

BIBLIOGRAPHIE

- ALBARÈDE, F. (1976). — Géochronologie comparée par la méthode ^{39}Ar - ^{40}Ar de deux régions d'histoire post-hercynienne différente : la Montagne Noire et les Pyrénées orientales. Thèse, Paris.
- AZAMBRE, B. (1967). — Sur les roches intrusives sous-saturées du Crétacé des Pyrénées. Thèse 3^e cycle, Paris.
- AZAMBRE, B. (1970). — Les monchiquites et autres roches basiques intrusives accompagnant les syénites néphéliniques des Corbières. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 272, 641-643.
- BAILEY, D. K. (1974). — Origin of alkaline magmas as a result of anatexis : melting in the deep crust. *In* : The Alkaline Rocks, H. Sørensen Ed., Wiley, New York, 436-442.
- BELLON, H. (1976). — Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronométrique. Implications géodynamiques. Thèse, Orsay.
- DE SOUSA, F. P. (1926). — La Serra de Monchique. *Bull. Soc. Géol. France*, 4^e série, 26, 321-350.
- FERGUSON, J. et CURRIE, K. L. (1971). — Evidence of liquid immiscibility in alkaline ultrabasic dykes at Callender Bay, Ontario. *J. Petrol.*, 12, 561-585.
- KROGH, T. E. et HURLEY, P. M. (1968). — Strontium isotopic variation and whole-rock isochrone studies, Grenville Province, Ontario. *J. Geophys. Res.*, 73, 7107-7125.
- LACROIX, A. (1920). — Les roches éruptives du Crétacé pyrénéen et la nomenclature des roches éruptives modifiées. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 170, 20-25.
- OBRADOVICH, J. D. et COBBAN, W. A. (1974). — A time scale for the late Cretaceous of the western interior of North America. *Geol. Assoc. Canada Spec. Paper*, 13, 31-54.
- PHILPOTTS, R. A. (1974). — The Montereian province. *In* : The Alkaline Rocks, H. Sørensen Ed., Wiley, New York, 293-310.
- POWELL, J. L. et BELL, K. (1974). — Isotopic composition of strontium in alkalic rocks. *Ibid.*, 412-423.
- ROCK, N. M. S. (1976). — The comparative strontium isotopic composition of alkaline rocks : new data from Southern Portugal and East Africa. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 56, 205-228.
- VITRAC-MICHARD, A. et ALLEGRE, C. J. (1975). — A study of the formation and history of a piece of continental crust by ^{87}Rb - ^{87}Sr method : the case of the French Oriental Pyrénées. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 50, 257-285.

Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.
(1977), 100, 254-257.

Présence de cookéite dans les bauxites métamorphiques du Dogger de la Vanoise (Savoie)

par BRUNO GOFFÉ,

Laboratoire de Géologie, École normale supérieure, 46 rue d'Ulm, 75005, Paris.

Résumé. — Une chlorite hyperalumineuse et lithinifère de formule $(\text{Si}_3\text{Al})\text{Al}_4\text{LiO}_{10}\text{OH}_8$ est signalée dans les bauxites métamorphiques du Dogger de la Vanoise en association avec chloritoïde-magnésiocarpholite-diaspore-pyrophyllite-paragonite-phengite.

Mots clés : cookéite, lithium, bauxite, métamorphisme, Alpes.

Occurrence of cookeite in metamorphic bauxites of Dogger from Vanoise (Savoie).

Abstract. — A hyperaluminous and lithium-bearing chlorite with the formula $(\text{Si}_3\text{Al})\text{Al}_4\text{LiO}_{10}\text{OH}_8$ occurs in metamorphic Bauxites of the Dogger from Vanoise (Western Alps). This mineral is associated with chloritoïd-magnésiocarpholite-diaspore-pyrophyllite-paragonite-phengite.

Key words : cookeite, lithium, bauxite, metamorphism, Alps.

INTRODUCTION.

L'émersion et l'érosion anté-Dogger du Trias calcaréo-dolomitique briançonnais en Vanoise se sont traduites par le dépôt et la formation de niveaux continentaux hyperalumineux qui, au Dogger, ont localement évolué jusqu'à donner des bauxites (Ellenberger, 1958).

Actuellement, ces couches continentales forment un niveau repère très net qui se retrouve dans les trois unités structurales majeures qui se joignent à Pralognan la Vanoise :

- le bord interne de la zone houillère,
- la Vanoise méridionale,
- la Vanoise septentrionale.

Le métamorphisme alpin, caractérisé par des asso-

ciations à glaucophane-lawsonite dans les roches basiques (Saliot, 1973) et dont on peut estimer (pour le socle de la Vanoise méridionale) que les conditions ont évolué entre 8 kb 400° C et 2 kb 450° C (Goffé, 1975-1977), développe dans ces roches hyperalumineuses des associations à chloritoïde-pyrophyllite-diaspore-phengite ± paragonite ± chlorite ± magnésiocarpholite ± quartz ± carbonates ± hématite (Ellenberger, 1958 ; Goffé et Saliot, 1977).

MODE DE GISEMENT ET ASSOCIATION.

La cookéite a été découverte en fente dans les bauxites du mont Bochor (Vanoise septentrionale) et par la suite dans les roches hyperalumineuses des autres massifs (Roc de la Pêche, massif de la Portetta dans la zone houillère).

Macroscopiquement, elle est visible, dans la fente, en lamelles flexueuses de 0,5 à 1 cm de hauteur (fig. 1)

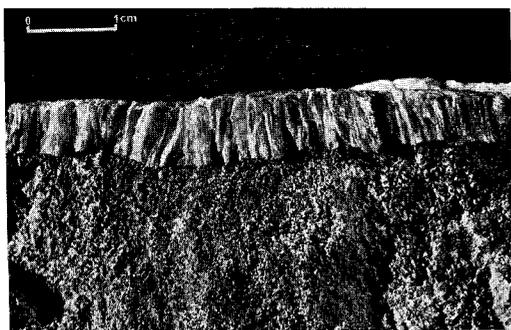


FIG. 1. — Fente à cookéite dans une bauxite métamorphique du mont Bochor.

d'aspect blanc nacré, légèrement verdâtre, disposées normalement à l'éponte et qui peuvent, quand la fente est dégagée, couvrir des surfaces relativement grandes (plusieurs dm²). Elle n'est associée dans la fente à aucun autre minéral. Dans la roche encaissante, sa taille est microscopique, et elle est située au sein d'une association à chloritoïde-diaspore-muscovite-hématite.

La cookéite des autres gisements (Roc de la Pêche, Portetta) n'a pu être observée qu'au microscope. Elle se rencontre dans la roche en association avec magnésiocarpholite-chloritoïde-muscovite-diaspore-pyrophyllite-hématite ou dans des fentes à paragonite-diaspore-pyrophyllite ou encore dans certains des petits pisolithes qui existent dans ces bauxites du Dogger, et dont elle constitue, avec la pyrophyllite, le seul contenu.

CARACTÈRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES.

Au microscope, on ne la distingue pas immédiatement des micas blancs. Elle se présente comme une phyllite incolore, non pléochroïque. Entre nicols croisés, sa biréfringence est très faible pour les sections parallèles au clivage basal et elle est de l'ordre de 0,020 pour les sections normales à ce clivage. Son extinction est

alors droite. C'est un minéral biaxe + à allongement négatif, le 2 V est le plus souvent de 30° à 35°, mais il peut atteindre localement 70°.

Le diffractogramme de rayons X de la cookéite de Vanoise est en accord avec celui donné par Brown et Bailey (1962) avec, en particulier, une raie 060 à 1,486 Å caractéristique des phyllites dioctaédriques. La raie 202 à 2,31 Å est bien développée ainsi que la raie 006 à 2,35 Å qui a une importance plus grande que celle présentée par ces auteurs.

Les analyses chimiques à la microsonde électronique et par voie humide (tabl. I) des cookéites de la Vanoise

TABLEAU I.

Analyses chimiques et formules structurales de cookéites de Vanoise.

1 : Analyse par voie humide d'une cookéite en fente (analystes N. Picot et E. Le Brun).

2, 3... Analyses à la microsonde électronique (Cambridge Mark V). Les formules structurales ont été calculées en prenant arbitrairement les teneurs en H₂O et Li₂O de l'analyse 1 sur la base de 18 oxygènes.

Analyses 1 et 2 : mont Bochor en fente ; 3 : mont Bochor dans la roche ; 4, 5, 6, 7 : col du Mone (Roc de la Pêche) dans la roche.

	Microsonde électronique							
	V.H.	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	33.42	36.39	35.89	35.62	34.99	34.90	38.25	
TiO ₂	0.22	-	-	-	0.21	0.11	0.24	
Al ₂ O ₃	49.57	45.66	46.65	47.21	46.30	46.65	44.15	
Fe ₂ O ₃	0.76	-	0.23	-	-	-	-	
FeO	0.19	0.29	0.61	-	-	-	-	
MnO	-	-	-	-	-	-	-	
MgO	-	-	-	-	0.21	0.43	0.55	
CaO	0.17	-	-	-	-	-	0.12	
Na ₂ O	0.06	-	-	-	0.19	0.21	0.17	
K ₂ O	0.04	-	-	-	0.13	0.25	0.43	
Li ₂ O	2.67	(2.67)	(2.67)	(2.67)	(2.67)	(2.67)	(2.67)	
H ₂ O	15.58	(15.58)	(15.58)	(15.58)	(15.58)	(15.58)	(15.58)	
Total	100.68	98.59	97.61	99.08	98.28	98.80	100.16	
Si	2.91	3.201	3.025	3.122	3.096	3.077	3.326	
Ti	0.014	-	-	-	0.014	-	0.016	
Al	1.076	0.8	0.975	0.878	0.89	0.923	0.658	
Al	4.015	3.94	3.932	4.	3.94	3.927	3.868	
Fe ³⁺	0.05	-	0.015	-	-	-	-	
Fe ²⁺	0.014	0.024	0.046	-	-	-	-	
Mg	-	-	-	-	0.028	0.057	-	
Ca	0.016	-	-	-	-	-	0.01	
Na	0.01	-	-	-	0.015	0.028	0.048	
K	-	-	-	-	0.033	0.05	0.029	
Li	0.935	0.946	0.958	0.941	0.95	0.947	0.954	
OH	7.889	7.976	8.08	7.939	8.016	7.988	7.87	
F octaédrique théoriquement	5.038	4.909	4.951	4.941	4.966	4.989	4.889	

montrent que leur composition ne s'écarte guère de celle du terme idéal : (LiAl₄) (AlSi₃) O₁₀ (OH)₈. Les analyses 2 et 7 présentent cependant des teneurs en SiO₂ plus grandes, ce qui pourrait être le témoin d'une certaine variation de la composition de la cookéite.

Il faut noter que les teneurs effectives en Li₂O et H₂O peuvent être plus fortes que dans l'analyse 1 ; en effet, les valeurs de l'analyse 1 reportées dans les ana-

lyses 2, 3, 4, 5 ne permettent pas à celles-ci de dépasser 99 % au total (les teneurs en Li_2O et H_2O des cookéites de la littérature sont le plus souvent comprises entre 2,5 et 4 % pour Li_2O et 13 et 15 % pour H_2O) (Penfield, 1893; Quensel, 1937; Deer *et al.*, 1962; Orliac *et al.*, 1971).

SIGNIFICATION ET ORIGINE.

La cookéite est une chlorite di- et trioctaédrique. Elle est le plus couramment rencontrée dans les pegmatites comme minéral de pseudomorphose, dans les dernières phases hydrothermales, de minéraux lithinifères (spodumène, lépidolite, rubellite) (Tröger, 1967). En France, un gisement de ce type est connu dans les Pyrénées centrales (Orliac *et al.*, 1971). En dehors des pegmatites, la cookéite a été rencontrée dans des grès permians riches en lithium du nord de la Hesse comme minéral d'altération de la biotite (Flehmig *et al.*, 1972), dans des fissures hydrothermales au sein de masses de grès de North Little Park (Arkansas) (Miser et Milton, 1964 *in* Orliac *et al.*, 1972) et dans des niveaux hyperalumineux métamorphiques : telles les bauxites de Djalair (Asie centrale) (Vrublevskaja *et al.*, 1975) et les dépôts à pyrophyllite de Back Creek (Australie) (Loughnan *et al.*, 1976).

Dans la bauxite de Djalair, la cookéite est associée à la pyrophyllite et au corindon. Les auteurs en font un minéral tardif formé par l'interaction de solutions riches en Li sur la pyrophyllite. Pour le dépôt de Back Creek le phénomène est identique.

Dans toutes ces occurrences, les auteurs donnent à la cookéite une origine hydrothermale ou en font un minéral d'altération de minéraux lithiques.

L'origine de la cookéite en Vanoise est liée à la fois à l'existence de niveaux hyperalumineux et à la présence du lithium.

Le métamorphisme de faible degré de niveaux hyperalumineux semble favoriser la présence de chlorite très alumineuse di- et trioctaédrique telle la sudoïte ($\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ou $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) (Eggleston *et al.*, 1967). Une sudoïte est en effet connue dans des bauxites à diaspore (Caillère *et al.*, 1962) et la sudoïte magnésienne semble être un produit existant dans les réactions d'équilibre de la magnésiocarpholite (données expérimentales B. Goffé, inédit). La présence de lithium dans ces roches ne peut ainsi que favoriser le développement de chlorite de ce type.

L'existence du lithium dans les bauxites de la Vanoise peut être due à deux phénomènes :

— soit à une fixation préférentielle du lithium dans les niveaux hyperalumineux au cours d'un phénomène hydrothermal mettant en jeu, au cours du métamorphisme, des solutions riches en lithium, de source inconnue ;

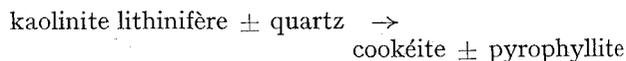
— soit à la présence originelle du lithium dans le sédiment. L'association pyrophyllite-diaspore dans

ces roches laisse penser que l'un des minéraux constitutifs de la bauxite avant le métamorphisme était la kaolinite (Goffé et Saliot, 1977).

En effet, les bauxites du Dogger des préAlpes du Chablais, qui représentent un terme charrié et non métamorphique de la série Briançonnaise interne de la Vanoise, peuvent contenir de 20 à 80 % de kaolinite en association avec chlorite-illite-diaspore-hématite-goethite (Vernet, 1964). Le recalcul d'un échantillon de bauxite de la Vanoise à cookéite (éch. Col du Mone du Roc de la Pêche, cf. tabl. I) dans une telle association, donne 45 % de kaolinite.

La kaolinite apparaît être, en outre, le piège le plus favorable du lithium dans les sédiments (Horstman, 1957) ; ce qui pourrait expliquer les variations des teneurs en lithium entre des échantillons de bauxites voisins (1380 p. p. m. dans l'échantillon à cookéite du Col du Mone, 146 p. p. m. dans un échantillon sans cookéite situé à proximité, 148 p. p. m. dans un échantillon sans cookéite du Mont Bochor), ainsi que les concentrations particulières de cookéite dans les petits pisolithes à pyrophyllite dont le minéral constitutif originel devait être la kaolinite.

Il faut alors envisager une réaction du type :



Il reste, dans un cas comme dans l'autre, à trouver une origine au lithium. Celle-ci peut être recherchée dans les séries permotriasiques et triasiques du Briançonnais interne. En Vanoise, les teneurs en lithium de ces séries ne sont pas connues. Mais de fortes teneurs en lithium (500 à 700 p. p. m.) sont cependant signalées dans les gneiss muscoviteux de la bande d'Acceglio (Alpes Cottiennes, Italie), teneurs qui seraient dues à des influences pneumatolytiques d'âge permien (Lefèvre et Michard 1965). Ainsi par analogie, les sérécitochistes du permotrias de Vanoise seraient susceptibles de contenir le lithium.

Les énormes masses d'évaporite du Keuper de la Vanoise peuvent éventuellement être des sources à lithium. Le comportement de cet élément est en effet semblable à celui du sodium, et des concentrations même faibles du lithium dans les fluides des évaporites ne sont pas à négliger. Les niveaux de cinérite au sein du Trias carbonaté seraient également à considérer comme piège sédimentaire du lithium.

Ceci laisse à supposer, dans le cas d'une origine sédimentaire du lithium dans les bauxites, que la dénudation anté-Dogger ait atteint, dans certains secteurs du pays de Vanoise, la série siliceuse permotriasique et ainsi aurait pu être comparable à la dénudation de la zone d'Acceglio. Ce qui accentuerait encore l'ampleur de l'érosion anté-Dogger admise par Ellenberger (1958).

Reçu le 18 mai 1977.

Accepté le 30 juin 1977.

BIBLIOGRAPHIE

- BROWN, B. E. and BAILEY, S. W. (1962). — Chlorite polytypism : I. Regular and semi random one layer structures. *Amer. Mineralogist.*, 47, 819-850.
- CAILLÈRE, S., HÉNIN, S. et POBEGUIN, T. (1962). — Présence d'un nouveau type de chlorite dans les « bauxites » de St-Paul-de-Fenouillet (Pyrénées-Orientales). *C. R. Acad. Sci., Paris*, 254, 1657-1658.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. and ZUSSMAN, J. (1962). — Rock forming minerals, Longmans, Green and Co., London.
- EGGLESTON, R. A. and BAILEY, S. W. (1967). — Structural aspects of dioctahedral chlorite. *Amer. Mineralogist.*, 52, 673-689.
- ELLENBERGER, F. (1958). — Étude géologique du pays de Vanoise. Mém. serv. Carte Géol. Fr. 562 p.
- FLEHMIG, W., MENSCHEL, G. (1972). — Über die Lithiumgehalte und das Auftreten von Cookeit (Lithiumchlorit) in permischen Sandsteinen von Nordhessen. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 34, 211-223.
- GOFFÉ, B. (1975). — Étude structurale et pétrographique du versant occidental du massif paléozoïque de Chasseforêt (Vanoise méridionale). Thèse 3^e cycle, Université de Paris Sud, 218 p.
- GOFFÉ, B. (1977). — Succession de subfaciès métamorphiques en Vanoise méridionale (Savoie). *Contr. Mineral. and Petrol.*, 62, 1, 23-41.
- GOFFÉ, B. et SALIOT, P. (1977). — Les associations minéralogiques des roches hyperalumineuses du Dogger de Vanoise, leur signification dans le métamorphisme régional. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.* (à paraître).
- HORSTMAN, E. L. (1957). — The distribution of lithium, rubidium and caesium in igneous and sedimentary rocks. *Geochim. et Cosmochim. Acta, G. B.*, 12, 1-28.
- LEFÈVRE, R. et MICHARD, A. (1965). — La jadéite dans le métamorphisme alpin à propos des gisements de type nouveau de la bande d'Acceglio (Alpes Cottiennes, Italie). *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 88, 664-677.
- LOUGHNAN, F. C. and STEGGLES, K. R. (1976). — Cookeite and diaspore in the Back Creek pyrophyllite deposit near Pambula, New South Wales. *Mineral. Mag., G. B.*, 40, 765-772.
- ORLIAC, M., PERMINGEAT, F., TOLLON, F. et PASSAQUI, B. (1971). — Cookéite dans les filons de quartz des Pyrénées centrales (Ariège et Haute-Garonne). *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 94, 396-401.
- ORLIAC, M., PERMINGEAT, F., TOLLON, F. et PASSAQUI, B. (1972). — A propos de cookéite des Pyrénées. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 95, 532.
- PENFIELD, S. L. (1893). — On cookeite from Paris and Hebron Maine. *Am. J. of Sci.*, 45, 393.
- QUENSEL, P. (1937). — Minerals of the Varuträsk pegmatite. *Geol. Fören. Förhandl.* Bd 59, H 3, 262.
- SALIOT, P. (1973). — Les principales zones de métamorphisme dans les Alpes françaises. Répartition et signification. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 276, 3081-3084.
- TRÖGER, W. E. (1967). — Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 2, 822 p.
- VERNET, J.-P. (1964). — Laterite alumineuse dans la nappe des Préalpes médianes du Chablais (Savoie). *Bull. gr. Fr. des Argiles*, 15, 39-46.
- VRUBLEVSKAJA, Z. V., DELITSIN, I. S., ZVYAGIN, B., SOBOLEVA, S. V. (1975). — Cookeite with a perfect regular structure formed by bauxite alteration. *Amer. Mineralogist*, 60, 1041-1046.