

## Autunite, apatite, delvauxite, évansite et fluellite de la région de Visé,

par R. VAN TASSEL.

**ABSTRACT.** — *At Richelle, dissolution breccias in paleozoic limestone show strongly fluorescent autunite associated, even in the same crystal, with non fluorescent torbernite. The ratio Ca : Cu is about unity. The phase meta-I is present in situ. X-ray powder data are tabulated. Fine small fluor-apatite crystals, of tabular and bipyramidal habit, show seven forms. Delvauxite occurs as vitreous coating in small geodes.*

*At Argenteau minute autunite plates are found in phosphate rich breccia. Fluorescent amorphous nodules and veinlets are identified as evansite. Minute colourless crystals of fluellite, for which the specific weight, the refractive indices and the X-ray powder spacings are given, are compared with fluellite from Stenna Gwyn and Bavaria. The chemical analysis shows a fairly high phosphate content which can only hardly be due to impurities.*

L'étude radiométrique systématique et minutieuse, poursuivie sur le terrain par R. LEGRAND [1, 2], a conduit à la belle découverte, par J. JEDWAB [3], de torbernite à Richelle, près de Visé. Le minéral se présente, d'après cet auteur, sous forme de petits cristaux, de 0,05 à 0,5 mm, dispersés en nids ou en traînées dans l'argile et la roche scoriacée d'une poche de dissolution du calcaire paléozoïque. Poursuivant ses recherches, R. LEGRAND <sup>(1)</sup> [2] a décelé, à Argenteau, des paillettes d'un minéral uranifère dans la poche de dissolution du calcaire viséen.

La présente étude, effectuée, en partie, sur du matériel aimablement mis à ma disposition par mes collègues R. LEGRAND et J. JEDWAB et, en partie, sur des récoltes effectuées par l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, a pour but d'apporter des données complémentaires sur les minéraux uranifères de la région de Visé et sur les phosphates qui leur sont, parfois, si intimement associés.

### I. — GÎTE DE RICHELLE.

Ce gîte, situé à 200 m au Nord du clocher de Richelle, correspond au site 2, signalé par R. LEGRAND [1]. Le matériel examiné au cours de la présente étude provient, d'une part,

<sup>(1)</sup> LEGRAND, R., 1958, p. 292.

d'une brèche grise, assez friable, et, d'autre part, d'une brèche brune sousjacente, plus ou moins cohérente. Le ciment de la roche brune a déjà fait l'objet d'une analyse chimique, par C. CAMERMAN (1). Celle-ci indique, entre autres : 46,8 %  $\text{SiO}_2$ , 23,3 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 10,4 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et 4,7 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . La teneur en phosphate y est donc relativement importante.

Bien que la brèche brune se révèle un peu plus radioactive que la brèche grise, cette dernière paraît toutefois minéralogiquement plus intéressante, du fait qu'elle se prête mieux, en raison de sa dureté plus faible, à un isolement plus aisé des divers constituants.

Environ 50 kg de brèche à ciment argileux gris ont été débourbés à l'eau courante, broyés grossièrement, tamisés, séchés à 30° C et fractionnés au bromoforme et à l'iodeure de méthylène. La fraction (15,3 g), de densité supérieure à 3,3, est constituée essentiellement de phosphate uranifère et de cryptomélane (2) et a été traitée au séparateur magnétique de Frantz. La fraction finale (5,5 g), non magnétique, comprend principalement, comme l'a d'ailleurs déjà signalé J. JEDWAB [3], du phosphate uranifère et, accessoirement, du zircon. La teneur en uranium, de la roche prélevée, à raison de 60 %  $\text{UO}_3$  dans le phosphate uranifère cristallin (torbernite-autunite), est ainsi de l'ordre de 0,012 % U. Ce chiffre est évidemment un minimum, car les particules les plus fines, importantes en raison du broyage de la roche, les grains entraînés dans d'autres fractions, ainsi que les éventuels composés uranifères solubles dans l'eau, ont été perdus au cours des manipulations. Le chiffre de 0,012 % U, basé ainsi sur la séparation d'un composé uranifère, est fatalement, mais pas trop sensiblement, inférieur aux mesures moyennes directes (0,02 à 0,06 % U) obtenues par R. LEGRAND [1].

La brèche brune, traitée suivant la même technique de séparation, s'est révélée moins rentable en cristaux uranifères isolés.

Les minéraux phosphatés de la brèche de Richelle, qui ont retenu particulièrement l'attention au cours de cette étude, sont : l'autunite, la torbernite, l'apatite et la delvauxite.

---

(1) LEGRAND, R., 1957, p. 213.

(2) Cette cryptomélane, identifiée par son radiogramme de poudre, se présente sous forme d'écaillés crêtées ou de fragments mamelonnés à texture concentrique.

### 1. Autunite et torbernite.

J. JEDWAB [3] a déjà signalé que le phosphate uranifère se présente soit individualisé sous forme de cristaux tabulaires ou de bipyramides quadratiques tronqués, terminés par les formes  $\{001\}$  et  $\{011\}$ , soit sous forme de groupements en choux-fleurs ou d'association à axes parallèles. En outre, des cristaux d'interpénétration ou à aspect de macle ne sont pas rares.

Les groupements en choux-fleurs ou en barillets atteignent jusqu'à 1,5 mm, tandis que les plus grands cristaux individualisés mesurent au maximum 1 mm. Les figures 1, 2 et 3 de la planche montrent quelques aspects morphologiques des cristaux isolés : cristaux tabulaires (fig. 1), un cristal en barillet et des cristaux groupés en choux-fleurs (fig. 2), des cristaux quasi parfaits (fig. 3).

J. JEDWAB [3] a fait remarquer que la plupart des cristaux sont fluorescents. On constate d'ailleurs que l'intensité de la fluorescence vert-jaune est variable : certains cristaux ou groupements de couleur vert jaunâtre sont très fluorescents, d'autres le sont moins et d'autres encore, de teinte franchement verdâtre, sont exempts de fluorescence. Dans un même cristal peuvent être observées des lamelles jaunâtres qui sont fortement fluorescentes et des lamelles verdâtres qui sont dépourvues de fluorescence. Ce caractère variable mérite d'être examiné de plus près.

Les renseignements consignés dans la littérature minéralogique sont assez discordants au sujet de la fluorescence de la torbernite. Les références plus anciennes signalent une fluorescence, parfois variable, pour la torbernite, mais les recherches récentes sont unanimes à admettre, pour ce minéral, une absence de cette propriété optique.

A ce propos, on peut citer, entre autres, J. CHERVET et G. BRANCHE [4] : « La chalcolite est souvent décrite comme étant fluorescente en lumière de Wood. Les auteurs n'ont jamais rencontré de chalcolite fluorescente dans les nombreux échantillons examinés. Une fluorescence vert-jaune indique toujours la présence d'autunite pour ces cristaux ressemblant extérieurement à la chalcolite ». H. MEIXNER [5, 6] et H. W. BÜLT-TEMANN [7] ont examiné systématiquement la fluorescence de la torbernite et de l'autunite et sont arrivés à la conclusion que le premier minéral en est dépourvu.

Les observations faites sur les minéraux artificiels confirment la différence de la fluorescence. Dans ce but, la torbernite et l'autunite ont été préparées suivant les techniques respectives de R. BERMAN [8] et de J. BEINTEMA [9]. Après vérification de la nature des produits préparés au moyen de la diffraction des rayons X, il a été établi que l'autunite ainsi synthétisée est très fluorescente en vert-jaune, tandis que la torbernite reste indifférente aussi bien sous les rayons ultra-violets de courte longueur d'onde que sous ceux de grande longueur.

Ces données font ainsi supposer, qu'à Richelle, il existe, à côté de la torbernite, un autre minéral responsable de la forte fluorescence. Ceci est effectivement le cas, car il est démontré par la présente étude que l'autunite y est également présente (1).

Avant d'aborder la description de cette autunite, il convient de s'arrêter au problème des torbernites et autunites authentiques et de leurs produits de transformation, les métatorbernites et métaautunites I et II.

Quelques auteurs (2) [10] affirment que la métaautunite-I n'existe pas dans la nature et que cette forme correspond uniquement à celle des nombreux échantillons de collection, qui se déshydratent spontanément ou qui ont été soumis à la chaleur. D'autres auteurs ne partagent pas cet avis. A. F. HALLIMOND [11] a précisé que, pour la torbernite, la forme méta-I existe dans la nature. G. et J. D. H. DONNAY [12] ont souligné : « It is surprising that Dana VII, p. 894, does not grant more recognition to metaautunite as a natural species, for it should occur at least as abundantly as metatorbernite ». D'autre part, C. GUILLEMIN [13] a signalé que la « transformation par l'eau de la chalcocite en métachalcolite explique la fréquence beaucoup plus grande de cette dernière espèce dans les gîtes métallifères ».

De nombreuses observations ont mis en évidence que la conversion réversible torbernite  $\rightleftharpoons$  métatorbernite-I et autunite  $\rightleftharpoons$  métaautunite-I est rapide. G. et J. D. H. DONNAY [12] ont précisé qu'une autunite, montée dans une caméra de diffraction, se transformait en métaautunite au cours de la nuit. Il est donc normal que les autunites et torbernites conservées

---

(1) JEDWAB, J., 1958, p. 302.

(2) ROUBAULT, M., 1958, p. 23.

dans les collections sont reconnues dans leurs formes méta-I (G. et J. D. H. DONNAY [12], H. BRICHARD et H. BRASSEUR [14], J. CHERVET et G. BRANCHE [4], N. ROUBAULT [10]).

Pour le phosphate uranifère de Richelle, il y a lieu de souligner qu'il a été concentré, au cours de la séparation, dans la fraction à densité supérieure à celle de l'iodure de méthylène (3,3). Or la torbernite et l'autunite ont respectivement une densité de 3,2-3,3 et de 3,1-3,2, tandis que la métatorbernite-I et la métaautunite-I ont respectivement une densité de 3,5-3,7 et de 3,5-3,6. On peut donc s'attendre à la présence de la phase méta dans le concentré obtenu suivant la présente technique de séparation. Les radiogrammes de poudre de ce matériel traité correspondent d'ailleurs à ceux de la forme méta-I.

Il importe de signaler que des précautions doivent être prises au cours des manipulations afin de ne pas trop changer les propriétés du matériel récolté. Des essais ont en effet montré que l'autunite et la torbernite synthétiques chauffées respectivement à 80° C pendant 24 heures et à 150° C pendant 48 heures voient leurs édifices cristallins modifiés, vraisemblablement en phase II et apparemment de façon irréversible. La même transformation a été observée pour l'autunite et la torbernite de Richelle (24 heures à 80° C pour l'autunite et 6 heures à 150° C pour la torbernite). Le chauffage à 80° C anéantit la fluorescence de l'autunite, mais laisse la métatorbernite-I encore intacte.

Afin de préciser la nature exacte du phosphate uranifère *in situ*, il a été procédé à un prélèvement de matériel dans des conditions contrôlées. A cet effet, un échantillon de roche, récolté sur le terrain par temps très sec, fut placé immédiatement après son prélèvement, dans un flacon en plastic fermé hermétiquement. Au laboratoire, l'échantillon fut retiré de son récipient immédiatement avant l'examen, observé rapidement sous les rayons UV pour permettre l'isolement du minéral uranifère. Ce dernier fut, sans autre traitement, broyé légèrement et soumis sans tarder à la diffraction par rayons X pour un enregistrement de 2 heures. Dans les deux cas d'observation, un radiogramme de métaautunite-I a été obtenu. Afin d'éliminer l'effet éventuel du broyage, un grain, prélevé et conservé dans les mêmes conditions, mais laissé non broyé, fut également examiné par rayons X et donna de même le diagramme de la phase méta-I. Que la durée de l'enregistrement (2 heures)

ait été sans influence, dans les trois cas cités, est prouvé par l'examen optique, car le matériel montra déjà, avant l'enregistrement, la réfraction correspondant à la métaautunite-I.

L'inventaire des radiogrammes obtenus sur du matériel de Richelle s'établit grosso-modo comme suit : 10 fois métaautunite, 22 fois métatorbernite et 3 fois autunite ou torbernite. Comme, d'autre part, J. JEDWAB [3] a reconnu optiquement de la torbernite, il y a lieu de conclure que les quatre espèces minéralogiques : torbernite, autunite, métatorbernite-I et métaautunite-I, peuvent être identifiées, au laboratoire, dans le matériel de Richelle.

En raison de la facilité de la conversion torbernite (autunite)  $\rightleftharpoons$  métatorbernite (métaautunite), d'ailleurs encore mise en évidence sur le matériel de Richelle même, l'opinion est avancée ici que des conditions d'humidité ou de sécheresse peuvent se réaliser à la surface du gîte de Richelle, de telle façon que l'on peut rencontrer, *in situ*, tantôt la torbernite (ou l'autunite) authentique, tantôt la phase méta-I.

Dans la description qui suit, les appellations torbernite et autunite sont utilisées pour désigner, sans distinction, la forme authentique ou la phase méta-I.

La différence de la fluorescence entre divers cristaux ou groupements de phosphate uranifère de Richelle, et même entre diverses parties d'un même cristal, a conduit à un examen systématique, au moyen des rayons X, qui a montré que les fragments verdâtres, non fluorescents, correspondent à la torbernite et les fragments jaunâtres, à fluorescence vive, à l'autunite.

Une coexistence des deux minéraux, au sein d'un même cristal, est d'ailleurs très fréquente. La répartition des deux espèces y est due à une croissance oscillatoire, qui donne naissance à un édifice cristallin à enveloppes successives de torbernite et d'autunite. Tantôt, le cœur ou l'enveloppe extérieure du cristal sont cuivrées, tantôt, ils sont calciques. Ce caractère remarquable est illustré par la lamelle de clivage figurée par la photo 4 de la planche. Cette lame passe grosso-modo à travers le centre du cristal. Autour du noyau, constitué, dans le cas présent, d'autunite, peuvent être observées trois zones de torbernite et deux zones d'autunite (l'autunite apparaît plus claire sur la photo).

Ce phénomène d'association torbernite-autunite ne paraît pas être rare dans d'autres gisements. J. CHERVET et G. BRANCHE [4] ont encore signalé qu'une pareille association est commune dans les gisements français. Il est de toute façon remarquable que deux espèces minérales à paramètres de maille fort similaires (torbernite  $a_0 = 7,06 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 20,5 \text{ \AA}$ , autunite  $a_0 = 6,99 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 20,63 \text{ \AA}$ , métatorbernite-I  $a_0 = 6,96 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 8,62 \text{ \AA}$ , métaautunite-I  $a_0 = 6,98 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 8,42 \text{ \AA}$ , d'après DANA [16]) se présentent bien individualisées dans un même cristal.

La distinction minéralogique entre la torbernite et l'autunite de Richelle est basée, principalement, sur l'interprétation des radiogrammes des poudres des phases méta-I. Les résultats sont consignés au tableau I et mis en regard des données de minéraux d'autres provenances. Les réflexions  $y$  ont été indexées conformément aux paramètres cités *in* Dana [16].

Il résulte du tableau I que les  $d_{hkl}$  des réflexions 102, 103 et 004 sont fortement influencées par l'importance du facteur  $1/c_2$  (métatorbernite-I  $c_0 = 8,62 \text{ \AA}$ , métaautunite-I  $c_0 = 8,42 \text{ \AA}$ ).

Les figures 7 et 8 de la planche I montrent respectivement le radiogramme de la métatorbernite-I et celui de la métaautunite-I. Les réflexions 102 et 103, particulièrement utiles pour la distinction des deux espèces,  $y$  sont indiquées par des points blancs. Il est à noter que les deux clichés ont été obtenus sur deux fines lamelles (l'une non fluorescente = métatorbernite, l'autre fluorescente = métaautunite) ayant appartenu à un même cristal.

La distinction entre métatorbernite-I et métaautunite-I de Richelle trouve encore sa confirmation dans la mesure de la réfraction; pour les fragments verdâtres, non fluorescents,  $n > 1.600$  (métatorbernite-I); pour les fragments jaunâtres très fluorescents  $n \leq 1.600$  (métaautunite-I).

Afin d'être renseigné sur l'importance relative de l'association torbernite-autunite dans le gîte de Richelle, une prise de 2,3 g de phosphate uranifère, isolée, suivant la technique décrite plus haut, d'un lot de 50 kg de roche, a été soumise à une analyse chimique, dont les résultats sont groupés au tableau II.

Les résultats analytiques indiquent que la composition du phosphate uranifère de Richelle correspond bien à celle de torbernite-autunite, où  $\text{UO}_3 : (\text{Cu}, \text{Ca})\text{O} : \text{P}_2\text{O}_5 = 2 : 1 : 1$ , et que le matériel examiné se présentait sous sa forme méta à

TABLEAU I.

	Métatorbernite				Métaautunite					
	Richelle		Gunnis Lake, Cornouailles ( <sup>1</sup> )		Richelle		Sabugal, Portugal ( <sup>2</sup> )		( <sup>3</sup> )	
<i>hkl</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>
001	8,55 Å	F	8,66 Å	9	8,36 Å	F	8,51 Å	10	8,52 Å	m
—	—	—	6,57	1	—	—	—	—	—	—
101	5,45	m	5,42	6	5,37	m	5,39	7	5,41	F
110	4,93	m	4,96	6	4,95	m	4,96	5	4,95	F
111	4,31	f	4,32	5	4,24	m	4,28	6	4,26	F
—	—	—	3,86	1	—	—	—	—	—	—
102	3,67	F	3,69	10	3,59	F	3,63	8	3,63	ft
200	3,46	m	3,51	7	3,47	F	—	—	3,51	TF
201	3,22	m	3,24	8	3,22	F	3,24	8	3,24	TF
211	2,93	f	2,94	3	2,92	m	—	—	2,94	F
103	2,70	tf	2,67	4	2,61	f	2,61	3	2,62	tf
122	2,53	f	2,53	3	2,50	tf	2,51	3	2,52	f
220	—	—	2,47	1	—	—	2,47	2	2,48	m
221	2,37	f	2,37	2	2,36	tf	2,38	3	2,38	m
301	—	—	2,25	1	—	—	2,25	3	2,25	m
310	2,20	f	2,20	2	2,20	f	2,21	3	2,215	F
004	—	—	2,16	3	2,08	f	2,10	3	2,14	F
123	—	—	2,12	2	—	—	—	—	—	—
302	2,05	f	2,05	3	2,03	f	2,04	3	2,05	m
114	1,980	f	1,981	3	1,944	tf	1,941	2	1,89	m

Estimation visuelle de l'intensité : TF = très fort, F = fort, m = moyen, f = faible, tf = très faible.

(<sup>1</sup>) FRONDEL, C., RISK, D. et FRONDEL, J. W., 1956, p. 121.

(<sup>2</sup>) ID., 1956, p. 120.

(<sup>3</sup>) BRICHARD, H. et BRASSEUR, H., 1958, p. 6.

TABLEAU II.

		Recalculé	Rapport moléculaire
UO <sub>3</sub>	58,18 %	61,63 %	0,2145
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	14,88 %	15,69 %	0,1105
CuO	5,12 %	5,40 %	0,0679
CaO	2,93 %	3,09 %	0,0551
H <sub>2</sub> O	13,71 %	14,46 %	0,8026
PbO + BaO	néant <sup>(1)</sup>	—	—
Insoluble	5,29 % <sup>(2)</sup>	—	—
Total	100,11 %	100,00 %	

Mode opératoire : H<sub>2</sub>O d'après PENFIELD-HARTWIG-BENDIG; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par gravimétrie du phosphomolybdate, calciné à 525° C; CuO, CaO, PbO + BaO par gravimétrie de (UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, CuO, CaSO<sub>4</sub>, (Pb + Ba)SO<sub>4</sub>.

(<sup>1</sup>) Néant au sens macroanalytique.

(<sup>2</sup>) Insoluble, séché à 110° C, après attaque à chaud par HNO<sub>3</sub> ou HCl 1 : 1. Le résidu est composé essentiellement de quartz.

environ 8 molécules d'eau. On peut conclure que la torbernite et l'autunite sont représentées à Richelle, à peu près à parts égales, avec toutefois, apparemment, une faible prédominance du composé cuivrique.

Les cristaux de torbernite-autunite de Richelle présentent souvent, ainsi qu'il a déjà été signalé par J. JEDWAB [3], des groupements à axes parallèles et des assemblages à aspect de macles de contact ou d'interpénétration. Des macles suivant (110) et suivant (111) ne semblent pas rares. Toutefois les mesures au goniomètre accusent de tels écarts pour les angles calculés de la macle, que de nombreux individus groupés sont plutôt à considérer comme des assemblages arbitraires. Quelques cristaux néanmoins satisfont la loi de macle soit suivant (110), soit suivant (111). Les figures 5 et 6 de la planche montrent quelques assemblages, dont plusieurs paraissent arbitraires.

La torbernite-autunite de Richelle est parfois associée intimement à d'autres minéraux, notamment au **quartz** idiomorphe (la figure 9 de la planche donne un bel exemple d'un prisme parfait implanté sur un cristal lamellaire), à de la **cryptomélane** enveloppant une partie d'un cristal, et à de petits globules légèrement verdâtres, incrustés dans les cristaux uranifères. Ces globules sont de l'ordre de 0,1 mm de diamètre et se présentent soit isolés, soit groupés. La figure 10 de la planche montre un groupe botryoïde implanté sur un cristal de torbernite-autunite. Bien que quelques propriétés de ce minéral globulaire aient pu être précisées, il n'a pas été possible de l'identifier. Ses caractéristiques sont toutefois données ici, à toute fin utile : microcristallin, anisotrope, non fluorescent,  $n > 1,64$  et  $< 1,74$ , densité inférieure à 2,9, insoluble dans  $\text{HNO}_3$  2N froid,  $d_{hkl}$  les plus intenses : 4,9, 4,37, 2,77 et 2,55 Å.

## 2. Apatite.

Ce minéral se présente sous forme de très nombreux cristaux idiomorphes, incolores, limpides ou troubles, de 0,25 à 0,5 mm. Il est un constituant important dans la fraction, à densité comprise entre celles du bromoforme et de l'iodure de méthylène, obtenue suivant la technique de séparation décrite au premier chapitre. J. JEDWAB [3] a déjà signalé la présence de ces cristaux, qui se prêtent bien, malgré leur ténuité, aux mesures goniométriques. Les formes suivantes ont été reconnues :

$c$  {0001},  $m$  {10 $\bar{1}$ 0},  $a$  {11 $\bar{2}$ 0},  $r$  {10 $\bar{1}$ 2},  $x$  {10 $\bar{1}$ 1},  $y$  {20 $\bar{2}$ 1},  $s$  {11 $\bar{2}$ 1}.

Les faces  $a$  et  $s$  sont peu développées et la réflexion  $y$  est médiocre. Le tableau suivant donne une justification de l'interprétation des mesures goniométriques pour les faces pyramidales :

$$c : r = 23^{\circ}07' \pm 30';$$

$$c : x = 40^{\circ}28' \pm 20';$$

$$c : y = 59^{\circ}51' \pm 20'.$$

L'habitus des cristaux est généralement tabulaire, mais un habitus bipyramidé a également été observé. La figure 1 donne une représentation des cristaux d'apatite de Richelle suivant le système des deux projections.

La diffraction aux rayons X indique que l'apatite de Richelle est du type fluoré.

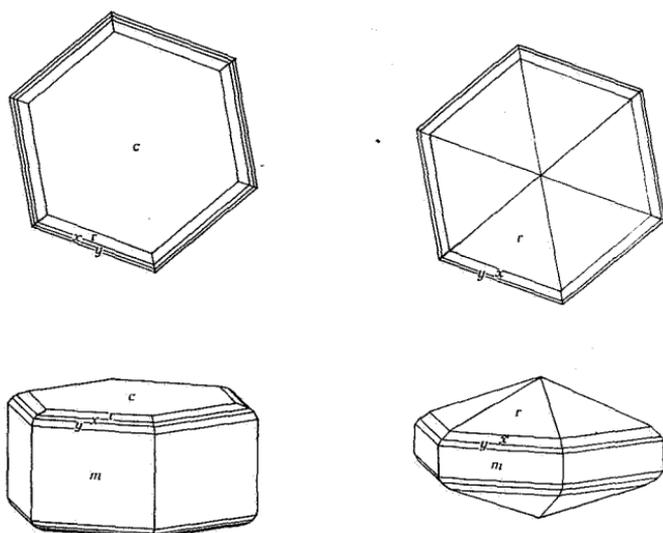


FIG. 1. — Cristaux d'apatite de Richelle.

### 3. Delvauxite.

Un minéral mamelonné tapisse parfois sous forme d'une couche vitreuse les parois de petites géodes rencontrées dans la brèche brune. L'épaisseur de la couche est de l'ordre de 0,1-0,2 mm. La substance est châtain brun, optiquement isotrope ou localement anisotrope avec  $n = 1,74$ , non fluorescent et amorphe aux rayons X. Elle possède une densité comprise entre 2,9 et 2,4. De faibles variations dans la réfraction mettent en évidence une texture concentrique. Le fer et le phosphate sont les constituants majeurs.

Ces propriétés font assimiler ce minéral à de la delvauxite. Il accuse bien une réfraction et une densité plus élevées que celles de la delvauxite classique de Berneau, mais il est analogue à la delvauxite des gisements de Bohême.

La delvauxite de Richelle est, à certains endroits, saupoudrée de petites demi-sphères jaunes, bien individualisées, de 12 à 25  $\mu$ . Elles sont dépourvues de fluorescence, accusent une texture finement fibroradiée et ont une densité inférieure à 3,3. Les fibres montrent un allongement optique positif avec le petit indice de réfraction supérieur à 1.600 et le grand indice égal à 1.652. Le minéral est insoluble dans l'eau et dans  $\text{HNO}_3$  2N

froid. Les réflexions les plus intenses des diagrammes de poudre sont : 4,15, 7,95, 6,86, 4,91, 3,14 et 2,78 Å. En raison de la ténuité et de la rareté relative des demi-sphères il n'a pas été possible de préciser d'autres propriétés et d'identifier la substance.

## II. — GÎTE D'ARGENTEAU.

Ce gîte radioactif, signalé par R. LEGRAND [1] dans la poche de dissolution du calcaire viséen, est situé à 370 m au S-SW du clocher de Richelle, le long de la route joignant, par l'Ouest, Richelle au château d'Argenteau. A cet endroit, peuvent être observés également des enduits jaunes de jarosite [17] et des cristallisations de gypse, ainsi que des rognons de delvauxite d'aspect classique, interstratifiés dans les schistes houillers.

Les roches radioactives sont d'après R. LEGRAND [1] des brèches à ciment jaune ou à ciment gris. Des analyses chimiques effectuées sur ces deux brèches ont maintenant mis en évidence que ces dernières sont riches en phosphates ainsi qu'en témoignent les résultats groupés ci-après au tableau III.

Il y a lieu de souligner que les brèches d'Argenteau paraissent ainsi beaucoup plus riches en phosphates que celles de Richelle [1] et que la teneur en fluor s'avère, dans les premières, loin d'être négligeable. Un minéral fluoré a d'ailleurs été reconnu dans la brèche grise et il est décrit in extenso au dernier chapitre de la présente étude. Parmi les minéraux phosphatés des brèches, ce sont l'autunite et l'évansite qui ont retenu particulièrement l'attention.

### 1. Autunite.

Les fines paillettes vert-jaune pâle, observées par R. LEGRAND [2], se révèlent être de la métaautunite-I. Elles sont surtout nombreuses dans certaines parties de la brèche grise et s'y détachent immédiatement, sous l'effet de la lumière ultraviolette, comme d'innombrables points vivement fluorescents en jaune, dispersés irrégulièrement ou rassemblés en nids. Elles ont, en général, de faibles dimensions (10 à 20  $\mu$ ) et resteraient ainsi facilement inaperçues si elles ne se voyaient pas trahies par leur forte fluorescence. Plus rarement, le même minéral se présente sous forme de petits cristaux tabulaires de 150  $\mu$ . Les cristaux observés du phosphate uranifère sont donc sensiblement plus petits à Argenteau qu'à Richelle.

TABLEAU III.

	Brèche brune (1)		Brèche grise (2)	
		Calculé sur la fraction soluble		Calculé sur la fraction soluble
Insoluble (3) . . . . .	59,7 %	—	56,5 %	—
Dosé dans la fraction soluble (4) :				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	11,3 %	27,9 %	11,4 %	26,3 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,7 %	11,8 %	4,9 %	10,3 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7,6 %	18,8 %	8,3 %	20,0 %
CaO . . . . .	8,2 %	20,5 %	5,9 %	13,7 %
MgO . . . . .	traces	—	traces	—
CO <sub>2</sub> .. . . .	n.d.	—	0,1 %	—
F (5) . . . . .	0,5 %	1,2 %	2,3 %	5,3 %
H <sub>2</sub> O totale (6) . . . . .	9,0 %	—	11,0 %	—
	101,5 %		102,7 %	
2 F = O . . . . .	0,2 %	—	1,0 %	—
	101,3 % (7)		101,7 % (7)	

(1) Analyse d'un « concentré » de la brèche, broyée, lavée tamisée et débarassée de la fraction lourde (> 2,9).

(2) Spécimen de roche, décrit et figuré par R. LEGRAND [1, photo 9].

(3) Fraction insoluble dans HNO<sub>3</sub> ou HCl conc. chaud, séchée à 110°, composée essentiellement de quartz.

(4) Fraction soluble dans HNO<sub>3</sub> ou HCl conc. chaud.

(5) Dosage par distillation de H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> à 155-160°.

(6) Dosage de l'eau totale, effectuée sur la prise totale, d'après PENFIELD-HARTWIG-BENDIG.

(7) La somme trop élevée ne doit pas suggérer d'emblée que l'analyse n'est pas correcte. En effet, la fraction insoluble peut contenir des substances susceptibles de donner de l'eau. Cette eau est alors comprise une seconde fois dans le chiffre de l'eau totale.

Les divers radiogrammes de poudre, obtenus sur les fines paillettes ou sur un petit cristal lamellaire, ont chaque fois indiqué la présence de métaautunite-I. Il paraît inutile de signaler ici les caractéristiques du radiogramme, car il suffit de renvoyer à celles de la métaautunite-I de Richelle, consignées au tableau I. La torbernite n'a pas été reconnue à Argenteau, mais il n'est pas impossible que ce minéral, éventuellement présent en fines lamelles, non fluorescentes, ait pu échapper à l'observation.

Comme pour l'occurrence d'autunite-métaautunite à Richelle, il n'y a pas lieu d'épiloguer sur la nature réelle du phosphate uranifère (autunite ou métaautunite-I) à l'affleurement, car suivant les conditions climatiques on pourrait rencontrer in situ, tantôt de l'autunite, tantôt de la métaautunite-I.

## 2. Évansite.

Dans la brèche grise s'observent sporadiquement des nodules d'environ 1 mm ou de minces filonnets d'une substance blanche à grise, caractérisée par une fluorescence dans les teintes bleu-blanc. Ce minéral se présente comme un gel durci, à aspect d'opale, montrant des crevasses de dessiccation. La cassure est conchoïdale. La figure 11 de la planche représente deux fragments de cette substance apparemment amorphe.

Au microscope le minéral est isotrope, parfois microcristallin. Son indice de réfraction est de 1,490 et sa densité 1,96. Le radiogramme de poudre ne fait apparaître que quelques bandes diffuses.

Le minéral est soluble dans  $\text{HNO}_3$  dilué à froid et composé essentiellement de phosphate et d'aluminium. Il se révèle non radioactif, du moins quand on compare 166 mg à 10 mg de torbernite-autunite.

Les données analytiques, obtenues sur les 166 mg, d'abord concentrés par liqueurs « denses », puis triés à la main, sont consignées ci-après :

Perte à 110° . . . . .	8,9 %	après 22 heures de chauffage.
Perte à 300° . . . . .	15,6 %	après 20 heures de chauffage.
Résidu dans HCl conc. . . . .	20,8 %	donnant 15 % (de la prise) de $\text{SiO}_2$ , rapport moléculaire : 0,218.
$\text{Al}_2\text{O}_3$ (fraction soluble) . . . . .	23,4 %	rapport moléculaire : 0,230.
$\text{P}_2\text{O}_5$ (fraction soluble) . . . . .	17,0 %	rapport moléculaire : 0,120.

Cette analyse ne paraît pas facile à interpréter sans ambiguïté, du fait qu'il n'est pas établi que la silice observée est à considérer soit comme individualisée (opale), soit comme combinée dans l'allophane ou dans l'allophane-évangsite [18]. Toujours est-il que le minéral d'Argenteau est à ranger parmi les phosphates d'aluminium hydratés colloïdaux, dont l'évangsite est le principal représentant.

En faisant abstraction de la silice, il y a lieu de retenir un phosphate dont le rapport  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$  se rapproche de 2. Un tel phosphate colloïdal, la bolivarite ( $n = 1,496$ , poids spécifique = 2,05), existe, mais il n'a été signalé qu'une seule fois et sa validité, comme espèce minérale, ne paraît pas suffisamment établie [16]. Un autre phosphate colloïdal, la vashegyite ( $n = 1,47-1,505$ , poids spécifique = 1,96-2,0), est caractérisé par un rapport  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$  qui se rapproche de 1,3. Cette dernière espèce peut éventuellement être retenue pour le minéral d'Argenteau. Toutefois, devant la difficulté d'interpréter les résultats analytiques de la dernière substance, il paraît plus indiqué, pour l'instant, d'assimiler le minéral d'Argenteau, du moins en partie, au minéral plus fréquent, l'évangsite ( $n = 1,483-1,50$ , poids spécifique = 1,82-2,13), dont le rapport  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$ , suivant les données de la littérature, se situe entre 2,25 et 3,0.

### 3. Fluellite.

Dans la brèche grise se rencontrent de petites géodes dont les parois sont parfois tapissées d'un minéral parfaitement cristallisé, incolore et limpide, qui peut, à première vue, être confondu avec du quartz. Il s'agit toutefois de petits cristaux, de 0,1-0,2 mm, qui par un chevauchement de leurs dômes, forment des groupements en crête ou en éventail. De nombreuses faces vicinales donnent à l'ensemble une réflexion roulante.

Dans un autre spécimen de la brèche grise [1, photo 9], une géode subsphérique, de 1 cm de diamètre, montrait un remplissage saccharoïde, constitué de minuscules cristaux individualisés (50  $\mu$ ) de la même substance. Au microscope ces cristaux se présentent, ainsi que le montrent les figures 12, 13 et 14 de la planche, sous forme de losanges complets ou tronqués, munis ou non d'un noyau sombre. En réalité ces cristaux sont formés de bipyramides rhombiques tronquées.

Dans les deux cas, ces cristaux sont implantés sur une substance blanche massive, microcristalline, non fluorescente, qui

montre le même radiogramme de poudre que les cristaux. Cette matière est parfois, à son tour, en contact avec le minéral fluorescent amorphe, décrit dans le chapitre précédent comme évansite.

Dans la substance compacte se détachent, en quelques plages, de multiples et minuscules cristaux octaédriques ( $25 \mu$ ) opaques, accusant, sur leur cassure, un reflet métallique. Ces cristaux sont composés de pyrite, ainsi que l'indique leur radiogramme de poudre. Ils sont enrobés d'un mince film d'une substance brun-rouge isotrope, à indice de réfraction de l'ordre de 1,74. Cette dernière substance est assimilée à de la delvauxite.

Les cristaux blancs remplissant ou tapissant les géodes ont un poids spécifique compris entre ceux du dibromure de méthylène (2,18) et de l'iodure de méthyle (1,9). Une observation à la microbalance hydrostatique de Berman a permis de trouver une densité de 2,12.

Les distances réticulaires, observées d'après le radiogramme de poudre, sont groupées au tableau IV et y sont mises en regard des données signalées, pour la fluellite <sup>(1)</sup>, par le Card Index de l'A.S.T.M. [19], et des valeurs obtenues, d'une part, d'un cristal typique de fluellite de la localité type Stenna Gwyn, Cornouailles, et, d'autre part, de la kreuzbergite type de Pleystein, Bavière [20] <sup>(2)</sup>. Cette dernière substance a été assimilée par A. SCHOLZ et H. STRUNZ [21] à la fluellite. Le tableau IV fait ressortir l'identité, du point de vue radiocristallographique, des diverses substances.

Les photos 15, 16 et 17 de la planche montrent successivement les radiogrammes du minéral d'Argenteau, de la fluellite de Stenna Gwyn et de la fluellite (kreuzbergite type de Laubmann) de Pleystein.

Au microscope, les cristaux se révèlent anisotropes et biaxes avec un grand angle 2 V. Les indices de réfraction sont :  $\alpha = 1,476$ ,  $\beta > 1,485$  et  $< 1,496$ ,  $\gamma = 1,506$ . L'orientation optique est telle que l'extinction est symétrique,  $\gamma$ , perpendiculaire à la troncature de la pyramide et le plan des axes optiques (001) <sup>(3)</sup>.

(1) Mon collègue J. JEDWAB a bien voulu se charger de la consultation des tables des distances réticulaires en vue de l'identification du minéral.

(2) Des remerciements sont dus au Professeur H. STRUNZ, de Berlin, qui m'a communiqué très obligeamment des fragments de la kreuzbergite type (matériel de LAUBMANN) et de la kreuzbergite d'autres récoltes, ainsi que les radiogrammes obtenus par lui.

(3) Orientation de la fluellite [16].

TABLEAU IV.

<i>hkl</i> ( <sup>1</sup> )	Minéral d'Argenteau ( <sup>2</sup> )		Fluellite de Stenna Gwyn ( <sup>3</sup> )		Fluellite de Stenna Gwyn ( <sup>2</sup> )		Fluellite (Kreuzbergite) de Pleystein ( <sup>2</sup> )	
	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>	<i>d<sub>hkl</sub></i>	<i>I</i>
111	6,51 Å	F	6,60 Å	100	6,51 Å	F	6,51 Å	F
031	5,26	tf	5,50	20	5,32	tf	—	—
131	4,91	m	5,00	60	4,94	m	4,96	m
022	3,95	tf	3,98	20	—	—	4,04	tf
310	—	—	3,66	40	—	—	3,71	tf
202	—	—	3,47	20	—	—	3,43	tf
222	3,25	F	3,29	80	3,25	F	3,24	F
071	3,10	mF	3,68	60	3,10	m	3,09	m
260	2,99	m	—	—	3,00	f	3,00	f
013	2,86	mf	2,80	60	2,88	f	2,87	f
113	2,75	mF	—	—	2,75	m	2,76	F
080	2,64	mF	2,66	80	2,66	m	2,64	F
262	2,45	mF	2,47	60	2,46	f	2,44	F
313	2,25	tf	2,28	40	2,26	tf	2,25	tf
333	2,15	mF	2,17	70	2,15	f	2,15	F
353	2,03	tf	2,05	20	—	—	2,05	f
480	1,94	mf	1,95	50	1,93	tf	1,94	m
093	1,80	mf	1,82	50	1,81	tf	1,81	m
482	1,76	mf	1,76	50	1,76	tf	1,76	m
404	1,70	mF	1,71	70	1,70	f	1,70	F
444	1,635	f	1,64	40	—	—	1,63	m
4.10.2	1,57	f	1,58	40	1,57	tf	1,57	m
—	1,52	f	1,53	50	1,53	tf	1,53	m
—	1,50	tf	1,50	40	—	—	1,50	f
—	1,47	tf	1,48	40	—	—	1,48	f
—	—	—	1,45	20	—	—	1,44	f
—	1,43	tf	1,42	40	—	—	1,42	f
—	1,36	f	1,37	50	—	—	—	—
—	1,33	f	1,34	50	—	—	—	—
—	1,31	tf	1,32	20	—	—	—	—
—	1,27	tf	1,28	20	—	—	—	—
—	1,25	tf	1,25	20	—	—	—	—

(<sup>1</sup>) Indices basés sur les paramètres  $a_0 = 11,42 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 21,18 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 8,54 \text{ \AA}$ , en respectant les conditions de réflexion pour le groupe de recouvrement  $Fddd$  [16].

(<sup>2</sup>) Radiation de Co, filtre Fe, caméra diamètre 5,7 cm.

(<sup>3</sup>) A.S.T.M., Card Index, fiche 2-0121, Radiation de Cu, filtre Al.

La correspondance entre le minéral d'Argenteau et la fluellite, mise en évidence par l'examen radiocristallographique, se trouve confirmée par les observations optiques et par la comparaison des poids spécifiques, ainsi que le montre le tableau ci-dessous.

Provenance	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	2 V	P.S.	Auteur
Argenteau (1) ... ..	1,476	>1,485 <1,496	1,506	grand	2,12	R. VAN TASSEL, 1959
Fluellite :						
Stenna Gwyn ... ..	—	—	—	grand	2,17	P. GROTH, 1883 [22]
Stenna Gwyn ... ..	1,473	1,490	1,511	85°	—	E. S. LARSEN, 1921 [23]
Stenna Gwyn ... ..	1,475	1,490	1,510	grand	—	A. SCHOLZ et H. STRUNZ, 1940 [21]
Stenna Gwyn (1) ...	—	—	<1,54	—	~2,20	R. VAN TASSEL, 1959
Kreuzbergite :						
Pleystein .. ... ..	environ 1,62 (2)			~90°	2,14	H. LAUBMANN et H. STEINMETZ, 1920 [20]
Pleystein .. ... ..	environ 1,50			—	—	A. SCHOLZ et H. STRUNZ, 1940 [21]
Pleystein .. ... ..	1,489	1,495	1,506	grand	—	E. S. LARSEN et H. BERMAN, 1934 [24]
Pleystein (1) ... ..	1,476	—	1,508	—	—	R. VAN TASSEL, 1959
Hagendorf . ... ..	1,490	1,496	1,509	grand	—	A. SCHOLZ et H. STRUNZ, 1940 [21].

(1) Spécimen dont le radiogramme est mesuré au tableau IV et figuré à la planche.

(2) Valeur suscitant de nettes réserves.

L'accord entre le minéral d'Argenteau et la fluellite est encore appuyé par une mesure goniométrique, faite sur un cristal de 0,1 mm. Les angles observés entre les faces de la pyramide  $r\{111\}$  et le pinacoïde  $b\{010\}$  ne sont qu'approximatifs en raison de la qualité médiocre de la réflexion, mais ils permettent néanmoins une certaine comparaison.

	Argenteau.	Fluellite [16].
$r : b$ .. ...	env. $72^{\circ}$	$72^{\circ}$
$r : r$ .. ...	env. $72^{\circ}$	$70\frac{1}{2}^{\circ}$

L'angle aigu dans la face (010) même (section en forme de losange de la figure 13 de la planche) est pour le minéral d'Argenteau  $77^{\circ}$ , contre  $76^{\circ}$  pour la fluellite.

Toutes ces données militent en faveur de l'identité entre le minéral d'Argenteau et la fluellite. Les observations chimiques cependant ne paraissent pas corroborer entièrement cette assimilation, du moins en admettant pour la fluellite la formule de  $AlF_3 \cdot H_2O$ .

Un examen spectrographique effectué préliminairement sur quelques cristaux isolés du minéral d'Argenteau a indiqué la présence de Al, P et F. Des réactions microchimiques ont confirmé, de leur côté, la présence d'aluminium (réaction à la morine) et de  $PO_4$  (réaction au molybdate). D'une part, la détection d'Al et F est indispensable pour l'identification de la fluellite, mais, d'autre part, la présence de  $PO_4$  est aberrante.

Dans le but d'obtenir des précisions sur l'importance du phosphate, un triage méticuleux du minéral fut envisagé. Cette séparation est bien délicate en raison de la rareté du minéral et de son association à d'autres substances. Finalement une prise de 130 mg fut isolée. Elle était essentiellement constituée de cristaux, mais comprenait en plus une quantité subordonnée de matériel compact, qui montre toutefois, à la diffraction des rayons X, le radiogramme de la fluellite sans réflexions parasites apparentes. Une fraction A de 60 mg fut fusionnée au  $Na_2CO_3$  en vue du dosage de Al et P; une autre portion B de 60 mg fut traitée, en présence de quartz, par  $H_2SO_4$  1 : 1 à  $155-160^{\circ} C$ , pour le dosage du fluor par distillation de  $H_2SiF_6$  et pour la détermination de l'aluminium et du phosphore dans la solution résiduelle.

Les résultats de ces analyses sont reproduits ci-après.

L'analyse B indique que le minéral est attaqué complètement par  $H_2SO_4$  1 : 1 à  $160^{\circ}$ , tandis qu'une vérification avec des mélanges synthétiques a mis en évidence que le chiffre obtenu pour  $P_2O_5$  dans la prise A ne peut, en aucune façon, être influencé par la présence du fluor et par son éventuelle action sur la verrerie utilisée (mise en solution de silice contaminante dosée ensemble avec le phosphate).

	A	B	Moyenne	Rapport moléculaire
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,0 %	37,3 %	35,6 %	0,349 <sup>(1)</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20,8 %	20,4 %	20,6 %	0,145
F	—	16,0 %	16,0 %	0,842 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> 0,349 = 0,209 + 0,140.

<sup>(2)</sup> 0,842 : 3 = 0,281.

Une dernière prise de 10 mg fut traitée par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré et ensuite calcinée. Le résidu est de 50 % environ. Cet essai permet d'admettre que le constituant encore resté non dosé en A et B peut être considéré comme eau.

Combinant tout le fluor à l'aluminium, l'analyse peut être calculée comme suit :

	Rapport moléculaire	%	Rapport
F	0,842	16,0	5,82
Al	0,281	7,6	1,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,209 <sup>(1)</sup>	21,3	1,44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,145	20,6	1,00
H <sub>2</sub> O	—	34,5	13,30
		100,0	

<sup>(1)</sup> 0,209 = 0,349 — 0,140.

La formule déduite de cette analyse est approximativement 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.4AlF<sub>3</sub>.27H<sub>2</sub>O. On est, de ce fait, loin de celle de la fluellite : AlF<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O.

La question qui se pose immédiatement est de savoir si, en dépit des précautions prises, la substance analysée fut suffisamment pure pour permettre une conclusion quant à la composition de la fluellite.

Il faut, d'une part, tenir compte du fait que même les petits cristaux bien individualisés montrent un noyau d'impureté de nature inconnue (fig. 13 et 14 de la planche). D'autre part, une certaine quantité de matière compacte a accompagné les cristaux dans la prise analysée. Cette matière, bien qu'elle montre un radiogramme de fluellite, peut éventuellement masquer une certaine teneur en phosphate amorphe. Une telle hypothèse n'est certes pas à exclure à priori, car la substance compacte est précisément en contact immédiat avec un phosphate amorphe, notamment l'évansite décrite au chapitre précédent. Toutefois, tout phosphate examiné d'Argenteau (fraction soluble des brèches [tabl. III], évansite, substance compacte impure) accuse une teneur en  $P_2O_5$  inférieure à 30%. Pour imputer à ces phosphates contaminants les 20 %  $P_2O_5$  trouvés dans le matériel cristallin analysé, il faudrait donc admettre plus de 65 % d'impureté dans la prise, ce qui paraît un chiffre excessif.

S'il y a lieu de déceler effectivement de la fluellite ( $AlF_3 \cdot H_2O = Al\ 26,8\ \%,\ F\ 55,6\ \%,\ H_2O\ 17,6\ \%$ ) dans l'analyse consignée plus haut, il faut y admettre 100 (1-16,0/55,6) %, soit 71 % d'impureté, ce qui paraît bien inadmissible.

L'analyse du minéral d'Argenteau pose assurément un problème difficile à résoudre. Mais comme il est impossible de produire un chiffre justifié de la présumée impureté, il est peut-être inévitable de formuler de nettes réserves quant à la pureté de la prise. La composition déduite de l'analyse peut aussi être écrite de la façon suivante :  $4(AlF_3 \cdot H_2O) + 3Al_2O_3 \cdot 2P_2O_5 \cdot 23H_2O$ , soit un mélange de fluellite et d'un phosphate d'aluminium hydraté à rapport  $Al_2O_3 : P_2O_5 = 1,5$ . En admettant cette hypothèse on aurait environ 28 % de fluellite ( $AlF_3 \cdot H_2O$ ) et 72 % d'un phosphate du groupe vashegyite-évansite. Ce serait une solution à la fois élégante et logique, car le dernier minéral a été reconnu, comme décrit plus haut, en contact avec la fluellite.

En conclusion, il peut être formulé que la présence de fluellite est admise à Argenteau, avec, à l'appui, les observations optiques, morphologiques et radiocristallographiques, mais avec certaines réserves en ce qui concerne sa composition chimique.

L'occurrence d'un minéral fortement fluoré explique la teneur en fluor relativement élevée des brèches radioactives d'Argenteau (tabl. III).

La fluellite représente dans le monde un minéral encore fort rare, reconnu avec certitude dans quatre endroits : Stenna Gwyn, Cornouailles [16]; Pleystein [20], Königswart [26] et Hagedorf [21], en Bavière. Il est vraisemblablement présent à Montaña de Cáceres, Espagne [21] et dans le Marysvale district, Utah [27]. A. RUSSELL [25] n'hésite pas à le qualifier de « exceedingly rare mineral » et A. SCHOLZ et H. STRUNZ [21] le désigne de « ein ausgesprochen seltenes Mineral ».

Il est à noter que la fluellite n'a été analysée qu'une seule fois [22], ce qui a été une raison supplémentaire pour essayer d'analyser le minéral d'Argenteau et pour en publier les résultats même si ces derniers ne paraissent pas sans ambiguïté.

La fluellite s'est toujours trouvée, jusqu'à présent, associée à des phosphates. Il ne serait donc pas surprenant de voir entrer le phosphate dans sa composition. Il peut être signalé, sous ce rapport, que H. LAUBMANN et H. STEINMETZ [20] ont décrit la kreuzbergite, assimilée actuellement à la fluellite [21], comme minéral phosphaté dans lequel « ein Fluorgehalt ist zweifelhaft ». A. SCHOLZ et H. STRUNZ [21] toutefois ont réexaminé le matériel type de LAUBMANN et l'ont trouvé exempt de phosphate, du moins dans les parties pures des cristaux.

Jusqu'à présent, l'occurrence de la fluellite semble liée à des manifestations pegmatitiques ou filonniennes. C'est dans ce caractère, à part la grande rareté, que peut résider l'intérêt particulier de la découverte de la fluellite à Argenteau, car elle est peut-être de nature à apporter des précisions d'ordre génétique sur les minéraux uranifères qui lui sont associés.

#### INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

1. LEGRAND, R., 1957, Brèches radioactives aux environs de Visé. (*Bull. Soc. belg. Géol.*, vol. LXVI, pp. 211-215, 4 pl.)
2. — 1958, Compte rendu de l'excursion du 26 juin 1958 dans la région de Visé. (*Ibid.*, vol. LXVII, pp. 290-295.)
3. JEDWAB, J., 1958, Présence de torbernite à Richelle (province de Liège). (*Ibid.*, vol. LXVII, pp. 300-303.)
4. CHERVET, J. et BRANCHE, G., 1955, Contribution à l'étude des minéraux secondaires d'uranium français. (*Sci. Terre, Ann. Ec. nat. sup. Géol. appl. Prosp. min. Univ. Nancy*, vol. III, pp. 1-189.)
5. MEIXNER, H., 1939, Fluoreszenzuntersuchungen an sekundären Uranmineralen. (*Naturwiss.*, vol. 27, p. 454.)
6. — 1940, Fluoreszenzanalytische, optische und chemische Beobachtungen an Uranmineralien. (*Chemie Erde*, vol. 12, pp. 433-450.)

7. BÜLTEMANN, H. W., 1954, Fluoreszenzanalytische Untersuchungen an sekundären Uranmineralien. (*Neues Jb. Mineral. Abh.*, vol. 86, pp. 155-162.)
8. BERMAN, R., 1957, Studies of uranium minerals. XXIII. Torbernite, zeunerite and uranospherite. (*Amer. Miner.*, vol. 42, pp. 905-908.)
9. BEINTEMA, J., 1938, On the composition and crystallography of autunite and the meta-autunites. (*Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, vol. 57, pp. 155-175.)
10. ROUBAULT, N., 1958, Géologie de l'Uranium. Paris, 462 pp.
11. HALLIMOND, A. F., 1920, Meta-torbernite-I, its physical properties and relation to torbernite. (*Miner. Mag.*, vol. XIX, pp. 43-47.)
12. DONNAY, G. and DONNAY, J. D. H., 1955, Contribution to the crystallography of uranium minerals. (*U. S. Geol. Surv., Trace Elements Rep.*, 507, 43 p.)
13. GUILLEMIN, C., 1956, Contribution à la minéralogie des arsénates, phosphates et vanadates de cuivre. II. Phosphates et vanadates de cuivre. (*Bull. Soc. franç. Minér. Crist.*, vol. LXXIX, pp. 219-275.)
14. BRICHARD, H. et BRASSEUR, H., 1958, Sur les autunites naturelles et synthétiques. (*Ibid.*, vol. LXXXI, pp. 4-10.)
15. FRONDEL, C., RISKA, D. and FRONDEL, J. W., 1956, X-Ray Powder data for Uranium and Thorium Minerals. (*U. S. Geol. Surv. Bull.*, 1036, G, pp. 91-153.)
16. PALACHE, C., BERMAN, H. and FRONDEL, C., 1951, Dana's System of Mineralogy.
17. VAN TASSEL, R., 1956, Note sur la jarosite et la destinezite d'Argenteau. (*Publ. Assoc. Étud. Pal. Strat. houill.*, 25, pp. 95-98.)
18. — 1959, Allophane-évanosite de Bleton. (*Bull. Soc. belge Géol.*, vol. 68, fasc. 1, pp. 47-49.)
19. A.S.T.M., Card Index of X-Ray diffraction data. (*American Society for Testing Materials*, Philadelphie.)
20. LAUBMANN, H. und STEINMETZ, H., 1920, Phosphatführende Pegmatite des Oberpfälzer und Bayerischen Waldes. (*Zeitsch. Kryst.*, vol. 55, pp. 523-586.)
21. SCHOLZ, A. und STRUNZ, H., 1940, Identität von Kreuzbergit und Fluellit. (*Zentralbl. Miner. Geol.*, Abt. A, pp. 133-137.)
22. GROTH, P., 1883, Beiträge zur Kenntniss der natürlichen Fluorverbindungen. (*Zeitsch. Kryst.*, vol. 7, pp. 456-493.)
23. LARSEN, E. S., 1921, The microscopic determination of the nonopaque minerals. (*U. S. Geol. Surv. Bull.*, 679, 294 p.)
24. LARSEN, E. S. and BERMAN, H., 1934, The microscopic determination of the nonopaque minerals. (*Ibid.*, 848, 266 p.)
25. RUSSELL, A., 1955, The Rev. William Gregor (1761-1817), discoverer of titanium. (*Miner. Mag.*, vol. XXX, pp. 617-624.)
26. SELLNER, F., Die Pegmatite der Umgebung von Marienbad. (*Zeitsch. Kryst.*, vol. 59, pp. 504-512.)
27. GRUNER, J. W., FETZER, W. G. and RAPAPORT, I., 1951, The Uranium deposits near Marysvale, Piute County, Utah. (*Econ. Geol.*, vol. 46, pp. 248-251.)

PLANCHE

## EXPLICATION DE LA PLANCHE.

---

- FIG. 1. — Cristaux tabulaires de torbernite-autunite de Richelle.
- FIG. 2. — Cristal en barillet et groupement en chou-fleur de torbernite-autunite de Richelle.
- FIG. 3. — Cristaux quasi parfaits de torbernite-autunite de Richelle.
- FIG. 4. — Lame de clivage de torbernite-autunite de Richelle, montrant des enveloppes successives de torbernite et d'autunite.
- FIG. 5. — Assemblage de quatre cristaux de torbernite-autunite de Richelle.
- FIG. 6. — Groupements de cristaux de torbernite-autunite de Richelle.
- FIG. 7. — Radiogramme de poudre de métatorbernite-I de Richelle (caméra 5,7 cm diam., radiation Fe, filtre Mn).
- FIG. 8. — Radiogramme de poudre de métaautunite-I de Richelle (caméra 5,7 cm diam., radiation Fe, filtre Mn).
- FIG. 9. — Association de quartz idiomorphe et de torbernite-autunite de Richelle.
- FIG. 10. — Globules de nature inconnue sur torbernite-autunite de Richelle.
- FIG. 11. — Fragment d'évansite d'Argenteau.
- FIG. 12. — Cristal de fluellite, dépourvu de noyau, d'Argenteau.
- FIG. 13. — Cristaux de fluellite, à noyau sombre, d'Argenteau.
- FIG. 14. — Cristal de fluellite, à noyau sombre, d'Argenteau.
- FIG. 15. — Radiogramme de poudre de la fluellite d'Argenteau (caméra 5,7 cm diam., radiation Co, filtre Fe).
- FIG. 16. — Radiogramme de poudre d'un cristal typique de fluellite de Stenna Gwyn, Cornouailles (caméra 5,7 cm diam., radiation Co, filtre Fe).
- FIG. 17. — Radiogramme de poudre de la fluellite (kreuzbergite type de Laubmann) de Pleystein, Bavière (caméra 5,7 cm diam., radiation Co, filtre Fe).
-

