

Het Massif Central

door de tijden heen

door J. Stemvers-van Bommel

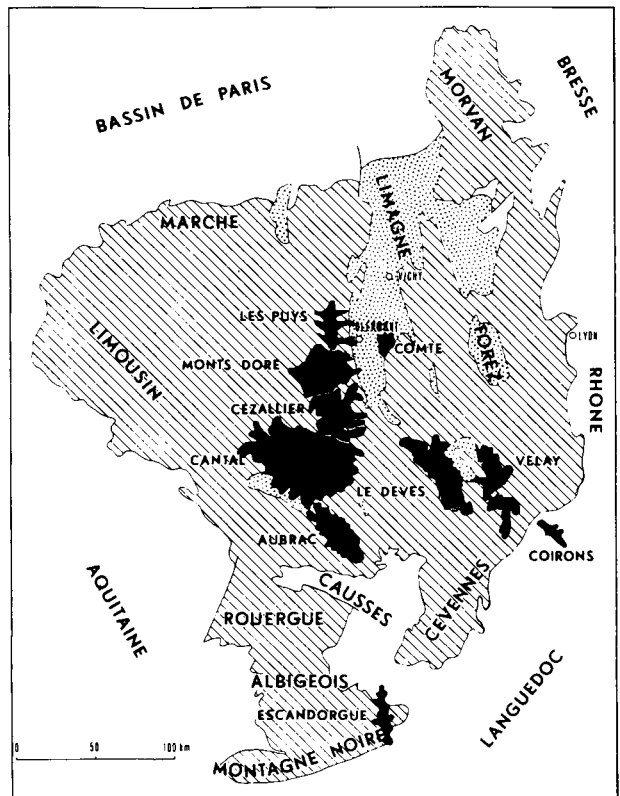
Het Centrale Massief omvat een zesde deel van de Franse bodem. Het meet van noord naar zuid 450 km en van oost naar west 300 km. Het is een omhooggerezen schier-vlakte, die van O naar W een flauwe helling vertoont: van 1400 - 1500 m in het oosten en zuiden tot ongeveer 400 m hoogte in het gebied van Limousin. In het noorden wordt het gebied begrensd door het Bekken van Parijs, in het zuidwesten door het Bekken van Aquitanië en in het zuidoosten door het Bekken van Languedoc. In het oosten liggen het Rhônebekken en het Bekken van Bresse. Binnen deze begrenzing ligt dan het Massif Central Français, ook wel Plateau Central genoemd. Het is geologisch gezien opgebouwd uit verschillende gedeelten, die tenminste een deel van de geologische geschiedenis gezamenlijk doormaakten en samen een geologische eenheid vormen. De ligging van de diverse gebieden wordt op kaartje 1 duidelijk gemaakt.

Mochten er in deze uiteenzetting geologische termen voorkomen die niet zonder meer duidelijk zijn, dan geeft de woordenlijst achterin deze uitgave misschien uitkomst. Een geologische tijdschaal vindt u op pag. 5.

De oudste gebeurtenissen: een vage geschiedenis

Het Massif Central is een fragment van de Hercynische gebergtekten, die zich over grote delen van West- en Midden-Europa uitstrekten. Tijdens de Hercynische orogene fasen (perioden van gebergtevorming) werden de meeste gesteenteformaties sterk beïnvloed door plooiing en metamorfose, slechts hier en daar (Montagne Noire, Morvan) komen niet-metamorfe sedimenten voor, die vóór het Hercynische gebeuren werden afgezet. Er zijn sterke aanwijzingen, dat de Hercynische orogenese niet de eerste gebergtefase was, die in dit gebied is voorgekomen. Ook de Caledonische plooiing schijnt in het Massif Central invloed gehad te hebben en zeer waarschijnlijk zijn er ook in het Precambrium gebergtefasen geweest die de gesteenten van een groot deel van het Massif Central hebben beïnvloed. Omdat een volgende metamorfose de gevolgen van een vorige voor een groot deel kan uitwissen, is de oudste geschiedenis bijzonder moeilijk te ont-radselen.

Hoe dan ook, de invloed van de Hercynische Plooiing is in ieder geval groot geweest. De ouderdom van de gemetamorfoseerde gesteenten is ouder dan Westphalien (Boven-Carboon), d.w.z. ouder dan ongeveer 300 miljoen jaar. Niet alleen metamorfose, maar ook intrusie van granieten is een begeleidend verschijnsel van orogene fasen. Het Massif Central heeft dan ook vele en grote complexen van granietisch gesteente van Hercynische ouderdom. Tenslotte zijn er door de Hercynische orogenese talrijke voorkomens van ertsen ontstaan. Over het algemeen spelen processen als plooiing, sterke metamorfose, vererfsing,



kaart 1. Structuur van het Massif Central français. Gestreept: de Hercynische sokkel. Wit: Mesozoïsche en Tertiaire afzettingen. Gestippeld: Oligocene bekkens. Geruit: Tertiair en Kwartair vulkanisme.

zich ver onder het aardoppervlak af. Door de opheffing van het gebied in jongere tijd liggen de in de diepte gevormde gesteenten nu aan de oppervlakte.

Nasleep van de Hercynische Plooiing

Aan het eind van het Westphalien werd het Massif Central door grote breukbewegingen beïnvloed. Tijdens deze zg. Asturische fase van de Hercynische plooiing ontstonden er omvangrijke breuk- en slenkzones. De belangrijkste van deze zones is de 'Sillon Houiller', die dwars door het Massif Central in ongeveer Z-N - richting loopt en over een afstand van 250 km te vervolgen is. Aan weerszijden van de Sillon Houiller zijn granietcomplexen gevonden, die weleer één geheel geweest moeten zijn, maar die nu 40 à 50 km ten opzichte van elkaar zijn verplaatst. Ten westen van de Sillon Houiller overheerst de zg. Armorikaanse plooiingsrichting. Deze verloopt NW-ZO en komt overeen met de richting in o.a. het Hercynische gebergte van Bretagne (Armorikaans massief) en Cornwall. Ten oosten van de Sillon Houiller is het plooiingspatroon overheersend NO-ZW, wat overeenkomt met de zg. Variscische plooiingsrichting van bijvoorbeeld de Vogezen, het Rijnleisteinplateau en het Boheems massief. In het Stephanien werd in de Sillon Houiller en in de vele andere bekkens die door de breukbewegingen in het Massif Central waren gevormd veel plantaardig materiaal afgezet, dat later belangrijke koolvoorkomens zou opleveren. Deze plantenresten werden in een limnisch (zoetwater-) milieu gedeponeerd. In het Autunien (Onder-Perm) gingen de limnische afzettingen door. Deze Autunien-serie levert

GEOLOGISCHE TIJDSCHAAL voor het Massif Central

Kwartair	10.000 j	Holoceen	thermale bronnen vulkanisme Chaîne des Puys, Puys de Dôme diatomietafzettingen verglatschering van Mont Dore en Cantal tijdens Riss en Würm
	1,5 m.j.	Pleistoceen	
Tertiair	7	Pliocene	belangrijkste vulkanisme van Cantal Mont Dore, Velay, enz.
	26	Mioceen	
	37 - 38	Oligoceen	deformatiefase: slenkvorming, diepe breuken in Limagne en Forez, zoet- waterafzettingen
	53 - 54	Eoceen	enkele afzettingen bekend
	64 - 65	Paleoceen	--
Krijt	136		--
Jura	190-195		in bekken van de Causses: dikke sedimentpakketten
Trias	225		--
Perm	280	Thuringien	opheffing, rode zandsteen in de bekkens peneplanisatie voltooid Saalische fase van Hercynische plooing bitumineuze zoetwaterbassins (Autun) erosie
		Saxonien	
		Autunien	
Carboon	345	Stephanien	erosie kolenbekkens in limnische gebieden breukvorming (Asturische fase)
		Westphalien	granietintrusies (o.a. graniet van Thiers, 325 m.j.). Sudetische fase van Hercynische plooing afzettingen, vulkanieten, granietin- trusies eerste fase van Hercynische plooing
		Viséen	
		Tournaisien	
Devoon	395	Boven	migmatitisatie in o.a. Cévennes afzettingen in de Morvan
		Midden	granietintrusies Caledonische plooingsfasen
		Onder	
Siluur	430-440		afzettin- gen van Montagne Noire migmatitisatie en granitisatie 'Serie crystallophyllienne'
Ordovicium	500		
Cambrium	570		
Precambrium		Brioverien	

veel bitumineuze produkten op. Intussen werd het Hercynische gebergte door erosie aangegrepen en veranderde het relief meer en meer in een schiervlakte.

In het Midden-Perm (Saxonien) was er een laatste fase van het Hercynische geweld: de Saalische fase. Hierdoor werden de limnische afzettingen in de bekkens sterk geplooid, zodat de kolenlagen die ertussen voorkomen een zeer onregelmatig patroon vormen. De Sillon Houiller versmalde tot een 'groef' van maximaal 2 km breed. Tevens werd het hele gebied van het Massif Central opgeheven. Hierdoor kreeg het massief met de erbij horende sedimenten voor het eerst een eigen geografische identiteit. De omringende gebieden, die misschien eveneens van Hercynische ouderdom zijn, bleven bij de opheffing achter of daalden wellicht zelfs. Zo vormde zich de interne depressie van de Grands Causses in het zuiden van het massief, tussen de Cévennes en Rouergue/Albigeois/Montagne Noire in. In deze laaggelegen gebieden en in de bekkens rondom het Massif Central verzamelden zich al in het Saxonien vaak roodgekleurde zanden en conglomeraten, die bijvoorbeeld bij St. Affrique te zien zijn. Ze geven de indruk van een woestijnlandschap.

Latere afzettingen en vulkanisme

In de Jura-periode drong de zee het bekken van de Causses binnen en overstroomde grote delen van het Hercynische gebied. Tijdens het Krijt schijnt de zee meer afstand te hebben gehouden, er is althans geen enkele vorm van sedimentatie achtergebleven, terwijl uit de Jura nog wel hier en daar iets te vinden is. Het bekken van de Causses werd gevuld met dikke Jura-afzettingen, die nu nog soms meer dan 2000 m dik zijn.

In het begin van het Tertiair moet het Massif Central er als een vlakgeërodeerde schiervlakte hebben uitgezien. In het Oligoceen was er weer opheffing van het gebied, waardoor de erosie weer toenam. Er ontstonden weer breuken en een aantal horsten en slenken. De belangrijkste slenken zijn die van Limagne en Forez. Het dal van de Allier loopt door de eerste, dat van de Loire door de tweede slenk. De dalingsbekkens zijn gevuld met dikke continentale of lacustriene afzettingen, in de Limagne tot meer dan 1800 m dik. Foto 1.



foto 1. De vlakte van de Limagne. Boven in het midden de Puy de Dôme.

Eveneens in het Oligoceen begon in het gebied van Limagne een periode van vulkanische activiteit. In het Mioceen, Pliocene en ook Pleistoceen (Villafranchien) kreeg het vul-

kanisme in het Massif Central zijn grootste uitbreiding. De grote vulkanen Cantal en Mont Dore ontstonden in het tijdsverloop van Mioceen tot Vroeg-Kwartair. De vulkanen van Velay, Aubrac, Cézalier, Coirons en Escandorgue dateren ook uit deze tijdvakken. Aan het einde van het Villafranchien was er weer een opheffing van het Massif Central, de Causses stegen eveneens. De waterlopen gingen een nieuw patroon volgen en bestaande dalen werden verdiept. Deze opheffing was het sterkst in het oosten en het zuiden. Daar ontstond de steilkant van de Cévennes met een jong afwateringssysteem naar de Rhônevlakte en daarmee naar de Middellandse Zee. Het overgrote deel van het Massief watert af op de Atlantische Oceaan. Tijdens de Riss- en Würmijstijden in het Pleistoceen werden de hoge toppen van de Mont Dore en Cantal bedekt door gletscherijs; rondom deze vulkanen komen nu morenes voor.

De jongste geschiedenis van het Massif Central wordt gekenmerkt door hernieuwd vulkanisme. In de periode van 100.000 tot ongeveer 7.000 jaar voor heden ontstonden de bijna 100 vulkanen van de Puys de Dôme en de Chaîne des Puys. De vele thermale bronnen van Auvergne zijn de laatste activiteit van het vulkanisme tot nu toe. Dat er ooit weer nieuwe vulkanische activiteiten zullen optreden, is zeker niet uitgesloten.

Iets over de petrologie

Door de al genoemde complicaties van elkaar opgevolgde gebergtefasen, waardoor diverse metamorfoseprocessen door elkaar heen spelen, is de ontraadseling van de geologie van het Massif Central bijzonder moeilijk geweest en zijn er ook in de laatste jaren nog weer wijzigingen in de standpunten voorgekomen. Voor begrippen die wellicht niet zonder meer duidelijk zijn kan men de verklarende woordenlijst raadplegen. Metamorfose zal een steeds terugkerende term zijn. Veel over dit onderwerp is terug te vinden in het artikel van drs. G.J.W. Hamel over Metamorfose in *Gea* vol. 6 (1973), nr. 2. Meer over vulkanen vindt U in het artikel Vulkanisme van drs. W.C.P. de Vries in *Gea* vol. 7 (1974), nr. 4. Wie zich intensief in de geologie van het Massif Central wil verdiepen kan het beste het Symposium raadplegen, dat in 1971 uitgegeven werd ter ere van prof. J. Jung: *Géologie, géomorphologie et structure profonde du Massif Central français*. Hierin zijn door prominente geleerden de diverse geologische facetten meesterlijk behandeld.

Het Massif Central wordt onderverdeeld in enkele eenheden, die ook op de geologische kaart terug te vinden zijn: 1. het Hercynische massief, 2. de Mesozoïsche en Tertiaire afzettingen, 3. de Tertiaire en Kwartaire vulkanieten.

Het Hercynische massief

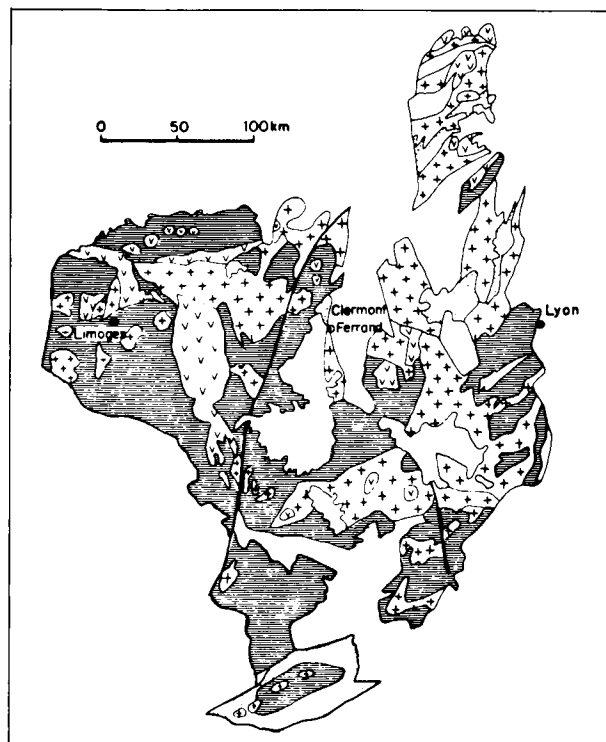
In het Massif Central overheersen metamorfe en plutonische gesteenten. Ze vormen een moeilijk te verteren hoofdstuk, maar gezien hun omvang kunnen we er toch moeilijk aan voorbijgaan. De gemetamorfoseerde gesteenten worden samengevat onder de term 'series cristallophylliennes', op grond van hun schisteuze uiterlijk. De plutonische gesteenten vallen onder de 'roches cristallines', de kristallijne gesteenten. Aan de metamorfe gesteenten kan nog meer of minder de oorsprong afgeleid worden.

Er zijn aanwijzingen, dat de oorspronkelijke gesteenten sedimenten waren. Kleiïge en zandige lagen zouden elkaar over zeer grote afstanden hebben afgewisseld. En over zeer grote diepte: 15 km! De kleiïge lagen zijn de basis voor de indeling geworden. Uit de 'schistes argileux' ofwel kleilagen zijn door de metamorfose vele gradaties van omzettingsprodukten ontstaan, die successievelijk een steeds hogere metamorfosegraad weerspiegelen. Door steeds toenemende metamorfose zullen kleien leien worden, daarna glimmerschisten en uiteindelijk gneizen. De 'series cristallophylliennes' van het Massif Central worden in zones verdeeld. Elke zone vertegenwoordigt een metamorfosegraad van de oorspronkelijke kleiïge gesteenten, die gekenmerkt wordt door het voorkomen van specifieke mineralen:

Zone van de leien	- met chloriet
Zone van de bovenste glimmerschisten	- met muskoviet en chloriet
Zone van de onderste glimmerschisten	- met muskoviet en biotiet
Zone van de bovenste gneizen	- met muskoviet en biotiet
Zone van de onderste gneizen	- met biotiet
Zone van de granuliet-gneizen	- met pyroxeen en granaat

(Of de zone van de 'gneiss-granulites' in het Massif Central aan de oppervlakte komt is niet zeker. Wel komen granulietische gesteenten voor als insluitsels in de jongere vulkanische gesteenten. Daarom is het mogelijk, dat dieper in de korst deze zone wel aanwezig is.)

De gesteenten van de metamorfe reeks worden in de Franse literatuur ectinites genoemd. Maar behalve metamorfose hebben vele gesteenten ook nog een **metasomatose** ondergaan. Bij metasomatose wordt materiaal aan het veranderende gesteente toegevoegd. De gesteenten die dan ontstaan noemt men **migmatieten**. Zij vertonen nog metamorfe structuren, waarin het toegevoegde materiaal in aders en slieren voorkomt. Migmatitisatie kan in vele variaties optreden en kan uiteenlopen van een enkele omzetting in het moedergesteente tot een complete opsmelting en ver-



kaart 2. De kristallijne gesteenten van het Massif Central (naar J. Didier en J. Lameyre, 1969).

Wit: sedimentaire en vulkanische gebieden jonger dan Boven-Carboon, gestippeld: gebieden, ouder dan Boven-Carboon, niet-gemetamorfoseerd, gestreept: 'series cristallophylliennes',

- + + : granodiorieten en monzonietische granieten ('donkere' granieten),
- v v : leukogranieten ('lichte' granieten).

(uit: J.M. Peterlongo: Massif Central, 1972, Masson et Cie, Paris).

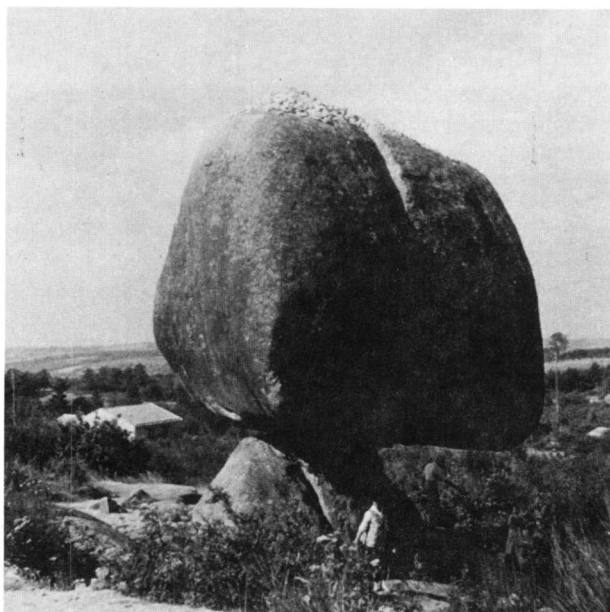


foto 2. 'Peyro Clabado' (wiebelende steen) in de Sidobre (O van Castras, N van Montagne-Noiregebied). De graniet van de Sidobre - hier met typische verweringsvorm - is een intrusie uit het laat-Westfalien, die gedrongen is in Cambrische, niet-gemetamorfoseerde afzettingen.

menging met het nieuwe materiaal. Is het proces van migmatitisatie ver voortgeschreden, dan spreekt men van **anatexis**: opsmelting van gesteenten. Het gesteente, dat bij totale opsmelting ontstaat, is een anatectische graniet. Anatexis trad op grote schaal op in de Velay, de Cévennes en in het Massif de Millevaches. De gesteenten van de bovenbeschreven zones kunnen behalve door metamorfose dus ook nog door migmatitisatie of zelfs anatexis beïnvloed zijn. En om het nog ingewikkelder te maken: niet alle gesteenten, die vóór de orogenesen in het Massif Central gebied aanwezig waren, bestonden uit kleiïge en zandige sedimenten. Zo kent men zg. 'cipolins', lensvormige onzuivere marmers, afkomstig van onzuivere kalksteeninschakelingen; ook komen er vrij veel amfibolieten voor. Kaartje 2 geeft weer, waar de 'series cristallophylliennes' voorkomen. Granieten zijn in het Massif Central een veel voorkomend gesteente (kaart 2). Ze zijn gedeeltelijk door anatexis ter plaatse ontstaan, gedeeltelijk zijn het intrusies tijdens de Hercynische, respectievelijk Caledonische orogenese. De intrusieve granieten hebben contactmetamorfose veroorzaakt in de gesteenteseries waarin zij doordrongen. De ouderdom van de meeste intrusiegranieten schommelt tussen de 340 - 300 miljoen jaar. De graniet van de Sidobre (N van de Montagne Noire) bijvoorbeeld is laat-Westfalien. Het is een intrusie in niet-metamorfe, Cambrische afzettingen (zie foto 2). Bij het stuwmeer van Lapalisie, tussen Monastier en Aubenas, is een groeve met anatectisch graniet en migmatieten. De laatste zijn bepaald op

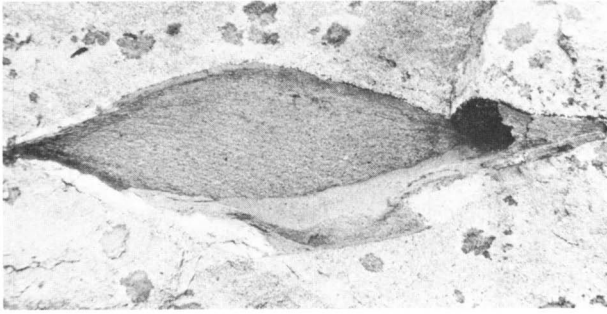


foto 3. 'Lens' van schisteus gesteente in anatectische (?) graniet in de groeve bij het stuwmeer van Lapalisse (Velay).

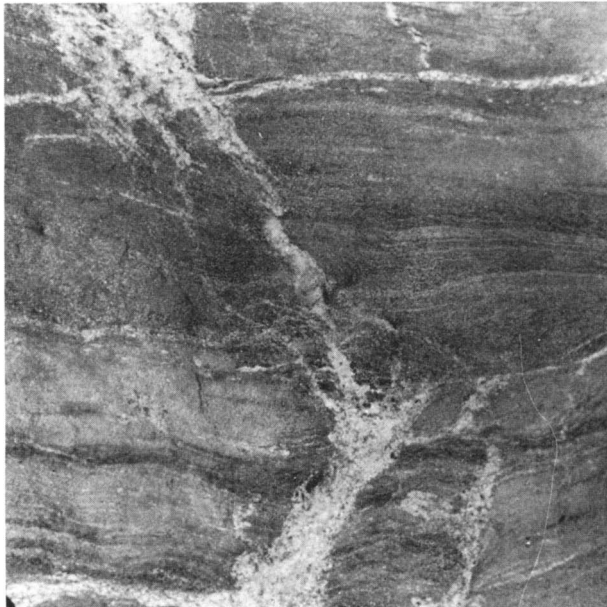


foto 4. Migmatiet uit de groeve bij het stuwmeer van Lapalisse (Velay). Ouderdomsbepalingen, in deze groeve aan migmatieten gedaan, gaven 385 miljoen jaar aan.

385 miljoen jaar (foto's 3 en 4). De metamorfe en kristallijne gebieden zijn economisch gezien van groot belang, omdat de belangrijke vererfsingen in het massief grotendeels aan deze gesteenteformaties gebonden zijn. Hierover meer in het hoofdstuk over Mineralisatie.

Afzettingen van oud tot jong

De sedimenten van het Massif Central zijn naar ouderdom in verschillende groepen in te delen.

Pre-Hercynisch. Er zijn maar enkele voor-Hercynische afzettingen niet of weinig door metamorfose veranderd. In de Montagne Noire komt aan de zuidkant een bijna complete serie Paleozoicum voor: Cambrium tot en met Onder-Carboon. Er zijn o.a. conglomeraten, zandstenen, kalken. Aan de noordzijde van de Montagne Noire overheersen schalies. In het noorden, in de Morvan, komen in enkele kleine gebieden afzettingen voor van Bovendevoonische en/of Ondercarbonische ouderdom.

Post-Hercynisch Paleozoicum. Na de Hercynische orogeenese, na het ontstaan van de vele breuksystemen en bekken in het Boven-Carboon, werden een aantal van deze lokale bekken gevuld met zoetwater-afzettingen, vaak met koollagen ertussen ('bassins houilliers'). Het bekken van St. Etienne is het belangrijkste kolengebied. De plantenafzettingen werden gevormd in het Stephanien (Bo-

ven-Carboon) en Autunien (Onder-Perm). Uit het Saxonien (Midden-Perm) overheersen rode continentale zanden en kleien, die plaatselijk een grote dikte kunnen bereiken. Kaartje 3 geeft de ligging van zowel de Prehercynische als Laathercynische afzettingen.

Mesozoicum. Vanaf het Perm en gedurende de Trias werd het Massif Central intensief geërodeerd en tot een schier-vlakte afgevlakt. Triasafzettingen komen rondom het massief voor.

De transgressie in de Jura heeft op het massief wellicht afzettingen achtergelaten, maar indien dit zo is heeft de erosie de herinneringen aan een mariene periode nagenoeg geheel uitgewist. Er zijn maar enkele schamele resten uit de Jura teruggevonden. Afzettingen uit het Krijt zijn niet bekend.

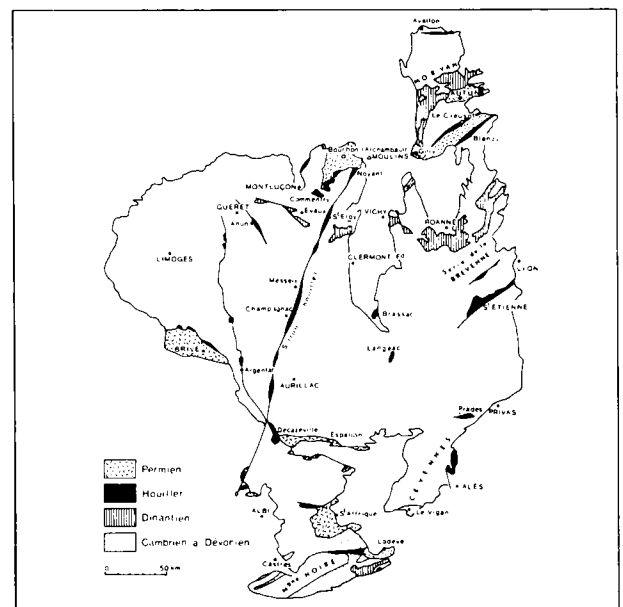
Tertiair. Vooral in het Oligoceen kwam er verandering na een lange periode van rust: breukvorming, waardoor horsten en slenken ontstonden, opheffing van het geheel en hernieuwde erosie. De belangrijkste van de Tertiaire dalingsbekkens zijn de Limagne, rondom Clermont-Ferrand (foto 1) en Forez (zie kaartje 1). Ze zijn opgevuld met dikke continentale of zoetwaterafzettingen en staan in relatie met het Tertiaire vulkanisme.

Het vulkanisme van Tertiair en Kwartair

Jong vulkanisme komt voor in het centrale en het zuidoostelijke deel van het Massif Central. De volgende vulkanische gebieden worden onderscheiden: Limagne; de Chaîne des Puys en Chaîne de la Sioule; de Mont Dore; de Cantal; Cézaillier; Aubrac; de zone van de Causses en Escandorgue; Velay en Vivarais; Coirons. Zie voor de ligging kaart 1.

Limagne

Ten zuiden van de parallel over Riom zijn de heuvels en plateaus bijna steeds erosieresten van oude toevoerpijpen of bazaltplaten. Deze laatste geven een 'omgekeerd relief' te zien. Het kwam veel voor, dat de lava zich een weg zocht door rivierbeddingen. De omgeving erodeerde sneller dan de bazalt, die nu dus het hoogste punt van het landschap vormt. Voorbeelden zijn de Montagne de la Serre en het Plateau de Gergovie.



kaart 3. De ligging van de Paleozoische sedimenten van het Massif Central en van enkele belangrijke breuksystemen.

De alleroudste vulkanieten, die uit het Oligoceen, zijn zg. pépérieten. Deze gesteenten zijn een mengsel van mergelig sediment en glasachtige lava. Door de zeer snelle afkoeling in het sediment granuleerde de lava tot korrelige fragmentjes. In o.a. een groeve in het Plateau de Gergovie zijn ze ontsloten. Het overgrote deel van de vulkanische resten is Mioceen en Pliocene van ouderdom. De gesteenten zijn van alkalisch type en variëren van analciembazalt tot fonoliet. Zie voor de beschrijving van vulkanische gesteenten pag. 8, voor vindplaatsen in de Limagne pag. 20.

Chaîne des Puys en Chaîne de la Sioule

De Chaîne des Puys is het meest bekende, want meest spektakulaire deel van het vulkanisme in het Massif Central. Hier bleef het vulkanisme actief tot bijna in historische tijd, waardoor veel goed en fris bewaard is gebleven. De mens moet hier getuige geweest zijn van tenminste de laatste uitbarstingen. Niets bewijst, dat het vulkanisme in deze ketens definitief is uitgedoofd. De 'Puy's' werden gevormd op rekspleten, en niet op de grote breukvlakken waaraan het massief zo rijk is. De Chaîne des Puys loopt parallel aan de grote Limagne-slenk, maar 5 km westelijker. Slechts één vulkaan, de Puy de Gravenoire ten Z van Royat, zit precies op de grote breuk.

De vulkanen van de Puys, een zestig in getal, bestaan vaak uit efflata (uitgeworpen produkten); ze zijn niet erg hoog. De Puy de Dôme vormt een uitzondering, deze is 1465 m hoog en steekt 500 m boven de vlakte uit. Deze vulkaan is niet opgebouwd uit efflata, maar uit lava. Het is domiet, een plaatselijke benaming voor een soort trachiet, die als een dome, een soort koepel, omhoogreest. De overige vulkanen zijn voor een groot deel door erupties van as, lapilli en bommen gevormd. Dit materiaal wordt op veel plaatsen in open groeven gewonnen. Wanneer bij een eruptie de kegel van de vulkaan in de krater van een vorige uitbarsting werd opgebouwd, ontstond een 'puy emboîté' (twee in elkaar), zoals de Puy de Pariou, ten N van de Puy de Dôme. Om de jongste top is plaatselijk de oude kraterrand te zien. Wanneer in een latere fase een lavastroom door de kraterwand brak en omlaagstroomde, dan resulteerde een 'puy égueulé', met een open mond als het ware. Voorbeelden zijn: de Pariou (met andesietstroom), de Puy de la Vache ten W van Randanne en de Puy de Lassolas ten NW van de vorige (zie tekening). De lava-uitvloeiingen, die van een later stadium zijn dan de efflata, kwamen uit een aantal eruptiepunten, die duidelijk lineair zijn gerangschikt. Vaak vulden ze rivierdalen op. Zulke lavastromen zijn op een geologische kaart gemakkelijk terug te vinden, vooral aan de oostzijde van de Chaîne des Puys. Daar gaven ze nog wel eens een omgekeerd relief, zoals we bij de Limagne al zagen. De vulkanische gesteenten van de Chaîne des Puys omvatten:

1. bazalten, vaak rijk aan kalium, trachy-bazalten of iets onderverzadigde essexibazalten of basanitoiden;
2. trachyandesieten en andesieten, soms in lange lavastromen, zoals bij Volvic;
3. trachieten en domieten.

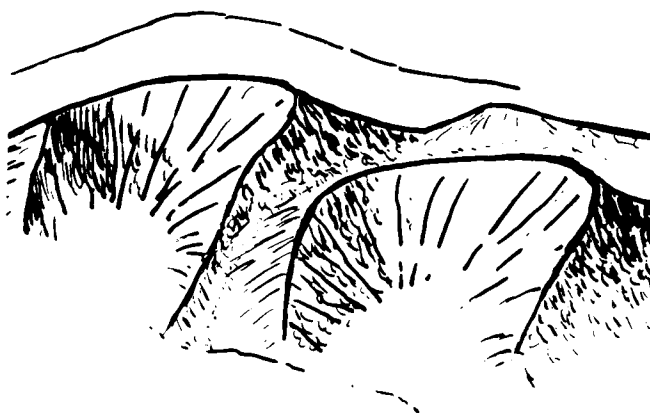
Voor vindplaatsen: zie pag. 20.

De Chaîne de la Sioule ligt ten NW van de Chaîne des Puys is bescheidener van omvang en ook dieper geërodeerd. De gesteenten hebben een onderverzadigd, bazaltisch karakter.

Mont Dore

De Mont Dore is een complexe vulkaan ten Z van de Chaîne des Puys. Zijn oppervlak is 900 km², bij een lengte van 25 en een breedte van 32 km. De hoogste top, de Puy de San-cy, is met zijn 1886 m ook het hoogste punt van het Massif Central. De Mont Dore rust op een ondergrond van

'Volcans égueulés': rechts Puy de la Vache, links Puy de Lassolas.



gneis en graniet. Het centrale deel is een explosie-caldera van ongeveer 10 km doorsnee. De ouderdom is Boven-Mioceen tot eind-Pliocene. De oudste uitbarstingen deden een onderlaag van tuf, tufbreksie en zure lava ontstaan. In de rivierdalen en vroegere gletscherdalen komen deze oude structuren aan de oppervlakte. Ook zijn er nog maaren: oude explosiekraters, nu met water gevuld, zoals het Lac Pavin (90 m diep) en Lac Chauvet. Dat de Mont Dore ouder is dan de Chaîne des Puys blijkt uit het feit, dat ten minste twee vulkanen van de Puys de oostflank van het Mont Doremassief doorsnijden. Het vulkanisme was variabel van aard. Er komt een 'normale' en een 'onderverzadigde' serie voor. De eerste omvat rhyoliet (orthoklaasrijk), trachiet, trachy-andesiet, augietbazalt (zonder olivijn).

De 'onderverzadigde' serie omvat alkalifonoliet (met veldspatoiden); tefriet en andesiet met hauyn (=ordanchiet); labradoriet (een onderverzadigde bazalt, hoofdzakelijk bestaande uit de plagioklaas labradoriet), 'basalte demi-deuil' (met opmerkelijke fenokristen van labradoriet) en olivijnrijke bazalt. Verder zijn er dan nog veel efflata. Zie pag. 21.

Cantal

De Cantal ligt meer zuidelijk en vormt het hart van het departement Cantal. Het is ook een complexe vulkaan. In de Cantal is, evenals bij de Mont Dore, een centrale inzakkingszone aangetoond: een caldera. De totale doorsnee van de Cantal is ongeveer 60 km. Met z'n oppervlakte van bijna 3500 km² is hij een van de grootste, zo niet dé grootste vulkaan van Europa. Zijn hoogte vóór de erosie wordt op 3000 m geschat. Het hoogste punt is nu de Plomb du Cantal, 1858 m. Hij wordt omringd door vele andere hoge toppen, zoals de Puy Mary, de Puy Griou, de Lioran. De Cantal heeft een opvallende topografie door een radiaal rivierpatroon. Tussen de rivier- en gletscherdalen liggen lavavlakten, de 'planèzes'. Het zijn enorme plateau-bazalten, die in het laat-Pliocene en vroege Kwartair uit vele eruptiepunten uitstroomden. Ze hebben een helling met een kleine hoek (circa 5°), die typisch is voor schildvulkanen. Eronder ligt een gevarieerde serie van bazalten, andesieten en trachieten, andesietbreksies en fonolietische lava. De gesteenten van deze serie zijn door de rivieren en gletschers in het al genoemde radiale patroon ontsloten. Zie kaart 4. Voor nadere gegevens zie pag. 22.

Cézallier

Dit is een vrij vlak en hoog plateau, dat de Mont Dore met de Cantal verbindt. De vorm is overwegend die van een schildvulkaan. Bazaltuitvloeiingen overheersen, ook komen er enige zuurdere gesteentetypen voor en lokaal wat efflata.

Aubrac

Deze groep ten zuiden van Cantal lijkt op de Cézallier. Er komt een opvallend homogeen bazalt voor, die alleen enige variatie heeft in de donkere mineralen. In het Midden- en Boven-Pliocene zijn de lava's uitgevloeid door spleet-erupties.

Causses en Escandorgue

Hier en daar breekt het vulkanisme door de vlakke kalksteenlagen van de Causses als lavapipen of als lensvormige massa's, soms ook als echte laccolieten. Het zijn hoofdzakelijk centrale erupties van bazalten met soms extreem melanokrate types, d.w.z. de donkere mineralen gaan 50 pct van het totaal te boven. Ze zijn vooral zichtbaar in de steile wanden van de Gorges. Verder in het zuiden, in Bas-Languedoc aan de oostgrens van de Montagne Noire, vinden we het massief van Escandorgue, opgebouwd uit bazaltstromen die veel lijken op die in de Causses. Aan de Middellandse Zeekust ligt de Agde-vulkaan.

Velay en Vivarais

In de Velay, in de omgeving van Le Puy, is een grote verscheidenheid in vulkaan- en gesteentetypen te vinden. Er is vooral bazalt en fonoliet. De fonoliet komt voornamelijk voor als pieken en zuilen, die nu de hoogste toppen zijn. De Mézenc is er één van, hij is een van de hoogste punten van het Massif Central. Er zijn in Velay overblijfsels van necks, dykes en korte, dikke lavastromen; enige verschijnselen worden beschreven op pag. 15, foto 5 en 6. De ouderdom van dit complex varieert van Pliocene tot Pleistoocene. De oudere voorkomens zijn tamelijk geërodeerd en afgerond. In de Devèze, tussen de bovenloop van de Loire en Haut-Allier ten zuiden van Le Puy, ligt een bazaltplateau met goed bewaarde vormen. Deze wijzen op een heel recente ouderdom van dit vulkanisme. Langs de hele oostrand van het Massif Central, de Vivarais, komt ook een zeer recent vulkanisme voor. De bazaltische lavastromen volgen meestal de waterlopen, vooral van de Ardèche en zijn zijrivieren.

Coirons

De Coirons, tussen Privas en Montélimar, is ongeveer 20 km lang en 4 - 5 km breed. Dit gebied bestaat uit plaatvormige lava-uitvloeiingen, vooral bazalt en enkele andesieten. Ingeschakeld zijn alluviale en lacustriene afzettingen uit Mioceen en Pliocene. De ondergrond is Mesozoïsch: Jura en Krijt.

Vulkanieten

KORTE BESCHRIJVING

Vulkanische gesteenten zijn van magmatische oorsprong. Bevatte het magma een zodanig overschot aan kiezelzuur (SiO_2), dat dit in het gesteente als kwarts kon uitkristalliseren, dan spreken we van zure gesteenten. Rhyoliet is hier een voorbeeld van in de vulkanische gesteentereeks. Het komt qua samenstelling overeen met graniet. Zure lava's zijn zeer viskeus, ze verplaatsen zich over slechts geringe afstand en blijven vaak in de kraterpijp als een prop steken. Doorgaans zijn zure lava's van anatectische oorsprong. Basische gesteenten stammen uit een bazaltisch magma, dat diep in de aardkorst aanwezig is en dat gevoed



Foto 5. 'Plug', ontmantelde vulkaanpijp, aan de Loire bij Chamalières, ten N van Le Puy. Bovenop de berg staat een kasteelruïne.

foto 6. Harde lavalagen (beboest en steil) op zachtere turf (wit en glooiend) houden de erosie van de laatstgenoemde tegen. Omgeving Polignac, NW van Le Puy.



zou kunnen worden door de bovenmantel. De gesteenten zijn arm aan kiezelzuur en bevatten mineralen als olivijn, pyroxeen, plagioklaas, foiden. Bazaltische lava's zijn zeer mobiel en kunnen zich over grote afstanden verplaatsen. Over het algemeen geldt, dat hoe hoger het gehalte aan donkere (mafische) mineralen is hoe donkerder het gesteente. Voorbeeld: bazalt, dat met gabbro uit de stollingsgesteentereeks overeenkomt. Bevat het magma weinig kiezelzuur dan zullen in plaats van veldspaten foiden (veldspaatvervangers) gevormd worden. Hiertoe horen leuciet, nefelien, hauyn, sodaliet. Kwarts is in dat geval altijd afwezig. In Auvergne komt vaak het mineraal analciem voor als bestanddeel van bazalt. Analciem is sekundair, het vervangt foiden, bijvoorbeeld nefelien. Gesteenten met foiden noemt men 'onderverzadigd', in tegenstelling tot de 'oververzadigde' gesteenten, die vrij kwarts kunnen bevatten.

Zou aan magma van onverzadigde gesteenten kiezelzuur worden toegevoegd, dan zou dit kiezelzuur gaan reageren met de foiden en olivijn. Zo vormt'

olivijn + kiezelzuur → augiet;
nefelien + kiezelzuur → albiet (natriumrijke plagioklaas);
leuciet + kiezelzuur → kaliveldspaat.

Vandaar, dat foiden en olivijn niet samen met kwarts in het gesteente aanwezig zijn. Gesteenten die weinig of geen kwarts, respectievelijk foiden bevatten zijn: trachiet, latiet, andesiet. Zij komen overeen met syeniet, monzoniet en dioriet van de stollingsgesteenten. Ook bazalt kan zowel in de oververzadigde als onderverzadigde reeks voorkomen.

Wat de structuur van de uitvloeiingsgesteenten betreft, deze is over het algemeen porfierisch, d.w.z. er is een grondmassa, bestaande uit makroskopisch niet goed zichtbare kristallen of een glasachtig produkt. Daartussen zijn fenokristen te zien: goed gevormde, grote kristallen (kleurenfoto's 1-4). Gesteentenamen als puimsteen, tuf, lapilli, obsidiaan geven geen uitsluitsel over de samenstelling. De moderne naamgeving van magmatische gesteenten gaat uit van de mineraalbestanddelen, die in een zekere verhouding in het gesteente aanwezig zijn. Mineralen, die in bepaalde afgebakende hoeveelheden samen in een gesteente voorkomen, geven er een begrensde samenstelling aan en die samenstelling kreeg een naam. Zo heeft een porfierisch gesteente met de samenstelling van circa 33 pct kwarts, 50 pct kaliveldspaat, 20 pct plagioklaas en 2 pct biotiet en andere zaken de naam rhyoliet. Hierbij plaatsen we een schema, volgens de klassifikatie van Streckeisen (1957), waarin de diverse vulkanische gesteenten een plaats hebben gekregen. Boven de lijn A-P zijn gesteenten oververzadigd, er-

onder onderverzadigd. De lijn A-P geeft de verhouding alkaliveldspaten en plagioklasten ten opzichte van elkaar aan: bij P is er alleen plagioklaas, bij A is de kaliveldspaat maximaal. Zie ook Gea vol.5 (1972), nr 3: Inleiding tot de Petrologie, door drs. G.J.W. Hamel.

De mineraalsamenstelling van de meest voorkomende vulkanieten in het Massif Central is:

oververzadigde of 'normale' serie

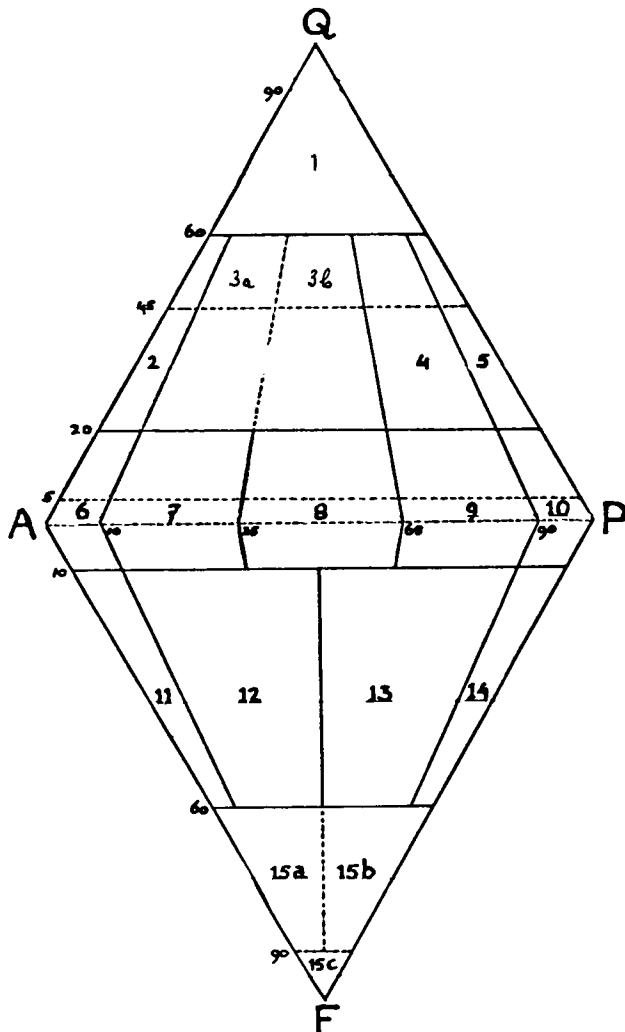
rhyoliet: kwarts, kaliveldspaat, plagioklaas en biotiet;
trachiet: geen of heel weinig kwarts, wel kaliveldspaat (sanidien), plagioklaas, amfibool of/ en biotiet, pyroxeen; kleurenfoto 1;
latiet: geen of weinig kwarts, ongeveer evenveel kaliveldspaat als plagioklaas; kleurenfoto 2;
andesiet: plagioklaas en amfibool of pyroxeen; kleurenfoto 3;
bazalt: plagioklaas en pyroxeen;
latiet-andesiet
en latiet-bazalt worden ook trachy-andesiet en trachy-bazalt genoemd.

onderverzadigde serie

fonoliet: kaliveldspaat (sanidien), nefelien en enige amfibool of pyroxeen, soms met noseaan, hauyn;
essexiet-bazalt: komt overeen met fonolietische tefriet van het schema;
bazalt: plagioklaas, foiden, pyroxeen en olivijn;
ankaramiet: zeer augietrijke bazalt met weinig plagioklaas, wel olivijn (komt ongeveer overeen met basaniet), kleurenfoto 4;
tefriet: idem, maar minder olivijn;
eklogiet: omfaciet (een amfibool), granaat en kwarts. Is waarschijnlijk op grote diepte gevormd. De chemische samenstelling is die van bazalt.
duniet: heeft geen porfierische structuur. Komt als bommen of als deel daarvan voor. Samenstelling: olivijn;
peridotiet: olivijn en pyroxeen. Een ultrabasisch stollingsgesteente, dat bij uitbarstingen mee omhoog komt uit de ondergrond.

Klassifikatie van vulkanische gesteenten volgens A. Streckeisen (1957).

Q kwarts
A alkaliveldspaat (en albiet)
P plagioklaas
F foiden (leuciet, nefelien, hauyn)
M mafische (donkere) mineralen: glimmers, pyroxeen, amfibool, olivijn, enz.
2 alkali-rhyoliet
3a rhyoliet
3b rhyodaciet (kwarts-latiet)
4 daciet
5 kwarts-andesiet
6 alkali-trachiet
7 trachiet
8 latiet
9 latiet-andesiet latiet-bazalt
10 andesiet bazalt alkali-andesiet alkali-bazalt
11 fonoliet
12 tefrietische fonoliet
13 fonolietische tefriet
14 tefriet basaniet (=olivijn-tefriet)
15a fonolietische foidiet
15b tefrietische foidiet
15c nefeliniet leuciet enz.



Mineralisaties

Mineralisaties in het Massif Central: ertsrijkdom van Oudheid tot Atoomtijdperk

De bodem van het Massif Central bevat vele soorten delfstoffen, die al eeuwen lang worden geëxploiteerd. De Galliërs en Romeinen vonden er al goud - plaatsnamen als Aurillac, Auriac, Laurière wijzen nog naar het Latijnse aurum voor dit edele metaal. Tegenwoordig wordt op veel plaatsen uraanerts gewonnen - 80 pct van het Franse uranium komt uit het Massif Central. Behalve goud en uranium waren er nog vele andere mineralen in de bodem aanwezig zodat het Massif Central vanaf de Oudheid tot op heden een belangrijk grondstoffengebied voor Frankrijk is geweest. Jammer voor het Massif Central-van-nu: de rijke vindplaatsen van goud zijn door vorige generaties uitgeput, wat overbleef is nauwelijks of niet meer lonend om te exploiteren. Veel van de andere ertsrijkdommen zoals tin, koper, zilver, wolfram zijn inmiddels ook aan hun eind gekomen en veel mijnen zijn verlaten. Maar door nieuwe prospectie en moderne exploitatiemethoden zijn er toch ook nog goede mogelijkheden, zodat er nieuwe mijnen in bedrijf worden gesteld en oude soms opnieuw ingebruik worden genomen als de prijzen op de wereldmarkt aantrekkelijk zijn. Lood en zink, antimoon, fluoriet en bariet komen nog steeds in redelijke hoeveelheden voor - en niet te vergeten uranium.

De storthopen van oude en nieuwe mijnen bevatten vaak aardig materiaal voor de verzamelaar, al moet men zijn verlangens niet te hoog stellen. Waar een toestemming om te zoeken nodig is, zal deze doorgaans wel gegeven worden. Alleen bij uraanmijnen is het moeilijk om toegang tot de afvalhopen te krijgen en dat is misschien maar goed ook. Op de gevaren die aan radioactieve mineralen verbonden zijn zullen we nog nader terugkomen. In het hoofdstuk over vindplaatsen worden enkele mineraalvoorkomens genoemd. Eerst zullen we eens zien, hoe de mineralisaties tot stand gekomen kunnen zijn.

Zoals we al eerder zagen, zijn de belangrijkste ertsvoorkomens gebonden aan het oude Hercynische Massief. In de eerste plaats zijn er de **gangvormige** vererfsingen, de gemineraliseerde opvullingen van breuken. Daarvan zijn er heel wat en dit soort voorkomens is dan ook het talrijkst. Bijzonder profijtelijk kunnen de massale vererfsingen, de **ertslichamen**, zijn, die direkt verbonden zijn met het dragende gesteente. Zo kunnen bijvoorbeeld in de koepels van granietmassieven ertsen aangerijkt voorkomen. Dit is het geval te Beauvoir (Allier), bij het beroemde Echassières, waar tin, niobium, tantalium, lithium en beryllium tamelijk geconcentreerd gevonden worden. Van een granietintrusie kunnen gangen en platen uitgaan en in omringende gesteenten doordringen. Voorbeeld is de wolfram in de graniet van Colettes. Tin komt in de vorm van cassiteriet voor in gangen van gemineraliseerde micrograniet (= fijnkorrelig graniet).

Een derde type van ertsafzetting is die in **sedimentaire lagen**. Ook deze voorkomens zijn te danken aan het oude massief. De ertshoudende erosieproducten van het massief werden plaatselijk geconcentreerd. Zulke voorkomens liggen of lagen aan de randen van het Massif Central en in de binnenbekkens. Voorbeelden zijn lood/zink, fluor, bariet en uranium. Verder zijn er nog ertsvoorkomens in de **vulkanische gesteenteseries** uit het Devoon en Onder-Carboon in de Morvan, met pyriet en koper (Sain Bel bij Chessy, NW van Lyon) en met tin en koper te Charrier.

Ten slotte zijn er nog de recente **alluviale concentraties**. Goud en tin zijn door Galliërs en Romeinen hieruit destijds geëxploiteerd. In de zone van 'Bois-Menus' in de streek van Echassières zijn nog oude mijngangenstelsels te zien, waar cassiteriet werd gewonnen. In het gebied van St.-Yrieix (Haute-Vienne) komt op deze wijze afgezette rutiel voor.

Voorkomen

De 'Sillon Houiller' deelt het Massif Central in tweeën. Het oostelijke deel heeft de rijkste mineralisaties, het bevat bijna alle loodzinkertsen, fluoriet en bariet. Maar er zijn ook belangrijke uitzonderingen op deze regel. Het westen lijkt slechter bedeed te zijn, maar bevat toch maar alle goudvoorkomens en veel tinertsen (hoewel: de belangrijkste tinwinplaats, Echassières, ligt in het oosten). Uranium, antimoon en wolfram komen vrij gelijkmatig verspreid in O en W voor. Behalve veel andere factoren speelt de diepte (dus temperatuur) voor de mineralisatie een grote rol. De afzetting van goud, tin en wolfram is aan hogere temperatuur gebonden dan die van barium, fluor, lood en zink. Omdat het ene gebied sterker is gerezd dan het ander, en diensgevolge tot op grotere diepte geërodeerd, kunnen de verschillende ertszones nu op dezelfde hoogte liggen. De belangrijkste wingebieden van mineralen in het Massif Central zijn (zie kaart 5):

Uranium: in Le Limousin (Monts d'Ambazac) zijn o.a. winplaatsen te Margnac, Bessines, Fanay, Brugeaud. In Le Millevaches te Felletin en d'Egletons, in la Margeride te Cellier en Pierres-Plantées, in Forez-Madeleine: Ambert, Limouzat, Lachaux. In de Morvan ten slotte bij Grury en Château Chinon. Het uranium is vaak geconcen-

Bijschriften kleurenfoto's

1. trachiet. Samenstelling: grote fenokristen sanidien, kleinere xxsanidien, plagioklaas, weinig kwarts en donkere mineralen. Vindpl.: Thiézac (Cantal). Afm. 26 x 18 mm. Coll. Stemvers.

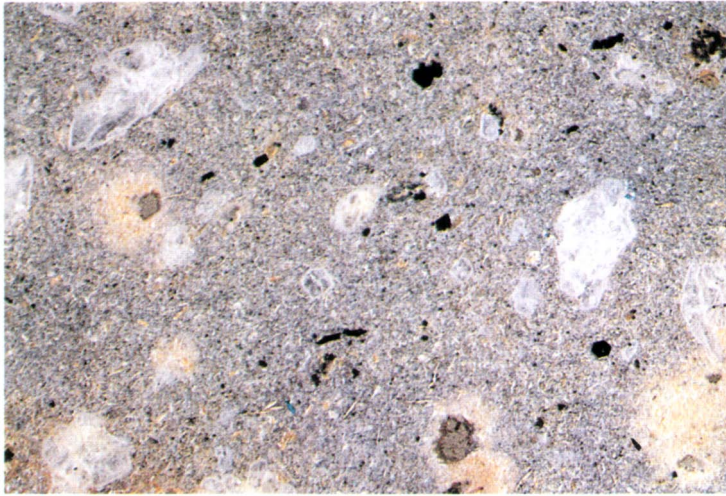
2. latiet. Samenstelling: grote fenokristen kaliveldspaat en plagioklaas, kleinere xxkalivsp., donkere mineralen (vnl. biotiet en erts). Vindpl.: Super-Besse (Mont Dore). Afm. 26 x 18 mm. Coll. Stemvers.

3. andesiet. Samenstelling: fenokristen sterk zonair plagioklaas, clino- en orthopyroxen, donkere grondmassa. Vindpl.: Thiézac (Cantal). Afm. 26 x 18 mm. Coll. Stemvers.

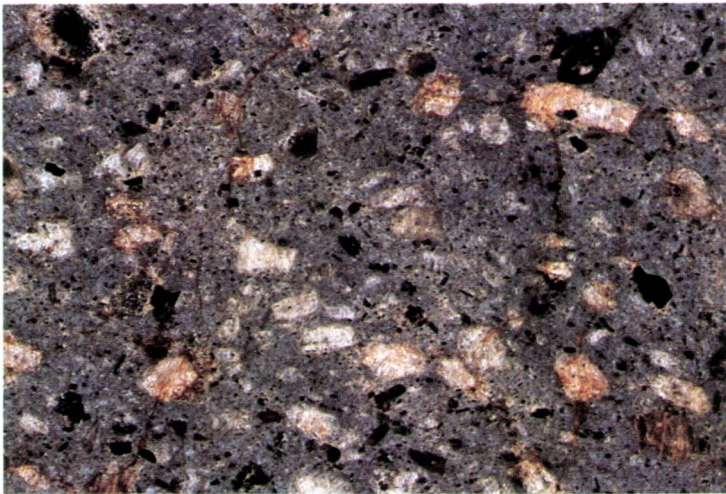
4. ankaramiet. Samenstelling: fenokristen 1^e generatie augiet, vaak zonair, 2^e generatie e.v. augiet, olivijn, plagioklaas, erts. Verweerd oppervlak. Vindpl.: Cascade de Faillitoux, Thiézac (Cantal). Afm. 28 x 20 mm. Coll. Stemvers.

5. glimmer-pyroxeniet. Samenstelling: groene xx - diopsiet; rode xx - enstatiet (door hematiet roodgekleurd. Verder glimmer, enig olivijn.

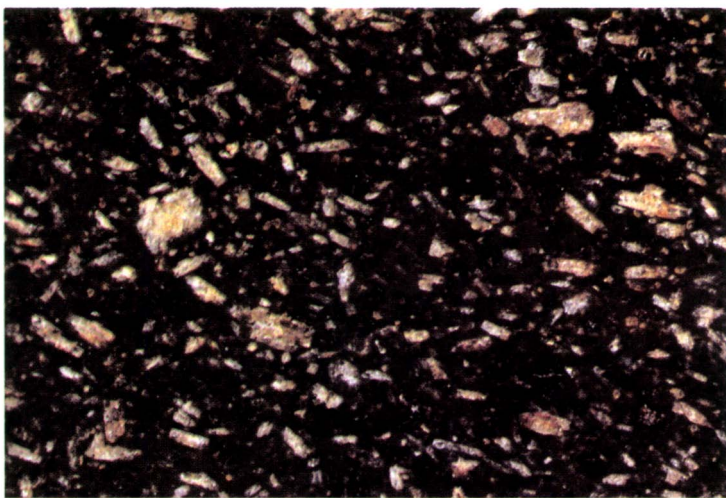
Vindpl.: Mont Briançon (Velay). Afm. 9 x 6 mm. Coll. Kranen.



1



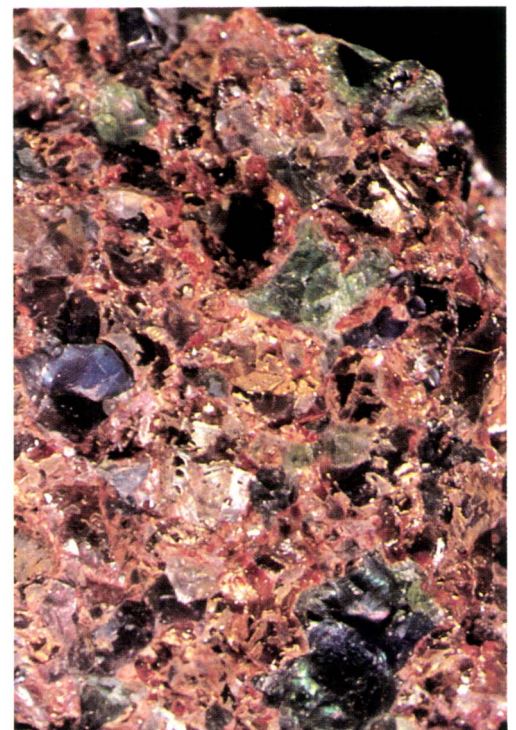
2



3



4



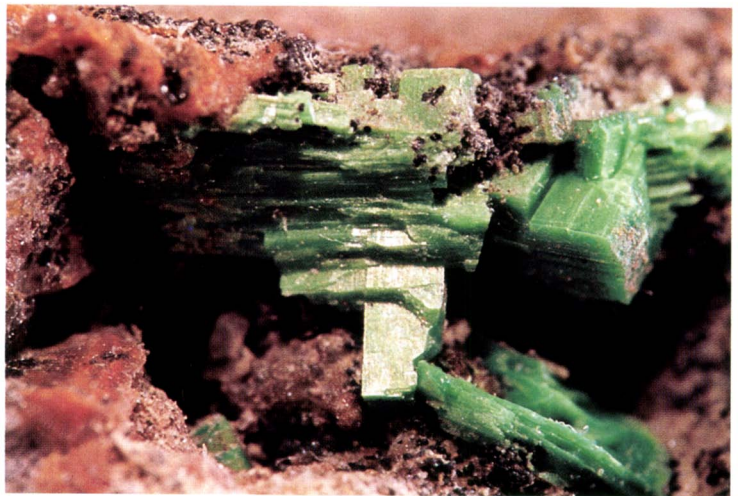
5



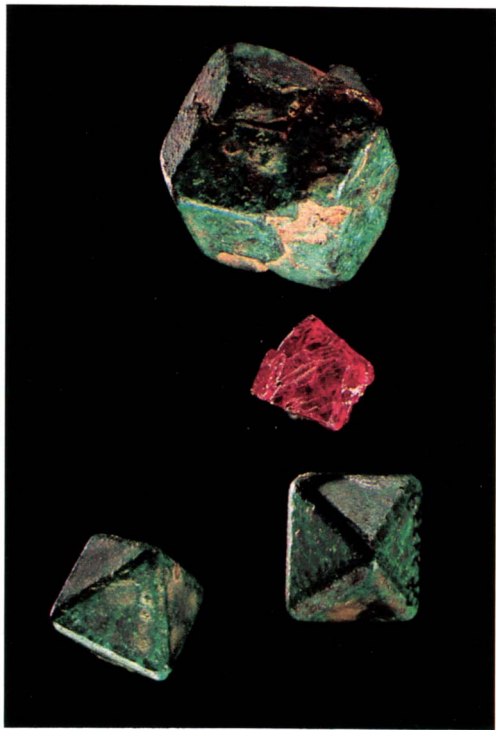
6



7



8



9



10

treed in aders in leukogranieten (=licht gekleurde g.). In de Permische afzettingen bij Lodève komt uranium plaatselijk geconcentreerd in winbare hoeveelheden in sedimenten voor. Kleurenfoto's 6, 7, 8.

Goud: de enige goudmijn die in Frankrijk nog in productie is (gegevens van 1971) is die te Salsigne (Aude) in de Montagne Noire. Zilver en koper zijn er nevenprodukten. Tot voor een jaar of tien werd er bij le Châtelet (Creuze), ten ZW van Montluçon, goud gewonnen. De exploitatie heeft ongeveer een halve eeuw geduurd. Het goud kwam voor als goudhoudend arseno-pyriet, dat een bestanddeel was van kwartsgangen.

Zilver: komt voornamelijk voor als bijproduct in loodmineralen, waarvan nog een grote reserve is.

Lood en zink: een grote mijn ligt bij Vézis (Aveyron), in de omgeving van Bastide l'Evêque. De lood-zink mineralisaties komen voor in een groot adersysteem. Het hoofdbestanddeel van de aders is kwarts, waarin het erts in banden voorkomt. Ook pyromorfiet wordt er aangetroffen. De mijn zou goed toegankelijk zijn. Bij Ussel (Corrèze) ligt de belangrijke Mine des Farges. Ook de Cévennes zijn rijk aan lood en zink. Kleurenfoto 11.

Antimoon: Vanouds was de zone van Brioude-Massiac (Haute-Loire - Cantal) de mijnstreek voor antimoon. De exploitatie wordt nu niet lonend meer gevonden en de mijnen zijn dicht. Nieuwe exploraties hebben goede verwachtingen gewekt. In Cantal en in Limousin zal de winning wellicht (weer) ter hand worden genomen. Kleurenfoto's 12 en 13.

Tin: was nooit van groot belang. Toch moeten er in het ertslichaam van Beauvoir grote reserves schuilen. In het

mijnencomplex van Echassières worden deze geëxploiteerd. Het is de enige plaats in Frankrijk waar dit metaal gewonnen wordt.

Wolfram: er zijn zeker nog grote reserves, maar de marktprijzen zijn voor een exploitatie niet erg gunstig. De meeste mijnen zijn tegen de jaren '60 gesloten. De belangrijkste plaatsen waren Puy-les-Vignes (Haute-Vienne), Leucamp (Cantal) en Les Montmins (Allier). Bij Engualès (Aveyron) is een nieuwe mijn. Kleurenfoto's 14 en 15.

Koper: het belangrijke voorkomen van Sain Bel (Rhône) bij Chessy is uitgeput, de mijnen zijn al een eeuw gesloten. Op de storthopen zou niet veel te vinden zijn en de toegang verboden. Het koper kwam er voor in o.a. prachtige cupriet- en azurietkristallen, die wereldberoemd zijn. Veel hiervan is te zien in het Musée de l'Histoire Naturelle te Lyon. Kleurenfoto 9.

Arsenicum en bismut: waren bijprodukten van de goudwinning van Salsigne. Het was de enige productieplaats voor Frankrijk, nu is de winning afgelopen.

Bauxiet: komt voor in de groeve bij Bédarieux aan de zuidrand van het Massif Central, bij de Montagne Noire. In dagbouw wordt het erts ontgonnen in karsten van Jurakalk. Hier komt ook ijzer voor. Kleurenfoto 20.

Fluor: de productie van 100.000 ton per jaar in het Massif maakt ongeveer 65 pct van de Franse fluorwinning uit. Er zijn nog grote voorraden. Aan de rand van de Morvan liggen grote reserves in de Mesozoïsche sedimenten. Ook in de departementen Haute-Loire en Tarn zijn belangrijke voorkomens. Fluor komt zowel in sedimenten als in aders voor. Kleurenfoto 18.

Bariet: in het oostelijk deel van het Massif Central komt de meeste bariet voor en wel in gangen. Aan sedimenten gebonden zijn de voorkomens te Chaillac (Indre), waar een zeer grote exploitatie is. Chaillac, Les Farges (dicht bij Ussel in Corrèze) en Meyrignac-de-Bar (Corrèze) liggen in het westelijke deel van het Massif. Kleurenfoto 10.

Kaolien: ontstaat uit oppervlakteverwerking van granieten die veel albit bevatten. Er zijn vele ontsluitingen in de Limousin, die een zeer fijne kwaliteit kaolien leveren. Het heeft Limoges de grondstof voor zijn beroemde porselein verschaft sinds de eerste helft van de 18e eeuw. De al genoemde granietkoepel van Beauvoir (Allier) levert kaolien, evenals die van Montebas (Creuze). De kaolien van Marcognac is afkomstig uit verweerde gangen van pegmatieten en aplieten.

Bijschriften kleurenfoto's

6. uraniniet (peklende), $(U, Th)O_2$, (bruin) zwart, kubisch, meestal massief. Eromheen gelige en bruinachtige verweringsprodukten van uraniniet. Deze worden samengevat onder de naam **gummiet**. Vindpl.: Margnac Mijn (II) bij Limoges (Massif Central). Afm. 60 x 40 mm. Coll. Inst. v. Aardwetensch. der V.U.

7. autuniet, $Ca(VO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O$, tetragonaal, groengeel. Eigenlijk: meta-autuniet, omdat autuniet, aan de atmosfeer blootgesteld, water opneemt. Gesteente: leukograniet. Vindpl.: Carrière de Brugeaud (Massif Central). Afm. 21 x 14 mm. Coll. Inst. v. A.

8. torberniet, $Cu(VO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8-12H_2O$, tetragonaal, smaragdgroen. Eigenlijk meta-torberniet; torberniet, aan atmosfeer blootgesteld, neemt water op. Gesteente: leukograniet. Vindpl.: Margabal bij Entraygues, (Aveyron). Afm. 7 x 5 mm. Coll. Inst. v. A.

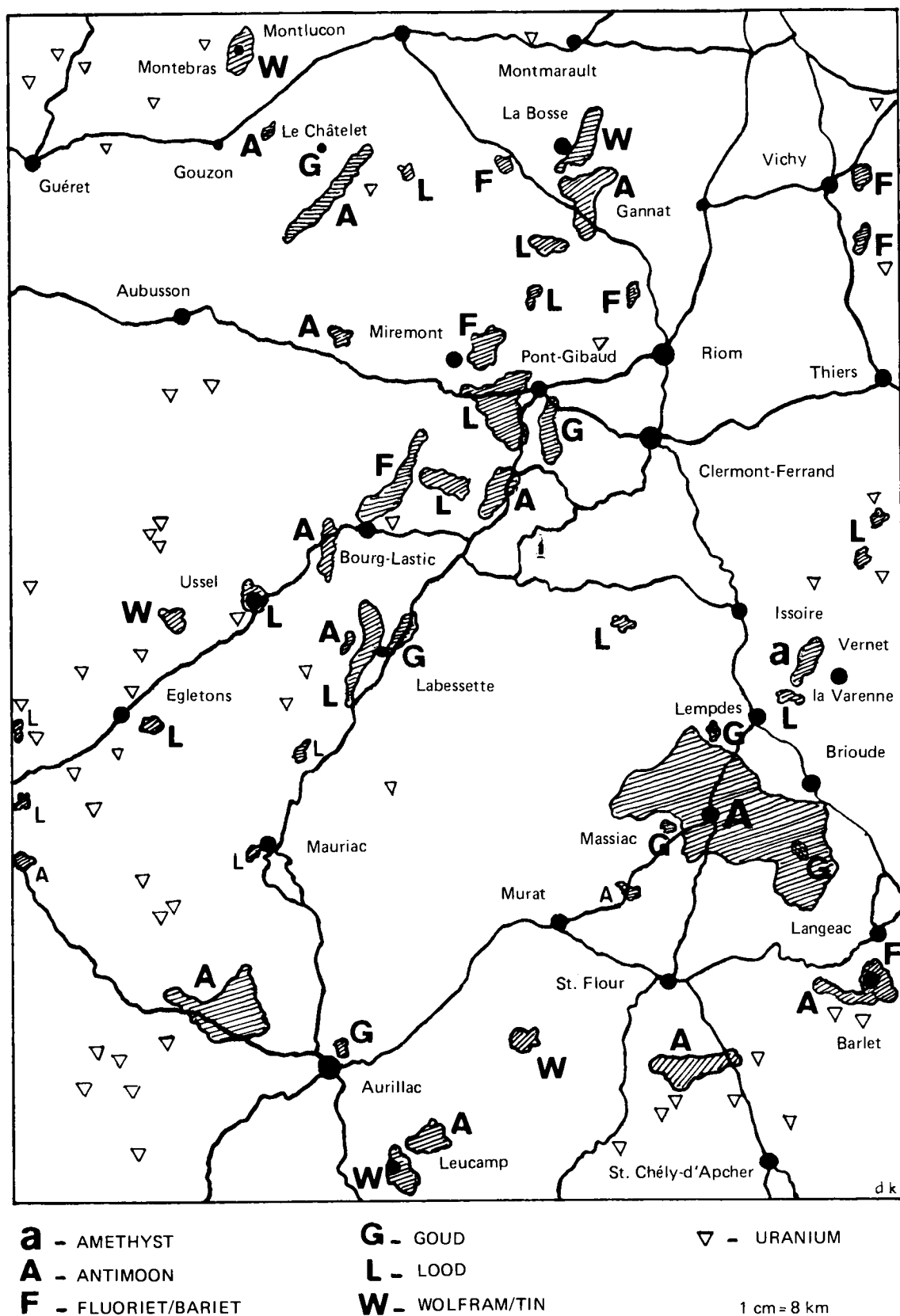
9. cupriet, Cu_2O , met groen malachiethuidje, eigen kleur: donkerrood. Kubisch (octaëders en rhombendodekaëder); vindpl. Chessy bij Lyon. Afm. 16, 11 en 10 mm. Coll. RGM 23229 (30).

10. bariet, $BaSO_4$, rhombisch. Vindpl.: Royat, Auvergne. Afm. 58 x 36 mm. Coll. RGM 23711.

KLEURENFOTO'S . . .

zijn genadeloos, ook de kleinste gebreken geven ze weer. Hoewel ons uitgangspunt is, dat exemplaren van de afgebeelde mineralen en gesteenten voor amateurs bereikbaar en vindbaar dienen te zijn, hebben wij voor onze kleurenfoto's toch een beroep gedaan op museumcollecties. Deze verschaften ons aanvullende stukken en betere exemplaren dan aanwezig waren in de verzamelingen van de samenstellers. Het beeld van wat er in het Massif Central voorkomt zal er alleen maar vollediger door worden.

MINERALEN IN AUVERGNE



kaart 5. Mineralen in Auvergne, tekening D.C. Kranen.