

## STRUCTURES SÉDIMENTAIRES ET MINÉRALISATION DANS LE GÎTE DE TALATE N'OUAMANE ANTI-ATLAS OCCIDENTAL, MAROC

Philippe ELSASS (\*)

### RÉSUMÉ

La minéralisation stratiforme cuprifère de Talate n'Ouamane occupe deux horizons de siltstones distincts et se présente sous deux aspects. Les sulfures peuvent être disséminés dans la roche en grains ou microlentilles et sont alors antérieurs à certaines structures sédimentaires. Ils sont présents également dans des filonnets de calcite occupant des décollements de couches apparus au cours d'une tectonique dysharmonique. On en conclut à une origine syndiagénétique de la minéralisation et à un remaniement tectonique postérieur.

### ABSTRACT

The cupriferous stratiform mineralization of Talate n'Ouamane is found in two distinct siltstone beds and presents two types of occurrence. The sulfides may be disseminated in the rock as grains or micro-lenticles and in this case are earlier than certain sedimentary structures. They also occur in calcite veinlets filling *décollements* between beds and formed in the course of a dysharmonic tectonics. The conclusion is reached that the mineralization is syndiagenetic in origin but was reworked during tectonic deformation.

Le gîte cuprifère de Talate n'Ouamane se situe dans l'Anti-Atlas occidental (Maroc), à 120 km à l'est-sud-est d'Agadir, en bordure de la boutonnière d'Irherm. Découvert il y a une quinzaine d'années, ce gisement commence à être mis en exploitation. Il se rattache, ainsi que le gisement voisin d'Iminirfi, au district cuprifère de l'Anti-Atlas occidental qui comprend de nombreux gîtes stratiformes encaissés à la base de l'Adoudounien (ou Infracambrien supérieur) (Pouit, 1966).

---

(\*) Ecole Nationale Supérieure des Mines, Paris.

## LA SÉRIE

L'Adoudounien est une série transgressive reposant, en concordance à Talate n'Ouamane, sur le Précambrien III (ou Infracambrien inférieur), dont le sommet est ici constitué de roches volcaniques acides et de conglomérats (Choubert et Faure-Muret, 1970). L'Adoudounien débute par une « formation de base » détritico-siliceuse, très variable régionalement, puissante d'environ 50 m, et se poursuit par les « calcaires inférieurs », dolomies et calcaires en petits bancs connus sur plusieurs milliers de mètres d'épaisseur.

Une coupe type de la « formation de base » à Talate n'Ouamane est donnée

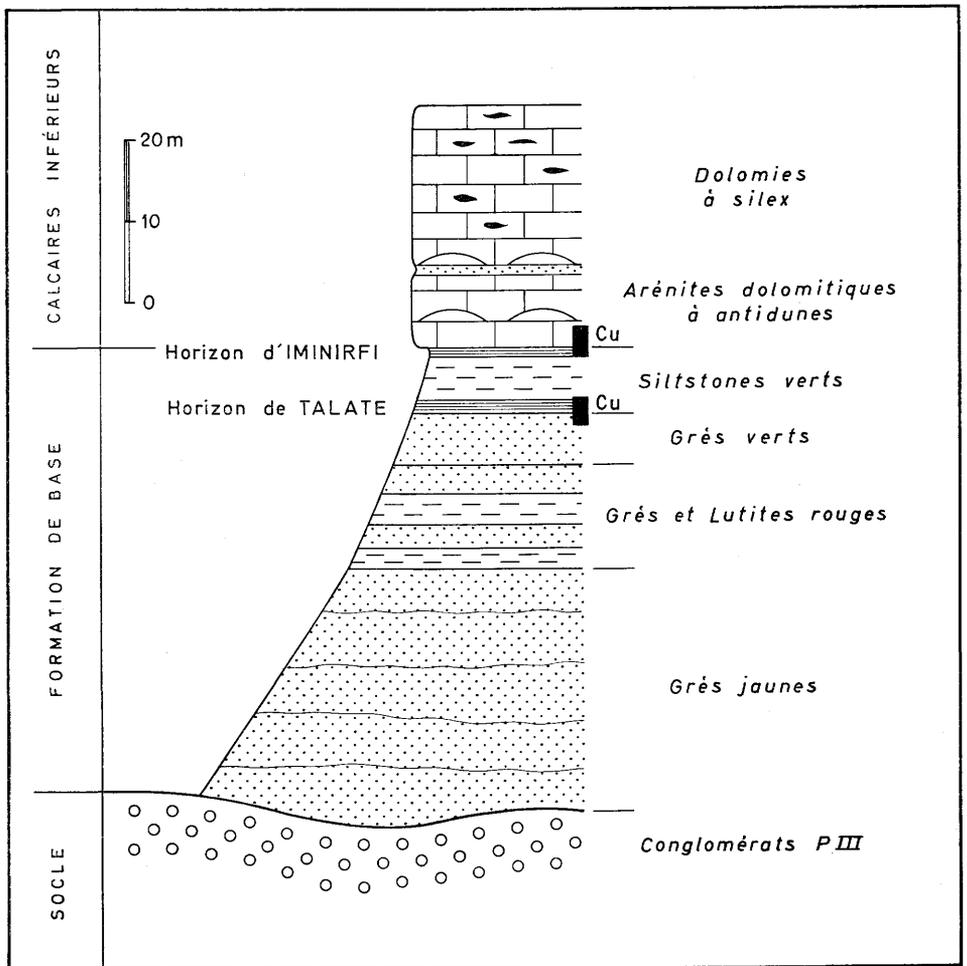


FIG. 1

dans la figure 1, d'après Henry (1968). A la base, grès et pélites rouges et jaunes ; au sommet, les « siltstones » verts, où l'on distingue trois horizons successifs :

- l'horizon minéralisé de Talate n'Ouamane (0,60 à 1 m) où les siltstones sont organisés en microlits alternés clairs et sombres, rappelant des varves ;
- un horizon de siltstones compacts (2 à 3 m), stérile ;
- l'horizon minéralisé d'Iminirfi (0,05 à 0,60 m), très semblable à celui de Talate, mais caractérisé par une sédimentation troublée et remaniée.

## LA TECTONIQUE

On peut distinguer deux phases de tectonique souple. La première crée de petits plis semblables de style éjectif, d'axe nord-sud, dont la longueur d'onde est de la centaine de mètres, les « crochons » de Tortochaux (1956). Les anticlinaux, très pincés, parfois brisés, s'amortissent une quarantaine de mètres au-dessus de la base des « calcaires inférieurs ». Les siltstones de la formation de base ont joué le rôle de niveaux de décollement : le niveau de Talate n'Ouamane présente des replis dysharmoniques de direction nord-sud à nord-nord-ouest - sud-sud-est dans les charnières anticlinales ; les vides provoqués par les décollements entre couches sont occupés par des filonnets de calcite minéralisés. On peut probablement rapporter à cette première phase l'amorce de schistosité, oblique sur la stratification, qui s'observe dans les siltstones. Les structures ainsi créées sont reprises par une seconde phase qui forme de larges plis d'axe est-ouest. Des filonnets stériles à quartz-calcite, à pendage 70° sud-est, qui soulignent des failles à faible rejet, sont à rapporter à une phase tardive.

Un dyke de dolérite, puissant de plusieurs dizaines de mètres, jalonne une fracture de direction sud-ouest, située à environ 500 m au nord-ouest du gisement. Ce dyke est connu sur environ 150 km. C'est l'un des deux « grands dykes » de l'Anti-Atlas. Ces dykes étaient réputés hercyniens, des mesures récentes indiquent un âge jurassique (Hailwood et Mitchell, 1971).

## LE GISEMENT

La minéralisation de Talate n'Ouamane suit un niveau puissant de 80 cm, reconnu par travaux miniers sur 460 000 m<sup>2</sup>. Ce niveau comprend l'horizon de Talate proprement dit et les vingt centimètres supérieurs des grès sous-jacents. L'horizon d'Iminirfi (y compris la base des dolomies sus-jacentes) peut être également minéralisé, mais semble plus pauvre que celui de Talate.

La teneur moyenne est de 1,80 % Cu, d'après les estimations les plus récentes ; les parties les plus riches forment des bandes de direction nord-sud au droit des « crochons ». Dans son ensemble, la minéralisation est stratiforme : elle apparaît dans les niveaux de siltstones « varvés » à l'exclusion des niveaux compacts. Dans le détail il faut distinguer deux sortes de minéralisation :

- l'une, sans gangue, disséminée en grains ou en microlentilles dans les siltstones, est extrêmement concordante jusqu'à l'échelle microscopique. Le minéral prédominant est la chalcopyrite (photo 1) ;

— l'autre, associée à une gangue calcitique importante, se présente en filonnets minéralisés, concordants ou légèrement sécants, mais limités aux mêmes horizons que la précédente. Le minéral prédominant est la bornite associée à la chalcocite (photo 3). Ce sont ces filonnets, nombreux dans les zones riches, qui constituent la minéralisation d'importance économique.

## LA MINÉRALISATION

Les siltstones « varvés » sont constitués d'alternances de microlits pélitiques verts de 1 à 5 mm d'épaisseur constitués souvent d'illites disposées à plat, et de microlits clairs composés de grains détritiques recristallisés (dépassant rarement 100  $\mu$ ), de quartz, de plagioclase (rarement), de dolomite et surtout de calcite, de muscovites et de chlorites. Ces termes détritiques sont fréquemment lenticulaires et leur structure interne montre qu'il s'agit de rides de courant.

*La minéralisation disséminée* se présente sous forme de grains de chalcopyrite ou de bornite (1 à 50  $\mu$ ) dispersés dans la roche, et de préférence dans les lits argileux. Les termes détritiques, où l'on trouve quelques petits grains de sulfures emprisonnés dans les carbonates, semblent alors avoir subi une lithification précoce : ils peuvent être brisés au cours de la compaction des termes argileux (photo 4).

*Dans la minéralisation en microlentilles*, les sulfures forment des lentilles concordantes de taille variable, atteignant rarement 5 mm de longueur (photo 5). Ces lentilles sont restreintes aux lits détritiques, où apparaît une dolomite postérieure à la calcite, et déforment les lits adjacents. Elles contiennent de fines inclusions de carbonates et de muscovites dans le plan du lit détritique, et de petites chlorites magnésiennes, des grains de dolomite et de quartz sur leur bordure. Elles sont entourées de cristaux d'allanite<sup>(1)</sup> atteignant 0,5 mm de longueur et formant souvent des structures imbriquées avec les sulfures (photo 6). Cette allanite caractéristique de Talate n'Ouamane est très fraîche et manifestement néoformée. Les sulfures eux-mêmes sont constitués en général de chalcopyrite frangée de cuivre gris, plus rarement de bornite. La chalcopyrite contient parfois quelques cubes de pyrite ou un peu de bornite présentant des figures de remplacement en flammèches par la chalcopyrite.

*Les structures sédimentaires* contemporaines de la compaction (microfailles, contournements de bancs, figures de charge) sont très nombreuses. La minéralisation en microlentilles est tantôt antérieure, tantôt postérieure à ces structures.

Les microfailles synsédimentaires sont fréquentes. Certaines sont soulignées par du quartz ou des carbonates finement cristallisés et sont déformées par la compaction (photo 8). La plupart ne contiennent pas de cristallisation ; elles sont rectilignes et recoupent nettement les lits minéralisés (photo 5).

Les phénomènes de slumping sont courants. Dans ces structures les lits minéralisés peuvent être recoupés par des niveaux stériles (photo 7), mais plus souvent des

(1) Cette allanite a été analysée à la microsonde CAMECA de l'École des Mines, à l'aide de témoins fournis par M. J. Drake et D. F. Weill (Center for Volcanology, Univ. of Oregon) : SiO<sub>2</sub> : 33 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 17,6 %, FeO : 12,0 %, CaO : 11,3 %, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 12,8 %, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 5,6 %, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 4,3 %, Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : traces, Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 0,7 %.

sulfures ou des concrétions se forment dans les zones où la stratification est détruite. Ces concrétions peuvent être incluses dans des nuages de quartz finement cristallisé et contiennent du quartz, de la calcite, des chlorites et des sulfures de cuivre (photo 2).

Les figures de charge sont souvent difficiles à distinguer des structures tectoniques. Certaines sont cependant très reconnaissables.

Un niveau de silex contenant des cristaux de bornite est boudiné et enfoncé dans le sédiment sous-jacent (photo 8). Il a dû être lithifié très tôt et la minéralisation doit dans ce cas être précoce. Des niveaux riches en titane ont été craquelés pendant la compaction et de la bornite tardive s'y est installée (photo 9).

Toutes ces observations indiquent donc que les sulfures de cuivre en grains et microlentilles se sont formés au cours de la diagenèse, et en général plus tardivement que d'autres minéraux, le quartz en particulier.

*La minéralisation en filonnets*, avec gangue de calcite (exceptionnellement de quartz), occupe les niveaux de décollement des siltstones ainsi que des fractures sécantes très plates. Les filonnets se sont formés en plusieurs temps au cours des épisodes tectoniques. Lors de la première ouverture il se développe sur les épontes du quartz, des muscovites et des chlorites vertes en gerbes, ainsi que de l'allanite dont les cristaux peuvent exceptionnellement atteindre 3 mm de long. De la calcite et des sulfures, généralement bornite et chalcocite souvent imbriquées en myrmécites, cristallisent dans l'espace restant. Une nouvelle ouverture des filonnets a provoqué la cristallisation de calcite en grandes fibres perpendiculaires aux épontes, dans laquelle les sulfures sont rares. On y trouve parfois quelques cristaux de chalcopyrite automorphe.

C'est dans ce type de minéralisation que Barrakat et Marcil (1972) ont décrit des cristaux de bornite cubique, ce qui impliquerait une température de cristallisation supérieure à 228 °C.

## ÉLÉMENTS POUR UNE INTERPRÉTATION

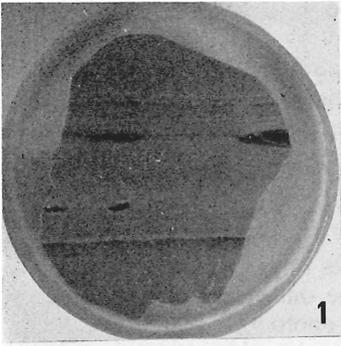
La minéralogie de Talate n'Ouamane est assez réduite : on observe, par ordre d'importance, chalcopyrite, bornite, chalcocite, puis l'allanite (terres rares), du cuivre gris (à As et Zn), un peu de pyrite, des traces de wittichénite (Barrakat *et al.*, à paraître), et quelques grains de molybdénite.

Il est assez étonnant de trouver de l'allanite d'origine d'agénétique, mais il faut considérer que la diagenèse a été très poussée, peut-être jusqu'à l'anchimétamorphisme. L'allanite apparaît d'ailleurs aussi dans des zones non minéralisées en cuivre (horizon stérile), sous forme de microcristaux dans le ciment carbonaté de niveaux détritiques. Ces niveaux contiennent de nombreux minéraux lourds détritiques, zircons, sphènes, tourmalines, biotites, qui suggèrent une érosion de roches éruptives acides.

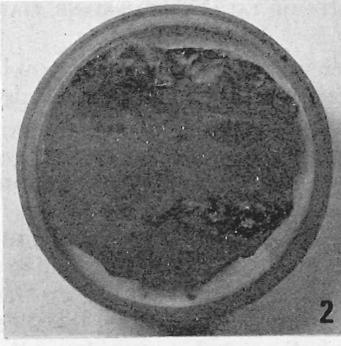
Des études sur la cristallinité des illites et sur les teneurs en carbone organique sont en cours.

## CONCLUSION

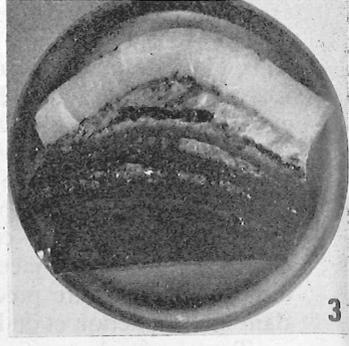
Nous avons vu que la minéralisation de Talate n'Ouamane se présentait sous deux aspects, disséminée et en filonnets. Nous avons pu mettre en évidence des



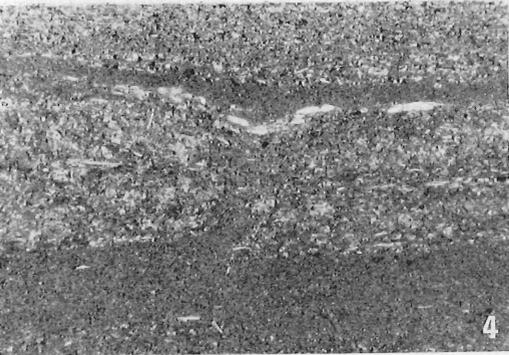
1



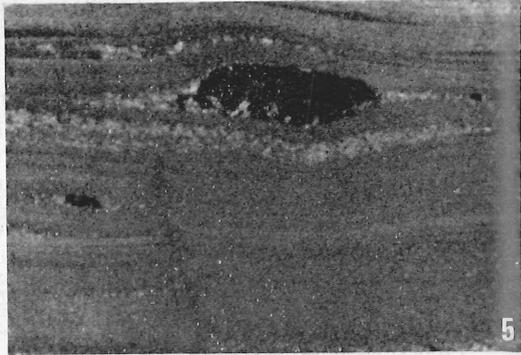
2



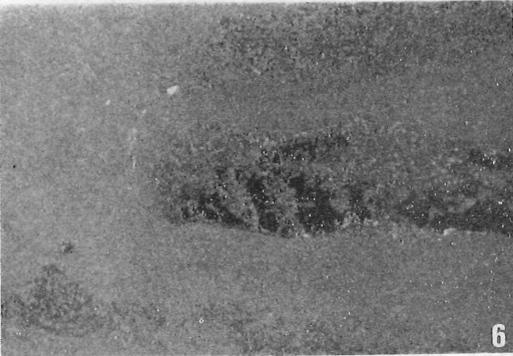
3



4



5



6



7



8



9

critères sédimentologiques indiquant que le premier type était syndiagénétique. Le deuxième type est associé à une tectonique dysharmonique, mais présente un chimisme très semblable : on peut donc supposer qu'il s'agit d'une remobilisation de la première minéralisation.

### REMERCIEMENTS

Le Centre de Géologie minière de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris tient à remercier la direction générale et la direction technique du Bureau de Recherches et de Participations minières qui lui ont accordé toutes facilités pour la visite et le prélèvement d'échantillons.

L'auteur exprime personnellement sa reconnaissance à M. Thomas, directeur de l'exploitation SOMIMA et à M. Vilceanu, géologue.

PHOTO 1. — *Minéralisation en microlentilles typique. La chalcopryrite apparaît en noir. Il y a ravinement des siltstones sombres de la base par les siltstones lités clairs. Section polie environ grandeur réelle.*

PHOTO 2. — *Phénomène de slumping. Les sulfures (noir) se trouvent dans des nuages de quartz finement cristallisé (blanc). Section polie, environ grandeur réelle.*

PHOTO 3. — *Minéralisation en filonnets dans un micropli. Cristallisation de sulfures (noir) et de calcite (blanche) suivie de calcite fibreuse perpendiculairement aux épontes (deuxième ouverture). Il y a dans le sédiment cristallisation de calcite et sulfures parallèlement à l'axe du micropli. Section polie, environ grandeur réelle.*

PHOTO 4. — *Lit détritique brisé par la compaction. En gris clair, calcite ; en noir, chalcopryrite disséminée. Les minéraux blancs allongés sont des chlorites ayant poussé sur des muscovites à plat. Lumière naturelle,  $\times 10$ .*

PHOTO 5. — *Microlentille de chalcopryrite (noir). Lits calcitiques en blanc, lits argileux en gris clair. Remarquer la microfaille. Lumière polarisée,  $\times 4$ .*

PHOTO 6. — *Chalcopryrite (noir) imbriquée avec des allanites (minéraux à fort relief), dans un lit à calcite (colorée à l'alizarine, gris sombre) et à dolomite (blanc). Les lits sont recoupés par du sédiment gréseux. Lumière naturelle,  $\times 10$ .*

PHOTO 7. — *Phénomène de slumping. Un niveau à lits minéralisés (noir : chalcopryrite) est pris entre deux niveaux argileux (les illites à plat polarisent en gris clair). Lumière polarisée,  $\times 4$ .*

PHOTO 8. — *Niveau de silex (gris sombre) minéralisé en bornite (grains noirs). A gauche microfaille déformée et concrétions (blanches) minéralisées dans une zone de sédiment troublé. En bas niveau contourné à grains de bornite. Surface polie, réduite aux  $2/3$  environ.*

PHOTO 9. — *Petit lit (gris sombre) contenant 30 % de  $TiO_2$ , craquelé au cours de la compaction. La bornite (noir) est tardive. En blanc, gros cristaux de calcite. Lumière naturelle,  $\times 10$ .*

### Bibliographie

- BARRAKAT, A. et MARCIL, A. (1972). — Cristaux de bornite de Talate n'Ouamane. *Notes Serv. Géol. Maroc*, t. 32.
- BARRAKAT, A., LAFORÊT, C., MARCIL, A. et PERMINGEAT, F. (à paraître). — *Wittichénite de Talate n'Ouamane*.
- BARTHOLOMÉ, P., EVRARD, P., KATEKESHA, F., LOPEZ-RUIS, J. and NGONGO, M. (1973). — Diagenetic ore-forming processes at Kamoto, Katanga, Republic of the Zaire. In : Amstutz, G. C. and Bernard, A. J., eds., *Ores in Sediments*, International Union of Geological Sciences, Series A, No. 3, Springer-Verlag.
- CHOUBERT, G. et FAURE-MURET, A. (1970). — Livret-guide de l'excursion Anti-Atlas occidental et central. Colloque international sur les corrélations du Précambrien. *Notes Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 229.
- DEMANGE, M. et ELSASS, P. (1973). — Présence d'allanite dans le gisement stratiforme cuprifère de Talate n'Ouamane (Maroc). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 277, p. 1969-1972.
- FAUVELET, E. (1973). — Réflexions sur une liaison possible entre minéralisation cuprifère et roches plutoniques basiques hercyniennes de l'Anti-Atlas (Maroc). In : *Les roches plutoniques dans leurs rapports avec les gîtes minéraux*. Coll. scient. intern. E. Raguin, Masson et C<sup>ie</sup>, Paris, 403 p.
- HAILWOOD, E. A. and MITCHELL, J. G. (1971). — Paleogenetic and radiometric dating results from jurassic intrusions in South Morocco. *Geophys. J. Roy. Astronom. Soc.*, Londres, 24, p. 351-364.
- HENRY, J. (1968). — Rapport sur les gîtes cuprifères stratiformes de Ouaremdaz, de Cheik Iminirfi et de Talate n'Ouamane (Anti-Atlas, Maroc). *Rapp. Section d'Etudes géologiques et minières de l'Ecole des Mines de Paris* (inédit).
- LEBLANC, M. (1972). — Sur le style dysharmonique des plis hercyniens, à la base de la couverture, dans l'Anti-Atlas central (Maroc). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 275, p. 803-806.
- LOMBARD, J. et NICOLINI, P., éd. (1962-1963). — Gisements stratiformes de cuivre d'Afrique. *Symposium, Association des Services géologiques africains*, t. 1, chap. XII, p. 173-179. F. Mendelsohn, *The Lithology of the Roan Antelope Deposit*, t. 2, chap. XIV, p. 203-213. J. C. Schmitz and R. W. K. Mackenzie, *Structure and Mineralization at Roan Antelope*.
- POUIT, G. (1966). — Paléogéographie et répartition des minéralisations stratiformes de cuivre de l'Anti-Atlas occidental (Maroc). *Chron. Min. Rech. min.*, n° 356.
- SAADI, M. (1970). — Relations between the structural alignment associated with hercynian dolerite dykes and copper deposits in Morocco. *Proceedings IMA-IAGOD Meeting, IAGOD*, p. 115-121.
- TORTOCHAUX, F. (1956). — Etat des connaissances sur le gisement de Talate n'Ouamane. *Rapp. BRPM, Rabat*, n° 432-84, GAO 2 (inédit).