

PORPHYROBLASTES DE PYRITE SÉDIMENTAIRE
A CLIVAGE OCTAÉDRIQUE
DE L'ARDENNE LUXEMBOURGEOISE (*)

par PAUL ANTUN (**)

(4 figures dans le texte)

RÉSUMÉ

Dans l'Ardenne, les cubes porphyroblastiques de pyrite trouvés dans les sédiments détritiques du Paléozoïque montrent normalement un microclivage hexaédrique imparfait. Un clivage octaédrique anormalement parfait existe dans les cubes à faces de trémie du Siegenien supérieur dans le nord du Luxembourg. Son origine demeure incomprise.

ABSTRACT

In the Ardenne the porphyroblastic pyrite cubes from Paleozoic detrital sediments show normally a poor hexahedral microcleavage. An abnormally perfect octahedral cleavage exists in tarditectonic hopper-faced cubes from the Upper Siegenian of Northern Luxembourg. Its origin remains undetermined.

INTRODUCTION

On sait que la pyrite présente couramment des indications d'un macroclivage parallèle aux faces du cube. Les principaux traités de minéralogie lui attribuent, en outre, des plans de séparation ou clivages indistincts suivant la face de l'octaèdre et/ou suivant la face du rhombododécaèdre. A l'échelle microscopique les clivages sont souvent plus nets. Ceux qui ont tranché des agrégats de pyrite à la scie diamantée savent que les différents individus se reconnaissent aisément sur la face sciée grâce à des reflets de lumière dont l'orientation varie avec celle des cristaux et qui sont occasionnés par un microclivage. Lors du polissage des sections, ce dernier devient souvent inobservable mais, dans certains cas, il reste apparent et ce surtout lorsque la pyrite a subi une cataclase qui a transformé les clivages en légers décollements et lorsque ces plans de faiblesse ont guidé une altération chimique. P. RAMDOHR (1960, fig. 26, 186, 192, 201, 229, 478, 479) a signalé et bien illustré ces faits. A son avis le microclivage (100) est commun, (110) fréquent, (111) rare. Enfin, par le broyage de cristaux au mortier à piston, FRENZEL & BLOSS (1967) ont obtenu les clivages (100) et (311). Leurs expérimentations n'ont pas vérifié l'existence des clivages (111) et (110).

(*) Communication présentée durant la séance du 2 juin 1970. Manuscrit déposé à la même date.

(**) Université Lovanium, Laboratoire de Géologie B. P. 117, Kinshasa XI, Rép. Dém. du Congo.

Lors d'une étude des pyrites sédimentaires de l'Ardenne et de leur métamorphisme, nous avons été frappé par l'existence d'un microclivage octaédrique parfait dans les cubes porphyroblastiques du Siegenien supérieur du Nord du Grand-Duché de Luxembourg. Des vérifications ont montré que les cubes d'autres niveaux stratigraphiques ne possèdent pas cette propriété et ne montrent qu'un clivage hexaédrique assez fruste, présent aussi dans ceux du Siegenien supérieur.

Ce qui vient d'être rapporté indique que la pyrite peut montrer à côté d'un clivage (100) toujours présent, normal, d'autres plans de séparation et de véritables clivages limités à certaines occurrences, mais où ils existent alors dans la plupart des individus. Les raisons d'être de ces clivages anormaux sont mal connues et difficiles à établir. On verra que nos efforts dirigés vers une clarification de la question n'ont pas abouti. Sans doute faudra-t-il accumuler des données nombreuses et diversifiées pour arriver à ce but.

GENÈSE DE PORPHYROBLASTES DE PYRITE DES TERRAINS ARDENNAIS

De nombreux schistes, micropsammites et grès foncés ou chloriteux du Paléozoïque ardennais contiennent de la pyrite qui s'y présente souvent en plusieurs générations : Une première, éodiagénétique, est formée par des microcristaux agrégés en sphéroïdes (framboïdes). Leur formation a été accompagnée ou suivie de près par celle de cristaux isolés de la taille des agrégats, éparpillés à travers la roche. Une deuxième génération est formée par de la pyrite moins réfléchissante et moins dure, optiquement homogène et dont les propriétés aberrantes pourraient être dues soit à une microporosité, soit à l'inclusion de molécules organiques (il nous a été impossible d'y mettre en évidence des éléments lourds autres que le fer). Elle cimente les cristaux fins des framboïdes et peut poursuivre, en alternant avec de la pyrite normale, la croissance des microcristaux isolés qui prennent de ce fait un aspect zonaire. Dans ces pyrites finement grenues on ne remarque pas de clivage.

Une troisième génération de pyrite, tardive, est formée par des cubes macroscopiques. Il s'agit de porphyroblastes qui résultent d'une recrystallisation des générations antérieures et non pas d'un apport. Le fait est difficile à prouver sur l'échantillon, car si les cristaux fins associés montrent parfois une corrosion, la plupart d'entre eux semblent disparaître intégralement une fois attaqués alors que d'autres, voisins, peuvent subsister intacts. L'observation régionale d'un niveau pyritifère tel que le Siegenien supérieur indique cependant que les quantités de pyrite fine, hâtive, et de pyrite porphyroblastique, tardive, sont en gros complémentaires et que l'on passe d'une façon continue d'un facies où la première domine, à un autre où les macrocubes sont abondants.

On sait que des clivages aberrants peuvent être causés par des compositions anormales : ainsi, des colorants organiques présents dans la solution-mère peuvent être adsorbés préférentiellement par l'une ou l'autre face d'une espèce cristalline et conduire, malgré leur très faible concentration, au développement d'un clivage inexistant dans les individus normaux (cf. BUCKLEY, 1956, p. 363). D'autre part, des substitutions atomiques rares suivies d'exsolutions orientées très fines peuvent elles aussi déclencher des clivages anormaux, p. ex. un clivage octaédrique parfait dans une galène bismuthifère (cf. WAHLSTROM, 1937). — Nos porphyroblastes de pyrite semblent avoir toujours une composition normale. Leurs propriétés optiques et de dureté ne présentent pas de particularité. La recrystallisation a dû les purifier car les sulfures accessoires (chalcopyrite, blende, galène), peu apparents dans les facies à pyrite microcristalline, sont associés aux macrocubes en lambeaux ou en

inclusions grenues non orientées et bien individualisées. Certes, les porphyroblastes contiennent des traces de Ni, Co et As en substitution atomique mais ceci est le cas de toutes les pyrites sédimentaires et on n'a aucune raison de croire que cela donne lieu à des tensions du réseau pouvant induire des clivages anormaux.

Ce qui différencie quelque peu les porphyroblastes entre eux, c'est d'une part leur teneur en particules non sulfurées reprises de la roche et un développement plus ou moins squelettique concomitant, et d'autre part, les efforts tectoniques variables auxquels ils ont été soumis. Remarquons tout de suite que ces différences de conditions de croissance et de déformation n'ont pas exercé d'influence sur la stabilité des faces de croissance limitées à (100).

PORPHYROBLASTES A CLIVAGE HEXAÉDRIQUE

Dans leur majorité, les cubes de pyrite sont massifs et pauvres en inclusions. Lors de leur cristallisation le quartz a été écarté plus radicalement que les minéraux micacés et le rutile, probablement par dissolution.

Dans certains cas, les porphyroblastes datent d'avant la déformation principale des roches. Il en est ainsi des cristaux liés à des concrétions diagénétiques. De même les cristaux des roches cambro-siluriennes ont existé en général avant le plissement hercynien qui a repris ces terrains et ils ont encaissé de fortes déformations. Nous avons examiné des cubes de quartzites reviniens du Massif de Stavelot et des cubes des schistes devilliens de Monthermé. Dans les deux cas, les cristaux, pauvres en inclusions, ont occasionné des halos d'étirement nets. Ils ont subi des rotations partielles, leurs arêtes et angles exposés au laminage sont souvent rabotés et couverts de stries de glissement, parfois les cristaux ont été fracturés et, en rapport évident avec le laminage, leur forme paraît altérée, étirée, les angles interfaciaux déviant fréquemment de plus de 10 degrés d'un angle droit. A ce propos H. DE DORLÉDOT (1904) a parlé d'un « écoulement » de la pyrite, mais W. PRINZ (1905) devait montrer peu après que, même dans des cristaux qui paraissent très déformés, les plans (100) se recoupernt sous 90 degrés. Nous y reviendrons plus loin et il suffira d'indiquer que, même dans les cristaux cataclasés, nous n'avons observé qu'un seul clivage, assez fruste, parallèle à (100).

Dans d'autres cas, on peut douter de l'antériorité des cubes par rapport au laminage. Ils pourraient être tout aussi bien synchroniques, au même titre que d'autres porphyroblastes. Ainsi, dans le Gedinnien supérieur laminé et métamorphique de Remagne, au NW du Massif de Serpont, des micropsammoschistes séricito-chloriteux carbonatés à octaèdres de magnétite et traces de biotite montrent des cubes de pyrite mesurant jusqu'à 1 cm. Ils sont contournés par les feuillets schisteux qui s'entrebailent et forment des halos d'étirement minces mais très étendus. Les arêtes sont légèrement polies et les cristaux paraissent déformés. Les mêmes halos accompagnent cependant des porphyroblastes de magnétite et, dans des schistes associés, des lamelles de chloritoïde dont l'origine métamorphique n'est guère douteuse. Tout comme eux, la pyrite a pu prendre sa taille au cours du métamorphisme mais avant que les déformations n'atteignent leur plus grande intensité. De toutes façons, elle a continué à cristalliser durant le laminage, car la matière enlevée aux parties exposées, rabotées, s'est reprécipitée sur les faces en contact avec les halos d'étirement qui se trouvaient soustraites au cisaillement. On observe en effet sur ces faces des empilements cunéiformes de lamelles de pyrite qui occasionnent la distorsion apparente des cristaux. Leur individualité peut être soulignée en section

par des alignements de pores remplis de quartz qui correspondent probablement à des arrachements entre le cristal de pyrite et son halo.

Ces pores orientés suivant (100) favorisent une séparation correspondante dans les parties externes de porphyroblastes. Cependant, les cubes montrent aussi un véritable clivage hexaédrique sous forme de fines lignes plus ou moins continues et interdistantes. C'est suivant ces décolllements microscopiques que les cristaux se fendent volontiers lors de leur extraction de la roche et c'est suivant elles qu'à progressé la transformation, fort répandue en affleurement, de la pyrite en goethite. Même en dehors de clivages visibles au microscope, le plan (100) a souvent guidé cette épigénie jusque dans ses moindres détails (fig. 1).

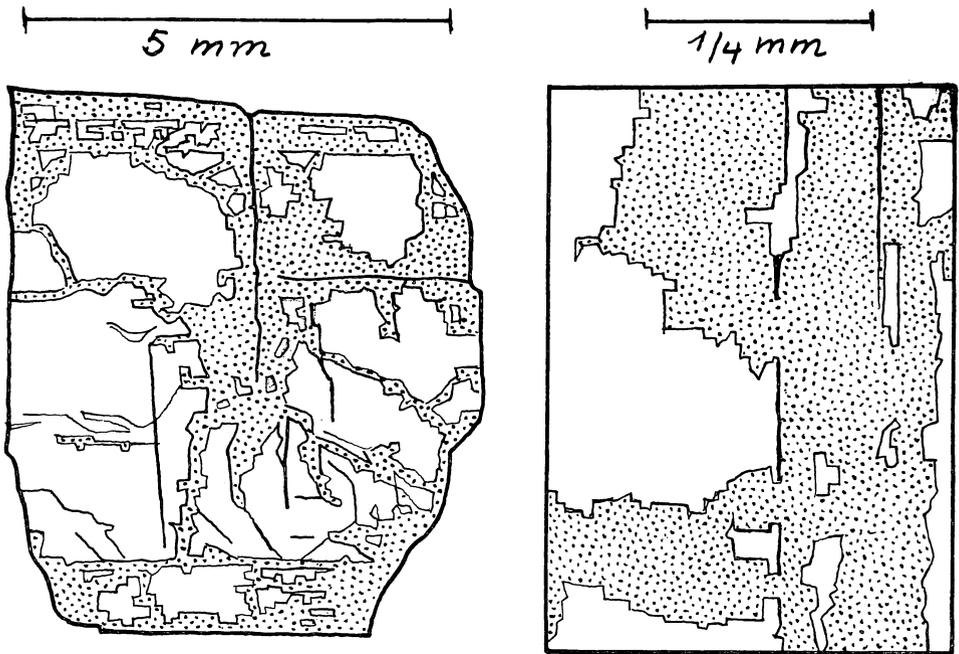


Fig. 1. — Pyrite du Gedinnien de Remagne.

- a) Section d'un cube parallèle à (100) montrant la pyrite (blanc) recoupée par quelques clivages (100) et par des cassures à partir desquels elle est remplacée par de la goethite (pointillé).
 b) Détail du remplacement de la pyrite par de la goethite.

Nous pouvons constater en conclusion que, dans les cubes examinés, le laminage tectonique n'a guère induit de clivage anormal, qu'il ait suivi la cristallisation de la pyrite ou qu'il l'ait accompagné. Le seul effet qu'on peut lui attribuer est d'avoir favorisé des décolllements suivant le clivage normal (100).

PORPHYROBLASTES A CLIVAGE OCTAÉDRIQUE

Le Nord du Grand-Duché recouvre la zone de transition entre le facies phylla-
 deux du Siegenien supérieur qui domine dans le Bassin de Neufchateau, et le facies
 grésoschisteux qui prévaut vers St. Vith au NE.

Dans la région de Troine-Asselborn, à prédominance de schistes dont des niveaux ardoisiers, la pyrite est disséminée dans les roches sous la forme microgrenue et elle est souvent épigénisée par de la pyrrhotine à exsolutions de pentlandite. On s'y trouve en effet sur le prolongement de la zone métamorphique de Bastogne. A côté de cette pyrite fine ou de ses produits de transformation, il existe des porphyroblastes de pyrite fraîche, postmétamorphique, emprisonnant des aires de schiste clivé et recoupant la schistosité transversale. Ces cristaux ont cependant encaissé de légères déformations et ont pris naissance vers la fin du plissement; ils sont tarditectoniques. Ils sont très souvent squelettiques, massifs suivant les diagonales du cube dont les angles sont proéminents jusqu'à donner un aspect étoilé aux sections des cristaux, cellulux ailleurs. La seule face développée à la surface comme à l'intérieur des cristaux spongieux est (100). C'est aussi le seul plan de clivage noté dans les échantillons étudiés.

Vers Trois-Vierges et le NE, les schistes deviennent plus gréseux et se chargent de bancs psammitiques. En même temps les cubes, qui peuvent atteindre près de 2 cm, deviennent de plus en plus apparents. Ils recoupent le clivage sans occasionner les halos notables et ils ne montrent que peu de déformations de sorte qu'on peut les considérer eux-aussi comme tarditectoniques. Extérieurement ces cubes paraissent massifs et homogènes et ils s'extraitent facilement de la roche. En dehors des stries hémicubiques communes, ils ne portent pas d'indications d'autres faces. On peut en particulier affirmer que l'octaèdre n'a jamais joué le rôle de plan de propagation.

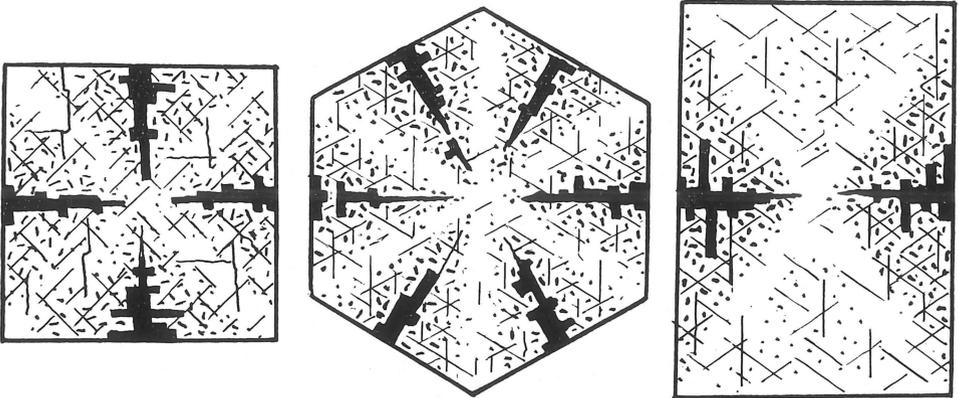


Fig. 2. — Pyrites du Siegenien supérieur en coupes radiales schématisées.

- a) Section parallèle à (100) montrant pyrite (blanc), trémies (noir), rares clivages (100) et clivages (111) serrés (traces diagonales). La structure en sablier occasionnée par des inclusions de séricite et d'autres impuretés est indiquée par des petits traits et points.
- b) Section parallèle à (111). Même mode de représentation. Traces de clivages (111) serrés parallèles aux contours de la section.
- c) Section parallèle à (110). Même mode de représentation. Traces de clivage serrées (111).

Un peu d'attention fait découvrir que la plupart des cristaux présentent de petites taches de schiste près du milieu des faces et les sections montrent que sous ces taches se situent des trémies raides qui s'enfoncent jusque près du centre des cubes. Les escaliers qui les délimitent sont déterminés par des facettes (100). Des faits comparables ont été signalés par PRINZ (1905) à propos des cubes du Siegenien

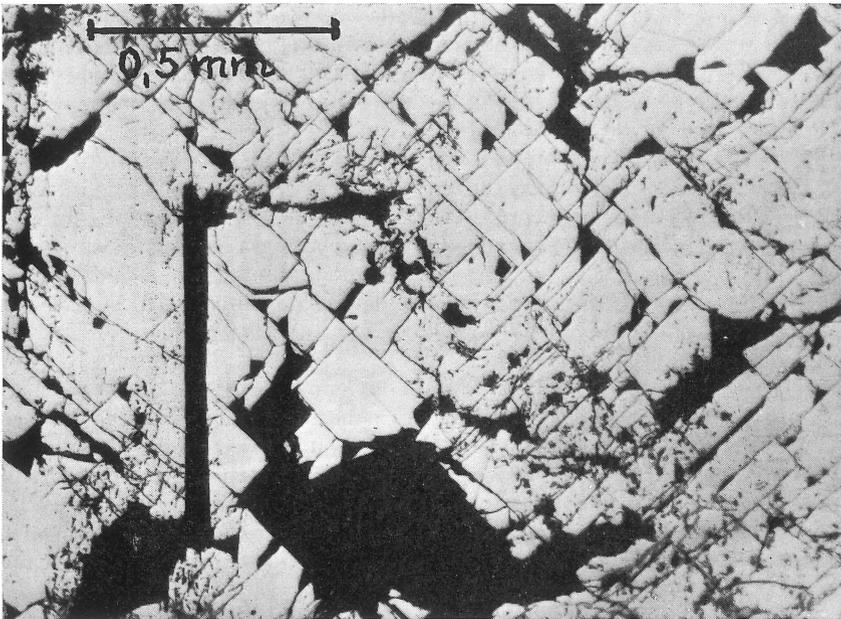


Fig. 3. — Pyrite du Siegenien supérieur de Biwisch. Microphoto d'une section polie parallèle à (100) montrant une case planparallèle de schiste (noir) inclus lors de la croissance et délimitée par (100), ainsi qu'un réseau serré de clivages (111) qui ont occasionné des trous (noir) lors de la préparation de la section.

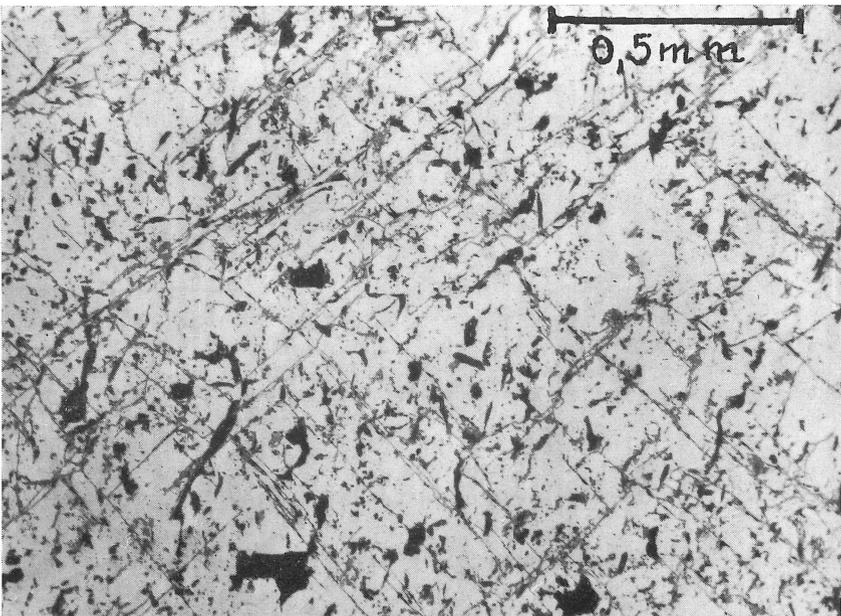


Fig. 4. — Pyrite du Siegenien supérieur de Wilwerdange. Microphoto d'une section polie parallèle à (100) montrant d'abondantes inclusions fines (noir) constituées surtout de séricite. Réseau diagonal serré de clivages (111) le long desquels la pyrite est en voie d'attaque par de la goethite (les contours de la photo sont parallèles à (100)).

supérieur de Houffalize. En même temps ces cristaux possèdent une structure en sablier souvent extrêmement nette, telle que les plans diagonaux des cubes sont faits de pyrite pure, massive, et que les pyramides quadratiques qu'ils délimitent, et dont les axes sont occupés par les trémies, sont riches en inclusions de minuscules paillettes de séricite accompagnées par un peu de rutile, des traces de carbone graphitoïde et des restes de granules de quartz.

Les cristaux montrent quelques plans de séparation et des traces de clivage éparses parallèles à (100), mais avant tout un clivage serré, souvent presque parfait, différemment orienté. Les observations suivantes, effectuées sur des sections polies orientées passant par le centre des cubes permettent de lui assigner sans équivoque les indices (111) : (1) Sur des sections parallèles aux faces du cube, les traces de ce clivage forment un réseau orthogonal bissecté par (100). (2) Sur des sections (111), les traces du clivage serré sont uniquement parallèles au contour de la section, soit aux traces des faces (100). (3) Sur des sections (110), soit des rectangles dont les côtés courts correspondent à deux arêtes opposées du cube et dont les longs côtés correspondent aux diagonales des faces perpendiculaires à la section, les traces du clivage suivent trois directions : deux d'entre elles, serrées et également développées, comprennent un angle d'environ 70 degrés bissecté par le côté de la section; la troisième trace est moins développée et est parallèle au long côté (voir fig. 2). Nous n'avons trouvé aucune indication d'un clivage (110).

Les échantillons examinés proviennent de Biwisch et de Wilwerdange, deux localités distantes d'environ 5 km. Il est probable que le clivage octaédrique existe dans les pyrites du Siegenien supérieur de toute la région située au S du Massif de Stavelot. En section polie on observe une certaine relation entre la structure en sablier et le clivage octaédrique qui paraît plus serré dans les aires de pyrite riches en inclusions. Le microscope montre aussi que les clivages ont été rendus apparents par des contraintes auxquelles les cristaux ont été soumis : ils sont le plus souvent courts, se bloquent mutuellement, peuvent passer à des faisceaux de plans sub-parallèles rapprochés et peuvent se relayer en échelon. Cependant, aucun déplacement notable n'est lié à ces décollements. Enfin, ils ont guidé l'attaque de la pyrite par les eaux météoriques et son épigénie partielle en goethite qui en résulte.

On aura constaté que les raisons d'être du clivage octaédrique des pyrites du Siegenien supérieur ne sont pas apparentes : Pas plus que dans les autres porphyroblastes de pyrite, le plan (111) n'a joué de rôle lors de leur croissance. Leur composition chimique est normale. Celle de la roche encaissante semble pratiquement identique à la composition de nombreux autres niveaux pyritifères de l'Ardenne. Le laminage tectonique semble incapable d'engendrer des plans de clivage anormaux et nos cristaux à clivage octaédrique, tarditectoniques, n'ont d'ailleurs été affectés que modérément par ces efforts. Il reste que ces porphyroblastes sont caractérisés par une structure en sablier et par des trémies qui indiquent qu'ils ont pris naissance dans un milieu relativement difficile à déplacer, compacté, à particules argileuses recristallisées, milieu qui, cependant, ne s'est pas opposé en grand à des diffusions considérables puisque les porphyroblastes ont pu y acquérir de grandes tailles.

BIBLIOGRAPHIE

- BUCKLEY, H. E., 1951. — Crystal Growth. New York.
- DE DORLODOT, L., 1904. — Quelques observations sur les cubes de pyrite des quartzites reviniens. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 31, pp. m 501-504.
- FRENZEL, G. & BLOSS, F. D., 1967. — Cleavage in pyrite. *Amer. Mineral.*, t. 52, pp. 994-1002.
- PRINZ, W., 1905. — La déformation des matériaux de certains phyllades ardennais n'est pas attribuable au « flux » des solides. *Bull. Soc. belge Géol.*, t. 19, pp. 449-482.
- RAMDOHR, P., 1960. — Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, Berlin.
- WAHLSTROM, E. E., 1937. — Octahedral parting on galena from Boulder County, Co. *Amer. Mineral.*, t. 22, p. 906.