

## Un nuovo orizzonte metallifero nel Paleozoico delle Alpi Orientali

Luciano Brigo e Dino di Colbertaldo

### Premessa

La Catena Paleocarnica si sviluppa all'incirca dal P.so M. Croce Comelico fino a Tarvisio, fra la linea del Gail a N e la congiungente Comeglians-Paularo a S. Il nuovo orizzonte metallifero a Zn-Cu, barite, fluorite, quarzo, è situato al limite tra le serie carbonatiche devoniche e le formazioni trasgressive del Carbonifero essenzialmente argillitico-arenacee. Esso è stato individuato nella fase preliminare di un vasto programma di ricerche, in corrispondenza delle maggiori masse silurico-devoniche tra Pontebba e Sappada (Fig. 1).

I primi affioramenti mineralizzati furono scoperti nel 1957 sul M. Malvueric da D. di Colbertaldo (1967), che promosse e diresse sotto gli auspici del CNR le prospezioni geominerarie e geochimiche, sostenute in seguito dalla Società Monteponi/Montevecchio e poi dalla Mineraria Alpi Orientali (M. A. O.)\*. Le ricerche, concentratesi inizialmente nella zona dei M.ti Malvueric e Cavallo, in conseguenza dei risultati positivi ottenuti con la prospezione geochimica, vennero di recente da noi estese a tutta la Catena Carnica, con lo scopo di definire la posizione e la continuità dell'orizzonte mineralizzato, in rapporto alle caratteristiche paleogeografiche e strutturali delle formazioni paleozoiche.

Le notizie bibliografiche sull'attività mineraria in questa regione sono limitate alle miniere del M. Avanza e di Comeglians; solo brevi ed isolati cenni esistono per la zona del P.zo di Timau. Molto abbondante è invece la letteratura geologica e tra questa in particolare la sintesi schematica di R. Selli (1963), che è servita di base per la fase iniziale delle nostre ricerche.

### Cenni geologici

Nella Catena Paleocarnica affiorano in prevalenza le rocce del Paleozoico antico (Siluriano e Devoniano) e del Carbonifero.

\* Gli AA. ringraziano la Monteponi/Montevecchio e la M. A. O. per aver permesso la divulgazione di questa nota, nonchè il tecnico C. Pohar per la sua valida collaborazione sia nelle ricerche di campagna che di laboratorio.

Il Siluriano comprende le formazioni dell'*Ordoviciano*, costituite da argilliti, siltiti e arenarie quarzose, e del *Goethlandiano* in diverse facies prevalentemente calcaree.

Le serie carbonatiche del *Devoniano* affiorano, con spessori talora notevoli (circa 1000 m), lungo la fascia di confine italo-austriaco e costituiscono il substrato della mineralizzazione. Le formazioni eo- mesodevoniche sono formate in gran parte da calcari più o meno stratificati in facies di scogliera e, localmente, da calcari nodulari e reticolati in facies pelagica, talora come passaggi laterali o come intercalazioni ai precedenti, più di frequente costituenti una «serie comprensiva ridotta silurico-devonica». Seguono verso l'alto, tra M. Volaia e M. Zermula, calcari compatti ben stratificati con faune neodevoniche (Brachiopodi ed Ammonoidi) di mare aperto. A W della Val Bordaglia le rocce del Paleozoico antico risultano debolmente metamorfosate; esse vengono riferite ad una unità strutturale che corrisponde alla parte settentrionale della Catena Carnica.

Il *Carbonifero* comprende diverse formazioni e costituisce il periodo cui va riferito il processo mineralizzante della regione in esame. Il *Carbonifero inferiore e medio* si sviluppa con continuità su una vasta area a S della catena devonica tra il M. Volaia ed il M. Zermula. Esso comprende due formazioni: la Formazione del Hochwipfel e la Formazione di Dimon. La prima è costituita da una alternanza di argilliti, siltiti, arenarie, con locali intercalazioni, specialmente alla base della formazione, di brecciole a lidite e liditi; sul versante orientale del Timau, sempre nella parte inferiore della formazione, affiorano livelli di materiale vulcanico (piroclastiti) noti anche nella Valle del But (Selli R., 1963). La formazione, comprendente tutto il Namuriano ed una parte del Westfaliano, è trasgressiva su un paleorilievo irregolare formatosi durante un periodo più o meno lungo di emersione (Viseano) del substrato silurico-devonico, che è stato interessato anche dalle prime fasi dell'orogenesi ercinica. Durante questa emersione un carsismo di vario grado ha agito sulle masse carbonatiche di diversa età ed è osservabile attraverso fratture, cavità e solchi riempiti dal materiale trasgressivo. La Formazione di Dimon, riferita al Westfaliano C, si compone dei prodotti di un vulcanismo basico — spiliti  $\pm$  a pillows, keratofiri, tufi eterogenei —, cui fanno seguito verso l'alto argilliti, siltiti, arenarie, talora conglomerati, derivanti per lo più dal disfacimento delle rocce precedenti. Il *Carbonifero superiore*, che comprende le formazioni del Gruppo dell'Auernig, affiora nella zona di confine a N e a E del M. Zermula. Esso è trasgressivo e discordante su tutte le formazioni più antiche ed in particolare sui calcari mesodevonicici di scogliera del M. Val Dolce, M. Cavallo, M. Malvueric. Nelle formazioni più basse, tra loro vicarianti, prevalgono le siltiti e le arenarie, con intercalazioni di conglomerati quarzosi in banchi talora potenti, di calcari ben stratificati, e, nella zona di trasgressione, di calcari arenacei in strati sottili.

Per quanto riguarda la tettonica, il tratto della Catena Paleocarnica considerato può essere suddiviso in due settori.

Un settore si estende a W della grande linea della Val Bordaglia e comprende il gruppo Avanza-Peralba, costituito da rocce silurico-devoniche debolmente metamorfiche, con complesse strutture a pieghe anti-

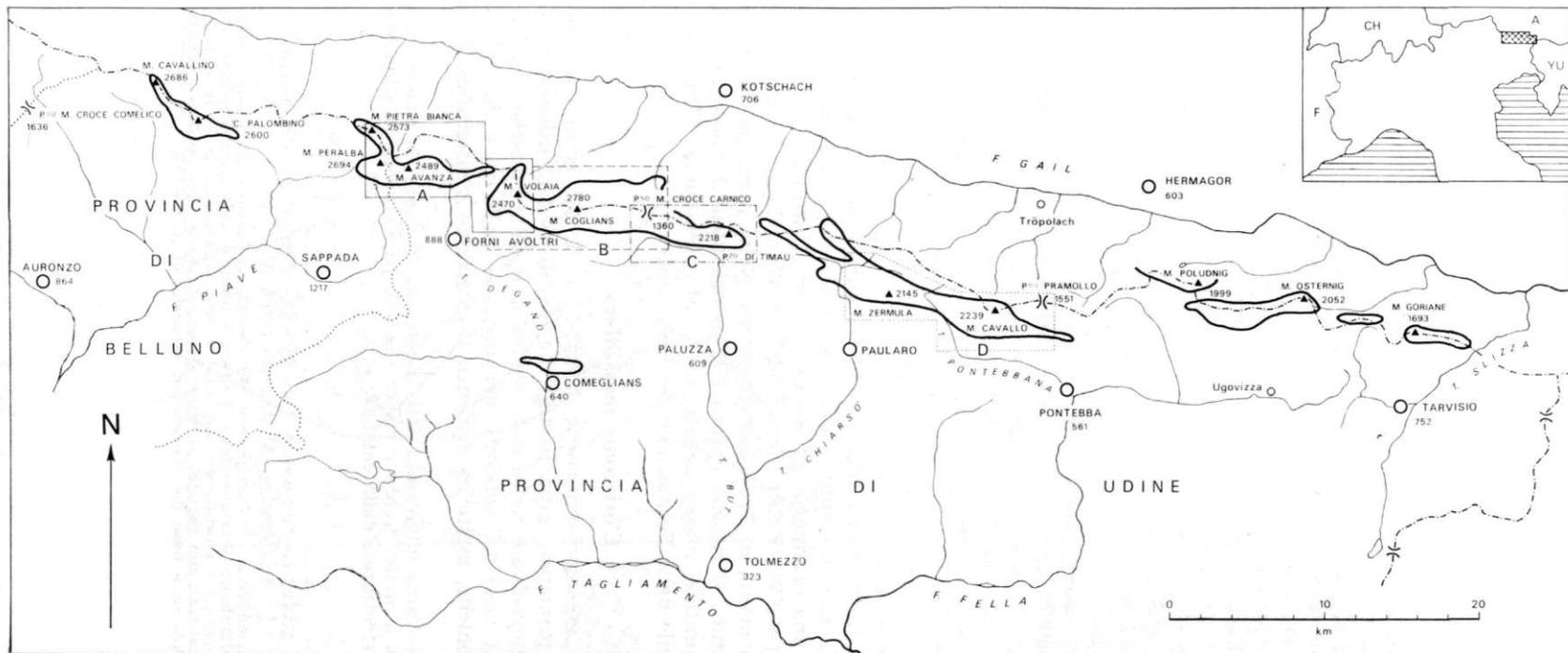


Fig. 1. Schema topografico delle Alpi Orientali tra il P. so M. Croce Comelico e Tarvisio con le principali masse carbonatiche devoniche

Le aree inquadrare con tratto diverso (A, B, C, D) corrispondono a quelle delle cartine geologico-minerarie (Figg. 2, 3, 4, 5); esse delimitano all'incirca il tratto della Catena Paleocarnica interessato dalla ricerca preliminare

clinali o a scaglie, interessate da faglie NE—SW; dette strutture vengono a contatto anomalo con le rocce ordoviciane (?) circostanti (Fig. 2). A questo settore, esteso verso W fino al P.so M. Croce Comelico, sarebbero riferibili anche i gruppi principali del Plenge e del Polinik.

L'altro settore si sviluppa a E della Val Bordaglia fino al Tarvisiano. Le masse devoniche presentano strutture a monoclinali, vergenti a W (M. Volaja), a S (M. Coglians, Fig. 3) e a NE (M. Zermula, dove la serie è probabilmente rovesciata), o ad anticlinali, fagliate in cerniera con fianco settentrionale abbassato (P.zo di Timau; Fig. 4) o  $\pm$  asimmetriche (M. Cavallo; Fig. 5). Tali strutture vengono complicate da numerosi sistemi di faglie (W.NW—E.SE, N—S, E—W, NE—SW) e da intensi fenomeni di tettonica passiva, che mascherano in parte i normali rapporti stratigrafici Devoniano-Carbonifero.

A grande scala si delinea ancora assai bene la evoluzione paleogeografica di tutto questo settore. Infatti, tra la linea della Val Bordaglia e quella del Cason di Lanza, si sviluppa l'esteso bacino del Carbonifero inferiore e medio, i cui limiti (quello N rappresentato dalla catena devonica, quello S dal contatto per lo più tettonico con le rocce permotriassiche, dove localmente — Comeglians — affiora anche la «serie comprensiva silurico devonica») si trovano in una posizione pressochè simmetrica rispetto ad una zona assiale E—W, messa in evidenza dalla distribuzione delle rocce vulcaniche della Formazione di Dimon. La trasgressione del Carbonifero superiore direttamente sulle scogliere mesodevoniche, più intensamente carsificate, nella zona del M. Cavallo, definisce invece una originaria situazione di alto strutturale, limitato da due paleofaglie (W.NW—E.SE) identificabili a W nella linea del Cason di Lanza, a E in quella di Tröpolach-Ugovizza. Nella parte più orientale della Catena Carnica si ritorna ancora alla associazione di rocce calcaree devoniche (in limitate masse isolate tra i M.ti Poludnig, Osternig e Goriane) con quelle della Formazione del Hochwipfel.

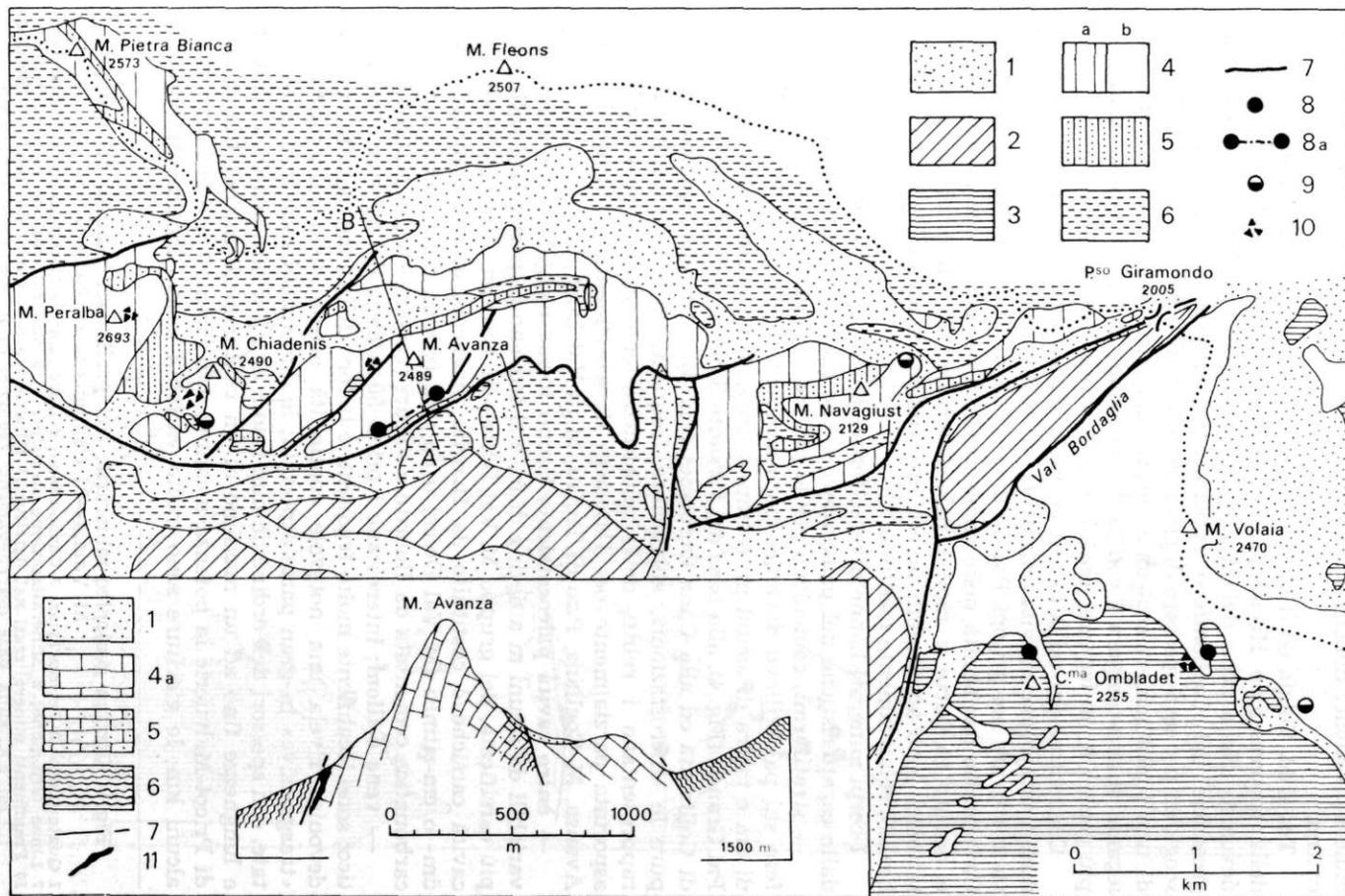
### L'orizzonte metallifero

Nelle cartine geologico-minerarie (Figg. 2, 3, 4, 5)\* sono riportate, distinte nei tipi principali, gran parte delle manifestazioni mineralizzate, che sono state individuate nella fase preliminare delle ricerche. La loro distribuzione alla base dei versanti meridionali o nelle zone dei crinali delle masse devoniche, mette in evidenza la posizione stratigrafica della

\* Comprendono l'area interessata dalla ricerca preliminare; la suddivisione in 4 zone è dovuta a motivi tecnici e rispecchia solo parzialmente la situazione paleogeografica e strutturale della catena.

Fig. 2. Cartina geologico-mineraria, con profilo schematico, del gruppo M. Peralba—M. Avanza (area A)

1 Quaternario; 2 Permo-Trias; 3 Carbonifero; 4a Devoniano debolmente metamorfico; 4b Devoniano; 5 Gotlandiano; 6 Ordoviciano; 7 Linee tettoniche; 8 Mineralizzazione stratiforme; 8a Mineralizzazione stratiforme continua; 9 Mineralizzazione in vene e filoni; 10 Frammenti mineralizzati nel detrito; 11 Mineralizzazioni varie (nel profilo). (Secondo gli AA. sulla base dei rilevamenti geologici di R. Selli)



mineralizzazione, nonchè i motivi strutturali relativamente costanti della catena.

Tra il M. Volaia ed il M. Zermula la mineralizzazione si trova alla base della trasgressione Hochwipfel e nella porzione più alta del substrato devonico. Nella zona del M. Cavallo essa è situata invece sotto la trasgressione del Carbonifero superiore ed interessa il mesodevónico di scogliera per uno spessore di circa 50 m a partire dal paleorilievo. Si tratta di una tipica mineralizzazione «legata agli strati», in cui è rilevabile un legame spazio-temporale con la trasgressione del Hochwipfel, e, in linea più generale, un legame spaziale con il paleorilievo.

Concentrazioni ad alto tenore della mineralizzazione, che hanno permesso una certa attività estrattiva al M. Avanza ed a Comeglians, sono state trovate nei gruppi Pal Grande—P.zo di Timau e M. Val Dolce—M. Cavallo. La variabilità delle concentrazioni — localmente molto basse — è dovuta in parte a motivi paleogeografici. A fenomeni morfologici e tettonici sono attribuibili invece interruzioni locali dell'orizzonte mineralizzato, relativamente continuo.

I corpi minerari hanno diverse forme, che dipendono fondamentalmente dalle caratteristiche del paleorilievo e che possono essere così classificati:

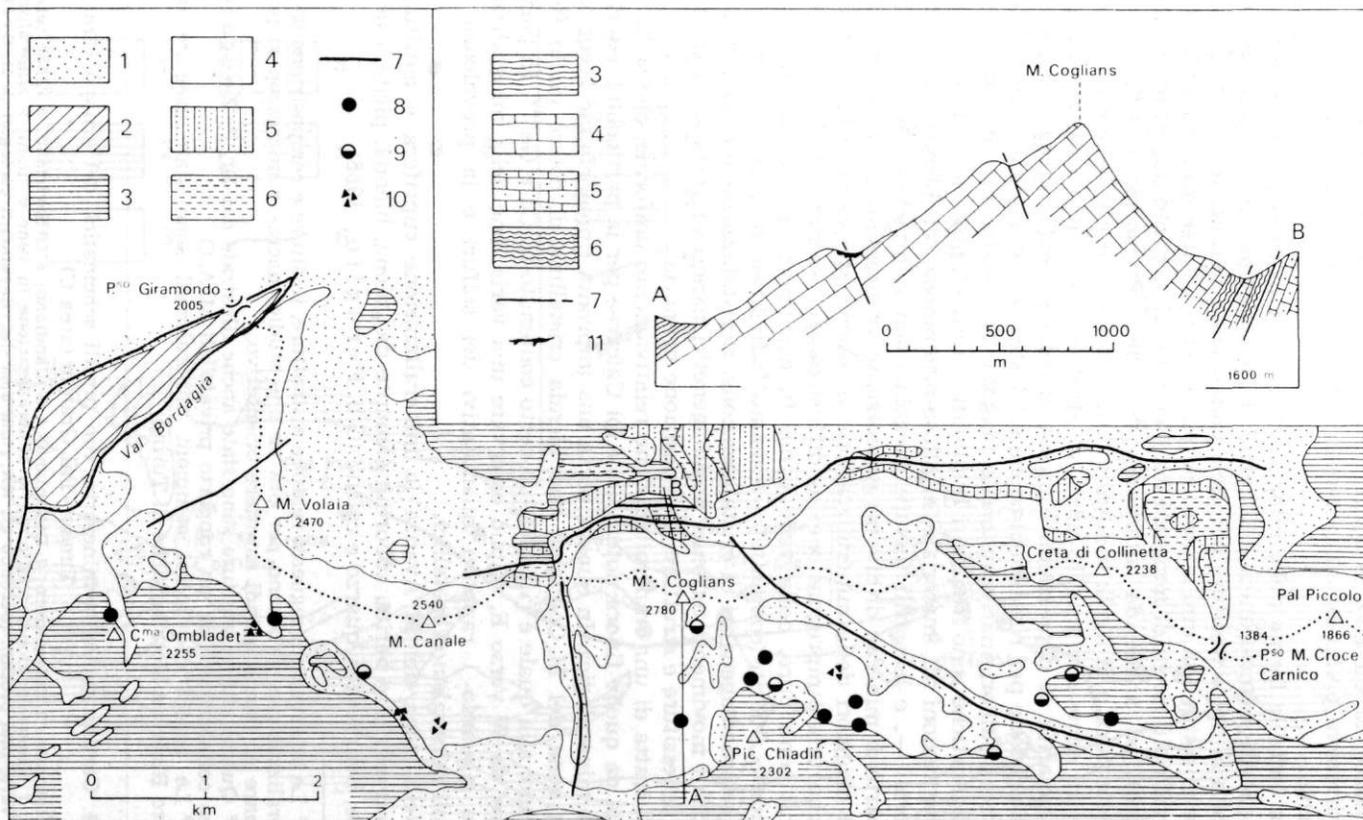
— **stratiformi**; coincidono per lo più con lo strato trasgressivo carbonifero sul paleorilievo devonico poco accidentato; lo spessore è dell'ordine di dm e talora di alcuni m; esempi si trovano nel gruppo P.zo di Timau-Pal Grande (Fig. 4), alla base del versante S del gruppo M. Coglians—Creta di Collinetta ed alla C.ma Ombladet (Fig. 3); riferibili a questo tipo sono pure le «incrostazioni», abbastanza frequenti ed estese arealmente, che rappresentano i relitti della mineralizzazione saldata al substrato ed asportata parzialmente per fenomeni di scorrimento e per erosione (M. Avanza, M. Coglians, P.zo di Timau, M.ga Val Dolce);

— **entro cavità paleocarsiche**; hanno forme irregolari, con dimensioni variabili da alcuni m a decine di m, e si trovano in particolare nella zona, più carsificata, del gruppo M. Val Dolce—M. Cavallo; il riempimento delle cavità carsiche è costituito da fluorite massiccia in strati sottili, talora dm- o cm-ritmiti (M. Val Dolce) o da una breccia della roccia incassante carbonatica cementata da fluorite e solfuri (versante N del M. Cavallo);

— **vene e filoni**; interessano i primi 50 m circa del substrato carbonatico; sono localmente molto frequenti e la loro diffusione in tutta la catena devonica rivela una notevole continuità areale della mineralizzazione «trasgressiva» in gran parte asportata; le dimensioni sono in genere limitate, con spessori dell'ordine da mm fino a dm, più raramente ad alcuni m, e lunghezze fino ad un massimo di un centinaio di m; nel filone Creta di Pricot-Malvueric la potenza massima è di circa 10 m e la lunghezza di alcuni km; le giaciture sono molto variabili e solo localmente (Creta di

Fig. 3. Cartina geologico-mineraria, con profilo schematico, del gruppo M. Volaia—M. Coglians (area B)

1 Quaternario; 2 Permo-Trias; 3 Carbonifero; 4 Devoniano; 5 Gotlandiano; 6 Ordoviciano; 7 Linee tettoniche; 8 Mineralizzazione stratiforme; 9 Mineralizzazione in vene e filoni; 10 Frammenti mineralizzati nel detrito; 11 Mineralizzazioni varie (nel profilo). (Secondo gli AA. sulla base dei rilevamenti geologici di R. Selli e G. b. V. a i)



Rio Secco, M. Cavallo) le fratture mineralizzate costituiscono dei sistemi con direzioni preferenziali, parallele a linee tettoniche principali per lo più antiche.

In tutte le forme della mineralizzazione si trovano tessiture primarie di deposizione meccanica e chimica\*. La compagine mineralizzata mostra talvolta la tipica tessitura parallela inomogenea, definita da una stratificazione  $\pm$  sottile (da mm a dm), che può essere caratterizzata da alternanze di livelli più ricchi di minerale (es. blenda) e di altri più poveri (carbonati, quarzo), ed anche da alternanze ritmiche, per esempio di livelli di fluorite pura e di livelli di argilla o di fluorite + argilla. Mancano o sono rare, in seno alle singole unità di stratificazione, le strutture gradate; una polarità di deposizione è messa talvolta in evidenza dalle deformazioni prodotte per risedimentazione di clastici più grossolani, carbonatici o quarzosi, sull'originario materiale fangoso. Tra le strutture da sin- a tardodiagenetiche sono frequenti le stiloliti — lungo le quali si osservano sottili concentrazioni di materiale argilloso-bituminoso, di blenda e di altri minerali —, e le sottili fessure irregolari con riempimento belteroporico da parte di minerali di diversa generazione. In prossimità delle concentrazioni maggiori della mineralizzazione si osserva spesso nelle rocce carbonatiche una «impregnazione» o diffusione per esempio di blenda. Frequenti sono pure, nelle vene e nei filoni minori, le tessiture massicce (blenda o fluorite compatte) e a listato\*\*. In linea generale i processi da sin- a tardodiagenetici di cristallizzazione, ricristallizzazione e sostituzione, nonché i movimenti tettonici postdiagenetici hanno su vasta scala cancellato le tessiture e strutture di deposizione primaria.

Si tratta di una mineralizzazione relativamente uniforme, che si differenzia da quelle finora note nelle Alpi Calcaree per la particolare associazione mineralogica. In questa, porta una impronta tipomorfa (ad eccezione della zona del M. Coglians) una blenda cristallina di colore giallo fino a bruno, alla quale è riferibile un certo contenuto in Cd e Ge\*\*\*. In particolare, da W verso E, si può osservare una variazione della mineralizzazione riguardo i rapporti quantitativi dei solfuri e la prevalenza di singoli minerali non metallici.

Nella zona del M. Avanza la mineralizzazione cuprifera è costituita da tetraedrite e barite, subordinatamente da galena, blenda, pirite, calcopirite, bournonite, quarzo e calcite (G b. Feruglio, 1966).

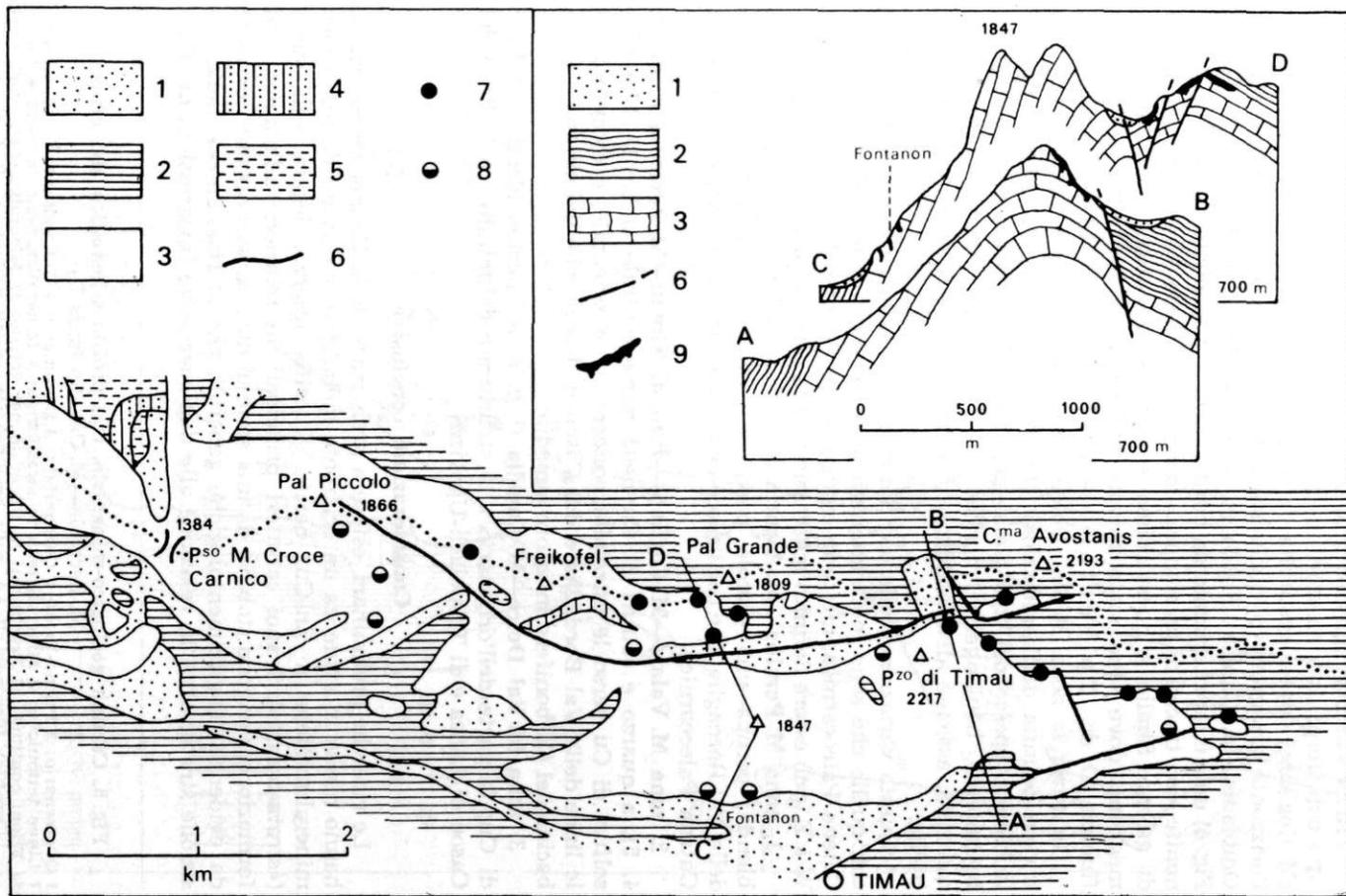
\* Le osservazioni seguenti relative a strutture, tessiture e composizione della mineralizzazione, si basano per ora su uno studio macro- e microscopico preliminare ed hanno quindi carattere orientativo.

\*\* Queste ultime tessiture sono state anche illustrate dal Dr. P. Zuccato, nostro collaboratore, in un rapporto privato all M. A. O.

\*\*\* Le analisi di diversi campioni mineralizzati sono state eseguite dal Centro Ricerche Metallurgiche di Torino.

Fig. 4. Cartina geologico-mineraria, con profili schematici, del gruppo P.za di Timau—Pal Grande (area C)

1 Quaternario; 2 Carbonifero; 3 Devoniano; 4 Gotlandiano; 5 Ordoviciano; 6 Linee tettoniche; 7 Mineralizzazione stratiforme; 8 Mineralizzazione in vene e filoni; 9 Mineralizzazioni varie (nei profili). (Secondo gli AA. sulla base dei rilevamenti geologici di R. Selli)



Tra la Val Bordaglia ed il M. Zermula la mineralizzazione è ancora di tipo cupriferò; essa assume un carattere particolare nella parte centrale (M. Coglians) dove è costituita da tetraedrite e calcopirite prevalenti entro l'orizzonte trasgressivo quarzoso, mentre alle estremità occidentale (C. Ombladet, M. Canale; Fig. 3) ed orientale (Pal Grande, P.zo di Timau; Fig. 4) essa è caratterizzata da barite, blenda, calcopirite, tetraedrite, bournonite, con tracce di un minerale del gruppo Ni-Co e locali concentrazioni di galena. Simile a quest'ultima è la mineralizzazione a barite di Co-meglians, dove sono state trovate inoltre pirite bravoitica e tracce di fluorite (D. di Colbertaldo-Gb. Feruglio, 1964).

In tutta la zona M. Val Dolce—M. Cavallo la mineralizzazione viene invece definita dall'associazione fluorite-solfuri. Tra i solfuri predomina la blenda, spesso del tipo giallo-arancione, cui sono associati tetraedrite, bournonite, boulangerite, nonché galena, pirite e marcasite in piccole quantità; assieme all'abbondante fluorite si trova inoltre quarzo e scarsa barite.

Questa variazione della composizione mineralogica, in stretto rapporto con quelle che sono le caratteristiche paleogeografiche e strutturali della Catena Paleocarnica, mette in evidenza uno «zoning distrettuale», che, da W a E, può essere definito schematicamente come segue:

1. **zona M. Peralba—M. Avanza** (Fig. 2), a barite, solfuri di Cu, scarsa blenda; occupa una piccola parte del settore a occidente della linea della Val Bordaglia, che costituisce una unità strutturale indipendente nella Catena Paleocarnica;

2. **zona M. Volaia—M. Coglians—P.zo di Timau—M. Zermula** (Figg. 3, 4, 5), a quarzo e solfuri di Cu nella parte centrale, a barite, blenda e solfuri di Cu verso le estremità occidentale ed orientale; è compresa tra le linee della Val Bordaglia e dal Cason di Lanza, che delimitano l'esteso bacino del Carbonifero inferiore e medio;

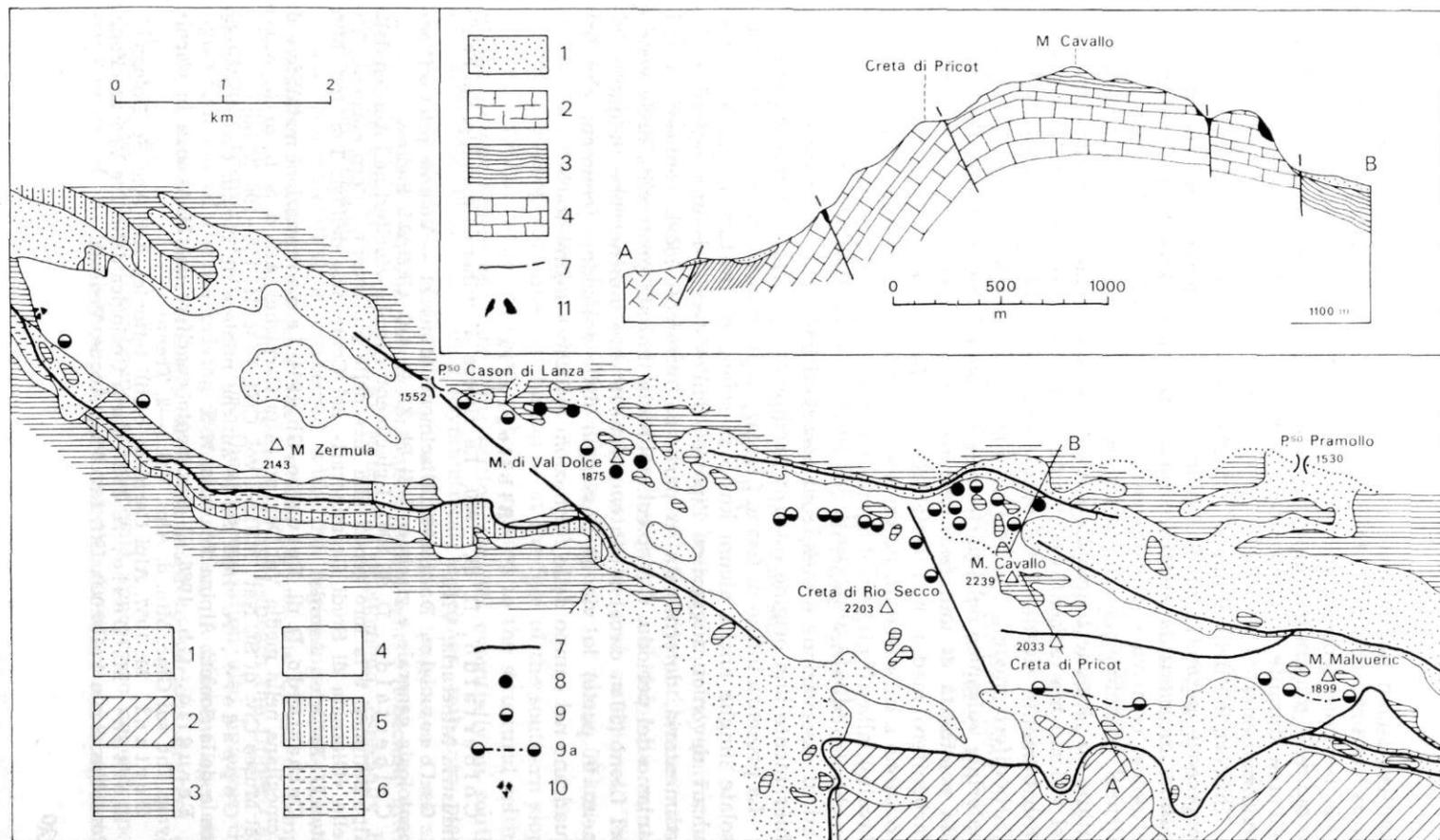
3. **zona M. Val Dolce—M. Cavallo** (Fig. 5), a fluorite, blenda e solfuri di Cu; fa parte dell'originario alto strutturale delimitato tra le linee del Cason di Lanza e di Tröpolach-Ugovizza.

### Considerazioni conclusive

Le ricerche preliminari, estese a gran parte della Catena Paleocarnica, hanno messo in evidenza una orizzonte metallifero costituito da una tipica mineralizzazione a Zn-Cu, barite, fluorite, quarzo, legata agli strati («strata-bound»). I suoi caratteri principali, in relazione all'ambiente di formazione, vengono stabiliti da una serie di dati di osservazione derivanti da evidenze geogiacimentologiche generali, che si riassumono: nella posizione stratigrafica in relazione alle due successive trasgressioni del Car-

Fig. 5. Cartina geologico-mineraria, con profilo schematico, del gruppo M. Zermula—M. Cavallo (area D)

1 Quaternario; 2 Permo-Trias; 3 Carbonifero; 4 Devoniano; 5 Gotlandiano; 6 Ordoviciano; 7 Linee tettoniche; 8 Mineralizzazione stratiforme; 9 Mineralizzazione in vene e filoni; 9a Filoni continui; 10 Frammenti di minerale nel detrito; 11 Mineralizzazioni varie (nel profilo). (Secondo gli AA. sulla base dei rilevamenti geologici di R. Selli)



bonifero su un paleorilievo  $\pm$  accidentato; nella estensione areale  $\pm$  continua su tutto il tratto della Catena Carnica esaminato (50 km circa); nelle tessiture sedimentarie primarie osservabili ancora in tutte le varie forme della mineralizzazione; nei rapporti con l'evoluzione paleogeografica dell'area durante il Carbonifero (zonalità e forme prevalenti della mineralizzazione).

Sull'origine delle soluzioni mineralizzanti invece, lo stato attuale delle conoscenze permette di formulare solo delle ipotesi, che comunque si basano ancora sulla stretta connessione tra evoluzione paleogeografica, tettonica, eruttiva e metallogenica durante il ciclo orogenetico ercinico. Alcune considerazioni a carattere molto generale rendono probabile infatti un legame temporale della mineralizzazione con determinate fasi del vulcanismo carbonifero, rappresentato nel suo momento parossistico, probabilmente sterile, dalle masse eruttive della Formazione di Dimon (Carbonifero medio). Tali considerazioni si riferiscono: alla presenza di materiale vulcanico nella parte inferiore della Formazione del Hochwipfel; alla possibilità di una fase terminale del vulcanismo verso la fine del Carbonifero medio, manifestatasi forse proprio attraverso una mineralizzazione a carattere un po' diverso (fluorite nel gruppo M. Val Dolce—M. Cavallo); alla affinità tra il chimismo (basico) delle vulcaniti ed il carattere geochimico specifico generale (Cu) della mineralizzazione. L'insieme dei dati di osservazione e delle considerazioni genetiche definisce abbastanza chiaramente una origine estrusivo-sedimentaria della mineralizzazione.

La presenza infine di forme filoniane della mineralizzazione, in fratture isolate lunghe anche alcuni km o in sciami di fratture parallele entro i calcari devonici, suggerisce l'ipotesi dell'esistenza di una tettonica sin-sedimentaria, determinata in parte da terremoti locali connessi al vulcanismo del periodo. Ciò spiegherebbe la limitata profondità delle vene e dei filoni (50 m circa) e contemporaneamente indicherebbe in questi (almeno in parte) la via di passaggio delle soluzioni: fenomeni che ben quadrano nel campo delle formazioni estrusivo-sedimentarie.

#### Bibliografia

Colbertaldo, D. di, 1960, Le risorser di minerali metallici in Friuli. *Industria Mineraria*, VIII.

Colbertaldo, D. di, 1967, Giacimenti Minerari — Volume primo. *Giamentologia generale e giacimenti di Pb-Zn (e Ag)*. CEDAM, Padova.

Colbertaldo, D. di, 1967, I giacimenti piombo-zinciferi nell'Anisico delle Alpi Bellunesi e la loro genesi alla luce delle più recenti interpretazioni. *Atti della «Giornata di Studi Geominerari» nel Centenario dell'Ist. Tec. Ind. Min. Stat. U. Follador, Agordo*.

Colbertaldo, D. di, Feruglio, Gb. 1964, Le manifestazioni metallifere di Comeglians nella media Val Degano (Alpi Carniche). *Atti d. S. It. di Sc. Nat. e del Museo Civ. di St. Nat., Milano*, vol. CIII, Fasc. II; 165—196, Milano.

Coppadoro, A. 1902, Su le antiche miniere di Timau. *Cronaca bimestrale della Società Alpina Friulana*, N. 5.

Feruglio, Gb. 1966, Il giacimento cuprifero del M. Avanza in Carnia. *Symp. Int. sui Giac. Min. d. Alpi, Vol. 1—2, Trento*.

Gortani, M. 1957, Alpi Carniche e stili tettonici. *Atti Acc. Sc. Bologna*.

Gortani, M., Desio, A. 1927, Carta Geologica delle Tre Venezie. Foglio Pontebba. Scala 1:100 000. *Uff. Idr. Mag. Acque, Venezia*.

Gortani, M., Detoni, A., Zenari, S. 1933, Carta Geologica delle Tre Venezie. Foglio Ampezzo. Scala 1:100 000. Uff. Idr. Mag. Acque, Venezia, Firenze.

Heritsch, F. 1936, Die Karnischen Alpen. Monographie einer Gebirgsgruppe der Ostalpen mit variszischem und alpidischem Bau. Vol. 8<sup>o</sup>, 205 S., 4 T., Graz.

Lagny, Ph. 1967, Sur quelques aspects sédimentologiques et litologiques d'une émerision récifale. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 265, pp. 858—861; Série D. Paris.

Lagny, Ph. 1969, Minéralisation Plombo-Zincifère Triasique Dans Un Paléokarst (Gisement De Salafossa, Province De Belluno, Italie). C. R. Acad. Sc. Paris, t. 268, pp. 1178—1181. Paris.

Selli, R. 1946, Appunti geologici sul gruppo del M. Avanza (Carnia occidentale). Giorn. di Geol., s. 2<sup>a</sup>, 18, pp. 73—88, 1 Tav., Bologna.

Selli, R. 1963, Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie occidentali. Giorn. di Geol., s. 2<sup>a</sup> — Vol. XXX, pp. 121, 7 tavv. 1 carta geol.

Selli, R. 1963, Carta geologica del Permo-Carbonifero Pontebbano. Scala 1:20 000. Litografia Artistica Cartografica, Firenze.

Tornquist, A. 1928, Das System der Blei-Zinkerz-Pyrit-Vererzung im Grazer Gebirge. Sitzb. d. mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 137 Bd. 7. Hft, 2 Fig.

Vai, G b. 1963, Ricerche geologiche nel gruppo del M. Coglians e nella zona del Volaja. Giorn. Geol., s. 2<sup>a</sup>, XXX, Bologna.

## A New Ore Horizon in the Paleozoic Rocks of the Eastern Alps

*Luciano Brigo, and Dino di Colbertaldo*

### SUMMARY

Geological and mining investigations have been preliminarily performed on a newly discovered Zn-Cu ore horizon with fluorite and barite located at the boundary between the Devonian limestone and dolomite, mostly of reef-like facies, and the Carboniferous shales and sandstones. This horizon stretches E—W from Pontebba to Sappada for about 50 km, all along the Italian-Austrian border.

The ores crop out either at the top or at the foot of the southern slope of the Devonian range, its location being related to the structural setting of the Lower Paleozoic units. This setting consists essentially in south-plunging monoclines and in  $\pm$  asymmetrical anticlines, put into place during several phases of the Hercynian and Alpine orogeneses. Ores are almost always present, in various amounts, except where it became interrupted by erosion or masked by structural phenomena, especially by gravitation tectonic.

The mineralization is connected with the beginning of the Lower Carboniferous transgression on the western side of the Cason di Lanza line, while on the eastern side it is situated underneath the Upper Carboniferous transgression; therefore the mineralization also involves the upper portion of the underlying Devonian rocks, of different ages and facies, which had been emerged and submitted to various degrees of karstification.

The form of this strata-bound ore deposits appears to depend upon the paleorelief. At the bottom of the Lower Carboniferous transgression

they are *stratiform*; in the upper portion of the Devonian limestones and dolomites they are either *veins*, single or forming parallel systems of various settings and thickness, or *fillings of paleokarst* (laminated beds in rhythms, breccias, massive bodies).

Para- to post-diagenetic alterations mostly obliterated the original parallel fabric formed through mechanical and chemical deposition; however it can still be recognized at places in all these deposits.

The mineralogical association consists of *sphalerite*, *tetrahedrite*, *bourbonite*, *boulangerite*, *chalcopyrite*, *galena*, *pyrite*, *fluorite*, *barite*, *quartz* and *calcite*.

The different areal distributions of certain assemblages, particularly of some characteristic non-metallic minerals, points out a marked zoning of the mineral deposit, its geochemical Zn-Cu type being however maintained. From the West to the East, according to the paleogeographic and structural evolution of the Paleocarnic Range, the following zones can be distinguished:

— M. Peralba—M. Avanza zone, with barite, Cu-minerals, sphalerite (westwards of Val Bordaglia line);

— M. Volaia—M. Coglians—P.zo di Timau—M. Zermula zone, with quartz and Cu-minerals in the central part (M. Coglians), with barite, sphalerite and Cu-minerals on both western and eastern sides;

— M. Val Dolce—M. Cavallo zone, with fluorite, sphalerite and Cu-minerals.

The ore horizon is located (in the second zone) at the northern limb of a broad Carboniferous basin in the Italian slope of the Paleocarnic Range (locally, Comeglians, it crops out also in the southern limb). Volcanites of the spilite-keratophyre association are widespread within the Carboniferous rocks of this basin, in its axial, E—W trending stretch. This paleogeographic situation, as well as the affinity between the chemical composition of the volcanites and the geochemical character of the mineral occurrence, suggest that there is a genetical relationship between the volcanic activity and the likely extrusive-sedimentary formation of the ore horizon.

## DISCUSSION

*Ph. Lagny*: La communication de L. Brigo et D. di Colbertaldo m'a vivement intéressé. Il est en effet tout à fait logique de penser à une liaison entre le paléokarst dans le Dévonien, connu depuis longtemps, la transgression carbonifère et la minéralisation. Les descriptions déjà anciennes de G. b. Feruglio à Comeglians sont tout à fait typiques d'un remplissage karstique minéralisé, même si l'auteur n'a pas interprété ainsi les faits de terrain. La lecture de ce travail ainsi que la visite du Monte Avanza m'avaient déjà convaincu depuis quelques années du bien fondé de l'idée, exprimée aujourd'hui, d'une minéralisation liée aux strates.

Je voudrais demander à présent quelques détails aux auteurs de la communication:

1. Quelles sont les relations exactes entre les séries transgressives, que l'on trouve également en remplissage des paléokarsts, et la minéralisation. Peut-on effectivement considérer celle-ci comme antérieure aux sédiments détritiques transgressifs? Dans l'affirmative, quels sont les critères utilisés (superposition; remaniement de la minéralisation dans les couches transgressives...)?

2. Vous mentionnez la présence d'un horizon siliceux transgressif dans la zone du Monte Coglians. S'agit-il effectivement d'un sédiment transgressif, d'une concentration diagénétique au contact des sédiments transgressifs et du substratum carbonaté, ou d'une croûte siliceuse attribuable à un phénomène d'altération continentale (silicification climatique) identique à celle décrite par J. P. Benz (1964) à Arenas (Sardaigne).

En ce qui concerne le domaine des hypothèses, l'idée de relier les minéralisations au volcanisme carbonifère est séduisante et s'appuie effectivement sur un certain nombre de constatations. Il est cependant peut-être prématuré, dans l'état actuel des connaissances, de ne retenir que cette possibilité. Mais je ne crois pas pour autant qu'il soit utile de s'appesantir sur un débat maintes fois ouvert à propos d'autres types de minéralisation. Il faut pourtant rappeler qu'il existe un grand nombre de gîtes karstiques à barytine, fluorine et quartz en l'absence de toute manifestation volcanique contemporaine ou pénecontemporaine; que l'on connaît d'autre part des zonalités minéralogiques dans le domaine strictement sédimentaire (cf. par exemple les recherches de Y. Fuchs, 1969, dans le détroit de Rodez — Bordure Sud Ouest du Massif Central français). Dans le cas présent, je voudrais simplement faire remarquer que si le remplissage minéralisé est effectivement antérieur aux sédiments transgressifs, il devient assez difficile à mon avis de relier minéralisation et volcanisme dans les gisements de l'Est.

En effet, dans cette zone les terrains transgressifs du Carbonifère supérieur sont dépourvus d'intercalations volcaniques. On sait que le remplissage et la fossilisation d'un karst n'interviennent qu'en fin d'évolution karstique (karst sénile ou transgression). Ici cette évolution se termine au cours de la transgression du Carbonifère supérieur, postérieurement donc aux dernières émissions volcaniques du Carbonifère moyen. Il semble dès lors difficile de relier, dans ce cas précis, minéralisation et volcanisme.

Il est cependant possible de supposer, comme le font les auteurs, et comme on l'a fait pour de nombreux autres gisements liés aux strates carbonatées, que la minéralisation, portée par des fluides hydrothermaux, traverse les voies d'accès que constitueraient les fractures des calcaires dévoniens pour se fixer vers le sommet de la formation carbonatée. Alors se pose, comme toujours, le problème de savoir pourquoi on ne trouve pas la moindre trace de minerai, au dessous d'une certaine profondeur. De toutes façons le gisement ne peut plus être alors considéré comme strictement exhalatif-sédimentaire.

Mais une fois encore je voudrais seulement exprimer l'opinion qu'il conviendrait de ne pas éliminer *a priori* les autres hypothèses, et en particulier celle d'une concentration résultant des phénomènes d'altération continentale. L'une et l'autre hypothèse demandent il est vrai pour être

vérifiées une analyse stratigraphique et paléogéographique serrée aussi bien qu'une étude géochimique détaillée des roches susceptibles d'être à l'origine de la concentration finale.

*Di Colbertaldo:* Noi abbiamo nella zona centrale della catena paleocarnica mineralizzata manifestazioni effusive con rocce basiche. Quindi sembra abbastanza logico poter riferire a questo magmatismo le soluzioni apportatrici di un metallo come il rame che è risaputo esser legato a rocce preferenzialmente basiche. A conferma di ciò dobbiamo anche dire che manca la galena, o quasi, nonché altri minerali tipici. La mineralizzazione è del tutto diversa da quelle che si conoscono nelle Alpi calcaree. Essa non ha assolutamente niente a che vedere né con Raibl, né con Salafossa: è un tipo a sè stante. Non può poi passare inosservato il fatto della presenza di uno «zoning» distrettuale che vede il rame nella parte centrale sotto forma di calcopirite mentre verso E e verso O è sotto forma di tetraedrite accompagnata da barite. Verso O ancora si passa poi a cinabro e verso E a fluorite, blenda, bournonite e boulangerite. Il settore che va press'a poco dalla zona di Pontebba fino a Tarvisio non ha manifestazioni metallifere, come risulta dalle recenti ricerche condotte dal Brigo, ed è completamente sterile. Però sottolineo che in questa zona manca pure il vulcanismo. In base a queste osservazioni abbiamo creduto opportuno di riferire le manifestazioni metallifere situate nel Devonico/Carbonifero al vulcanismo basico dell'epoca. Questo è quanto si può dire fino ad ora e che corrisponde a dati di fatto riscontrabili «in loco», al di fuori di ogni ipotesi teorica.

*Socolescu:* Je voulais demander quelle est la relation entre le volcanisme et les solutions métallifères? Y a-t-il une relation génétique?

*Di Colbertaldo:* Oui, nous pensons qu'il y a une relation génétique.

*Socolescu:* Dans l'ensemble, la minéralisation ne sort pas des bassins magmatiques, c'est donc une minéralisation secondaire?

*Di Colbertaldo:* Nous trouvons des filons avec les textures des filons hydrothermaux les plus caractéristiques.

*Socolescu:* Oui, bien sûr, ce sont des filons et, disons, des solutions hydrothermales, mais les solutions hydrothermales dérivent des éruptions des bassins magmatiques.

*Di Colbertaldo:* Je pense que oui.

*Socolescu:* Et d'où peuvent-elles provenir? Je crois qu'elles proviennent d'un lithomagma qui est au-dessous des bassins magmatiques.

Mais les éruptions volcaniques peuvent provenir du même bassin et suivre le même chemin, en montant à la surface, que ces solutions.

*Di Colbertaldo:* Peut-être.

#### Bibliographie

Benz, J. P. 1964, Le gisement plombo-zincifère d'Arenas (Sardaigne), thèse Docteur Ingénieur, Nancy, 1 vol, ronéotypé, 126 p.

Feruglio, Gb., tesi di laurea, Milano, inedit.

Fuchs, Y., 1969, Contribution à l'étude géologique, géochimique et métallogénique du détroit de Rodež, thèse de Doctorat ès Sciences, Nancy, 2 vol. ronéotypés, 245 p.