,0	3,35				
Rive	25,9	1,51	13,9	3,95				
	33,8	1,81	11,4	2,18				
	29,9	1,82	11,1	1,70				
	35,5	1,98	9,26	2,33				
	33,7	1,84	10,16	4,10	0,19	4,86		
rue 10-11	32,4	1,59	10,5	5,10	0,14	4,48		
	34,10	2,08	16,89	1,10	0,61	3,98	0,175	
Maillat	40,6	1,36	9,20	1,74				
	34,1	1,19	12	2,2A				
	33,3	1,13	28,8	1,95				
	33,6	1,00	32,3	1,11				
	34	1,10	9	1,74				
	33,2	1,35	9,26	1,8				
	34,3	1,26	9,3	1,4				
	34,2	1,34	9,0	1,1				
	34	1,27	14,1	1,09				
	33,7	1,20	12,2	1,05	0,24	8,7		
rue 05	34,3	1,19	6,7	1,7	0,07	9,1		
	33,7	1,1	11,1	2,06	0,09	8,0		
rue 02	31,7	2,4	4,8	8,03	0,07	5,7	0,10	0,02
rue 04	29,6	1,9	4,3	9,5	0,12	8,4	0,25	0,02
<u>TAVERNES</u> Oligiste	66,56	0,40	1,28	1,20	0,082	1,8	0,43	
<u>PINOT</u> Maillat	34,02	1,30	7,30	2	0,12	6,64	1,41	

Analyses du minerai de fer datant de l'exploitation (novembre 1911)
(archives Forges d'Allevard)

M/ CONCESSION DE CROIX RECULET (L)

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 94 hectares

Cette concession de faible surface, a cependant été la plus productive après celle de la Taillat (J). Les filons nombreux et rapprochés (appartenant au groupe du Bens) fournirent un minerai d'excellente qualité (essentiellement rive).

- FILON DE LA GRANDE BRACHE:

Ce filon, nommé aussi la Toux, de type rive, de direction EW et pendage S d'une puissance de 2m, a été exploité par 3 galeries.

- Colombet (1163,80m)
- Gd Brache (1189,85m)
- Brache Neuve (1200,20m)
- Galerie COLOMBET (1163m)

Elle a atteint le filon rive Gd Brache a son extrémité inférieure; au-dessous toit et mur se rejoignent et le minerai disparaît complètement. Elle sert plus tard de galerie d'écoulement pour les travaux de Gd Brache et de Petite Brache.

Ce travers bancs recoupe les terrains suivants :

- 30m de terrains remaniés
- 300m de grès permien puis les schistes du socle.

On notera l'absence de trias.

- Galerie Gd BRACHE (1189m)

Cette galerie servait à l'exploitation de la partie moyenne du filon, produisant un rive blanc et noir, assez pur, selon une direction N90°E et 50°S de pendage et une puissance de 2m. Dans certains niveaux les archives notent l'abondance de calcite.

Le filon est traversé par un réseau de failles N 50°E à N 70°E, généralement senestres.

La galerie Gd Brache offre la coupe suivante:

- 45m de terrains remaniés
- 90m de Trias
- faille N 50°E pendage NW, séparant le Trias du Permien
- 50m de grès blancs et rouges du Permien, puis les schistes.
- Galerie BRACHE NEUVE (1200m)

Le filon est identique et parallèle à celui de Gd Brache en direction et nature mais d'une puissance de 3 à 4m, à 50m au nord.

Coupe de la galerie Brache Neuve:

- 15m de terrains remaniés
- 145m de Trias
- faille N 50°E à pendage NW, séparant le Trias du Permien
- 80m de grès blancs et rouges du Permien.

- FILON DE PETITE BRACHE ;

Exploité par la galerie du même nom (altitude 1286, 53m) il recoupe les précédents à angle droit: c'est un maillat noir et blanc, à grains cuivreux N140°E - 40°S, affecté par des failles N 40°E, senestres.

- FILON DE BRACHE BOREL (1188m)

Il a fourni un maillat noir très friable à taches pyriteuses, N 130°E - 70°NE d'une puissance moyenne 1,5m.

Coupe de la galerie BOREL :

- 70m de Trias
- faille N 50°E-NW entre Trias et Permien
- 115m de grès Permien
- faille NS entre Permien et schistes

La direction du Creusot a ensuite exploité par la galerie Vaugraine (altitude 1116,75m) l'amont pendage du filon de Brache Neuve, rive orgueilleux dirigé EW, à fort pendage 75°S, d'une puissance de 3,5m.

De nombreux croiseurs maillats (6 au moins, direction N 140°E, pendage 60 à 80°E) sont connus dans cette région, soit par les travaux de fond, soit par leurs affleurements, sans qu'il soit possible de les identifier à des niveaux différents.

- FILON DE VAUGRAINE (1116m)

Le filon principal (rive de direction EW) présente 2 panneaux minéralisés séparés par une zone stérile qui correspond au passage d'un accident N 50°E senestre; panneau est exploité par la galerie St André (1275, 11m) panneau ouest par les autres galeries.

- Panneau est: du côté est le filon ne sort pas des schistes, avec une puissance de 1 à 2m mais le minerai est très hématisé, parfois quartzeux, peu faillé; les principales directions de fractures sont N 40°E à N 70°E, sénestres. L'exploitation se termine contre un maillat croiseur N 150°E à l'est tandis qu'à l'ouest il se réduit à des filonnets.

A l'aval on est descendu jusqu'à -25m, mais dès -15m la puissance se réduit à 0,80m.

- Panneau ouest: étudié par les travaux de la Croix Reculet, il fournit des rues d'une puissance de 5m avec un excellent minerai, mais les registres d'avancement signalent dans presque tous les travaux la présence de quartz et parfois de schistes, principalement au voisinage des failles. Ce panneau dépilé jusqu'à la côte 1115 est encore minéralisé à ce niveau (un peu quartzeux) mais n'a pas été exploité à l'aval.

A l'extrême ouest le filon se ramifie au contact calcaires dolomitiques - grès permien.

Coupe du travers bancs Vaugraine:

- 180m de Trias
- faille N 50°E pendage NW entre Trias et Permien
- 130m de grès permien
- faille NS, pendage E entre Permien et socle

Dans les grès, le TB a rencontré un petit maillat, probablement celui de la galerie Borel

- 1,20m de minerai
- 0,40 bande de quartz

A 450m de l'entrée, le TB atteint une faille, connue dans les niveaux supérieurs, qui a été suivie à l'est et à l'ouest pour retrouver la minéralisation. On y a reconnu le filon Rive principal sur 200m de longueur, avec des puissances de 1 à 3m, les extrémités est et ouest étant des schistes ou du quartz. La minéralisation était belle. Le dépilage a été complet au-dessus du niveau de Vaugraine, mais aucune tentative ne paraît avoir été faite à l'aval.

- FILON DES LAVANCHES (1233m)

Cette galerie (altitude 1233m) parallèle à Vaugraine, à 100m au nord a recoupé un filon maillat N 140°E à 80m du jour.

- FILON DE ST ANDRE (1275m)

Cette galerie a exploité un filon maillat N 70°E avant d'atteindre les exploitations de Vaugraine est, puis traverse 3 filons maillats croiseurs à 700m du jour.

N/ CONCESSION DES TAVERNES (M)

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 105 hectares

Gueymard cite l'existence de filons atteignant parfois 5m de puissance mais dont le minerai est très chargé de pyrite de cuivre.

On ne retrouve plus actuellement que les traces de 3 fosses:

- FOSSE DES TAVERNES : $x = 892,45$ $y = 344,70$ $z = 1565$

On suit au nord du lac des Tavernes des excavations de direction N 140°E qui se poursuivent vers le SE par les travaux de Montmayen (concession J) et vers le NW par ceux de Corbat et St Jacques.

On est frappé par l'abondance de l'oligiste (rejetée sous le nom de luisard par les anciens mineurs), mêlée à de la sidérite et de l'hématite.

Ce filon de rive noir, très mélangé d'oligiste, donna cependant localement de bons produits. Au fond de cette galerie, il atteignait 2,5m de puissance et avait la même direction que ceux de Gd Brache et Rochefort, presque vertical.

Analyse n° 75

- Galerie CORBAT :

L'accès en est facile par le chemin des crêtes depuis le jeu de Paume. Il ne reste plus que des haldes, riches en oligiste, d'un filon de rive noir à grandes facettes, d'une puissance de 1,5m intact en aval pendage.

- Galerie ST JACQUES :

Elle n'a pu être retrouvée, mais se situe dans le prolongement NW des travaux des Tavernes. On y exploitait un filon de rive noir avec oligiste et pyrite de cuivre, d'une puissance maximum de 1,3m.

De 1850 à 1852, la concession des Tavernes fournit 1220 tonnes de minerai.

O/ CONCESSION PATUREL (N)

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 252 hectares

Cette concession est une des plus vastes, et cependant elle n'a jamais donné que de faibles produits.

Elle renferme deux filons appelés Broglie et Ste Ursule.

"

- Fosse DE LA DRUGE :

Cette très ancienne fosse exploitait un rive noir de bonne qualité

- Fosse PATUREL : $x = 891,13$ $y = 343,13$ $z = 1420$ à 1450

On accède difficilement à des haldes importantes (sidérite et quartz) recouvertes d'un épais tapis végétal et restes d'un filon maillat blanc cuivreux d'une puissance de 2m, de direction N 140°E, pendage 70°SW.

Analyse n° 79

- Fosse GENIVELLE BELIN : $x = 890,80$ $y = 342,90$ $z = 1420$ à 1450

On ne retrouve plus en surface que de nombreuses haldes de sidérite très altérée et de quartz, et des effondrements suivant une direction N 150° E restes d'un maillat noir de 2m de puissance.

- Fosse GENIVELLE DE THEYS : $x = 890,75$ à $891,05$ $y = 342,80$ à $342,70$
 $z = 1400$ à 1475

En rive droite du ravin du Bois de la Belle Aiguette, dans les nombreux grattages étagés sur 300m selon une direction N 150° E, on trouve de la sidérose à grandes lames et du quartz.

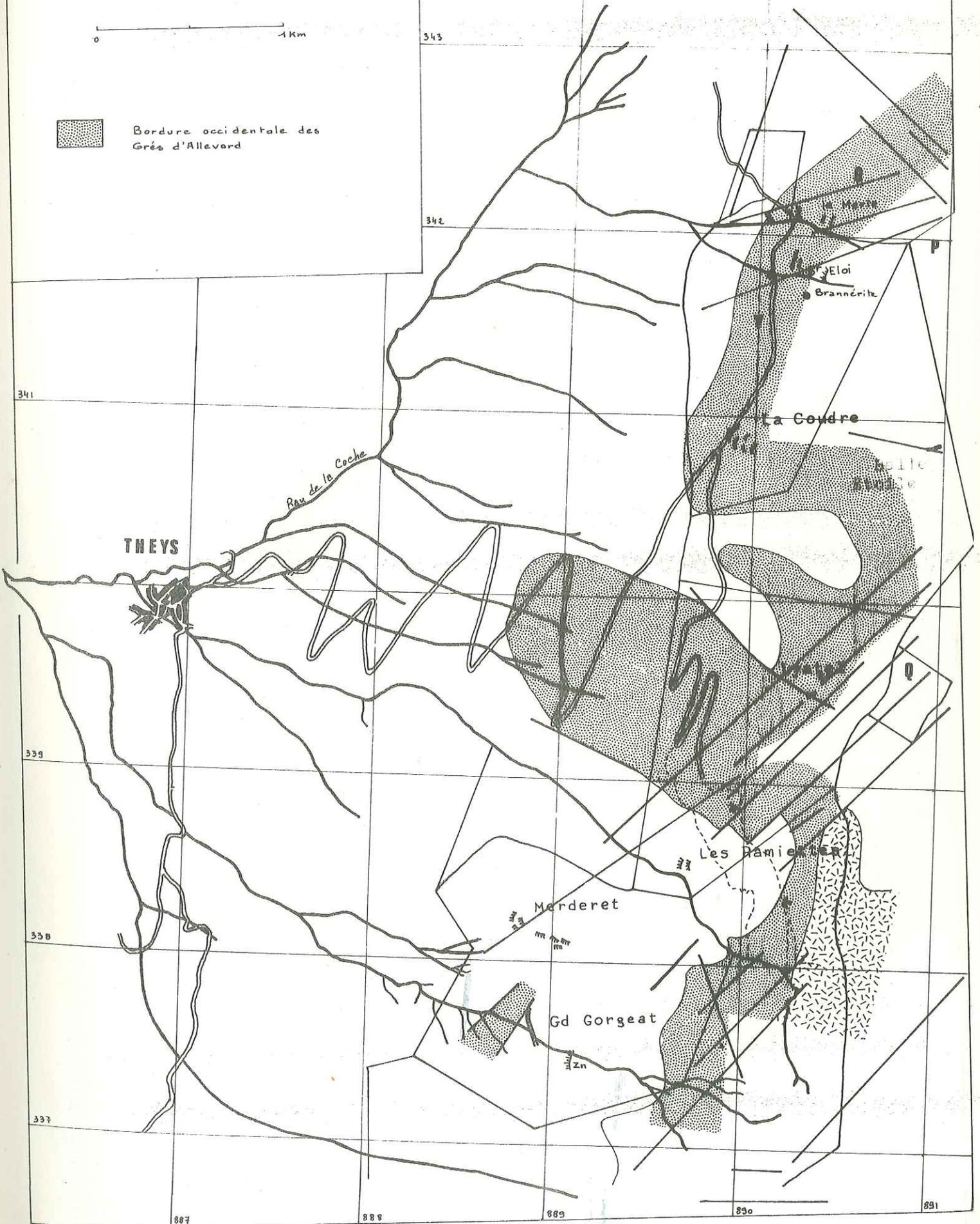
SIDERITE - ANALYSES

Concessions	n°	FeO	MnO	MgO	CaO	Fe2O3	CO2	Cu	Zn	Ni	Ca	Cd	Co	Mn	Fe	Ag	Ti	Sb
F	64	46,7	2,41	4,94	1,27	4,42	23,60											
	66	49,4	2,58	5,87	0,70	4,30	34,58											
G	60	39,60	1,10	9,94	0,38	8,26	32,66											
	61	0,43	0,60	-	0,05	35,2	-											
	1							120	120	750	1200	8	20	5500	18%	1	20	45
	1B							70	160	100	2000	10	55	1,5%	29%	2	10	-
J	67	49,61	2,03	4,61	0,52	0,99	34,84											
		49,33	2,10	4,68	0,58	2,05	34,30											
		49,15	1,97	4,56	0,49	1,57	34,91											
		48,97	2,09	4,60	0,51	2,85	34,25											
	70	-	2,21	0,38	-	68,84												
	74	-	0,84	0,22	0,11	35,12												
		-	1,51	0,62	-	65,20												
	2 22								70 240	280 260	300 280	2700 2800	15 20	40 50	1,45% 1,55%	33% 33%	2 2	ND ND
L	4							70	220	950	1500	5	20	4000	12%	1	5	60
	3							50	380	500	2000	10	40	8000	25%	1	-	-
M	91	41,4	3,18	3,59	0,49	17,02	29,00											
		45,8	2,74	5,38	0,42	2,87	33,65											
	75	0,12	0,46	0,14	0,04	21,24	0,14											
N	78	26,7	0,79	8,10	0,26	7,76	22,48											
	79	-	0,96	0,34	0,19	81,9	0,53											

Concessions Région de THEYS



Bordure occidentale des Grès d'Alleverd



P/ CONCESSION LA FEUILLETTE (X)

Institution : 11.05.1833
Superficie : 13 hectares

- Galerie de LA FEUILLETTE x = 890,45 y = 344,18 z = 1050

455 quintaux seulement furent exploités et non vendus car le minerai de mauvaise qualité était trop chargé de pyrite cuivreuse.

Analyse n° 76

Q/ CONCESSION LA PIOUSLAZ (Z)

Institution : 11.05.1833
Superficie : 29 hectares

- Fosse de LA PIOUSLAZ x = 890,25 y = 343,58 z = 1090

Cette fosse située au-dessus et en rive droite du torrent du Gd Plan exploitait un filon de maillat noir et blanc de 0,5m de puissance qui ne donna que de faibles produits.

Analyse n° 77

- Galerie DU RUISSEAU :

Elle fournit 30 tonnes d'un maillat noir, très pyriteux, avec chalcopryrite, d'une puissance moyenne de 1,8m, de direction N 40°E, à pendage 45°S.

R/ CONCESSION LA GENIVELLE (O)

Institution : le 15.01.1817
Superficie : 75 hectares

Cette concession située trop loin des hauts fourneaux d'Allevard, n'a connu qu'une exploitation peu importante (82 tonnes entre 1851 et 1852).

- Galerie GENIVELLE x = 890,87 z = 342,56 z = 1450

Il ne reste que des haldes très recouvertes par la végétation d'un filon maillat blanc, de 5 à 6m de puissance, très magnésien, avec plusieurs veines de quartz régulières et parallèles.

S/ CONCESSION GIRODET (P)

Institution : le 30.11.1825
Superficie : 368 hectares

Cette concession est une des plus grandes mais jusqu'à présent elle a été presque improductive car elle se trouve dans les régions les plus élevées de la montagne de Theys à une grande distance d'Allevard.

Gueymard y avait noté la présence d'un filon de maillat noir mélangé de quelques grains pyriteux; l'amont pendage avait fait l'objet de quelques grattages mais le bas est encore vierge.

L'ensemble de ces travaux n'a pas été retrouvé.

T/ CONCESSION LES VIOLETTES (Q)

Institution : le 14.05.1826
Superficie : 11 hectares

Cette concession n'a jamais été bien active à cause de son éloignement d'Allevard. D'après Gueymard, il existe cependant plusieurs filons verticaux, de faible puissance, offrant un minerai de mauvaise qualité, riche en pyrite de cuivre.

U/ CONCESSION DE CUL PLUME (R)

Institution : le 11.11.1829
Superficie : 80 hectares

Ces travaux n'ont pu être retrouvés. Les archives citent l'existence de la galerie de Cul Plumé qui exploita un maillat pyriteux de 0,6m de puissance, jusqu'à 8m de profondeur et fournit en 1852, 21 tonnes de minerai.
Les filons de type rive fin étaient bien réglés au début puis s'étranglaient en profondeur.

V/ CONCESSION DU LYATEL :

Institution : le 12.02.1856
Superficie : 185 hectares

On ne retrouve de ces travaux que de très vagues haldes

$$x = 889,70 \quad y = 338,50 \quad z = 1450$$

La galerie inférieure des Ramiettes avait atteint un filon de maillat noir.
La galerie Mexico, creusée en 1863, traverse pendant 75m les grès permien sans atteindre le filon.

W/ CONCESSION DU GRAND GORGEAT :

Institution : le 7.04.1849
Superficie : 160 hectares

Jusqu'en 1856, il n'y eut aucun travail important à la galerie du Gd Gorgeat, en rive droite du ruisseau de Pierre Herse.

Cette galerie, encore accessible de nos jours, est ouverte dans les grès permien (N 40°E - 50°W) puis atteint 10m plus loin un filon de sidérite cuivreuse (150°E - 70°NE) dans les micaschistes.

Le contact socle-Permien est tectonique: faille N 50°E - 75°SE .

Le filon a été suivi en direction vers le nord et le sud. Au nord les travaux gênés par l'abondance des eaux se sont arrêtés en plein avancement; par contre au sud, ils se poursuivent sur l'autre rive du torrent sous forme de tranchées. La structure minéralisée s'étend sur plus de 200m.

- Galerie DU GD GORGEAT $x = 888,80 \text{ à } 85$ $y = 337,58 \text{ à } 76$ $z = 1280$

On observe des inclusions rondes de chalcopryrite dans la sidérite et aux épontes, spécialement dans le quartz nouvellement formé. Les venues de cuivre sont plus récentes; on trouve aussi des cuivres gris.

La sidérite est massive, avec des liserés de quartz, beaucoup de pyrite cuivreuse, et des bandes parallèles d'ankérite.

- Galerie DU MERDARET $x = 888,75 \text{ à } 889$ $y = 338,20 \text{ à } 328,04$ $z = 1360 \text{ à } 1390$

L'accès est facile depuis les travaux du Gorgeat, mais il ne reste plus que de nombreux grattages peu profonds et des haldes très boisées.

Des blocs de blende fine, mielleuse ont été trouvés au niveau de ces travaux mais non en place (voir analyse n° 10).

X/ CONCESSION DES HERINES :

Institution : le 5.08.1861
Superficie : 371 hectares

Tous ces anciens travaux n'ont pas été retrouvés.

En 1858 une galerie horizontale a recoupé à 45m du jour, un filon vertical jadis gratté en surface. La minéralisation a 2m de puissance, une direction N 120°E, un pendage 80°NE.

A 300m des Hélines, 2 puits inclinés, Louis de Pipet et Fontaine Froide ont repris d'anciens travaux.

Y/ CONCESSION DU MERLE (Y)

Institution : le 25.11.1832
Superficie : 120 hectares

Cette concession, d'accès facile par la route sud du Col du Barioz mais très éloignée des hauts fourneaux d'Alleverd, ne connut jamais un très grand développement. Cependant il existe 2 groupes de travaux:

- Galerie DE LA COUDRE : $x = 889, 00$ $y = 340, 00$ $z = 1370$ à 1420 .

Sous une épaisse couverture forestière, il ne reste que de nombreuses haldes et des scories de four, d'un filon de rive noir assez dur, de direction N 145°E, pendage 70°NE, d'une puissance de 1m assez régulière.

- Galerie DU MERLE : $x = 890, 18$ $y = 324, 10$ $z = 1200$

Les travaux étagés verticalement dans la forêt exploitent un filon maillat, N 40°E 70°SE, très clair. Dans certains échantillons des fragments de sidérite bien cristallisée, flottent dans une masse de quartz d'aspect poreux, très finement cristallisé ; cette sidérite a été analysée (voir paragraphe sur les lanthanides page 141). De nombreux blocs de grès permien, assez fins, riches en muscovite, sont parcourus de filonnets de sidérite bien cristallisés.

Dans les haldes enfin, on trouve en abondance de la chalcopryrite, et des petits amas de cuivres gris avec quelques traces de malachite et azurite.

Les archives signalent l'existence d'une mine d'or dans la Combe de Theys, au-dessous du lac de Sèche-Dent, dans un bois de sapin, sous les ruines des mines de fer spathique, offrant quelques rognons irréguliers et rares de cuivre gris pyriteux aurifère.

Cet indice fut présenté comme très riche par Y. Michel de Serre en 1651.

En suivant la route sud du Col de Barioz, et à une centaine de mètres au sud du Merle, un bel affleurement de Permien permet différentes observations.

- Dans les niveaux rouge lie de vin, des phénomènes de décoloration le long de diaclases; les circulations d'eau transformant le fer ferreux en fer ferrique, la roche prend une teinte vert herbe.

- Un peu plus haut, dans les faciès gréseux verts, le passage d'une série d'accidents N 120°E, très rapprochés, avec de nombreuses fissures satellites indiquant généralement un mouvement senestre.

Toutes ces fractures, larges de quelques centimètres, sont remplies de sidérite et de quartz, très souvent bien cristallisés.

Dans ces zones tectonisées, on trouve des bandes de grès composés presque en quantité égale de grains de quartz et de nodules carbonatés roux (sidérite). L'explication reste difficile, il pourrait s'agir de circulation de fluides hydrothermaux à la faveur de mouvements tectoniques.

L'idée d'un dépôt contemporain de ces carbonates pendant la sédimentation ne semble guère plausible.

Z/ CONCESSION DE LA CHEVRETTE :

Accès : à partir de la route Alleverd-Pinsot, on suit la piste forestière qui borde le Veyton jusqu'au Pont Haut.

- Filon DE LA CHEVRETTE : $x = 897, 65$ $y = 347, 88$ $z = 1160$

Le filon de sidérite de la Chevrette a une direction N 20°E, un pendage 70°SE dans un encaissant de micaschistes décolorés (N25°E - 60°SE).

Sa puissance au sud est de 5 m, au nord elle n'est plus que de 3,5 m. On l'a exploité en partie à ciel ouvert. Il reste une clef au sud pour empêcher les épontes de se joindre.

Le minerai est un rive, renfermant beaucoup de cuivre pyriteux, surtout dans la partie haute du filon.

SIDERITE - ANALYSES

Concessions	n°	FeO	MnO	MgO	CaO	Fe2O3	CO2	Cu	Zn	Ni	Ca	Cd	Co	Mn	Fe	Ag	Ti	Sb
P	81	2,20	1,39	0,07	-	72,68	-											
Y	80 (fin)	41,06	1,00	13,14	0,42	9,90	34,01											
	80 (gros)	42,42	0,67	13,76	0,45	1,14	38,84											
	24A							20	380	340	900	15	60	8000	42%	1	5	-
	24C							1,7%	2400	450	1600	25	60	5800	29%	12	5	5%
	24D							1,7%	3000	1100	800	20	250	800	14%	12	20	5%
Z	77	27,8	0,92	6,38	0,35	4,64	22,44											
	76	42,16	1,18	10,72	0,31	6,00	36,08											
	33 sidérite 10 blende							8400 1100	700 59%	260 20	800 500	20 1600	150 250	1,3% 30	42% 0,85	12 10	5 50	750 1,5%

- Les éléments Cu, Zn, Ni, Ca, Cd, Co, Mn, Ag, Ti, Sb sont donnés en ppm (sauf indications %)

- FeO, MnO, MgO, CaO, Fe2O3, CO2 sont donnés en %

Sur le mur de la galerie du filon, à l'entrée vers le sud, se trouve une belle brèche globiforme ("Je ne connais pas de brèches dans les filons qui puissent être comparées par sa beauté à celle de la Chevrette" Gueymard).

Le centre des noyaux est de micaschistes presque blancs, enveloppés par du quartz blanc cristallin, les ovoïdes étant réunis par un ciment d'une sidérite brune foncée à petits cristaux. Il est à noter que cette brèche n'existe qu'au mur du filon.

Analyse n° 91

3°) LA SOURCE THERMALE D'ALLEVARD :

" A Allevard, point de traditions anciennes sur la source minérale d'Allevard, point de restes de thermes romains, point d'antiquités qui constate une réputation médicale fondée sur une longue expérience" (Dupasquier 1841).

En effet, la source thermale apparaît en 1791 lors d'un tremblement de terre.

L'eau sulfureuse s'écoule alors sur les bords du Bréda, formant une boue noire en arrivant au contact de l'air.

Dès les premières années après le tremblement de terre qui permit aux eaux de faire surface, les gens avaient été frappés par l'odeur fétide d'oeuf pourri et par les boues noires et glaireuses qui entouraient le griffon.

L'eau limpide et claire à la source se trouble et noircit à l'air. Le fer contenu dans l'eau s'oxyde et se transforme en sulfure de fer à la suite d'un contact prolongé avec l'air.

L'eau est à une température très constante de 16° (variation 0,1 à 0,2°). Le Bréda a une température moyenne de 7°.

Le débit est 1,7 à 1,9 litre/seconde soit 150 000 à 160 000 litres/jour. Cette eau sert de baromètre régional; par mauvais temps, la pression étant faible, l'eau se dégaze plus facilement (phénomènes des pressions partielles des gaz dans un liquide): l'odeur d'H₂S est alors très forte.

Composition de l'eau minérale d'Allevard (analyse Institut Pasteur 1968 :

H ₂ S	24,7 Cn ₃	pour 1 litre	HCO	363 mg/l
CO ₂	97		Cl ⁻	336
N ₂	41		SO ₄ ⁻	667,5
K ₂ SO ₄	0,194 gr		Ca ²⁺	183,3
Na ₂ SO ₄	0,930		Mg ²⁺	57,2
NaCl	0,127		K ⁺	5,8
CaCl ₂	0,400		Na ⁺	348,8
Po ₄ Ca	0,004		SiO ₂	13,9
CO ₃ Mg	0,136			
CO ₃ Ca	0,176			
CO ₃ Fe	0,0005			
CO ₃ Mn	0,00008			
CO ₃ Zn	0,00006			
acide arsenique	0,04			
acide silicique	0,08			
iode	présence			

en éléments traces (pas de dosage)

Mg, Ba, Sr, Fe, Antimoine, Ag, Bi, Cu Sn, Cr, Ga, Gr, Ni, Pb, Ti, Zn, B très riche. La résistivité de l'eau est de 390 ohms (eau normale 2000 à 3000 ohms).

La source d'Allevard est radio-active 0,11 m μ c/l .

- Indices de radio-activité dans le massif d'Alleverd:

Outre la radio-activité de la source thermale d'Alleverd, il existe d'autres zones anormales. La prospection étant essentiellement radiométrique (scintillomètre), la détermination de la plupart des minéraux est souvent délicate et n'a pu être entreprise dans le cadre de ce mémoire.

- la source thermale d'Alleverd (voir page 116)

- radio-activité dans la faille du Bout du Monde (N 50°E) limitant le socle du Permien, sur la rive gauche du Bréda, à une centaine de mètres en amont des forges d'Alleverd.

- radio-activité dans la galerie EDF de St Pierre d'Alleverd, dans une faille (N 40°E) séparant le Permien du socle au PK 1065 (voir page 49)

- radio-activité dans une faille N 50°E passant par le torrent de Malacard et affectant le graben carbonifère, en rive gauche du Bens (altitude 928m).

- en bordure de l'accident N 50°E, qui détermine la grande Bouine, au pied du Crêt Luisard, et dans les grès oxydés et schisto-pélicites de l'Autuno-permien, on a trouvé quelques petits prismes à section losangique, en assemblages parallèles, à éclat gras métallique de brannérite (TiO₂, UO₃, UO₂, ThO₂, Y₂O₃ (Ca, Fe) O) déterminés par diffraction X.

Ce minéral connu aussi à la Gardette (au-dessus de Bourg d'Oisans) et associé à la sidérite, a été découvert après tri au scintillomètre des halles d'un filon de quartz et carbonates altérés.

3°) TECTONIQUE ET MINERALISATION DANS LE MASSIF D' ALLEVAR: (Pl. 42 page 119)

Dans le massif d'Allevar, les gîtes minéralisés, tous de type filonien se groupent dans une bande d'axe N 20°E, de 1 à 2km de large, dont la limite ouest correspond au contact Permien-Trias; la limite est suit une ligne joignant la bordure orientale des concessions.

Les secteurs minéralisés en carbonates spathiques et sulfures, coïncident toujours avec des zones intensément fracturées: des failles méridiennes limitent latéralement ces secteurs, tandis que des failles transverses (NE-SW) à pendage SE ou vertical, hachent régulièrement le massif et provoquent des décrochements marqués.

La majorité des filons connus est à l'ouest du graben houiller du Grand Collet, le gîte de la Chevrette, isolé à l'est de ce graben apparaît comme anormale.

Les principales directions minéralisées sont au nombre de 3:

- N 40°E
- N 80°E
- N 140°E

D'une façon générale, les filons rives ont une direction moyenne N 80°E qui devient N 140°E pour les maillats. Il existe naturellement des exceptions:

- filons croiseurs maillats E-W
- filons rives N 140°E comme celui de Ste Madeleine

Un certain nombre d'éléments sur lesquels nous reviendrons, tendent à prouver que les rives sont plus anciens que les maillats:

- les sidérites rives sont encaissées uniquement dans les micaschistes du rameau externe (et ne pénètrent jamais dans le Houiller) tandis que les maillats traversent indifféremment les schistes cristallins et les grès de l'Autuno-permien. Ils butent néanmoins toujours sur les contacts permo-triasiques, qui dans cette partie du massif, sont généralement tectoniques.

- les contenus d'inclusions fluides des quartz accompagnant le rive indiquent des conditions de mise en place plus profondes que pour le maillat. Dans ce dernier type de sidérite, les contenus d'inclusions sont de plus sensibles à la proximité de la pénéplaine antétriasique (voir quatrième partie). On trouve aussi certaines analogies entre les inclusions des quartz du rive et celles de certains galets de quartz des conglomérats houillers (voir page 40), vraisemblablement d'origine hydrothermale.

- enfin de nombreux maillats croisent les rives.

Du point de vue chronologique, la sidérite rive serait antérieure au Houiller ou éventuellement contemporaine, le maillat s'étant mis en place au moins au Permien; nous serions même tentés de lui accorder un âge fini-triasique.

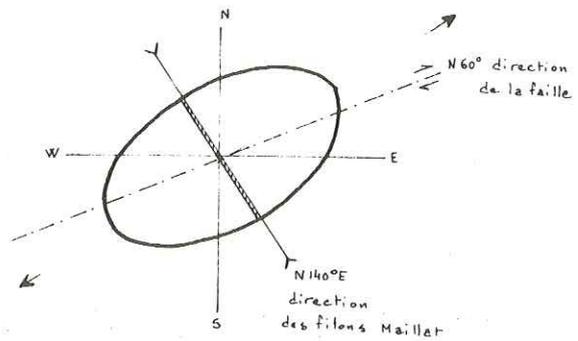
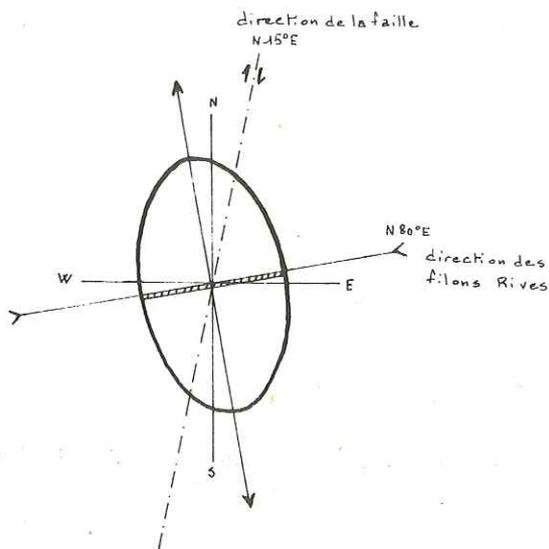
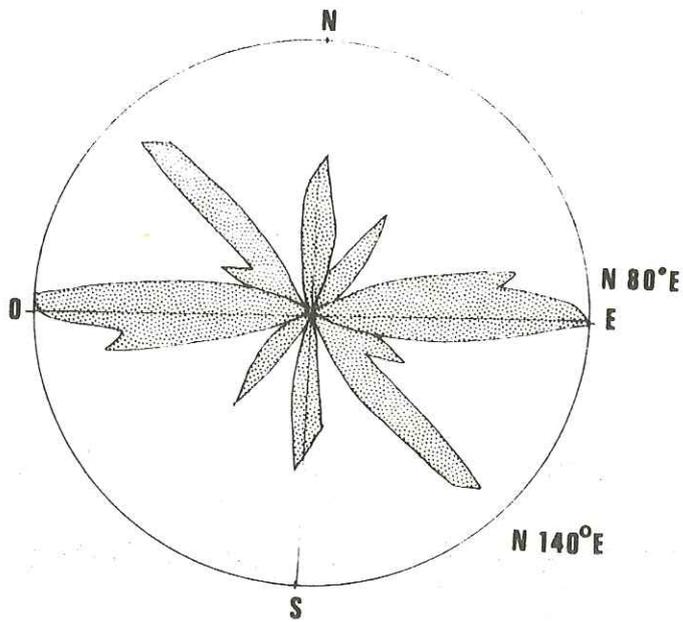
- existence de filonnets de sidérite dans les spilites du Col du Barioz.

- pas d'altération des filons maillats près de la pénéplaine antétriasique. Cette altération, dans le cas d'une mise en place des filons au Permien, aurait dû se produire quand on connaît la facilité d'oxydation de la sidérite à l'air.

- la minéralisation terminale des gîtes encaissés dans le Permien, se présente sous forme d'une multitude de fissures et il semble que ce matériau, encore mal induré, transmettait difficilement les efforts tectoniques.

- enfin le Trias est une période riche en carbonates et à activité magmatique importante (spilites).

Directions mineralisees



-1. Tectonique Filons Rives

-2. Filons Maillats

Les différents indices minéralisés que nous venons de décrire, se placent rarement d'une manière exacte sur les très grandes fractures du massif (par exemple failles NS du graben houiller, accidents NE-SW...) mais par contre ils se situent très souvent à proximité, sur des failles moins importantes et obliques sur la direction de la faille majeure.

- Tectonique des filons rives (N 80°E)

Dans la montagne du Collet, les gîtes presque exclusivement de type rive se concentrent à l'ouest et très près du graben houiller qui partage le rameau externe de la Table au nord, au Col du Merdaret au sud.

Le socle de micaschistes est parcouru par un réseau dense de fractures NS et la schistosité moyenne des micaschistes suit la même direction (N 10°E). Ces failles NS ont un rejet vertical certain car elles abaissent les compartiments ouest, mais le rejet horizontal reste inconnu par manque de niveaux repères.

La direction des filons rives oscille entre N 60°E et N 100°E; si l'on admet leur mise en place dans des fractures de distension, leur direction générale N 80°E devrait être voisine de la compression maximale.

Cette direction est en accord avec la schistosité. Le graben houiller s'est formé en période de détente tectonique, sur des joints préexistants datant de l'orogénèse hercynienne. On peut admettre que ces fractures NS ont fonctionné d'abord en cisaillement horizontal, les lèvres subissent un glissement relatif peu important mais suffisant pour déterminer l'apparition de fissures satellites de distension minéralisées.

Le mouvement de ces failles NS serait dextre et l'on aboutit au schéma de la figure 1, Pl. 42), donnant une direction de compression maximale N 50°E.

- Tectonique des filons maillats (N 140°E)

A partir du Permien, le massif d'Allevard est soumis à une poussée d'axe E-W à NW-SE; les filons maillats, plus puissants et plus longs que les rives, de direction N 140°E, paraissent liés à des failles transverses NE-SW recoupant et décrochant les accidents méridiens (le synclinal houiller).

Une nouvelle schistosité N 40°E se crée dans les micaschistes en relation avec ces fractures transverses, direction identique à la schistosité de fracture de la couverture sédimentaire.

Dans un premier temps, des tensions ouvrent des fissures N 140°E où se mettent en place les filons maillats. Puis ces tensions s'accroissent pendant la montée du fluide carbonaté expliquant par exemple le crochon souple et dans l'espace que forme le maillat de Ste Madeleine dans le quartier 2 à l'approche d'une faille N 60°E. Il est vraisemblable que dans le même temps commençait le chevauchement du flanc est du synclinal d'Allevard toujours en relation avec les mêmes accidents transverses. Plus tardivement (à partir du Jurassique?), certainement après la cristallisation des fluides hydrothermaux, ces tensions deviennent ~~mouvements~~ cisailants et découpent tous les filons dont les différents panneaux sont décalés dans un rejet dextre.

La taille importante des cristaux maillats traduit bien une mise en place dans des fissures de distension; cette seconde venue de sidérite correspondrait à une remobilisation du foyer "magmatique" par la tectonique: ainsi l'accident de Fond de France affecte profondément le socle cristallin puisqu'il décale le granite des Sept Laux par rapport au granite d'Epierre.

Dans le massif d'Allevard, il s'agirait alors de gisements dans lesquels les phases minéralisantes se sont succédées de façon assez nette en fonction de la tectonique.

4°) RECHERCHES MINIERES POUR CUIVRE DANS LE MASSIF D'ALLEVARD

Nous avons vu que le cuivre existait dans les différents filons de sidérite. En règle générale, on ne peut dissocier l'exploitation du cuivre de celle du fer: il faut donc exploiter le fer et prendre le cuivre lorsqu'il se rencontre. A St Georges d'Hurtières (Aiguebelle) une exploitation sélective de cuivre pouvait s'envisager sachant que la chalcopryrite se concentrait de préférence dans les zones de torsion du filon. Dans le massif d'Allevard nous ne disposons pas de guide tectonique mais par contre les filons rives sont plus riches en sulfures que les maillats.

Il est bien certain, d'après ce qui précède, que le minerai que pourraient trouver les recherches à partir des galeries St Henri et Ste Madeleine ne serait pas exploitable; en effet l'Ingénieur des Mines Compain, dans un rapport du 8 octobre 1928 estimait à 50 000 tonnes, le minerai connu dans le gîte de la Taillat par des galeries de traçage.

Les travaux miniers fournirent à la Compagnie du Creusot environ 1 million de tonnes de sidérite à la Taillat, et 200 000 tonnes dans la concession de Croix Reculet.

Les filons de la Taillat proprement dits ne donnent guère d'espoir. Ils sont nettement arrêtés au nord par le Trias et au sud leur remplissage devient presque complètement quartzeux et schisteux sur toute la hauteur.

Nous avons vu qu'au dessous du niveau 1000m le rive devenait essentiellement dolomitique, tandis que le maillat donnait peu d'espoir de s'améliorer.

Il faudrait donc orienter les recherches (de la sidérite, pour le cuivre) du côté des filons dont l'exploitation est arrêtée depuis longtemps d'une part, et d'autre part se pencher sur les parties du massif où il n'existe pas de travaux mais où les indices sont connus (partie sud et versant est du chaînon Gd Rocher - Allevard).

En ce qui concerne les vieux travaux, les principaux sont situés au sud de la Taillat et leurs affleurements sont très visibles en suivant la ligne de crête du chaînon Gd Rocher-Allevard, du Bens aux Tavernes soit sur une longueur de plus de 2km.

Tous ces affleurements ont été fouillés par les anciens sur une profondeur qui ne paraît pas avoir dépassé 150m. Le minerai était de l'hématite.

Il est certain que le dépilage n'a pas été complet, mais on a enlevé par la suite une partie des piliers de protection et la reprise du reste poserait de gros problèmes à partir des anciennes galeries.

L'arrêt à cette profondeur a dû avoir fréquemment pour cause des difficultés matérielles, mais il semble aussi, d'après les documents, que les filons diminuaient de puissance et de richesse en profondeur.

L'examen du plan 34 permet de diviser les gîtes en 2 groupes:

- 1°) ceux dont les affleurements sont situés dans la région du Bens, et qui ont été étudiés par des travaux relativement récents,
- 2°) ceux dont les affleurements sont situés entre le Col de Pomine et le Lac des Tavernes et sur l'étude desquels nous sommes très peu renseignés.

Dans la région du Bens on a fait en 1885 une recherche dans l'un des filons à partir de l'affleurement. Mais à moins de 20m de profondeur le filon était "très mélangé"; c'est la cause de l'arrêt de l'exploitation et cette recherche n'a pas été poussée plus avant.

On a essayé de retrouver les filons du Bens en partant des travaux de St Henri (niveau 137); des sondages horizontaux ont été faits (100m) sans résultats si ce n'est des filonnets de quartz. Toutefois on ne peut admettre que la question soit résolue .

Il existe de nombreux affleurements de moindre importance tels que Ste Julie et St Louis et qui ne paraissent pas avoir été l'objet de travaux importants. La galerie Ste Victoire, faite pour les étudier, a rencontré en 1853 un filon dont on a tenu les épontes sur 40m de longueur mais à remplissage presque complètement quartzeux. Repris plus tard, ce travail a été poussé jusqu'à 120m. Le filon est resté peu exploitable.

En 1789-1880 on a dépilé l'amont pendage de ce filon quartzeux très accidenté qui s'est perdu dans les schistes.

Les filons de Vaugraine font partie du groupe du Bens et les travaux y ont été fort développés.

Le filon (E-W) s'arrête à l'est dans une zone quartzeuse et à l'ouest il se réduit à des filonnets dans le Permien. La minéralisation a aussi été étudiée par descenderies. On est descendu jusqu'à -25m dans un minerai toujours très quartzeux mais dès -15m la puissance n'était plus que de 0,3m (constatations de M. PICOT(1869) dans la galerie St André.

Le dépilage a été complet au-dessus du niveau du TB Vaugraine. Aucune tentative ne paraît avoir été faite à l'aval.

Il reste donc à l'aval du niveau 1115m un filon rive sans compter des maillats croiseurs de moindre importance.

Il résulte de ce que nous savons sur Vaugraine:

- que le panneau est exploité jusqu'à la côte 1275 (St André) est presque complètement serré à la côte 1260. Il n'y a donc pas lieu d'entreprendre une recherche à un niveau inférieur.
- que le panneau ouest dépilé jusqu'à la côte 1115 est encore bien minéralisé à ce niveau mais un peu quartzeux et n'a pas été étudié à l'aval.

Pour rechercher l'aval de la zone ouest 2 moyens se présentent :

- profiter des anciens travaux,
- faire des travaux complètement neufs.

Nous avons vu qu'il était inutile de rechercher la zone est qui tourne au quartz et se serre à la côte 1260. Ceci doit rendre prudent pour la recherche de la zone ouest dont la minéralisation risque de s'appauvrir en profondeur rapidement comme cela a été constaté à St Henri et St André. Mais il pourrait cependant rester encore une centaine de mètres de minerai convenable.

Une galerie de recherche par le niveau 110 de St Henri, qu'il faudrait prolonger de 800m environ, serait indiquée. Cette galerie recouperait au passage les tracés d'autres filons (Ste Julie, Ste Victoire, Maillat, St André) qui seront vraisemblablement quartzeux. Ce serait malgré tout une grosse dépense pour un résultat incertain.

Cette recherche pourrait se faire aussi par une série de sondages de 300m à 500m, à la côte 1200 en surface.

Dans le groupe de Clarans on connaît plusieurs affleurements répartis dans un espace relativement restreint: 300m.

Tous ces filons ont été exploités anciennement par des fosses dont la profondeur atteignait 70m.

L'exploitation du filon Clarans a été reprise en 1857 par une galerie inclinée qui suivait un bel encaissement dans lequel il restait quelques piliers de minerai. Mais Clarans a été abandonné en 1859 car le filon était très quartzeux: on s'est heurté au stérile dans toutes les recherches aussi bien en direction qu'en profondeur.

Il n'est donc pas étonnant que la galerie des Lavanches, prolongée plus tard, n'ait rencontré aucune trace de minerai, mais seulement des filonnets de quartz qui représentaient les filons à ce niveau.

Dans le groupe de Rochefort on sait seulement que les travaux ont été arrêtés par les venues d'eau mais les documents ne donnent pas de renseignements sur la puissance et la qualité des gîtes à ce niveau.

Arrêtée en 1807 l'exploitation a été reprise en 1837, mais en 1847 le filon devenu quartzeux n'était plus exploitable.

Il convient de signaler le prolongement de la galerie des Lavanches fait en 1918 dans le but de recouper le filon Gd Balme et qui n'avait rien rencontré.

On voit donc, pour les filons de ce groupe, que Gd Balme n'a pas été retrouvé au niveau des Lavanches et que Rochefort est envahi par le quartz.

Il semble donc bien risqué, de même que pour le groupe précédent, d'entreprendre des travaux de recherches.

Dans le groupe des Tavernes, la puissance des filons au fond des travaux (au moment de l'arrêt de l'exploitation) étaient encore de 3,5m, mais d'un minerai très pyriteux, phénomène intéressant si la chalcopyrite y est associée.

Il ne reste que dans ce groupe, où le passage de la sidérite au quartz en profondeur n'est pas prouvé, et où une recherche présenterait un certain intérêt.

D'une manière générale, la présence de grès permien inciterait à rechercher du cuivre dans ces formations. Ces niveaux gréseux ont souvent des teneurs en cuivre exploitables en Allemagne, en Pologne..

Dans le massif d'Allevard, les grès Autuno-permiens de la concession L(Vaugraine) offrent des imprégnations de chalcopyrite, apparemment en liaison avec la tectonique (zone faillée).

Une prospection géochimique de l'Autuno-permien du chaînon du Gd Rocher devrait faire apparaître des anomalies en cuivre, soit sous forme de niveaux gréseux préférentiels, soit de retrouver des filons de sidérite avec chalcopyrite. Tous les indices au sud d'Allevard (Le Merle, Gd Gorgeat, Col du Merdaret) ont en effet été abandonnés en raison de la présence abondante de sulfures.

Quatrième partie :

LA MINERALISATION

Les minéralisations carbonatées et sulfurées du rameau externe de Belledonne, "sueur" des efforts tectoniques hercyniens et alpins, forment un ensemble de gîtes hydrothermaux, dont on retrouve les mêmes types dans les Pyrénées (Baterre, Ainhoa, Baigorri) et dans le massif schisteux rhénan (Siegerland).

Le minerai se présente sous forme de filons verticaux ou à pendage SE à épontes régulières (l'encaissant de micaschistes n'est pas altéré), puissants (en moyenne 2m atteignant parfois 10m); des failles postérieures, remplies d'argiles, compliquent la structure.

Le seul type d'altération que l'on trouve dans la roche encaissante est une décoloration des micaschistes sur quelques mètres de part et d'autre de la caisse filonienne (La Chevrette). Cette décoloration des épontes est caractéristique de la mise en place des filons carbonatés, qui lessivent les ferromagnésiens de l'encaissant.

La sidérite -ou fer spathique - constitue le remplissage principal (70 à 90% du total), souvent sans enclaves de roches encaissantes; cependant "lorsque les filons sont très puissants, des fragments du toit sont intercalés dans le remplissage; on constate d'ailleurs qu'ils ont généralement au mur une salbande nette, tandis qu'au toit ils se divisent en ramifications nombreuses" (d'après Kuss 1885, "Industrie minérale dans le Dauphiné"). La structure est variable, parfois au sein d'un même filon:

- rubannée (St Georges d'Hurtières)
- graphique (St Georges d'Hurtières)
- orbiculaire (La Chevrette, Cabot, rive St Henri) (Pl. 55)
- bréchoïde (Le Merle)
- massive

Interviennent également pour le remplissage :

- des sulfures (Pb, Zn, Cu, Fe)
- des carbonates (calcite, dolomite, ankérite)
- dans la région d'Aiguebelle, la barytine domine dans la partie supérieure des filons (St Georges, Bonvillard).

La gangue est essentiellement quartzreuse, ce dernier étant plus abondant à Vizille (Valnaveys) qu'à Allevard.

Dans le massif d'Allevard d'abord, puis dans les autres filons carbonatés de la partie occidentale de Belledonne, l'omniprésence de la sidérite a permis :

- de distinguer différentes venues minéralisantes par analyses chimiques et étude de la répartition des lanthanides (cette répartition a été faite également dans les quartz de St Georges).
- de préciser les conditions physico-chimiques de cristallisation du minerai en utilisant la décomposition de la sidérite (par oxydation à chaud) comme géothermomètre. La thermométrie des inclusions fluides de la gangue quartzreuse (températures d'homogénéisation et de décrépitation) affinant les résultats.
- de comparer les différents gîtes entre eux et d'observer des variations régionales pour le manganèse et le magnésium sous forme de provinces géochimiques.

La sidérite, élément du groupe de la calcite, formera tout naturellement cortège avec les carbonates des métaux bivalents de ce groupe:

Mg²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Ca²⁺ (par ordre de rayons ioniques croissants).

Les ions constituent des séries isomorphes de minéraux cristallisant dans le système rhomboédrique. Le calcium, du fait de la différence entre son rayon ionique et celui des ions précédents -sauf le manganèse- ne peut s'associer avec eux que sous forme de sels doubles; au sein d'un même filon on retrouvera :

- calcite	CO_3Ca	- ankérite	$(\text{CO}_3)_2\text{CaFeMgMn}$
- dolomite	$(\text{CO}_3)_2\text{CaMg}$	- sidérite	$(\text{CO}_3)_2\text{FeMgMn}$

1 - Les carbonates :

La calcite cristalline d'origine hydrothermale est très répandue et peut se déposer en grande quantité, surtout dans la partie inférieure des filons de sidérite (St Georges, quartier Ste Barbe-Gd Brache). Elle existe aussi dans certaines sidérites en cocardes, au coeur de l'orbicule, donc en fin de cristallisation (Noguilan).

La dolomite se rencontre plus rarement en masses importantes, mais plutôt comme minéral accessoire. Néanmoins elle est très abondante dans les filons d'Allevard (Taillat rive) où à partir de la côte 1000, elle tend à constituer le remplissage principal avec le quartz et la calcite.

Nous envisagerons le problème de la répartition verticale de Ca, Fe, Mg, au sein d'un même filon, en fonction de la solubilité de ces éléments, dans des conditions de pression et de température déterminées.

L'ankérite, minéral accessoire des sidérites polymétalliques, se présente comme un produit de remplacement de la sidérite par des solutions calciques, en relation souvent avec des venues postérieures de sulfures. Les analyses d'ankérite (page 135) ont eu pour but d'étudier une relation possible entre leur composition chimique et le processus de mise en place.

La sidérite cristallise à température relativement basse -entre 200° et 300°- dans les gîtes hydrothermaux. Elle est fréquemment accompagnée de sulfures, plus tardifs, et se décompose :

- à pression et température standard en hématite, limonite dans la zone d'oxydation (chapeau de fer).
- en oligiste par oxydation à chaud (Les Tavernes).

2 - Les sulfures:

Les sulfures se répartissent au sein des filons de sidérite en fonction de 2 facteurs principaux:

- facteur thermodynamique créant une zonalité dans la répartition verticale des éléments:

- . pyrite et chalcopryrite dominant à la base des filons,
- . blende et galène se cantonnent dans les parties plus hautes,
- . la barytine (sulfate) s'installe tout au sommet quand elle existe.

Suivant le gradient thermodynamique cette zonalité verticale pourra s'étendre sur plusieurs centaines de mètres, mais on assiste parfois à des phénomènes de télescopage : les paragenèses de haute et basse températures se trouvant pratiquement côte à côte.

On montrera que ce phénomène de zonalité des minéralisations dans les gisements métallifères peut s'expliquer à partir de diagrammes donnant les variations d'enthalpie libre des minéraux rencontrés.

L'influence de la pression et de l'activité des espèces doit permettre d'expliquer les écarts observés, par rapport à la "zonalité normale" (observée par Emmons et Fersman 1934).

- la tectonique, par plissement de filons plus anciens et par une microfissuration intense de ces zones, crée des pièges où les sulfures se concentrent, soit par migration, soit par venues postérieures (St Georges).

Le remplissage des filons comporte souvent une suite de phases de dépôt alternant avec des phases tectoniques où les fractures ont rejoué. Les périodes de déformations tectoniques répétées font rejouer non seulement les filons plus anciens mais créent des ruptures nouvelles. On explique ainsi qu'il existe dans les champs filoniens plusieurs cycles de veines (2 au moins dans Belledonne) parfois au sein d'un même filon. Assez souvent les nouveaux filons ou "croiseurs" déterminent des enrichissements à l'intersection des anciens, aboutissant à une concentration métallifère plus accentuée (Rossignon, Maramaille).

Dans la plupart des gîtes de Belledonne, il s'agit de filons "dilatationnels": la mise en place se faisant par dilatation du massif rocheux au cours d'une phase tectonique; les cristaux de sidérose des filons d'Allevard (type géodique) sont célèbres pour leur taille: jusqu'à 10cm d'arête.

Chapitre 1 - LA GANGUE FILONNIENNE :

A/ LE QUARTZ :

1°) Les inclusions fluides :

H. Sorby (1858) relia le premier les inclusions à la genèse du minéral hôte. La thermométrie (évaluation de la température des dépôts) étudie les inclusions fluides de la gangue quartzreuse:

" le fluide homogène, emprisonné au moment de la cristallisation du minéral considéré, se disjoint généralement au refroidissement en une phase liquide (1 ou 2) et une phase vapeur. Par chauffage, on peut rétablir l'homogénéité et déterminer une température de cristallisation du minéral".

Le quartz, par la présence d'inclusions fluides, renseigne :

- sur la chimie du liquide originel,
- sur les conditions moyennes de cristallisation (pression et température),
- sur la phase de mise en place et sur la position du minéral dans la suite des événements tectoniques.

Les différentes phases sont fonction de 3 variables au moins: température, pression, volume.

a) Chimie des inclusions :

Ypma (1963) s'est penché sur les inclusions des quartz de Belledonne et nous reprendrons un certain nombre de ses conclusions.

1 - L'eau est généralement le constituant fluide principal.

- système eau-vapeur d'eau: (Pl. 43 page 127)

Le bloc-diagramme de la figure 1 montre les relations P-T-V d'un tel système. Le trait gras sépare les aires d'équilibre des phases vapeur et liquide. C'est une surface cylindrique parallèle à l'axe des volumes.

Une section de ce diagramme à température constante (figure 2) permet de constater qu'une diminution de volume, fera augmenter la pression jusqu'à ce qu'intervienne la condensation, la pression restant ensuite constante pendant ce processus. Quand cette phase liquide a disparu, la réduction de volume donne lieu à une augmentation très rapide de la pression.

Une section du diagramme 1 (figure 3) à volume constant montre le comportement du remplissage de l'inclusion: la pression augmente en chauffant tant que les 2 phases sont présentes mais la variation de pression dépend beaucoup du rapport vapeur/eau à la température ambiante. Cette augmentation de pression pouvant amener la décrépitation de l'inclusion.

2 - Phases solides :

Toutes les analyses indiquent dans les inclusions la présence de potassium, sodium, et chlorure de calcium en petits cristaux isotropes. Ces cristaux, de solubilité différente, prolongeront un état à 2 phases en augmentant la température et la pression jusqu'au point critique, rendant difficile une complète homogénéisation. On peut néanmoins négliger leurs effets en raison des faibles quantités en présence.

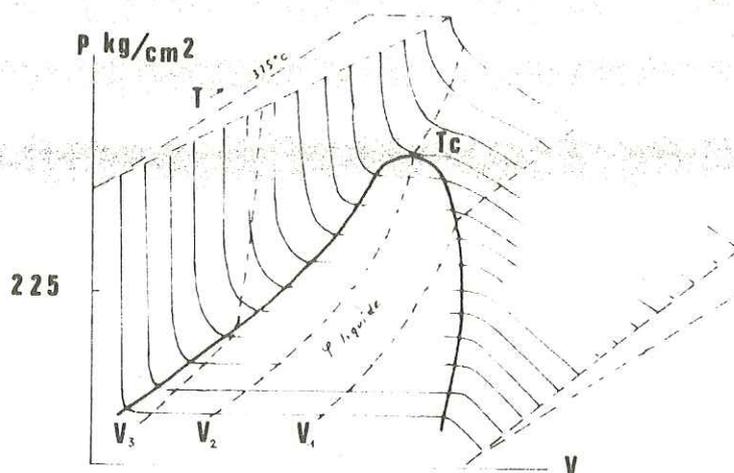


fig 1 Relations P-T-V de l'eau

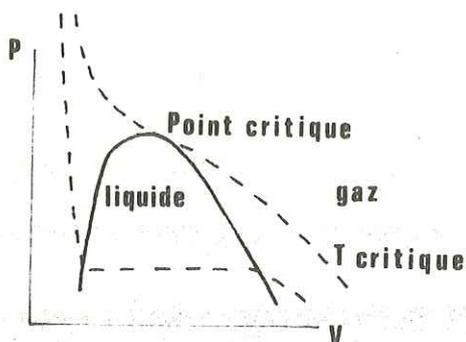


fig 2 Relations P V d'un systeme unique à T constante

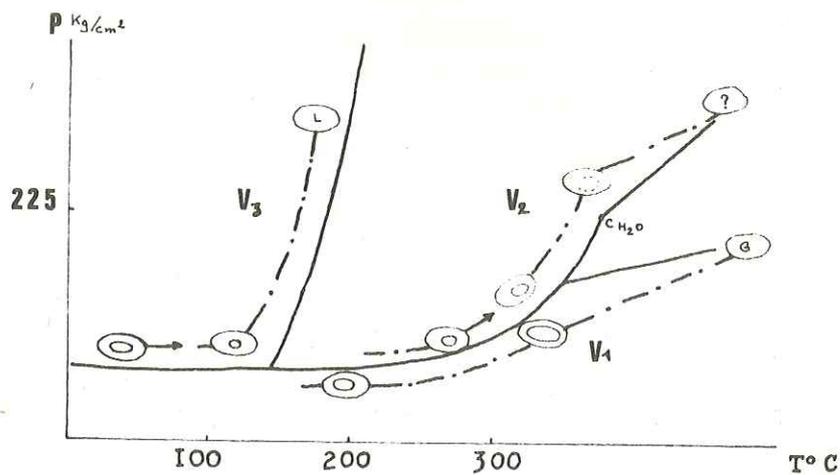


fig 3 Augmentation de P en chauffant les inclusions à différents degrés.

3 - Phases gazeuses :

Le CO₂, omniprésent dans les inclusions, a un point critique inférieur à celui de l'eau et on observera une deuxième phase liquide (en plus de l'eau) à des températures inférieures à 31°C (température critique du CO₂). Même dans le cas où cette seconde phase n'apparaît pas, le CO₂ peut exister dans la phase gazeuse.

On distinguera 2 types d'inclusions en phase gazeuse:

- les inclusions à phase vapeur d'eau seule (vide de retrait de Deicha),
- les inclusions à phase vapeur H₂O-CO₂ (corps sphérique de Deicha).

Relations de phase du système H₂O-CO₂: (Pl. 44 page 129)

Entre 280 et 390°C, le CO₂ étant soluble dans l'eau, il n'existe qu'une phase liquide. Au-dessous de 31°C, le CO₂ forme une phase liquide distincte.

On peut déterminer la teneur des inclusions fluides en CO₂ et, par là même, la solubilité du CO₂ et de l'H₂O aux hautes températures et pressions (figure 4) d'après les résultats de Wiebe et Gaddy (1939) et la solubilité du CO₂ dans l'eau (figure 5) d'après les travaux des mêmes auteurs.

La figure 6 Pl.45 page 130, donne enfin la position de la courbe critique du système H₂O-CO₂ pour des solubilités de 2,5 et 15 moles pour cent de CO₂.

Les relations entre type d'inclusion et mode d'homogénéisation sont représentées par les isochores de la figure 7 Pl. 45.

On ne peut utiliser directement les mesures des températures de cristallisation sauf dans le cas d'une solution originelle homogène. Dans les inclusions de quartz de Belledonne, il existe une relation étroite entre:

- le pourcentage d'eau par rapport à la phase riche en CO₂ (à 31°C)
- et la phase dans laquelle s'homogénéise les inclusions en chauffant.

Au-dessous d'un rapport CO₂/H₂O = 1

- les inclusions riches en CO₂, s'homogénéisant en phase gazeuse,
- les inclusions riches en H₂O, dans la phase liquide.

De même, la pression doit être corrigée: la pression totale de vapeur qu'exercent des systèmes de concentration en CO₂ variable, est plus forte que la somme des pressions partielles, cette différence étant (linéairement) proportionnelle au degré de remplissage en eau, au pourcentage de CO₂ et à la température.

b) Différents types d'inclusions (Pl. 46 page 131)

On différencie facilement 2 venues de quartz dans les "provinces" de Vizille et d'Allevard. Dans la région d'Aiguebelle, le phénomène n'a pu être mis en évidence à la suite de recristallisation. La répartition des lanthanides dans les quartz de St Georges d'Hurtières a cependant permis de retrouver aussi 2 venues de quartz, mais que l'on n'a pu corréliser avec celles d'Allevard et de Vizille.

- type 1 -

C'est un quartz ancien, que l'on retrouve aussi bien dans les filons de Ste Sophie et Espérance que dans les sédiments du graben houiller du Gd Collet.

- faible intervalle de température d'homogénéisation (260 à 280°C). Les températures ne varient que de 15°C d'un cristal à l'autre, témoignant de températures plus uniformes et d'un milieu de formation plus homogène.
- rare apparition d'une troisième phase au refroidissement sous 31°C.
- pression d'environ 240 kg/cm²: entre les filons situés à 400m d'altitude et ceux situés à 1200m le contenu d'inclusion est presque le même malgré une différence de pression lithostatique de 250 kg/cm², c'est-à-dire que la pression totale au moment de la mise en place devait être très forte.

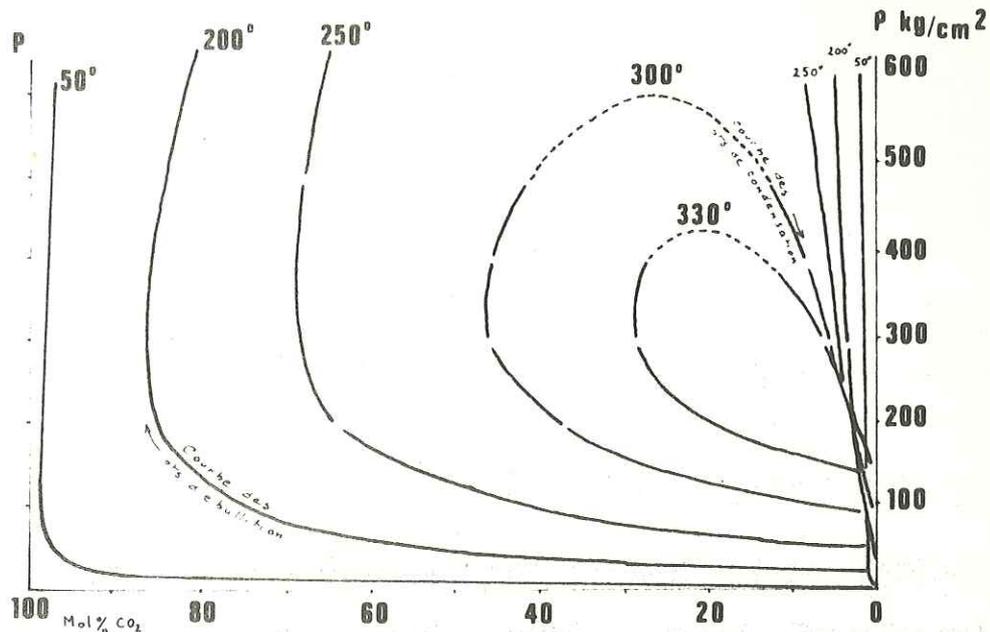


fig 4 Système H₂O-CO₂ à des températures au dessus de la température critique du CO₂ (31°C).

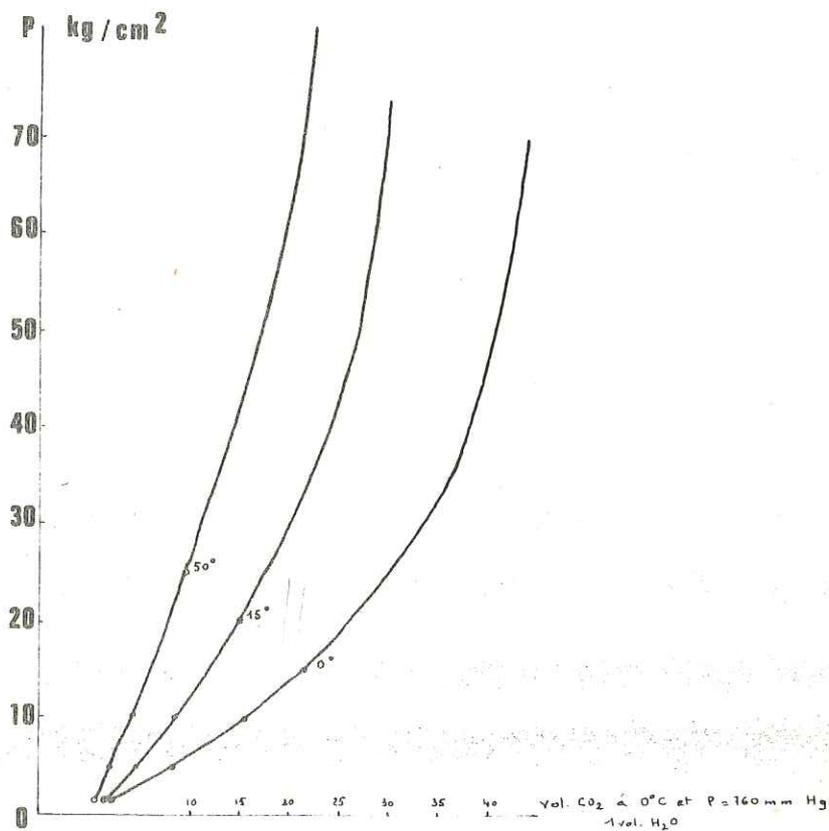


fig 5 Solubilité du CO₂ dans l'eau à basses températures.

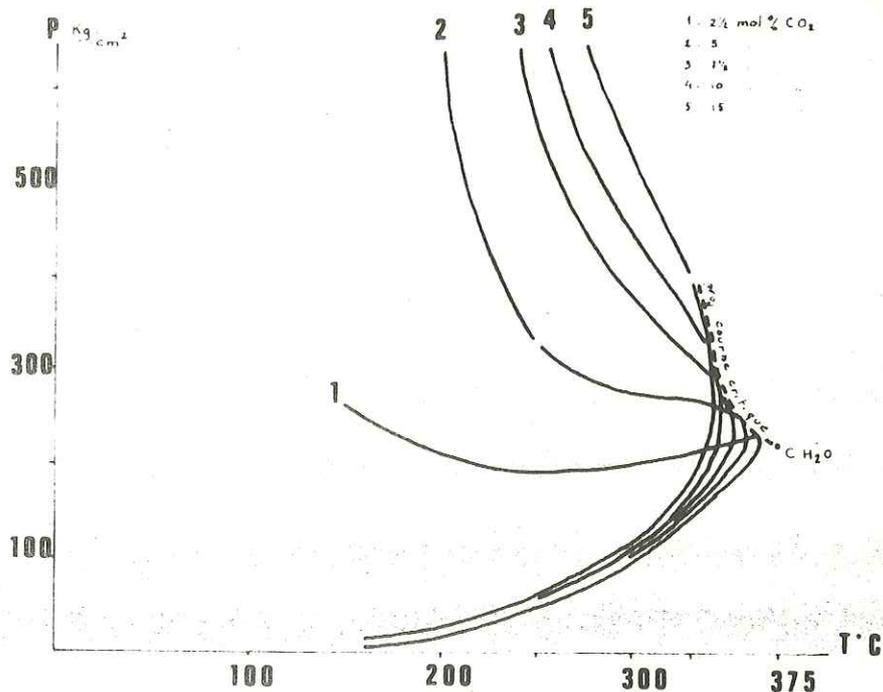


fig 6 Courbes critiques du système $\text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ pour des solutions de 2,5 à 15 mol% de CO_2

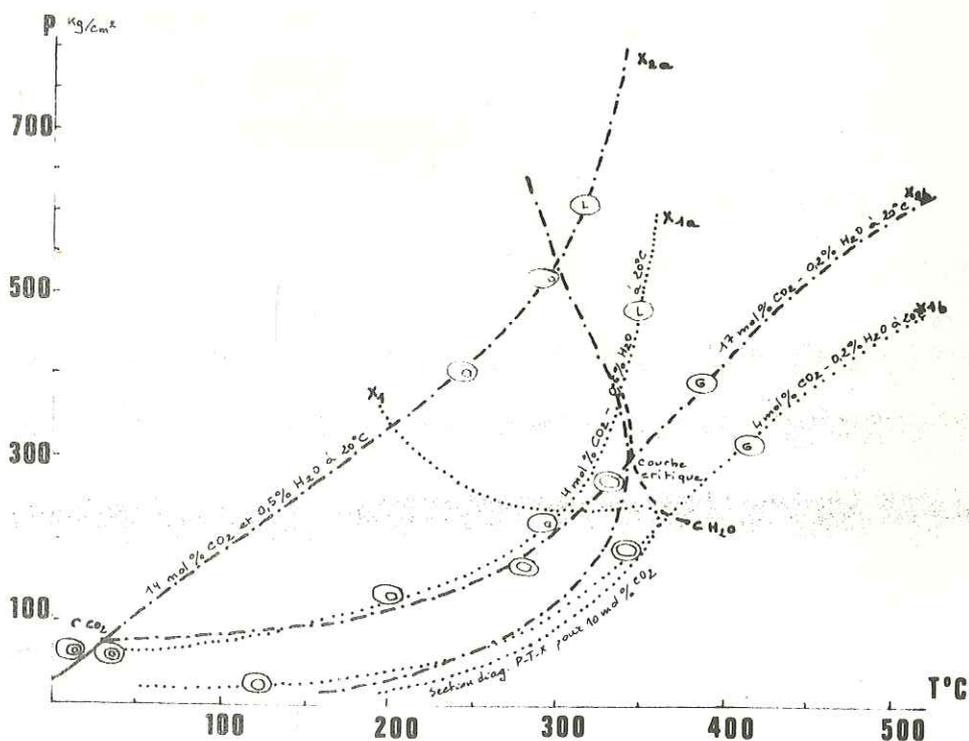
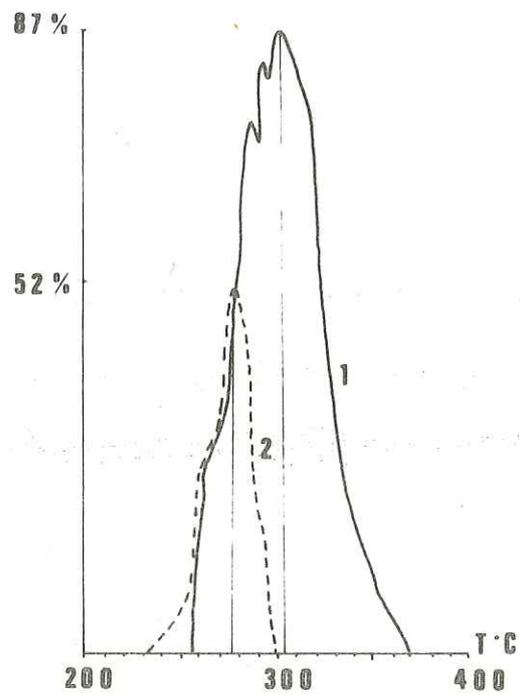


fig 7 Relations entre type d'inclusion et mode d'homogénéisation



**FREQUENCE des TEMPERATURES D'HOMO -
GENEISATION des QUARTZ 1 et 2
FILONS D'ALLEVARD**

La paragenèse de la minéralisation de la région d'Aiguebelle n'est pas aussi facile à déterminer que celle des gisements d'Allevard et de Vizille, où 2 séries sont discriminables.

Une recristallisation fréquente efface les caractères minéralogiques et chimiques originels et l'on distingue mal les venues de quartz des différents âges par leur contenu d'inclusions fluides.

La répartition des lanthanides dans le quartz du filon de St Georges a permis d'éclairer ce problème, sur lequel nous reviendrons dans le paragraphe consacré aux terres rares.

- type 2 -

Il correspond à la dernière venue de quartz et se retrouve dans les filons des Envers, Clavette, Grangette, Rochefort, Tavernes..

- température d'homogénéisation variant entre 260 et 360°C,
- grande quantité de CO₂ (environ 30% du volume de l'inclusion à 31°C).
- apparition d'une troisième phase (soit liquide CO₂, soit gaz CO₂) entre 25 et 31°C. D'après la figure 4, la quantité d'eau dans la phase CO₂ riche est négligeable,

- décrépitation rapide,
- dimension des inclusions relativement grande,
- peu d'inclusions vides,
- pas d'effets de contrainte dans le cristal hôte,
- pression variant entre 350 et 450 kg/cm²; ainsi entre St Joseph et Grandes Taillées, distant verticalement de 200m, et de même paragenèse, la différence d'altitude est suffisante pour produire dans le quartz un comportement d'inclusions différent au refroidissement sous 31°C:

- St Joseph (partie haute) liquide CO₂,
- Gd Taillée (partie basse) liquide CO₂ contracté et CO₂ gazeux.

Ce phénomène a été observé dans tous les filons de quartz voisins de la plaine triasique: une surcharge de 200 à 300m de rocher (correspondant à une pression de 50 à 100kg/cm²) détermine la transformation de phase des inclusions. Un tel contrôle de la pression ne peut se produire que dans l'intervalle des basses pressions où 100kg/cm² passe pour une valeur relativement grande.

De plus, le grand intervalle de température d'homogénéisation (270 à 370°C) montre que l'inclusion s'est produite au moment ou tout de suite après où le liquide "mère" devenait hétérogène (variation de 40°C d'un cristal de quartz à l'autre).

Ce quartz de type 1 se retrouve dans la zone interne de Belledonne entre 2 et 3000m d'altitude alors qu'il se situe entre 700 et 1400m dans le raneau externe. Nous rejoignons le problème des mouvements de socle verticaux évoqué dans le chapitre tectonique, mouvements qui ont succédé à la mise en place des filons de quartz.

2°) Conclusions à l'étude des quartz du massif d'Allevard :

2 venues de quartz se sont succédées dans les massifs cristallins externes et notamment dans la région d'Allevard:

- la première (type 1) a cristallisé aux environs de 260°C et une pression de 240kg/cm² sous une pression lithostatique très forte. Dans la région d'Allevard les filons de Bout du Monde, Ste Sophie, Espérance, qui appartiennent à ce type, se trouvent actuellement à faible altitude, sur la bordure ouest du massif. Cette venue de quartz s'associe généralement aux filons de sidérite type rive.

- la seconde venue (type 2) s'est mise en place entre 280 et 310°C sous une pression de l'ordre de 400kg/cm², dans des conditions géologiques différentes.

Les filons ont été influencés par la position du contact Permien-Trias car la densité de la phase riche en CO₂ augmente à mesure que l'on s'éloigne du contact et s'homonogénéise dans la phase liquide CO₂. On peut leur supposer au moins un âge permo-triasique.

Les filons de ce type (Envers, Clavette, Grangette, Rochefort, Tavernes) sont actuellement à altitude plus élevée et s'associent généralement à la sidérite type maillat.

B/ L'ANKERITE (Pl. 47 page 134)

L'ankérite peut être considérée comme un minéral de la gangue. D'après les analyses chimiques d'ankérite on distingue plusieurs groupes dans le raneau externe.

- groupe 1: ce sont des ankérites de remplacement de sidérites à fortes teneurs en fer et en manganèse. Le remplacement consiste à absorber tout le magnésium présent dans la structure de la sidérite et à compléter par du fer et du manganèse, dans la même proportion que dans la sidérite.

Ces ankérites caractérisent surtout une zone à l'est du graben houiller et au nord du massif de Belledonne: St Georges d'Hurtières, Bonvillard, La Richesse, La Chevrette. Elles sont plus rares à l'ouest de ce graben: Rive de la Taillat, Girodet.

La paragenèse de ce groupe est de haute température (nésothermale): sulfure de nickel et de cobalt (millérite de la Chevrette), blende noire avec chalcopyrite exsolvée (température de formation entre 350 et 550°C d'après les travaux de Rosenberg 1959).

Les rapports Fe/Mn de ces ankérites sont compris entre 3 et 8.

- groupe 2: elles sont présentes à l'ouest du graben houiller dans la région d'Alleverd. Elles montrent moins d'effets de tension que celle du groupe 1. On les trouve à la Ravoire, le Remoud, Prodins.

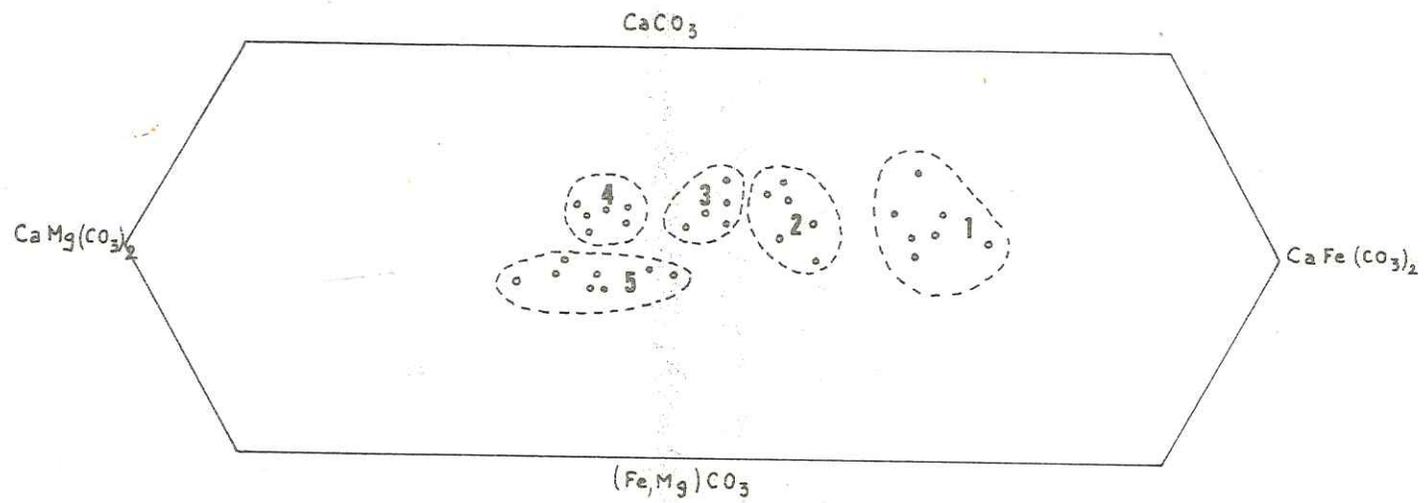
Dans ce cas, la recristallisation peut se traduire par une perte de manganèse et de fer, tandis que les rapports Fe/Mn varient entre 20 et 30.

- groupe 3: elles sont intermédiaires entre le groupe 1 et les ankérites jeunes de phase minéralisante tardive qui ont parfois incorporé des ankérites plus vieilles ou de la sidérite.

- groupe 4: les ankérites de ce type sont celles de la zone interne (région d'Alleverd) et possèdent la même origine que celle du groupe 3. Ce groupe n'est cité que pour mémoire car il n'existe pas dans le massif d'Alleverd.

- groupe 5: elles caractérisent la partie ouest du graben houiller dans la région de Vizille, avec de basses teneurs en fer et en manganèse.

Ce sont des produits de remplacement de sidérite à faible teneur en manganèse et fort pourcentage de magnésium. Elles appartiennent à l'une des phases minéralisantes les plus tardives (associées aux sidérites type 2 de Vizille). Les rapports Fe/Mn sont encore plus élevés.



VARIATIONS de COMPOSITION CHIMIQUE de L'ANKERITE

ANKERITE MASSIF D'ALLEVARD

	1	2	3	4	5	6	7	8
FeO	15,20	11,74	23,64	16,26	18,24	21,00	3,51	12,24
MnO	0,58	0,41	1,44	0,89	0,52	1,77	0,22	0,22
MgO	9,79	12,00	9,54	6,62	8,14	5,98	4,72	6,58
CaO	28,20	26,68	19,45	22,30	26,78	26,04	11,16	15,74
Fe2O3	2,16	2,09	3,00	1,52	0,92	2,23	4,66	1,34
CO2	40,46	38,18	39,80	35,34	40,82	38,70	15,86	27,04
H2O	1,11	2,10	1,94	1,16	1,33	1,09	1,01	2,00
res.	1,74	6,48	0,98	16,44	2,52	2,34	58,60	34,20

- 1 - Remoud x = 900,66 y = 355,3
- 2 - Molliet x = 898,04 y = 355,7
- 3 - Orgeval x = 900,06 y = 351,20
- 4 - Ravoire x = 894,15 y = 349,85
- 5 - Plan des Chèvres x = 893,62 y = 348,12
- 6 - Taillat (rive) x = 892,5 y = 347,20
- 7 - Girodet (concession P)
- 8 - Vaujelaz (torrent) dans le Houiller

Chapitre II - LE MINERAI :

A/ LA SIDERITE :

1°) Analyses chimiques :

Les résultats des différentes analyses de sidérite ont été reportés sur des diagrammes triangulaires Fe-Mn-Mg, à raison d'un diagramme par région (Allevard, Vizille, Aiguebelle).

a) Dans la région d'Allevard: (Pl. 48 page 137)

La sidérite, déjà divisée en rive et maillat par Gueymard d'après la texture (grands cristaux ou cristaux fins) se différencie en 2 types, d'après les teneurs en magnésium et manganèse, ainsi qu'à l'aide des rapports Fe/Mn.

- type 1:

Le rapport moyen Fe/Mn est de 22. Ce type de minerai se caractérise par une sidérite riche en manganèse et pauvre en magnésium; elle est accompagnée de sulfures et de quartz type 1 et se présente généralement en petits cristaux allongés, fusiformes. Ce type de sidérite correspond approximativement au type rive de Gueymard bien qu'il ait employé ce terme seulement pour différencier une sidérite à grain fin d'une sidérite maillat à grain grossier.

- type 2:

Cette sidérite, de rapport moyen Fe/Mn = 40, est riche en magnésium. Les cristaux sont beaucoup plus gros rendant le grillage difficile car au premier coup de feu ils se divisent en petits rhomboèdres qui interceptent la communication de la flamme, rendant ce type de minerai réfractaire et peu recherché pour l'industrie. Cette sidérite accompagne des quartz type 2 et s'est mise en place à proximité de la pénélaine antétriasique.

On retrouve parfois au sein d'un même filon les 2 types associés: Bout du Monde, Gd Taillée, Rochefort, Tavernes. Il est possible qu'une partie de la sidérite déjà déposée ait été incorporée par la solution ayant donné naissance à la sidérite plus jeune mais on peut supposer aussi que la deuxième venue corresponde à une fin de "jus" minéralisant, à cristallisation beaucoup plus fine, de composition chimique légèrement différente.

b) Dans la région de Vizille (Pl. 48 page 137)

On retrouve aussi une distinction entre 2 types de sidérite :

- type 1 :

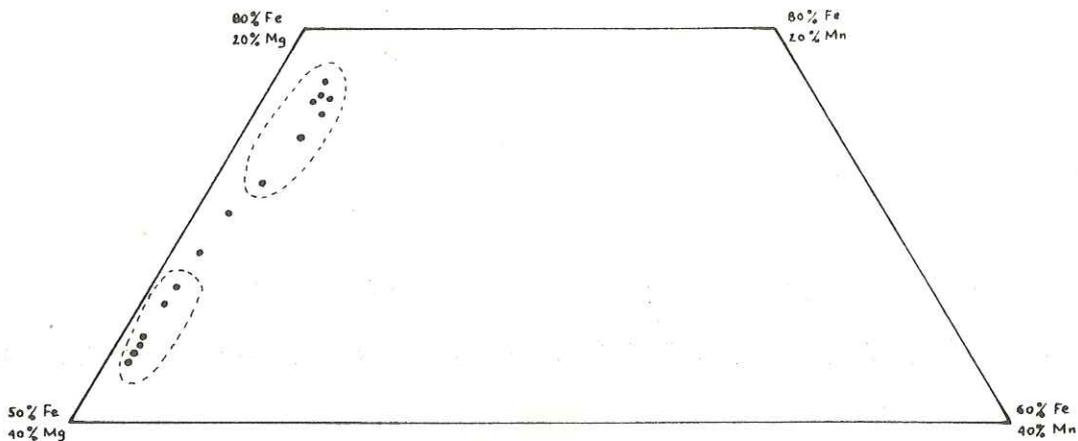
Fe/Mn = 32. Il se caractérise par un minerai à structure plate de cristaux plus ou moins imbriqués avec signes de tension, un fort pourcentage en manganèse et peu de magnésium. Ce type de sidérite s'accompagne aussi de sulfures et prévaut à l'est du synclinal carbonifère de Montjean. Les paragenèses sont de hautes températures (mésothermales).

- type 2:

Fe/Mn = 60. L'axe c des cristaux de sidérite est perpendiculaire aux épontes (donc croissance dans des fissures). La teneur en fer et manganèse est faible. Ce type regroupe les filons à l'ouest du synclinal houiller. Le filon du Merle par son rapport Fe/Mn appartient à ce groupe et constitue une anomalie dans la région d'Allevard.

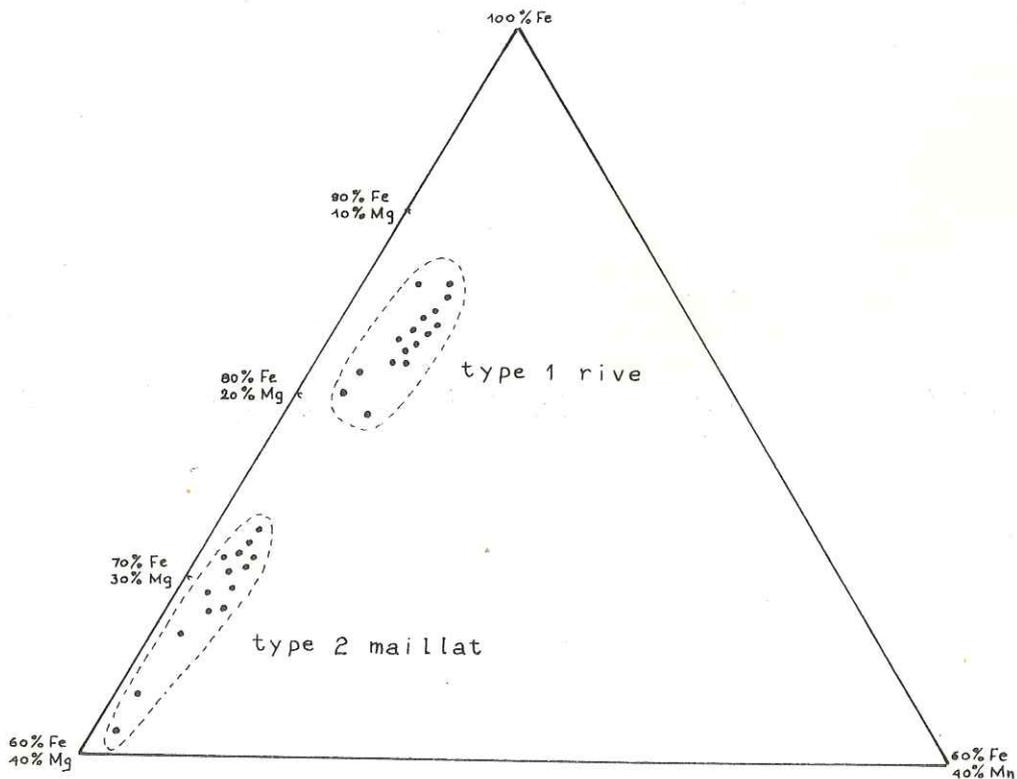
Les inclusions de quartz qui accompagnent les sidérites de Vizille ont une susceptibilité plus faible que celle de la région d'Allevard à la présence du

Composition des SIDERITES



· VIZILLE (page 97)

· ALLEVARD (page 97)



contact sédimentaire-cristallin; on peut en conclure soit à une mise en place plus profonde dans le socle, soit à une plus forte épaisseur de la couverture sédimentaire lors de la mise en place des filons proches de la pénélaine anté-triasique .

c) Dans la région d'Aiguebelle : (Pl. 49 page 139)

Dans la région d'Aiguebelle, et notamment à St Georges d'Hurtières, il est plus difficile de distinguer différentes venues de sidérite. D'une manière générale il n'apparaît qu'une venue comparable aux sidérites de type 1 d'Allevard. Les teneurs en manganèse sont remarquablement élevées, tout spécialement pour les sidérites finement grenues, presque mylonitiques.

- St Georges	Fe/Mn = 6,9
- Montgilbert	Fe/Mn = 10,2
- Bonvillard	Fe/Mn = 6,6

Il existe donc dans chaque région (Allevard et Vizille surtout) une différence de composition entre 2 types de sidérite. Mais il faut noter cependant que les variations du rapport Fe/Mn entre les sidérites de type 1 et 2 de Vizille et Allevard restent du même ordre de grandeur.

De plus les sidérites de Vizille soulignent une certaine tendance à augmenter leur teneur en magnésium et à diminuer leur teneur en manganèse, tandis que le phénomène inverse se produit dans la région d'Aiguebelle.

On peut donc invoquer, à l'échelle du massif, une certaine évolution des fluides carbonatés, qui traduit un enrichissement en magnésium vers le sud et des teneurs plus fortes en manganèse vers le nord.

2°) Répartition des lanthanides dans les sidérites :

a) Les lanthanides ou terres rares: définition :

On appelle "terres rares" les éléments du tableau de Mendeleïv qui ont un numéro atomique compris entre 57 et 71 et une masse atomique entre 139 et 176.

Le premier de ces éléments, le Lanthane, donne le nom de lanthanide à ce groupe; on y associe aussi l'Yttrium (masse atomique 39) pour ses propriétés chimiques très voisines. Le Prométhéum, élément radio-actif n'existe pas à l'état naturel.

Les rayons ioniques des terres rares décroissent régulièrement avec augmentation de la masse atomique (voir page 140) phénomène connu sous le nom de contraction des lanthanides. Ces variations de rayons ioniques expliquent les différences de structure entre composés homologues: donc en règle générale, à partir d'une certaine valeur, le rayon ionique n'est plus compatible avec une structure donnée.

Les terres rares, fortement électropositives, ont une composition à prédominance ionique, et forment facilement des complexes aussi bien avec des corps organiques qu'inorganiques.

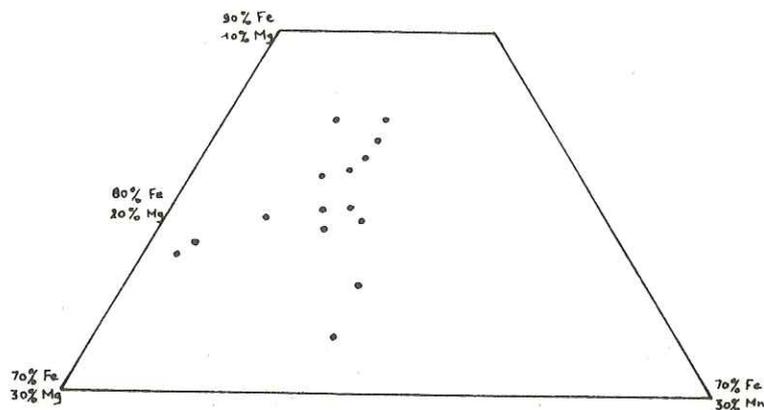
Géochimiquement-elles sont strictement lithophiles; les métaux et leurs oxydes ne sont pas volatils, et quelquefois réfractaires.

b) Intérêt des lanthanides :

Les lanthanides sont plus abondants dans la lithosphère que l'or ou l'argent, et presque aussi abondants que le plomb, l'étain ou le cobalt; mais ils sont dispersés et, bien que composants de toutes les roches, on connaît peu de grosses concentrations.

L'intérêt de leur étude résulte de propriétés très particulières: les terres rares constituent un groupe homogène, difficile à séparer en laboratoire, dont la ségrégation dans la nature devient une source potentielle d'informations sur les processus de différenciation.

Goldschmitt, dont les travaux (1924) révélèrent les premiers le fractionnement de ce groupe en minéraux, doutait que la distribution des terres rares dans la croûte terrestre actuelle soit très différente de la distribution primordiale dans le système solaire.



AIGUEBELLE (page 98)

n° atomique	symbole	éléments	r. ionique 3 +	classement en 2 groupes	classement en 3 groupes
57	La	Lanthane	1,22) terres ceriques) groupe du cerium
58	Ce	Cerium	1,18		
59	Pr	Praseodyne	1,16		
60	Nd	Néodyme	1,15		
61	Pr	Prométheum			
62	Sm	Samarium	1,13		
63	Eu	Europium	1,13) terres yttriques) groupe du terbium
64	Gd	Gadolinium	1,11		
65	Tb	Terbium	1,09		
66	Dy	Dysprosium	1,07		
67	Ho	Holmium	1,05		
68	Er	Erbium	1,04		
69	Tm	Thulium	1,04) terres yttriques) groupe de l'yttrium
70	Yb	Ytterbium	1,00		
71	Lu	Lutécium	0,99		
39	Y	Yttrium	1,06		

Si les matériaux météoriques et terrestres dérivent des mêmes processus physico-chimiques dans les étoiles, postérieurement à la condensation de la nébuleuse primitive, l'abondance relative des terres rares, dans les météorites et dans la croûte terrestre doit être la même.

Les premiers travaux, portant sur la répartition des lanthanides dans les chondrites (86% des météorites tombées) montrent une répartition suffisamment stable pour définir une répartition initiale moyenne correspondant à la teneur relative du système solaire en l'absence de toute intervention chimique. De plus, d'après les teneurs relatives des terres rares, l'histoire physico-chimique des générateurs des météorites ne peut avoir été aussi compliquée que celle de la Terre.

Des matériaux ignés frais du manteau sont continuellement ajoutés à la croûte terrestre (tectonique des plaques) celle-ci étant soumise à l'érosion puis à une sédimentation, la répartition des terres rares qui en résulte est la suivante:

d'une manière générale (et relativement aux chondrites) la croûte superficielle s'enrichit en terres rares, surtout les plus légères (du lanthane à l'euprasiu) (page 143); par conséquent, le manteau duquel dérive la croûte est plus riche en terres rares lourdes.

Ce sont donc les processus ignés qui séparent les lanthanides dans la nature tandis qu'érosion et sédimentation se chargent de réhomogénéiser leur distribution.

c) Les terres rares dans les sidérites : (Pl. 50 page 142 et tableaux pages 143-144)

1/ Massif d'Allevard:

La répartition des lanthanides a été étudiée dans 8 échantillons de sidérite prélevés dans différents filons du massif d'Allevard:

BI : Le Merle
B2 : Gros Chêne
B6 : La Chevrette
B8 : La Taillat
B9 : Etellier
B10 : Gd Gorgeat
B11 : Gd Balne
B12 : Le Molliet

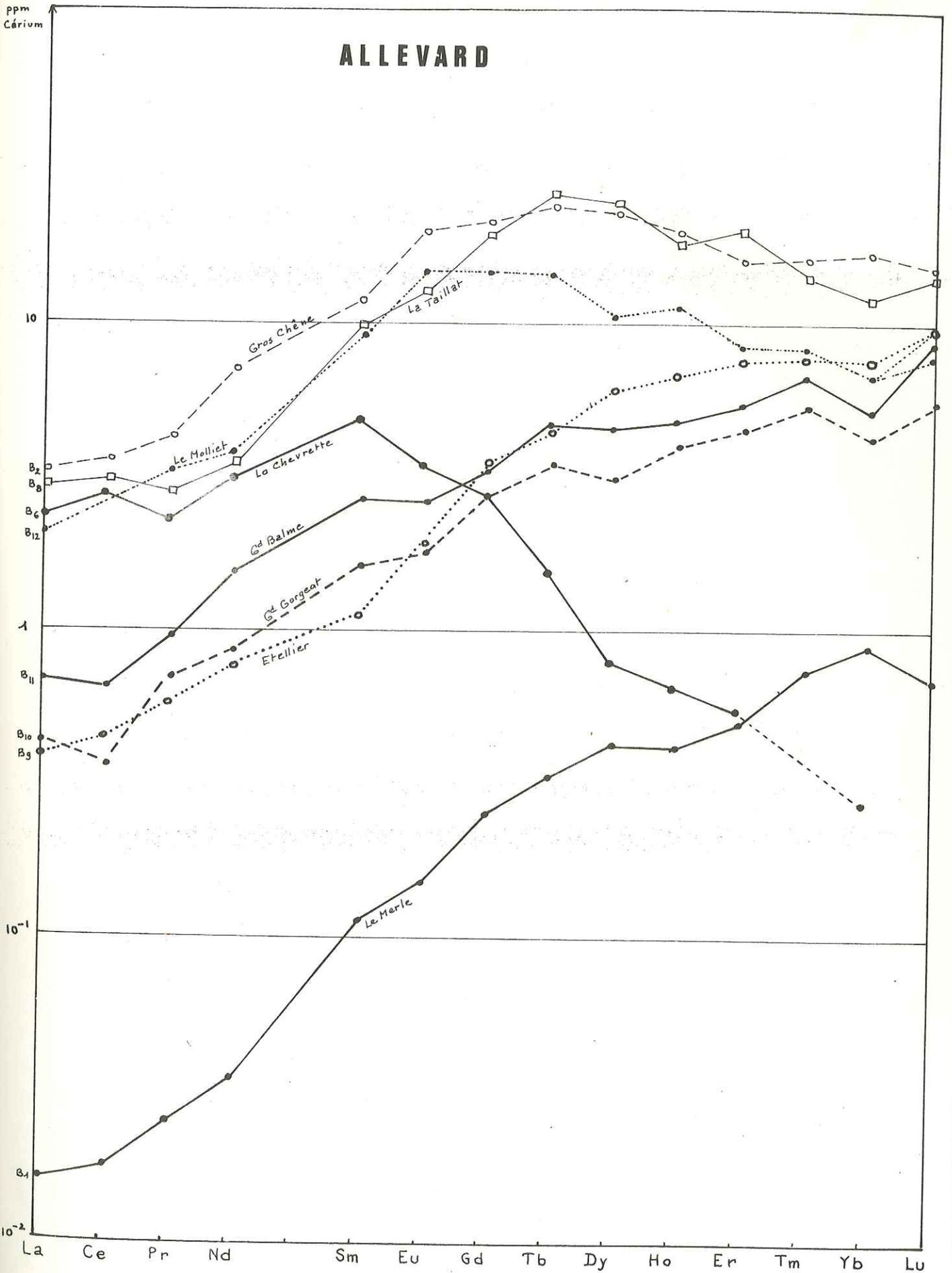
- Rapport Fe/Mn :

BI : Fe/Mn = 50
B6 : Fe/Mn = 24
B2 : Fe/Mn = 24
B8 : Fe/Mn = 17
B12 : Fe/Mn = 16
B9 : Fe/Mn = 43
B10 : Fe/Mn = 38
B11 : Fe/Mn = 33

D'après les rapports Fe/Mn on différencie 3 types de sidérite:

- le groupe I (1) rappelle les sidérites type de Vizille
- le groupe II (6, 2, 8, 12) regroupe les sidérites à cristaux fins du type I Allevard.
- le groupe III (9, 10, 11) comprend les sidérites à grands cristaux de type II Allevard.

Repartition des Lanthanides dans les Siderites



SIDERITE MASSIF D'ALLEVARD (TERRES RARES)

	RESULTATS EN ppm poids							
	B 1	B 2	B 6	B 8	B 9	B 10	B 11	B 12
LANTHANE	0,008	1,5	1	1,2	0,17	0,19	0,33	0,93
CERIUM	0,018	3,5	2,7	3	0,44	0,36	0,65	2,65
PRASEODYME	0,0066	0,93	0,5	0,6	0,13	0,5	0,21	0,7
NEODYME	0,043	7,6	3,3	3,7	0,82	0,92	1,68	4,1
SAMARIUM	0,065	5,75	2,3	4,8	0,55	0,8	1,35	4,5
EUROPIUM	0,04	4,45	0,75	2,7	0,43	0,41	0,6	3,3
GADOLINIUM	0,15	10,9	1,45	10,3	1,8	1,42	1,71	7,8
TERBIUM	0,03	1,16	0,13	2	0,36	0,29	0,4	1,2
DYSPROSIUM	0,27	12,3	0,44	12	3,38	1,75	2,5	5,7
HOLMIUM	0,05	1,87	0,06	1,7	0,67	0,39	0,47	1,13
ERBIUM	0,2	5,1	0,17	6	2,55	1,5	1,85	2,8
THULIUM	0,055	0,95	ND	0,85	0,47	3,35	0,41	0,52
YTTERBIUM	0,67	10,1	0,17	6,7	4,8	2,65	3,25	4,3
LUTECIUM	0,03	0,56	ND	0,5	0,38	0,22	0,34	0,31

SOMME DES 1,63 66,7 13 56 17 14,4 15,8 40
TERRES RARES

ND : non détecté

B1	Le Merle	x = 890, 18	y = 342,10
B2	Gros Chêne	x = 894,00	y = 350,96
B6	La Chevrette	x = 897,65	y = 347,88
B8	La Taillat	x = 892,5	y = 347,20
B9	Etallier	x = 893,56	y = 348,76
B10	Gd Gorgeat	x = 888,80	y = 337,58
B11	Gd Balne	Concession J	
B12	Le Molliet	x = 898,04	y = 355,7

SIDERITE MASSIF D'ALLEVARD (AUTRES ELEMENTS)

RESULTATS EN ppm poids

	<u>B 1</u>	<u>B 2</u>	<u>B 6</u>	<u>B 8</u>	<u>B 9</u>	<u>B 10</u>	<u>B 11</u>	<u>B 12</u>
B	0,7	0,2	4	1	4,8	0,4	1	1
F	1,2	5	3,8	4,6	1,1	1,5	2	3,3
Na	180	450	230	480	260	160	60	150
Mg	85000	65000	50000	50000	100000	110000	12700	8000
Si	200	280	10000	45000	4000	600	2700	3700
P	1,7	36	34	25	18	12,5	30	38
S	110	130	100	190	85	50	560	240
Cl	230	530	300	580	280	140	85	170
K	8	165	190	200	40	38	180	45
Ca	2600	12000	10000	14000	20000	17000	1900	2200
Ti	8	8	10	34	4,8	4,5	9	3
V	30	3,2	3,7	20	52	30	50	6
Cr	20	6,5	20	5	1,5	2,5	2,5	1,5
Fe	3,10 ⁵	4,1.10 ⁵	5,3.10 ⁵	4,4.10 ⁵	4,3.10 ⁵	3,8.10 ⁵	4,4.10 ⁵	3,9.10 ⁵
Mn	6000	17000	22750	25000	9750	19750	13250	24250
Co	4,5	11,5	25	11	12	10	12	10
Cu	0,3	2,5	4,5	5	4,8	3	2,2	80
Zn					110			
Ga	1,2	1,4	1,2	1,6	0,4	0,25	0,4	0,5
As	1,2	1,2	1	1,3	0,5	0,4	1	1,3
Br	2,5	1,5	1,3	1,8	0,9	0,85	1,5	0,9
Rb	0,4	1,1	0,4	1,3	0,17	0,1	2,5	1,5
Sr	1,7	45	4,5	70	8,7	7	35	23
Y	10	170	25	220	80	50	70	65
Zr		12	15	17	11	13	13	18
Mo	0,5	4,5		7	1,2	1,3	3	2,5
In	0,25	0,6	0,3	0,9	0,4	0,5	2	1,5
Sn	1,3	1	2	1,6	1	1,2	1,8	1,1
Sb		0,2		0,3			0,8	0,17
I	0,9	2,5	1	3	1,2	2	2,5	0,4
Cs	0,4	0,8	0,15	0,65	0,9	0,6	0,75	1
Ba	0,8	12	2,5	65	10	2	40	5
X				1,4	0,7		1	
Bi	0,5	0,6	1,2	0,5	0,7	0,3	0,3	0,5
Pt						1,4		

- Répartition des terres rares : (Pl. 50 page 142)

On retrouve dans les profils de répartition des lanthanides les 3 groupes précédents, avec cependant une exception pour La Chevrette (B6) sur laquelle nous reviendrons.

- groupe I: Le Merle; cette sidérite, à grands cristaux se caractérise par sa très grande pauvreté en terres rares (1,6 ppm), phénomène assez constant dans les minerais à grands cristaux. La forme du profil de répartition (enrichissement en terres Yttriques) et le rapport élevé Fe/Mn rappelle les sidérites de type II Vizille: teneur en Manganèse faible (6000 ppm) et en fer (3.10 ppm).

- groupe II: (2,8, 12) la somme des terres rares est comprise entre 40 et 66,7 ppm, soit la plus forte teneur des sidérites d'Allevard. Les profils sont en cloche par rapport à un pic Terbiun, avec appauvrissement en terres Yttriques. La répartition des terres rares dans ces sidérites correspondrait à la plus ancienne venue carbonatée.

- groupe III: (9, 10, 11) la teneur totale en terres rares est beaucoup plus faible (entre 14,4 et 17 ppm) que dans le groupe II. Les sidérites appartenant à ce groupe, de venue plus récente que le type précédent ont un profil de répartition plus régulier avec un enrichissement en terres Yttriques.

La courbe de répartition des lanthanides à la Chevrette est totalement différente de celles des autres sidérites d'Allevard et ne se rattache à aucun profil connu dans Belledonne. Elle a un profil en cloche avec un pic sur le Samarium, une grande pauvreté en terres rares lourdes, une absence de Lutécium.

Ce profil qui rappelle celui des quartz type 1 de St Georges d'Hurtières nous mène aux mêmes conclusions: à la suite d'une réjuvenation du minerai le Samarium à l'état trivalent reste stable tandis qu'il y a remobilisation et départ des autres lanthanides surtout les plus lourds.

2/ Massif de Belledonne : (Pl. 51 page 146 et tableaux pages 147 - 148)

La répartition des lanthanides dans les sidérites a été faite tout au long de Belledonne, de Vizille à St Georges d'Hurtières (Aiguebelle) (voir thèse Le Suavé).

Les résultats ont été exprimés:

- dans le tableau 3 en ppm (partie par million) d'atome de fer pour les éléments habituels lithophiles.
- dans le tableau 2 en ppm par rapport au Dysprosium pour les terres rares.

Seule l'allure des courbes de répartition est à prendre en considération (car la détermination des teneurs justes nécessite la connaissance par une autre méthode de la teneur d'au moins 1 élément choisi comme étalon interne).

Il ressort immédiatement de la Pl. 51 une évolution des profils du sud vers le nord: ceux-ci tendent à devenir horizontaux en allant vers Aiguebelle le déficit en terres ceriques se comblant.

Les sidérites se divisent en 2 groupes:

- le groupe St Georges-Noguilan pour lequel les abondances en Magnésium et en Manganèse sont du même ordre de grandeur.
- le groupe des autres sidérites pour lesquelles les teneurs en Magnésium sont nettement supérieures à celles en Manganèse, phénomènes de plus en plus accentués en allant vers le sud.

La somme totale des lanthanides augmente du sud au nord du massif pour atteindre des valeurs très fortes dans la région de St Georges-Noguilan. Ce phénomène coïncide avec une diminution du Magnésium du nord au sud et une augmentation du Manganèse en sens inverse.

ppm pr au Dy.

PL.51

Noguilan

St GEORGES

le Merle

Etellier

Pierre-Plate

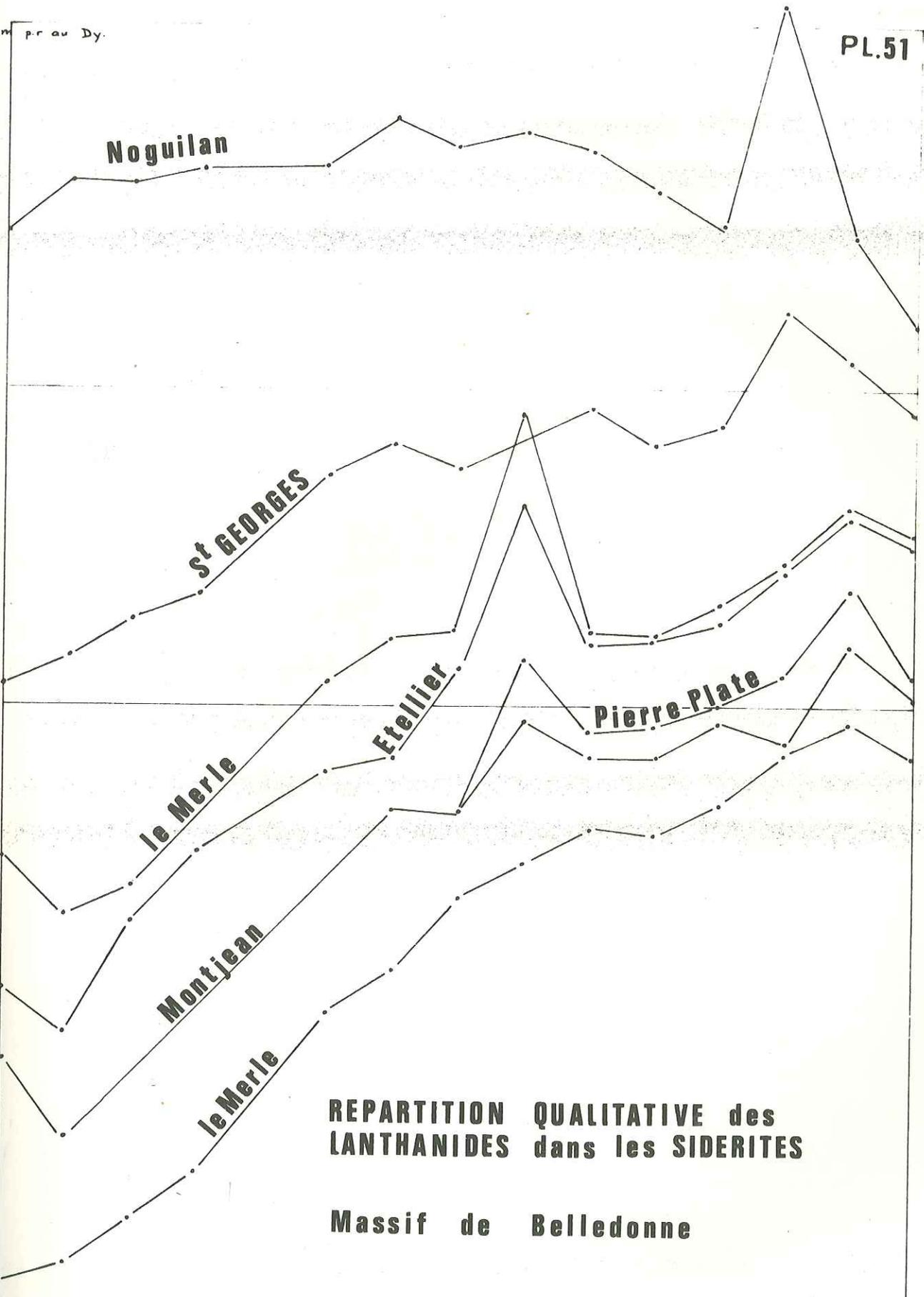
Montjean

le Merle

REPARTITION QUALITATIVE des LANTHANIDES dans les SIDERITES

Massif de Belledonne

La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu



SIDERITE MASSIF DE BELLEBONNE (TERRES RARES)

LES RESULTATS SONT DONNES EN ppm PAR RAPPORT
AU DYSPROSIUM

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
La	57,4	13,6			13,1	9,4	7,8	27,2
Ce	222	46	31,8		24,5	15,2	16,3	58,2
Pr	30,5	8,7					5,2	5,7
Nd	162,5	50			64,2		41,2	51
Sm	61	42,7	57		75,8		27	41
Eu	30	19		15,6	12,7		10,4	21,9
Gd	108,4	67,8	44,8	67	58,3	60	84,8	94,2
Tb	21,2	15,3	19,4	23,3	21,9	32,2	50,5	136
Dy	100	100	100	100	100	100	100	100
Ho	17,4	18,6	28,3	23,3	19,7	25,2	24,5	22,7
Er	33,5	61	65	85,7	74,7	84,7	78,7	78,2
Tm	32,5	21,2	8,9	11,7	11	16,6	17,9	16,5
Yb	27	81,4	70,3	121	88,7	160	134,6	132,7
Lu	2,4	10	9	16	9	256	21	16,9
Somme des terres rares	593	49	5,5	3,3	19	4,4	10	14

1 - Noguilan (Aiguebelle)	x = 904,600	y = 59,31	z = 1510
2 - St Georges d'Hurtières (Aiguebelle)	x = 907,72	y = 64,82	z = 1152
3 - Pierre Plate (Vizille)			
4 - Montjean (Vizille)	x = 872,35	y = 314,72	z = 540
5 - La Mure			
6 - La Mure			
7 - Etellier (Allevard)	x = 893,56	y = 348,76	z = 700
8 - Le Merle (Allevard)	x = 890,18	y = 342,10	z = 1200

SIDERITE MASSIF DE BELLEDONNE (AUTRES ELEMENTS)

LES RESULTATS SONT EXPRIMES EN PARTIE PAR MILLIONS

D'ATOMES DE FER

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
Na	1083	3818	1450	471	1440	184-117	962	2000
Mg	118 000	150 000	1.45.10. ⁶	870 000	928 000	761 000	782 000	690 000
Si		1400	111 500	4000	4060	365	53	1700
P	260	21	13	7	13	3,5	45	7
Cl	163		138	108	217	269	114	145
K	130	538	145	471	232	32		18
Ca			72 500	50 000	17 000	43 700		11 150
Sc	10	131	56	6	59	219	9	16
V	4	9	238	174	283	97	39	264
Cr			15	3	20	9	8	
Mn	113 000	175 000	24 600	26 600	22 410	58 300	32 500	26 360
Fe	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶
Co		6	24	14	22	51	15	72
Ni		38	460	296	619	44	330	580
Zn	194	162	63	1000	2240	117	152	187
As	4		1	0,6	10	0,5		
Br		32	12	20	5	1,5	1,5	4,3
Sr	20		15	17	7	7	3	5,3
Y	433	191	26	13	34	15	13	32

d) Les lanthanides dans les quartz: (Pl. 51 page 150 et tableau page 151)

Les échantillons de quartz analysés proviennent de la mine de sidérite de St Georges d'Hurtières (Aiguebelle) les prélèvements étant échelonnés verticalement dans le filon, pour déceler une éventuelle variation des divers éléments et surtout des terres rares.

1	1023 m	quartz blanc
2	1023 m	quartz noir
3	1154 m	quartz blanc
4	1375 m	quartz blanc
5	1415 m	quartz blanc
6	1153 m	quartz blanc

La planche 52 corrigée du facteur chondritique fait apparaître 2 types de répartition des lanthanides, chacune appartenant à une venue de quartz distincte.

- le premier groupe (1, 2, 4) montre une absence totale des lanthanides lourds: Thulium, Ytterbium, Lutecium, ainsi qu'un pic très important pour le Samarium et moins accentué pour le Cerium. La somme totale des terres rares est faible: entre 34 et 47 ppm.

- le second groupe (3, 5, 6) contient tous les lanthanides, la répartition d'ensemble correspondant à un profil très acide avec enrichissement en terres rares légères. La somme totale des terres rares est beaucoup plus forte: entre 192 et 593 ppm.

Le profil en cloche du groupe 1, avec pic sur le Samarium et absence des lanthanides les plus lourds, pourrait être celui de quartz remaniés: le Samarium à l'état trivalent étant très stable, serait resté en place avec appauvrissement des terres Ceriques et Yttriques.

Le profil des répartitions du groupe II, beaucoup plus régulier, appartiendrait à la venue de quartz la plus récente.

Certains éléments comme le Calcium, le Manganèse et le Strontium varient proportionnellement à la somme totale des terres rares.

e) Conclusions à l'étude des lanthanides:

Bien que les résultats soient encore très partiels, les courbes de répartition des lanthanides dans les sidérites et dans le quartz apparaissent complémentaires.

Les membres du groupe Cerium ou Yttrium peuvent prédominer dans l'état final d'une séquence de différenciation, et il n'y a pas de loi simple pour une répartition verticale des terres rares.

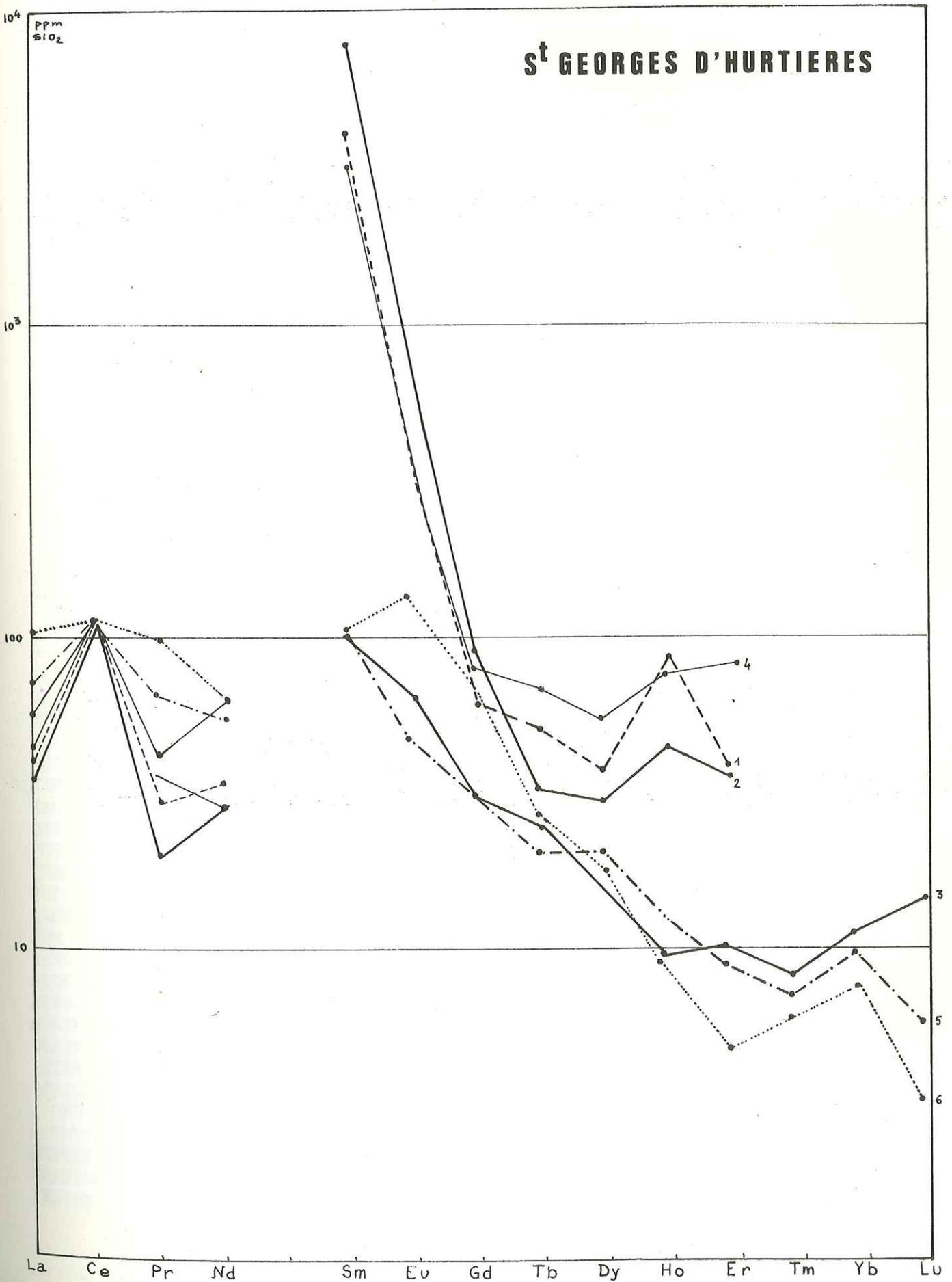
Le Calcium semble contrôler très fortement le destin des terres rares.

Il résulte d'une étude bibliographique que les terres rares légères tendent à se concentrer, lors d'une cristallisation magmatique, dans les liquides résiduels (fin de cristallisation). Le phénomène présente cependant une exception dans les liquides à hautes teneurs en alcalins, en fluorures ou en carbonates; en effet, les carbonates retiennent préférentiellement les terres rares lourdes sous forme de complexes.

Kostereïn (1959) note que les associations minérales dans la plupart des cas sont caractérisées par la présence de métaux alcalins et d'anions d'acide faible ou moyen (HCO_3^- , HF^+). L'évidence lui suggéra que les solutions transportant des terres rares étaient alcalines et contenaient HCO_3^- , CO_3^{--} , F^- et dans quelques cas HSO_4^- et SO_4^{--} .

Des complexes pour le transport des terres rares à grandes distances sont nécessaires, celles-ci ne pouvant se déplacer sous forme de simples ions dans de telles solutions. L'alcalinité décroissant, les complexes se brisent et les terres rares se déposent.

Repartition des Lanthanides dans les Quartz



QUARTZ ST GEORGES D'HURTIERES

RESULTATS EN PPM MASSE PAR RAPPORT A SiO2

n° d'analyse	1 1028m	2 1028m	3 1154m	4 1375m	5 1415m	6 1153m
<u>TERRES RARES</u>						
CERIUM	4,56	2,75	275	2,75	103	218
LANTHANE	0,56	0,22	56,6	0,45	13,6	63,7
PRASEODYME	0,17	0,055	20,7	0,14	4,6	26,5
NEODYME	1,04	0,40	89,7	0,94	17,7	89,7
SAMARIUM	34,6	41,9	57,8	27,1	23	51,7
EUROPIUM	0,92	0,32	13,7	0,70	3,7	23,6
GADOLINIUM	0,90	0,87	37,3	0,83	12,1	55,4
TERBIUM	0,14	0,05	4,42	0,12	1,5	3,6
DYSPROSIUM	0,63	0,25	16	0,55	7,5	14,9
HOLMIUM	0,26	0,09	2,42	0,17	1,08	1,54
ERBIUM	0,68	0,21	17,10	0,55	2,18	2,60
THULIUM			0,90		0,27	0,52
YTTERBIUM			10,5		1,92	3,4
LUTECIUM			1,52		0,21	0,34
<u>SOMME DES TERRES RARES</u>						
	44,4	47,1	593,5	34,5	192,4	556
<u>AUTRES ELEMENTS</u>						
CALCIUM	4000	1970	197000	790	3950	590000
BARYUM	560	156	8300	670	270	2920
YTTRIUM	1,45	1,16	94	0,72	40,7	29,1
CUIVRE	8,83	60,35	26	15,6	12,45	9,9
COBALT	200	125	240	357	67,5	55
VANADIUM	4,46	1,6	6,7	3,3	1,8	1
MAGNESIUM	480	160	3580	755	227	1870
STRONTIUM	72	1,4	860	7,2	14,3	574
POTASSIUM	2180	1857	2690	1920	1600	3010
CHROME	2980	810	1870	1700	2130	1107
SODIUM	1505	526	490	120	75,2	1700
ALUMINIUM	1900	2075	1460	2530	250	2870
FER	4200	660	20120	7320	2560	10510
MANGANESE	81	50	13050	432	855	9450
NICKEL	4800	3850	6730	6540	5580	4330
ZIRCONIUM	1,04	1,04	1,78	0,90	0,52	0,37
MOLYBDENE	23,6	3,10	9,40	9,40	5,50	47,1
ETAİN	3,10	2,50	2,30	2,50	1,55	5,40
ANTIMOINE	18	95,7	9	20	11,4	15
CESIUM	4,8	5,4	3,5	3	13	2,6
PLOMB	2	1,5	3,7	2,70	5,8	6,4
BISMUTH	0,19	0,24	4,5	1	0,17	18,9
RUBIDIUM	13,3	22,4	74,2	19,6	21	22,4
URANIUM	5,40	10,5	1,75	4,70	9	1,05
INDIUM	0,046	0,05	5,08	0,08	0,046	1,70

Les terres rares lourdes formant des complexes beaucoup plus stables dominent les dépôts de dernière phase.

Les complexes carbonatés peuvent être brisés par la soudaine expansion dans une cavité avec baisse de pression de CO₂, par albitisation (dans ce cas la concentration de la solution est énergiquement réduite) ou par précipitation de carbonates insolubles par assimilation de Fe, Mg, ou Ca.

Il semble que dans le cas de mise en place d'un mélange sidérite-quartz dans un filon, la sidérite en cristallisant retienne les terres rares du groupe Yttrique, les éléments du groupe Cerique se déposant avec la silice. On peut ainsi expliquer la complémentarité qualitative des courbes de distribution sidérite-quartz.

Ce schéma, relativement simpliste, est cependant variable car 2 venues de carbonates au moins sont connues dans Belledonne, la seconde pouvant provoquer un lessivage des terres rares déjà en place et modifier la répartition. C'est le cas à St Georges d'Hurtières (voir thèse Le Suavé) où l'on trouve tout un ensemble de profils de répartition en fonction de lessivage, de la tectonique ...

3°) Relations de stabilité de la sidérite dans le système : Fer -
Carbone - Oxygène -

Résumé :

Les relations de stabilité de la sidérite pure FeCO₃ dans le système Fe-C-O ont été déterminées, entre 500 et 2000 bars, dans une atmosphère de CO₂+CO en fonction de :

- la température T
- la pression : $PF = PCO_2 + PCO$
- la fugacité d'oxygène fO_2

en utilisant un tampon oxygéné en phase solide.

La sidérite a été synthétisée pour les expériences, en décomposant de l'oxalate ferreux dihydraté (FeC₂O₄, 2H₂O) en tubes scellés avec PH₂O de 2000 bars, et à une température ordinaire de 380°C.

La valeur de fO_2 était contrôlée en entourant la sidérite avec des mélanges tampons soit magnétite-hématite, soit graphite.

Le champ de stabilité de la sidérite et du gaz, dans un espace Pf-T- fO_2 est une zone limitée par des surfaces de réactions stables divariantes, représentant la décomposition de la sidérite en :

- (1) hématite + gaz
- (2) magnétite + gaz
- (3) magnétite + graphite + oxygène

La dernière surface de réaction (3) se trouve entièrement dans la région au-dessous du tampon graphite et n'est pas accessible expérimentalement.

Les points le long de la courbe univariante d'équilibre sidérite + magnétite + hématite (SMHG) se trouvent réversiblement :

PF = 500 bars T = 363° ± 10°C log fO_2 = - 24,8
PF = 1000 bars T = 365° ± 10°C log fO_2 = - 24,7

Les points ci-dessous permettent de tracer la courbe univariante d'équilibre pour la réaction: sidérite + magnétite + graphite + gaz (SMGrG).

PF = 500 bars T = 455° ± 10°C log fO_2 = - 25,7
PF = 1000 bars T = 458° ± 10°C log fO_2 = - 25,2
PF = 2000 bars T = 465° ± 10°C log fO_2 = - 24,4

Dans une section isobarique fO_2 -T, l'équilibre univariant sidérite, hématite, gaz correspond aux basses températures et relativement hautes valeurs de fO_2 .

L'équilibre univariant sidérite + magnétite + gaz (SMG) est stable aux hautes températures et relativement plus basses valeurs de fO_2 .

La stabilité de l'ensemble sidérite-gaz dépend fortement de T et fO_2 mais est pratiquement indépendant de la valeur de $PCO_2 + PCO$.

L'équilibre univariant S-M-GR-G fixe la température de stabilité maximum de la sidérite: 455° à 465°C dans le domaine $PF = 500$ à 2000 bars. Dans ce domaine la sidérite n'est pas stable pour des valeurs de fO_2 au-dessus de 10^{-24} bars, et se décompose soit en hématite (à basse température) soit en magnétite (à haute température: 363 à 465°C).

Les relations de stabilité des carbonates naturels riches en fer sont plus complexes que celles déterminées pour la sidérite seule. La présence d'autres espèces volatiles dans une phase gazeuse naturelle avec $PCO_2 + PCO < PF$, produira une plus basse température de décomposition.

La présence de H_2O peut stabiliser les phases d'hydroxyde de fer aux plus basses températures. Par contraste, la substitution de Mg^{2+} , Mn^{2+} ou Ca^{2+} , par rapport au fer, stabilisera les carbonates riches en fer à de plus hautes températures et valeurs de fO_2 .

Durant le métamorphisme, des carbonates naturels riches en fer, réagissent avec du quartz et de l'eau pour produire des amphiboles riches en fer (grunérite). Les résultats expérimentaux suggèrent que cette réaction se produise entre 500 et 450°C. Par déduction la coexistence de sidérite et quartz dans de nombreux filons hydrothermaux suggèrent des températures inférieures à ces valeurs.

a/ Introduction :

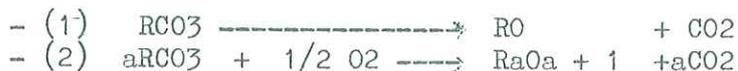
Les minéraux ferreux sont d'un intérêt très particulier dans les études pétrographiques et pétrogénétiques, car ils participent à des réactions d'oxyde-réduction, et leur présence, leur composition et leur relation de stabilité, renseignent, non seulement sur les valeurs de la température (T) et de la fugacité d'oxygène (fO_2) pendant la formation, mais aussi sur le devenir d'autres composants tels que H_2O et CO_2 .

La sidérite est d'un intérêt particulier car en tant que carbonate de fer sa stabilité dépend beaucoup de la pression (P), de la température (T) et des fugacités d'oxygène et de gaz carbonique (fO_2 et fCO_2).

Le terme sidérite se réfère à un carbonate type calcite dans lequel le dernier terme $FeCO_3$ est dominant ($CaCO_3$ - $MgCO_3$ - $MnCO_3$ - $FeCO_3$).

Des solutions solides complètes existent entre Fe^{2+} et Mg^{2+} et entre Fe^{2+} et Mn^{2+} . La plupart des sidérites naturelles contiennent des proportions notables de Mg et Mn. Les sidérites sont aussi associées à des dolomites riches en fer (ankérite).

On observe 2 types de réaction de décarbonation pour les minéraux carbonatés naturels (Jamieson et Goldsmith 1960).



(1) Le cation divalent R n'est pas oxydé. L'équilibre est indépendant de la pression partielle d'oxygène.

(2) Le cation R peut assumer plusieurs valences et forme une variété d'oxydes suivant les valeurs de PO_2 (pression partielle d'oxygène).

La sidérite se décompose suivant la réaction (2). Sa stabilité est fonction de T - PCO_2 - PO_2 , et sous les conditions atmosphériques ($P=0,2$ atm) elle donne des oxydes et hydroxydes de fer (French 1970).

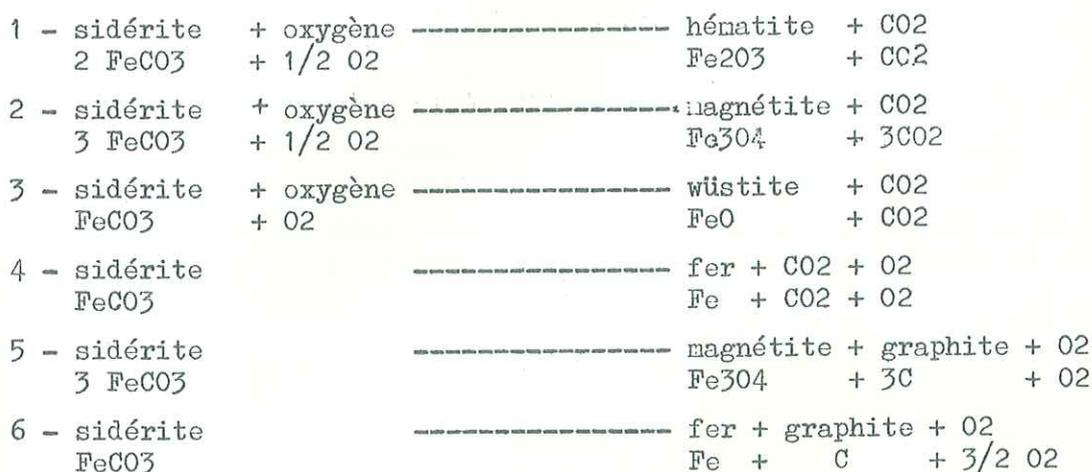
Habituellement la stabilité de la sidérite a été étudiée sans tenir compte des pressions partielles d'oxygène (Weidner et Tuttle 1964 - Weidner - Seguin 1968, Johannes 1968-1969).

Un calcul thermodynamique préliminaire a été entrepris pour :

- déterminer la forme générale du champ de stabilité de la sidérite et les relations possibles entre réactions stables et métastables.
- déterminer des comparaisons subséquentes entre les résultats de stabilité définis par le calcul ou expérimentalement.

Des résultats thermodynamiques suffisants existent pour le calcul du champ de stabilité de la sidérite en fonction de PCO_2 , fO_2 et T . (voir Garrels et Christ 1965 - Holland 1959-1965 - Mel'nik 1964 - Yui 1966).

Le champ de stabilité de la sidérite est entouré par 6 réactions possibles:



Le champ de stabilité de la sidérite, entouré par les réactions 1,2 et 4 est de $298^\circ K$ pour Garrels (1960) et de 300 à $600^\circ K$ pour Holland (1959); aucun auteur n'envisage une réaction possible entre sidérite et graphite.

Les réactions 5 et 6, stables seulement à des valeurs de fO_2 au-dessous de celle du tampon graphite, n'impliquent pas CO_2 et CO .

Le champ de stabilité de la sidérite, ainsi calculé par la thermodynamique, est une surface entourée par les réaction 1, 2 et 5, avec des décompositions stables en hématite et magnétite, et sous la courbe du tampon graphite en magnétite et graphite.

Dans une atmosphère CO_2+CO , la décomposition de la sidérite en fer (réaction 4) se produit dans une petite zone sous la courbe du tampon graphite où CO_2 et CO n'existe pas. La réaction est ainsi métastable et le champ de stabilité de la sidérite est plus petit que celui de Holland (1959) et Garrels (1960).

Le champ de stabilité de la sidérite n'intersecte pas celui de la fayalite (Fe_2SiO_4) dont la limite supérieure est la courbe:



Cette réaction n'est pas stable à ces pressions (French et Eugster 1962).

N.B. Le système $Fe-C-O$ contient 3 composants:

$F = 5 - P$ (F = degré de liberté

P = nombre de phases)

réactions 1,2, 3 : 2 phases solides sont en équilibre avec une phase gaz.
on a des surfaces de réactions divariantes.

réactions 5, 6 : 3 phases solides, 1 phase gaz sont univariantes et se trouvent dans la région du diagramme où $PF = P_{O_2}$

On peut imaginer l'addition d'un gaz inerte quelconque de manière que !
 $PF = P_{CO_2} + P_{CO}$ ($PF =$ pression de fluide totale).

Dans ces conditions ($PF = P_{CO_2} + P_{CO}$ sous la courbe du graphite) la région située sous la courbe du graphite est un système à 4 composants, Fe-C-O₂-gaz et l'assemblage de 4 phases devient une surface divariante dans un espace PF-P_{O₂}-T.

Cependant le calcul thermodynamique introduit une incertitude de $\pm 50^\circ\text{C}$ à $P = 1$ bar et $\pm 90^\circ\text{C}$ à $P = 2000$ bars.

b/ Résultats expérimentaux :

1/ L'équilibre sidérite + hématite + magnétite + gaz (SHMG) figure 1 Pl. 53 page 156)

Commentaires de la Pl. 53 :

Dans chaque rectangle la moitié supérieure représente la transformation ou non de la sidérite, la moitié inférieure l'évolution du témoin sidérite + hématite + magnétite.

Cet équilibre univariant est l'intersection de 3 surfaces divariantes dans un espace PF-f_{O₂}-T.

- SHM : sidérite-hématite-gaz
- SMG : sidérite-magnétite-gaz
- HMG : hématite-magnétite-gaz

La position de la courbe SHMG a été déterminée à 500 et 1000 bars de PF (pression de fluide) avec variations réversibles, avec des exemples de sidérite entourés de tampon magnétite + hématite.

PF	T ($\pm 10^\circ$)	- log f _{O₂} ($\pm 0,8$)
500 bars	363°C	24,7
1000 bars	365°C	24,6

La courbe SHMG est virtuellement verticale entre 500 et 1000 bars.

La température d'équilibre pour cette courbe à PF = 2000 bars n'a pu être définitivement déterminée. La décomposition définitive du tampon hématite + magnétite en sidérite se produit à une température inférieure à 280°C; mais la décomposition de la sidérite au-dessus de cette température ne peut être clairement établie, les réactions sont extrêmement lentes à 2000 bars. Il semble que les hautes pressions inhibent la diffusion des réactifs gazeux et des produits.

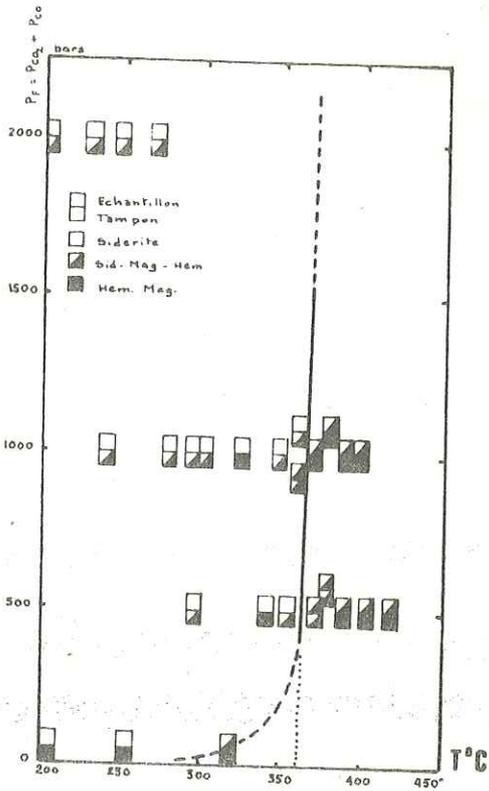
Au-dessus de PF = 500 bars la température d'équilibre (ou de début de décomposition de la sidérite en hématite + magnétite) est de 363°C. La courbe SHMG est virtuellement verticale.

Au-dessous de PF = 500 bars la température d'équilibre diminue avec la pression pour atteindre un minimum de 280°C à PF = 30 bars.

Aux très basses valeurs de f_{O₂}, la sidérite est stable à haute température et peut ainsi se former à des températures supérieures à la vraie température d'équilibre de la réaction SHMG.

Dans le massif d'Allevard la minéralisation sommitale des Tavernes associée au quartz 1 est du type sidérite + hématite + gaz.

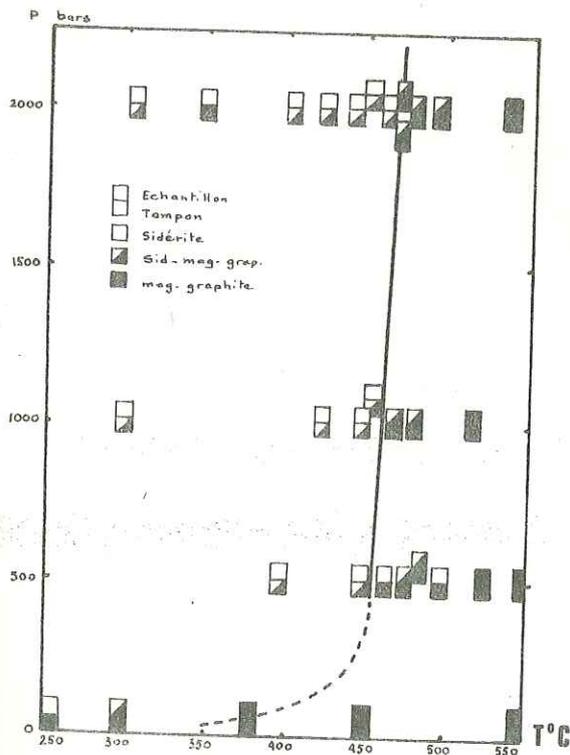
Sur la figure 1 nous constatons que l'échantillon de sidérite commence à se décomposer en hématite + magnétite dans les conditions suivantes :



Siderite - Hematite - Magnetite - Gaz

S.H.M.G

COURBES UNIVARIANTES EXPERIMENTALES



Siderite - Magnetite - Graphite - Gaz

S.M.Gr.G

P = 1 bar T = 280°C
 P = 500 T = 360°
 P = 1000 T = 360°

La présence d'oligiste en tête des filons de sidérite est assez courante (mine de sidérite cuivreuse de Mitterberg - Autriche -)

2/ L'équilibre sidérite-magnétite-graphite-gaz (SMGrG) (Fig.2 - Pl. 53)

Cet équilibre univariant est défini par l'intersection de 3 surfaces divariantes:

SMG : sidérite-magnétite-gaz
 GrG : graphite-gaz
 SMGrG : sidérite-magnétite-graphite-gaz

Les échantillons purs de sidérite sont entourés de mélanges tampons magnétite+graphite (qui servent de témoins).

PF	T (± 10°C)	- log fO ₂ (± 0,8)
500 bars	455 °C	25,8
1000 bars	458 °C	25,2
2000 bars	465 °C	24,4

Discussion des résultats expérimentaux :

Il faut invoquer dans une atmosphère CO₂ + CO une diffusion mécanique de gaz à travers le tampon solide.

Le problème des réactions avec tampon graphite est important.

Le ratio CO₂/CO peut être maintenu à des valeurs basses même à des températures élevées et pour des périodes assez longues sans précipitation de graphite.

Les conditions expérimentales, nécessitant de hautes températures (300° à 500°C), de longues durées de réaction (2 semaines) et la présence de sidérite, oxyde de fer et des agents catalytiques Ni et Co, offrent des conditions optimales pour l'équilibre de la phase gazeuse avec le tampon.

3/ Stabilité de la sidérite dans un espace PF-fO₂-T : (Pl.54 page 158)

Le champ de stabilité de la sidérite dans un tel espace est déterminé expérimentalement à partir des 2 courbes précédentes (SHMG et SMGRG) et il est présenté dans une section isobarique: logfO₂ - T .

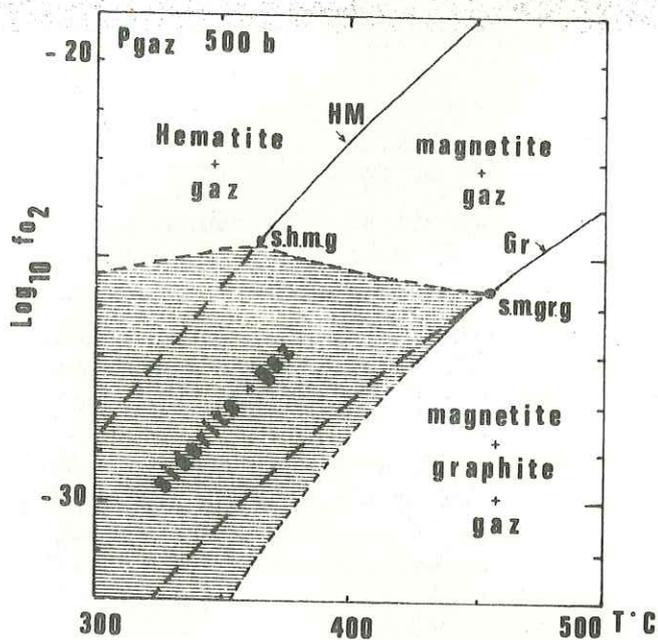
A PF = 500 bars l'équilibre sidérite + gaz est limité par 3 courbes univariantes isobariques SHG, SMGrG, SMG.

Seuls, les 2 points invariants isobariques ont été déterminés expérimentalement: le tracé des courbes univariantes est approximatif et basé sur des calculs thermodynamiques (French et Huebner 1969).

La courbe tampon du graphite divise le domaine sidérite + gaz en 2 parties. Au-dessus de la courbe, la sidérite est en équilibre avec un gaz formé de CO₂ et CO qui exerce une pression de 500 bars.

Au-dessous de la courbe, la sidérite coexiste seulement avec de l'oxygène et un gaz imaginaire inerte à PF = 500 bars.

Le long de la courbe, la sidérite coexiste avec de l'hématite et un gaz de composition variable.



**CHAMP de STABILITE de la SIDERITE
en fonction de T et $\log f_{\text{O}_2}$**

Des changements dans la valeur de PCO_2 n'ont eu que peu d'effets sur la stabilité de la sidérite entre 500 et 2000 bars ($10^\circ C$ de variation de T).

Par contre la stabilité de la sidérite est fortement affectée par des changements de fO_2 , l'ensemble sidérite-gaz est stable entre 10^{-24} et 10^{-30} bars de fO_2 . A température constante l'augmentation de fO_2 favorise la décomposition de la sidérite en hématite + magnétite.

c/ Applications géologiques :

Les résultats de l'étude de la stabilité de la sidérite, en présence de carbone et d'oxygène sont applicables à la mise en place des veines hydrothermales de sidérite.

1/ L'eau est indubitablement présente, en quantité notable, dans une phase gazeuse quelconque, coexistant avec des sidérites naturelles.

L'introduction d'eau dans le gaz produit un état où :



Donc $PF \neq PCO_2$

De plus, elle permet la formation de CH_4 et H_2 (travaux de French 1966).

Il semble que la température de décomposition de la sidérite soit seulement légèrement affectée par des changements de la pression totale à $PECO_2 = \text{Constante}$. (PE_i = pression osmotique d'équilibre d'un composé i dans une phase fluide).

La décomposition de la sidérite en magnétite est ainsi un géothermomètre fortement affecté par des variations de fO_2 mais peu sensible à des variations $PECO_2$ (entre 500 et 2000 bars) et P_t (pression totale dans un système expérimental clos).

Par exemple, à 500 bars une variation de $\log fO_2$ de 1 change l'équilibre S+M+G de plus de $50^\circ C$. L'attitude de la surface SMG indique qu'une hausse de T à PF et $fO_2 = \text{Cst}$ augmente la formation de sidérite à partir d'hématite.

Par contre, du fait de la pente négative de la courbe SMG à $PF = \text{Cst}$, si T augmente dans les mêmes conditions, la sidérite se décompose en magnétite.

2/ Les sidérites naturelles contiennent 10 à 20 moles % d'autres composants (Mg, Mn) en solutions solides dans la trame cristalline.

Les relations de stabilité des différents carbonates dont les composants peuvent se substituer à la sidérite indiquent que la stabilité de la sidérite peut s'étendre à de plus hautes températures et valeurs de fO_2 par addition de Mn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} .

Généralement, la décomposition de la sidérite en magnétite se produit entre 365 et $465^\circ C$ suivant les valeurs de fO_2 et $PECO_2$.

M. Seguin (1965) a étudié aussi expérimentalement, pour différents domaines de température, la stabilité de la sidérite: il apparaît que dans un système Fe-C-O-S et H_2O , au-dessus de $437^\circ C$ la sidérite se transforme en magnétite et en graphite et n'est plus stable.

Toutes ces données, ajoutées au fait qu'entre 300° et $450^\circ C$ le quartz et la sidérite peuvent produire des amphiboles riches en fer, suggèrent donc une température de formation de la sidérite très voisine de celle de cristallisation de la gangue quartzreuse, c'est-à-dire entre 200° et $300^\circ C$.

Il est possible que les amas d'oligiste mêlés à la sidérite (Les Tavernes) se soient formés par décomposition de cette sidérite par abaissement de la température et de la pression en tête de filon, tout en conservant un facteur fO_2 à peu près constant.

B/ LES SULFURES :

Les galeries d'accès aux filons d'Allevard n'étant plus praticables de nos jours, il sera difficile d'étudier la répartition des sulfures au sein des minéralisations de ce secteur.

Cependant la présence ou non de sulfures dans les haldes des anciennes exploitations, ainsi que des documents d'archives des Forges d'Allevard apporteront quelques lueurs dans ce domaine.

a) La pyrite : elle est assez abondante dans les filons de sidérite du massif d'Allevard où elle représentait d'ailleurs une gêne pour le traitement du minerai.

Elle se trouve d'une manière générale à l'état diffus dans l'ensemble des filons; elle est responsable de la teneur en soufre de la sidérite (0,27%).

Dans le filon de Ste Sophie (vallée du Bréda) elle constitue une pellicule en salbandes, soit sous forme amorphe, soit en petits cristaux. La pyrite s'associe aussi très souvent à la chalcoppyrite d'où le nom de pyrite cuivreuse qui revient fréquemment dans les anciens rapports.

b) Le cuivre: il est caractéristique de la paragenèse des filons carbonatés du rameau externe, généralement sous forme de chalcoppyrite, parfois à l'état de cuivre gris.

Vers l'amont pendage, dans le massif d'Allevard, les filons sont peu à peu envahis par la chalcoppyrite soit en filonnets dans la sidérite soit en mouches dans la masse du minerai.

La chalcoppyrite, dans les haldes de mine se présente soit sous forme de pyrite cuivreuse d'aspect granuleux et plus clair, soit de chalcoppyrite très pure à cassure conchoïdale.

A la Chevrette la partie haute est envahie par la chalcoppyrite en association avec de l'ankérite, du quartz et de la ripidolite en filonnets de seconde venue, recoupant la masse du filon.

Dans la région de Theys, il semble que des mines aient fonctionné avant 1725 pour le cuivre: mas des Hérines, du Pipet, des Ramiettes, du Rocher Cabot.

D'une manière générale on constate que les filons rives (vraisemblablement les plus anciens) sont riches en sulfures (cuivre, plomb, et parfois blende). Toutes les haldes des mines de la montagne du Collet contiennent en abondance chalcoppyrite et galène: Tilleray, Gros Chêne, La Ravoire.

D'autre part, les filons maillats, situés entre le Gd Rocher et le Col du Merdaret présentent le même enrichissement.

En section polie, la chalcoppyrite est associée avec un peu de covelline et de chalcosine; très souvent aussi elle présente des phénomènes d'exsolution à partir de la blende ce qui donne des températures de formation de l'ordre de 300 à 400°C d'après les travaux de Kullerud.

A la Chevrette, de la millérite (NiS) a été décelée comme produit de contact secondaire entre chalcoppyrite et sidérite.

Les cuivres gris couvrent une série isomorphe continue depuis la panabase (terme antimonieux) jusqu'à la tennantite (terme arsenical). Le cuivre gris reste encore une énigme car il semble parfois s'associer à la chalcoppyrite, soit être plus tardif.

Ces cuivres gris sont souvent aurifères ou argentifères.

- mine d'or du Buisson: elle consiste en rognons irréguliers et rares de cuivre gris dans un filon de sidérite. Elle paraît être la même que celle décrite par Hellat dans "Etat des mines du Royaume".

Cette mine fut abandonnée, attendu qu'il n'y avait rien de régulier dans l'allure des rognons de cuivre gris. Une analyse de l'époque donne pour 100 g. de cuivre gris:

- 68 g de cuivre noir
- 38 g de cuivre rosette
- 4 g d'argent
- 0,003158 d'or soit 30 g/T

- mine d'or de Theys: c'est aussi un cuivre gris aurifère en rognons dans un filon de sidérite (Le Merle) qui a été présenté comme très riche par Yves Michel du Serre en 1651. Mais nous ne disposons d'aucune analyse.

- mine du Remoud (vallée du Joudron): cette mine est actuellement accessible; les cuivres gris existent ici dans une gangue de quartz avec un peu de chalcoppyrite, en minces filonnets dans les micaschistes. Une analyse (CEA 1965) effectuée sur un échantillon contenant chalcoppyrite et cuivre gris montre une nette prédominance de l'antimoine sur l'arsenic: dans ce cas le cuivre gris est une tétraédrite :

- Fe : 2,6 %
- Cu : 2,1 %
- Pb : 0
- Zn : 0,2 %
- As : 410 ppm
- Sb : 2300 ppm

Un autre échantillon, uniquement cuivre gris et quartz (Salsigne 1965)

- Cu : 14,5 %
- Ag : 2100 ppm

c) Le plomb: les Chartreux ont exploité de la galène dans les filons du mas des Ramiettes et à la Génivelle. Les travaux ont été peu importants et les produits peu abondants; ils furent abandonnés en 1789 mais on ignore la cause exacte de l'abandon.

La galène est beaucoup plus abondante dans la montagne du Collet où l'on retrouve encore dans les haldes de beaux échantillons: Gros Chêne, Tilleray, La Ravoire.

Ypma (1963) et JP Dumas (1964) ont essayé de dater un certain nombre de filons de Belledonne par la méthode des isotopes du plomb. Ces résultats n'ont qu'un intérêt indicatif et ne seront pas cités comme significatifs. Il faut en effet tenir compte que de tous les sulfures, la galène est celui qui possède le plus grand pouvoir de recristallisation.

- Région d'Allevard:

- galène dans le filon du Tilleray (concession C): cette galène prélevée dans un filon de sidérite (type rive) avec chalcoppyrite, de direction EW dans un encaissant de micaschistes mais assez proche de la couverture permienne donne un âge de 230 ± 75 Ma, c'est-à-dire permo carbonifère.

- galène dans le filon de Fond de France: toujours dans un encaissant de micaschistes mais cette fois ci à l'est du graben houiller, l'âge est de 344 ± 75 Ma soit vraiment carbonifère.

- galène dans le filon d'Orgeval (vallée de St Hugon): le filon encaissé dans les micaschistes, ne contient pas de sidérite et se compose d'une brèche de gros cristaux de quartz cimentés par de la blende et de la galène. Il suit une direction N 150°E, sa puissance variant de 10 à 50 cm. L'âge de cette galène 149 ± 75 Ma c'est-à-dire une période comprise entre le Jurassique moyen et le Crétacé moyen.

- Région de Vizille :

- galène de Pierre Herse	: 16 ± 75 Ma	(Tertiaire)
- galène de Longerolles	: 193 75 Ma	(Trias, Jurassique)
- galène de Monjean	: 242 75 Ma	(Permo-trias)
- galène de Sapey	: 153 75 Ma	(Jurassique-Crétacé)
- galène de Perelle	: 214 75 Ma	(Permo-trias)

- Région des Hurtières et du Gd Arc:

- galène de la Richesse: le minerai est une sidérite très quartzreuse, avec 2 types de quartz, le plus vieux à mouches de chalcopryrite, le plus récent avec chalcopryrite, blende, galène. Parmi les sulfures, la chalcopryrite semble l'élément le plus morcellé alors que la galène reste fraîche.

L'âge (242 ± 75 Ma) est Permo-triasique

- galène de Montgilbert	: 284 ± 75 Ma	(Permo-carbonifères)
- galène de Bonvillard	: 223 75 Ma	(Permo-trias)
- galène d'Argentine	: 237 75 Ma	(Permo-trias)
- galène des Mouches	: galène et chalcopryrite dans une gangue de quartz bréchi- fiée, se présentent sous forme de filonnets dans la dolomie bréchique du trias. La galène est largement cristallisée, la chalcopryrite beaucoup plus fracturée : l'âge (163 ± 75 Ma) est Jurassique .	

Il est donc difficile de conclure sur l'âge de ces minéralisations, par la méthode des isotopes du plomb et l'on peut tout au plus distinguer des galènes anciennes (Permo-carbonifères) de galènes plus jeunes ou recristallisées (triasiques-jurassiques).

d) Le zinc : la blende en quantité exploitable est pratiquement absente du massif d'Alleverd, sauf aux Envers (montagne du Collet), dans certaines failles affectant les filons rives de la Taillat et dans les travaux du Merdaret au-dessus du Gd Gorgeat dans le ruisseau de Pierre Herse.

Le contenu en FeS de la blende est très employé en thermométrie géologique; on peut admettre que les blends noires (Noguilan, Orgeval) riches en fer (plus de 10 mol% de FeS) sont de genèse mésothermale à catathermale d'après les travaux de Kullerud en 1959.

Une analyse (CEA 1971) a été faite sur une blende claire, très fine, montrant des effets de tension, et provenant des haldes au-dessus du Gd Gorgeat:

- Cu : 1100 ppm	- Mn : 30 ppm
- Zn : 59 %	- Fe : 0,85 %
- Ni : moins de 20 ppm	- Ag : 10 ppm
- Ca : 500 ppm	- Ti : 150 ppm
- Cd : 1600 ppm	- Sb : 1,5 %
- Co : 250 ppm	- Hg : 500 à 1000 ppm

On notera d'une part la pauvreté en fer de cette blende (moins de 1 %) et une plus grande abondance de cobalt que de nickel.

e) Le platine : dans un mémoire sur "Le platine des Alpes Françaises" en 1857 Gueynard avait conclu à la présence de platine dans les fers spathiques ce métal devant se concentrer dans les fontes, les fers et les aciers. L'analyse (de cette époque) de fonte de Vizille et de St Georges d'Hurtières donne des teneurs variant entre 0,0039 et 0,0595 mg. pour 100 g. de fonte.

Dans la région d'Alleverd le platine n'a jamais été décelé dans les sidérites sauf dans le filon du Gd Gorgeat (au-dessus de Theys): 1,4 ppm.

Chapitre III - REPARTITION ZONAIRE DES ELEMENTS :

Du point de vue théorique, les questions fondamentales qui se posent pour les filons métallifères sont les suivantes:

- 1 - De quelle manière la minéralisation varie-t-elle dans le filon lui-même, entre les salbandes et l'axe du filon?
- 2 - De quelle manière la minéralisation du champ filonien varie-t-elle en plan, et quelles sont les modifications du complexe filonien?
- 3 - De quelle manière les minéralisations du filon varient-elles en profondeur?
- 4 - Quelle est la relation entre les champs filoniens, la tectonique et les ségrégations magnétiques dans la région?

On observe dans les filons minéralisés du massif d'Allevard, et d'une manière générale dans tout le rameau externe de Belledonne, différents types de zonalité dans la répartition des éléments.

L'idée de lier l'origine des gîtes métallifères filoniens à celle de roches ignées est fort ancienne; les travaux de Fersman restent encore le meilleur schéma de base à l'heure actuelle.

La majeure partie des gîtes hydrothermaux doit son origine à des intrusions de roches ignées acides et s'est développée à des profondeurs faibles ou moyennes. C'est pourquoi nous essayerons de comparer les différents éléments métalliques présents dans la zone d'influence des granites axiaux, à la répartition théorique idéale de ces mêmes éléments à partir d'un magma granitique, d'après les travaux de Fersman.

1/ Répartition zonaire dans la caisse filonienne :

Dans les filons carbonatés du massif d'Allevard, il a été généralement impossible de faire des observations en galeries. On trouve mention dans les archives de la présence fréquente d'un rubannement de quartz, et de noyaux de dolomite, ankérite, schistes, parallèle à l'encaissant .

Dans les affleurements de surface, il existe habituellement une ségrégation de quartz aux épontes et de la sidérite au coeur du filon.

Les géodes (Allevard, Vizille) montrent une inbrication de cristaux de sidérite et de quartz (cristallisation simultanée) tandis qu'au contact des épontes une pellicule de quartz amorphe contient en abondance de minuscules cubes de pyrite. Quartz, sidérite et pyrite appartiennent à la même venue.

L'existence de textures concentriques (en cocardes) toujours au sein des filons carbonatés, résulte soit de simples dépôts successifs, soit d'une précipitation rythmique.

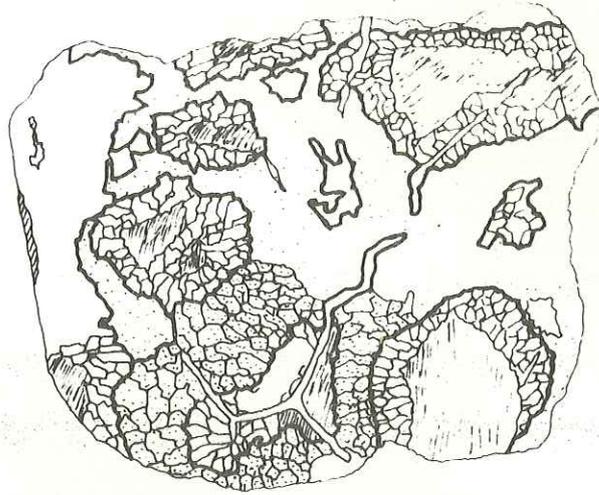
Pour les filons puissants, on admet difficilement une ouverture instantanée de la fracture maintenue par la seule pression hydrostatique. Aussi est-il logique d'imaginer une ouverture progressive avec dépôts successifs au fur et à mesure de l'ouverture; ainsi s'explique le remplissage zoné (La Chevrette et Cabot) avec des pulsations dues au renouvellement de la solution ascendante, ou dans le cas du rive de la Taillat à des récurrences.

a) Cabot: cette texture en cocardes (voir fig.1 Pl. 55 page 164) montre des fragments de micaschistes, entourés d'une auréole (1 à 2 cm) de sidérite très finement cristallisée, l'ensemble des orbicules étant noyé dans une pâte de quartz blanc, laiteux.

b) La Chevrette: la succession inverse s'est produite ici, c'est-à-dire que des fragments de micaschistes décolorés ont été enrobés dans du quartz 1, blanc, amorphe, tandis que la sidérite, à cristallisation fine, forme lien entre les différentes orbicules.

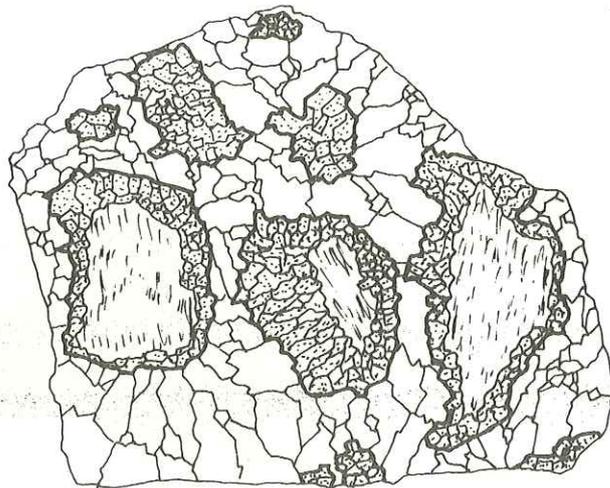
Des veinules de quartz 2, avec chalcopyrite, ankérite et chlorite recourent ensuite l'ensemble du minerai.

LA CHEVRETTE



TEXTURE EN COCARDES

CABOT



On note à la Chevrette la décoloration de l'encaissant de micaschistes sur quelques mètres, ainsi que celle des fragments au coeur des orbicules. Ces changements de coloration des épontes sont dûs à une migration du fer et du magnésium à partir de la roche encaissante.

Ce phénomène de décoloration est connu par ailleurs: J. Bocquet (communication orale) le relie dans certains cas à des venues hydrothermales contenant du soufre,

Fersman souligne par contre le rôle de "déferrisateur" joué par la tourmaline: " l'émanation de bore détermine en premier lieu la concentration du fer". Ce bore d'origine pneumatolytique aurait rassemblé le fer des terrains traversés en déferrifiant les schistes en bordure.

Cette dernière hypothèse demanderait beaucoup d'analyses, car la sidérite du massif d'Allevard, et notamment de la Chevrette est pauvre en bore (4 ppm).

c) Rive La Taillat: le processus est ici différent: des structures concentriques répétées et alternantes d'anneaux de dolomite et de sidérite au sein du filon traduisent des pulsations rythmiques de la composition chimique durant la mise en place de la minéralisation.

Sans que cela constitue une règle générale, la texture des filons de départ acide, est assez fréquemment rubannée. Dans le massif d'Allevard devant l'impossibilité de pénétrer au coeur des filons, aucune observation de ce genre n'a été faite mais par contre ce rubanement est visible à Vizille (filon de Montjean) ou à St Georges d'Hurtières (quartier Ste Barbe).

- coupe du filon de Montjean (puissance 50 cm) d'éponte à éponte:

. aux épontes une pellicule de quartz, avec des cristaux bien formés, perpendiculaires à l'encaissant, ainsi que des amas de galène.

. de la sidérite claire, magnésienne et de l'ankérite, remplissent ensuite les vides en épousant la forme des cristaux de quartz; ces carbonates se sont déposés en petits cristaux fusiformes.

. de la blende noire, ferrifère constitue le coeur du filon.

- filon de St Georges d'Hurtières (puissance 2 m)

. alternance au sein d'un filon de quartz, de bandes d'ankérite avec mouchetures ou petits amas de chalcopryrite et de galène. Ces bandes parallèles aux épontes suivent les mouvements du filon.

2/ Zonalité verticale dans les filons :

S'appuyant sur un grand nombre d'observations, Fersman propose la répartition verticale suivante pour les concentrations d'origine pneumatolytique et hydrothermale.

- Grandes profondeurs (hypothermaux)

1 - Molybdène

2 - Etain

3 - Wolfram

- Profondeurs moyennes (mésothermaux)

4 - Scheelite et or

5 - Mispickel et or

6 - Cuivre avec tourmaline

7 - Polymétalliques profonds (Cu, Zn)

8 - Polymétalliques de faibles profondeurs (Pb, Zn, Bi)

- Faibles profondeurs (épithermaux)

9 - Polymétalliques superficiels (Ni et Co)

10 - Cinabre et mercure : -cinabre

-mercure

-arsenic

Avec la mise en place d'un magna, s'établit une zone d'intumescence thermique qui conditionne la migration des éléments chimiques, donc le dépôt des minéraux à des distances variables de la masse plutonique. Cette notion de gradient thermique est le fondement d'une distinction entre :

- pneumatolytique (stannifère)
 - hydrothermal
 - mésothermal
 - épithermal
- } hydrothermal

Généralement la succession zonale n'est jamais réalisée dans un seul filon.

1°) Evolution verticale des carbonates:

Filon Rive de la Taillat (concession J)

Ce filon de sidérite, jadis exploité entre 1350 m (affleurements) et 900 m d'altitude, permet de suivre l'évolution des carbonates sur 500m de dénivelé.

- de la surface jusqu'à une centaine de mètres de profondeur sidérite et oligiste; (nous ne parlerons pas de l'hématite et de la limonite, produits d'altération de la sidérite par les eaux superficielles),

- puis sidérite dans une gangue de quartz,
- à partir de 1050m la calcite devient assez abondante dans la sidérite,
- dolomite et quartz dominant vers 950 m, la sidérite devenant accessoire ne justifie plus une exploitation,
- enfin à partir de 900 m, la quasi-totalité de la caisse filonienne est quartzreuse.

Ce phénomène d'appauvrissement en fer des filons de sidérite vers l'aval pendage avait amené les anciens exploitants à se désintéresser presque systématiquement des minéralisations de ce type au-dessous de 900m, altitude considérée comme critique pour une exploitation.

Cette généralisation est cependant dangereuse si l'on ne tient pas compte des facteurs tectoniques d'une part et d'autre part des variations du degré thermique.

La tectonique en abaissant ou en remontant des panneaux de socle, rend dérisoire la notion d'altitude. C'est ainsi que des filons de sidérite ont été exploités avec succès dans le massif d'Allevard à 400 m d'altitude (Ste Sophie et Bout du Monde dans la vallée du Bréda), tandis que dans la concession de Croix Reculet (voisine de la Taillat) le rive de Vaugraine, connu en affleurements (1500 m) se perd en filonnets dans les schistes à la côte 1260 m.

Tous ces filons rives et maillats ne se sont pas mis en place à la même profondeur, et la tectonique et l'érosion ayant modifié l'arrangement initial, on trouve des queues de filons en surface et des gîtes minéralisés en profondeur. Ce phénomène apparaît clairement dans la concession L:

- en surface des filons maillats, puissants (3 à 4m), longs 200 à 300m ; en galeries, 200m plus bas, on ne retrouve plus que leurs racines sous forme de filons de quartz de 50 cm de puissance.

- par contre le rive de Vaugraine, puissant en profondeur est mal connu en affleurements.

Pour l'instant la seule loi générale dans Belledonne concernant l'évolution verticale d'un filon de sidérite, reste qu'en profondeur il devient quartzeux et calciteux (Allevard, St Georges d'Hurtières, Vizille).

La calcite filonienne est très certainement d'origine magmatique: ce magna carbonaté se serait séparé d'un magna silicaté par un phénomène de différenciation.

On pensait qu'aux hautes températures et pressions le CaCO_3 se dissociait en CaO et CO_2 . Or Tuttle et Wyllie montre que dans un système complexe, comprenant des carbonates, des silicates et de l'eau, les carbonates fondus existent à des températures basses (500°C) et des pressions faibles.

D'après Von Eckerman (1948) le CO₂ et le Ca seraient d'origine profonde et c'est aussi l'opinion de Roeder (1965) qui estime que le CO₂ des inclusions fluides des cristaux aurait la même origine.

Les carbonates seraient relativement solubles dans certains magmas granitiques puisque l'on connaît de tels amas dans le granite d'Epierre. Mais il n'en demeure pas moins vrai que l'on ne connaît pas de filons de sidérite en liaison évidente avec un magma granitique.

Nous reprendrons quelques-unes des conclusions que N. Maurin (thèse p. 93) tire de données expérimentales sur la solubilité du Ca, Fe, Mg, en fonction des variations de températures, de pression de vapeur d'eau et de pression partielle de CO₂.

La concentration de ces 3 éléments (Ca, Fe, Mg) diminue nettement au-dessus de 200°C; il semble qu'il faille atteindre une température voisine de 400°C pour que les concentrations du Ca et du Mg augmentent à nouveau. Quant au fer, sa concentration demeure très faible entre 300 et 500°C mais s'accroît à 400°C pour une pression de vapeur d'eau de 600 bars.

L'étude expérimentale et l'observation semblent en accord puisqu'en s'enfonçant dans un filon de sidérite, donc en se rapprochant du foyer magmatique plus chaud les concentrations en dolomite et en calcite augmentent tandis que les teneurs en fer diminuent.

Autour du point T = 300°C et P = 300 bars, on note une égale solubilité des 3 éléments, et de part et d'autre une certaine périodicité des solubilités du Ca, Fe, Mg.

Les courbes de R.B. Glover amènent aux mêmes conclusions: elles montrent qu'au cours d'un processus de vaporisation, la quantité de gaz formée décroît rapidement lorsque la température augmente, c'est-à-dire lorsque le pourcentage de vapeur augmente. Ainsi de 200°C-200b à 300°C-300b, le rapport CO₂/H₂O diminue et entraîne une baisse de la solubilité de Ca et Mg, donc une cristallisation.

Ce processus, valable à l'échelle de la répartition verticale dans un filon, est certainement beaucoup plus complexe dans le détail; certains échantillons montrent en effet des amas de calcite au coeur de la sidérite donc en fin de cristallisation.(?).

2°) Evolution verticale des sulfures :

La succession zonale complète verticale des sulfures n'est jamais réalisée dans un seul filon.

- A l'échelle du minéral :

A St Georges d'Hurtières, l'analyse de pyrite et chalcopryrite pures, prélevées verticalement dans le même filon entre 1450 et 1100 m, traduit un enrichissement de ces 2 minéraux en nickel vers l'amont pendage et en argent vers l'aval pendage.

Cette évolution a été retrouvée dans d'autres filons du même type, notamment à Mitterberg (Autriche) où la millérite est présente en tête de filon.

A la Chevrette le sommet du filon contient quelques mouches de millérite au contact chalcopryrite-sidérite.

- Au sein du filon :

Les cuivres gris prédominent dans les dépôts de dernière phase: au Merle de Theys, ils sont associés à la chalcopryrite dans la sidérite maillat. Au Remoud des filonnets dans les micaschistes contiennent quartz, chalcopryrite et cuivre gris.

Dans les collections de minéraux des Forges d'Alleverd, des échantillons locaux (dont on ignore la provenance exacte) montrent des rhomboèdres de dolomite sur lesquels ont germé des cristaux de cuivres gris, vraisemblablement de venue postérieure.

Les cuivres gris sont plus récents que la blende et la galène qui prédominent dans les filons de sidérite rive (Montagne du Collet). La galène semble précéder la blende (mais s'étend souvent plus bas).

Les auteurs américains ont démontré qu'aux Etats-Unis, l'antériorité de la galène sur la blende caractérise un transport du plomb et du zinc par des solutions chlorurées. Nous reviendrons sur ce problème du transport des éléments par les halogènes. Dans cette inversion de succession (on admet généralement que la blende précède la galène) la blende se présente souvent en type clair peu ferrifère (ex. blende du Merdaret 1 % de fer).

La chalcopryrite est très fluctuante dans sa répartition verticale: dans les filons d'Allevard elle se concentre dans les parties sommitales des filons, surtout rives, de la montagne du Collet.

A St Georges d'Hurtières par contre, on la retrouve aussi bien dans les parties basses de la mine, qu'en filonnets dans la barytine au sommet (barytine se déposant habituellement à température basse et près de la surface). Il doit donc exister plusieurs générations de chalcopryrite.

On rejoint les idées de Smirnov, Bilibine, Volfson et Kutina: tous les aspects de la zonalité ne peuvent être expliqués par la conception d'une seule vague de solutions ascendantes; ces soviétiques insistent sur la nécessité de distinguer un zonage monoascendant et un zonage polyascendant, dans le cas de pulsations dans l'ouverture et le remplissage des fissures.

Fersman et Emmons (1934) en étudiant les phénomènes de zonalité avaient déjà noté que les différentes minéralisations se répartissent dans les filons dérivant d'une source magnétique, suivant des lois à peu près identiques pour les différents districts miniers.

Il est possible à l'aide de la thermodynamique (voir travaux de J. Amossé) d'étudier les systèmes hydrothermaux à des températures et pressions élevées.

Si l'on considère la réaction suivante conduisant à la formation d'un minéral MX:



A cette réaction correspond une variation d'enthalpie libre ΔG fonction des conditions de températures, de pressions et d'activité des espèces.

Si ΔG est négatif, la réaction se fera dans le sens indiqué, à condition que sa cinématique soit suffisamment rapide, ce qui est généralement le cas pour les minéralisations de hautes températures.

Par conséquent, pour les conditions physico-chimiques qui existent lors de la mise en place d'une minéralisation, à partir d'un fluide porteur des éléments de cette minéralisation, les produits déposés à la température et à la pression les plus élevées, seront ceux pour lesquels la variation d'enthalpie libre de formation sera la plus négative, tous les autres paramètres étant égaux par ailleurs.

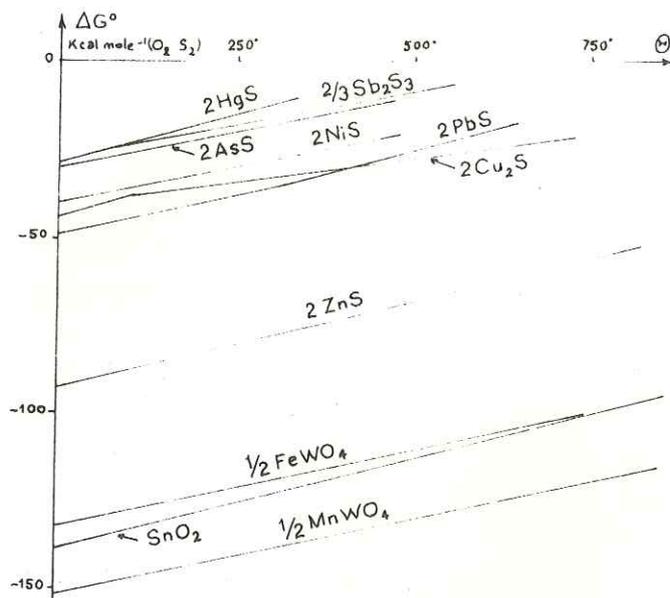
Dans le diagramme (Pl. 56 page 169) sont reportés pour chaque composé la variation de la température et de l'enthalpie libre ΔG calculée à partir des valeurs standards de l'enthalpie ΔH_{298} publiées à ce jour. On constatera avec intérêt l'harmonie entre les observations de terrain et le calcul théorique.

Par contre, si l'on aborde la zonalité des sulfures d'après leur solubilité, c'est-à-dire si l'on admet qu'ils ont été transportés tels quels, on arrive à une contradiction:

La série de Schumann et Weigel donne dans l'ordre approximatif de solubilité croissante des sulfures:

Hg, Ag, Cu, Bi, Cd, Pb, Zn, Ni, Co, Fe, Mn.

Les sulfures les plus solubles apparaissent les premiers et vont le moins loin dans la zonalité (FeS plus soluble que HgS). Or la pyrite apparaît généralement la première dans les filons hydrothermaux et le cinabre le dernier. Il faut donc admettre le transport de ces éléments sous une forme autre que celle de sulfures, peut-être de chlorures.



Variations de ΔG en fonction de T (voir p 121)

3°) Zonalité à l'échelle du massif de Belledonne : (Pl. 57 page 171)

Entre Aiguebelle et Vizille, les manifestations hydrothermales du raneau externe de Belledonne s'étendent sur une bande de 70 km de long et 5 à 6 km de large, parallèlement à l'axe granitique.

Nous allons essayer de voir s'il existe des évolutions de la minéralisation du sud au nord de Belledonne, ainsi qu'en se rapprochant des granites.

1/ Les carbonates :

En reprenant les analyses chimiques des différentes sidérites du raneau externe on constate une évolution des magnas carbonatés du nord au sud: évolution entraînant la notion de province géochimique:

- les sidérites de la région d'Aiguebelle se caractérisent par un enrichissement en manganèse et un appauvrissement en magnésium,
- les sidérites de Vizille montrent un caractère inverse avec plus de magnésium que de manganèse,
- les sidérites de la région d'Allevard ont un caractère intermédiaire entre ces 2 types.

Il est remarquable aussi que l'hiatus de composition entre les 2 types de sidérite d'Allevard et de Vizille reste du même ordre de grandeur (du simple au double).

Si l'on admet une relation possible entre les granites axiaux et les filons carbonatés, on devrait retrouver une évolution du magna granitique du nord au sud. Il n'existe pour l'instant aucune étude dans ce sens.

2/ Les autres éléments :

Lorsqu'on étudie la répartition des minéralisations autour d'un massif granitique on observe souvent des variations minéralogiques et chimiques lorsqu'on s'en éloigne.

Si cette zonalité se présentait en zones concentriques et continues par rapport à un massif granitique on devrait trouver les mêmes successions de minéralisations, quelle que soit la profondeur d'érosion. Or il n'en est pas ainsi car on distingue des sécrétions apicales (étains, tungstène) et des sécrétions latérales.

a) minéralisations au contact du granite :

- la fluorine du Rocheray (près de St Jean de Maurienne) au contact du granite mais pénétrant dans le Lias; la fluorine est généralement un indice de pneumatolyse intense et résulte de processus hydrothermaux de hautes températures (450°C) mais aussi de températures plus basses. Dans le cas du filon du Rocheray, la fluorine est associée avec la blende et la galène tandis que vers le haut la barytine domine.

- le nispickel aurifère de St Paul sur Isère, avec chalcoppyrite et pyrite serait mésothermal,

- la pyrrhotine de St Léger (près d'Epierre) encore mal étudiée, avec un peu de nickel (0,4 %), serait aussi mésothermale,

- les blendes ferrifères de Noguilan (chaîne des Hurtières) et d'Orgeval (Veyton) avec exsolutions de chalcoppyrite, sont mésothermales.

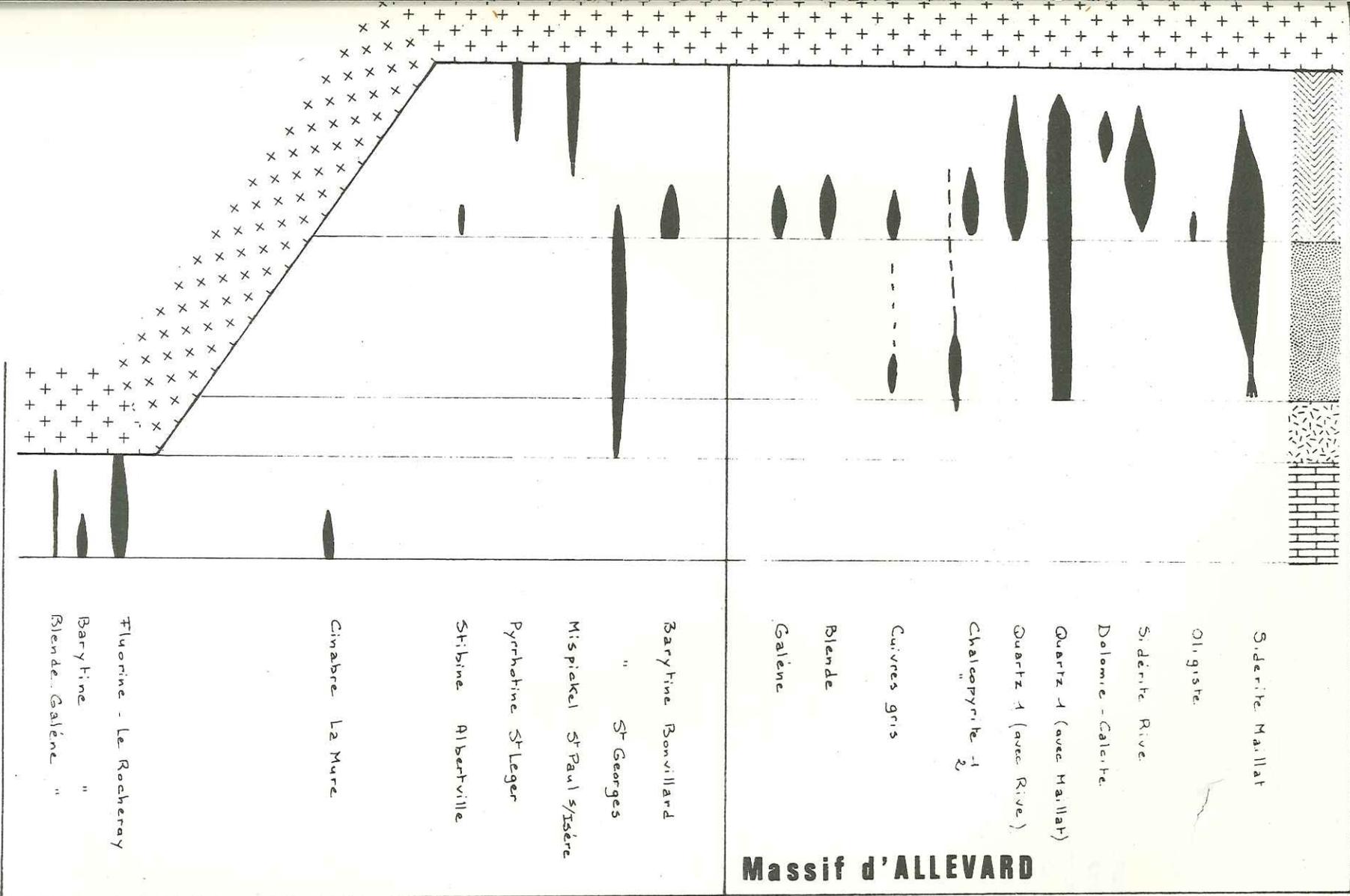
b) minéralisations dans les nicaschistes :

- les sidérites d'Aiguebelle, Allevard et Vizille, d'après les températures d'inclusions fluides de la gangue quartzreuse, se sont faites à température basse (entre 200 et 300°C) donc à la limite des domaines épi- et mésothermal.

Par contre les sulfures associés correspondent à des venues mésothermales pour les sidérites de St Georges, type 1 Allevard (rive) et type 1 Vizille, et à des venues épithermales pour les sidérites type 2 Allevard (maillat) et type 2 Vizille.

- les cuivres gris semblent épithermaux au Renoud et au Merle.

f Schistes Permien Trias Lias



Massif d'ALLEVARD

Zonalite verticale de la mineralisation dans le rameau externe de Belledonne

c) minéralisation dans la couverture sédimentaire :

- le cinabre, connu essentiellement dans la région de La Mure est un dépôt d'activités fumerolliennes. Il se rencontre essentiellement dans les gîtes hydrothermaux de basses températures.

L'absence de l'étain et du tungstène dans Belledonne est certainement en relation avec l'évolution géochimique des granites axiaux. Les indices de molybdène des Gdes Rousses et du Mont Blanc ne seraient qu'une tentative de ces minéraux pour cristalliser!

Nous avons vu, au cours de ce chapitre, combien sont vagues actuellement les notions d'époques, de périodes, de venues minéralisantes; ce vague traduit l'impuissance relative actuelle des méthodes de datation, mais une autre difficulté de la notion d'époques métallogéniques réside dans le lien chronologique assez lâche entre certaines mises en place de granites et certaines minéralisations (post-magmatiques) qui leur sont associées.

Conclusions :

Sur l'ensemble du massif d'Allevard nous trouvons 2 types de sidérites associés à 2 venues de quartz.

Nous étions tentés de faire un rapprochement entre la cristallisation des sidérites et celle des aplites et pegmatites: c'est-à-dire que les sidérites à grands cristaux correspondraient au stade pegmatite, les sidérites à cristallisation fine représenteraient l'équivalent des aplites.

Pour l'instant nous ne disposons d'aucun élément précis permettant de relier ainsi le maillat et le rive. De plus la sidérite rive (à petits cristaux) semble la plus ancienne.

D'une manière générale, les filons sont postérieurs à la schistosité des micaschistes, schistosité elle-même antérieure au Houiller; l'évolution géologique et métallogénique des filons d'Allevard s'établirait ainsi :

- dépôt d'une série pélitique de type flysch (?),
- métamorphisme anté-westphalien de cet ensemble donnant les micaschistes du rameau externe de Belledonne,
- mouvements tectoniques fini-hercyniens (anté-houillers) avec mise en place d'une première venue minéralisante, en relation avec des accidents NS:

. quartz 1, sidérite 1 (rive) plus manganésifère, passant à de la dolomite et de la calcite en profondeur, et se décomposant en oligiste en amont pendage, pyrite 1.

Cette venue de sidérite 1 est assez profonde.

. venue sulfurée avec chalcopryrite 1, blende, galène, ankérite 1, un peu de nickel en amont pendage, cuivres gris.

Cette paragenèse traduit une venue mésothermalc.

- formation du graben houiller du Gd Collet - La Table en période de détente tectonique,
- formation du graben stéphanien supérieur et dépôt de l'Autuno-permien avec volcanisme de type igninbritique.
- Trias avec volcanisme spilitique et hydrothermalisme actif, puis Lias.

. quartz 2, avec sidérite 2 (maillat) plus magnésienne, pyrite 2, conditions de mise en place moins profondes.
Cette seconde venue de sidérite correspond à des mouvements tectoniques transverses NE-SW.

. venue sulfurée avec chalcopryrite 2, pauvre en blende et galène, cuivres gris 2, ankérite 2, cette paragenèse étant davantage de type épithermal.

Cinquième Partie :

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans ce chapitre final, nous reprendrons de façon synthétique les principaux résultats de ce mémoire consacré à l'étude des filons carbonatés du massif d'Allevard.

Les buts de cette étude :

- 1°/ Replacer les filons de sidérite de la région d'Allevard dans leur contexte pétrographique et structural, et proposer un âge pour ces minéralisations;
- 2°/ Préciser les conditions physico-chimiques et thermodynamiques lors de la mise en place;
- 3°/ Comparer le champ filonien d'Allevard aux autres minéralisations carbonatées de même type dans le raneau externe de Belledonne;
- 4°/ Aboutir à une hypothèse sur l'origine de cette minéralisation par l'observation de phénomènes évolutifs à l'échelle du massif de Belledonne .

Le minerai (sidérite et sulfures) se présente sous forme de filons verticaux ou à pendage SE, à épontes régulières, d'une puissance moyenne de 2m; l'encaissant est essentiellement constitué de micaschistes, mais la minéralisation peut traverser les niveaux Autuno-perniens pour venir buter contre le contact Pernien-Trias. Dans le massif d'Allevard, on ne connaît pas d'indices minéralisés dans le Houiller ou dans le Trias.

1/ Contexte Pétrographique :

Le raneau externe de Belledonne constitue un ensemble homogène et puissant (2 à 3000m) de micaschistes à séricite, chlorite, albite, et de leptynites; le métamorphisme de cette série a été étudié par Bordet 1957 - Tobi 1958 - Dondey 1960. Il se résume ainsi :

- ectinisation antécarbonifère d'une série schisto-gréseuse de type flysch (épi-mésozone, gneiss supérieurs, micaschistes inférieurs et supérieurs).
- rétronorphisme: décomposition des biotites en pennines avec inclusions de rutile, muscovite, séricite, néoformation d'albite.
- métamorphisme alpin avec légères recristallisations des sédiments mésozoïques (néoformation de phyllites dans le Pernien).

Les différents filons du massif d'Allevard sont toujours sécants sur la schistosité des micaschistes et donc postérieurs au métamorphisme antécarbonifère. Par contre, les effets du métamorphisme alpin sur les minéralisations déjà en place sont mal connus.

Le Houiller (Wesphalien D, Stéphalien A) non productif, composé de galets de micaschistes et de quartz, de grès et de pélites, jalonne une fosse étroite et profonde, de direction N-S, séparant en deux le raneau externe entre La Table et le Col du Merdaret; il représente le dépôt de haute énergie d'un système fluide s'écoulant du nord vers le sud, avec quelques apports détritiques venant de l'est.

L'Autuno-pernien est représenté par des formations de conglomérats, de grès et de schistes fins; la présence dans certains niveaux de grès rouges de fragments d'ignimbrites et de quartz bipyramidés d'origine rhyolitique prouve une activité volcanique importante. Les travaux de J. Trichet 1969 sur l'altération des verres volcaniques nous ont amené aux conclusions suivantes:

- la couleur rouge des grès perniens du massif d'Allevard trouverait son origine dans le fer du ciment volcanique.
- la présence de teneurs élevées en titane serait due au même phénomène et l'on comprend que le titane soit lié préférentiellement aux niveaux rouges.

- de nombreuses silicifications se sont succédées après le dépôt des grès par exemple par renobilisation de la silice d'origine volcanique, et recristallisation en fins agrégats (à extinction non roulante) autour de minéraux préexistants.

- une grande partie des minéraux phylliteux de néoformation trouveraient la source essentielle de leur aluminium dans les particules silico-alumineuses arrachées au verre volcanique.

Certaines bandes de grès, formées principalement de grains de quartz recristallisés et riches en carbonates altérés (sidérite) posent le problème de l'origine de ces carbonates: nous retiendrons pour l'instant l'hypothèse de circulations hydrothermales préférentielles, ces grès carbonatés étant souvent à proximité de filons de sidérite.

Le Trias, caractérisé par une absence de produits détritiques (sauf dans le conglomérat de base) est constitué de calcaires dolomitiques, de gypse et de spilites.

Cette arrivée massive de carbonates dès le début du Secondaire soulève des problèmes génétiques qui sont loin de faire l'unanimité actuellement.

Nous noterons seulement certaines analogies entre le volcanisme spilitique et les filons de sidérite, tous deux de type hydrothermal. On peut en effet distinguer dans les deux cas:

- une phase acide (au sens géologique) en solution aqueuse avec silice abondante,

- une phase basique (au sens géologique) correspondant aux vacuoles de calcite dans les spilites et à la série des carbonates dans les sidérites (transport de Ca, Fe, Mg, Mn par le CO₂).

Les sidérites seraient l'équivalent de la phase carbonatée des spilites, mais beaucoup mieux exprimée, dans un schéma géochimique de type évolutif.

- une phase sulfurée avec H₂S et SO₂.

II/ Contexte Structural:

Du point de vue structural, les secteurs minéralisés coïncident toujours avec des zones intensément fracturées; les filons de sidérite du massif d'Allevard suivent 2 directions principales, N 80°E et N 140°E, chaque direction correspondant à une venue différente de carbonates.

- la venue la plus ancienne (ou sidérite rive) mise en place dans des failles N 80°E, est en relation avec de grands accidents méridiens, de même direction que ceux qui limitent le graben Houiller, mais cette minéralisation est vraisemblablement antérieure au Houiller, car on ne connaît pas de filons de ce type dans le Houiller.

- la seconde venue de sidérite (ou sidérite maillat) dans des fractures N 140°E, est par contre en relation avec des accidents N 50°E qui ont joué au moins jusqu'au Bajocien (décalage des collines bordières). L'âge de cette venue est difficile à préciser: elle est postérieure au Permien puisque certains filons maillats atteignent le contact Permien-Trias mais on ne connaît pas de filons de sidérite au-delà sauf dans les spilites du Col du Barioz. En admettant un lien génétique entre les spilites et les sidérites, on pourrait dater les filons de carbonates du Trias ou du début du Lias, car dans le cours normal de la différenciation, on doit s'attendre d'abord au volcanisme spilitique et seulement après aux filons de sidérite.

III/ La Minéralisation :

Les minéralisations carbonatées et sulfurées du massif d'Allevard forment un ensemble de filons hydrothermaux caractérisés par une paragenèse commune :

- carbonates: sidérite (70 à 90 % du remplissage), calcite, dolomite, ankérite,
- sulfures: chalcopryrite, pyrite, galène, blende (peu abondante) cuivres gris,
- oxyde: oligiste (seulement, dans les filons rives).

La gangue est constituée de quartz: on notera l'absence de barytine, habituellement présente dans ce type de paragenèse.

L'étude géochimique des carbonates et celle des inclusions fluides des quartz de la gangue permettent de distinguer 2 venues de sidérite associées à 2 générations de quartz.

- Dans les filons de quartz les plus anciens, l'homogénéisation des inclusions fluides s'effectue dans un intervalle de température étroit: 260° à 270°C. D'un cristal à l'autre, la température d'homogénéisation ne diffère pas de plus de 15°C. Ces inclusions se sont formées à partir d'un milieu homogène; pour rétablir les conditions de cristallisation, une correction de pression s'impose: ces quartz sont associés à une paragenèse de haute température, entre 300 et 400°C (par exemple: contenu en FeS de la blende, exsolution de chalcopryrite à partir de la blende...).

On retiendra une température de début de cristallisation de l'ordre de 350°C pour cette première venue de quartz, correspondant à une pression de cristallisation de 1000 bars déduite du tracé des isochores, auprès de laquelle la pression d'homogénéisation (250 bars) reste faible, expliquant qu'il n'y ait pas ou peu de variation du contenu des inclusions fluides dans les vieux filons avec l'altitude (entre 400 et 1200 m).

- Dans la seconde venue de quartz, les températures d'homogénéisation varient de 260 à 310°C (de 40°C d'un cristal à l'autre) et la pression d'homogénéisation de 350 à 450 bars; la sensibilité du contenu des inclusions fluides à une variation faible de la pression hydrostatique (avec l'altitude) montre que la température et la pression d'homogénéisation correspondent à la température et à la pression de cristallisation.

On peut résumer les caractéristiques des 2 venues de quartz:

	Température	Pression
Quartz 1	350 ° C	1000 bars
Quartz 2	260 à 310 ° C	350 à 450 bars

Deux générations de sidérite s'associent aux deux venues de quartz :

-Les sidérites les plus anciennes (ou sidérites rives) possèdent un rapport moyen Fe/Mn de 22; par rapport aux sidérites plus jeunes, elles sont plus riches en Manganèse (1,7 %), plus pauvre en Magnésium (2,8 %) et cristallisent en petits cristaux millimétriques, allongés et fusiformes.

Elles ont des teneurs en lanthanides comprises entre 40 et 60 ppm; le profil de répartition de ces terres rares est en cloche, avec un pic sur le Terbium et appauvrissement en terres yttriques.

Nous avons essayé de préciser par la thermodynamique, les températures de cristallisation de la sidérite en étudiant la décomposition de cette sidérite en fonction de la pression, de la température et de la fugacité d'oxygène dans un système Fe-C-O. En effet on observe assez souvent en tête des filons rives une décomposition de la sidérite en oligiste.

La limite supérieure de stabilité de la sidérite est donnée par la réaction:



réaction se produisant entre 400 et 450°C. Par déduction, la coexistence de quartz et de sidérite dans tous les filons d'Allevard suggèrent des températures de cristallisation inférieures.

Le calcul thermodynamique permet de définir la forme générale du champ de stabilité de la sidérite, en fonction de T , P_{CO_2} , P_{O_2} , entouré par des réactions de décomposition de la sidérite en :

- (1) hématite + gaz
- (2) magnétite + gaz
- (3) magnétite + graphite + gaz

Les réactions (2) et (3) n'ont jamais été observées dans le massif d'Alleverd. La réaction (1) est par contre celle de la décomposition de la sidérite en oligiste ; cette réaction reprise expérimentalement permet d'établir une courbe d'équilibre définie par 3 points :

$P = 1 \text{ b}$	$T = 280^\circ\text{C}$
$P = 500 \text{ b}$	$T = 363^\circ\text{C}$
$P = 1000 \text{ b}$	$T = 365^\circ\text{C}$

Si les températures et pressions de cristallisation des quartz 1 et des sidérites rives sont du même ordre de grandeur, on remarque qu'à 1000 bars la décomposition de la sidérite en oligiste se produit à partir de 365°C . Des changements dans la valeur de P_{CO_2} n'ont que peu d'effets sur la stabilité de la sidérite entre 500 et 2000 bars mais par contre cette stabilité est fortement affectée par des changements de f_{O_2} . La sidérite + gaz est stable entre 10^{-24} et 10^{-30} bars d'oxygène. En regard de la pression totale, une augmentation de f_{O_2} à température constante favorise la décomposition de sidérite en hématite.

Dans les filons rives, outre la décomposition de la sidérite en oligiste en amont pendage, il existe une évolution des carbonates en aval pendage, d'abord en calcite, puis en dolomite, en même temps qu'un envahissement de la caisse filonienne par du quartz.

Ainsi lors de la montée du fluide (avec CO_2 et H_2O) chargé en éléments dissous (Ca, Fe, Mg) il y a précipitation échelonnée, donc distributions des éléments chimiques sur une verticale; dans les conditions de pression d' H_2O et de CO_2 , et de températures des filons rives, l'ordre de solubilité, dans le sens décroissant est le suivant : Fe-Ca-Mg.

R.B.Glover montre qu'une diminution du rapport CO_2/H_2O entraîne une baisse de la solubilité du Calcium et du Magnésium. Les inclusions fluides des quartz associés à cette sidérite ont un rapport CO_2/H_2O de 0,25 qui passe entre 0,5 et 1 pour les quartz 2 (avec sidérite maillat). On comprend alors pourquoi les sidérites les plus pauvres en magnésium passe à de la dolomite en profondeur, tandis que les sidérites maillats, plus riches en magnésium (parce que le rapport CO_2/H_2O plus élevé favorise la solubilité du magnésium) évolue simplement vers du quartz en profondeur.

Dans les filons rives, cette diminution du rapport CO_2/H_2O s'accompagne d'une élévation de la température (puisque au cours d'un processus de vaporisation la quantité de gaz formée décroît rapidement lorsque la température augmente) et l'on peut supposer une élévation beaucoup plus rapide du gradient thermique dans les filons rives que dans les filons maillats. Il serait intéressant de comparer les évolutions des sulfures associés dans ces 2 types de filons avec la profondeur.

- la seconde venue de sidérite (ou maillat) a un rapport moyen Fe/Mn de 40; par rapport au type rive, elle est plus riche en Magnésium (de 4 à 8%) et plus pauvre en Manganèse (1%). Cette sidérite se présente en cristaux rhomboédriques bien formés (jusqu'à 10cm d'arête).

Les teneurs en Lanthanides sont beaucoup plus faibles (entre 14 et 17ppm) et le profil de répartition beaucoup plus régulier avec enrichissement en terres yttriques. On ne retrouve pas de décomposition de la sidérite en oligiste ni d'évolution des carbonates en aval pendage (sur un dénivelé équivalent). Les températures et pressions de cristallisation correspondent à celles des quartz de la gangue : $T = 260$ à 300°C , $P = 400$ bars.

Le gradient thermique serait beaucoup plus étalé dans cette venue de carbonates.

La région d'Allevard en tant que "district minier" de Belledonne, possède donc un certain nombre de caractères particuliers, permettant de définir la "province métallogénique" d'Allevard.

Ces filons carbonatés appartiennent d'une façon plus générale à la "province sidérétique" de Belledonne (rameau externe) comprenant outre la province d'Allevard:

A - la province d'Aiguebelle au nord (chaîne des Hurtières Cabrol 1967) où une venue de sidérite de rapport $Fe/Mn = 11$, à basses teneurs en Magnésium et fortes teneurs en Manganèse (5%) s'associe à 2 venues de quartz, différenciées par leur profil de répartition des lanthanides.

B - la province de Vizille, où l'on retrouve, comme à Allevard, 2 venues de quartz et de sidérite.

- type 1: $Fe/Mn = 32$ avec, par rapport au type 2, un plus fort pourcentage en Manganèse ($MnO = 1,58\%$) et de plus basses teneurs en Magnésium.

- type 2: $Fe/Mn = 60$, basses teneurs en Manganèse ($MnO = 0,8\%$) et très fortes teneurs en Magnésium ($MgO = 12,8\%$).

On constate donc une évolution des carbonates du nord vers le sud du massif de Belledonne, avec enrichissement en Manganèse vers le nord (Aiguebelle) et en Magnésium vers le sud (Vizille). Les sidérites d'Allevard ont un caractère intermédiaire.

La répartition des Lanthanides de Vizille à Aiguebelle montre aussi des phénomènes évolutifs:

- la somme totale des terres rares augmentent du sud vers le nord pour atteindre des valeurs très fortes dans la région d'Aiguebelle,
- les profils déficitaires en terres cériques au sud, tendent à devenir horizontaux en allant vers le nord.

S'il est possible de mettre en évidence un vecteur évolutif de direction nord-sud, c'est-à-dire parallèlement à l'axe granitique, il est beaucoup plus difficile de trouver un vecteur est-ouest, c'est-à-dire une évolution des filons en se rapprochant des granites.

Ce dernier point a été abordé à l'échelle du massif de Belledonne avec les sulfures, et en remontant la série stratigraphique: on retrouve la même évolution que celle donnée par la thermodynamique c'est-à-dire que les produits déposés à la température et à la pression la plus élevées auront la variation d'enthalpie libre de formation la plus négative.

- au contact des granites: nispickel aurifère, pyrrhotine, blends ferri-fères, fluorines.
- dans les micaschistes: sidérite, chalcopyrite, blende, galène,
- dans la couverture sédimentaire liasique: cinabre.

Dans le Lias d'Allevard on ne connaît pas de minéralisation, ce phénomène est certainement en relation avec le caractère allochtone de cette couverture liasique.

L'absence de minéralisation en étain, molybdène et wolfram au contact des granites, pose un problème lié à la genèse de ces granites: peut-être une température plus froide de cristallisation des granites que celle nécessitée par ces minéraux "chauds".

BIBLIOGRAPHIE

- AHRENS-PRESS-RUNCORN-UREY : Physic and chemistry of meteoritic, solar and terrestrial rare-earth distributions.
General Atomic Division - San Diego - California.
- APRAHAMIAN J, -1968 : Etude géologique des montagnes du Beaumont et de la Salette (Isère).
Thèse 3ème cycle Grenoble
- BARFETY-DEBELMAS-MOUTERDE, -1972: Caractères stratigraphiques, paléontologiques, et structuraux du Jurassique inférieur et moyen de la bordure ouest et sud-est de Belledonne.
Géologie Alpine t. 48, fasc.1.
- BETEKTINE A, -1968: Manuel de Minéralogie Descriptive.
Editions MIR, Moscou.
- BILIBINE I.A. Sur le problème de la zonalité verticale dans les gîtes métallifères
Bull. Soc. minéral. U.R.S.S., 1951, 80, 2.
- BRGM, 1970 : Voyage d'Etudes sur les sidéroses, magnésites et talc des Pyrénées et Alpes Françaises.
- CABROL B, -1967: Etude géologique et minière du massif des Hurtières - Belledonne.
Thèse 3ème cycle Grenoble.
- CAMOUS L.V, -1905: Etude sur le fer carbonaté spathique des Alpes du Dauphiné
Drevet édit. Grenoble.
- CARME F, -1970: Caractères fondamentaux de l'architecture d'ensemble des chaînes de Belledonne et des Aiguilles Rouges.
C.R.Ac.Sc. t. 271, série D n° 25 p. 2232-2235.
- CHABRAND E, -1905: Histoire de la métallurgie du fer et de l'acier en Dauphiné-Savoie.
Drevet édit. Grenoble.
- DEBELMAS J, -1970: Alpes (Savoie-Dauphiné) - Guide géologique régional. Masson et C° édit. Paris.
- DEBELMAS J, : A propos de quelques hypothèses récentes sur la genèse de l'arc alpino-apenninique.
Revue de géographie physique et de géologie dynamique
Vol. XIV - Fasc.3 - mai-juillet 1972.
- DEICHA G, -1955.: Les lacunes des cristaux et leurs inclusions fluides Masson et C° édit. Paris.
- DEN TEX, E, -1950: Les roches basiques et ultrabasiques des lacs Robert et le Trias de Chamrousse (Belledonne).
Thèse, Leidse Geologische Mededelingen.
- DONDEY D, -1960: Contribution à l'étude de la série cristallophylienne et de la couverture sédimentaire de la chaîne de Belledonne.
T.L.G. Grenoble t. 36, p. 285.
- DUPLAN L, : Les grands linéaments de la France.
C.R.A.S. Paris t. 276, série D p.2947-2948, 28 mai 1973.
- EUGSTER H.P, 1957 - Heterogeneous reactions involving oxidation and reduction at high pressures and temperatures.
Jour.Chem.Physics b. 26, p.1760-1761.
- FERSMAN A.E, : Oeuvres choisies, t.2, 2ème partie
Méthodes géochimiques et minéralogiques de recherches des minerais.
Edit.ac.sc.U.R.S.S. Moscou 1953 - Traduction française.
- FRENCH BEVAN M, : Stability relations of sidérite in the system Fe-C-O
American Journal of Sciences, vol. 271 juin 71 p. 37-38.
- GIDON M, -1950: L'âge des grès d'Allevard.
C.R.A.S. t. 231.
- GRATIER-LEJEUNE-VERGNE, 1973: Etude des déformations de la couverture et des bordures sédimentaires des massifs cristallins externes (Belledonne, Gds Rousses, Pelvoux)
Thèse 3ème cycle Grenoble.

- GUEYMARD, -1844: Statistique de l'Isère - tome 1 Grenoble.
- HELGESON-HAROLD C, - 1969: Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures.
American Journal of Sciences vol. 267, p. 729-804.
- HERICART de THURY, -1806: Journal des Mines, vol. 20.
- HOLLAND E, -1911: Quelques remarques au sujet des minerais trouvés en Savoie
Bull.Soc.Hist.Nat.Savoie t. 16.
- KENNEDY G.C, -1950: P-v-T relations in water at elevated T and P
Am.Journ.Sciences vol.258 p.540.
- KERCKOVE C et ANTOINE P,-1964: Sur l'existence de failles de décrochements dans le massif des Bauges.
T.L.G.G. t. 40 p.81.
- KRASON J, :Quelques résultats de recherches sur le permien polonais.
B.S.G.F. 7ème série tome IX n° 5 p. 701.
- KUTINA J, : The zonal theory of ore deposits.
Econ.Geol. 1957, 52, n° 3, p. 316-319.
- LAUNAY L.(de),-1913: Traité de Métallogénie - Les gîtes minéraux et métallifères
Paris.
- LIARD P, -1970: Contribution à l'étude de la couverture sédimentaire de Belledonne-massif d'Allevard.
Thèse 3ème cycle Paris.
- LINDGREN W, 1928: Minerals deposits - New-York
- LA ROCHE H.(de): C.R.A.S.P. tome 267 SD p. 39-42.
- LORY P, : Etudes géologiques de la chaîne de Belledonne - Note sur la bordure occidentale du massif d'Allevard.
T.L.G. Grenoble t. 2, fas.1; 1892 et 1895.
- MAURIN N, -1972: Contribution à l'étude expérimentale du rôle de l'eau dans la mise en solution d'éléments chimiques constitutifs du basalte et dans la précipitation de certains sels en milieu marin.
Thèse Grenoble 3ème cycle.
- MORET L, -1925: Enquête critique sur les ressources minérales de la Savoie.
T.L.G.G. t. XIV fasc.1.
- MORET L. et MICHEL A, -1958: Observation sur un spilite triasique du massif d'Allevard.
C.R.S.G.F. p. 335-337.
- MORRE-BIOT N, -1970: Pétrologie des formations volcaniques du Perno-carbonifère du nord de la France.
Thèse Besançon.
- NICOLET St E, -1931: Les gisements filoniens de sidérose d'Allevard (Dauphiné).
Thèse Genève.
- PETTIJOHN, FL Pettijohn 1949, Sedimentary rocks
New York - Harper and brothers.
- POMEROL B, - 1967: Contribution à l'étude de la couverture permo-triasique du massif de Belledonne dans la région du Gd Rocher.
Thèse L.G.A.
- POTY B, - 1966: Inclusions solides et fil à plomb minéralogique, l'âge du filon de la Gardette, Isère.
Sciences de la Terre t. 2 n° 1.
- POULAIN P.A, - 1967: Tectonique et minéralisations de la terminaison sud du dôme de la Mure.
D.E.S. Grenoble
- RAGUIN E, - 1961: Géologie des gîtes minéraux.
Masson et C°, éd. Paris.
- RAMSAY J.G. - 1967: Folding and fracturing of rocks.
Mc Crow-Hill - New York.
- ROUTHIER P, -1963: Les gisements métallifères.
Masson et C°, éd. Paris.
- ROSENBERG P.E. and HARKER R.I., -1956: Studies in the system CaCO₃-MgCO₃-FeCO₃.
Geol.Soc.America, Bull. v.67 p. 1728.

BIBLIOTHÈQUE
GRENOBLE SCIENCES
& UNIVERSITAIRE

- SANDIER J, -1962: Mise en valeur des gisements métallifères.
Masson et C^o, éd. Paris.
- SARROT-REYNAUD J, -1961: Etude géologique du dôme de la Mure (Isère) et des régions annexes.
T.L.G. Grenoble, tome 1.
- SEGUIN M, -1966: Instability of FeCO₃ in air.
Am. Jour. sci. v. 264 p. 562-568.
-1968: The Fe-C-O-S + H₂O system; experimental results.
Naturalist canadian v. 95 p. 1195-1215.
- SMIRNOV V.I. : Essai de subdivision métallogénique du territoire de l'U.R.S.S.
Bull. Soc. géol. Fr. 1959, 7ème sér. 1, n° 5, p. 511-526.
- TANE J.L, - 1962: Contribution à l'étude des laves spilitiques du Pelvoux
Thèse 3ème cycle Grenoble
- 1967: Contribution à l'étude du phénomène de spilitisation T.L.G.G.t. 43
- 1970: Sur l'origine du granite et le problème de la formation des continents.
C.R.A.S. t. 270 série D p. 1559-1562.
- TOBI, -1958: Petrographical and geological investigation in the Merdaret - Lac Crop région - Thèse Leiden.
- VARLAMOFF N, : La répartition de la minéralisation d'après la clef géochimique de Fersman.
Bull. Soc. géol. Belgique. Liège 1946-1947, 70, 103-138.
- WEIDNER J.R, -1968: Phase equilibria in a portion of the system Fe-C-O from 250 to 10 000 bars and 400°C to 1200°C and its petrologic significances.
Ph. D dissert, Pennsylvania State University, 162 p.
- YPMA, -1963: Reprise des gîtes métallifères de la province métallogénique de Belledonne (thèse)
- YUI S, -1966: Decomposition of sidérite to magnetite at lower oxygen fugacities a thermochemical interpretation and geological implications.
Econ. Geology, v. 61, p. 768-776.
- ZAVARTSKII A.N. and SOBOLEV V.S., -1964
The physicochemical principles of igneous petrology.
(traduit du Russe)
Oldbourne press - Londres.
-

