

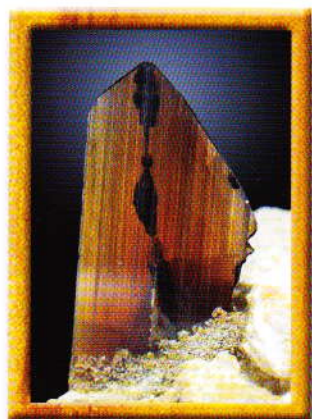
le Règne Minéral

Revue française de minéralogie

Les minéraux de la carrière de Castéroulot-de-Charot (Ariège)



La calcédoine orbiculaire des Petites Pyrénées
(Haute-Garonne)



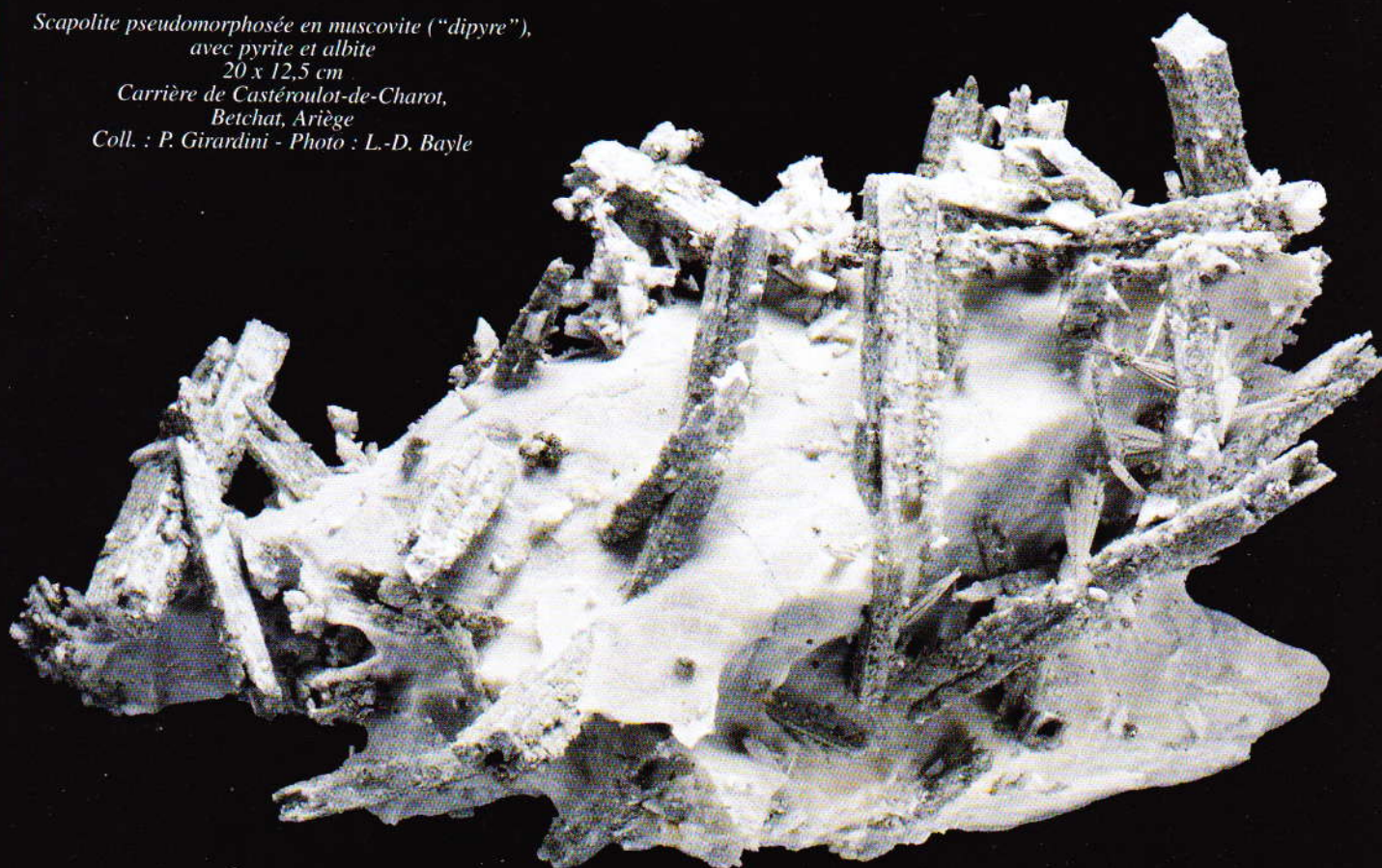
Entretien avec un cristallier
pyrénéen : Jo Trivini

Septembre
Octobre
2009

En route pour les Pyrénées !



*Scapolite pseudomorphosée en muscovite ("dipyre"),
avec petits cristaux blancs d'albite et de pyrite
12 x 9,7 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle*



*Scapolite pseudomorphosée en muscovite ("dipyre"),
avec pyrite et albite
20 x 12,5 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle*

Minéralogie de la carrière de gypse de Castéroulot-de-Charot, Betchat, vallée du Lens, Ariège

Jean Baptiste DELORT, Nicolas MEISSER⁽¹⁾,
Roger De ASCENÇÃO GUEDES et Thierry AIGOUY⁽²⁾

(1) Musée de géologie, Quartier Anthropole, Université de Lausanne, CH-1015 Lausanne, Suisse

(2) OMP – LMTG, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse

The old Triassic gypsum quarry of Castéroulot-de-Charot is located in the North of Betchat, a village of the Lens valley, Ariège department, French Pyrenees. The gypsum was exploited from the 17th to the 20th century. After the end of activity, the quarry became a pond. The gypsum of this region contains numerous inclusions : corroded minerals and blocks of rock with considerable size (tourmaline pegmatites), revealing the incorporation of diverse horses. Recent studies tend to prove that previous geologic events (Cretaceous) were able to deform and transform considerably the gypsum. Famous French mineralogist Alfred Lacroix had already indicated several minerals in the area of Betchat : phlogopite, native sulfur, dolomite and crystals of pyrite which he considered as among the most beautiful of France. It is still difficult to attribute with certitude the presence of such or such mineral species to one of the major geologic events. For example, some minerals can very well have an authigenic origin, that is, they would have formed from the sedimentation and the consolidation of evaporites. Others were able to crystallize near "ophite" intrusions, or during the HT-LP metamorphism of the Cretaceous North-Pyrenean rift, or also during compressions of the Pyrenean orogenesis (Tertiary). Some minerals were moreover able to be destabilized during the passage from an event to the other one, as our observations seem to suggest. The village of Betchat is, according to us, very interesting at the national level for: pseudomorphoses of orthoclase and muscovite after scapolite, called "dipyres" ; pseudomorphoses of muscovite after twinned aragonite (Bastennes or Minglanilla type) ; dravite ; apatite-(CaCl) ; twinned dolomite ; and very shiny crystallizations of pyrite with a complex crystallography.

Keywords : Ariège department, Betchat town, Castéroulot-de-Charot quarry, Central Pyrenees, Evaporitic sediments, gypsum, HT-LP pyrenean metamorphism, Lens valley, North Pyrenean Zone, pseudomorphosis after aragonite, pseudomorphosis after scapolite, pyrite, scapolite, Triassic Keuper facies.

L'ancienne carrière de Castéroulot-de-Charot se localise dans la vallée du Lens en Ariège, à la limite immédiate avec le département de Haute-Garonne, au nord de la petite ville de Betchat. Elle est située également non loin de la commune de Cassagne, raison pour laquelle des échantillons minéralogiques ont pu avoir cette provenance et de ce fait un nom de département différent.

Cette carrière fut exploitée pour son gypse. Il faut dire que la région est connue pour ce dernier depuis le 17^{ème}

siècle. Au cours de ces trois derniers siècles, il a en effet été exploité de façon artisanale par le biais de puits verticaux de 30 à 50 mètres de profondeur, qui permettaient de prélever du gypse pur localisé, afin de fabriquer du plâtre, directement produit sur place grâce à des fours à chaux dont certains vestiges sont encore présents. Cependant, le bassin et la plaine ont une position telle, vis-à-vis des eaux environnantes, que les puits ne tardaient pas à être inondés. Voici ce qu'écrivait d'ailleurs l'ingénieur des mines Mussy en 1870 à ce sujet : "L'exploitation du gypse à Betchat pour pierre à plâtre remonte à une époque très reculée et est des plus importantes ; les carrières sont nombreuses, souterraines et parfois très profondes ; par places, sont de grands effondrements remplis d'eau, qui révèlent la présence d'anciens travaux inaccessibles et très considérables".

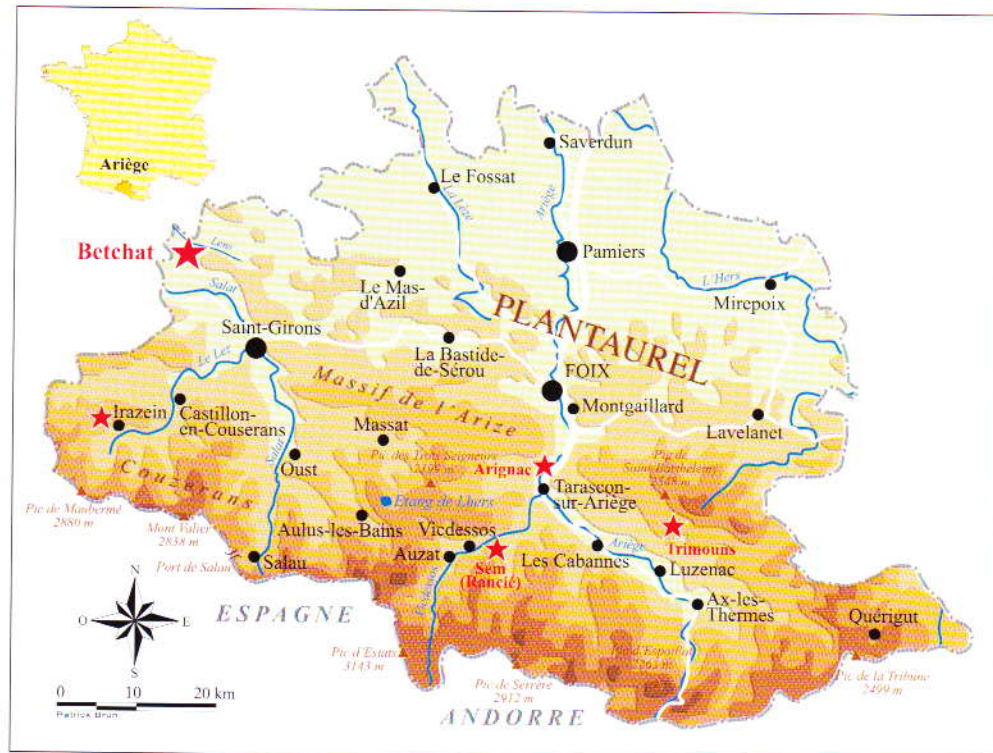


Vieux travaux rencontrés lors de l'exploitation moderne des gypses de Betchat - Photo : J. B. Delort

Au 20^{ème} siècle, avec les nouvelles techniques d'exploitation (explosifs, matériel de pompage, pelles mécaniques et camions), la carrière de Castéroulot-de-Charot est en pleine activité. Il existe alors un réseau de carrières souterraines d'une ampleur telle qu'il est accessible par camions. A partir de 1960 jusqu'aux dernières années de la carrière (fin 2000), l'exploitation à l'air libre a été privilégiée car les galeries ne permettaient plus un rendement économique satisfaisant, et puis on connaît la faible résistance physique du gypse

vieillissant, ce qui aurait eu pour conséquence d'en augmenter la dangerosité d'exploitation, même si les galeries ont été plus hautes que larges justement pour éviter le décollement de plaques du plafond. Le gypse de Betchat était exploité exclusivement pour le ciment qui d'ailleurs ne nécessitait pas une matière première extrêmement pure. Environ 100 tonnes journalières étaient destinées aux fours de cuisson soit environ 35 000 tonnes par an.

L'exploitant, en manque de matière, fut contraint d'abandonner le site et en conséquence d'arrêter le pompage mis en place pour éviter la montée des eaux souterraines. C'est ainsi qu'un triste jour du début du troisième millénaire, la carrière se noie pour ne laisser place qu'à un spectacle de désolation minéralogique : un lac où barbotent canards sauvages migrants et où nagent poissons d'eau douce !



Il existe encore aujourd'hui d'assez nombreux vestiges des anciennes exploitations antérieures à cette carrière. Cinq ensembles principaux sont encore visibles sans qu'on puisse pour autant accéder à une zone à minéraux potentiellement intéressante. Parmi ces ensembles, tous les puits sont noyés à ras bord ou quasiment à ras bord, ce qui dissuade de faire toute tentative de prospection. Deux entrées de galeries subsistent dont une effondrée au bout de 15 mètres (accessible en cuissardes), mais le gypse n'y est pas intéressant, le toit est de plus très instable et de ce fait dangereux. Néanmoins, les déblais aux alentours permettent encore de trouver quelques microminéraux corrects.

Cet article vous propose un inventaire des espèces qui ont été rencontrées dans la carrière afin de témoigner de sa richesse minérale.

Vue de l'ancienne carrière de gypse de Betchat, aujourd'hui sous les eaux. En arrière plan, les Pyrénées et le Pic du Cagire à droite
Photo : J. B. Delort



Anciennes galeries de Betchat
Photo : J. B. Delort

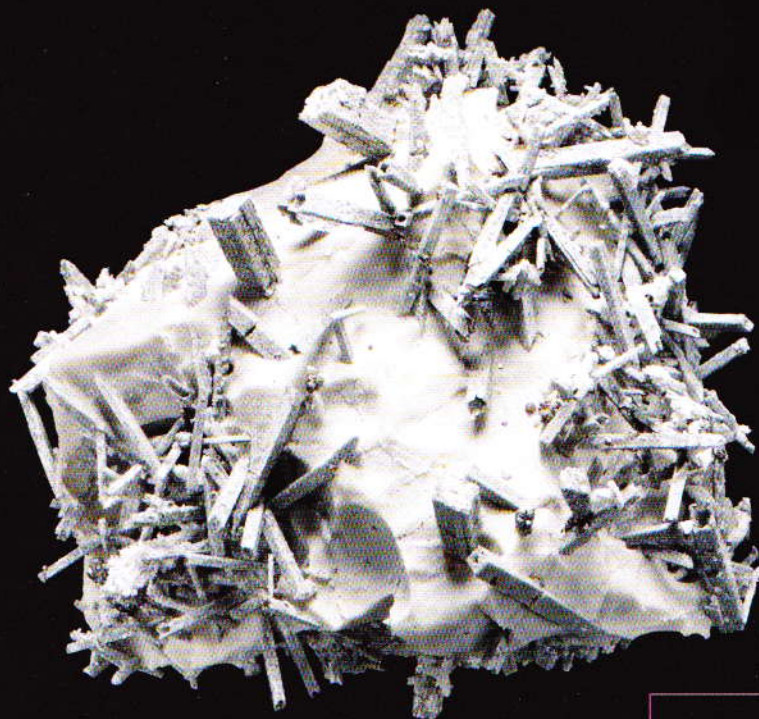


UN GYPSE TRIASIQUE EXTRAVERSÉ

Le gypse de Betchat a une origine sédimentaire, il s'est formé bien avant la constitution de la chaîne actuelle des Pyrénées. Il est apparu en effet au Trias supérieur (Keuper) dans un bassin peu profond qui communiquait temporairement avec la mer et connaissait des périodes d'évaporation. Ce bassin est en partie conservé aujourd'hui dans le sous-sol de l'Aquitaine, connu d'ailleurs pour ses épais niveaux d'évaporites contenant d'abondants amas de sel. Par contre, sa partie Sud a été incorporée dans les Pyrénées, disloquée, déformée et transportée. En effet, ces niveaux évaporitiques ont été déplacés et injectés dans des failles et des plis anticlinaux, en particulier dans le front de la zone nord-pyrénéenne. Le gypse de Betchat chevauche ainsi la zone sous-pyrénéenne, c'est-à-dire les terrains tertiaires et secondaires qui composent les Petites Pyrénées.

Vue d'ensemble de la carrière de Betchat, en activité en décembre 1994 - Photo : J. B. Delort





Scapolite et quartz - 7,2 x 4,8 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle

Scapolite pseudomorphosée
en muscovite ("dipyre"),
15 x 14 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Dolomite - 6,5 x 5,5 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège - Coll. : J. B. Delort - Photo : L.-D. Bayle



Scapolite - 7,2 x 4,8 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle

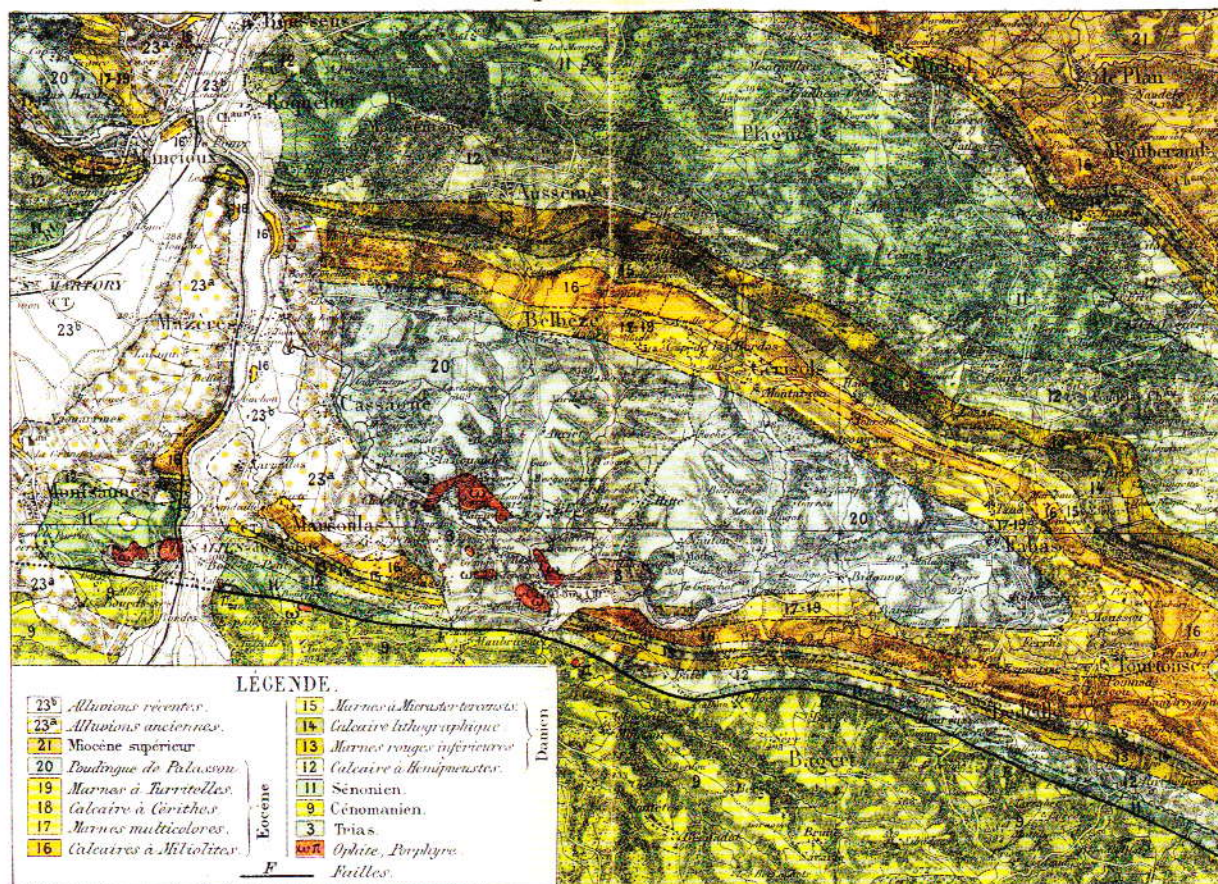


Apatite-(CaF) avec schorl - 3 x 2 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège - Coll. : J. B. Delort - Photo : L.-D. Bayle

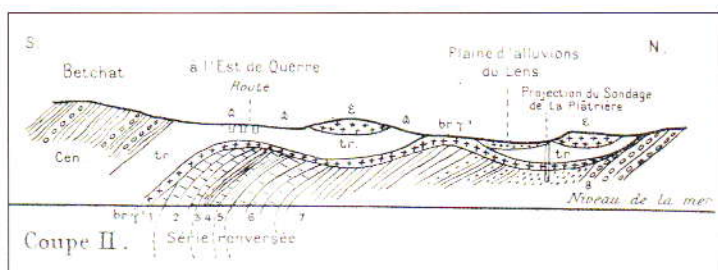


Scapolite pseudomorphosée
en muscovite ("dipyre"),
avec albite
8,7 x 8,5 cm
Castéroulot-de-Charot
de Charot, Betchat, Ariège
Coll. : G. Alias - Photo : L.-D. Bayle

CARTE GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DE SALIES-DU-SALAT par L. CAREZ.



Carte géologique des environs de Betchat d'après Carez (1900),
in 8^{me} congrès géologique international (Livret XIX, Pyrénées, terrains sédimentaires)



Coupe géologique du secteur de Betchat selon Léon Bertrand (1930), in
"Sur la situation du Trias des environs de Betchat et de Salies-du-Salat",
BSGF (4^{me}), XXX

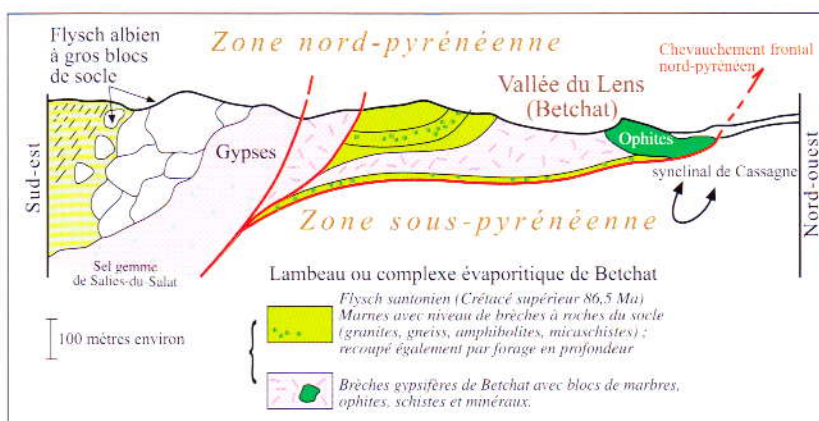
La configuration de la masse gypseuse de la carrière a été déterminée à la suite d'une série de forages réalisés entre 1929 et 1957, en vue d'une nouvelle exploitation. Les résultats d'étude ont apporté des données supplémentaires par rapport à la carte géologique : les argiles gypsifères du Trias reposent bien anormalement sur un substratum crétacé supérieur à tertiaire (voir coupes géologiques). Il s'agit donc d'un lambeau de gypse, c'est-à-dire d'une zone de décollement chevauchant elle-même vers le Nord la couverture sédimentaire aquitaine, facilitée par la plasticité et la faible densité des gypses.

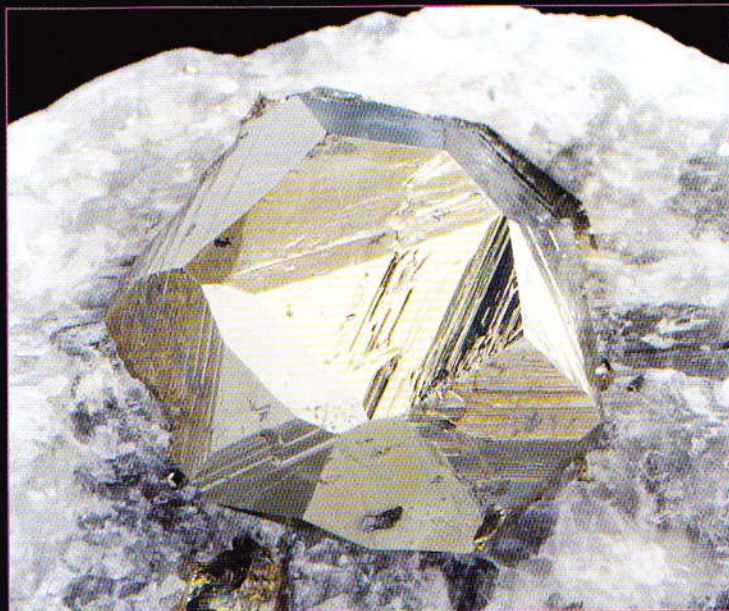
Le gypse de cette région comporte de nombreuses inclusions, c'est-à-dire des minéraux d'aspect corrodé ou érodé, mais

Coupe géologique schématique
des environs de Betchat (Ariège)
d'après Thiébaud et al. (1988), modifiée.

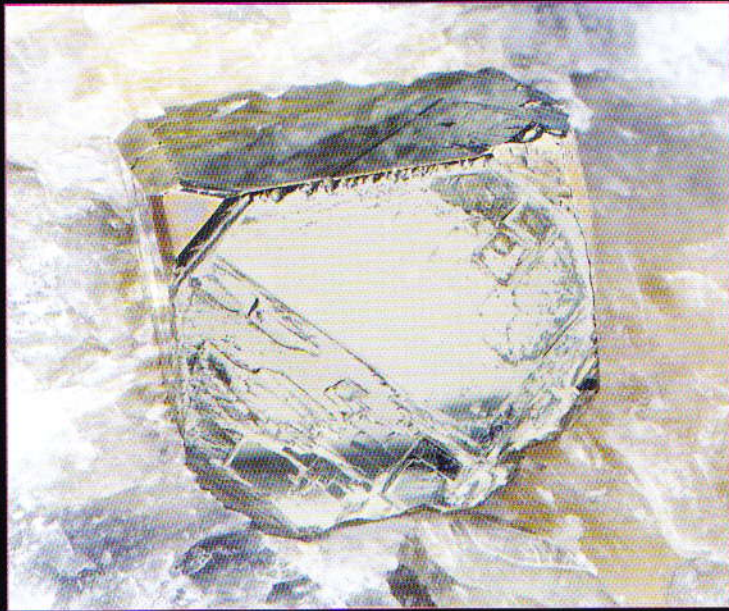
aussi des blocs de roche parfois de taille considérable (des pegmatites à tourmaline, des granites), révélant l'incorporation d'écaillés diverses. On pourrait croire qu'elles ont été incorporées lors du soulèvement des Pyrénées et du charriage du gypse sur l'avant-pays, or, de récentes études tendent à prouver que des phénomènes géologiques antérieurs ont pu déformer et transformer considérablement le gypse dès l'ère secondaire : remontée du gypse sous forme d'un diapir, dissolution voire resédimentation sur le fond marin dans un flysch, effets d'un métamorphisme thermique, bréchification, etc.

Ce qui complique sérieusement la tâche des géologues qui tentent encore de mieux connaître ces divers phénomènes, leur âge et surtout leur ordre de succession (Thiébaud et al., 1988 et Canérot, 2005 et 2008 par exemple). On l'aura compris, la géologie de ce secteur reste d'une grande complexité.





Pyrite sur gypse - Cristal : 1,8 x 1,8 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



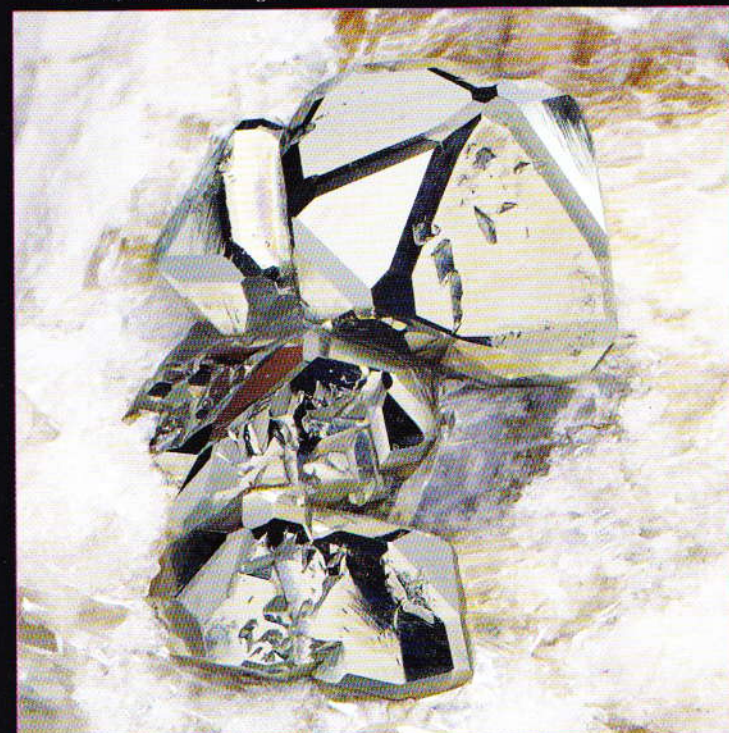
Pyrite sur gypse - Cristal : 2,5 x 2 x 1,5 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Pyrite sur gypse - Cristal : 1,5 x 1,3 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Pyrite sur gypse - Cristal : 1,4 x 1,4 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Pyrite sur gypse - 3 x 3 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Pyrite avec un aspect corrodé - 6,5 x 6,3 cm - Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle

Gleizes (1971) a décrit les divers faciès de gypse de Betchat. Le gypse pur se trouve sous forme de lentilles dans un gypse impur. Ce dernier peut être de couleur brune en raison de l'abondance de fragments de roches diverses. Le faciès vert comporte des inclusions d'argiles et de clinocllore et montre une matrice faite de petits cristaux de gypse. L'assemblage de plus petits cristaux de gypse a donné une variété compacte et pure qui a fait l'objet de l'exploitation par puits. Celui-ci proviendrait de l'hydratation d'une ancienne anhydrite et comporte de la dolomite et de la pyrite. Il peut être blanc et de qualité "albâtre" ou bien orangé à rosâtre (oxydes de fer). La qualité blanche à grains plus gros a été considérée comme une variété dite saccharoïde, qui se désagrège sous la simple pression de la main. Selon cet auteur, les très rares niveaux d'anhydrite encore visibles prouveraient son origine sédimentaire.

Dans le détail, le gypse de Betchat était à l'origine associé à des dépôts de marnes bariolées, des calcaires et des dolomies, mais aussi à des volumes d'ophites. Ces dernières sont également présentes dans la région à Salies-du-Salat et à Bonrepaux et dans bien d'autres zones accidentées des Pyrénées, aussi bien côté français qu'espagnol (voir le *Règne Minéral* n°48 par exemple). L'ophite est une variété de dolérite typiquement pyrénéenne datant du Trias supérieur. C'est une roche magmatique microgrenue de composition tholéiitique. L'intrusion de ces magmas basiques entre la fin du Trias et le début du Lias, sans doute sous forme de plusieurs sills entre les couches de gypse, a probablement provoqué des modifications chimiques de l'encaissant et un faible métamorphisme, du moins très localement. Mais avec tous les autres événements qui surviendront au cours de l'ère secondaire, il est difficile de savoir ce qu'il en reste.

MINÉRALOGIE

Avant de voir quels ont été les minéraux rencontrés dans la carrière de gypse de Castéroulot-de-Charot, il convient de noter qu'Alfred Lacroix avait déjà signalé dans les affleurements de la vallée du Lens plusieurs minéraux qu'il regroupait dans la localité de Betchat, décrivant ainsi des amas de phlogopite sous forme de lames hexagonales blanches de la taille du poing, de petites masses de soufre natif et des masses fragiles de dolomite constituées de rhomboèdres gris bleuâtres centimétriques, sans oublier des cristaux de pyrite qu'il considérait comme parmi les plus beaux de France. De même, Mussy (1870) a décrit le gypse et quelques minéraux en ces termes : *"Le gypse est disposé en masses irrégulières de qualité variable, séparées par de vastes surfaces de délits entrecroisés, plongeant en tous sens de 40 à 45°; il est toujours plus ou moins cristallin laminaire, rarement complètement blanc souvent un peu grisâtre et terreux, assez fréquemment et surtout à la surface il est coloré en rouge ou vert et mêlé à des argiles ocreuses fortement imprégnées d'oxyde de fer; il est souvent criblé de grains de pyrites de fer dodécaédrique et paillettes de mica"*.

Il est encore difficile à l'heure actuelle d'attribuer avec certitude la présence de telle ou telle espèce minérale à l'un des événements géologiques majeurs que nous avons mentionnés. Par exemple, certains minéraux peuvent très bien avoir une origine authigène, c'est-à-dire qu'ils se seraient formés dès la sédimentation et la consolidation des évaporites entre le Trias et le Lias, à l'exemple du quartz biterminé rouge (voir le *Règne Minéral* n°57) ou de l'aragonite. D'autres ont pu cristalliser près des intrusions des ophites, ou pendant le flux thermique élevé de la fosse crétaée ou encore durant les compressions du soulèvement. Quelques minéraux ont d'ailleurs pu se déstabiliser lors du passage d'un événement à un autre, comme le suggèrent nos descriptions qui suivent.

Actinolite

Thiébaud et al. (1988) l'avaient reconnue dans un marbre. Cette amphibole est présente dans le gypse sous forme de jolies aiguilles et agrégats fibro-radiés ne dépassant pas 2 cm de longueur, mais elle n'est pas très fréquente. Notre analyse

chimique a montré qu'il s'agissait d'une actinolite *stricto sensu*, magnésienne.

Albite

Thiébaud et al. (1988) l'ont signalée aussi bien dans les gypses que dans les marbres. Pour notre part, nous avons observé des cristaux blancs dans les marbres à scapolite, jusqu'à 1 cm et dont les faces sont rugueuses. On retrouve l'albite en forme de petits losanges blancs sur des scapolites pseudomorphosées.

Anhydrite

Aucun cristal n'a été signalé, l'anhydrite reste à notre connaissance massive, de couleur mauve ou grisâtre, associée à la dolomie, avec un clivage très marqué.

Apatite-(CaCl)

Il a été trouvé un unique prisme trapu centimétrique, hexagonal et biterminé, avec les faces nettes de la pyramide hexagonale (voir photo). Une analyse a été conduite dans le cadre de cet article à l'Université Paul Sabatier (Toulouse) à l'aide d'un microscope électronique à balayage (MEB) et d'un système EDS (spectromètre). Le minéral a été observé au MEB afin de faire apparaître d'éventuelles variations de composition chimique. Dans notre cas, le minéral ne présentait pas d'hétérogénéité de composition chimique hormis quelques pollutions de surface. L'apatite est confirmée par la présence des pics du phosphore (P), calcium (Ca), oxygène (O), fluor (F) et chlore (Cl) sur le diagramme obtenu avec le système EDS. Le fluor est présent en faibles quantités alors que le chlore est prépondérant. Il s'agit donc a priori d'une apatite-(CaCl), ou chlorapatite, avec un peu de fluor.

Apatite-(CaF)

De la fluorapatite a été repérée dans une écaille de pegmatite au sein d'un agrégat de quartz et de tourmaline noire. Le minéral de couleur rose saumon se présente sous la forme de prismes de quelques millimètres, très fracturés, avec un éclat vitreux à gras caractéristique. L'analyse chimique effectuée à Lausanne, en plus du calcium (Ca) et du phosphore (P), montre la présence de traces de manganèse (Mn), probablement responsables de la teinte particulière. Le rapport atomique des halogènes est de Cl/F = 0,27.

Calcite

Elle est présente au moins sous forme massive, mais nous n'avons pas vu de cristallisations intéressantes.

Célestine

Gleizes (1971) soupçonnait sa présence dans le gypse blanc compact en raison de teneurs élevées en strontium relevées dans ce faciès. Il signale des baguettes transparentes sans plus de précision. Nous ne l'avons pas retrouvée dans des échantillons mis à notre disposition.

Clinocllore

Elle est abondante dans tous les faciès de roches de la carrière et elle est responsable de la teinte verdâtre de certaines masses de gypses. Gleizes (1971) avait expliqué que les passées vertes du faciès blanc et compact du gypse étaient liées en fait à la présence d'un mélange de clinocllore et de vermiculite. Thiébaud et al. (1988) ont mentionné dans les gypses une variété riche en aluminium, la "shéridanite". Enfin, en dehors de la carrière, il convient de noter tout de même que Sureau (1968) avait signalé des sphérolithes millimétriques de clinocllore dans un gypse, au contact avec l'ophite de ce secteur même. Notre analyse d'un clinocllore vert olive, pseudomorphosant complètement un minéral prismatique indéterminé, montre un rapport Fe/Mg = 0,15.

Dolomite

La dolomite est abondante mais rarement de bonne qualité. La variété la plus fréquente correspond à des rhomboèdres translucides ou opaques isolés dans des masses



Apatite-(CaCl) - 2 x 1,5 x 1,2 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : J. B. Delort - Photo : L.-D. Bayle



Anhydrite - 2,7 x 1,7 x 0,8 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : J. B. Delort - Photo : L.-D. Bayle



*Dolomites maclées
2,5 x 2,3 x 1,4 cm et 2,5 x 2,5 x 1,5 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle*



*Deux générations de dolomite
5,2 x 4,5 cm
Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle*



*Gypse - 9 x 5,5 cm
Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle*

de gypse, mesurant de 1 mm à 9 cm, le plus souvent grisâtres, sinon blancs, jaunâtres ou verdâtres. Il s'agit soit de cristaux nets soit ce qui semble être des clivages de ce minéral, comme s'il avait été broyé. Une autre génération de dolomite a été découverte en très peu d'échantillons, bien plus intéressante, celle-ci étant maclée selon (00.1) et totalement incolore. Ils comptent parmi les plus beaux échantillons français que nous ayons vus.

Dolomie ou dolomite ?

Monsieur Wendel Jean (Thann) s'interroge sur l'utilisation correcte de ces deux termes. La *dolomite* est l'espèce minérale, un carbonate double de calcium et de magnésium, rhomboédrique et de formule $(Ca,Mg)(CO_3)_2$. Par contre, une roche sédimentaire composée d'au moins 50 % de dolomite est une *dolomie* : terme donné par Nicolas-Théodore de Saussure en mars 1792 (Journal de Physique, tome XL, partie I, pages 161 à 173) en hommage au célèbre géologue dauphinois Déodat de Dolomieu qui ramena des échantillons du Tyrol italien. En effet, d'épais dépôts triasiques y constituent un massif qui porte aujourd'hui le nom de "Dolomites". Quant à la *dolomitisation*, c'est un phénomène qui remplace la calcite par de la dolomite lors des processus de diagenèse ou lors de la circulation d'eaux fortement magnésiennes. Attention, la langue anglaise n'utilise que le terme "dolomite" pour parler de l'espèce ou de la roche.

RDAG

Epidote ou zoïsité

La présence de ces silicates a été suggérée par Gleizes (1971) dans le gypse blanc compact mais nous ne les avons pas rencontrés.

Glauberite (?)

Gleizes (1971) l'a envisagée dans un faciès impur du gypse en raison de teneurs élevées en sodium.

Gypse

Les masses de gypse rencontrées dans la carrière ont fourni quelques cristallisations intéressantes. Tout d'abord, des fibres qui mesurent de quelques millimètres à plusieurs centimètres de longueur et qui sont présentes un peu partout sur le site, blanches à translucides, avec un aspect chatoyant. Ce gypse fibreux est très pur et a recristallisé secondairement dans des fissures. Des spécimens de formation très récente, en forme d'efflorescences ou de véritables crosses, existent aussi. On trouve encore des masses clivables jaunes, blanches ou transparentes qui mesurent plusieurs décimètres et constituent des lentilles dans la masse principale. Certaines de ces lames sont d'ailleurs particulièrement transparentes, parfois d'un jaune orangé et totalement gemmes. Enfin, les cristaux nets et bien définis sont bien plus rares et ont été découverts dans une poche située à l'étage inférieur de la carrière, dans le front de taille. Il n'y a pas eu à notre connaissance de spécimens remarquables susceptibles de rivaliser avec ceux d'Arignac dans le même département ou de Carresse dans les Pyrénées-Atlantiques. Cependant, les cristaux que nous avons pu observer rappellent beaucoup ceux d'Arignac par leur habitus et surtout leur très belle limpidité.

Halite

Le chlorure de sodium est présent dans les gypses de notre secteur, mais plus en profondeur.

Hématite

Les cristallisations que nous avons étudiées sont millimétriques ou centimétriques tout au plus, disséminées dans le gypse. Il s'agit de paillettes à éclat métallique très vif ou d'agrégats en tonnelets, tablettes et prismes hexagonaux. Les meilleurs spécimens provenaient de passées sableuses dolomitiques. Gleizes (1971) avait déjà vu des cristaux tabulaires dans le gypse blanc compact. Pour

Thiébaud et *al.* (1988), l'hématite se serait formée après les éléments bréchiques des gypses. Les paillettes d'hématite du gypse compact rappellent beaucoup celles de Carresse (Pyrénées-Atlantiques).

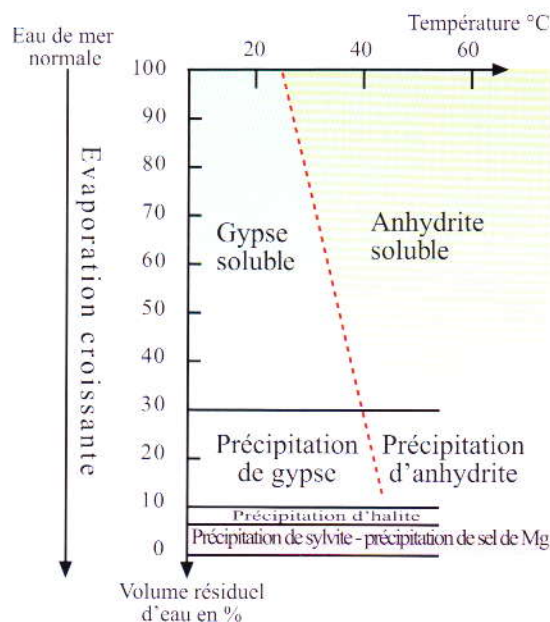
Ilménite

Elle existe sous forme de grains en inclusions dans le gypse (Gleizes, 1971). Nous ne l'avons pas retrouvée.

Magnétite

Rare, elle apparaît généralement dans les niveaux de marbres calcaires en cristaux millimétriques à faces lisses et brillantes, exceptionnellement centimétriques dans le sable dolomitique, sous forme d'octaèdres aux arêtes et sommets parfois tronqués, constituant des agrégats en chapelets.

Comment se forme le gypse ?



D'un point de vue théorique et très général, on va tenter de se faire une idée de l'origine d'une formation gypsifère. Dans un premier temps, il convient de rappeler que le gypse est une roche sédimentaire. L'eau de mer qui contient un grand nombre d'ions va être en mesure de donner des dépôts solides (dans certaines conditions de température et de pression) qui sont le siège de transformations chimiques que l'on nomme réactions de précipitation. Ainsi, selon les éléments présents, on peut obtenir des évaporites (terme général désignant des dépôts riches en chlorures et sulfates alcalins (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- et SO_4^{2-}) dont le gypse (sulfate de calcium dihydrate). Suivant le contexte géodynamique, à partir de fluides tels que l'eau de mer, les évaporites ou roches salines seront constituées de minéraux différents. Tout est une question de solubilité. Faisons un raisonnement par analogie : on prend une casserole remplie d'eau dans laquelle on ajoute du sel de cuisine (halite ou chlorure de sodium). Au delà d'une certaine quantité de sel par rapport à la quantité d'eau, le sel ne se dissout plus : on dit qu'on a atteint la limite de solubilité. De la même façon, mais en considérant le processus inverse, si la quantité d'eau d'une solution saturée en sel diminue par évaporation, le sel précipite. C'est précisément ce qui se produit pour le gypse. Pour mieux se représenter à quel moment le gypse précipite vis-à-vis d'autres minéraux évaporitiques, il est bon d'utiliser un diagramme présentant les domaines d'existence de ces minéraux en fonction de la température et du volume résiduel d'eau (Cf. figure ci-dessus). Pour comprendre le document il ne faut pas perdre de vue que les équilibres chimiques complexes de l'eau de mer imposent une certaine quantité d'ions. Par lecture graphique on peut voir que le sulfate de calcium est la première forme à précipiter lorsque le volume est réduit à environ 30 % du volume initial.

Jean Baptiste DELORT



Gypse - 9 x 5,5 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Gypse - Cristal : 6 x 3,5 x 2,5 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Gypse - 2,8 x 2,8 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : J. B. Delort - Photo : L.-D. Bayle

Gypse - 11,5 x 12 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : J. B. Delort - Photo : L.-D. Bayle



Grand clivage de gypse
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : RDAG

Magnésite

Thiébaud et *al.* (1988) ont signalé une variété ferrière de magnésite dans le gypse.

Muscovite

La variété en fines paillettes appelée "séricite" a été observée dans une dolomie sableuse avec des quartz bipyramidés et des scapolites pseudomorphosées (Thiébaud et *al.*, 1988).

L'analyse à Lausanne d'une variété ferrière de chlorite, communément appelée "leuchtenbergite" et qui est abondante en cristallisations inframillimétriques dans les niveaux calcaires mais aussi dans les gypses eux-mêmes, correspond en réalité à de la muscovite légèrement magnésienne (solution solide avec la phlogopite). L'analyse montre également un peu de fer (Fe), de chrome (Cr) et de vanadium (V).

Une variété très fine de muscovite constitue, avec le talc, le quartz et le clinocllore, les pseudomorphoses de ce qui semble avoir été de l'aragonite maclée en prismes et tablettes. Les formes ont été préservées et font penser d'emblée aux cristaux maclés pseudo-hexagonaux de Bastennes dans les Landes ou de Minglanilla en Espagne dont les terrains évaporitiques sont également datés du Trias supérieur (faciès Keuper).

L'analyse radiocristallographique de ces pseudomorphoses montre qu'il s'agit essentiellement du polytype 2M₁ de la muscovite, polytype dont la présence témoigne d'un métamorphisme assez marqué.



Gypse - 20 x 12 x 7,8 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle

Pargasite

Thiébaud et *al.* (1988) ont signalé cette amphibole dans un marbre à biotite et scapolite.

Phlogopite

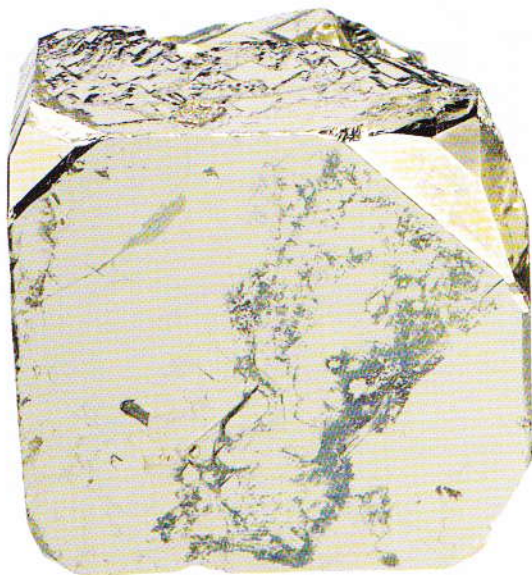
Dans le gypse, nous avons vu de jolis cristaux de 1 à 4 mm sous forme de paillettes et tablettes brun doré, à contours triangulaires. Cette diagnose visuelle a été confirmée par une analyse chimique à Lausanne. Thiébaud et *al.* (1988) l'ont aussi signalée dans un marbre.

Pyrite

Abondante lors de l'exploitation, Alfred Lacroix (1897) en avait déjà fait une description détaillée : "Le gisement de Betchat, que j'ai récemment étudié, peut être comparé à celui de Traversella, en Piémont, pour la beauté des cristaux dont la richesse en faces est remarquable. Il existe du reste une grande analogie de combinaisons de formes et de développement entre les types octaédriques de ces deux gisements. (...). Les cristaux de Betchat peuvent atteindre quelques centimètres. Parmi plusieurs centaines de cristaux de toute taille que j'ai étudiés, je n'ai trouvé que rarement des individus entiers, normalement développés ; le plus souvent, leurs faces arrondies, leurs arêtes courbes (surtout dans les types riches en faces), comme si le cristal avait subi un commencement de dissolution ; les cristaux de petite taille deviennent globuleux et leur surface est si brillante que quand on les porte sur le goniomètre, ils donnent, dans une position quelconque, une série ininterrompue de réflexions". Les formes qu'il décrit alors sont le cube mais surtout l'octaèdre dont les sommets ou les arêtes peuvent être modifiés de manière importante, notamment par les faces du cube, d'un trioctaèdre ou de diploèdres. L'un de ces octaèdres simples ne mesurait pas moins de 5 cm ! Enfin, il précise que des stries et des figures triangulaires caractérisent les échantillons de Betchat.

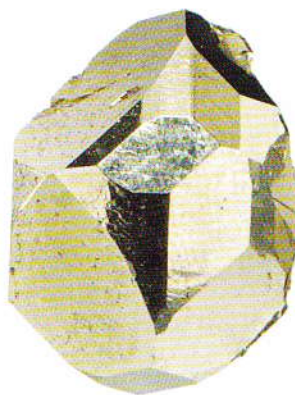
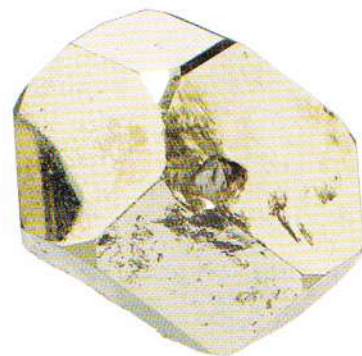
Nous avons également noté que les cristaux sont souvent indemnes de toute altération et surtout très brillants. Cette brillance semble d'ailleurs perdurer comme nous avons pu le constater sur de multiples spécimens gardés en cave depuis plus de vingt ans ! Ces derniers trouvés depuis 1986 montrent des formes simples et reconnaissables : le cube, l'octaèdre et le cuboctaèdre. Mais beaucoup d'échantillons dévoilent des cristallisations squelettiques, dendritiques,

Nodule de pyrite
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : J. B. Delort - Photo : RDAG

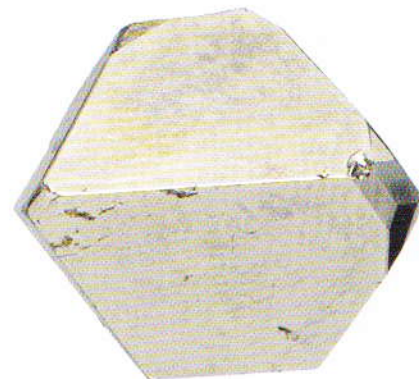
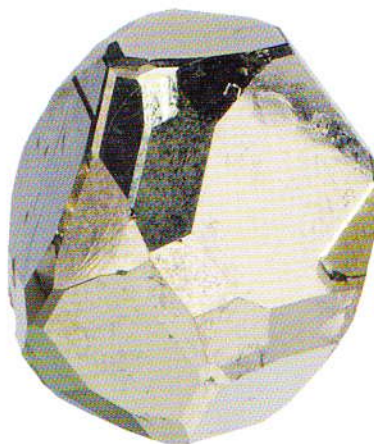
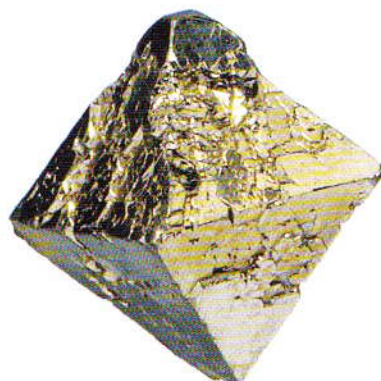


Pyrites
 3,4 x 3,3 x 2,8 cm
 3,5 x 3,5 x 2,6 cm
 Carrière de
 Castéroulot-de-
 Charot, Betchat,
 Ariège
 Coll. : P. Girardini
 Photo : L.-D. Bayle

Pyrites
 1,9 x 2 x 1,5 cm
 1,5 x 1,7 x 1,3 cm
 2,2 x 1,8 x 1,6 cm
 Carrière de
 Castéroulot-de-
 Charot, Betchat,
 Ariège
 Coll. : P. Girardini
 Photo : L.-D. Bayle



Pyrites
 2,3 x 2, x 1 cm
 2,5 x 1,9 x 1,4 cm
 2,3 x 1,5 x 1,2 cm
 Carrière de
 Castéroulot-de-
 Charot, Betchat,
 Ariège
 Coll. : P. Girardini
 Photo : L.-D. Bayle



Pyrites - 1,3 x 1,3 x 1,5 cm ; 1,5 x 1,3 x 1,2 cm - 1,3 x 1,3 x 1,1 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
 Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle

caverneuses, lamellaires, en écailles ou encore d'aspect fenestré, dissout ou déformé, de plusieurs centimètres de longueur. Cela nous suggère que les croissances ont dû être gênées et contraintes. La plupart a été récoltée dans des veines de dolomite microcristallisée constituant des sables dans les masses de gypse. Ce qui explique leur récupération aisée. On note des figures de croissance et des points d'attache avec les grains de la gangue. De gros cubes ont été récupérés directement dans le gypse lamellaire et ne mesurent pas moins de 4 cm d'arête. De même, de très gros agrégats noduleux (5-30 cm) étaient composés de pyrite (voir photo) et les niveaux plus marneux ont fourni des cristaux pentagono-dodécaédriques.

La pyrite de Betchat est très intéressante d'un point de vue cristallographique. En effet, les formes de base (cube, octaèdre, dodécaèdre pentagonal), quand elles ne sont pas dissymétriques ou oblitérées par des figures de croissances triangulaires sur les arêtes, offrent de nombreuses petites faces sur les arêtes et les sommets, comme l'avait déjà décrypté Lacroix en son temps (voir figures ci-contre). Ce dernier avait identifié de nombreuses formes et des combinaisons complexes, alliant les faces d'un trapézoèdre, d'un trioctaèdre et de diploèdres. Les formes recensées étaient : {100}, {111}, {110}, {210}, {211}, {221}, {321}, {311}, {411} et {421}. Un exercice difficile car les cristaux avaient parfois un aspect aplati ou fondu. Gleizes (1971) signale des macles cruciformes, macles que nous n'avons hélas pas retrouvées.

Ces cristaux exceptionnels de pyrite placent le gisement de Betchat parmi les grands gisements classiques français, bien que méconnu des amateurs. Pour Thiébaud et al. (1988), tout comme l'hématite, la pyrite serait postérieure à la formation des éléments bréchiques des gypses.

Quartz

Ce minéral offre différentes morphologies et couleurs dans le gisement. Les cristaux gris peuvent atteindre 10 cm de hauteur et montrer des faces rugueuses. Les individus biterminés, assez rares et inférieurs au centimètre, sont roses ou gros selon qu'ils sont présents dans les gypses rubanés roses ou grisâtres. Les cristaux biterminés rouges se trouvent dans du gypse de même couleur et ils sont toujours plus petits par rapport aux roses. Ces cristallisations sont analogues à celles de l'Aude (Cf. le Règne Minéral n° 57). Le quartz enfumé qui est inclus dans le gypse mesure jusqu'à 7 cm pour 1 cm de diamètre mais il est très rare. Il présente des figures d'attaque bien marquées et un habitus simple prismatique bien que les arêtes de ce dernier semblent s'incurver vers le haut. Quelques macles du Dauphiné ont été repérées (voir photo). Des échantillons sombres d'aspect morion sont inférieurs à 2 cm et peu abondants. Des cristaux plus allongés et biterminés sont de teinte beige, comme leur gangue carbonatée. On peut les récupérer par dissolution à l'acide chlorhydrique.

Rutile

Des cristaux striés, inframillimétriques à plurimillimétriques (exceptionnellement 8 mm), difficiles à repérer à l'œil nu, ont été découverts dans le gypse avec l'hématite, la pyrite en dodécaèdres, ainsi que dans les niveaux de carbonates à scapolite. Leur couleur est brun rouge à rouge sombre presque noir et la macle dite en genou est présente. Des cristaux inframillimétriques de rutile rouge vif ont été

rencontrés une seule fois dans une écaille de pegmatite incorporée tectoniquement dans les gypses. L'analyse chimique du rutile présent dans le gypse montre la présence unique de titane (Ti) et d'oxygène (O).

Scapolite (méionite-marialite)

Des baguettes parallépipédiques verdâtres jusqu'à 10 cm de longueur et plus de 1 cm de section, étaient abondantes à certains endroits des niveaux carbonatés. Ces cristaux ont été découverts en dissolvant entièrement ou partiellement ces carbonates à l'aide d'acide chlorhydrique. C'est ce type d'échantillons qui a fait la réputation de la carrière ces dernières années. Les cristaux intacts sont par contre rares et les individus tronçonnés fréquents.

Le terme de "dipyre" est encore utilisé de nos jours par les collectionneurs pour parler de ces échantillons de scapolite plus ou moins transformés en divers minéraux (voir le Règne Minéral n°60 au sujet de ce groupe de minéraux).

Ainsi, Sureau (1968) a décrit des baguettes blanches d'une pseudomorphose de scapolite en muscovite et calcite.

Quant à Thiébaud et al. (1988), s'ils ont signalé une scapolite encore intacte dans un marbre à biotite et pargasite, ce n'est pas le cas dans une dolomie sableuse où elle est transformée en trois assemblages différents :

- (1) – quartz, albite, clinocllore, calcite ;
- (2) – en feutrages de micas ;
- (3) – corrodée et envahie de dolomite.

La scapolite est apparue dans certains calcaires et dolomies lors du métamorphisme thermique crétacé qui a affecté la zone nord-pyrénéenne.

Des séries d'analyses chimiques et radiocristallographiques effectuées à Lausanne d'un cristal de "dipyre" a montré que ce dernier était constitué d'un mélange d'orthose vitreuse vert pâle, faiblement sodique, et qui s'associe intimement à de la muscovite en périphérie de ce même cristal.

Soufre

Le soufre natif apparaît en traces comme produit de décomposition des pyrites.

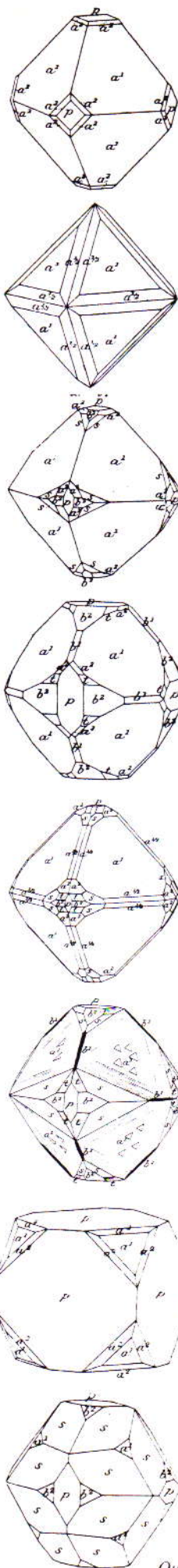
Talc

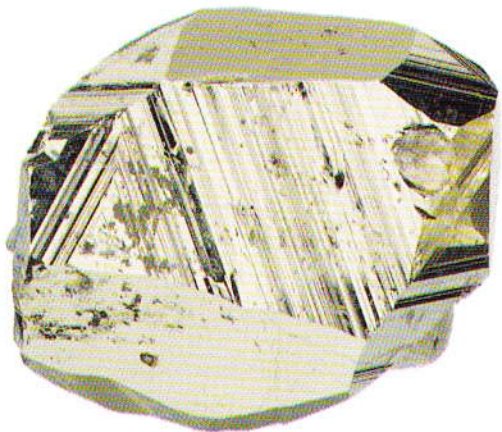
Des masses pluricentimétriques de talc ont été observées de temps à autre dans le gypse. Des paillettes ont aussi été observées au contact avec les dolomies (Gleizes, 1971) ou disséminées dans le gypse (Thiébaud et al., 1988). Nos analyses ont montré que le talc avait remplacé certains minéraux et qu'il entraînait dans la composition des pseudomorphoses, notamment d'aragonite.

Tourmaline (dravite et schorl)

Des cristallisations opaques, plutôt inframillimétriques, ont pu atteindre le centimètre dans le gypse beige ou blanc. La couleur brune des cristaux trapus peut évoluer vers le noir. Des analyses effectuées par Gleizes (1971) ont montré une composition intermédiaire de dravite-schorl. Les faces des terminaisons sont souvent visibles et cet auteur a mesuré les formes {10.1}, {00.1}, {02.1} et {01.2}.

Quelques formes complexes de la pyrite de Betchat répertoriées par Alfred Lacroix



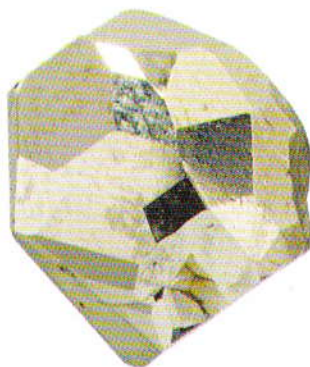
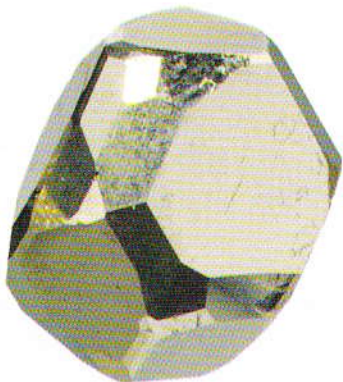
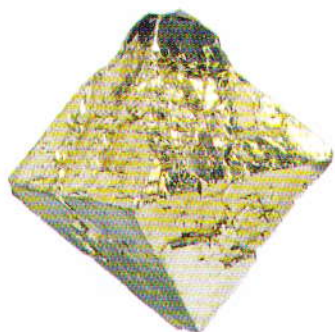


Pyrites - 2,7 x 2 x 1,3 cm ; 2,3 x 1,6 x 1,3 cm - 2,1 x 2 x 1,6 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle

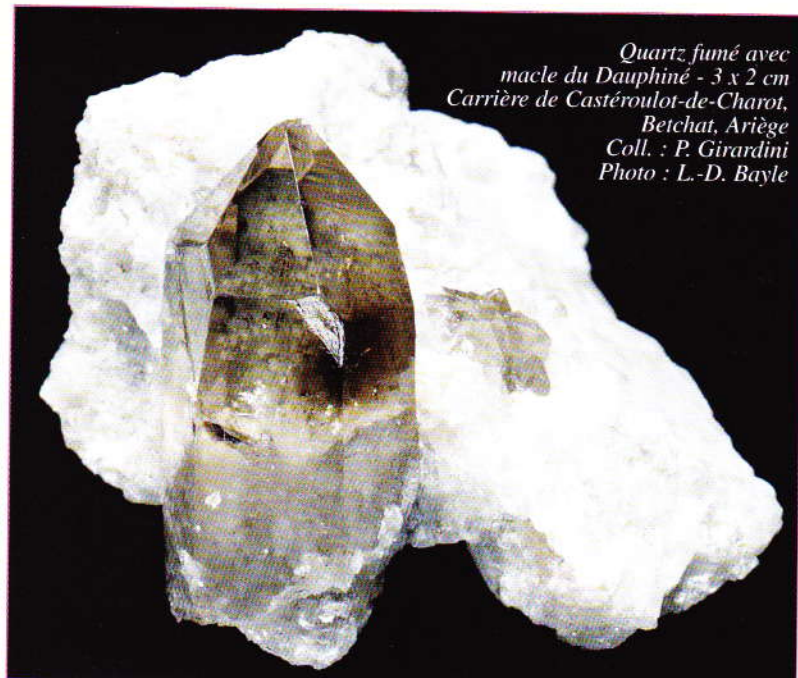


*Pyrites aux croissances curieuses...
3 x 2,5 x 1,3 cm
3 x 2,2 x 1,6 cm
4 x 2,5 x 1,6 cm
Carrière de
Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle*

*Pyrites en peau
de crocodile !
2 x 1,8 x 1,7 cm
3 x 2,3 x 1,9 cm
1,8 x 1,9 x 1,8 cm
Carrière de
Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle*



*Pyrites
1,3 x 1,3 x 1,5 cm
1,5 x 1,3 x 1,2 cm
1,3 x 1,3 x 1 cm
Carrière de
Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle*



Quartz fumé avec
macle du Dauphiné - 3 x 2 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle

Les cristaux automorphes, translucides à opaques, disséminés dans le gypse et dont la teinte varie du brun miel au brun sombre presque noir, correspondent selon nos analyses chimiques à de la dravite (le schorl et l'uvite étant exclus).

Par contre, nous avons identifié par analyse le schorl en cristaux bacillaires noir vitreux dans une écaille de pegmatite incorporée tectoniquement dans les gypses.

Trémolite

Gleizes (1971) a signalé ce minéral en inclusions dans des rhomboèdres épais de dolomite. Nous pensions que les rares inclusions aciculaires rayonnantes blanches dans le gypse, atteignant au maximum 2 cm étaient de la trémolite, mais elles se sont avérées être du talc après analyse.

Vermiculite

Cette argile du groupe de la smectite se mélange au clinocllore pour donner les passées vertes du gypse blanc compact selon Gleizes (1971).

L'INTÉRÊT DE CE GISEMENT

Le site de Castéroulot-de-Charot a eu le mérite de nous donner deux enseignements qui semblent essentiels. Le premier étant qu'on peut rencontrer de beaux minéraux même si à première vue on pense qu'il n'y en a pas. Le second donne en quelque sorte une leçon de morale : dans la vie, rien n'est acquis par avance, c'est-à-dire que maints efforts sont nécessaires pour rendre un matériel minéralogique esthétique au possible et les conditions pour y parvenir passent par un long temps de prospection, nettoyage minutieux et efforts de présentation.

Plus concrètement, on peut dire que le gîte de Castéroulot-de-Charot restera sans conteste en mémoire pour l'originalité des espèces minérales rencontrées, notamment les scapolites et les aragonites pseudomorphosées, la pyrite bien sûr, mais aussi la dravite et la dolomite maculée. La poursuite de l'étude minéralogique de ce gisement devrait nous apporter d'autres enseignements sur l'histoire géologique complexe de ces gypses et mieux comprendre la succession des différentes paragenèses minérales.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux qui directement ou indirectement ont contribué à l'élaboration de cet article, tout d'abord l'équipe du *Règne Minéral* pour son soutien, son aide rédactionnelle et documentaire ainsi que les photographes des échantillons.

Merci également à Joseph Canérot, Gérard Alias, Pascale et Daniel Journet, Joseph Trivini, Francis Petit, Pascal Sattler Jean-Marie Laurent pour leur aimable contribution, sans oublier Patrick Girardini et Claude Noséda qui se sont tout particulièrement impliqués dans la première version de l'article. Un merci particulier à Jacques Delouvrier qui nous a aidés sur le terrain à mieux comprendre la position relative entre le gypse et les ophites.

Un grand merci à Monsieur Didier Béziat, Maître de conférence à l'Université Paul Sabatier à Toulouse, sans qui certaines analyses n'auraient pu être faites.

Enfin, un remerciement appuyé est adressé par la Rédaction au Musée géologique de Lausanne, de même qu'à l'Institut de minéralogie et de géochimie de l'Université de Lausanne pour les multiples analyses chimiques et radiocristallographiques ayant permis de différencier les deux types de pseudomorphoses ainsi que la minéralogie de ce site.

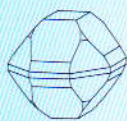
Sites similaires à Betchat

Au sud de Betchat, l'ancienne exploitation de gypse de Bonrepaux, a eu autant d'importance que la précédente si ce n'est plus en considérant la qualité du gypse exploité en vue de son traitement industriel. Le gîte est cependant beaucoup moins connu des minéralogistes et ce manque de notoriété peut s'expliquer par deux faits. Tout d'abord, l'essentiel de l'extraction s'est réalisé en galeries dont l'unique entrée était fermée ; et puis, bien que les substances minérales ont été les mêmes que celles de Betchat, la taille des cristaux n'avait rien de comparable : il était hardi de trouver des pièces susceptibles d'entrer en collection ! Aujourd'hui, on ne peut guère espérer en Bonrepaux une alternative à Betchat.

Plus à l'ouest, la localité de Salies-du-Salat est connue aussi pour son gypse et sa carrière ouverte dans une ophite où des fissures ont livré des cristallisations de préhnite et d'épidote. Les saumures salifères y étaient remontées par canaux à l'aide de turbo-compresseurs entre 1885 et 1970. Le thermalisme est encore développé aujourd'hui.

"DES PIERRES A CROQUER"

Minéraux & Fossiles - Objets Précieux & Gemmologie
Bijoux en pierres fines et précieuses Location de Collection pour Exposition



2 bis, Rue du Comte Komar - 60260 LAMORLAYE (35 km au nord de Paris)
Tél. : 03.44.21.55.56 - Fax : 03.44.21.05.04 - E-mail : multiaxes@wanadoo.fr

STE MULTIAXES



ACHAT DE COLLECTIONS - PAIEMENT COMPTANT - DISCRETION ASSURÉE

MultiAxes propose des minéraux
sur le site Internet : [spathfluorminerals.com](http://www.spathfluorminerals.com)
<http://www.spathfluorminerals.com>

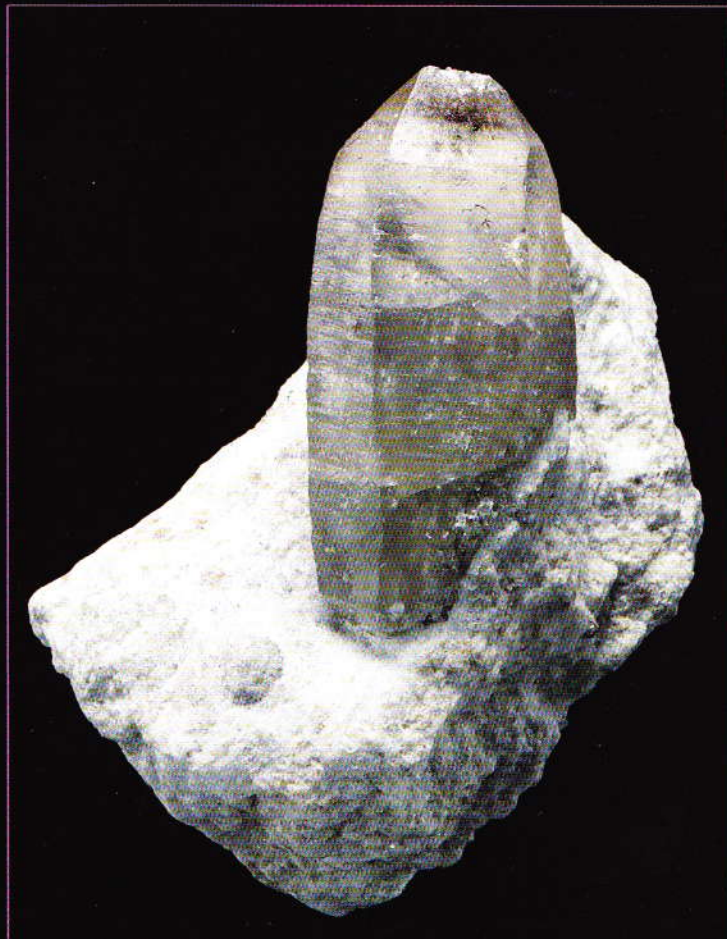


Worldwide chosen specimens
& French minerals

[Spathfluorminerals.com](http://www.spathfluorminerals.com)



Quartz fumé - 7 x 4,5cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Quartz - 13 x 10 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Quartz - Cristal : 2,4 x 1,7 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Quartz - Cristal : 4,3 x 1,6 x 1,8 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle

SOUVENIRS DE BETCHAT



L'auteur emballant ses échantillons dans la carrière de Betchat en décembre 1994

Puis, peu à peu, la soif d'originalité nous a naturellement conduits à nous intéresser à des espèces minérales moins communes et représentatives de profonds phénomènes géologiques... Antérieurement à mes prospections, il y eut un filon de carbonates qui a rendu célèbre la carrière et aiguillé les convoitises : des scapolites pseudomorphosées, et en cristaux pluricentimétriques ! Au fur et à mesure que le temps passe, je me suis résigné à ne plus pouvoir bénéficier de la carrière. Mon seul regret est de ne pas avoir connu de découverte extraordinaire telle qu'une grosse poche remplie de cristaux mais, bien heureusement, parfois sortait du gypse massif une pièce spectaculaire par sa singularité...

Jean Baptiste DELORT



La carrière de Betchat en exploitation en décembre 1992

BIBLIOGRAPHIE

BARNOLAS, A. et CHIRON, J.C., (1996) - Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées. Volume 1 : Introduction. Géophysique. Cycle hercynien. Édition BRGM - ITGE 2 vol.

BERBAIN, C., FAVREAU, G. et AYMAR, J. (2005) - Mines et minéraux des Pyrénées orientales et des Corbières. Association française de Microminéralogie.

BRGM - Carte géologique de la feuille de Saint-Gaudens 50 000^{ème}. Édition BRGM.

BRGM - Carte géologique de la France à l'échelle du millionième, 6^{ème} édition révisée 2003. Édition BRGM.

CANEROT, J., HUDEC, M.R. et ROCKENBAUCH, K. (2005) - Mesozoic diapirism in the Pyrenean orogen : Salt tectonics on a transform plate boundary. AAPG Bulletin, vol. 89, n°2, pp. 211-229.

CANEROT, J. (2008) - Les Pyrénées : Histoire géologique (tome 1) et Itinéraires de découverte (tome 2). Éditions Atlantica-Brgm.

DEBOURLE, A. et DELOFFRE, R. (1976) - Guides géologiques régionaux. Pyrénées occidentales, Béarn, Pays Basque. Masson.

DIEULAFAIT, M. (1881) - Étude sur les roches ophitiques des Pyrénées. Ann. Sc. Géol. XVI. 7^{ème}. ART N°5.

DUBAR, M. (1964) - Observations sur la structure des massifs triasiques de la basse vallée du Salat (Ariège, Haute-Garonne). Ann. Soc. géol. Nord, t. XLIII, pp. 169-172.

GLEIZES, G. (1971) - Étude géologique et minéralogique du Trias de Betchat et de Bonrepaux (Ariège). Édition BRGM.

LACROIX, A. - Minéralogie de la France et de ses anciens territoires d'Outre-mer. Tome I, p. 330 ; tome II, p. 622 et 373 ; tome II, p. 646 et tome IV p. 173. Réédition Blanchard.

LAFORET, C., MONCHOUX, P., OUDIN, E. et TOLLON, F. (1983) - Inventaire minéralogique de la France n°11, Ariège (09). T. I Bassin versant du Salat. Éditions du BRGM.

LAFORET, C., MONCHOUX, P., OUDIN, E. et TOLLON, F. Inventaire minéralogique de la France n°12, Ariège (09). Tome 2, Bassin versant de l'Ariège. Éditions du BRGM.

LAURENT, J.M. (2002) - Aux environs de Cassagne (Haute-Garonne). Le Cahier des Micromonteurs, (76), 9-11.

MIROUSE, R. (1992) - Guides géologiques régionaux. Pyrénées centrales franco-espagnoles. Masson.

MUSSY, J. (1870) - Carte géologique et minéralurgique du département de l'Ariège. 275 p. Typographie et lithographie Pomiès Ainé et Neveu. Foix.

PIERROT, R., FORTUNÉ, J.P., PICOT, P. et MONCHOUX, P. (1978) - Inventaire minéralogique de la France N°8 Haute-Garonne (31). Éditions du BRGM

ROUSSEL, J. (1902) - Le Primaire de Betchat et de Cabanères. La granulite et l'ophite de Betchat et de Salies-du-Salat. Bulletin des Services de la Carte géologique de France, n° 84, tome XII (1900-1901).

SUREAU, B. (1968) - Étude pétrographique des ophites de la région de Salies-du-Salat et de Betchat (Haute-Garonne). Université de Besançon. Édition BRGM.

THIEBAUT, J., DEBEAUX, M., DURAND-WACKENHEIM, Ch., SOUQUET, P., GOURINARD, Y., BANDET, Y. et FONDECAVE-WALLEZ, M.-J. (1988) - Métamorphisme et halocinèse crétacées dans les évaporites de Betchat le long du chevauchement Frontal Nord-Pyrénéen (Haute-Garonne et Ariège, France). CR. Acad. Sci. Paris, tome 307, Série II, pp. 1535-1540.



Dravite - 9 x 6 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : J.-B. Delort - Photo : L.-D. Bayle



Dravite - Cristal : 10 x 8 x 6 mm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Dravite - 1,9 x 1,3 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Dravite - 2,8 x 2 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle

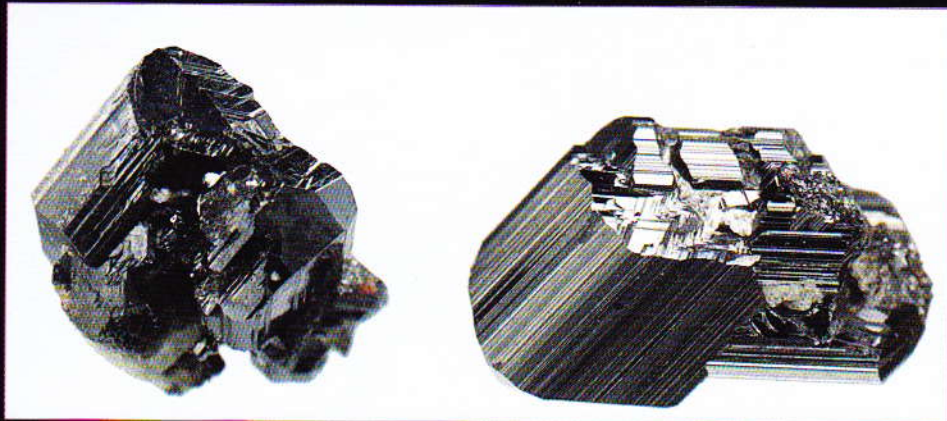


Dravite - 13 x 11 x 8 mm
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle

Dravite - Cristal : 5 mm
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Dravite - 3,5 x 4,2 cm
Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Rutile - 5 x 5 mm et 7 x 4 mm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Pyrite et hématite sur magnétite
13 x 9,5 mm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle



Hématite prismatique
11 x 7 mm ; 13 x 11 mm ; 11 x 6 mm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle



Magnétite dans le gypse
13 x 12 mm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle



Hématite - 15 x 10 mm et 11 x 14 mm - Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège - Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle



Quartz déformé
dans sa gangue de gypse
Cristal : 5,3 x 2,2 cm
Carrière de Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini
Photo : L.-D. Bayle



*Pseudomorphoses
d'aragonite en muscovite
et talc*

A gauche :
3,9 x 3,1 x 2,5 cm

et à droite :
3 x 2,3 x 1,9 cm

*Carrière de
Castéroulot-de-Charot,
Betchat, Ariège
Coll. : J. B. Delort
Photo : L.-D. Bayle*



*Pseudomorphose d'aragonite en muscovite et talc
11 x 9,8 x 5,2 cm (spécimen ayant subi une restauration)
Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : J. B. Delort - Photo : L.-D. Bayle*

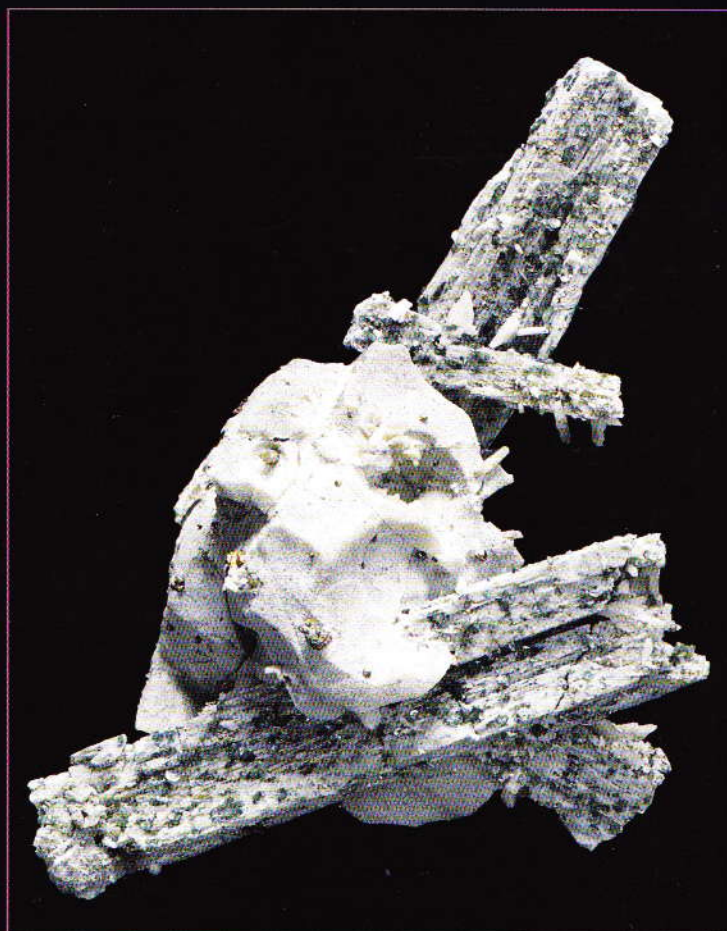


*Pseudomorphose d'aragonite en muscovite et talc
5,5 x 4,3 x 3,9 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle*



*Pseudomorphose d'aragonite en muscovite et talc
5 x 2,8 x 2,8 cm*

*Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : D. Koern - Photo : L.-D. Bayle*



*Scapolite pseudomorphosée en muscovite avec pyrite et albite
7,8 x 10,5 x 4,9 cm - Carrière de Castéroulot-de-Charot, Betchat, Ariège
Coll. : P. Girardini - Photo : L.-D. Bayle*