

De wegzakkende oceanische plaat is veel kouder dan het omringende mantelgesteente. De gesteenten worden, wegens de slechte warmtegeleiding, slechts langzaam opgewarmd en zo bevindt zich hier een grote hoeveelheid koude gesteenten op een zeer grote diepte, hetgeen aanleiding geeft tot een sterke verlaging van de geothermische gradiënt. Daarnaast zal de druk, vooral in het gebied rond de ombuiging van de oceanische plaat, zeer hoog zijn en in de afgeschoven gesteenteserie zal een hogedruk - lage-temperatuur-metamorfose, zoals die van de glaukofaanschist-faciës, kunnen optreden. De omlaagzinkende plaat zal in de diepere gedeelten langzamerhand worden opgesmolten, welk proces begint op rond 125 tot 150 km diepte. De benodigde warmte is waarschijnlijk voor een gedeelte afkomstig van wrijvingswarmte door de beweging van de oceanische plaat.

Het magma dat ontstaat aan de bovenzijde van de wegzinkende plaat dringt omhoog in de aardkorst en doet het vulkanisme van de zogenoemde eilandenbogen ontstaan. Tegenwoordig vinden we voorbeelden in Japan, de Kurilen en Indonesië. Het transport van het magma zorgt voor een grote warmtetoevoer en geeft aanleiding tot een hoge geothermische gradiënt. Deze hoge gradiënt zou zich dan kunnen weerspiegelen in het type van metamorfose dat is opgetreden in de Lepontische Alpen (zie afb. 2).

### Metamorfe formaties aan het aardoppervlak

Metamorfe gesteenten, die nu aan de oppervlakte zijn ontsloten geven aan, dat zij ten tijde van de metamorfe processen bedekt lagen onder kilometers dikke pakken gesteenten, die naderhand door vertering en erosie zijn weggevoerd. Uit de berekeningen van de snelheid van de denudatie, die sinds het Midden-Tertiair gemiddeld tussen de 1/2 en 1 mm per jaar heeft bedragen, kan worden opgemaakt dat er reeds grote dikten aan gesteenteseries zijn verdwenen sinds het Alpengebied werd gevormd. Ook kan een ruw idee worden verkregen over de dikte van de bedekking en over de mogelijke omstandigheden tijdens de metamorfe fasen.

Het bovengenoemde bedrag van het 10 tot 25 km dikke gesteentepakket, dat verdwenen zou zijn van de interne Alpen, is dus met de huidige snelheid van denudatie wel haalbaar. Een bijkomend punt is, dat er langs de Insubrische Lijn belangrijke verticale bewegingen hebben plaatsgevonden, waarbij het noordelijk gedeelte (de interne Penniden) waarschijnlijk ongeveer 15 km is opgeheven ten opzichte van de Zuidelijke Alpen. Afb. 5.

Daarnaast kan worden opgemerkt dat de snelheid van opheffing van het Alpengebied in recente tijd een toename te zien geeft; het sterke reliëf wijst hierop. Metingen van de laatste decennia geven een gemiddelde opheffing van rond 1 mm per jaar, een opheffing die dus zo snel gaat dat de denudatie het niet heeft kunnen bijhouden, waardoor de algemene hoogte van het landoppervlak toeneemt.

### Enige literatuur

- C. Biermann: Bouw en ontwikkeling van de Zwitserse Alpen; *Gea*, vol. 17 (1984) nr. 1;  
G.A. Chinner: in *Petrology for Students* (door S.R. Nockolds, B.W.O'B. Knox en G.A. Chinner): *Metamorphic rocks*; Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1978;  
R. Mason: *Petrology of the Metamorphic Rocks. Textbook of Petrology*, Vol. 3; Allen & Unwin, London, 1978;  
A. Miyashiro: *Metamorphism and Metamorphic Belts*; Allen & Unwin, London, 1979;  
Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Band 54, 1974;  
R. Trümpy (ed.): *Geology of Switzerland*; Wepf & Co., Basel, 1980;  
W.C.P. de Vries: *Metamorfose*; *Gea*, vol. 17 (1984) nr. 2;  
idem: *Metamorfe gesteenten en hun relaties in het veld*; *Gea*, vol. 17 (1984) nr. 4;  
H.G.F. Winkler: *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*; Springer, New York, 1979.

In de artikelen "Metamorfose" en "Metamorfe gesteenten en hun relaties in het veld" in *Gea* 1984 nr. 2 en 4 werden de basisbegrippen betreffende het onderwerp metamorfose behandeld. Voor een verklaring van de "moeilijke woorden" in dit artikel "Metamorfose der Alpen" verwijzen we dan ook naar de genoemde eerdere afleveringen van de schrijver.

---

## De secundaire koper- en loodmineralen van Cap Garonne (Var, Z-Frankrijk)

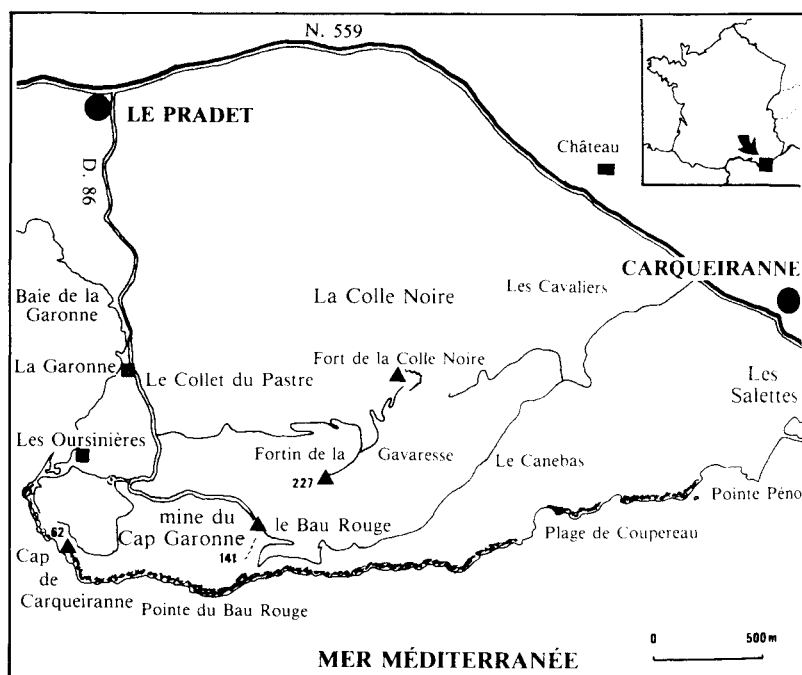
door drs. W.R. van den Berg

In mineralogisch opzicht genieten de mijnen van Cap Garonne sinds lange tijd een zekere bekendheid in Europa. Deze bekendheid is vooral te danken aan het voorkomen van het mineraal cyanotrichiet en de adamiënvormigheid kobalt-adamien. De recente opkomst van de micromount-mineralogie in Frankrijk heeft de studie van de mineralen in Cap Garonne dermate geïntensiveerd, dat in de laatste jaren een groot aantal voor deze vindplaats nieuwe mineralen gevonden is. Dit was voor ons de aanzet tot twee vakanties met bestemming La Garonne om ons verder te kunnen verdiepen in de mineralogie van deze rijke en tevens mooie vindplaats.

U bereikt Cap Garonne door vanuit Toulon de route nationale N559 naar Hyères te nemen. Na ongeveer 10 km komt u in het dorpje Le Pradet, waar u rechts afslaat naar

La Garonne. Dit is een eenvoudige badplaats aan de baai van Toulon; de veel bekender en mondainer badplaatsen Hyères en Le Lavandou liggen in de omgeving. De rest van de route is af te lezen van afb. 1. Bij de mijn zijn vóór de oude bedrijfsgebouwen twee ruime parkeerplaatsen aangelegd met het oog op de vele wandelaars en trimmers in de heuvels waarop de mijnen liggen.

Het was C.J. Guillemin, die in 1951 promoveerde op een proefschrift, gewijd aan de mineralogie en metallogeneze van de lood-koperafzettingen van Cap Garonne. Van deze studie heb ik dankbaar gebruik gemaakt bij het samenstellen van dit artikel.



Afb. 1. Geografische ligging van het mijngebied van Cap Garonne.

## Geologie

De gesteenten van de mijnen van Cap Garonne maken deel uit van een Permo-triassisch gebied waarvan de Colle Noire de hoogste top vormt. Ter weerszijden van dit Permo-Trias liggen Precarbonische gesteenten, voornamelijk fyllieten en sericietschisten, die tijdens de Variscische (Hercynische) gebergtevormende periode geplooid werden. Een contact tussen Precarbonische en Permische gesteenten is zichtbaar langs de weg van La Garonne naar Le Pradet, vlak bij het strand.

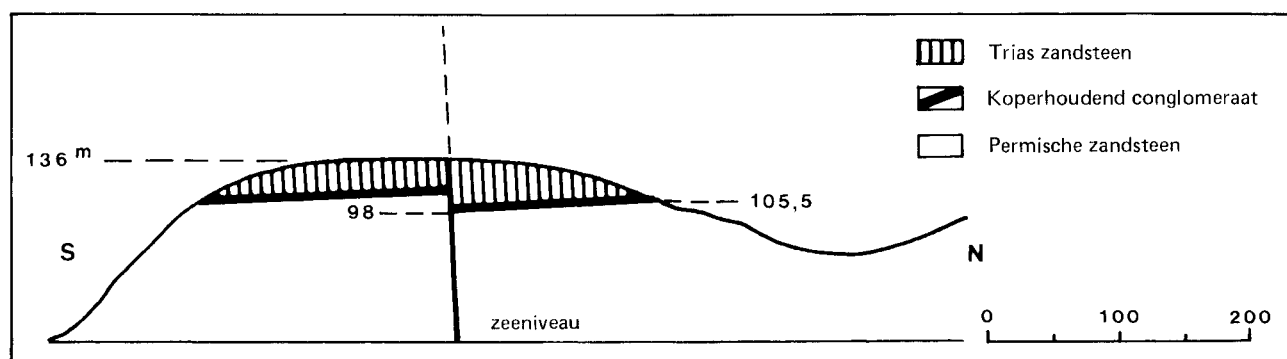
Het overgrote deel van het Boven-Perm bestaat uit dikke pakketten roodachtige en groenige schisteuze gesteenten, afgewisseld met lagen rode zandsteen. Deze rode zandsteen vormt ook de top van het Boven-Perm. Concordant op het Perm ligt het Onder-Trias. De afzettingen uit dit tijdperk bevatten eveneens veel rode zandsteen, vaak met glimmer, en roodachtige kleilagen. De grens tussen het Boven-Perm en het Onder-Trias wordt gevormd door een lichtgekleurde conglomeraatbank, die een dikte van 0,5-8 m kan bereiken. Het conglomeraat bestaat uit keien en grind van kwarts en wordt naar boven toe fijner van samenstelling; bovenaan gaat de korrelgrootte zelfs over in die van zandsteen. In het conglomeraat bevinden zich

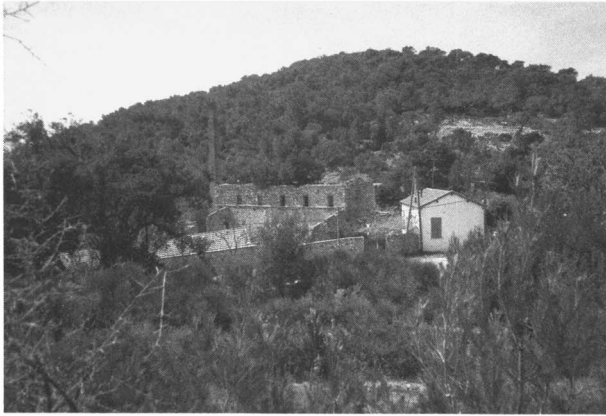
glimmerrijke kleilagen.

Het is in deze conglomeraatbank met zijn kleilagen dat zich de ertsafzettingen bevinden. De oorsprong van deze -secundaire - mineralisaties moet gezocht worden in hydrothermale ertsaders in het Variscische (Hercynische) gebergte. De afbraakprodukten van dit gebergte werden in de omgeving gesedimenteed, samen met lood-, koper- en zinkmineralen uit de aders. Naderhand is veel erts weer "uitgewassen" door het oppervlaktewater, waarbij met name koper en lood weer in oplossing gingen. Opnieuw kristalliseerden de koper- en loodmineralen uit, o.a. in een cementatiezone. Dit proces van oplossen en weer neerslaan speelde zich meer dan eens af, waarbij een rijke verscheidenheid aan mineraalsoorten ontstond. In het basisconglomeraat van het Onder-Trias, dat een horizontale ligging heeft, komen de geconcentreerde ertsvenen eveneens vrijwel horizontaal voor.

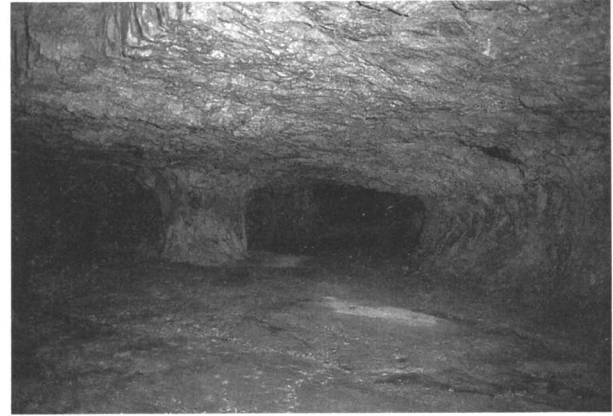
Het ertsgebied wordt doorsneden door een aantal breuken, waarvan de belangrijkste ongeveer halverwege de heuvel van La Pointe du Bau Rouge van oost naar west loopt. De gemineraliseerde zone ten noorden van deze breuk ligt ten gevolge van verticale bewegingen langs dit breukvlak ongeveer 17 m lager dan in het zuidelijke gedeelte van de mijn. Zie afb. 2.

Afb. 2. Schematisch noord-zuidprofiel door de Colline de la Pointe de Bau Rouge (naar C.J. Guillemin).





Afb. 3. Oude fabrieksgebouwen bij de mijn van Cap Garonne. Zie ook afb. 5.



Afb. 4. Oude mijn van Cap Garonne. Het gewelf is groen gekleurd door koperhoudend gesteente. Foto B. Legrand.

## De mijn

De mijnen van Cap Garonne strekken zich uit over een gebied van 660 ha op de heuvels van Pointe du Bau Rouge en Le Fortin de la Gavaresse. Afb. 3.

De exploitatie begon in 1862 en tot 1867 draaide de mijn redelijk succesvol. Toch bleek ook toen al dat de concurrentiepositie zwak was, omdat het gewonnen erts vanaf het strand van La Garonne via Marseille naar Swansea in Wales verscheept werd voor verdere bewerking, waardoor de produktiekosten hoog opliepen. Na 1874 bleef de mijn onder steeds wisselende eigenaren met vallen en opstaan in bedrijf. Op een gegeven moment werden zelfs fabrieksgebouwen en bezinkingsbakken geïnstalleerd om kopersulfaat ten behoeve van de wijnbouw te kunnen vervaardigen. Een steeds lager kopergehalte in het gewonnen erts en slechte bedrijfsvoering leidden tot sluiting van de mijn in 1917.

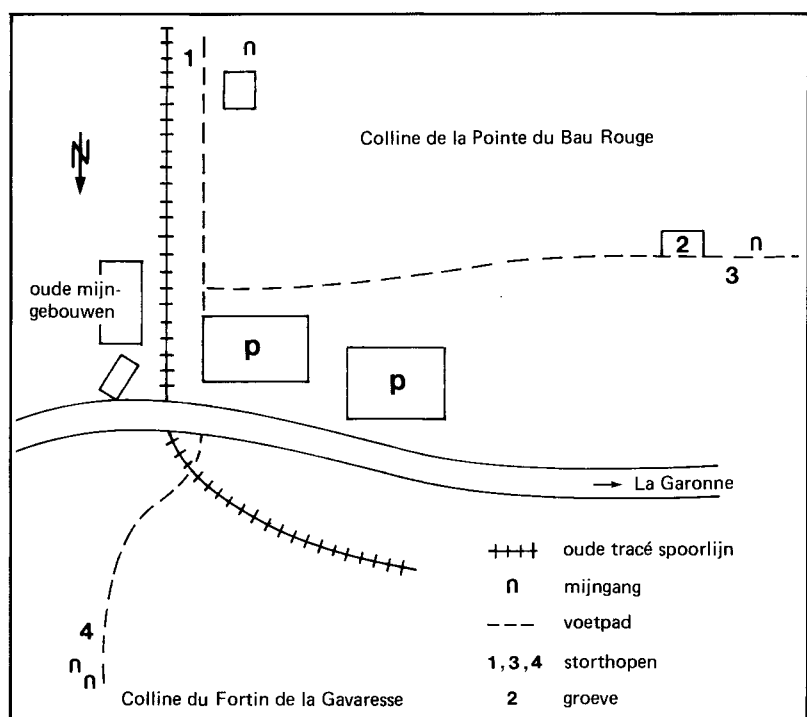
Economisch gezien was de mijn een mislukking, maar in mineralogisch en mijnbouwhistorisch opzicht een succes.

Immers vele storthopen, groeves en prachtige ondergrondse galerijen, met fel blauw en groen gekleurde pilaren, zijn het gevolg van de mijnbouwactiviteiten geweest. Deze galerijen hebben in de jaren '50 nog dienst gedaan als kweekruimtes voor de champignonteelt. Afb. 4.

De toenemende bezoekersaantallen van zowel toeristen als mineralenverzamelaars hebben ertoe geleid dat de lokale overheid het ondergrondse bezoek aan banden heeft gelegd. De noodzaak van een dergelijke ingreep werd ons duidelijk tijdens een ondergrondse excursie in 1985. Ettelijke honderden meters in de mijn kwamen we een Duits gezin met kleine kinderen tegen. Dit gezin was voorzien van korte broeken, sandalen, één zaklampje en uiteraard geen helmen.

Sinds 1984 bestaat er een "syndicat intercommunal", dat tot doel heeft met behulp van een speciaal fonds en het plegen van onderhoudswerkzaamheden de mineralogische en geologische rijkdom van Cap Garonne te conserveren. Er bestaan ideeën om op wat langere termijn een museum op te richten, maar dit wordt vooralsnog tegenge-

Afb. 5. Situatieschets van de mijnen van Cap Garonne.



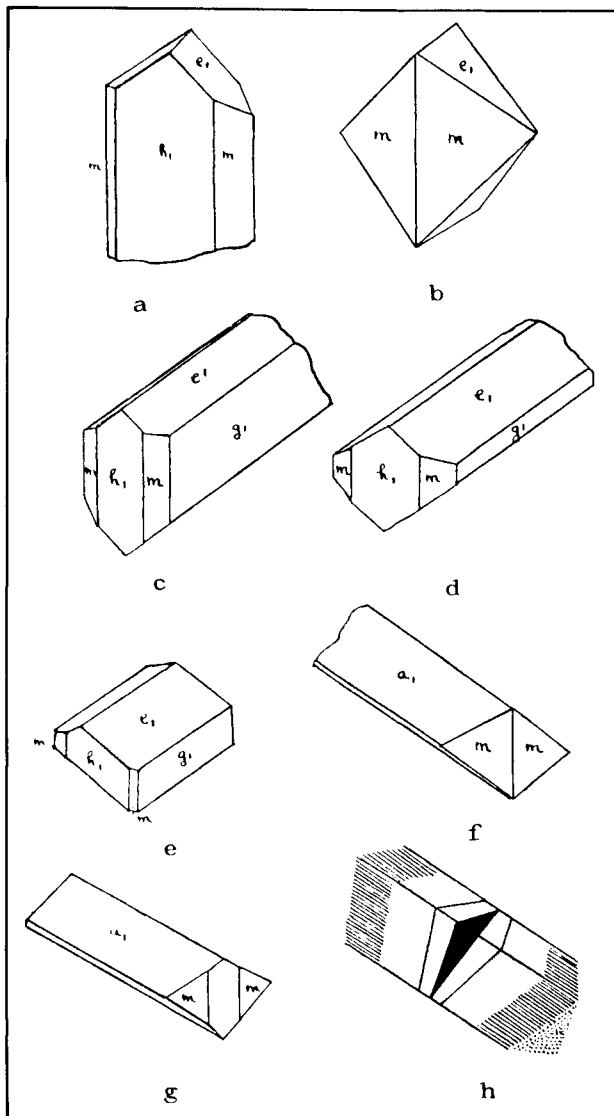
werkt door de ingewikkelde eigendomsverhoudingen van grond en gebouwen.

Naast dit syndicaat is tevens opgericht de "Association des amis de la mine de Cap Garonne". Deze vereniging stelt zich ten doel alle personen die zijn geïnteresseerd in het behoud en de mineralogie van de mijn, bij elkaar te brengen en de samenwerking tussen overheid, amateurs en wetenschappers aan te moedigen. Conferenties, exposities en ook ondergrondse excursies behoren tot het werkgebied van de vereniging. Voorzitter is Madame Jean Magnan, Avenue Amiral Barjot, Villa Marjane, 83200 Toulon, Frankrijk.

## De mineralen

Op afb. 5 zijn vier vindplaatsen van mineralen aangegeven: drie storthopen en een groeve. De mineralensamenstelling van de storthopen is grotendeels gelijk. Een aantal mineralen echter werd vroeger sterk gelokaliseerd in de mijn aangetroffen en is derhalve slechts op één van de storthopen terug te vinden. Het zoeken op de storthopen is aan enige beperkingen onderhevig, zoals:

– in de zomer hoge temperaturen en geen beschuttende begroeiing;



– het overgrote gedeelte van de stort bestaat uit schist, conglomeraat en zandsteen;

– de meeste mineralen komen voor als micromountmateriaal.

Dat intensief zoeken toch ook uitzonderlijke resultaten kan opleveren, mag blijken uit vondsten van o.m. cyanotrichiet, een mineraal dat gemakkelijk oplost in water, en het op deze vindplaats weinig voorkomende kobalt-adamien. Een micromount met oliveniet en mixiet is afgebeeld op de voorplaat.

Tot dusverre zijn de volgende mineralen gevonden in Cap Garonne:

**Elementen:** koper, zwavel.

**Sulfiden:** borniet, chalcopyriet, chalcosien, covellien, galeniet, pyriet, sfaleriet, tennantiet, tetraëdriet.

**Halogeniden:** connelliet.

**Oxiden, hydroxiden:** cupriet, kwarts, limoniet, strüveriet, waad.

**Carbonaten:** azuriet, calciet, cerussiet, dundasiet, malachiet, sideriet, smithsoniet.

**Sulfaten:** anglesiet, bariet, beaveriet, brochantiet, chalcantiet, cyanotrichiet, gips, spangoliet.

**Molybdaten:** wulfeniet.

**Arsenaten:** adamien, bayldoniet, beudantiet, carminiet, ceruleiet, chalcophylliet, cornubiet, cornwalliet, duftiet, hidalgoiet, klinoklaas, konichalciet, lavendulaan, mansfieldiet, mimetesiet, mixiet, oliveniet, parnauiet, pharmacosideriet, scorodiet, strashimiriet, tyroliet, zeuneriet.

**Vanadaten:** mottramiet.

**Silicaten:** allophaan, halloysiet.

Van deze 59 mineralen zijn voor de meeste verzamelaars uitsluitend de secundaire mineralen van belang. De beschrijving richt zich op deze laatste groep mineralen, met dien verstande dat een aantal meer bekende buiten beschouwing blijft.

**Serie adamien-oliveniet**  $Zn_2(AsO_4)OH \cdot Cu_2(AsO_4)OH$

De mineralen uit deze mengreeks worden algemeen aangetroffen, en wel in zoveel variaties dat een vergelijking zich opdringt met Tsumeb in Namibië.

De zwartgroene en olijfgroene kristallen van oliveniet en de variëteit zink-oliveniet kunnen tot 4 mm groot zijn. De kristalvormen van oliveniet zoals ze voorkomen in Cap Garonne staan weergegeven in afb. 6; a. is de gangbare kristalvorm, b. wordt soms waargenomen. De variëteit zink-oliveniet kristalliseert in de vormen b, c, d en e. Hierbij enige kanttekeningen.

Kristalvorm a (en soms ook b) gaat aan de uiteinden nogal eens over in naaldvormige massa's, die een parallelgroei vertonen en die het geheel een borstelachtig uiterlijk geven. Zie voorplaat.

Kristalvorm b heeft in de regel een centraal gedeelte, dat transparant en kleurloos is, terwijl de uiteinden olijfgroen zijn.

Oliveniet wordt verder aangetroffen in korsten, bolvormige concreties en latvormige massa's met licht gebogen kristallen.

Adamien en de variëteiten cupro-adamien en kobalt-adamien zijn de zinkrijke leden van de adamien-olivenietreeks. Het fel lichtgroene cupro-adamien wordt niet gevonden in vrijstaande kristallen. Deze variëteit vormt bolvormige aggregaten tot 2 mm, waarbij de gebogen eindvlakken van

Afb. 6. Kristalvormen van oliveniet en adamien uit de mijn van Cap Garonne (naar C.J. Guillemin, 1951)  
a. en b.: oliveniet; b., c., d. en e.: zinkoliveniet; f. en g.: adamien en kobalt-adamien; h.: mengkristal van oliveniet, adamien en kobalt-adamien.

de kristallen, die onderling iets in hoogte verschillen, duidelijk zichtbaar blijven.

De in Cap Garonne voorkomende kristalvormen van adamien en kobalt-adamien zijn weergegeven in afb. 6f en g, en afb. 7. De hier afgebeelde kristallen kunnen een grootte van max. 3 mm bereiken. Adamien is kleurloos of geel en soms lichtrose; het fluoriseert sterk.

Kobalt-adamien is rose tot karmijnrood. Het kobaltgehalte bepaalt de intensiteit van deze kleur. Vaak is het binnenste gedeelte van het kristal rose tot rode kobalt-adamien, terwijl de buitenkant bedekt is met een grijsgroen microkristallijn laagje oliveniet. Behalve in de hier genoemde kristalvormen kan adamien ook in naaldvorm voorkomen. Frequent gevonden zijn mengkristallen van oliveniet en adamien en die van cupro-adamien en kobalt-adamien. Een voorbeeld van zo'n mengkristal geeft afb. 6h, die laat zien dat binnen één kristal oliveniet, adamien en kobalt-adamien voorkomen.

### **Azuriet** $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Dit wordt veelvuldig aangetroffen. De volgende vormen zijn te onderscheiden:

- Micro-kristallijne korsten van enkele mm dikte.
- Tabulaire kristallen met streping op één van de vlakken. Deze kristallen vormen regelmatig hele of halve rozetten die max. 4 cm en meestal 1,5 cm groot zijn. Zoals meer mineralen in Cap Garonne zijn de azurietrozetten, in een horizontaal vlak gezien, afgeplat. Hebben de kristallen zich ook in een verticale richting kunnen ontwikkelen dan levert dit mineraal prachtige specimens op, bestaande uit blauwe geschubde rozetten, die deels transparant zijn en liggen op een ondergrond van malachiet.
- Korrelachtige massa's met moeilijk te onderscheiden kristallen.
- Langgerekte doch meestal slechtgevormde kristallen tot 2 cm lang met talrijke groeifiguren.
- Zeer kleine, gedrongen kristallen. Uiterst zeldzaam. Pseudomorfofen van malachiet na azuriet komen vrij algemeen voor, die van brochantiet na azuriet zijn zeldzaam.

### **Bayldoniet** $(\text{Pb,Cu})_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$

Ruwe, afgeronde kristallen met een smaragdgroene kleur. Opvallend is de matte glans van deze kristallen, die niet groter worden dan 1,5 mm en meestal met elkaar vergroeien, waarbij de puntige vormen behouden blijven. Amorfe bayldoniet is eveneens vaak gevonden. In dit geval is de kleur groen lichter, zodat er een zekere gelijkenis optreedt met konichalciet.

### **Beudantiet** $\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)\text{SO}_4(\text{OH})_6$

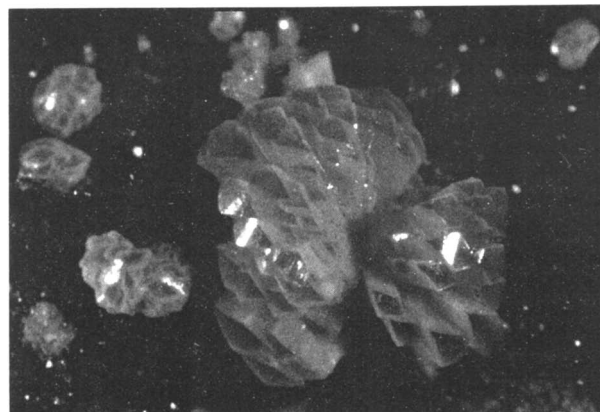
De kleine scherpe rhomboëdrische kristallen, tot 0,3 mm groot, hebben een bruine kleur. Ook knolvormige korsten komen veel voor, samen met bariet, mimetesiet of phar-macosideriet. Spaarzaam worden rode, gele of groene beudantietkristallen gevonden.

### **Carminiet** $\text{PbFe}_2^{+3}(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$

Meestal als korsten, maar lokaal ook als rode tot bruine orthorhombische kristallen, met een max. lengte van 0,5 mm. Bijzonder mooi zijn rode, op fluweel lijkende bolletjes, opgebouwd uit naaldvormige kristallen. Beudantiet is een regelmatig begeleider van carminiet.

### **Chalcopylliet** $\text{Cu}_{18}\text{Al}_2(\text{AsO}_4)_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{27}\cdot 33\text{H}_2\text{O}$

De kristallen van dit groene tot groenblauwe mineraal vormen hexagonale plaatjes tot 3 mm, die een perfecte splijting hebben. Zowel afgeplatte kristallen als bolvormige aggregaten hebben we gevonden. Soms neemt chalcopylliet een grijsgroene tot wittige kleur aan ten gevolge



*Afb. 7. Adamien-aggregaten, de grootste groep is ± 2 mm hoog. Herkomst Cap Garonne. Foto E. Legrand.*

van ontwatering. In de beginperiode van de mijn kwam chalcopylliet in grote hoeveelheden voor, daar is tegenwoordig geen sprake meer van. Toch troffen we dit mineraal in beide beschreven vormen aan in directe samenhang met cyanotrichiet. Zie afb. 8.

### **Ceruleiet** $\text{CuAl}_4(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_8\cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Dit mineraal behoort tot de jongere vondsten. Ceruleiet vormt radiaalstralige bolletjes van naaldvormige kristallen, die meestal kleiner zijn dan 1 mm. De kleur varieert van wit en lichtblauw tot turkooisblauw met zijdeglaans. Het is een aantrekkelijk mineraal, vooral als het samen met langprismatische olivenietkristallen voorkomt.

### **Connelliet** $\text{Cu}_{19}\text{Cl}_4\text{SO}_4(\text{OH})_{32}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Sinds de eerste vondst in 1984 zijn er een paar specimens geborgen. Connelliet vormt diepblauwe tot lichtblauwe, zeer kleine naaldvormige kristallen die tot bolvormige korsten zijn gegroeid. De bolletjes zijn ± 0,2 mm groot en meestal zo dicht opeengepakt dat het lijkt op een fluwelen korst. Op een door ons verzameld handstukje troffen we als begeleidende mineralen chalcosien en azuriet aan.

### **Cornubiet** $\text{Cu}(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$

Evenals op een aantal andere vindplaatsen worden ook in Cap Garonne de mineralen cornubiet en cornwalliet gezamenlijk aangetroffen. In tegenstelling tot in andere vindplaatsen komt in Cap Garonne cornubiet meer voor dan cornwalliet. Het mineraal bestaat uit kleine malachietgroene bolletjes van ± 2 mm, die trosachtige massa's vormen. Kenmerkend voor cornubiet op deze vindplaats is het sterk glanzende, gepolijste oppervlak. Op breukvlakken is de radiaalstralige opbouw zichtbaar. Cornubiet wordt gevonden bij azurietrozetten en oliveniet.

### **Cornwalliet** $\text{Cu}_5(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4\cdot \text{H}_2\text{O}$

Pas in 1985 werd in Cap Garonne melding gemaakt van cornwalliet, als onregelmatige bolletjes op azurietkristallen. Het oppervlak van deze tot 1 mm grote groene bolletjes vertoont uitstulpingen die evenwijdig aan elkaar lopen, zodat een fietsenrekidee ontstaat.

### **Cyanotrichiet** $\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Met name door dit mineraal heeft Cap Garonne bekendheid verworven. De hier gevonden kristallen behoren tot de mooiste van de wereld. De hemelsblauwe tot lichtblauwe kristallen vormen dunne naalden die òf in een wirwar òf in regelmatig geordende radiaalstralige aggregaten voorkomen, die maximaal 1,5 cm groot zijn. Regel is

echter 1 tot 2 mm. Sporadisch is zelfs sprake van een horizontale en verticale ontwikkeling, waarbij mooie micromounts ontstaan. Het kwetsbare en makkelijk in water oplosbare zeldzame mineraal heeft als begeleiders chalcophylliet, azuriet, beudantiet, tyroliet, mimetesiet en brochantiet. Afb. 8.

#### **Duftiet** $\text{CuPb}(\text{AsO}_4)\text{OH}$

Komt vrij geregeld voor, ofwel als olijfgroene korsten op mimetesiet ofwel als felgroene tot olijfgroene orthorhombische kristalletjes tot 0,3 mm op of nabij verweerde mimetesiet. Mooie micromounts indien kleurloze, transparante, langprismatische mimetesiet samen voorkomt met duftietkristallen.

#### **Dundasiet** $\text{PbAl}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Sporadisch aangetroffen. Dit mineraal is met z'n sneeuw-witte kleur en zijdeglans aantrekkelijk, omdat de naaldvormige kristallen radiaalstraling gegroepeerd zijn tot waaiers of bolvormen tot max. 8 mm. Dundasiet komt altijd samen voor met cerussiet

#### **Konichalciet** $\text{CaCu}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$

Dit mineraal wordt meestal over het hoofd gezien, omdat verwarring met malachiet makkelijk optreedt. Konichalciet bestaat uit kleine felgroene of geelgroene bolletjes. Deze bolletjes, waarbinnen kleurvariaties kunnen optreden, zijn opgebouwd uit dunne naaldvormige kristallen. Zonder

*Afb. 8. Chalcophylliet (in platte plaatjes), samen met cyanotrichiet (naalden). Hoogte beeldveld 4½ mm; herkomst Cap Garonne; foto E. Legrand.*



nadere analyse is het onmogelijk dit mineraal met zekerheid aan te tonen.

#### **Lavendulaan** $(\text{Ca},\text{Na})_2\text{Cu}_5(\text{AsO}_4)_4\text{Cl} \cdot 4-5\text{H}_2\text{O}$

We hebben lavendulaan in twee vormen gevonden: 1. afgeplatte radiaalstralige, lichtblauwe bolletjes waarbij de kern vaak ontbreekt, en 2. trosvormige concreties van  $\pm 3$  mm, waarbij de kleuren variëren van licht- tot turkooisblauw met een sterke glasglans.

Mansfieldiet en oliveniet zijn de begeleiders van dit opvallende mineraal.

#### **Mimetesiet** $\text{Pb}(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$

Met azuriet, oliveniet en adamien is mimetesiet het meest dominerende mineraal in Cap Garonne. In principe kan het overal gevonden worden, maar tegenwoordig zijn de kansen het best op de Colline du Fortin de la Gavresse (afb. 1). De kristallen, die tot 1 cm groot kunnen zijn, vormen hexagonale prisma's met platte of piramidale eindvlakken. Naaldvormige, meestal in bundels uitwaaiende, dunne kristallen en hexagonale tabulaire kristallen komen eveneens voor. De kleuren lopen sterk uiteen van kleurloos, lichtgeel tot groen en bruin. Binnen één kristal kunnen gezondeer kleurvariaties optreden. Werkelijk schitterend zijn lichtgele en kleurloze hexagonale prisma's met piramidale eindvlakken, die weer aan Tsumeb in Namibië doen denken. Mimetesiet wordt samen aangetroffen met duftiet, oliveniet, mansfieldiet en een scala van andere mineralen.

#### **Mixiet** $\text{BiCu}_6(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Dit mineraal komt overvloedig voor, maar werd eerst in 1983 als zodanig herkend. Mixiet vormt naaldvormige, glasachtige of doffe kristallen die tot bosjes en halfronde of ronde aggregaten aanleiding geven, tot max. 6 mm groot. De kleur loopt van blauwgroen en lichtgroen tot smaragdgroen. Vaak is er een mixietrozet ontstaan rondom een ander mineraal, b.v. azuriet of oliveniet. Zie de voorplaat en pag. 88.

#### **Mottramiet** $\text{PbCu}(\text{VO}_4)\text{OH}$

In de westelijke wand van de op afb. 3 aangegeven groeve komt mottramiet talrijk voor, ook op de storthopen is dit mineraal te vinden. De zeer kleine zwarte of zwartgroene kristalletjes van dit vanadaat zijn piramidiaal en hebben gestreepte vlakken, die afgeronde kanten hebben. Oppervlakkig beschouwd kan verwarring optreden met waad, omdat ook de mottramiet korsten op het conglomeraat vormt.

**Oliveniet** Zie adamien en pag. 88.

#### **Parnauiet** $\text{Cu}_9(\text{AsO}_4)_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{10} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Van dit in de jaren '70 ontdekte mineraal was Cap Garonne één van de eerste vindplaatsen. Parnauiet heeft een typische kleur groen, die iets lichter is dan smaragdgroen, maar ook blauwige tinten komen voor. De gevormde rozetten van  $\pm 1$  mm groot bestaan uit langgerekte tabulaire kristallen. Het glimmerachtige uiterlijk met een parelmoerglans is een belangrijk determinatiekenmerk van dit mineraal dat als het voorkomt meestal in de buurt zit van brochantiet en cyanotrichiet.

#### **Strashimiriëet** $\text{Cu}_8(\text{AsO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

In 1984 werd dit mineraal op deze vindplaats aangetoond. Het vertoont platte, stervormige structuren, die bestaan uit kleine, enigszins verweerd aandoende schilfers. De kleur is lichtgroen tot kleurloos. Bij een aantal analyses bleek strashimiriëet steeds gemengd met oliveniet voor te komen.

### **Tyroliet** $\text{CuCa}(\text{AsO}_4)_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Werd dit mineraal vroeger tamelijk frequent gevonden, tegenwoordig is het betrekkelijk zeldzaam geworden. Er bestaan van tyroliet twee verschillende vormen, namelijk rechthoekig tabulaire kristallen met een groenblauwe kleur en radiaalstralige, lichtblauwe aggregaten. De kristallen zijn bij beide vormen doorzichtig en worden maximaal 4 mm lang. De lichtblauwe, botryoidale massa's worden uitsluitend aangetroffen in samenhang met mansfieldiet en oliveniet.

Tenslotte een paar korte opmerkingen over een aantal hier niet beschreven mineralen.

Vrij algemene secundaire mineralen zijn:

**pharmacosideriet** —  $\text{KFe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_4 \cdot 6 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — in gele en groene kubische kristallen;

**malachiet** —  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  — in kleine groene bolletjes, soms prachtige naaldvormige kristallen;

**brochantiet** —  $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$  — in groene korsten en glasachtige, langgerekte groene kristallen;

**anglesiet** —  $\text{PbSO}_4$  — en

**cerussiet** —  $\text{PbCO}_3$  — beide in korsten en kristallen.

Minder algemeen zijn:

**hidalgoiet** —  $\text{PbAl}_3(\text{SO}_4)(\text{AsO}_4)(\text{OH})_6$  — als lichtblauwe korrels of botryoidale concreties; **mansfieldiet** —

$\text{Al}(\text{AsO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — en **scorodiet** —  $\text{Fe}^{3+}\text{AsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — als blauwe en wittige, stalactitisch aandoende korsten;

**chalcantiet** —  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  — een recente vorming in mijngangen met diepblauwe glasachtige, amorfe korsten.

Weinig algemeen zijn: **wulfeniet** —  $\text{PbMoO}_4$  — in 1985 werden van dit mineraal crème-kleurige tabulaire kristallen gevonden; **beaveriet** —  $\text{Pb}(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Al})_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  — dit mineraal zou voorkomen als transparante blauwe bolletjes. Het voorkomen van het mineraal lijkt dubieus en wordt niet geboekstaafd door literatuur; **klinoklaas** —  $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_3$  — een paar vondsten zijn bekend uit 1985; **zeuneriet** —  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$  — in kleine groene transparante plaatjes; **spangoliet** —  $\text{Cu}_6\text{Al}(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12}\text{Cl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  — hiervan is slechts één micromount bekend.

De mineralen **halloysiet**, **strüveriet** en **allophaan** zijn nieuwe vondsten uit 1986 die nog nader onderzocht worden.

### **Literatuur**

Guillemin, C.J. (1949) — Quelques nouveaux minéraux de la mine de la Garonne par Le Pradet (Var); Ann. Soc. Sc. Nat. Toulon et du Var no. 2, blz. 65-71.

Guillemin, C.J. (1952) — Etude minéralogique et métallogénique du gîte plumbocuprifère du Cap Garonne (Var); Bull. Soc. Franç. Miner. Crist. 75, blz. 70-160.

Laurent, Y. e.a. (1961) — Sur la présence de cornubiet au Cap Garonne (Var); Bull. Soc. Franç. Miner. Crist. 84, blz. 318-319.

Mari, G. (1979) — Mines et minéraux de la Provence cristalline (Maures, Esterel, Tanneron); Editions Serre, Marseille, blz. 114-125.

Mari, G. (1985) — La mine du Cap Garonne, historique de l'exploitation; l'Imprimerie Arnera, Vallauris.

Sarp, H. e.a. (1978) — Présence de parnauite, un nouveau sulfarséniate de cuivre, dans la mine de la Garonne (Var, France). Archives des Sciences (Genève), 31 (3), 213-217.

---

## **Een nieuw mineraal, maar wat nu?**

Drs. E.A.J. Burke  
Instituut voor Aardwetenschappen  
Vrije Universiteit, Amsterdam

### **Inleiding**

De combinatie van twee methoden die gebruik maken van röntgenstralen: diffractie voor het bepalen van de structuur, en de elektronen-microsonde voor het bepalen van de chemische samenstelling is praktisch onverslaanbaar voor het thuisbrengen van onbekend materiaal. Dit werd al uiteengezet in een eerder artikel over het beroepsmatig identificeren van mineralen (Gea, vol. 17 (1984), nr. 3, pp. 107-113).

Voordat deze bepaald niet goedkope methoden toegepast worden is er al een en ander gebeurd; de normale gang van zaken bij het bestuderen van nieuw of onbekend materiaal is achter de rug. Men moet beschikken over vindplaatsgegevens, literatuur over die vindplaats, paragenese en associatie van de betrokken mineralen, eventueel de macroscopische fysische eigenschappen (kleur, hardheid, etc.), en zeker over de resultaten van microscopisch onderzoek, want de meeste mineralen komen slechts als kleine korrels voor.

Als al die gegevens niet tot een resultaat geleid hebben, dan zal men op een gegeven ogenblik besluiten om de "grote middelen" toe te passen om de identiteit van een mineraal te kunnen achterhalen. Zoals gezegd, de combinatie van bovengenoemde röntgenmethoden is ijersterk,

en meestal beschikt men vrij snel over een antwoord: het onbekende mineraal krijgt een naam, de identiteit is vastgesteld.

Er zijn ook omstandigheden waarin het antwoord even op zich laat wachten. Het beschikbare materiaal kan van slechte kwaliteit zijn, de korrelgrootte van het materiaal kan te klein zijn om het te kunnen afzonderen uit mengsels, of het mineraal kan elementen bevatten die met een elektronen-microsonde moeilijk of niet te analyseren zijn (bv. lithium, beryllium, zuurstof en waterstof, dus ook water).

Zelfs met de allerbeste gegevens kan men soms een mineraal niet identificeren, namelijk als het mineraal nergens eerder beschreven is. Voordat men tot een dergelijk besluit komt, moet echt al het mogelijke gedaan zijn om te proberen te bewijzen dat het onbekende materiaal toch een al beschreven mineraal is. Daarvoor heeft men een uitgebreid archief nodig van gepubliceerde en ongepubliceerde gegevens, niet alleen van alle mogelijke mineralen, maar ook van alle in de natuur gevonden verbindingen die verder onbenoemd gebleven zijn. Tot die archieven behoren uiteraard de bekende naslagwerken en determinatietabellen, maar vooral ook de recente jaargangen van diverse mineralogische tijdschriften waarin nieuwe mineralen en nieuwe gegevens bijgehouden worden. Veel minera-