

L'ARGENT DANS LES SULFURES DES FILONS A SN-W DE PANASQUEIRA (PORTUGAL)¹

par

Eric PIRARD²

(2 figures, 2 tableaux et 1 planche)

RESUME.- L'argent présent dans le tout-venant de Panasqueira (10 ppm) est perdu à raison de 80 % lors du traitement minéralurgique.

L'analyse minéralogique met en évidence la rareté de Pb, Sb et Au. Elle indique aussi que l'argent ne forme que très exceptionnellement un minéral propre (Pavonite).

La microsonde révèle des teneurs importantes en argent dans les stannites (1 %) et certaines générations des sulfures majeurs.

Les teneurs moyennes dégagées de la modélisation confirment l'hypothèse d'un épisode argentifère net au sein des paragenèses majeures.

ABSTRACT.- Silver is present in the Panasqueira run-of-mine (10 ppm) but is lost at 80 % in the ore processing circuit.

The ore microscopy shows up the scarcity of Pb, Sb and Au. It indicates that the only silver mineral is Pavonite, which occurs only exceptionally in the vein assemblage.

Microprobe reveals an important Ag content in stannites (1 %) and some generations of the major sulphides.

The silver distribution pattern resulting from modelling of the ore circuit, supports the hypothesis of a silver episode within the main paragenesis.

1.- INTRODUCTION

1.1.- CADRE DE L'ETUDE

Le site de Panasqueira occupe au sein de l'ensemble des gisements à Sn-W du Portugal, une position de premier plan, justifiée tant par son importance économique que par les caractéristiques exceptionnelles de sa minéralisation. L'abondante littérature consacrée à ce gisement depuis plus de 30 ans, illustre d'ailleurs bien l'intérêt que les scientifiques lui portent et en fait une référence en matière de gîtes filoniens hydrothermaux associés au magmatisme acide (Thadeu, 1973; Clark, 1964; D'Orey, 1967; Kelly & Rye, 1979).

La mine actuellement exploitée par la Béralt Tin & Wolfram Portugal S.A.R.L., a atteint en 1983 une production annuelle de près de 2500 t. d'un

concentré à 75 % de WO₃, et commercialise en plus un concentré de cassitérite et un concentré de chalcopryrite argentifère (800 g Ag/t). Cette production plaçait Panasqueira au rang de premier producteur européen de tungstène et contribuait de façon primordiale à maintenir le Portugal dans le peloton de tête des pays producteurs de ce métal.

C'est dans le cadre d'une valorisation sans cesse améliorée du gisement que la présente étude a été entreprise.

Elle se donnait pour but d'identifier les phases porteuses de l'argent au sein de la minéralisation, et de préciser leur contribution effective à la

¹ Communication présentée le 2 décembre 1986, manuscrit reçu le 15 mai 1987, revu le 15 février 1988.

² Laboratoire de Géologie Appliquée, Université de Liège, av. des Tilleuls, 45, B-4000 Liège (Belgium).

teneur en argent du tout-venant. Les résultats de ce travail devraient permettre dans la mesure du possible d'adapter le schéma de traitement actuel aux intérêts économiques.

1.2.- METHODES

Cette étude comportait un triple volet :

1. un examen minéralogique approfondi destiné à caractériser la nature et les associations de minéraux présents.
2. une session d'analyses à la microsonde CAMEBAX du Centre d'Analyse par Microsonde des Sciences de la Terre à Louvain-la-Neuve, pour détecter l'argent éventuellement présent dans les différentes phases.
3. une modélisation du circuit de traitement permettant d'estimer la contribution en Ag de chaque phase, dans les produits recueillis.

Seules les deux premières étapes font l'objet de cette publication. Mais, l'on présentera les résultats de la modélisation à titre indicatif.

2.- CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le site minier de Panasqueira se localise dans le «Complexe Schisto-Grauwackeux de Beira Baixa» appartenant à la zone Centro-Ibérique, une unité géotectonique majeure de la chaîne hercynienne (fig. 1).

Ce complexe est constitué essentiellement de schistes, shales, grès fins et grauwackes à l'exclusion de toute séquence évaporitique ou calcaire si ce n'est dans sa partie nordique.

Les plissements calédonien, hercynien et alpin ont affecté cette zone à des degrés divers sur lesquels les auteurs ne se sont pas encore mis d'accord.

Il apparaît cependant que le calédonien fut de faible ampleur et est par conséquent masqué par les épisodes ultérieurs, tandis que l'alpin ne s'est manifesté que par une réactivation des failles majeures.

La tectogenèse hercynienne se manifeste dans la région de Panasqueira par un plissement très redressé subisoclinal. Le métamorphisme n'y a pas dépassé le stade épizonal.

Du point de vue magmatique, l'on relève une importante proportion de granitoïdes qui peuvent être répartis en trois épisodes majeurs (Thadeu, 1973; Ribeiro, 1980) :

- des granites (350 M.A.) affectés par la phase bretonne.

- des granites (298 M.A.) contemporains de la phase asturienne.
- des granites (280 M.A.) post-tectoniques passant d'un caractère alcalin à calco-alcalin pour les plus récents.

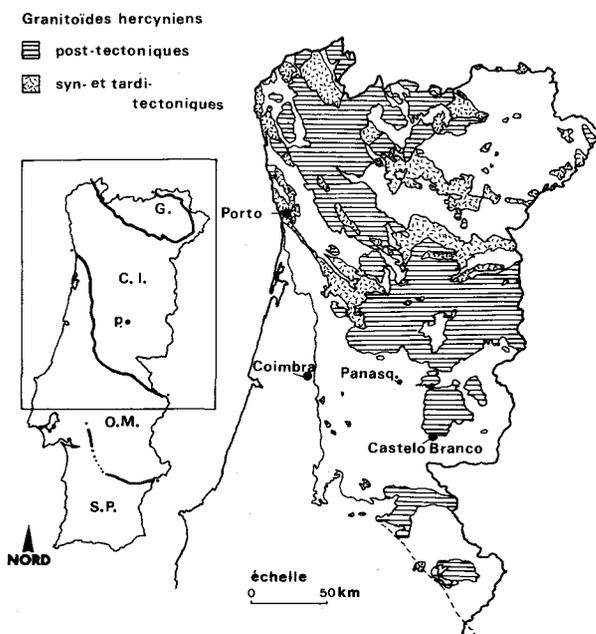


Figure 1.- Carte figurant les deux générations majeures de granitoïdes hercyniens dans le Nord du Portugal. (d'après Thadeu, 1973).

En encart sont reprises les unités géotectoniques de la chaîne hercynienne Lusitane (G : Galice moyenne; C.I.: Centro-Ibérique; O.M.: Ossa-Morena; S.P.: Sud Portugaise).

3.- MODELE GENETIQUE

Le gisement de Panasqueira est situé au sud de la limite d'affleurement du complexe granitique hercynien (fig. 1), dans une zone où celui-ci se prolonge vraisemblablement en profondeur, mais où il a été préservé de l'érosion par un rejeu tectonique postérieur. Le métamorphisme local qui se manifeste sous l'aspect d'un schiste tacheté présente en effet une extension peu compatible avec la coupole granitique recoupée par les travaux miniers et laisse suspecter la présence d'un batholithe sous-jacent.

En synthétisant l'ensemble des observations faites sur le site de Panasqueira et publié à ce jour, l'on aboutit à un modèle génétique relativement précis.

A la fin de l'orogénèse hercynienne, vers 290 M.A. (Kelly, 1977), des montées de magma anatectique viennent s'intruder mécaniquement à une profondeur de moins de 1000 m.

Accompagnant ces multiples intrusions, des magmas deutériques dans lesquels l'étain s'est concentré, entrent en contact avec des eaux météoriques plus froides et vraisemblablement minéralisées par percolation des sédiments.

Les fluides ainsi mélangés vont s'infiltrer après cristallisation du granite, dans un ensemble de failles subhorizontales résultant de la tectonique hercynienne. Les solutions initialement portées à 360° et près de 600 bars vont se stabiliser progressivement à 280° et 100 à 200 bars (Kelly & Rye, 1979).

Les quatre épisodes paragenétiques majeurs de la minéralisation, tels que reconnus par Kelly & Rye (1979) sont :

- stade oxyde-silicate
- stade sulfuré
- stade d'altération de la pyrrhotine
- stade carbonaté tardif.

4.- MINÉRALOGIE DE L'ARGENT

4.1.- ETAT DES CONNAISSANCES

Les connaissances préalables à cette étude et relatives aux minéraux hôtes de l'argent, émanent de deux observations essentiellement différentes.

Les données relatives au concentrateur témoignent tout d'abord d'une perte de 80 % de l'argent métal présent dans le tout-venant. Elles indiquent de plus que lors du stade final de flottation des sulfures, le cuivre et l'argent se comportent de façon distincte. Ces observations renforcent donc clairement l'idée que la chalcopryrite n'est pas la seule phase porteuse de l'argent.

Les études minéralogiques antérieures ne fournissent quant à elles que des informations sporadiques sur l'occurrence d'argent :

- Clark (1964) signale de la tétraédrite, laquelle selon toute vraisemblance et d'après la description qu'il en donne est en fait de la magnétite.
- D'Orey (1967) a mis en évidence une paragenèse argentifère complète (argent, freibergite, pyrargyrite, stéphanite) mais manifestement liée à une venue carbonatée tardive riche en antimoine et nettement circonscrite dans l'espace. Celle-ci correspond à la zone de Vale da Ermida, non concernée par l'exploitation actuelle et sous laquelle on soupçonne l'existence d'une seconde coupole granitique.
- Kelly & Rye (1979) n'observent pour leur part aucun minéral d'argent, si ce n'est quelques micro-inclusions d'acanthite dans une sidérite. Ils proposent de généraliser les observations de D'Orey à l'ensemble du gisement.

4.2.- OBSERVATIONS NOUVELLES

Les analyses minéralogiques qui vont suivre sont abordées selon une séquence calquée sur les épisodes paragenétiques tels qu'établis par Kelly & Rye (1979) et tels que présentés ici (fig. 2) avec les modifications résultant des observations nouvelles.

4.2.1.- Mispickel (FeAsS) et Löllingite (FeAs₂)

Le mispickel étant et de loin le sulfure le plus abondant du minerai (± 50 % en poids des sulfures), il était intéressant d'en cerner les générations successives.

Conformément aux observations antérieures, deux familles de mispickel sont distinguées :

Tableau 1.- Résultat des analyses à la microsonde des phases sulfurées. Les valeurs reprises entre parenthèses sont inférieures ou égales au seuil de signification.

PHASE	L611.		Mispickel			Bismuth		Galène		Paven.
	LB 1	M1 1	M1 2	M1 3	B1 1	B1 2	Ge 1	Ge 2	Pav 1	
Fe	28,94	33,76	35,01	34,57	1,46	0,00	0,00	0,00	0,28	
Cu	0,00	(0,03)	0,14	0,00	0,00	0,09	0,17	0,12	0,77	
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	(0,02)	
Pb	(0,04)	0,00	(0,05)	0,00	0,28	0,00	83,63	67,76	1,67	
As	70,67	47,01	44,92	46,71	0,15	0,05	0,00	(0,03)	(0,03)	
S	1,46	19,70	18,66	19,65	0,07	0,00	13,66	13,42	18,23	
Sb	0,00	0,00	0,06	(0,06)	0,12	0,11	0,00	0,00	1,37	
Sn	(0,05)	0,00	0,00	0,00	(0,01)	0,00	0,00	(0,06)	0,00	
Ag	0,00	0,00	0,00	(0,02)	0,00	0,00	1,35	0,39	10,79	
Bi	0,00	(0,16)	0,00	0,00	100,52	101,84	3,43	0,89	69,35	
TOTAL	101,16	100,67	96,78	101,08	102,62	102,19	102,33	102,94	102,52	

PHASE	Pyrite						Pyrrho.		Cuban.
	Py 1	Py 2	Py 3	Py 4	Py 5	Py 6	Pa 1	Clb 1	
Fe	45,63	45,72	45,21	45,38	45,52	45,07	57,74	40,27	
Cu	0,10	0,22	0,00	0,17	(0,02)	0,00	(0,05)	21,68	
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	(0,02)	0,00	0,00	(0,07)	
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
As	0,00	0,08	0,06	0,06	0,00	0,07	0,00	(0,06)	
S	53,11	53,35	51,78	53,36	52,35	52,20	39,73	36,51	
Sb	0,00	0,00	0,08	(0,01)	0,06	0,00	0,00	0,09	
Sn	0,00	0,13	(0,03)	0,00	(0,01)	0,12	0,00	0,00	
Ag	(0,02)	0,08	0,10	0,00	0,00	0,00	(0,05)	0,08	
Bi	(0,13)	0,27	0,13	(0,16)	(0,10)	0,18	0,25	0,20	
TOTAL	99,00	99,86	97,39	99,15	98,07	97,63	97,83	98,96	

PHASE	Stannite						Chalcopryrite	
	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	Cp 1	Cp 2
Fe	11,69	11,61	13,15	13,09	13,30	11,61	30,02	29,21
Cu	26,97	29,06	28,43	29,35	30,40	29,01	33,93	34,11
Zn	1,10	1,11	0,96	1,42	1,17	3,11	0,12	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,09	(0,04)	0,00	0,00	0,00	0,00
S	28,30	29,97	30,26	30,51	29,69	30,19	35,78	35,48
Sb	0,09	(0,06)	0,77	(0,02)	0,03	(0,07)	(0,03)	0,00
Sn	27,02	28,42	26,90	27,40	26,07	27,58	(0,03)	0,00
Ag	1,00	(0,06)	0,97	0,15	(0,06)	0,00	0,00	(0,01)
Bi	0,00	0,14	(0,04)	0,00	0,00	(0,10)	0,00	0,00
TOTAL	96,16	100,63	101,59	101,97	102,72	101,66	99,91	98,91

PHASE	Chalcopryrite			Sphalérite				
	Cp 3	Cp 4	Cp 5	B1 1	B1 2	B1 3	B1 4	B1 5
Fe	29,63	29,84	29,50	9,65	7,48	7,89	7,56	7,87
Cu	34,32	34,28	34,51	(0,10)	0,06	1,22	0,77	0,19
Zn	0,22	0,19	0,36	55,10	58,05	57,75	58,19	58,26
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,08	0,00	(0,04)	(0,03)	0,00	(0,02)	(0,04)
S	35,54	35,24	35,46	34,29	34,23	34,22	34,22	33,75
Sb	0,00	(0,01)	(0,06)	(0,02)	0,00	0,11	(0,05)	0,07
Sn	0,11	(0,02)	0,16	0,00	0,00	0,15	0,08	0,08
Ag	(0,05)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	(0,04)	0,00
Bi	(0,09)	(0,05)	(0,03)	0,19	0,08	0,00	0,00	0,00
TOTAL	99,96	99,71	100,09	98,39	87,93	101,93	100,83	98,06

- Une première, nettement automorphe et vierge de toute inclusion de bismuth. Elle paraît antérieure à la précipitation de la wolframite.
- Une seconde, beaucoup plus abondante, mouchetée de bismuth natif et parfois de sulfures (pyrrhotine, chalcopyrite,...). Elle est postérieure aux oxydes d'étain-tungstène.

La microsonde (tab. 1) n'a pas révélé de teneur sûre en argent. Les teneurs en As et S ainsi que les caractéristiques optiques suggèrent localement l'intercroissance intime de mispickel et de löllingite (Lö 1).

4.2.2.- Bismuth - Bismuthinite (Bi_2S_3) - Galène (PbS) - Schapbachite (AgBiS_2) (Pl. 1 : 1)

Cet assemblage non décrit par Kelly et ses prédécesseurs est caractéristique de la minéralisation même s'il est peu abondant. Il a été régulièrement observé dans des fractures et des cavités de grains de mispickel; parfois en association avec de la chalcopyrite et de la stannite qui lui sont postérieures.

Les relations entre ces minéraux montrent une série de remplacements successifs. Ainsi, il apparaît que le bismuth, précipité le premier en association avec le mispickel, ait été corrodé par la bismuthinite et par la galène. Cette dernière en raison de la présence de bismuth a assimilé une quantité importante de l'argent présent.

Il convient cependant de rappeler que contrairement à la zone de Vale da Ermida, la galène est exceptionnellement rare à Panasqueira (Barroca Grande).

La microsonde (tab. 1) fournit quelques renseignements intéressants sur la présence d'argent dans ce contexte.

a) Le bismuth natif est vierge de tout argent, ainsi que l'annonçaient les données géochimiques de la littérature. Cependant, il convient d'y remarquer la présence d'antimoine. Un élément qui est très sensiblement absent de la minéralisation tout comme l'or.

b) La galène montre quant à elle des teneurs parfois exceptionnelles en argent (Ga 1). Les analyses indiquent qu'il y a un lien étroit entre la teneur en bismuth et celle en argent ($\text{Bi}/\text{Ag} = 2.54$). Ceci suggère qu'il peut s'agir de bismuth et de schapbachite, laquelle au-delà de 225°C forme une solution solide complète avec la galène (Van Hook, 1960; Craig, 1967). D'Orey signale à Vale da Ermida des exsolutions de bismuth dans la galène.

4.2.3.- Pavonite (AgBi_3S_5) (Pl. 1 : 2)

Identifié avec certitude en inclusion dans une pyrite précoce, ce minéral est tout comme la galène bismuthifère caractéristique de la minéralisation, mais néanmoins extrêmement rare. C'est un minéral méconnu par les minéralographes car ses propriétés optiques sont mal définies. Il est principalement signalé en Bolivie (Ramdohr, 1980).

A Panasqueira, l'occurrence de pavonite semble subordonnée à la présence de pyrite. La microsonde (tab. 1) indique des teneurs élevées en cuivre, plomb et antimoine. Celles-ci confirment l'association étroite qu'il semble y avoir dans le minerai entre le peu d'Ag, Pb et Sb présents.

4.2.4.- Pyrite (FeS_2)

La pyrite représente à peu près un quart de la minéralisation sulfurée.

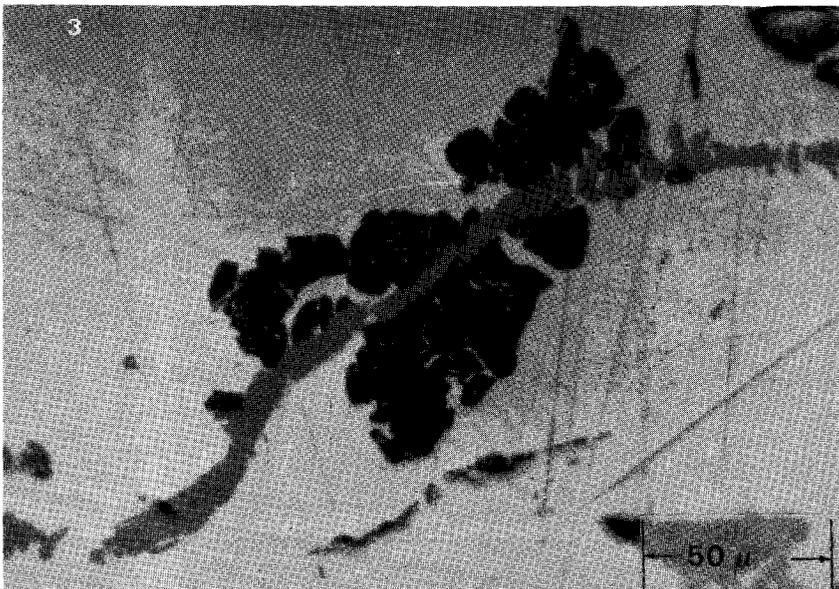
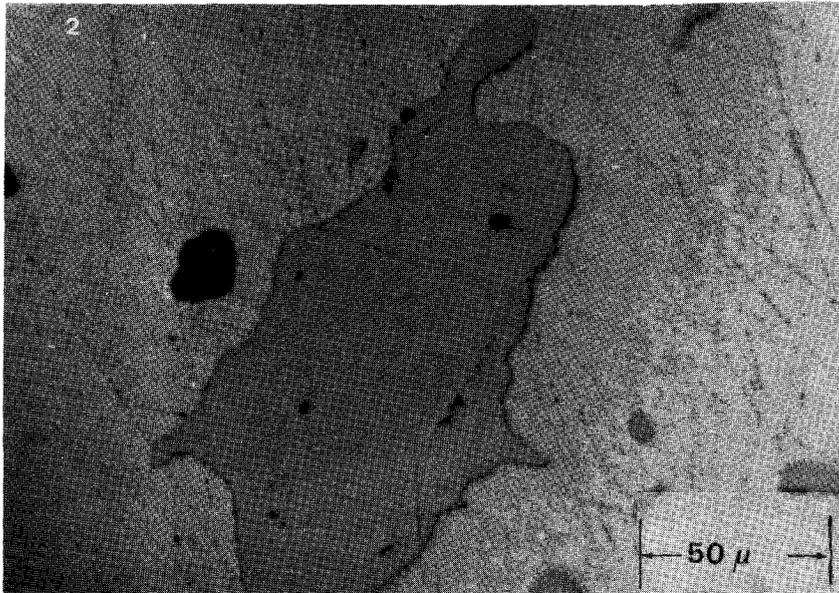
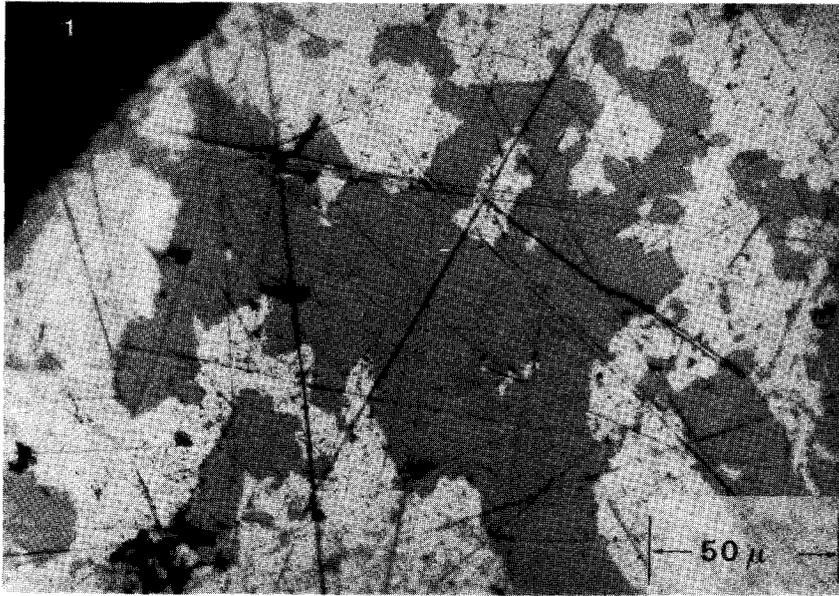
Kelly & Rye (1979) ont mis en évidence l'existence d'une paragenèse précoce indépendante du stade d'altération de la pyrrhotine et de la phase carbonatée tardive. Les observations réalisées ici confirment pleinement ce fait et accordent à la première phase de précipitation de la pyrite un rôle particulier dans le piégeage de l'argent.

Cette hypothèse est renforcée par la présence de cristaux de pyrite automorphes moulés par des sulfures postérieurs (chalcopyrite, sphalérite,...) ou même infiltrés par ces sulfures.

Il est important de noter que ce sont ces pyrites qui ont révélé des micro-inclusions de pavonite.

PLANCHE 1

1. Intercroissance intime de galène bismuthifère (Ga 1) (gris) et de bismuth natif (Bi 2) (blanc).
2. Microinclusions de Pavonite (Pav. 1) (gris sombre) dans une Pyrite (gris clair).
3. Association caractéristique de la chalcopyrite (Cp 3) (gris clair), de la sphalérite (Bl 3) (noir) et de la stannite (St 5) (gris moyen).



Alors que les teneurs en bismuth dans les pyrites sont généralement inférieures à 100 ppm (Wedepohl, 1978), la microsonde (tab. 1) révèle à Panasqueira des valeurs bien plus élevées pouvant atteindre 2 700 ppm (Py 2) !

De même, les 1 000 ppm d'argent que l'on a mesurés (Py 3) dépassent nettement les valeurs annoncées par Boyle (1968).

Tout ceci permet d'envisager sérieusement le piégeage de l'argent dans la pyrite sous forme de micro-inclusions de sulfosels (pavonite,... ?)

4.2.5.- Stannite ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$) - Chalcopyrite (CuFeS_2) - Pyrrhotine (FeS) - Cubanite (CuFe_2S_3) - Chalcopyrite-Sphalérite ((Zn,Fe)S) (Pl. I : 3)

Le lien intime existant entre ces phases minérales est très prononcé dans l'ensemble du gisement. Chacune de ces phases se retrouve en effet dans des contextes similaires et l'on observe un nombre impressionnant d'exsolutions (?) mutuelles.

La chalcopyrite et la sphalérite représentent chacune près de 11 % de la minéralisation sulfurée, et l'on estime le rapport chalcopyrite/stannite à 18.

L'observation microscopique nous amène à penser que la stannite est, au moins partiellement, le plus précoce de ces minéraux. On l'observe occasionnellement en contact avec de la cassitérite. Il est intéressant de noter que l'on peut sur base des caractéristiques optiques distinguer deux familles de stannites :

- Une blanchâtre nettement anisotrope qui s'avère à la microsonde enrichie en étain.
- Une faiblement anisotrope prenant des couleurs brunâtres à verdâtres suivant sa teneur en zinc croissante.

L'on a également observé à plusieurs reprises un minéral qui présentait toutes les caractéristiques de la chalcopyrrhotine telle que décrite par Ramdohr (1980) et se rapprochant de l'isocubanite de D'Orey (1967). Celui-ci n'a malheureusement pas pu être sondé.

Les analyses à la microsonde (tab. 1) ne donnent que peu d'informations sur la teneur en argent de ces sulfures, mais révèlent par contre des traces intéressantes.

Ainsi, les sphalérites liées à un contexte d'exsolution (BI 3, BI 4, BI 5) se caractérisent par des traces de Cu, Sn, Sb, tandis que celles qui sont en contact avec la seule pyrite présentent une teneur anormale en Bi (BI 1, BI 2).

De même, les chalcopyrites qui sont étroitement associées à la sphalérite et à la stannite (Cp 3, Cp 5) se distinguent par leurs traces en Zn et Sn, contrairement à celle qui est associée aux sulfosels d'argent (Cp 2).

Les stannites quant à elles se différencient plus nettement encore, elles sont soit enrichies en Sn au contact de la cassitérite (St 2), soit enrichies en Zn et/ou Cu dans les contextes d'exsolution (St 5, St 6). Leurs teneurs en argent sont remarquables mais semblent confinées aux générations les plus précoces.

La pyrrhotine et la cubanite indiquent à nouveau des teneurs élevées en bismuth et la présence occasionnelle d'argent.

5.- TENEURS MAXIMALES ET MODELISATION

Les teneurs en argent enregistrées à la microsonde (tab. 1) n'ont aucune signification économique, dans la mesure où elles sont trop ponctuelles. Aussi, est-il intéressant de consulter en parallèle les valeurs moyennes obtenues par la modélisation (tab. 2). Ces dernières permettent de prévoir les pertes en argent dans les opérations minières et de modifier le circuit de traitement en conséquence.

Tableau 2.- Teneurs moyennes en argent des phases sulfurées majeures obtenues par modélisation du circuit de traitement.

MINERAL.	Ag (ppm)
Stannite	5 000
Chalcopyrite	840
Mispickel	73
Sphalérite	60
Pyrite	55

6.- CONCLUSIONS SUR LA MINERALOGIE DE L'ARGENT

Les éléments nouveaux révélés par ce travail se résument en quelques points :

1. L'existence de pavonite et de galène (+ schapbachite) comme seuls minéraux d'argent appartenant aux paragenèses majeures.

2. La richesse en argent d'un grand nombre de stannites.
3. Le caractère réellement exceptionnel des sulfosels antimonifères.
4. L'association des stannites les plus précoces avec la cassitérite, mais aussi la chalcopryrite et les minéraux du système Ag-Bi-Pb-S.
5. L'existence d'une phase de dépôt de la pyrite légèrement antérieure aux autres sulfures (Fe, Cu, Zn) et riche en argent.

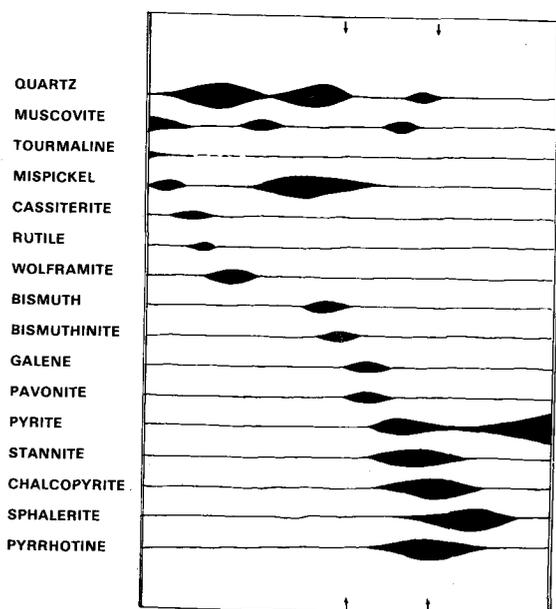


Figure 2.- Tableau paragénetique des stades oxydo-silicatés et sulfurés (d'après Kelly & Rye, 1979, modifié et augmenté par l'auteur). Les minéraux porteurs de l'argent y sont confinés dans un épisode temporel net (limité par les flèches).

Ces observations confirment les particularités de la minéralisation de Panasqueira et mettent en lumière un épisode argentifère sur le tableau paragénetique établi (fig. 2).

Il se confirme que le mispickel a été le premier sulfure à précipiter et qu'il était principalement accompagné de bismuth-bismuthinite.

Par la suite, ce sont des fluides enrichis principalement en fer, en cuivre et en argent qui ont précipité. Ils ont engendré les premières générations de pyrite, chalcopryrite et stannite, lesquelles ont toutes des teneurs en argent qui ne se retrouvent pas dans les générations plus tardives. L'absence d'antimoine (pyrrargyrite, frei-

bergite,...) et la rareté du plomb sont des facteurs qui ont manifestement favorisé le piégeage de l'argent dans les sulfures principaux.

Ce travail n'a pas permis de circonscrire l'extension de la minéralisation argentifère ni d'y décrire une quelconque zonation. Cependant, il pourrait être intéressant de voir dans quelle mesure, la superposition de la venue antimonifère décrite par D'Orey a affecté le gisement.

En conclusion, l'on insistera sur l'intérêt économique évident de telles études minéralogiques, en prise directe avec les problèmes miniers.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer toute ma gratitude au Prof. D. Thadeu et à Mr. C. dos Reis grâce auxquels le séjour à Panasqueira a pu se concrétiser, et je remercie tout particulièrement les ingénieurs et les géologues de BERALT pour leurs précieux conseils.

BIBLIOGRAPHIE

- BOYLE, R.W., 1968.- The geochemistry of silver and its deposits, *Geol. Surv. Canada, Bull.* 160.
- CLARK, A.H., 1964.- Preliminary study of the temperatures and confining pressures of granite emplacement and mineralisation, Panasqueira (Port.), *Trans. Instn. Min. Metall.*, 73 : 813-824.
- CRAIG, J.R., 1967.- Phase relations and mineral assemblages in the Ag-Bi-Pb-S system, *Mineral. Deposita*, 1 : 278-306.
- DEN TEX, E., 1977.- Le socle polycyclique et son rôle dans l'évolution de la chaîne varisque en Galice, in La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale. *Coll. Inter. C.N.R.S.* n° 243.
- D'OREY, F.C., 1967.- Tungsten-tin mineralisation and paragenesis in the Panasqueira and Vale da Ermida mining districts, Port., *Serv. Geol. Portugal Com.*, 52 : 117-167.
- KELLY, W.C., 1977.- The relative timing of metamorphism, granite emplacement and hydrothermal ore deposition in the Panasqueira district. *Serv. Geol. Portugal Com.*, 81 : 239-244.
- KELLY, W.C. & RYE, R.O., 1979.- Geologic, fluid inclusion and stable isotope studies of the tin-tungsten deposits of Panasqueira Portugal, *Econ. Geol.*, 74 : 1721-1822.
- RAMDOHR, P., 1980.- The ore minerals and their intergrowths, *Pergamon Press*.
- RIBEIRO et al., 1980.- Portugal, in *Géologie des pays européens*. Dunod.
- THADEU, D., 1973.- Les gisements stanno-wolframitiques du Portugal, *Ann. Soc. géol. Belg.*, 96 : 5-30.
- VAN HOOK, 1960.- The ternary system $Ag_2S-Bi_2S_3-PbS$, *Econ. Geol.*, 55 : 759-788.
- WEDEPOHL, K.H. (Ed.), 1978.- *Handbook of geochemistry*, Springer-Verlag.