

La whewellite des terres noires de la Drôme (France)

Autor(en): **Martin, R. / Mullis, J. / Nungaesser, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **62 (1982)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-47958>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La whewellite des terres noires de la Drôme (France)

par *R. Martin**, *J. Mullis***, *W. Nungaesser**** et *G. Galetti***

Abstract

The whewellite deposit of Condorcet in the Drôme is the second discovered in France. It is located in the Oxfordian marls.

The x-ray values correspond well to those of the synthetic whewellite. The results of chemical analysis are very near to the theoretical values.

The morphology of the crystals of whewellite and the mineral paragenesis in the septaria seem to have been conditioned by the physicochemical variations of the growth-environment.

Résumé

Le gisement de whewellite de Condorcet, dans la Drôme, est le second découvert en France. Il se situe dans les marnes oxfordiennes.

Les valeurs radio-cristallographiques concordent bien avec celles de la whewellite synthétique; les résultats d'analyses chimiques sont très proches des valeurs théoriques.

La morphologie des cristaux de whewellite, ainsi que la paragenèse minérale du gisement, semblent avoir été conditionnées par les variations physico-chimiques du milieu de croissance.

I) Introduction

La whewellite de la Drôme a été découverte en été 1976 dans un septaria provenant des marnes oxfordiennes de la région de Condorcet que M. Denis Baudet, de Rémuzat, avait remis à l'un de nous (R. M.). Elle a également été trouvée dans des fissures des marnes oxfordiennes de la même région, associée à de la tunisite et a été décrite par MARTIN et al. en 1979.

La whewellite (oxalate de calcium $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) cristallise dans le système monoclinique, a une dureté de 2,5 à 3 et forme fréquemment des macles en cœur suivant le plan $(\bar{1}01)$. Elle a eu été trouvée dans des filons métallifères (UNGMACH, 1909; LACROIX, 1909; SLAVIK, 1912), dans des bancs de lignite (BECKE, 1900) et de houille (WEISBACH, 1884; FRENZEL, 1889), dans une mine d'uranium

* 4, chemin du Léman, CH-1260 Nyon.

** Institut de Minéralogie et Pétrographie de l'Université, CH-1700 Fribourg.

(GUDE et al., 1960), ainsi que dans des septaria où elle forme des masses cristallines compactes (LIPPMANN, 1955; LEAVENS, 1968) ou des cristaux individuels (PECORA et KERR, 1954). En France, la whewellite fut trouvée pour la première fois en 1907 dans la mine de St-Sylvestre dans les Vosges (UNGEMACH, 1909; LA-CROIX, 1909).

Le gisement de Condorcet, le deuxième découvert à ce jour sur sol français, se compose de treize niveaux stratigraphiques à septaria, échelonnés sur environ 50 m, dont neuf contiennent de la whewellite (voir tableau I). Il a l'avantage d'être riche en cristaux dont la forme et la grandeur varient passablement d'un niveau à l'autre.

II) Association minérale et succession du dépôt

La paragenèse générale du gisement comprend, d'une part les *minéraux primaires* calcite, quartz, célestine, dolomite, pyrite, chalcoppyrite et whewellite, d'autre part les *minéraux secondaires* aragonite, gypse, strontianite et les hydroxydes de fer (tableau I).

Minéraux primaires

Les minéraux primaires sont issus directement de la solution hydrothermale et forment la paragenèse principale:

1) *calcite de I. génération*: elle forme une croûte brun-beige de 0,25 à 1,5 mm d'épaisseur sur les parois internes des septaria sauf dans les niveaux 8 et 9. Dans le niveau 8 elle est remplacée par de la célestine. Cette croûte est toujours totalement masquée par les minéraux formés après coup.

2) *quartz de I. génération*: des cristaux de quartz biterminés se sont développés sur cette base de calcite. Dans une deuxième phase de leur croissance des faces de rhomboèdres obtus π ($10\bar{1}2$) et π' ($01\bar{1}2$) se sont formés sur les sommets de certains d'entre eux. Ils contiennent des lacunes de cristallisation importantes, remplies d'hydrocarbures liquides et gazeux, souvent placées sous les sommets opposés.

3) *célestine de I. génération*: des cristaux élancés et plats, allongés suivant l'axe b et ancrés dans la croûte de calcite, forment par endroits des gerbes étincelantes. Ils peuvent atteindre quelques centimètres de longueur. Leur habitus est assez variable. Le sommet se termine très fréquemment en pointe ou en ogive. Dans certains nodules les cristaux tabulaires forment des rectangles plus ou moins épais aux bords biseautés. On peut aussi observer par transparence des stades antérieurs de croissance, pointus, arqués ou rectangulaires, dont les contours sont parfois soulignés par une zone opaque blanche striée. Dans le ni-

Tableau I Niveaux, paragenèse et succession du dépôt minéral.

niveau	distance	diamètre moyen des septaria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	observations:
13	50 m.	15 cm.	x	-	xxx	-	xx	xx	x	-	-	-	-	niveau très clairsemé
12	49 m.	12 cm.	x	x	xx	-	xx	xx	-	-	-	-	-	niveau éboulé
11	47 m.	25 cm.	x	x	xx	xx	-	x	-	-	-	15/15/10	-	1 à 2 gros cristaux de whewellite par nodule
10	46 m.	25 cm.	x	x	xx	xx	-	xx	-	-	-	15/15/10	-	1 à 2 gros cristaux de whewellite par nodule
9	34 m.	8 cm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nodules compacts
8	24 m.	20 cm.	-	x	x	xx	-	x	x	-	-	a= 2,5; b= 2,0	-	nodules à fissures verticales, étroites cristaux de whewellite plats et macles en coeur
7	17 m.	14 cm.	x	x	xx	xx	-	xx	-	-	-	6,24/6,20/5,72	-	whewellite sphéroïdale striée en diagonale
6	16,5 m.	10 cm.	x	-	x	-	xx	xx	xx	-	-	4,16/2,81/1,25	-	niveau très clairsemé
5	16 m.	16 cm.	x	x	xx	xxx	-	-	x	x	x	a= 5,0; b= 1,4	x	macle de whewellite, prédominance de e (101)
4	6 m.	14 cm.	x	x	xx	xxx	-	x	x	x	x	a= 2,5; b= 1,2	x	cristaux de whewellite prismatique épais (IIa) macles en coeur (IIb)
3	2 m.	16 cm.	x	x	x	xxx	-	-	x	x	x	a= 2,5; b= 1,2	?	cristaux de whewellite prismatiques plats (IIa) macles en coeur (IIb)
2	0,6 m.	35 cm.	x	x	x	x	-	xx	?	-	-	20/20/15	-	1 à 2 gros cristaux de whewellite par nodule
1	0 m.	30 cm.	x	x	x	x	-	xx	?	-	-	-	-	présence de whewellite incertaine

x = peu
xx = moyen
xxx = beaucoup

quartz I. gén.

quartz II. gén.

dolomite I. gén.

dolomite II. gén.

célestine I. gén.

célestine II. gén.

sulfures

calcite limpide III. gén.

calcite, couche blanche

whewellite

type

grandeur moyenne en mm.

veau 8 où la croûte de calcite fait défaut des groupes orientés et couchés de célestine tapissent les cavités de retrait.

4) *dolomite de I. génération*: des tapis de petits rhomboèdres blancs, crème ou grisâtres, aux faces légèrement bombées, recouvrent la croûte de calcite et enrobent partiellement ou totalement les quartz et la base des cristaux de célestine. Ils sont zonés: leur centre translucide est enrobé dans une couche mouche-tée de blanc ou totalement opaque, recouverte de dolomite limpide et incolore. Ces alternances peuvent se répéter jusqu'à six fois. Leurs arêtes, dont la longueur moyenne est de 1,1 mm, ainsi que leurs sommets sont souvent tronqués.

5) *calcite de II. génération*: dans les niveaux 6, 12 et 13 des tapis de petits scalénoèdres ou rhomboèdres de calcite limpide recouvrent la croûte marron de calcite de I. génération.

6) *calcite de II. génération*: elle développe des gros rhomboèdres et scalénoèdres transparents. Les rhomboèdres aigus des niveaux 1, 2, 4, 7, 8, 10 et 11 sont toutefois recouverts d'une couche de calcite blanche.

7) *pyrite et chalcopryrite*: ces sulfures forment souvent de minuscules agrégats sur les minéraux. La chalcopryrite a été décelée en tant qu'inclusion dans des cristaux de whewellite, ainsi que dans quelques quartz de II. génération.

8) *célestine de II. génération*: dans les niveaux 3, 4 et 5, spécialement, les sommets des célestines de I. génération servent parfois de support à des séries de cristaux parallèles de II. génération. Ceux-ci sont en général aciculaires, translucides à transparents. Ils peuvent également se développer individuellement. Le diamètre de certains d'entre eux mesure à peine 0,02 mm pour une longueur de 3,4 mm.

9) *dolomite de II. génération*: on peut souvent remarquer une II. génération de dolomite. Ces rhomboèdres brillants, aux arêtes franches, sont incolores ou crème claire, transparents à opaques. Ils ont, au plus, 0,5 mm de longueur d'arête et se sont déposés individuellement sur les minéraux présents. Très rarement on trouve des amas de minuscules cristaux dont les arêtes ne dépassent pas 0,05 mm.

10) *whewellite*: elle forme des cristaux dont l'habitus et la grandeur varient selon les niveaux. Nous distinguons trois types de cristaux décrits au chapitre III. Dans les niveaux 3, 4, 5 et 8 les cristaux contiennent très souvent des inclusions beiges d'hydrocarbures et, dans certains cas, même de la chalcopryrite.

11) *quartz de II. génération*: dans les septaria des niveaux 4 et 5 on peut observer parfois des cristaux de quartz individuels, biterminés et extrêmement brillants, de II. génération, déposés sur les minéraux précités, entre autres sur la whewellite. Ils ont en moyenne 0,25 mm de longueur. Dans d'autres septaria des mêmes niveaux les quartz limpides de II. génération, qui atteignent à peine 0,05 mm de longueur, forment des groupes de cristaux accolés les uns aux autres, créant ainsi des amas protubérants en forme de coquille. Ils donnent

l'impression de s'être déposés sur des peaux d'hydrocarbures (disparues depuis) dont ils ont souvent la teinte.

Hydrocarbures:

Les septaria de ce gisement sont beaucoup plus pauvres en hydrocarbures que ceux des autres gisements de la région.

Les hydrocarbures *fluides* sont piégés dans les lacunes de cristallisation des cristaux de quartz de I. génération. On trouve aussi régulièrement des hydrocarbures *solides* sous forme de peaux de couleur beige doré, très fragiles, déposées sur le revêtement cristallin ou incluses dans bon nombre de cristaux de whewellite. Ces peaux d'hydrocarbures se sont formées après la fin de la cristallisation de la calcite de III. génération. On les trouve même sur les cristaux aciculaires de célestine de II. génération, mais nous n'avons, par contre, jamais observé de ces dépôts sur les minéraux de formation ultérieure.

Minéraux secondaires:

Les minéraux secondaires sont le produit de la dégradation de certains minéraux primaires. Contrairement à ces derniers, on ne peut que les citer dans l'ordre probable de leur formation.

Strontianite: ce minéral forme des mouchets et des bâtonnets blancs et opaques ou des périmorphoses d'après la célestine.

Gypse: des cristaux jaune pâle, bien formés, ont été découverts dans deux nodules dans lesquels la célestine était totalement décomposée. En règle générale, il développe des pellicules cristallines, à peine troubles, qui recouvrent et enrobent par places les minéraux présents.

La strontianite et le gypse proviennent probablement de l'altération partielle ou totale de la célestine en présence de ions Ca^{++} et de CO_3^{--} contenus dans la solution mère.

Aragonite: des croûtes grisâtres et même violettes d'aragonite recouvrent uniquement les cristaux altérés de whewellite dans quelques septaria non étanches. Elles semblent s'être formées à partir de l'oxalate de calcium.

Hydroxyde de fer: dans les septaria peu ou pas étanches, les cristaux de dolomite de I. génération sont souvent recouverts d'une pellicule d'hydroxyde de fer, qui provient probablement de la décomposition des sulfures et d'un apport d'eau météorique enrichie en ions Fe^{+++} . Sa couleur varie entre le jaune or et le rouge violet foncé. Dans les septaria ouverts depuis longtemps on trouve des pseudomorphoses de limonite d'après la dolomite de I. génération, ce qui peut suggérer qu'elle est légèrement ferrifère.

Cas particuliers:

a) Dans le niveau 8 les septaria sont très plats, les fissures verticales et souvent comblées. La succession du dépôt ne correspond pas entièrement à celle des autres niveaux. En effet, la croûte de calcite qui habituellement recouvre les cavités fait totalement défaut. En premier lieu se sont formés des petits cristaux biterminés de *quartz* de I. génération qui se sont accumulés dans les parties basses des cavités de retrait. Des séries de cristaux parallèles de *célestine* de I. génération à sommet biseauté, la plupart du temps couchés, ont ensuite tapisé toutes les surfaces. Ce revêtement a servi de support à des plages et îlots de *dolomite* translucide de I. génération. Les «rhomboèdres aigus» de *calcite* blanche et grenue de III. génération ont ici une section ronde et prennent l'allure de cônes ventrus. Les cristaux de *whewellite* sont spécialement limpides et brillants.

b) Le revêtement intérieur des rares nodules du niveau 6 n'a rien de commun avec celui des autres septaria du gisement. En effet, dans la croûte de *calcite* marron de I. génération sont ancrés quelques cristaux de quartz biterminés et transparents ainsi que des prismes aplatis de *célestine* incolore et translucide de I. génération. Entre eux, et déposés dans le désordre, se trouvent des rhomboèdres aigus et limpides de *calcite* de II. génération, de 1 à 2 mm. de longueur, qui, en raison de leur transparence, semblent teintés de brun. Des rhomboèdres aigus et complexes de *calcite* translucide d'une III. génération se sont cristallisés par la suite. Les plus grands cristaux mesurent 7 mm de longueur. Une macle de *whewellite*, transparente et incolore, empalée sur les sommets de deux rhomboèdres de *calcite* de II. génération, a été trouvée dans un seul nodule de ce niveau.

Les septaria des niveau 12 et 13 ont un revêtement similaire à celui du niveau 6. Ils contiennent cependant plus de quartz, mais pas de *whewellite*. Les deux générations de *calcite* limpide forment ici des scalénoèdres.

Il va de soi que les minéraux énumérés ne figurent pas obligatoirement dans tous les septaria.

III) Morphologie des cristaux de whewellite

Dans ce gisement nous distinguons trois types de cristaux:

1) *cristaux de grande taille*: ils apparaissent à un, voire deux exemplaires dans les nodules des niveaux 2, 7, 10 et 11. Ces cristaux, dont le volume peut atteindre 3,5 cm³, sont en général coincés entre deux parois au fond d'une fissure et seules trois à quatre faces se sont développées. Elles ne sont cependant pas assez lisses et planes pour être mesurées au goniomètre (fig. 1).



Fig. 1 Whewellite de type I du niveau 2 dans un réseau de fissures tapissées de cristaux de dolomite et de rhomboèdres aigus de calcite blanche.

Dimensions en mm: hauteur/largeur: 17/13.

Collection: Museum d'Histoire Naturelle de Fribourg.

Photo: W. Nungässer

2) *cristaux de petite taille*: ils se trouvent parfois très nombreux dans les septaria des niveaux 3, 4, 5 et 8. Ces nodules sont nettement plus petits et plus compacts que ceux des niveaux précités. Leur contenu est souvent de toute première fraîcheur. Les cristaux de whewellite, qui peuvent atteindre 5 mm de longueur, sont limpides et bien formés.

Six cristaux de 1,8 mm de longueur maximale ont été étudiés au goniomètre. Nous avons repéré la plupart des formes courantes. Les formes suivantes se retrouvent sur tous les cristaux:

$c \{001\}$, $b \{010\}$, $m \{110\}$, $x \{011\}$, $e \{\bar{1}01\}$. Sur la plupart d'entre eux on peut également repérer $f \{112\}$, $s \{\bar{1}32\}$, $n \{230\}$, plus rarement apparaissent les formes $u \{120\}$, $r \{210\}$ et $z \{014\}$.

(Désignation selon Dana's System of Mineralogy II, PALACH et al., 1951). Nous avons également observé plusieurs faces très étroites qui n'ont, de ce fait, pu être mesurées que de façon approximative, raison pour laquelle leurs indices ne figurent pas dans cette étude.

Ces faces se trouvent aussi bien dans la zone $[001]$ que dans $[100]$, $[\bar{1}\bar{1}1]$ et $[010]$.

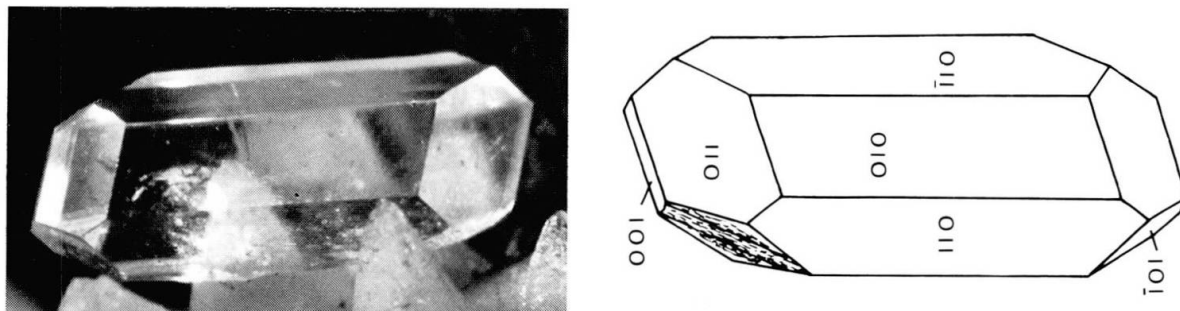


Fig. 2 Monocrystal de whewellite biterminé de forme idéale sur calcite blanche (niveau 4).
Dimensions en mm: longueur/largeur/épaisseur: 3,276/1,352/0,936.
Collection et photo: R. Martin, Nyon.

2a) *monocristaux*: dans les niveaux 3, 4 et 8 les monocristaux sont prismatiques et tabulaires avec une nette prédominance du pinacoïde b {010} (fig. 2). Les arêtes que forment entre elles les faces du prisme m {110}, ainsi que les faces f {112}, sont pratiquement toujours imparfaites, créant ainsi des surfaces atypiques, étroites et inégales. Seuls quelques très petits spécimens, sur lesquels les faces f {112} font défaut échappent à cette règle.

Dans le niveau 5 les cristaux sont prismatiques et ventrus, ce qui modifie quelque peu leur silhouette. La surface atypique est très large et présente souvent un relief tourmenté. Le prisme n {230} est plus fréquent que dans les autres niveaux. La base c {001} est en général très réduite, voire inexistante; le sommet forme alors une arête qui, selon les cas, est parallèle à l'axe a ou b.

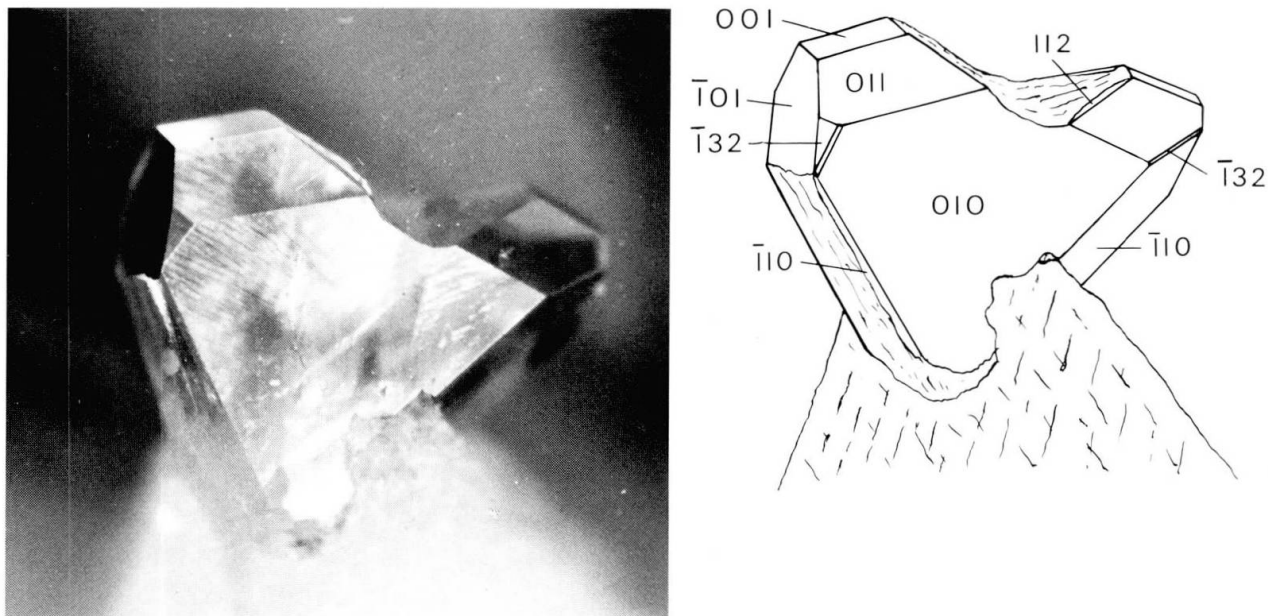


Fig. 3 Whewellite: macle en cœur sur calcite blanche (niveau 4).
Dimensions en mm: Largeur/hauteur/épaisseur: 1,924/1,81/0,78.
Collection et photo: R. Martin, Nyon.

2b) *macles*: les macles de whewellite en forme de cœur se trouvent dans les niveaux 3, 4, 5 et 8. Leur plan de maclage est e ($\bar{1}01$). Les arêtes extérieures entre les faces m de chaque individu sont souvent impeccables sur toute leur longueur. En général, les faces f et \bar{f} (112) en contact avec les bases c et \bar{c} (001) sont imparfaites (fig. 3). Sur certaines d'entre elles, les deux bases c et \bar{c} (001) se touchent. Les proportions de ces macles sont donc soumises à de fortes variations; elles peuvent même prendre l'allure de prismes tétraonaux.

3) *cas spécial*: un des septaria du niveau 6 contient une macle de whewellite limpide et incolore qui diffère totalement des macles plates des autres niveaux. Elle est très riche en faces, dont certaines n'apparaissent pas sur les monocristaux et macles en cœur classiques. Contrairement à ces dernières, où les pina-coïdes bb {010} sont spécialement importants, nous avons une nette prédominance des deux faces opposées e et \bar{e} ($\bar{1}01$). Cette macle de whewellite est pratiquement idéale et ressemble passablement à la fig. 54 de la table 45 du vol. IX de l'atlas des formes cristallines de GOLDSCHMIDT.

IV) Données radio-cristallographiques

Trois cristaux de whewellite ont été analysés. Les distances réticulaires d , ainsi que les intensités des raies, ont été mesurées sur des diagrammes de poudre obtenus avec un diffractomètre Siemens. Les valeurs d observées correspondent, à quelques exceptions près, à celles de la whewellite synthétique publiées par DE WOLFF dans le «JCPDS powder diffraction file» No 20-231 (voir tableau II).

Six raies de diffraction supplémentaires ont été trouvées, qui ne figurent pas dans le «JCPDS powder diffraction file», mais qui ont été déjà remarquées en partie par PECORA et KERR (1954) et GUDE et al. (1960). Elles n'ont cependant pas été indexées.

V) Analyses à la microsonde

Les analyses chimiques faites sur de la whewellite par le Prof. H. SCHWANDER à l'Institut de Minéralogie et de Pétrographie de Bâle ont donné les résultats suivants en % poids:

CaO: 37,6 37,11 37,8 37,9 38,1 38,1 37,9

Ces valeurs sont légèrement inférieures à la valeur théorique de 38,3. L'un des échantillons contenait 0,15% SiO₂. On ne peut exclure la présence d'autres impuretés; la microsonde utilisée n'a cependant pas pu en déceler.

Tableau II Données radio-cristallographiques de la whewellite des «Terres Noires» de la Drôme et de la whewellite synthétique établies d'après «JCPDS powder diffraction file» No 20-231. (Indexation d'après la whewellite synthétique.)

Radiation CuK_{α_1} (Ni); diffractomètre Siemens (avec standard Si).

Whewellite de la Drôme		Whewellite synthétique		
d Å	I/I ₁	hkl	d Å	I/I ₁
5.93	90	10 $\bar{1}$	5.93	100
5.80	20	110	5.79	30
5.50	< 1			
4.77	1	200	4.77	2
4.64	1	011	4.64	< 1
4.52	4	101	4.52	4
3.78	5	21 $\bar{1}$	3.78	6
3.65	100	020	3.65	70
3.41	2	120	3.41	2
3.31	2			
3.28	1			
3.12	< 1	021	3.12	2
3.11	3	12 $\bar{1}$	3.11	2
3.01	5	002, 211	3.01	10
2.966	50	20 $\bar{2}$	2.966	45
2.914	8	310	2.915	10
2.897	8	220	2.897	8
2.840	12	121	2.840	10
2.523	3	301	2.523	4
2.494	15	112	2.494	18
2.447	3	31 $\bar{2}$, 221	2.447	4
2.417	4	32 $\bar{1}$	2.417	6
2.386	4	400, 311	2.384	4
2.356	30	130	2.355	30
2.349	20	41 $\bar{1}$	2.347	12
2.320	2	022	2.320	< 1
2.302	2	22 $\bar{2}$	2.301	2
2.263	4	202, 410	2.263	8
2.254	8	031, 13 $\bar{1}$	2.254	6
2.210	5	40 $\bar{2}$	2.210	6
2.130	3	23 $\bar{1}$	2.130	2
2.089	4	10 $\bar{3}$	2.089	2
2.075	8	321	2.075	14
1.995	1	50 $\bar{1}$, 420	1.995	2
1.978	20	30 $\bar{3}$	1.978	10
1.958	3	231	1.957	2

Tableau II (suite)

Whewellite de la Drôme		Whewellite synthétique		
$d \text{ \AA}$	I/I_1	hkl	$d \text{ \AA}$	I/I_1
1.950	7	411	1.950	10
1.933	8	013, 330	1.933	8
1.923	6	51 $\bar{1}$, 222+	1.923	2
1.909	< 1			
1.890	5	42 $\bar{2}$, 032	1.890	6
1.859	2	312	1.859	4
1.846	4	510	1.846	6
1.823	5	040	1.823	6
1.813	5	12 $\bar{3}$	1.813	4
1.792	5	132, 140	1.793	6
1.775	1			
1.737	4	32 $\bar{3}$, 43 $\bar{1}$	1.737	6
1.703	1	430, 240	1.704	2
1.691	2	520, 141	1.691	2
1.683	< 1	501	1.683	< 1
1.648	< 1	402	1.648	< 1
1.637	1	213, 511	1.639	2
1.621	< 1	61 $\bar{1}$	1.621	< 1
1.587	3	600, 34 $\bar{1}$	1.590	2
1.580	1	23 $\bar{3}$, 340+	1.580	2
1.573	< 1	20 $\bar{4}$	1.573	< 1
1.559	1	042	1.559	2
1.555	1	610, 431+	1.555	2
1.547	3	033	1.547	2
1.528	1	223, 521	1.528	2
1.523	1	11 $\bar{4}$	1.523	< 1
1.509	< 1	332, 303+	1.509	< 1
1.502	1	004, 142+	1.502	2
1.498	1	52 $\bar{3}$	1.498	< 1
1.487	< 1			
1.483	2	40 $\bar{4}$	1.483	2
1.476	1	313, 133+	1.476	2
1.457	2	620, 43 $\bar{3}$	1.457	2
1.443	1	61 $\bar{3}$, 22 $\bar{4}$ +	1.443	< 1
1.420	< 1	242, 051	1.419	< 1
1.407	< 1	512, 44 $\bar{2}$	1.406	< 1
1.394	1	71 $\bar{1}$, 323+	1.394	2

VI) Inclusions fluides

Des analyses microthermométriques ont été effectuées sur 20 inclusions fluides d'un cristal de quartz d'après la méthode décrite par MULLIS (1976).

A température ambiante les inclusions contiennent une phase homogène dépassant 90 vol.%. A -70°C celle-ci s'homogénéise tantôt en phase liquide, tantôt en phase gazeuse. BARLIER a fait en 1974 dans la même région des observations identiques.

Comme la température d'homogénéisation est supérieure à $-82,5^{\circ}\text{C}$ et qu'on ne peut pas déceler de CO_2 au microscope on peut en déduire, en se référant à BARLIER (1974) et MULLIS (1979), que les inclusions sont composées en majeure partie de méthane additionné de plus d'1 mole % d'hydrocarbures plus lourds.

Les inclusions de cette nature sont indicatives des conditions diagenétiques. La formation des septaria, leur paragenèse minérale et leurs inclusions fluides n'ont pas dépassé ce stade.

L'étude des inclusions fluides révèle également qu'au moins la première partie de la paragenèse minérale s'est cristallisée en présence de méthane et d'hydrocarbures plus lourds.

VII) Interprétation

Comme les résultats des analyses radio-cristallographiques de la whewellite de Condorcet concordent, à quelques insignifiantes exceptions près, avec ceux de la substance synthétique et que les résultats des analyses chimiques ne divergent que très peu des valeurs théoriques, on peut déduire que la whewellite de Condorcet est pratiquement identique à la whewellite synthétique et relativement pure.

Leur morphologie a vraisemblablement été influencée par les conditions physico-chimiques du milieu de croissance. Celles-ci ont donc dû varier d'un niveau à l'autre. Cela peut d'ailleurs se déduire du fait que les associations minérales diffèrent selon les niveaux. En observant le tableau I, on remarque que la whewellite du type II se développe spécialement en présence de pyrite, chalcopyrite, célestine de II. génération et dolomite de II. génération. Ces mêmes minéraux, par contre, ne semblent pas se manifester en présence de la whewellite du type I.

La corrélation entre la morphologie des cristaux de whewellite, la paragenèse minérale et les conditions physico-chimiques du milieu de croissance fait l'objet d'études complémentaires.

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude au Prof. H. Schwander, de Bâle, qui a effectué les analyses chimiques de la whewellite ainsi qu'au fonds national suisse de la recherche scientifique qui a permis de mener à bien l'une des parties analytiques de ce travail dans le cadre du projet No 2.242-079.

Littérature

- BARLIER, J. (1974): Recherches paléothermométriques dans le domaine des terres noires subalpines méridionales. Thèse 3^e Cycle. Univ. Paris-Sud.
- BECKE, F. (1900): Whewellite von Brück. Mineral. petrogr. Mitt. 19, 166.
- FRENZEL, A. (1889): Whewellite von Zwickau. Tscherm. mineral. petrogr. Mitt. XI, 83-84.
- GUDE, A. J. 3rd, YOUNG, E. J., KENNEDY, V. C. ET RILEY, L. B. (1960): Whewellite and celestite from a fault opening in San Juan County Utah. Amer. Mineralogist 45, 1257-1265.
- JCPDS-Powder Diffraction File, compiled by the International centre for Diffraction Data, 1601 Park Lane, Swarthmore, PA 19081.
- JEZEK, B. (1911): Whewellite von Bruch bei Dux. Bull. Acad. Sci. Bohême, XVI, 1-11.
- LACROIX, A. (1909): Minéralogie de la France III. Lib. Polytechnique, Ch. Béranger, Paris.
- LEAVENS, P. B. (1968): New data on Whewellite. Amer. Mineralogist, 53/1, 455-463.
- LIPPMANN, F. (1955): Ton, Geoden und Minerale des Barrême von Hoheneggelsen. Geol. Rdsch. 43, 475-503.
- MARTIN, R., MULLIS, J., NUNGÄSSER, W. et VON RAUMER, J. (1979): La tunisite des «Terres Noires» de la Drôme (France). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 59, 223-238.
- MULLIS, J. (1976): Das Wachstumsmilieu der Quarzkristalle im Val d'Iliez (Wallis, Schweiz). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 56, 219-268.
- MULLIS, J. (1979): The system methan-water as a geologic thermometer and barometer from the external part of the Central Alps. Bull. Minéral. 102, 526-536.
- PALACHE, C., BERMAN, H. and FRONDEL, C. (1951): Dana's System of Mineralogy, II. John Wiley and Sons, London.
- PECORA, W. T. and KERR, J. H. (1954): Whewellite from a septarian limestone concretion in marine shale near Havre, Montana. Amer. Mineralogist 39, 208-214.
- SLAVIK, F. (1912): Zweite Mitteilung über den Whewellite von Schlan. Z. Kristallogr. 50, 641.
- UNGEMACH, M. H. (1909): Note sur des cristaux de whewellite rencontrés dans un filon métallifère alsacien. Bull. Soc. Franç. Minéral. 32, 20-26.
- WEISBACH, A. (1884): Ein neuer Fund von Whewellite. N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. II, 48-49.

Manuscrit reçu le 22 janvier 1982