

**Strengite,  
phosphosidérite, cacoxénite et apatite fibroradiée  
de Richelle (\*),**

par R. VAN TASSEL.

*ABSTRACT.* — *Phosphate-rich breccias in paleozoic limestone at Richelle, Belgium, show minute fibroradiated globules of strengite, phosphosiderite, cacoxenite and fluor-apatite. Small cavities are frequently lined with a brown coating composed of amorphous iron phosphate (delvauxite), goethite and  $\beta$ -FeO.OH. The hydrated ferric oxides are recognized by their X-ray powder pattern. Yellow amorphous globular or vermicular iron phosphates are regarded as richellite.*

La région de Visé est caractérisée par l'occurrence de plusieurs minéraux phosphatés : delvauxite [1], destinézite [1, 2], richellite [1], koninckite [1], viséite [3], torbernite [4], métatorbernite [5], autunite [5], métaautunite [5], apatite [1, 4, 5] et évansite [5]. A cette liste il y a lieu d'ajouter la strengite, la phosphosidérite et la cacoxénite, qui font ici l'objet d'une description. Une apatite fibroradiée, des oxydes ferriques hydratés et des phosphates de fer jaunes méritent également d'être signalés.

Tous les minéraux décrits dans la présente note proviennent des brèches radioactives grises et brunes, observées dans une poche de calcaire paléozoïque, à 200 m au Nord du clocher de Richelle (1).

### 1. STRENGITE.

Ce minéral se présente sous forme de petits globules fibroradiés individualisés (0,05-0,1 mm de diamètre) ou d'une croûte mince (0,1-0,2 mm d'épaisseur) finement mamelonnée. La couleur est généralement blanche, parfois légèrement jaunâtre ou verdâtre. L'aspect est tantôt cristallin, tantôt saccharoïde, tantôt subrésineux. Les sphérules ne sont visibles à l'œil nu que lorsqu'elles se détachent sur un fond sombre.

La strengite recouvre des masses compactes phosphatées jaunes, brunes ou verdâtres, des surfaces de roches silicifiées, des surfaces mamelonnées de « delvauxite » vitreuse ou des cristaux de quartz. Elle tapisse également des alvéoles de cristaux de gypse dissous (1-2 mm) ou de petites géodes de formes irrégulières (quelques millimètres au maximum).

(\*) Texte remis en séance.

(1) Site n° 2 signalé par R. LEGRAND [6].

Les empreintes de gypse observées dans une masse compacte sont localement très abondantes. Elles sont souvent enchevêtrées et accusent des formes lamellaires ou prismatiques. Il peut être signalé sous ce rapport que H. BUTTGENBACH [7] a signalé de nombreux cristaux de gypse parfaitement visibles à la loupe dans une richellite compacte.

Les sphérules de strengite montrent une texture nettement fibroradiée. Au microscope elles se révèlent tantôt limpides, tantôt de transparence variable avec un noyau et une zone périphérique clairs et une zone intermédiaire trouble. L'allongement des fibres est positif. La mesure des indices de réfraction est malaisée, mais il a toutefois été établi que le grand indice est supérieur à 1,710 et apparemment proche de 1,737. Le poids spécifique est inférieur à 2,9.

Un examen chimique a révélé la présence de phosphate, tandis qu'une analyse spectrale a mis en évidence l'abondance de fer et la quasi-absence de manganèse.

Le radiogramme de poudre, dont les  $d_{hkl}$  sont groupés au tableau I, indique un minéral de la série variscite-strengite. Complémentairement, la mesure de la réfraction appuie l'assimilation à de la strengite.

La strengite se révèle assez répandue à Richelle, mais apparemment toujours sous une forme globulaire ou botryoïde. Son occurrence est illustrée à la planche I par la figure 1, tandis que son radiogramme (fig. 9) y est comparé à celui de la strengite de la mine Éléonore, Giessen (fig. 10).

## 2. PHOSPHOSIDÉRITE.

La strengite se présente souvent intimement associée à la phosphosidélite surtout dans les sphérules à aspect gras, car les radiogrammes de poudre de ces dernières laissent apparaître des réflexions parasites du dernier minéral. La phosphosidélite devient dominante dans certains globules isolés ou certaines petites masses botryoïdes de couleur blanche ou légèrement jaunâtre, et dans le dernier cas, à éclat franchement subrésineux. Le diamètre de ces sphérules est de 0,05-0,2 mm. Leur occurrence paraît moins abondante que celle des globules de strengite.

La texture des sphérules est nettement fibroradiée et légèrement oolithique. L'allongement des fibres est positif. Le grand indice est proche de 1,717. Le poids spécifique est inférieur à 2,9.

Le radiogramme de poudre a montré les réflexions caractéristiques de la phosphosidérite, mais n'a presque jamais été trouvé exempt de réflexions parasites de la strengite. Les résultats sont groupés au tableau I. La figure 2 de la planche I donne une image des globules de phosphosidérite.

L'association intime de strengite et de phosphosidérite a été signalée par D. Mc CONNELL [8] et par J. M. AXELROD, M. K. CARRON, C. MILTON et T. P. THAYER [9]. Ces derniers ont précisé en outre que l'association des phosphates dimorphes, phosphosidérite et strengite, paraît assez fréquente.

Il a été signalé antérieurement [5] que des globules (0,1 mm) sont incrustés dans des cristaux de (méta)torbernite-(méta)autunite de Richelle (1). Leur identification, laissée en suspens à ce moment, a été menée à bonne fin à la lumière des observations récentes. Les radiogrammes indiquent en effet que les globules sont constitués de phosphosidérite ou d'une association de strengite-phosphosidérite.

La phosphosidérite est également un constituant majeur dans la substance compacte jaunâtre à aspect gras qui s'est moulée sur les cristaux de quartz blancs et noirâtres (2 à 5 mm).

Il s'est avéré d'autre part que certains spécimens de collection de Richelle montrant des globules gras, étiquetés comme koninckite, sont en réalité composés de strengite-phosphosidérite.

### 3. CACOXÉNITE.

Ce minéral se présente soit sous forme de minuscules globules individualisés (25 à 75  $\mu$ ) à surface lisse (fig. 3 de la planche) ou finement hérissée, soit sous forme d'une mince croûte délicatement mamelonnée, soit sous forme d'une lamelle extrêmement mince et fragile en contact avec des cristaux de quartz noir. La couleur est jaune-miel à brune. Les globules ont été observés : *a*) enveloppant de petits cristaux de quartz, *b*) tapisant de petites géodes (fig. 5 de la planche) ou des empreintes de cristaux de gypse dissous (fig. 6 de la planche), *c*) délicatement individualisés sur des mamelons de « delvauxite ». C'est sous cette dernière forme que la substance a déjà été signalée antérieurement, toutefois sans pouvoir être identifiée (2). Du matériel plus abondant et mieux individualisé a permis maintenant de l'assimiler à la cacoxénite.

(1) P. 235 et fig. 10 *in* [5].

(2) P. 236 *in* [5].

Au microscope les globules se révèlent d'une grande pureté et accusent une texture fibroradiée très serrée. L'allongement des fibres est positif. Le grand indice est proche de 1,652 et le petit de 1,600.

TABLEAU I.

Strengite				Phosphosidérite				Cacoxénite			
Richelle ( <sup>1</sup> )		(2)		Richelle ( <sup>1</sup> )		Pleystein ( <sup>2</sup> )		Richelle ( <sup>1</sup> )		Fellings- hausen ( <sup>1</sup> )	
$d_{hkl}$	<i>I</i>	$d_{hkl}$	<i>I</i>	$d_{hkl}$	<i>I</i>	$d_{hkl}$	<i>I</i>	$d_{hkl}$	<i>I</i>	$d_{hkl}$	<i>I</i>
5,54 Å	F	5,42 Å	5	6,60 Å	f	6,48 Å	1	9,25 Å	f	9,28 Å	f
4,94	m	4,92	4	5,45 ( <sup>3</sup> )	f	—	—	7,90	m	7,97	f
4,38	TF	4,338	8	4,96	mf	4,88	1	6,90	m	6,96	mf
4,01	tf	3,947	3	4,61	m	4,67	5	4,86	F	4,91	F
3,71	tf	3,684	2	4,34	F	4,327	6	4,55	f	—	—
3,29	tf	3,239	2	4,04	tf	4,089	2	4,19	m	4,17	F
3,10	m	3,093	6	—	—	3,965	2	3,73	f	3,72	f
3,06	mf	2,982	4	3,60	m	3,592	5	3,29	f	—	—
—	—	—	—	—	—	3,320	2	—	—	—	—
2,94	f	2,925	4	3,10	f	3,052	3	3,13	F	3,14	F
2,78	tf	2,782	4	2,93	tf	2,831	1	2,96	f	2,92	f
2,63	tf	—	—	2,78	F	2,771	>10	2,79	F	2,78	F
2,539	m	2,514	8	2,539	m	2,557	5	2,437	f	—	—
2,443	f	2,426	4	1,995	f	2,011	5	—	—	—	—
2,138	tf	2,121	5	—	—	—	—	—	—	—	—
2,003	tf	1,995	4	—	—	—	—	—	—	—	—

TF = très fort, F = fort, m = moyen, mf = moyen faible, f = faible, tf = très faible.

(<sup>1</sup>) Radiation de Co; caméra 5,73 cm diamètre.

(<sup>2</sup>) McCONNELL, D., 1940, p. 722 [12]. Quelques raies très faibles ont été omises.

(<sup>3</sup>) Réflexion imputable à la strengite.

Le radiogramme du minéral de Richelle dont les  $d_{hkl}$  sont groupés au tableau I et dont l'illustration est donnée à la planche I (fig. 13) est conforme à celui de la cacoxénite de la mine Éléonore, Fellingshausen (fig. 14).

A Richelle, la cacoxénite semble assez fréquente, mais toutefois moins abondante que la strengite.

Il peut être souligné ici que les informations relatives au poids spécifique relevées dans la littérature minéralogique sont assez divergentes. A. N. WINCHELL [10], reprenant vraisemblablement la donnée de E. S. LARSEN (1934), indique 3,38, tandis que « Dana's System of Mineralogy », 7<sup>e</sup> édition, renseigne 2,2 à 2,4 [11]. Le poids spécifique de la cacoxénite de Richelle est inférieur à 2,9.

#### 4. APATITE FIBRORADIÉE.

L'apatite a déjà été observée à Richelle sous forme de jolis cristaux de 0,25-0,5 mm, de facies tabulaire ou bipyramidé [4, 5]. D'autre part, H. BUTTGENBACH [1] a mentionné que le minéral aurait été trouvé dans des phtanites cavernaux de Visé.

Un facies fibreux de l'apatite de Richelle mérite maintenant d'être signalé. Le minéral s'y présente en effet, dans de petites géodes, sous forme de délicates touffes finement fibroradiées, de minces croûtes mamelonnées de 0,1 mm d'épaisseur (fig. 7 et 8 de la planche) ou de globules cohérents vitreux, de 0,1 mm de diamètre (fig. 4), à texture fibroradiée très serrée. L'apatite est souvent implantée sur des surfaces mamelonnées de « delvauxite ».

La couleur est blanche, parfois avec une légère teinte verdâtre. Le radiogramme indique que le minéral est, comme les cristaux tabulaires [5], du type fluoré.

La distinction entre la strengite et l'apatite peut s'avérer difficile à première vue, mais le poids spécifique (supérieur à 2,9) et l'allongement négatif des fibres de l'apatite permettent d'emblée de faire la distinction.

#### 5. DELVAUXITE, GOETHITE ET $\beta$ -FeO.OH.

Il a été signalé précédemment que la strengite, la cacoxénite et l'apatite ont été observées implantées sur des surfaces mamelonnées d'une substance désignée comme « delvauxite », dont il importe de préciser la nature. Il s'agit également de la couche brune vitreuse tapissant de petites géodes, assimilée antérieurement à de la delvauxite [5].

Une étude plus poussée, effectuée sur de nouvelles récoltes, a toutefois révélé que la nature de cette substance est fort complexe.

La substance forme une couche mince (0,1-0,2 mm) dans de petites géodes. Sa surface est mamelonnée, voire stalactitique. Son éclat est vitreux ou mat. Sa couleur est brune à brun-rouge, et celle de la poudre, brune. La cassure est conchoïdale, à éclat vitreux ou mat, et laisse fréquemment apparaître une texture zonée. La substance se présente encore comme un véritable vernis et comme une pellicule à forme de coque d'œuf (0,1 mm d'épaisseur) ou de sphère creuse (0,25 mm de diamètre).

Certains fragments sont optiquement isotropes, d'autres anisotropes. L'indice de réfraction est variable; il est de toute façon supérieur à 1,60 et se rapproche parfois de 1,74. Il est possible de déceler des grains à indice inférieur à 1,74 et d'autres à indice supérieur à 1,74. Certains fragments ont un poids spécifique entre 2,4 et 2,9 (généralement ceux à éclat vitreux), d'autres entre 2,9 et 3,3 (généralement ceux à éclat mat). Un concentré de ces premiers donne 12 %  $P_2O_5$  et 69 %  $Fe_2O_3$ , un concentré des derniers donne 8 %  $P_2O_5$  et 73 %  $Fe_2O_3$ . Les fortes teneurs en fer doivent trouver leur explication dans la présence d'un autre minéral que la delvauxite.

De multiples radiogrammes de poudre ont maintenant mis en évidence que trois substances peuvent être décelées : 1° une matière amorphe aux rayons X (matière assimilée à de la delvauxite), 2° de la goethite ( $\alpha$ -FeO.OH) et 3° du  $\beta$ -FeO.OH. Ces trois substances se présentent parfois plus ou moins individualisées. Le radiogramme de la dernière matière est identique à celui de  $\beta$ -FeO.OH signalé par O. KRATKY et H. NOWOTNY [13]. Les distances réticulaires sont comparées au tableau ci-après.

Cette constatation est intéressante, car le  $\beta$ -FeO.OH ne paraît pas encore avoir été retenu comme minéral. M. A. PEACOCK [14] a précisé, à la suite de multiples examens aux rayons X effectués sur des oxydes ferriques hydratés naturels, que la goethite ( $\alpha$ -FeO.OH) et la lépidocrocite ( $\gamma$ -FeO.OH) sont les seuls à prendre rang parmi les espèces minérales.  $\beta$ -FeO.OH ne figure non plus dans l'Index de M. H. HEY [15]. O. KRATKY et H. NOWOTNY [13] ont toutefois précisé que le  $\beta$ -FeO.OH finement divisé doit être pris en considération pour la composition minéralogique de certains oxydes ferriques hydratés « amorphes » dans la nature.

Minéral de Richelle (1)		$\beta$ -FeO.OH (2)	
$d_{hkl}$	<i>I</i>	$d_{hkl}$	<i>I</i>
7,4 Å	m	7,30 Å	mf
5,3	f	5,26	mf
4,17	tf (3)	—	—
3,31	F	3,31	F
2,54	F	2,536	F
2,29	m	2,284	mF
1,94	tf	1,945	f
1,73	f	1,752	f
1,63	f	1,637	F
1,52	tf	1,511	mf
1,43	tf	1,446	m
1,37	tf	1,379	m

(1) Radiation de Co, caméra 5,73 cm diamètre. Les raies sont plutôt diffuses.

(2)  $d_{hkl}$  calculés à partir des valeurs  $\sin^2 \theta$  observées par O. KRATKY et H. NOWOTNY [13]. Les réflexions les plus faibles ont été omises.

(3) Réflexion due à la goethite.

La pellicule décrite présente exceptionnellement des lamelles en forme de losanges (0,5 mm) à bords arrondis. Ces lamelles sont creuses à l'intérieur et doivent être regardées comme des pseudomorphoses d'après des cristaux de gypse. Ces derniers ont dû être enduits d'une mince couche à base de fer et de phosphate, qui a finalement subsisté après la dissolution ultérieure du gypse. Cette pseudomorphose rappelle la delvauxite pseudomorphe de gypse (rarement plus de 2 mm de longueur) trouvée dans les environs de Visé (à Berneau d'après H. BUTTENBACH [1]) et décrite par G. CESÀRO [16].

## 6. PHOSPHATE DE FER JAUNE (? RICHELLITE).

Parmi les substances phosphatées observées dans les brèches de Richelle et examinées au cours de cette étude, il y en a deux qui sont caractérisées par une teinte jaune clair et qui se pré-

sentent soit sous forme d'une masse mamelonnée, botryoïde ou stalactitique (mamelons de 0,2 mm), soit sous forme d'une tubulation vermiculaire (deux tubulations ont été observées : une de 4 mm de longueur et 0,4 mm de diamètre à axe creux, une autre de 1,5 mm de longueur et 0,2 mm de diamètre). La cassure est conchoïdale et l'éclat est franchement résineux. Le poids spécifique est inférieur à 2,18. Les deux substances sont anisotropes au microscope avec une extinction roulante entre nicols croisés, mais elles sont amorphes vis-à-vis de la diffraction des rayons X. L'indice de réfraction est difficile à préciser; il varie entre 1,53 et 1,63 suivant la teinte plus ou moins claire des fragments. Les substances sont solubles dans  $\text{HNO}_3$  2N froid. Les constituants chimiques majeurs sont le fer et le phosphate.

La rareté des substances n'a pas permis de reconnaître d'autres caractères. Une certaine analogie avec la richellite n'est pas à contester et c'est à ce dernier minéral que les deux substances sont assimilées jusqu'à preuve du contraire.

Des observations ont été faites dans le but de déceler l'ordre de succession dans la formation des minéraux phosphatés décrits. Les conclusions, basées sur l'interprétation des implantations mutuelles occasionnelles des diverses substances, n'ont toutefois pas conduit à un schéma simple et bien défini. Il paraît difficile, entre autres, d'expliquer l'existence d'une géode tapissée uniquement de strengite dans le voisinage immédiat (par exemple à 1 mm de distance) d'une géode tapissée uniquement de cacoxénite. Il a été observé, d'autre part, que certaines phases se sont répétées, par exemple le dépôt d'une couche brune à delvauxite, goethite et/ou  $\beta\text{-FeO.OH}$  et le dépôt d'apatite. Grossièrement l'ordre génétique semble pouvoir s'établir comme suit : 1° enrobage du gypse d'une pellicule de l'association delvauxite-oxydes de fer, dissolution des cristaux de gypse, dépôt des phosphates jaunes amorphes (? richellite), 2° dépôt d'une croûte de l'association delvauxite-oxydes de fer, dépôt de l'apatite, 3° formation de la cacoxénite, 4° formation de la strengite et de la phosphosidérite. Il s'en dégagerait une évolution des phosphates basiques vers des phosphates neutres.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

1. BUTTGENBACH, H., 1947, Les minéraux de Belgique et du Congo belge, 576 p., Liège.
  2. VAN TASSEL, R., 1956, Note sur la jarosite et la destinézite d'Argenteau. (*Publ. Assoc. Étude Paléont. Stratigr. Houil.*, 25, pp. 95-98.)
  3. MÉLON, J., 1942, La Viséite, nouvelle espèce minérale. (*Ann. Soc. géol. Belg.*, 66, pp. B 53-56.)
  4. JEDWAB, J., 1958, Présence de torbernite à Richelle (province de Liège). (*Bull. Soc. belge Géol.*, 67, pp. 300-303.)
  5. VAN TASSEL, R., 1959, Autunite, apatite, delvauxite, évansite et fluellite de la région de Visé. (*Ibid.*, 68, pp. 226-250.)
  6. LEGRAND, R., 1957, Brèches radioactives aux environs de Visé. (*Ibid.*, 66, pp. 211-217.)
  7. BUTTGENBACH, H., 1896-1897, Gypse dans la richellite. (*Ann. Soc. géol. Belg.*, 24, p. 78.)
  8. MCCONNELL, D., 1939, Symmetry of Phosphosiderite. (*Amer. Miner.*, 24, pp. 636-642.)
  9. AXELROD, J. M., CARRON M. K., MILTON, C. and THAYER, T. P., 1952, Phosphate mineralization at Bomi Hill and Bambuta, Liberia, West Africa. (*Amer. Miner.*, 37, pp. 883-909.)
  10. WINCHELL, A. N., 1951, Elements of Optical Mineralogy, Part 2, 551 p., New York.
  11. PALACHE, C., BERMAN, H. and FRONDEL, C., 1951, The System of Mineralogy, 2, 1124 p., New York.
  12. MCCONNELL, D., 1940, Clinobarrandite and the isodimorphous series, variscite-metavariscite. (*Amer. Miner.*, 25, pp. 719-725.)
  13. KRATKY, O. und NOWOTNY, H., 1938, Zur Kristallstruktur von  $\beta$ -FeO.OH. (*Zeits. Krist.*, 100, pp. 356-360.)
  14. PEACOCK, M. A., 1942, On goethite and lepidocrocite. (*Transact. Roy. Soc. Canada*, 3<sup>e</sup> sér., 36, section 4, pp. 107-118.)
  15. HEY, M. H., 1955, An Index of Mineral Species and Varieties arranged chemically, 728 p., London.
  16. CESÀRO, G., 1884-1885, Note sur la delvauxine pseudomorphe de gypse trouvée dans les environs de Visé. (*Ann. Soc. géol. Belg.*, 12, pp. M 192-193.)
-

PLANCHE

## EXPLICATION DE LA PLANCHE.

---

Figures 1 à 8. Minéraux de Richelle ( $\times 10$ ).

- FIG. 1. — Globules de strengite.  
FIG. 2. — Masse mamelonnée de phosphosidérite, associée à de la strengite.  
FIG. 3. — Géode tapissée de globules lisses de cacoxénite.  
FIG. 4. — Globules et croûtes mamelonnées d'apatite fibroradiée sur pellicule de delvauxite, goethite,  $\beta\text{-FeO.OH}$ .  
FIG. 5. — Petite géode tapissée entièrement de cacoxénite.  
FIG. 6. — Empreinte de gypse couverte de cacoxénite.  
FIG. 7. — Géode à apatite délicatement fibroradiée.  
FIG. 8. — Couche d'apatite fibroradiée dans géode.

Figures 9 à 14. Radiogrammes de poudres (grandeur naturelle). Radiation de cobalt, filtre Fe, caméra 5,73 cm de diamètre.

- FIG. 9. — Strengite de Richelle.  
FIG. 10. — Strengite de la mine Éléonore, Giessen.  
FIG. 11. — Phosphosidérite associée à de la strengite de Richelle.  
FIG. 12. — Phosphosidérite de Kreuzberg, Pleystein.  
FIG. 13. — Cacoxénite, Richelle.  
FIG. 14. — Cacoxénite de la mine Éléonore, Fellingshausen.
-

