



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



PROVENCE
ALPES - CÔTE-D'AZUR

*Étude géologique et structurale
de l'ancienne mine de plomb argentifère
du Fournel à l'Argentière-la-Bessée
(Hautes-Alpes)*

Étude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97-G-502

juillet 1997
R 39624





Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



*Étude géologique et structurale
de l'ancienne mine de plomb argentifère
du Fournel à l'Argentière-la-Bessée
(Hautes-Alpes)*

Étude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97-G-502

juillet 1997
R 39624



Mots clés : Mines, Archéologie, Analyse structurale, Schistosité, Phases tectoniques, Nappes, Briançonnais, Trias inférieur, Métallogénie, Gîtologie, Alpes, Filon, Plomb, Zinc, Barytine, Hautes-Alpes.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM (1997) - Etude géologique et structurale de l'ancienne mine de plomb argentifère du Fournel, à l'Argentière-la-Bessée (Hautes-Alpes). Rap. BRGM R 39624, 45 p., 11 fig., 10 photos.

© BRGM, 1997, ce document ne peut être reproduit en totalité ou partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La concession du Fournel venant d'être renoncée et annulée, une étude structurale du gîte a été effectuée par le BRGM dans le cadre de l'opération de Service public n° 97-G-502, à la demande de la DRIRE et de la DRAC de Provence-Alpes-Côte d'Azur, en collaboration avec les archéologues miniers du Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle de la municipalité de l'Argentière.

Le gîte est constitué principalement par une veine de silice minéralisée en galène, blende, sulfosels de cuivre, argent et plomb et barytine. Il est localisé dans les formations triasiques de la nappe briançonnaise de Champcella. L'examen de différents secteurs-clés, dans les vieux travaux miniers et en surface sur des indices en extension de ceux-ci, a permis de caler la mise en place de la minéralisation par rapport aux différentes phases tectoniques régionales alpines définies dans la littérature (Tricart 1980 notamment). Les veines minéralisées des vieux travaux du Fournel et de Combe Blanche se seraient mises en place dans des plans de discontinuité correspondant à des structures inverses accompagnant la schistosité S2 des schistes.

Des failles tardives de direction dominante subméridienne, ayant joué de façon normale et aussi dextre, découpent la veine minéralisée principale en différents panneaux. Elles sont à rapprocher du fonctionnement au Pliocène et au Quaternaire des grandes failles N-S à NNW-SSE qui sont connues entre le Pelvoux et l'Argentera-Mercantour, comme la faille de la Haute Durance, entre les secteurs de Mont-Dauphin et de l'Argentière.

Il est difficile de caler la mise en place de la minéralisation par rapport à la phase IV de Tricart, car cette tectonique fini-miocène n'a pas eu une intensité suffisante dans le secteur de l'Argentière, pour engendrer des déformations facilement identifiables. Il est toutefois logique de penser que les venues minéralisatrices se sont faites à la fin de la phase III, après la formation de la schistosité S2 et des petits chevauchements et failles inverses ϕ_2 , pendant le relâchement des contraintes tectoniques.

La minéralisation est donc indiscutablement d'âge alpin. Elle s'apparente aux structures filoniennes et se classe dans les minéralisations hydrothermales épigénétiques de basse température. Son contrôle global nettement lithostratigraphique par les quartzites du Trias inférieur pose le problème de l'origine triasique éventuelle de la barytine et/ou de certains métaux, comme pour toutes les minéralisations de type lié-aux-strates du Trias inférieur des Alpes occidentales franco-italiennes.

Sommaire

Introduction	9
1. Cadre géologique et structural	11
1.1. Stratigraphie de la nappe de Champcella, à l'ouest de l'Argentière.....	11
1.2. Contexte structural	11
2. Principales observations effectuées	21
2.1. Résultats obtenus de Combe Blanche à la Pinée	21
2.2. Résultats obtenus dans le secteur des Vieux Travaux (ravin du Fournel).....	34
3. Interprétation structurale et conclusions sur la mise en place de la minéralisation	37
4. Définition du type de gisement	39
4.1. Le type morphologique du gisement.....	39
4.2. Le type métallogénique du gisement et son originalité	40
5. Proposition de travaux à effectuer	41
5.1. Relevés structuraux systématiques	41
5.2. Cartographie des corps minéralisés et des failles, coupes minières	41
5.3. Carte géologique d'ensemble.....	41
Conclusion	43
Bibliographie	45

Liste des figures

Fig. 1 - Principales unités tectoniques de la région de l'Argentière (d'après Tricart, 1980)	12
Fig. 2 - Coupes géologiques au niveau de la fenêtre de l'Argentière (d'après Debelmas, 1955)	13
Fig. 3 - Chronologie des phases et déformations tectoniques au sud-est du Pelvoux (d'après Tricart, 1980)	15
Fig. 4 - Enchaînement et relais des structures synschisteuses suivant la transversale sud-pelvousienne (d'après Tricart, 1980)	16
Fig. 5 - Le faisceau des accidents plats liés au chevauchement briançonnais frontal (d'après Tricart, 1980).....	17
Fig. 6 - Directions régionales des structures (plis et linéations d'intersection) des phases tectoniques II, III et IV (d'après Tricart, 1980)	18
Fig. 7 - Modèle d'évolution des Alpes sud-occidentales externes (d'après Labaume <i>et al.</i> , 1989)	19
Fig. 8 - Répartition géographique des différents sites d'extraction de l'ancienne concession du Fournel (d'après B. Ancel, 1996)	20
Fig. 9 - Relevé de surface des quartiers Saint-Roch - Combe Blanche (d'après B. Ancel, 1996)	22
Fig. 10 - Localisation des divers quartiers de la mine souterraine du Fournel (d'après B. Ancel, 1996)	23
Fig. 11 - Relevés structuraux dans les Vieux Travaux de la mine du Fournel (d'après B. Ancel, 1996)	24

Liste des photographies

Photo 1 - Faille minéralisée (Combe Blanche, station 6).....	25
Photo 2 - La Rouille, pli couché N-S (station 18).....	25
Photo 3 - Veine minéralisée recoupée par une faille tardive (station 21, travers-bancs du nord des Vieux Travaux), haut de la veine.....	27
Photo 4 - Veine minéralisée recoupée par une faille tardive (station 21, travers-bancs du nord des Vieux Travaux), bas de la veine.....	27
Photo 5 - Faille tardive N-S (Vieux Travaux, stations 25 et 26), vue de la voûte	29
Photo 6 - Veine minéralisée recoupée par une faille tardive N-S (Vieux Travaux, station 27)	29
Photo 7 - Galène envahissant la silice d'une veine (fracturation hydraulique probable), Vieux Travaux, station 29	31
Photo 8 - Pli P2 (phase tectonique III, Oligocène supérieur) dans les calcaires et marnes du Jurassique supérieur de la nappe subbriançonnaise de l'Argentière (au nord de la ville).....	31
Photo 9 - Quartzites subverticaux (?) sur les schistes du Werfénien supérieur (Vieux Travaux, station 40).....	33
Photo 10 - Base siliceuse de la veine défilée, reposant sur les schistes du Werfénien supérieur (Vieux Travaux, station 38).....	33

Introduction

Le Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle (CCSTI) de la municipalité de l'Argentière-la-Bessée a entrepris une étude archéologique de l'ancienne mine de plomb argentifère du Fournel, sur la commune de l'Argentière-la-Bessée (Hautes-Alpes), en liaison avec le Service Régional de l'Archéologie (SRA) de la Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) d'Aix-en-Provence.

Malgré les nombreuses études géologiques qui, à partir des années 1960, ont été consacrées à ce que l'on a classiquement convenu d'appeler la "métallogénie alpine", cette ancienne mine n'avait jusqu'ici fait l'objet d'aucune étude métallogénique moderne. La concession de ce gisement, se trouvant dans le domaine minier de la société des Mines des Bormettes qui avait été mise en liquidation, a été transférée en 1961 à la société Minière et Métallurgique de Peñarroya en même temps que de nombreux autres gisements. Le potentiel minier du Fournel s'avérant alors très insuffisant, la concession a été gardée inactive sans qu'aucune étude géologique approfondie ne soit effectuée par le nouveau concessionnaire. En même temps, la concession, constituant un domaine strictement privé, est restée à l'écart des nombreuses études de métallogénie réalisées par les universités sur les gisements métallifères voisins, ainsi qu'à l'écart des travaux de Service public (réévaluation des anciennes mines alpines de charbon et de métaux, puis prospection géochimique systématique de l'Inventaire minier) qui ont été menés durant deux décennies par le BRGM pour le compte du ministère de l'Industrie. Tout au plus, de brèves visites d'échantillonnage ponctuel par des minéralogistes, effectuées à titre individuel ou dans le cadre de l'inventaire minéralogique des Hautes-Alpes par le BRGM, ont fait connaître en 1972 sa minéralogie assez originale (argent et sulfosels).

Cadre du présent rapport

La concession venant d'être renoncée par son titulaire et annulée par l'état, la présente étude du Service Géologique Régional Provence-Alpes-Côte-d'Azur du BRGM a été effectuée à la demande conjointe de la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) et de la Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) de Provence-Alpes-Côte-d'Azur, dans le cadre de la fiche programme de Service public du BRGM n° 97-G-502 intitulée "Appui aux archéologues miniers en région PACA".

Objectif, collaborations réalisées

L'objectif assigné était de dégager une interprétation géologique et structurale des minéralisations de l'ancienne mine. Ce travail est destiné à s'insérer dans l'étude multithématique des archéologues sur la mine, notamment leur étude géologique et minière détaillée qui est en cours. Il a été effectué en collaboration étroite avec le CCSTI, notamment :

- Bruno Ancel, éco-conseiller, géologue et spéléologue, archéologue minier du CCSTI, expert de la DRAC d'Aix-en-Provence et coordonnateur scientifique des fouilles ;
- Ian Cowburn, Directeur du CCSTI et Conservateur territorial ;
- Lionel Granger, thésard en Diplôme d'Associé aux Recherches, sujet métallogénie et géologie structurale de la mine de l'Argentière, suivi par M. Piboule de l'Université de Grenoble, en collaboration avec M. Briand du Centre des Sciences de la Terre de Lyon 1 ;
- Vincent Leleu, géographe, Chargé de mission du CCSTI pour l'aménagement du site et son exploitation touristique.

Chronogramme, intervenants BRGM

La contribution du BRGM a consisté en deux phases :

- une mission de préparation par un gîtologue spécialiste de la métallogénie des Alpes et de la Provence (J. Féraud) le 4 juin 1997 ayant pour objectifs principaux la remise au CCSTI des produits chimiques et la fabrication sur place de 8 l de réactifs de terrain pour la détection du plomb et du zinc (Jerôme, Gertrude), des tests en surface et en mine, la visite de quelques secteurs-clés des galeries anciennes et des recommandations pour la suite ;
- une étude détaillée de terrain par le géologue régional, expert en analyse structurale (J.L. Blès) d'une durée de trois jours, du 16 au 18 juin 1997, comprenant une journée passée en surface, dans les secteurs de Combe Blanche à La Pinée, et deux jours (17 et 18/6) en mine dans les galeries des Vieux Travaux exploités du 10° au 14°s., sous la conduite de B. Ancel. Au cours de l'après-midi du 18 juin, quelques points d'observations remarquables de la minéralisation ont été revus en compagnie du géologue stagiaire Lionel Granger (qui n'avait pu se libérer alors de son travail de maître d'externat au collège de l'Argentière) et des observations ont pu être faites dans une galerie située entre l'entrée de Rebaisse et le district du Soleil.

1. Cadre géologique et structural

La mine du Fournel est située dans les formations triasiques et permo-triasiques de la nappe briançonnaise de Champcella.

1.1. STRATIGRAPHIE DE LA NAPPE DE CHAMPCELLA, À L'OUEST DE L'ARGENTIERE

A l'ouest de l'Argentière, la nappe de Champcella comporte les termes suivants (Debelmas, 1955 ; Debelmas et Lemoine, 1966) :

- **Carbonifère (h5-4 ; Westphalien)** : représenté par des schistes noirs, des grès mica-cés, des conglomérats et des couches lenticulaires de charbon qui ont naguère été sporadiquement exploitées (cf. rapport de Service public du BRGM n° R38115, 1994) ;
- **Permo-Trias (tr)** : présentant le faciès Verrucano, il comporte moins de 50 m de grès grossiers conglomératiques, à galets et dragées de quartz blanc ou rosé et à galets ou blocs de roches volcaniques (rhyolites) ;
- **Trias inférieur (t1a : Scythien inférieur correspondant au faciès dit Werfénien inférieur)** : comprenant au moins 300 m de quartzites blancs à stratification bien visible en surface et montrant des "ripple-marks" et des stratifications entrecroisées ; à leur base ces quartzites comportent des dragées de quartz rose analogues à celles du Verrucano avec lequel ils sont en continuité ; de ce fait, il est difficile de définir la limite entre le Verrucano et les quartzites du Trias ;
- **Trias inférieur (t1b : Scythien supérieur correspondant au faciès dit Werfénien supérieur)** : une à deux dizaines de mètres d'épaisseur de schistes gris ou noirs à taches ferrugineuses, puis de schistes jaunes et de schistes bariolés (verts et violets) à filonnets de calcite ;
- **Trias moyen (t2)** : une à plusieurs centaines de mètres de calcaires massifs ou lités, à la base, et de dolomies grises ou blanches, au sommet.

1.2. CONTEXTE STRUCTURAL

La nappe de Champcella surmonte, à l'ouest, la nappe de Roche Charnière qui appartient au domaine briançonnais (fig. 1 et 2). Cette nappe inférieure chevauche vers l'ouest la couverture autochtone du massif du Pelvoux représentée essentiellement par le flysch gréso-pélique paléogène du Champsaur (ge de la carte géologique Guillestre du BRGM), par l'intermédiaire de l'unité subbriançonnaise du flysch noir lutétien (e5F de la carte Guillestre).

Interprétation structurale de l'ancienne mine Pb-Ag de l'Argentière (05)

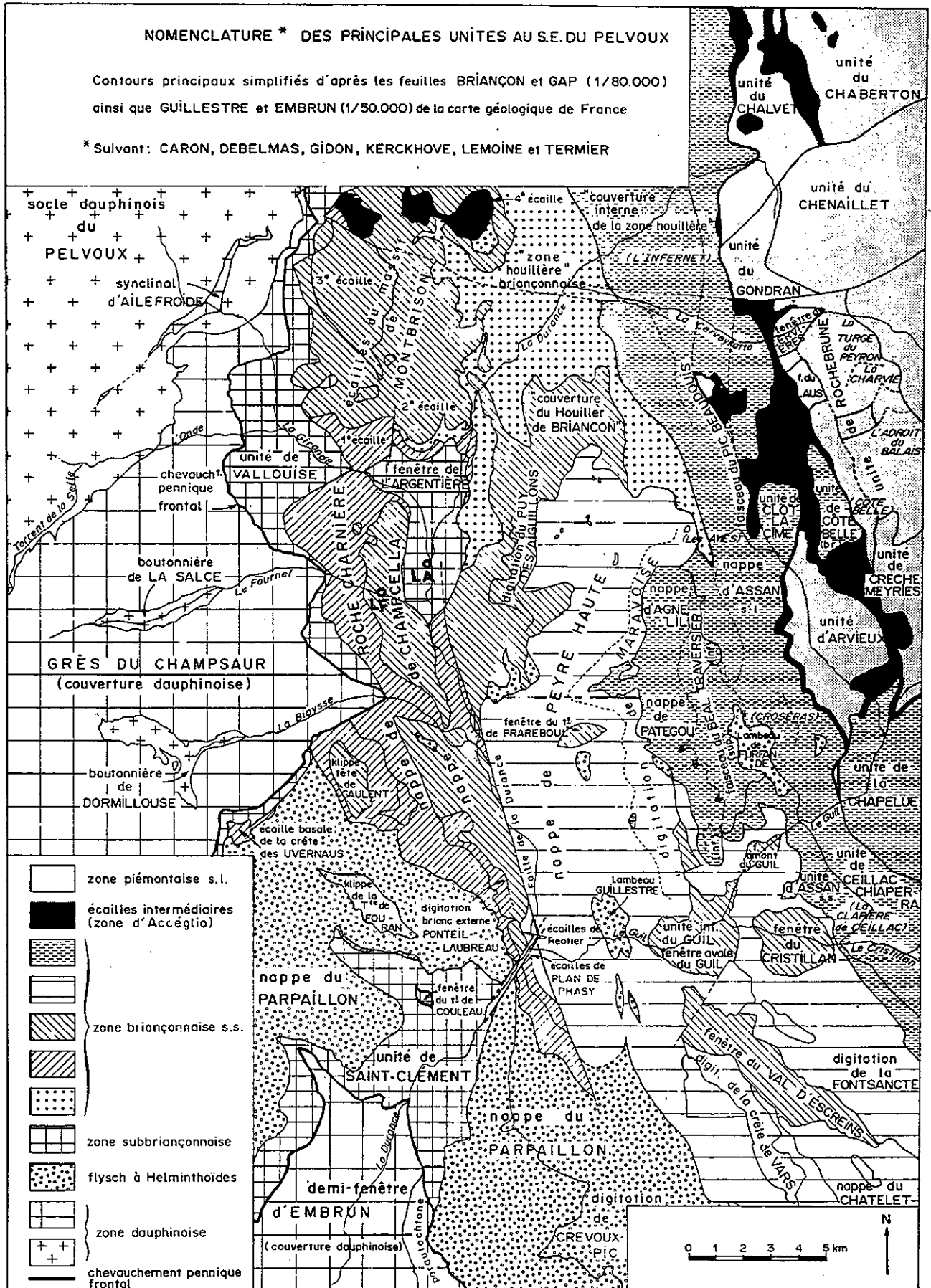
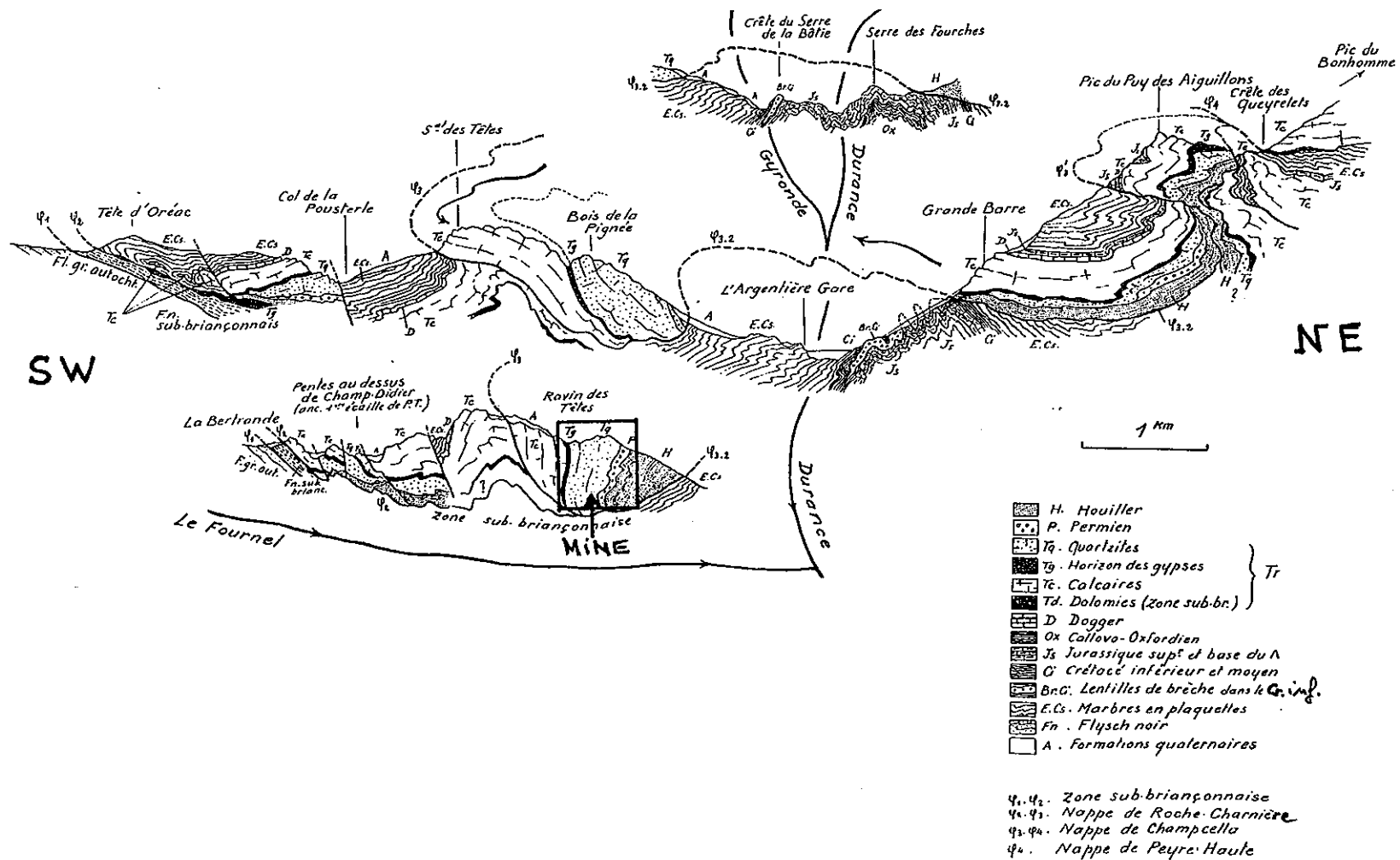


Fig. 1 - Principales unités tectoniques de la région de l'Argentière (d'après Tricart, 1980).



Interpretation structurale de l'ancienne mine Pb-Ag de l'Argentière (05)

Fig. 2 - Coupes géologiques au niveau de la fenêtre de l'Argentière (d'après Debelmas, 1955).

A l'est du Signal des Têtes et de la mine du Fournel, la nappe de Champcella est située structurellement au-dessus des calcaires et marnes schistosés, d'âge jurassique supérieur, crétacé et paléocène (js et ec de la carte Guillestre), de la fenêtre tectonique de l'Argentière.

Selon Tricart (1980), la mise en place originelle des unités allochtones briançonnaises et des unités les plus internes subbriançonnaises, comme celle de l'Argentière, s'est faite à la fin de l'Eocène, pendant la phase tectonique II¹ (cf. fig. 3). Dans la zone briançonnaise, cette phase a développé des plis isoclinaux couchés P1, à vergence ouest, synschisteux (schistosité S1 de ce domaine) et de direction NNE-SSW, dans la fenêtre de l'Argentière (cf. fig. 3 et 4). Les plis P1, difficilement décelables, et la schistosité S1 sont accompagnés par un métamorphisme épizonal.

A la fin de l'Oligocène, au cours de la phase tectonique III, se produit le chevauchement frontal des unités subbriançonnaises, sur la zone ultradauphinoise (partie orientale de la zone externe alpine). Cette phase compressive entraîne la formation d'anticlinaux briançonnais frontaux, de nouveaux plis P2 déversés vers l'ouest auxquels est liée une schistosité S2 ainsi que le développement de chevauchements à l'intérieur des nappes (cf. fig. 5), tel celui du Puy des Aiguillons (fig. 2). Ces structures briançonnaises de deuxième génération ont une direction subméridienne dans la région de l'Argentière (cf. fig. 6).

Dans les zones alpines plus internes (Piémontais), débutent les premiers rétrodéversements et rétrochevauchements.

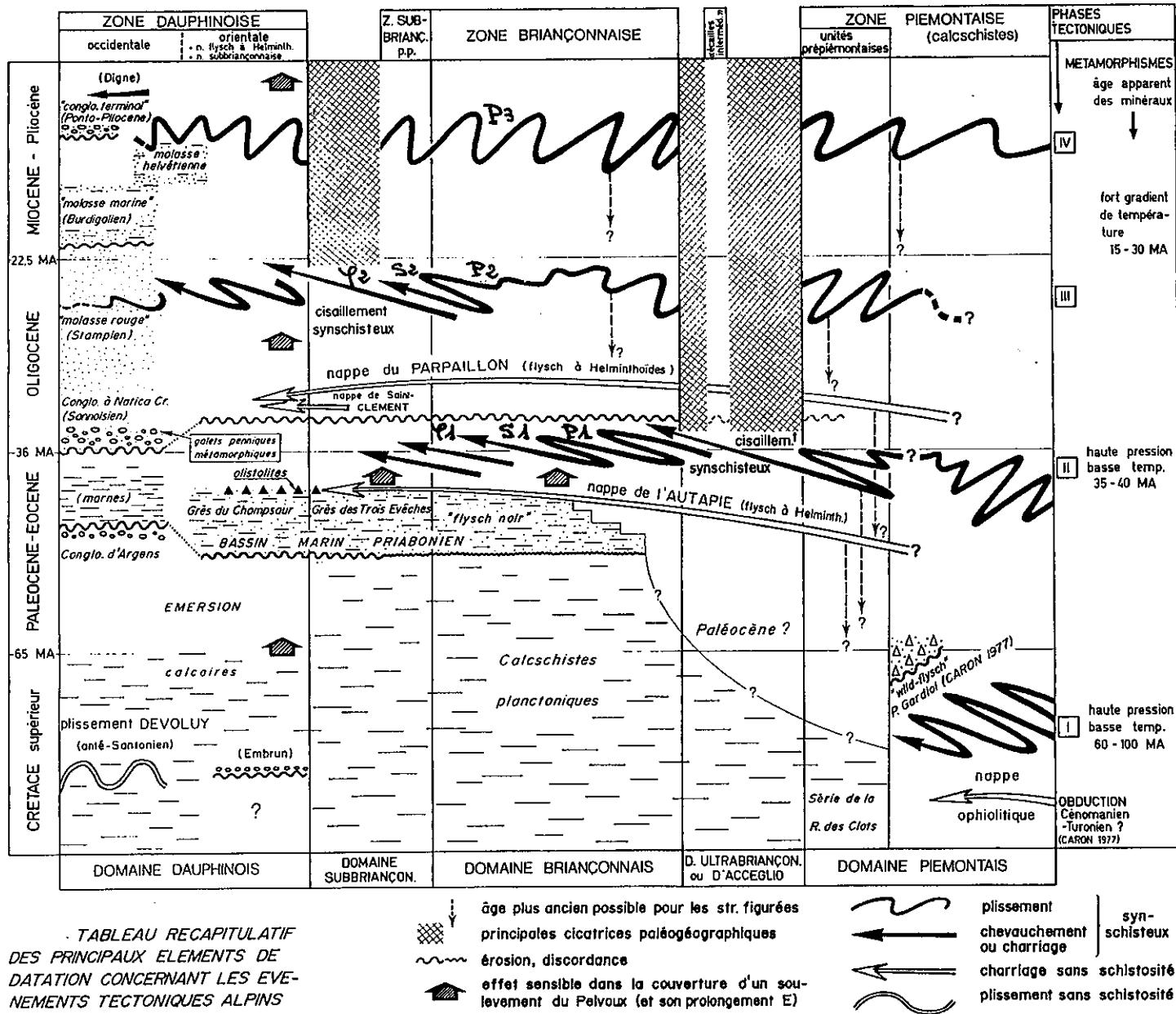
Vers la fin du Miocène, au cours de la phase tectonique IV, les plis de rétrodéversement se généralisent depuis les parties orientales de la zone dauphinoise jusqu'à la zone piémontaise. Ils sont parfois accompagnés d'une schistosité S3 fruste, en zone briançonnaise. Ces structures ont une direction généralement NNW-SSE, mais dans le secteur de l'Argentière, leur présence est relativement discrète.

Pour appréhender la fracturation liée aux phases tardives (néogènes), il est nécessaire de faire appel aux résultats acquis dans le sud des Alpes, entre l'Ubaye et la côte méditerranéenne, par Ritz (1991) et Labaume *et al.* (1989) (cf. fig. 7). Après les compressions miocènes qui font jouer les grandes failles NE-SW en décrochements et les failles NW-SE en chevauchements, le Pliocène voit les grandes failles NNW-SSE à NW-SE de la Haute Durance, de l'Embrunais et de l'Argentera jouer de façon normale sous l'effet d'une extension E-W à NE-SW.

Ensuite, au Quaternaire, ces mêmes failles jouent en décrochement dextre.

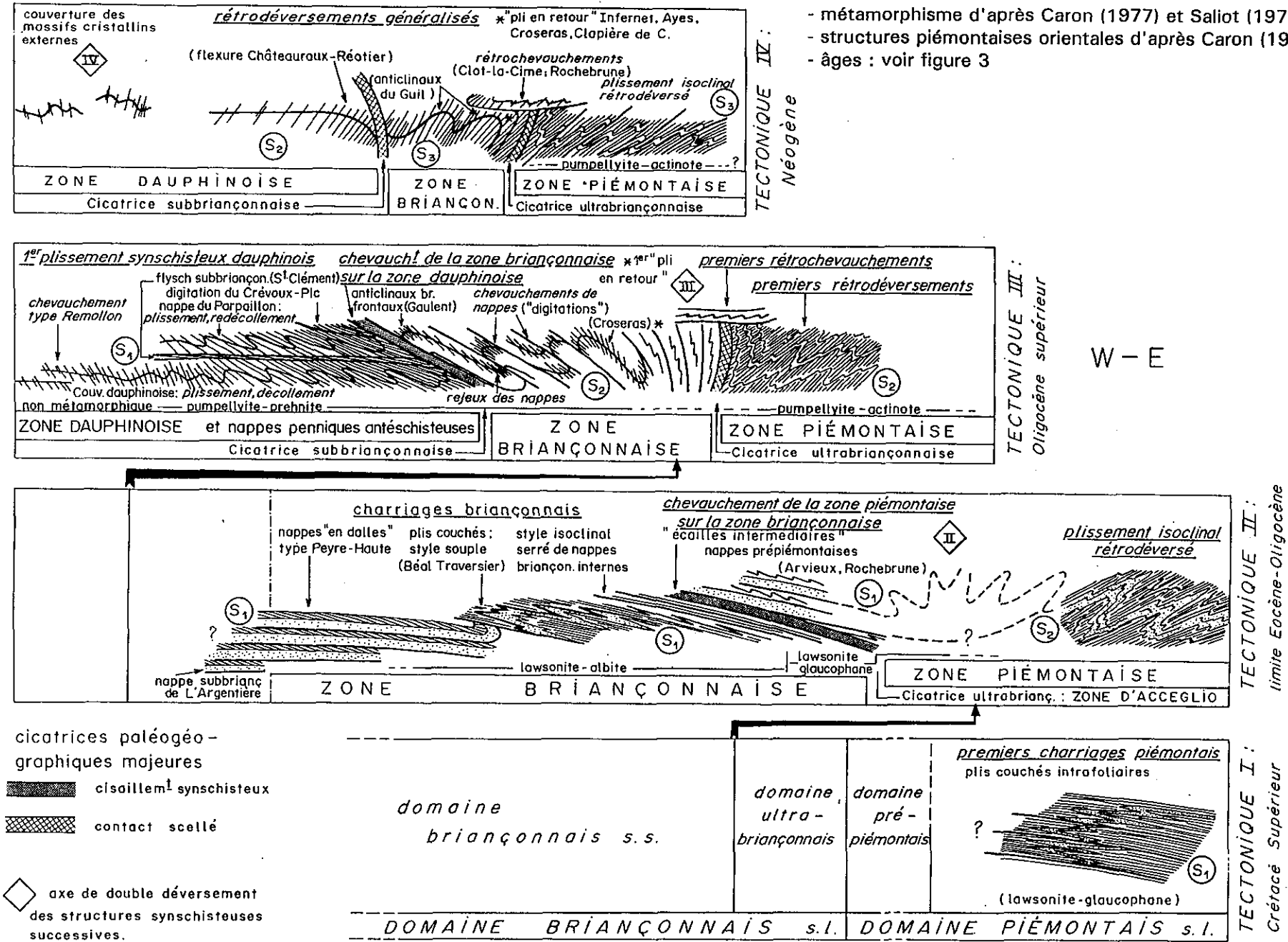
Actuellement, les mécanismes au foyer des séismes se produisant dans le Briançonnais montrent que les failles NNW-SSE sont actives et jouent de façon normale avec une composante dextre.

¹La phase tectonique I s'est manifestée, pendant le Crétacé supérieur, dans le seul domaine piémontais, plus interne et plus oriental que le domaine briançonnais.



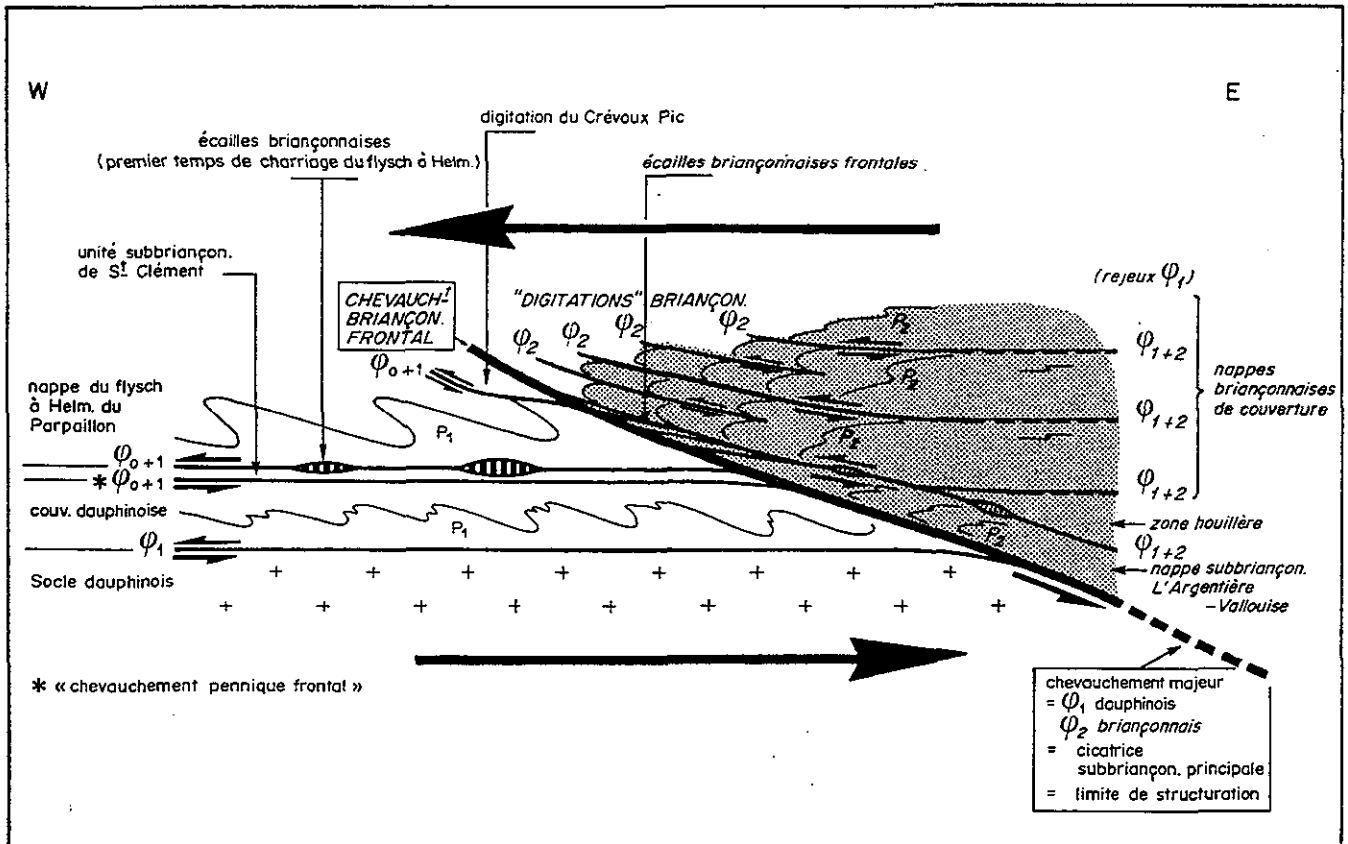
Interprétation structurale de l'ancienne mine Pb-Ag de l'Argentière (05)

Fig. 3 - Chronologie des phases et déformations tectoniques au sud-est du Pelvoux (d'après Tricart, 1980).



Interprétation structurale de l'ancienne mine Pb Ag de l'Argentière (05)

Fig. 4 - Enchaînement et relais des structures synschisteuses suivant la transversale sud-pelvousienne (d'après Tricart, 1980).



Disposition schématique antérieure aux rétrodéversements dans les structures 2 dauphinoises et 3 briannonnaises. La figure souligne l'origine variée des surfaces, sièges de chevauchements vers l'ouest dans la tectonique 1 dauphinoise (= 2 briannonnaise).

En grisé : ensemble à structuration briannonnaise.

En blanc : ensemble à structuration dauphinoise.

Fig. 5 - Le faisceau des accidents plats liés au chevauchement briannonnais frontal (d'après Tricart, 1980).

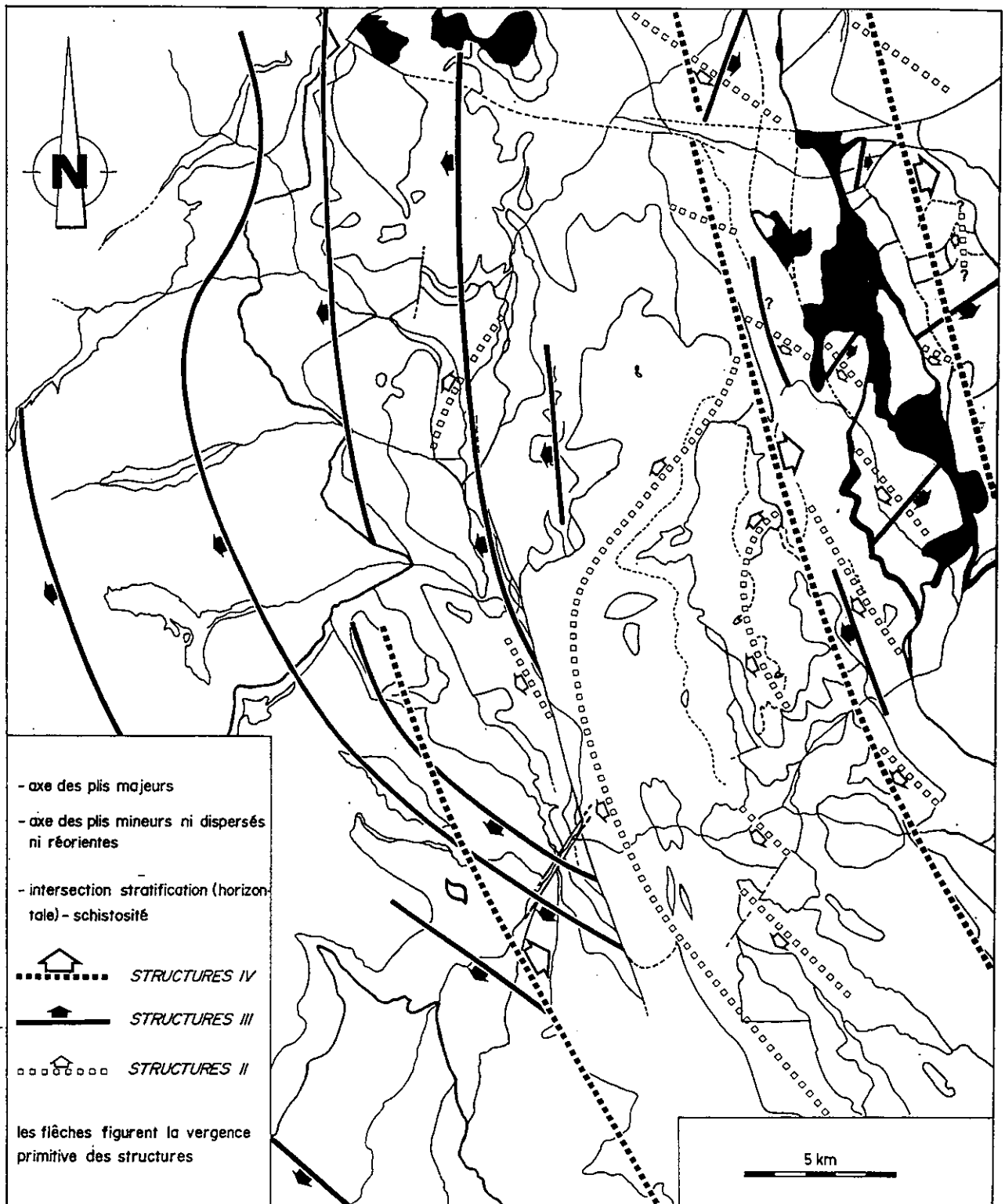


Fig. 6 - Directions régionales des structures (plis et linéations d'intersection) des phases tectoniques II, III et IV (d'après Tricart, 1980).

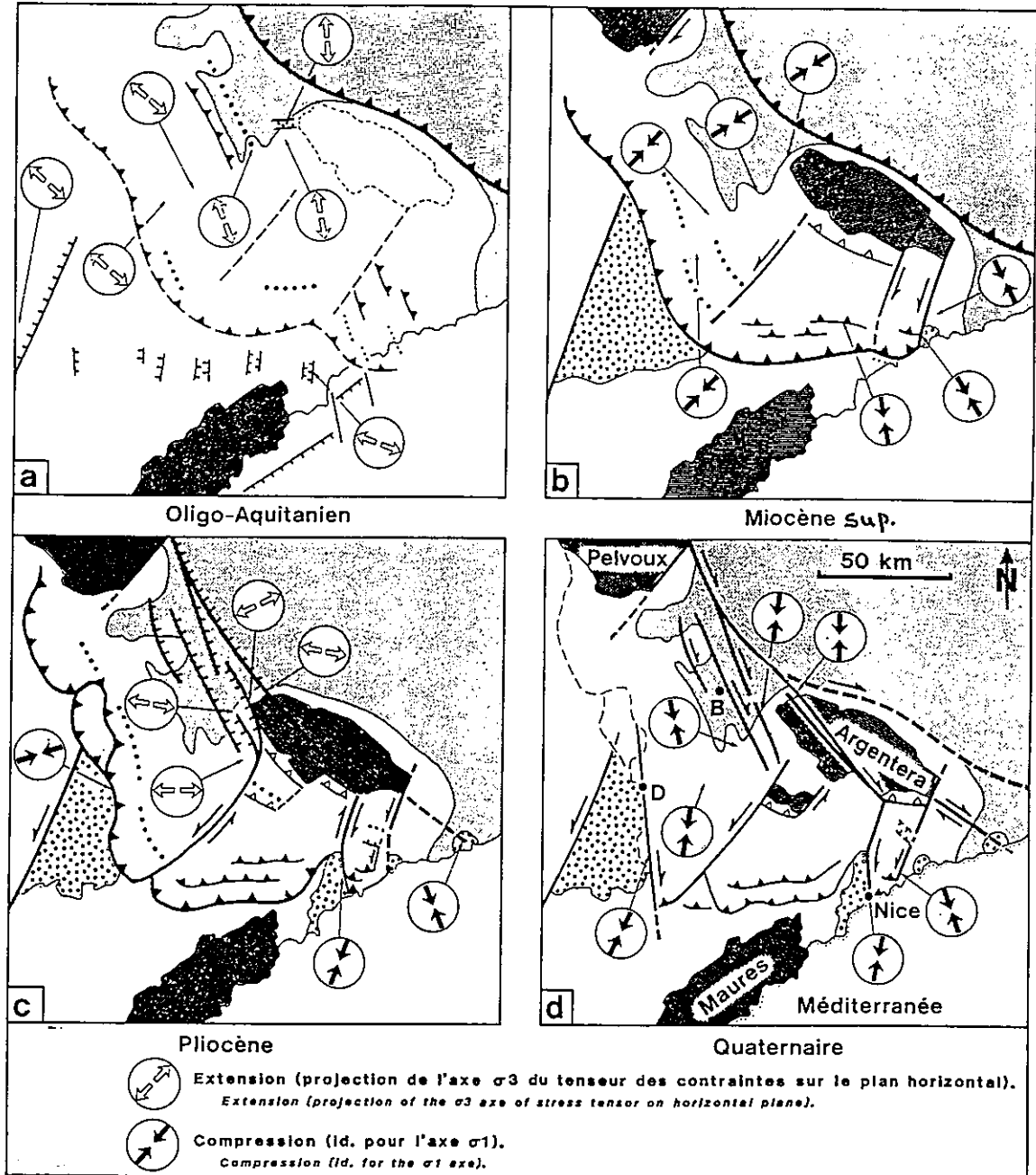


Fig. 7 - Modèle d'évolution des Alpes sud-occidentales externes (d'après Labaume et al., 1989).

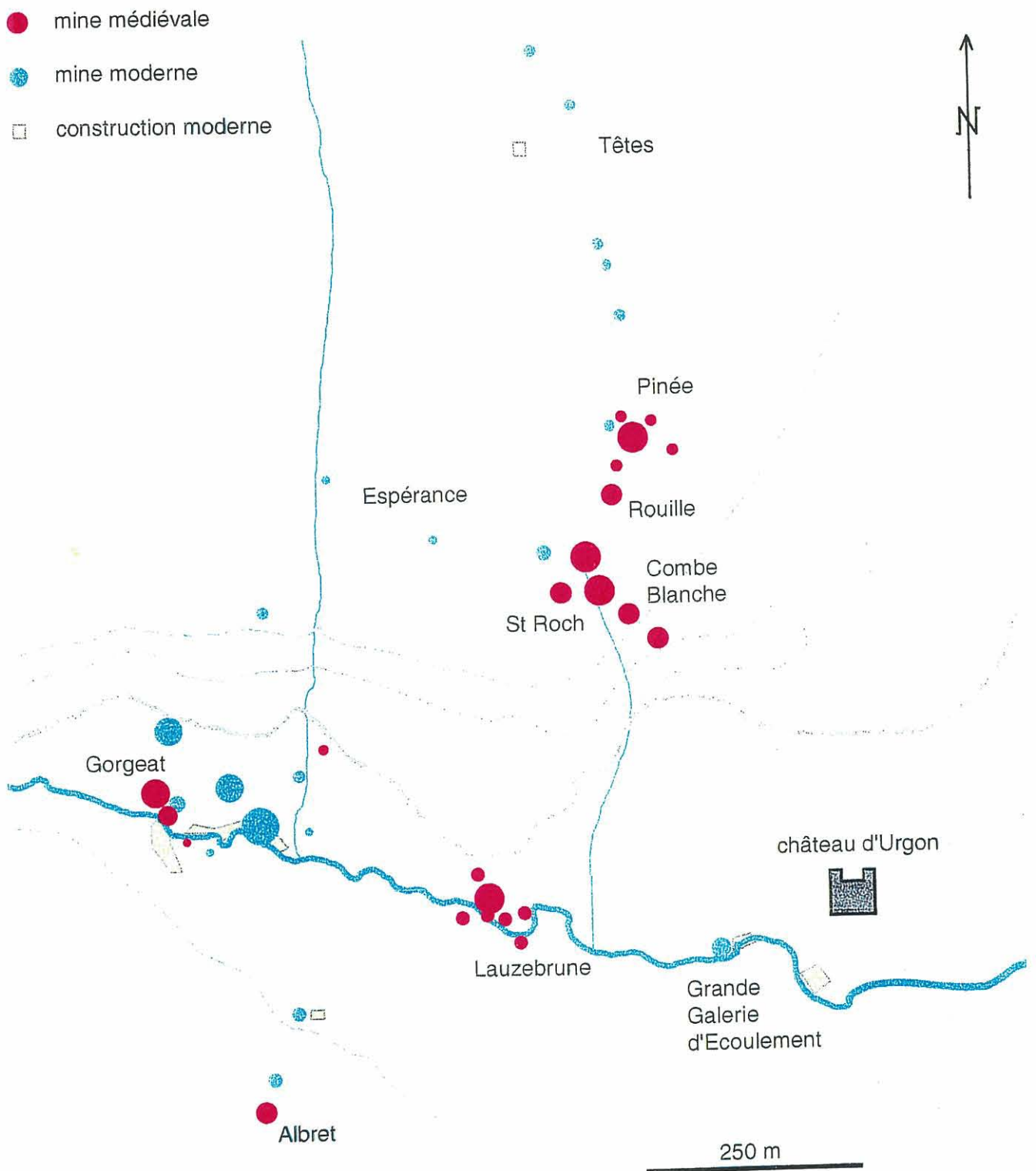


Fig. 8 - Répartition géographique des différents sites d'extraction de l'ancienne concession du Fournel (d'après B. Ancel, 1996).

2. Principales observations effectuées

Les observations ont été effectuées dans deux secteurs (cf. localisation des différentes stations de mesure sur les figures 8, 9, 10 et 11) :

- en surface, essentiellement dans le secteur de Combe Blanche mais aussi jusqu'à ceux de La Rouille et de La Pinée ;
- en mine, dans les Vieux Travaux (ravin du Fournel) principalement et, en surface, en rive gauche du torrent du Fournel au niveau des anciennes installations minières de Gorgeat.

2.1. RÉSULTATS OBTENUS DE COMBE BLANCHE À LA PINÉE

Dans ce secteur affleurent surtout les conglomérats subverticaux du Permo-Trias ("Verrucano") bordés, à l'ouest, par les quartzites du Trias inférieur et, à l'est, par les schistes, grès et conglomérats du Carbonifère.

Les plans de stratification et de schistosité ont été mesurés aux endroits où affleurent des intercalations d'argilites rouges et vertes. Les directions des plans de stratification sont subméridiennes à NNW-SSE et leurs pendages varient de la verticale à 65° environ vers l'ouest. Les rares plans de schistosité mesurés dans les niveaux de pélites ont des directions NNE-SSW et leurs pendages de 25 à 45° sont dirigés vers l'est. Les intersections stratification-schistosité sont donc proches de N-S (N-S à NNE-SSW) et elles sont faiblement inclinées vers le sud.

Dans le secteur de La Rouille, il est possible d'observer des plis d'axes subhorizontaux et orientés N-S à NNE-SSW ; leur plan axial est incliné (45° environ) vers l'ouest. Ces plis perturbent les orientations de la stratification, dont les directions varient alors de NE-SW à NW-SE. Il est difficile de dire si ces plis appartiennent à la phase II (plis P1) ou à la phase III (plis P2) de Tricart (1980). D'après leur géométrie, ils paraissent néanmoins correspondre aux plis observés sous le Ravin des Têtes par Debelmas (1955) qu'il a dessinés sur sa planche V (cf. fig. 2). Dans ce cas, ces plis accompagneraient la mise en place de la nappe de Champcella et seraient des plis P1 (phase II).

Dans ces divers secteurs, les minéralisations en barytine et galène accompagnées de silice constituent des veines exploitées dont l'épaisseur est généralement inférieure à 1 m. Ces veines se sont vraisemblablement mises en place dans des plans de fractures, dont certaines ont peut-être fonctionné en faille inverse (selon B. Ancel notamment). L'orientation de ces veines varie de N-S à ENE-WSW (N65°E) et leur pendage oscille entre 35° et 70° vers le sud-est.

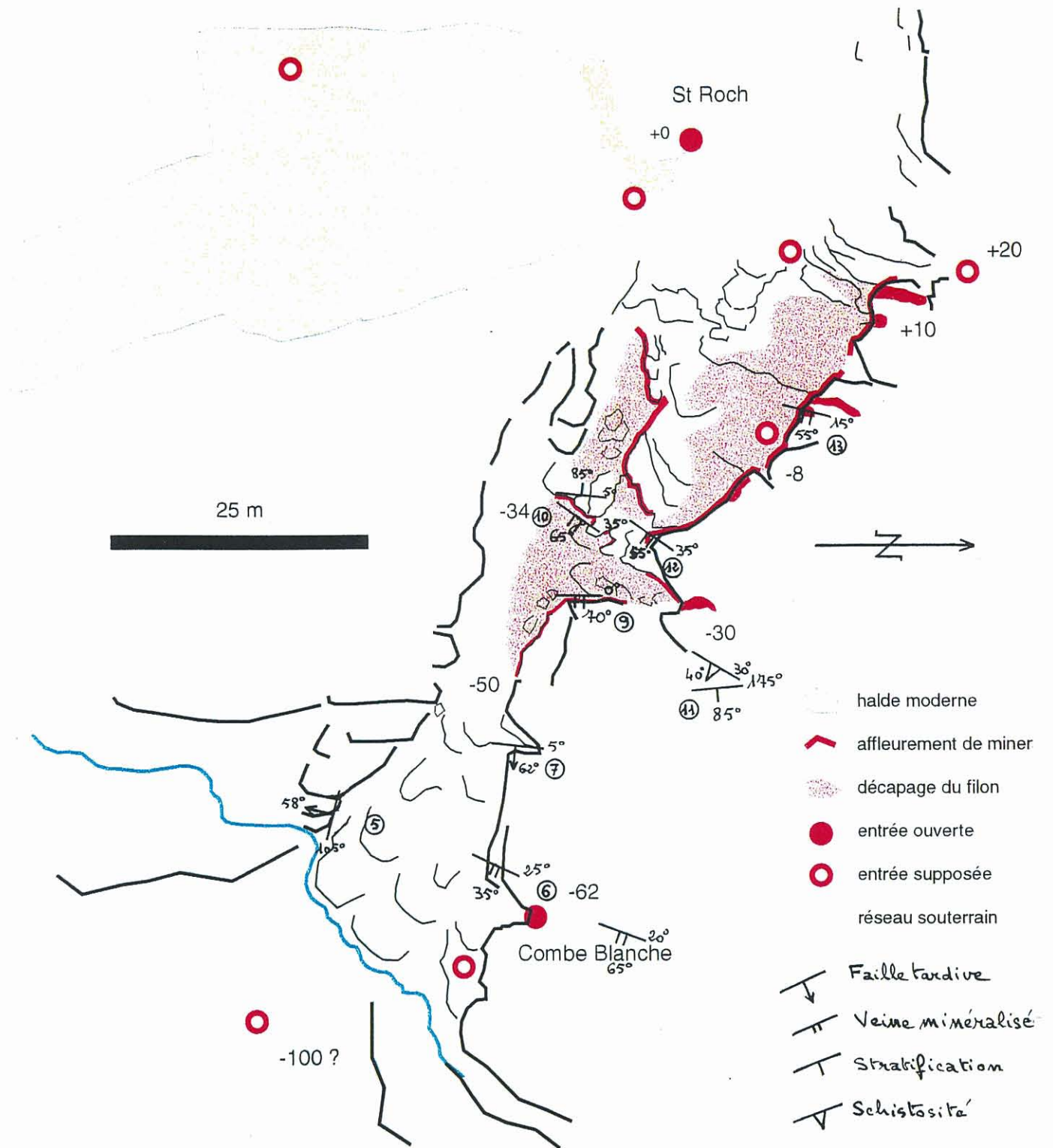


Fig. 9 - Relevé de surface des quartiers Saint-Roch - Combe Blanche (d'après B. Ancel, 1996).

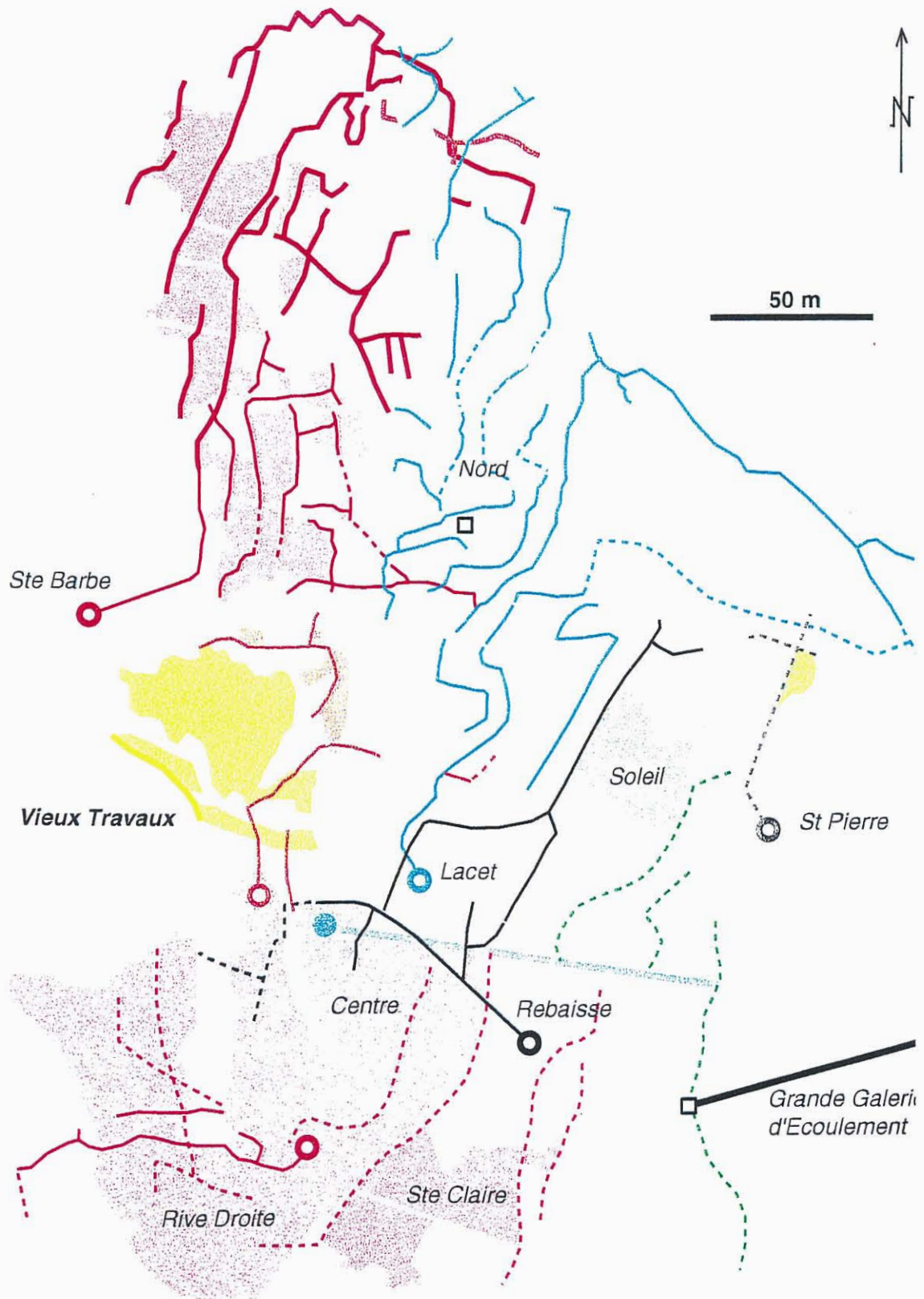


Fig. 10 - Localisation des divers quartiers de la mine souterraine du Fournel (d'après B. Ancel, 1996).

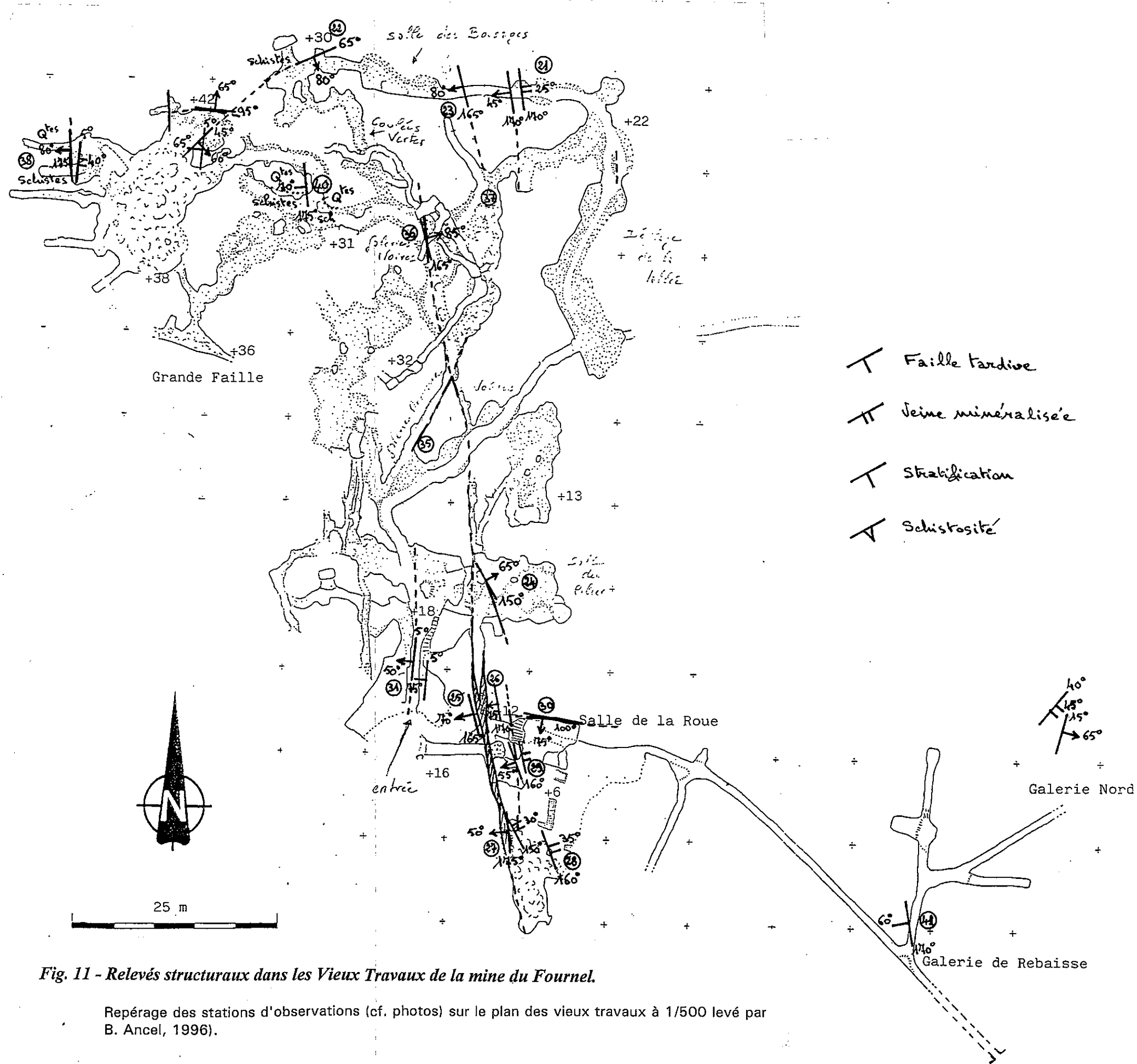


Fig. 11 - Relevés structuraux dans les Vieux Travaux de la mine du Fournel.

Repérage des stations d'observations (cf. photos) sur le plan des vieux travaux à 1/500 levé par B. Ancel, 1996).

W



E

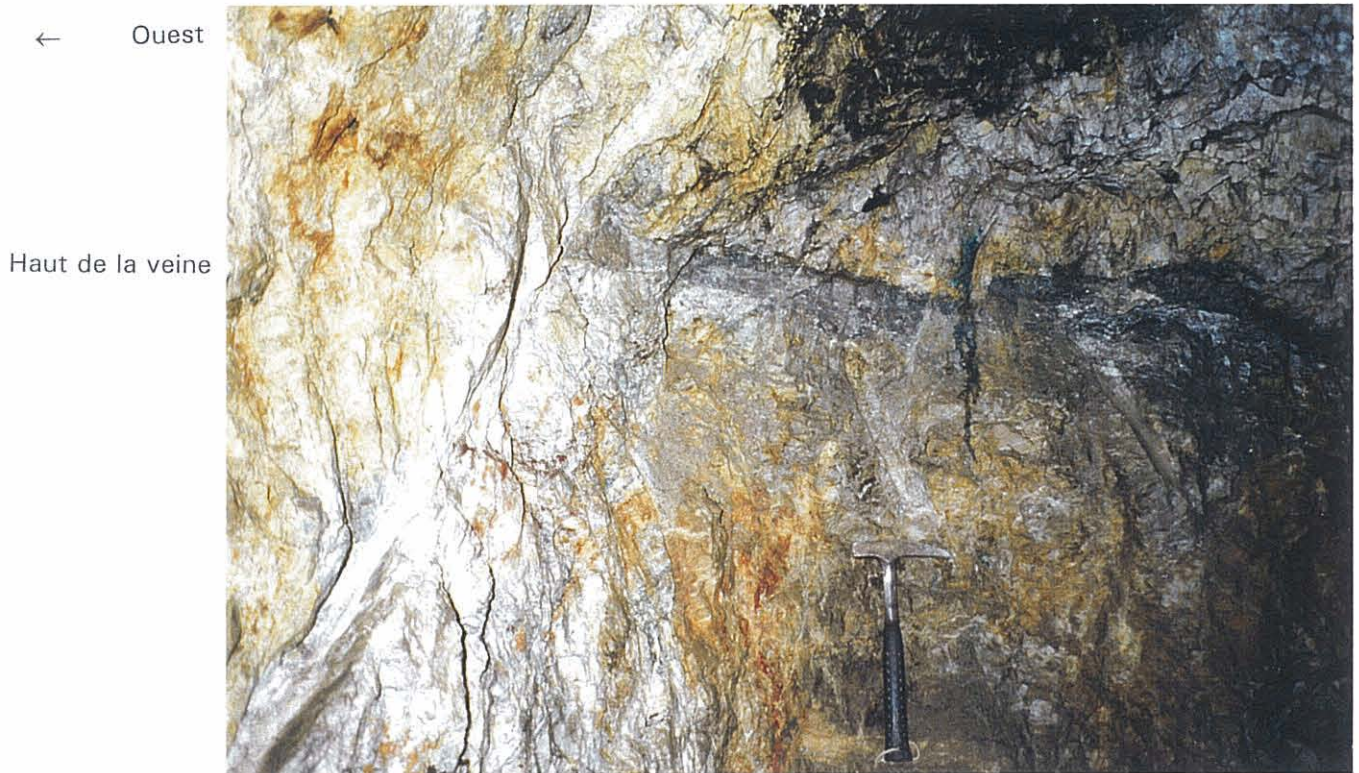
Photo 1 - Faille minéralisée (Combe Blanche, station 6).

W



E

*Photo 2 - La Rouille,
Pli couché N-S (station 18).*



Photos 3 et 4 - Veine minéralisée recoupée par une faille tardive (station 21, travers-bancs du nord des Vieux Travaux).





Est →

*Photo 5 - Faille tardive N-S
(Vieux Travaux, stations 25 et 26),
Vue de la voûte.*



← Ouest

*Photo 6 - Veine minéralisée
recoupée par une faille tardive N-S
(Vieux Travaux, station 27).*

S



N

Photo 7 - Galène envahissant la silice d'une veine (fracturation hydraulique probable), Vieux Travaux, station 29.

W



E

Photo 8 - Pli P2 (phase tectonique III, Oligocène supérieur) dans les calcaires et marnes du Jurassique supérieur de la nappe subbriançonnaise de l'Argentière (au nord de la ville).

W



E

Photo 9 - Quartzites subverticaux (?) sur les schistes du Werfénien supérieur (Vieux Travaux, station 40).

W



E

Photo 10 - Base siliceuse de la veine dépilée, reposant sur les schistes du Werfénien supérieur (Vieux Travaux, station 38).

Dans le secteur de La Rouille, une faille tardive (post-minéralisation) est orientée N175°E avec pendage 80°W et elle a fonctionné en faille normale et en décrochement dextre, sans que l'on ait pu déterminer la chronologie relative de ces deux mouvements.

2.2. RÉSULTATS OBTENUS DANS LE SECTEUR DES VIEUX TRAVAUX (RAVIN DU FOURNEL)

Seuls quelques points d'observations remarquables ont été étudiés : salle de la Roue, environs du Chaos de l'est et travers-bancs du nord, essentiellement. Des mesures d'orientation de la stratification des quartzites et de la schistosité des schistes du Werfénien ont été relevées en surface, en rive gauche du torrent. Quelques observations ont été effectuées dans la galerie n° 1-nord, reliant l'entrée de Rebaisse aux quartiers du Lacet et du Soleil.

Les plans de stratification des quartzites (Werfénien inférieur) ont une direction subméridienne (N170°E à N10°E) et un pendage de 60° à 80° dirigé vers l'ouest.

Les rares plans de schistosité mesurés dans les schistes du Werfénien supérieur ont des directions comprises entre N-S et NNE-SSW (N0° à N30°E) et des pendages oscillant de 35° à 45°, vers l'est. Les intersections stratification-schistosité sont donc subméridiennes et très faiblement inclinées vers le sud.

Dans la partie occidentale des Vieux Travaux (secteur du Chaos de blocs) et peut-être aussi en surface, en rive gauche du Fournel, il semble que les quartzites werféniens t1a viennent chevaucher les schistes noirs du Werfénien supérieur t1b (interprétation proposée initialement par B. Ancel). Dans le Chaos de blocs, une veine minéralisée s'est mise en place au-dessus des schistes noirs et vraisemblablement sous les quartzites.

Les veines minéralisées des Vieux Travaux montrent sur un à plusieurs mètres d'épaisseur des rubanements irréguliers souvent nébuleux de galène et autres sulfures, avec carbonates (Cu, Pb, Zn) enserrés dans une gangue siliceuse qui paraît légèrement antérieure (observation confirmée par L. Granger après étude de lames minces). Dans la salle de la Roue, un pilier permet de voir la silice fragmentée et envahie par tout un réseau de veinules et de petites plages de galène, ce qui évoque un processus de mise en place par fracturation hydraulique.

Dans les Vieux Travaux, la direction des veines minéralisées (direction de leur toit ou de leur mur, des filonnets ou passées de galène, ou encore des joints internes) évolue de N-S à NNW-SSE, pour des pendages dirigés vers l'est et compris entre 15° et 45°.

Cependant, la veine visible dans la galerie n° 1-nord de Rebaisse a une orientation semblable à celle des failles minéralisées de Combe Blanche, soit NE-SW avec pendage de 30° à 60° vers le sud-est.

De nombreuses failles tardives recoupent et décalent les veines minéralisées, avec des rejets verticaux de un à plusieurs mètres. Les plus fréquentes ont des directions variant de N-S à NNW-SSE et leur pendage, dirigé vers l'ouest, oscille entre 40° et 80°. Ces failles ont souvent engendré des crochons de sens normal aux dépens des veines et l'on observe parfois que les filonnets ou veinules de galène ont été entraînés plus ou moins parallèlement à ces failles sur plusieurs dizaines de centimètres (salle de la Roue et galerie n° 1-nord de Rebaisse). L'épaisseur de la roche broyée et laminée par le glissement de ces failles peut atteindre 0,5 voire 1 m, à la faveur de leur ramification. Les miroirs striés montrent qu'elles ont joué en failles normales et aussi en décrochements dextres. Du fait de leur orientation, il apparaît que ces failles ont dû utiliser parfois des plans de stratification des quartzites.

D'autres failles tardives ont des directions proches d' E-W et des pendages forts dirigés tantôt vers le nord tantôt vers le sud. Certaines ont joué de façon sénestre ; elles pourraient donc être conjuguées avec les failles tardives N-S dextres, mais il semble aussi que l'une d'entre elles ait pu jouer de façon normale.

3. Interprétation structurale et conclusions sur la mise en place de la minéralisation

Les déformations schistogènes synmétamorphes alpines jouent dans plusieurs gîtes métallifères des Alpes un rôle très important. Pour cette raison, à l'Argentière l'accent a été mis sur l'étude des schistosités et des structures équivalentes, et de leurs relations possibles avec la mise en place de la minéralisation.

A titre de comparaison par rapport aux mesures effectuées en mine, quelques schistosités ont été mesurées dans les calcaires et calcschistes du Jurassique supérieur de l'unité subbriançonnaise de l'Argentière. Les mesures ont été effectuées au nord et à l'est de l'agglomération de l'Argentière.

Les plis P2 décrits par Tricart (1980) ont des directions N-S à NNW-SSE ; les schistosités S2 qui leur correspondent varient de NNW-SSE à NNE-SSW pour des pendages compris entre 25° et 55° vers l'est.

Ainsi, les schistosités mesurées dans les schistes du Werfénien ou les passées schisteuses du Permo-Trias de la nappe de Champcella, en mine ou en surface, doivent correspondre à la schistosité S2 de la phase tectonique III, synmétamorphe et d'âge oligocène supérieur, étudiée et décrite par Tricart en 1980.

Cette schistosité n'a raisonnablement pas pu s'exprimer dans les quartzites werféniens ni dans les conglomérats permo-triasiques en raison de leur compétence. Mais dans ces roches, elle a pu se traduire par quelques fractures ou petites failles inverses, qui devaient accompagner les chevauchements secondaires qui ont affecté les nappes briançonnaises au cours de cette même phase III, de la fin de l'Oligocène (cf. fig. 5).

L'une de ces failles inverses aurait entraîné le chevauchement des schistes werféniens (t1b) par les quartzites (t1a).

Les veines minéralisées des Vieux Travaux du Fournel et de Combe Blanche se seraient mises en place ensuite dans ces plans de discontinuité correspondant à des structures inverses accompagnant la schistosité S2 des schistes.

D'autre part, les failles tardives de direction dominante subméridienne, ayant joué de façon normale et aussi dextre, sont à rapprocher du fonctionnement au Pliocène et au Quaternaire des grandes failles N-S à NNW-SSE qui sont connues entre le Pelvoux et l'Argentera-Mercantour, comme la faille de la Haute Durance, entre les secteurs de Mont-Dauphin et de l'Argentière.

Il est difficile de caler la mise en place de la minéralisation par rapport à la phase IV de Tricart, car cette tectonique fini-miocène n'a pas eu une intensité suffisante dans le secteur de l'Argentière, pour engendrer des déformations facilement identifiables.

Il est toutefois logique de penser que les venues minéralisatrices se sont faites à la fin de la phase III, après la formation de la schistosité S2 et des petits chevauchements et failles inverses ϕ_2 , pendant le relâchement des contraintes tectoniques.

4. Définition du type de gisement

Les ingénieurs des mines, qui ont établi au XIX^e siècle les premières descriptions scientifiques du gisement du Fournel, ont bien diagnostiqué que la minéralisation de l'Argentière-la-Bessée a la forme d'un (ou plusieurs) "filon" très incliné, ayant été haché par des failles.

A partir des années 1960, l'affrontement des écoles métallogéniques neptuniste et plutoniste (syngénétisme et épigénétisme ou hydrothermalisme) a amené un intérêt pour les minéralisations filoniennes et stratiformes associées aux paléosurfaces continentales et encaissées notamment dans les couches de base du Trias français, transgressives sur le socle à la bordure des divers bassins. La généralité de ce contrôle lithostratigraphique dans des gisements de formes très variées a été découverte ; elle a motivé lors des grandes synthèses régionales une vision différente de la minéralisation du Fournel, en raison de sa situation dans cet étage. Néanmoins, aucune étude de détail n'était disponible sur la mine, qui put affiner ces considérations très générales.

Les observations réalisées permettent aujourd'hui de préciser le classement typologique du gisement du Fournel au point de vue morphologique et au point de vue métallogénique.

4.1. LE TYPE MORPHOLOGIQUE DU GISEMENT

Sur la feuille Lyon de la carte des gîtes minéraux de la France à 1/500 000 (BRGM, 1978), le gisement est répertorié sous le type morphologique "en lentille stratiforme". Ce classement reste valable ; il a été dicté par l'appartenance manifeste du gisement à la catégorie des innombrables minéralisations de tailles diverses affectant dans toute la France les terrains gréseux et/ou conglomératiques de la base de la couverture mésozoïque qui sont transgressifs sur le socle anté-triasique (ces terrains diachrones, d'âge triasique à liasique suivant les points, étant plus ou moins métamorphisés en quartzites voire transposés par une schistosité de fracture alpine dans les zones alpines externes et briançonnaises). L'appellation "stratiforme" est classiquement la traduction française de l'adjectif anglo-saxon "stratabound" qui signifie plus précisément "liée-aux-strates". Ainsi, la minéralisation plombo-zincifère de la mine de L'Argentière, en Ardèche, a été classée dans les minéralisations en lentilles stratiformes alors qu'elle renferme à la fois des imprégnations et lentilles en couches et des concentrations sur failles sécantes.

Le type morphologique "lié-aux-strates" recouvre classiquement des minéralisations de présentations variées (filons, stockwerks, fentes de tension, diaclases minéralisées, amas, imprégnations diffuses) dont on veut souligner avant tout l'association caractéristique à une couche de sédiments particulière de la pile stratigraphique (le Trias basal transgressif sur le socle). La minéralisation du Fournel est effectivement "liée-aux-stra-

tes" de cet étage en particulier. De ce fait, son type morphologique est le type lié-auxstrates si l'on considère cet aspect global régional, à l'échelle du Sud-Est de la France notamment.

Dans le détail, elle revêt cependant une forme en **veines** ou zones silicifiées (et minéralisées en plomb, zinc, argent, cuivre, antimoine, barytine) suivant étroitement des plans de fracture de la roche encaissante qui s'apparentent clairement aux minéralisations de type filonien. En ce sens, elle peut être également classée dans les minéralisations de type filonien.

4.2. LE TYPE MÉTALLOGÉNIQUE DU GISEMENT ET SON ORIGINALITÉ

La mise en place des veines correspond à un phénomène hydrothermal, comme en témoigne l'indice de fracturation hydraulique de la salle de la Roue. En termes de classification génétique, le gisement du Fournel se range dans les minéralisations épigénétiques filoniennes hydrothermales de basse température. Les métallotectes principaux qui ont été dégagés par la présente étude structurale sont d'ordre tectonique (cf. chap. 3) et d'âge indubitablement alpin, si ce n'est le métallotecte lithostratigraphique qu'implique le contrôle global de la minéralisation par la couche de grès-quartzites triasique, comme en de multiples autres gîtes des Alpes occidentales franco-italiennes.

Mais, en l'état des connaissances actuelles, il ne paraît pas possible de dire si la minéralisation s'est faite par sécrétion latérale à partir des schistes du Houiller comme pour les minéralisations Cu-Pb-Zn du Carbonifère briançonnais qui sont voisines (cf. Caby 1968), ou bien par remaniement alpin d'une minéralisation permienne comme cela a été envisagé pour Vallauria par P. Aicard *et al.* (1968), ou encore par hydrothermalisme plus lointain, à partir de zones plus profondes. Dans ce dernier cas, il conviendrait de rechercher le chemin (failles ?) qu'auraient pu emprunter les fluides minéralisés profonds.

Le rôle de la tectonique et des fluides sans doute connexes du métamorphisme alpin à l'Argentière-la-Bessée font de ce gisement un cas remarquablement attractif pour la définition plus précise de ce type de minéralisation dont la genèse a une **composante syntectonique alpine (voire franchement symmétamorphique : cas de Vallauria) primordiale**. Paradoxalement, des gisements plus importants en tonnage, qui sont du même type (La Plagne, Pesey), sont aujourd'hui inaccessibles et leur étude, faite à une époque (1963) où la métallogénie du Trias n'en était encore qu'à ses débuts, ne peut pas être actualisée. L'Argentière, avec son réseau de galeries à nouveau accessible, est un terrain où de grands progrès peuvent être faits aujourd'hui dans le domaine de la métallogénie alpine.

5. Proposition de travaux à effectuer

5.1. RELEVÉS STRUCTURAUX SYSTÉMATIQUES

Il conviendrait de relever les structures qui viennent d'être décrites succinctement : stratifications, schistosité, veines minéralisées, failles tardives. Leur identification devra être vérifiée, si nécessaire, par des lames minces. Ce travail est déjà bien avancé par L. Granger. Il conviendra ensuite de les analyser du point de vue géométrique et structural, quartier par quartier ou secteur par secteur.

Le chevauchement, pressenti dans les quartzites t1a sur les schistes t1b, doit être confirmé par des observations complémentaires.

5.2. CARTOGRAPHIE DES CORPS MINÉRALISÉS ET DES FAILLES, COUPES MINIÈRES

Il est nécessaire d'effectuer un relevé cartographique des veines et des failles tardives en mine et en surface, afin de bien cerner le décalage des veines minéralisées en réalisant des coupes verticales E-W aux endroits où la superposition des travaux miniers le permet ; au besoin, des données relevées dans des cavités **voisines des coupes** pourraient être projetées horizontalement, sur le plan de coupe.

5.3. CARTE GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE

Une carte d'affleurement à 1/5000 (à partir de la topographie IGN à 1/25 000) permettrait de situer les diverses zones d'exploitation, notamment les plus éloignées, par rapport à la géologie de surface.

Conclusion

Au terme de cette expertise géologique, au plan de l'analyse structurale, la mise en place de la minéralisation est relativement bien calée par rapport aux différentes phases tectoniques régionales alpines définies dans la littérature (Tricart 1980 notamment). Le gîte qui est localisé dans les formations triasiques de la nappe briançonnaise de Champcella, est indubitablement d'âge alpin. Les veines minéralisées des Vieux Travaux du Fournel et de Combe Blanche se seraient mises en place dans des plans de discontinuité correspondant à des structures inverses accompagnant la schistosité S2 des schistes. Le point a également été fait sur les failles tardives de direction dominante subméridienne, ayant joué de façon normale et aussi dextre, qui découpent la veine minéralisée principale en différents panneaux. Elles sont à rapprocher du fonctionnement au Pliocène et au Quaternaire des grandes failles N-S à NNW-SSE qui sont connues entre le Pelvoux et l'Argentera-Mercantour, comme la faille de la Haute Durance, entre les secteurs de Mont-Dauphin et de l'Argentière.

Il est difficile de caler la mise en place de la minéralisation par rapport à la phase IV de Tricart, car cette tectonique fini-miocène n'a pas eu une intensité suffisante dans le secteur de l'Argentière, pour engendrer des déformations facilement identifiables. Il est toutefois logique de penser que les venues minéralisatrices se sont faites à la fin de la phase III, après la formation de la schistosité S2 et des petits chevauchements et failles inverses ϕ_2 , pendant le relâchement des contraintes tectoniques.

Des recommandations sont faites pour orienter et compléter les levés de détail effectués par le CCSTI, de façon à leur permettre d'exploiter au mieux la richesse des données de terrain.

Au plan de la représentation des données, le CCSTI, équipé d'Illustrator et Photoshop, a commencé à réaliser des traitements d'images à partir de plans scannés (dessin non vectoriel). La réalisation d'un bloc-diagramme géologique et minier a été envisagée avec le CCSTI, pour la campagne 1998 de la fiche programme BRGM. Ce bloc géoréférencé pourrait être utilisé à la fois au plan scientifique par les archéologues (pour mieux analyser la complexité du gisement et du réseau des galeries) et au plan muséologique (borne de consultation pour le public, qui pourrait être installée dans le musée de la mine). La faisabilité de ce bloc sera examinée au cours d'une prochaine réunion de pilotage de l'opération (réalisation sur Microstation ou Autocad puis modelage géométrique de la géologie sur Gocad ou Strim-100 ? Pourra-t-on réaliser ensuite des passerelles informatiques pour le matériel Mac-Intosh du CCSTI ?).

Au plan métallogénique, la minéralisation s'apparente aux structures filoniennes et se classe dans les minéralisations hydrothermales épigénétiques de basse température. Son contrôle global nettement lithostratigraphique par les quartzites du Trias inférieur pose le problème de l'origine triasique éventuelle de la barytine et/ou de certains métaux, comme pour toutes les minéralisations de type lié-aux-strates du Trias inférieur des Alpes occidentales franco-italiennes.

Bibliographie

- Aicard P., Autran A., Gérard G., Lougnon J. (1968) - Sur l'âge tertiaire, syntectonique et synmétamorphique alpin du gisement plombo-zincifère de Vallauria (commune de Tende, Alpes-Maritimes). Bull. BRGM (2) II, 1, p. 5-14.
- BRGM. (1994) - Mise en sécurité de 34 concessions d'anthracite du Briançonnais. Rap. BRGM R 38115.
- Caby R. (1968) - Gîtes métallifères alpins syntectoniques et métamorphiques dans la zone houillère axiale des Alpes françaises. Bull. BRGM (2) II, 2, p. 77-101.
- Caron J.M. (1977) - Lithostratigraphie et tectonique des schistes lustrés dans les Alpes Cottiennes septentrionales et en Corse orientale. Thèse Etat Strasbourg, 326 p.
- Debelmas J. (1955) - Les zones subbriançonnaise et briançonnaise occidentale entre Vallouise et Guillestre (Hautes-Alpes). Mém. Serv. Carte Géol. Fr., 171 p.
- Debelmas J., Lemoine M. (1966) - Carte géologique France (1/50 000), feuille Guillestre (847) et notice explicative, 19 p. Paris : Service de la carte géologique de la France (BRGM).
- Labaume P., Ritz J.F., Philip H. (1989) - Failles normales récentes dans les Alpes sud-occidentales : leurs relations avec la tectonique compressive. Comptes Rendus Acad. Sci. Fr., Sér. 2, 308, n° 17, p. 1553-1560.
- Meloux J. (1975) - Alpes nord, bilan synthétique de dix années de prospection. Rap. BRGM 75 RME 023 FE.
- Pierrot R., Picot P., Poulain P.A. (1972) - Inventaire minéralogique de la France : les Hautes-Alpes (05). Orléans, BRGM, 184 p.
- Ritz J.F. (1991) - Evolution des champs de contraintes dans les Alpes du Sud depuis la fin de l'Oligocène. Implications sismotectoniques. Thèse Doct. Montpellier, 187 p.
- Salot P. (1978) - Le métamorphisme dans les Alpes françaises. Thèse Paris-Sud (Orsay), 221 p.
- Tricart P. (1980) - Tectoniques superposées dans les Alpes occidentales, au sud du Pelvoux. Evolution structurale d'une chaîne de collision. Thèse Etat, Strasbourg, 407 p.

BRGM

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR
117, avenue de Luminy - BP 168 - 13276 Marseille cedex 09 - France - Tél. : 04.91.17.74.77