

# De vulkanen van Auvergne

## Cantal – Cézallier – Monts Dore – Chaîne des Puys – Limagne – Aubrac – Devès:

door Wim de Vries

## Velay – Bas-Vivarais – Coiron:

door Joke Stemvers-van Bommel  
Fotografie: Piet Stemvers

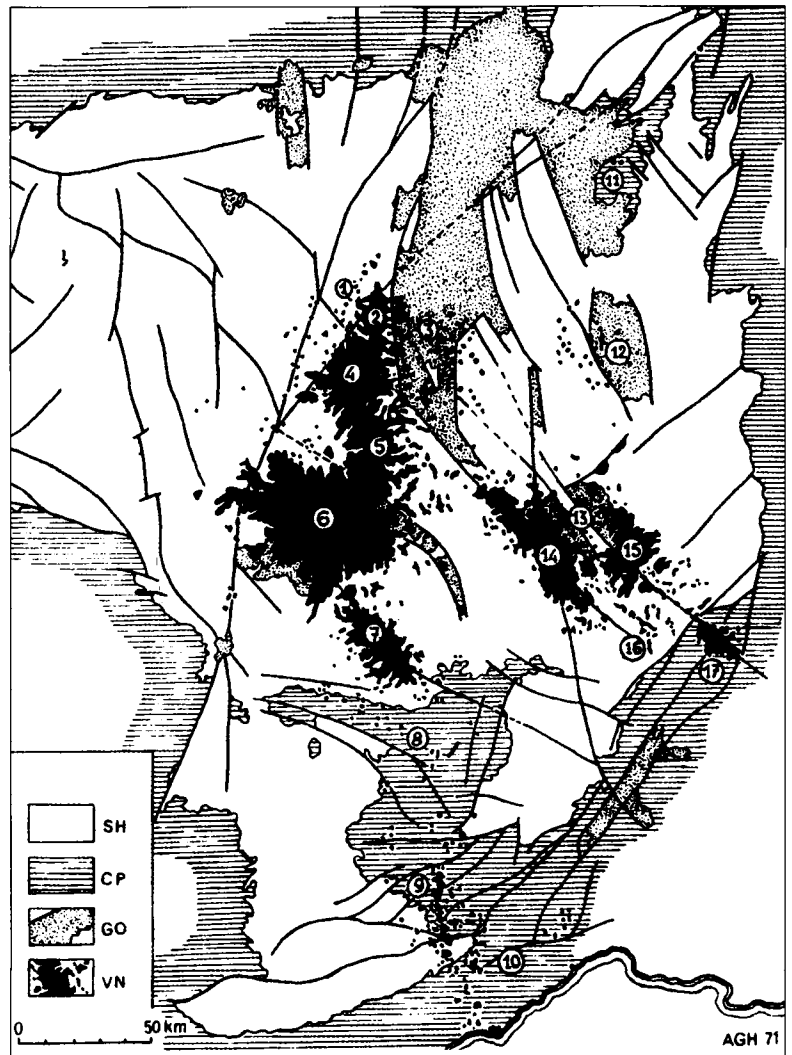
### A. - Cantal

De Cantal is de grootste stratovulkaan van Europa, hij bedekt een oppervlak van rond de 2500 km<sup>2</sup>, twee maal die van de Etna op Sicilië. Het hoogste punt is de Plomb du Cantal, deze heeft een hoogte van 1855 meter; de vulkaan heeft zich opgebouwd op het plateau dat op een hoogte ligt van rond de 1000 meter.

De Cantal verheft zich nu dus een kleine 900 meter boven het plateau, maar heeft een veel grotere hoogte gekend omdat de vulkaan sterk geërodeerd is door de Kwartaire gletsjers. Er wordt aangenomen dat de top een hoogte heeft bereikt van tenminste 3000 meter. Afb. A-1.

Het centrale deel van het vulkaancomplex is voornamelijk opgebouwd uit lagen van pyroklastisch materiaal en lavaproppen; door de hardheidsverschillen van deze gesteenten is er een geaccidenteerd reliëf ontwikkeld; de lavaproppen hebben vormen die variëren van een doorgesneden voetbal tot een steile, hoge piek. Daarnaast zijn enkele van de hoge toppen vulkaankegeltjes van slakkig materiaal. De randgebieden worden overwegend ingenomen door bazaltische lavastromen en vormen vrij vlakke gebieden; er zijn veel tafelbergen te zien doordat de bazaltlagen in later tijd zijn doorsneden door rivierdalen. De bazalten, die oorspronkelijk uitstroomden over vlakke gebieden en door rivierdalen, vormen nu de toppen van de heuvels tussen de rivierdalen; dit is een zogenoemde 'omkering van het reliëf'. Veel van de pyroklastische afzettingen zijn geconsolideerd tot tuffen. Er zijn tuffen van vrij fijnkorrelige vulkanische as (hier genoemd *cinérite*), maar in de Cantal overheersen pakketten van grofkorreliger afzettingen met slakken en puimsteen en vooral veel vulkanische breccies. Onder de pyroklastische gesteenten vinden we ook afzettingen van gloedwolken, getypeerd door een zeer slechte sortering van de fragmenten: huizengrote blokken werden meegenomen in een wervelende massa van gassen, geladen met veel gruis dat een grote variatie in korrelgrootten toont, van stofgrootte tot enorme blokken, die als een enorme lawine van de berghelling afrolden. Daarnaast zijn er de ignimbrieten, afzettingen van wolken van over het algemeen fijn gruis van veelal zeer taai lava, zoals de trachiet. Er zijn lavastromen van dunvloeiende bazalt en dikke, korte proppen van zuurdere en dus viskeuzere lava's, die echter veelal opgebroken zijn in brokken die een keienlawine hebben veroorzaakt en zeer chaotische afzettingen hebben gevormd.

De eerste activiteit van de Cantal vond plaats in het Mioceen, tussen de rond 11 en 9 Ma geleden; toen bestonden er een aantal bazaltische vulkaantjes met een vrij rustige activiteit. Deze fase wordt wel vergeleken met de huidige vulkaan Stromboli ten noorden van Sicilië. Er vloeiende veel bazaltische lava uit. De precieze activiteit en het aantal van deze vulkanen is slecht



Afb. V. Het vulkanisme van het Massif Central

SH= Hercynische basis; CP= Mesozoïsche en Tertiaire bedekking; GO= dalingsbekkens; VN= Neogeen en Kwartaire vulkanisme: 1 - Chaîne de la Sioule; 2 - Chaîne des Puys; 3 - Limagne, Comté d'Auvergne, Livradois; 4 - Monts Dore; 5 - Cézallier; 6 - Cantal; 7 - Aubrac; 8 - Causses; 9 - Escandorgue; 10 - Bas-Languedoc; 11 - Bourgogne; 12 - Forez; 13 - Le Puy en Evlavrès; 14 - Devès; 15 - Velay; 16 - Vivarais; 17 - Coiron (naar A. de Goër de Herve en Mergoil, 1971)

bekend omdat zij grotendeels bedekt zijn onder jongere afzettingen. Afb. A-2.

Aan het einde van het Mioceen, tussen de 9 en 7 Ma geleden, veranderde het karakter van de activiteit. Het magma is trachyandesitisch tot trachitisch van samenstelling en de vulkaan produceert enorme wolken van pyroklastisch materiaal, van ignimbriet tot puimsteenlagen en bovenal dikke afzettingen van breccies, die vooral aan de westelijke randen van het vulkaanlichaam te zien zijn. De breccies zijn enorme puinstromen met een inhoud die enkele tientallen kubieke kilometer gesteente bedraagt; deels zijn zij mogelijk ontstaan doordat de taai lava van intrusieproppen bij het uitstromen in stukken breekt en daardoor blokkenlawines veroorzaakt; deels zijn de vulkanische breccies ontstaan door grote verzakkingen van het vulkaanlichaam. Het gehele zuidwestelijke deel van de Cantal bestaat uit de verschillende puinstromen. Afb. A-3 en Gesteentefoto XII.



A-2



A-3

Afb. A-2. De Cascade de Faillitoux (ten noordwesten van Thiézac, D 59, voorbij Las Molineries) stroomt over een porfirische bazalt. Dit gesteentevoorkomen wordt ook wel "ankaramiet" genoemd; dit is volgens de definitie een porfirische basaniet. De waterval passeert de muur van een horizontale intrusie met verticale



A-4



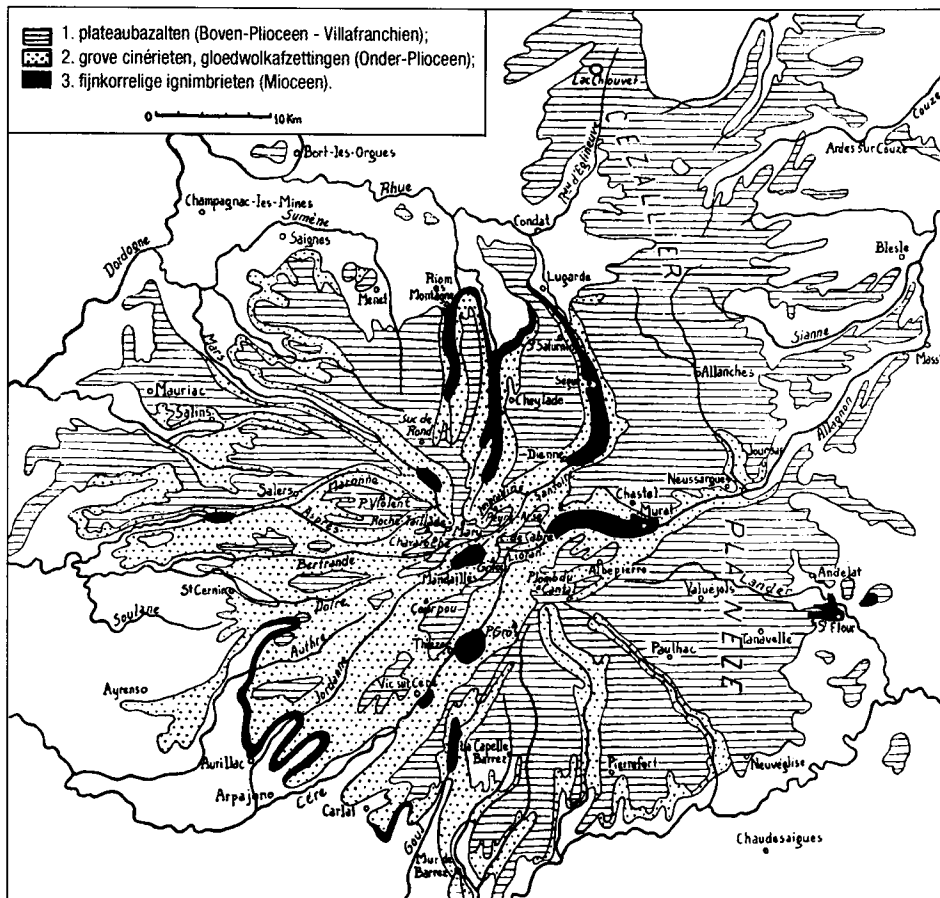
A-5

zuilen van 50 cm diameter. Deze zijn naar boven omgebogen, van west naar oost. Het opvallende gesteente heeft grote fenokristen van augiet (> 1 cm) en van olivijn. De bazaltplaat drong binnen in een breccie. Zie gesteentefoto XII.

Afb. A-3. Pas de Cère. Puinstromen door verschuivingen van glaciaal materiaal, doorgaans van vulkanische herkomst, hebben in het Cèredal vaak chaotische opeenhopen opgeleverd. Zo is er bij Thiézac o.a. de Chaos de Casteltinet, maar ook de hier afgebeelde Pas de Cère, waar de rivier zich door de breccies een schilderachtige weg gebaad heeft.

Afb. A-4. De Puy Mary (1785 m) levert vanaf de top van zijn piramide een geweldig uitzicht op de vier glaciële dalen die de berg omringen. (Waar-schijnlijk hebben alleen enkele toppen, waaronder de Puy Mary, boven de ijstijdbedekking uitgestoken). De Puy Mary bestaat uit andesitische en trachy-andesitische gesteenten; deze vormen ook de Peyre Arse en de bergkam tussen deze twee. Een vergelijkbaar gesteentemonster is afgebeeld op gesteentefoto V. Het is de zg. "andesiet van de toppen", die vaak een bruinviolette kleur heeft. De Mary is een dôme, d.w.z. een lavaprop, het omringende, zachtere materiaal is weggeërodeerd. Dit bestond uit gruis en blokken van opeenvolgende gloedwolken (nuées ardentes), dat op de meer glooiende hellingen nog te vinden is.

Afb. A-5. Behalve de N 122: hoofdweg Aurillac - Murat - Massiac, die langs enkele hoge Cantal-toppen gaat, zijn er ook vele goede secundaire routes die het prachtige landschap ontsluiten. Veelal lopen deze door de straalsgewijs om hoge bergen gegroepede dalen. Eenmaal boven, kun je - bij goed weer! - bijvoorbeeld bij Dienne aan de D 23 van het uitzicht op de Puy Mary en omgeving genieten. 3 km meer oostelijk, aan de D 3, ligt de Col d'Entremont, waar zowel andesiet als de onderverzadigde haun-andesiet voorkomen. Zie gesteentefoto's V en X.



Afb. A-1. Geologische schets van de Cantal-vulkaan.

Een van de beroemde lavastromen is die van Tanavelle, bekend als de *Pierre de Bouzentès*, een veel gebruikte bouwsteen, onder meer voor de kathedraal van Saint-Flour. Deze stroom met een inhoud van een kleine 1,5 km<sup>3</sup> bedekt een gebied van 65 km<sup>2</sup> en is op enkele plaatsen meer dan 30 meter dik, hij stroomde uit rond de 4,2 Ma geleden. De helling van de bazaltstroom, die over ruim 14 kilometer te vervolgen is van de groep vulkanen bij Verneujol tot Mons in het noorden, bedraagt slechts een halve graad, een bewijs voor het uiterst dunvloeiende karakter van deze lava. De dikke gedeelten bevatten dunne niveaus van pegmatieten met kristallen van augiet, olivijn en pakketjes van plagioklaas; de kristallen zijn meer dan een centimeter lang. De pegmatietlaagjes liggen horizontaal en zijn dwars door de zuilen te vervolgen. Aan de westrand van Saint-Flour zijn de *orgues de Saint-Flour* te zien in een bazalt van Mioceen ouderdom (9 Ma oud); het onderste deel bestaat uit dikke regelmatige zuilen, daarop zijn de onregelmatige zuilenwaaiers te zien van

er ontstaan enkele bulten van trachiet en ook van rhyolitische lava. Deze periode wordt afgesloten met het ontstaan van enkele *dômes* en korte, dikke lavastromen van trachy-andesiet, die de huidige hoge toppen vormen, zoals die van de Puy Mary en de Peyre-Arse, beide rond de 1800 meter hoog.

(Een *lava dome* = Engelse term - is een veelal bolvormige tot steil oprijende prop van taai vloeiende lava in de krater van een vulkaan. Nederlandse termen zijn lavadom, tholoïde of cumulovulkaan; Franse termen zijn: *dôme éruptive*, *dôme volcanique*, *coupole*, *tholoïde*, *mamelon*, *tapon*; de term *puy* is soms equivalent aan een *dôme*).

De Puy Mary is een piramidevormige berg die zijn huidige vorm heeft gekregen door gletsjererosie, door kargletsjers die zich lange tijd op de hellingen hebben gehandhaafd. Afb. A-4, A-5 en A-10. De trachy-andesiet, of, volgens de Franse naamgeving: een typerende benmoréiet met veel fenokristen van oligoklaas en bruine hoornblende, intrudeerde 7,2 Ma geleden.

Tussen de 7 en 6,5 Ma worden er enkele korte, dikke lavastromen geproduceerd en *dôme*-vormige intrusies van fonoliet en ordanchiet, zij komen zowel voor in de randzone van het massief en in het centrale deel. De Puy Griou (1694 m), afb. A-6, in het centrum van het massief, is een prop van hauyn- en analciemhoudende fonoliet, deze behoort tot een fase die volgde op die van de (trachy-)andesieten. Vanaf de Puy Griou loopt naar het noordwesten een rij van toppen die alle bestaan uit fonolitische proppen, onder meer die van de Puy de l'Uyclade, de Griounou en Bort-les-Orgues.

Aan het begin van het Plioceen, tussen de 6 en 4 Ma geleden, worden enorme gebieden bedekt door stromen van dunvloeiende bazaltische lava. Behalve in het zuidwestelijk deel van de Cantal vormen de bazalten een ring van zwak hellende gebieden van meer dan 20 kilometer breedte rondom het centrale deel.

De bazalten komen te voorschijn uit een groot aantal parasitaire kraters op de flanken van de vulkaan. Alleen al het enorme bazaltplateau van de oostelijke voet, ten westen van Saint-Flour, de *planèze de Saint-Flour*, is geproduceerd door een 70-tal kraters. Afb. A-7 en A-8.

lava, het *entablement*; een deel toont een horizontale afzondering in fraaie, platte *dalles*; de structuur wordt bepaald door de evenwijdige rangschikking van veldspaatkristallen tijdens het vloeien van de lava. Ten noordwesten van Saint-Flour, bij Andelat, zijn er groeven in een 80 meter dikke, enorm chaotische afzetting van blokken lava, voornamelijk trachy-andesiet, in een puimsteenhoudende, fijne grondmassa, met huizengrote brokken Mioceen klei en aan de onderkant met grote zakken weggezakt in zanden. Aangenomen wordt dat dit een afzetting is van een modderstroom, een *lahar*.

Afb. A-6. Cirque de Mandailles met "buron" (kaasboerderij) en Puy Griou. Deze is 1694 meter hoog en bestaat uit fonoliet. Hij staat in het centrum van het Cantal-complex; zijn markante top is op veel plaatsen te zien.

Afb. A-7. Planèze-landschap in Oost-Cantal met Prat de Bouc (1528 m) op de achtergrond en gele gentianen vooraan.

Afb. A-8. Cascade de Babory bij Château le Saillant (D 40, ten noordwesten van Saint-Flour). Hier heeft de Ander een diepe, halfcirkelvormige ketel uitgeslepen in de bazaltlagen van de planèze. Je kunt de waterval zowel van beneden als van bovenaf bekijken.

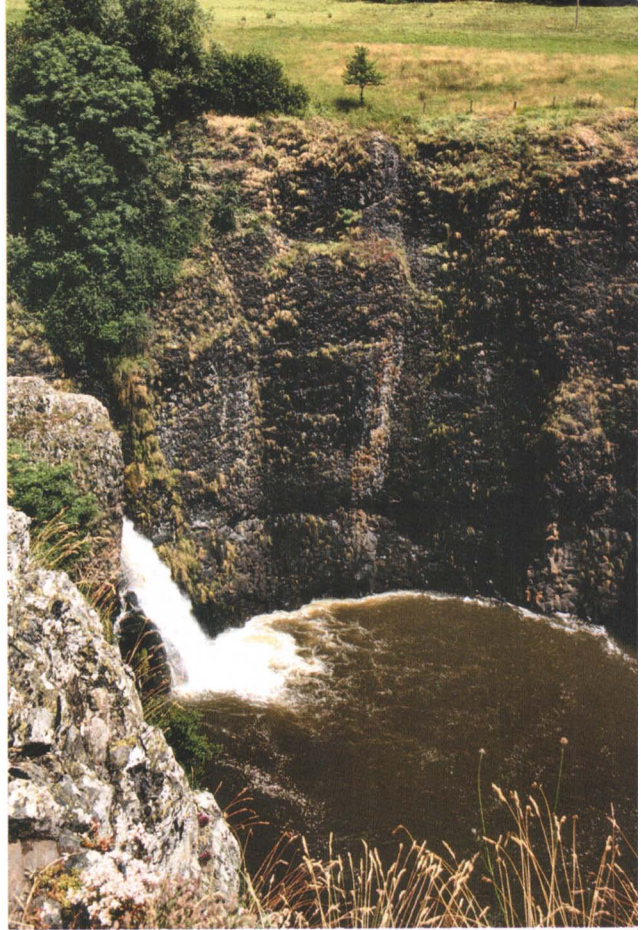
Afb. A-9. Litriscche plooiing in de tuflagen langs de D 39, ongeveer 3 km ten noordoosten van Murat. Bij listrische plooiingen en breuken worden lagen met een gebogen, gewoonlijk hol oppervlak aanvankelijk flauw, daarna sterker gebogen. Klaarblijkelijk zijn wigvormige massa's tegen of langs elkaar geschoven. Foto: dr. C. Majier.

Afb. A-10. Gletsjerdal op de helling van de Puy Mary.

Afb. A-11. De Cantal is het herkomstgebied van veel fromage d'Auvergne, die van oudsher in de burons werd gefabriceerd. Tegenwoordig gaat de melk vaak iedere dag bergafwaarts naar de fabriek en gaat veel traditioneel bedrijf verloren. Koeien maken nog wel steeds een groot deel van de levende stoffering uit.



A-6



A-8

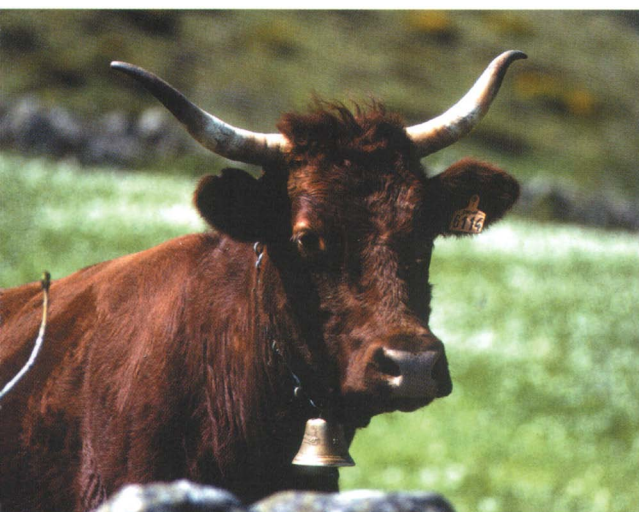


A-7



A-9

A-10 (onder)



A-11



Van de zeer fraaie *orgelpijpen* van nefelienbasalt van de Rocher de Bonnevie bij Murat heeft men kundig gebruik gemaakt door de stadsmuur van de oude stad van Murat te stapelen met de basaltzuiltjes. De Rocher de Bonnevie draagt een beeld van de Heilige Maagd, terwijl op de tweede *piton* van Murat een Romaanse kapel staat. Beide toppen zijn geen vullingen van kraterpijpen, maar resten van een van de basaltstromen die de *planèze* opbouwden. Deze basalt is 3,6 Ma oud en een van de jongste van het massief.

In de omgeving van Murat, bij Virargues-Foufouilloux, ligt een grote diatomietgroeve, waarin o.a. plantenafdrukken gevonden worden. Een ander fenomeen in deze streek is de merkwaardige plooi die afgebeeld is op afb. A-9. Dit is een zogenoemde *listrische plooiing*.

In het noordwesten, tussen Saignes en Trizac, ligt Chastel-Marlhac dat gebouwd is op een min of meer ronde basaltplaat van 750 meter doorsnede, die overal begrensd is door tientallen meters hoge steilwanden. Deze plaat is een gestold lavameer in de krater van een vulkaan, waarvan het vulkaanlichaam door erosie is verdwenen.

Een beroemde ontsluiting, 80 meter hoog en 300 meter lang met fraaie zuilvormige structuren, is die van Bort-les-Orgues. Uniek is dat dit een zuilvormige afzondering is in een - hauyn-houdende - fonoliet die ook uitzonderlijk is wegens de 1500 meter lange stroom die een fonoliet, door zijn zeer hoge viscositeit, eigenlijk nooit bereikt.

Tijdens de laatste periode van leven van de Cantal-vulkaan ontstonden er vrij kleine kegels van voornamelijk basaltische tefra. Het bekende voorbeeld is de Plomb du Cantal zelf, het is de vulling van een kraterpijp, een leuciet-basaniet, waarvan de leuciet echter alleen onder de microscoop zichtbaar is. Het vulkaanlichaam is deels geërodeerd zodat de kratervulling nu, in een inversie van het reliëf, uitsteekt boven het omringende puin. De Plomb du Cantal is naast de hoogste top (1855 m) ook het jongste bouwsel dat aan het complex is toegevoegd.

De petrologische geschiedenis van de Cantal is grotendeels gebaseerd op de oorspronkelijke productie van een alkalibasalt in de mantel. Hieruit ontstond door een 'gewone' differentiatie de onderverzadigde serie met de ordanchiet en fonoliet. Tijdens de eerste periode van activiteit van de Cantal werd echter voornamelijk kwartshoudende latiet geproduceerd; ook de Puy Mary bestaat uit dit type gesteente. Daarnaast zijn de trachy-andesieten van de grote brecciestromen en van de lavastromen in het topgedeelte alle kwartshoudend, het zijn dus alle verzadigde gesteenten. Veel trachy-andesieten hebben echter een mineraalsamenstelling die afwijkt van de gemiddelde trachy-andesiet op veel plaatsen op de wereld: zij bevatten naast een andesien als vertegenwoordiger van de plagioklaas-reeks veel hoornblende, naast soms augiet en vaak wat olivijn. Daarnaast komt er een orthopyroxeen voor, bronziet of hyperstheen, die geen bestanddeel is in de normale trachy-andesiet. Voor deze afwijkende samenstelling van de trachy-andesieten van de Cantal - en dit verhaal geldt ook voor de Monts Dore - is een zeer hoge waterdruk noodzakelijk.

De verzadigde magmasoorten kunnen ontstaan zijn door gedeeltelijk smelten van de continentale aardkorst en menging van de twee smelten in verschillende hoeveelheden tot zelfs rhyoliet ontstaat. Aan de andere kant is het ook mogelijk om magma van continentale oorsprong vrij zuiver te houden door een zeer geringe mate van menging en dit magma te laten differentiëren, waarbij eenvoudig de rhyoliet ontstaat.

De afwijkende trachy-andesiet is echter de basis geweest van het opstellen van een andere verklaring: de scheiding tussen de verzadigde en onderverzadigde reeksen zou zijn gebeurd tijdens de vorming van de trachy-andesieten, waarbij een deel van het magma is afgesplitst doordat het kristalliseerde bij een veel hogere waterdruk dan normaal. Hierdoor werd de hoornblende gevormd, die waterhoudend is en een hoger silicaatgehalte heeft dan de pyroxeen. Daardoor bleef er een sterker onderverzadigd magma over.

Tijdens de Kwartaire IJstijd was de Cantal bedekt door een ijskap met een groot aantal dalgletsjers, die van de top naar alle kanten uitwaaierden. Afb. A-10. Hierdoor ontstond het duidelijk radiaire patroon van de dalen op de hellingen. Veel dalen zijn fraaie gletsjerdalen, zoals die van de Jordanne, de Cère, de Allagnon, Santoire en de Aspre. De veeteelt is een van de belangrijkste middelen van bestaan. Afb. A-11.

Doordat de Cantal-vulkaan aan alle kanten is omringd door basaltplateaus die niet alleen over enorme oppervlakten de voet van de berg hebben overweldigd, maar ook tot op de hogere delen voorkomen, is de vorm van de berg bepaald niet wat wij ons van een stratovulkaan voorstellen; aan de voet heeft de vulkaan zich enorm uitgebreid door de vele basaltstromen, die hellingshoek is klein geworden.

Het vulkanische gebied van de Cantal vindt naar het noord-noordoosten zijn vervolg in de Cézallier en naar het zuiden in de Aubrac. Een goede 20 kilometer zuidwestelijk van Saint-Flour ligt Chaudes-Aigues, het Romeinse *Calentes Aquae*, waar, zoals de naam al aangeeft, warme bronnen voorkomen. Er zijn een dertigtal bronnen waarvan de hoogste temperatuur 82 °C bedraagt. Merkwaardig dat deze plaats, waarvan de bronnen de enorme capaciteit hebben van 750.000 liter per dag, ver buiten alle vulkanische gebieden van Cantal en Aubrac ligt. Het water is oppervlaktewater dat door het kruispunt van twee grote breuken snel kan circuleren tot op enkele kilometers diepte en ook weer snel aan het oppervlak kan komen. Chaudes-Aigues is de enige stad op het Europese continent die centraal verwarmd wordt door het bronwater; dit systeem bestond al in de 14<sup>de</sup> eeuw: de huizen werden gebouwd op een stapel platte stenen waar het water doorgeleid werd.

## B. - Cézallier

Het gebied van de Cézallier ligt tussen de Monts Dore en de Cantal; het meet ongeveer 35 bij 15 km en is opgebouwd uit een groot aantal uitgestrekte basaltische lavastromen, die door spleeterupties zijn uitgestroomd. De stapel lava's is ongeveer 200 meter dik en ligt op het Plateau Central dat hier een gemiddelde hoogte heeft van rond de 1000 meter. De grenzen van dit lavaveld met de Cantal in het zuiden en de Monts Dore in het noorden zijn moeilijk vast te stellen, daar de producten elkaar vaak overlappen. Lava's die naar het oosten stroomden, het gebied van de huidige slenk van de Limagne in, vormen nu enkele opvallende tafelbergen in het zuidelijk deel van de Limagne, onder meer die van de Bergonne.

De eerste erupties vonden plaats aan het einde van het Mioceen maar de voornaamste activiteit gebeurde in het Pliocene.

De bazalten van de Cézallier stroomden naar het oosten ook over de breuk van de Limagne heen. Door de opheffing van het gebied en de erosie van de zachte Tertiaire sedimenten vormen de bazalten nu de toppen van vlakke heuvels die rond de 300 meter hoog boven de bedding van de Allier uitsteken, bijvoorbeeld tussen Issoire en Massiac. Deze heuvels vormen dus nu een omgekeerd reliëf. In dit gebied heeft een basalt van de Cézallier de veel oudere basanitische neck van Montcelet omspoeld.

In dit gebied komen enkele vulkanen voor die waarschijnlijk al bij de Devès gerekend moeten worden (de Devès wordt hieronder behandeld). Het middeleeuws aandoende stadje Saint-Illpize ligt tegen een steile rots van basalt, de vulling van de pijp van een vulkaan. Een kilometer zuidelijk komen we bij de basaltische lava, geproduceerd door de Pié Rouge, een vulkaan bij Blassac; de lava is van Boven-Villafranchien ouderdom.

## C. - Monts Dore

De Monts Dore zijn, evenals de Cantal, een stratovulkaan. Zij hebben een veel uitgesprokener reliëf dan de Cantal, een grotere hoogte en een veel geringer uitbreiding. De top, de Sancy, ligt



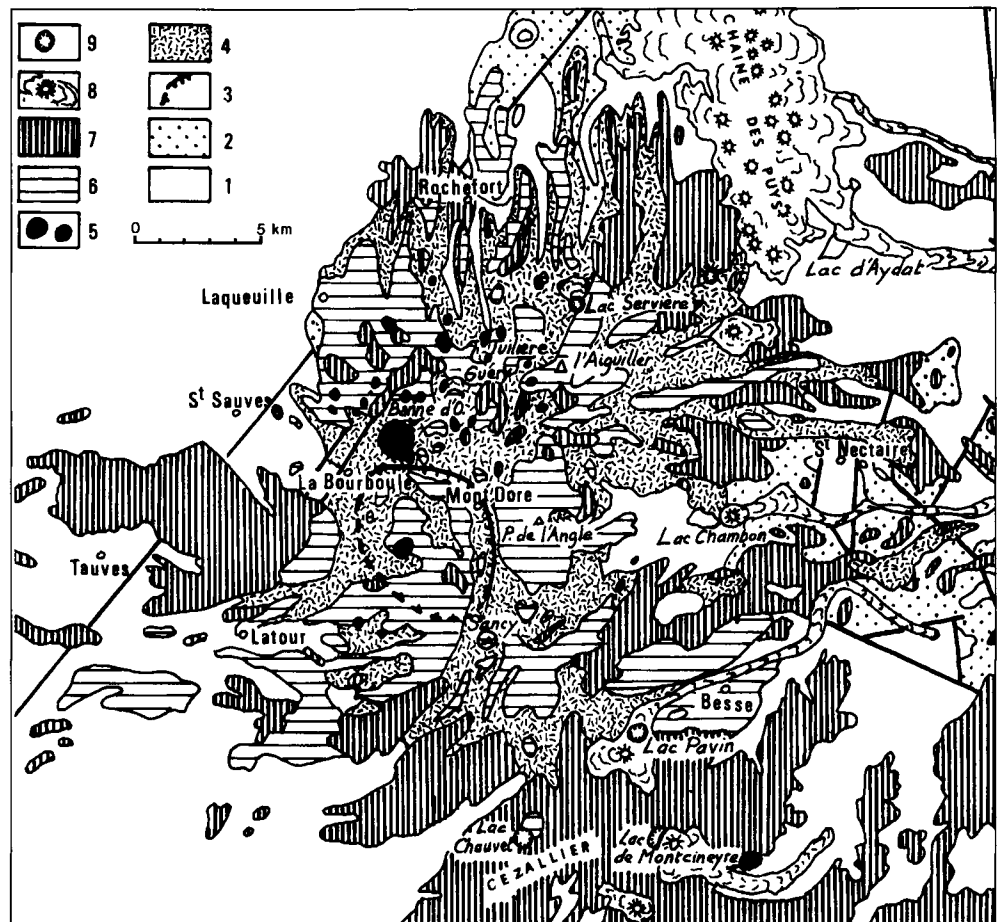
Afb. C-1. Sancy-complex vanaf de noordzijde: spitse toppen en scherpe richels door sancyiet-gangen, flauwe hellingen van bazaltstromen.

op 1886 meter hoogte, het vulkaanlichaam meet aan zijn voet ongeveer 30 kilometer in noord-zuid richting en 15 kilometer in west-oost richting en bedekt met de lavastromen die zich rondom de berg uitbreiden een oppervlak van rond de 800 km<sup>2</sup>; het volume uitgestoten producten bedraagt ongeveer 200 km<sup>3</sup>. Afb. C-1.

In de opbouw van de Monts Dore hebben pyroklastische afzettingen een veel groter aandeel dan in de Cantal. Er zijn pakketten van ongeconsolideerde tefra's zoals breccies, cinerieten (pyroklastische afzettingen van voornamelijk rhyolitische tot trachitische samenstelling), ignimbrieten en puimsteenlagen, waardoorheen plaatselijk propvormige intrusies oprezen van trachiet, fonoliet en rhyoliet; daarnaast stroomden er minder viskeuze lava's uit zoals bazalt, *ordanchiet* en *doréiet*. De bazaltstromen strekken zich weer voornamelijk uit rond de voet van de vulkaan en vormen daar vrij vlakke gebieden, de *planèzes*; deze zijn echter veel minder uitgestrekt dan die van de Cantal. Het centrale deel van de Monts Dore bevat een grotere hoeveelheid aan gedifferentieerde magmatische gesteenten dan er in de Cantal voorkomen, zoals de *sancyiet*, een variëteit van trachiet. De Monts Dore hebben veel sterk zure lava's geproduceerd, zoals de rhyoliet;

Afb. C-2. Vereenvoudigde geologische kaart van het Monts-Doremassief (gewijzigd naar R. Brousse).

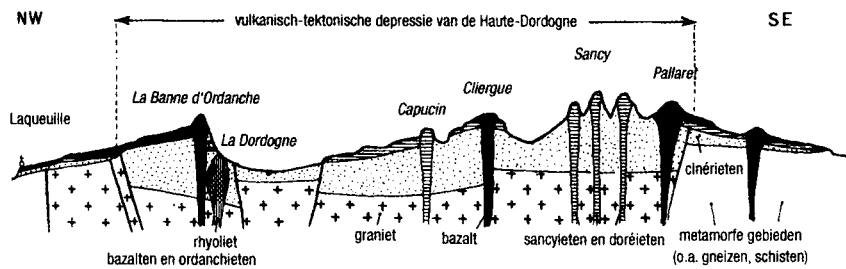
1. Hercynische ondergrond;
  2. Oligocene en Miocene sedimenten;
  3. Centrale caldera;
  4. Rhyolitische pyroklastica van de calderavorming;
  5. Gedifferentieerde lava's (fonolieten, trachieten, rhyolieten);
  6. Intermediaire lava's (*sancyieten*, *doreieten*, *ordanchieten*, *labradorieten*);
  7. Bazalten;
  8. Holoceen vulkanisme (*Chaîne des Puys*);
  9. Maaren (Holoceen).
- 6 en 7 bedekken de pyroklastica van 4.



deze laatstgenoemde lava is in de Cantal vrijwel niet aanwezig en daardoor zijn de enorm hevige, explosieve erupties met de productie van grote hoeveelheden fijnkorrelig pyroklastisch materiaal typerend voor de Monts Dore; daartegenover zijn karakteristiek voor de Cantal de zeer grove afzettingen van vulkanische breccies, ontstaan uit blokkenstromen door een opbrekende stroom van taai lava.

De Monts Dore hebben een veel ingewikkelder bouw dan de Cantal met een groot aantal verschillende eruptiepunten. Afb. C-2 en C-3. Het complex wordt wel in vieren verdeeld, elk met een eigen magmatische ontwikkeling en ook een verschillende ontwikkeling in verschillende perioden. De zuidelijke helft van het complex omvat de groep van de Sancy; het gedeelte rond de plaats le Mont-Dore met de Puy de l'Angle, met ten noorden daarvan het gebied rond de Puy de l'Aiguiller, en het noordwestelijke deel ten noorden van la Bourboule rond de Banne d'Ordanche. Dit is echter een moeilijk te ontrafelen geheel omdat ouderdomsopeenvolgingen veelal slecht te bepalen zijn.

Petrografisch tonen de Monts Dore een grote variatie met vele verschillende gesteentetypen. Er worden twee series van verwante, gedifferentieerde magmaseries onderscheiden. Ten eerste is er een serie van magma's met een relatief laag silicium-



Afb. C-3. Vereenvoudigd profiel van de Monts Dore (naar R. Brousse)

gehalte, dit wordt de onderverzadigde serie genoemd. Deze serie gaat uit van olivijnbazalt (bijvoorbeeld bij Charlannes), die via een aantal tussentypes evolueert tot fonoliet. Het beroemdste lid van deze differentiatieserie is de zogenoemde *basalte demi-deuil*, gekarakteriseerd door zeer platte plagioklaasfenokristen en augietkristallen in een uiterst fijne, donkergrijze grondmassa. Daarnaast komen er voor de ankaramiet, een bazalt met een zeer hoog gehalte aan onder meer pyroxeen ten opzichte van de plagioklaas; trachybazalt (Guéry) en de specifieke *ordanchiet*, genoemd naar de Banne d'Ordanche, een haauyhoudende tefriet met analciem en sanidien (gesteentefoto XIII). De fonoliet kan noseaan en analciem bevatten, zoals die van de Roche Sanadoire (gesteentefoto VI); de fonoliet van de Roche Tuilière bevat nefelien en sodaliet (gesteentefoto VII). Daarnaast is er een serie die begint bij een bazalt die een hoger  $\text{SiO}_2$ -gehalte heeft en weinig olivijn bezit; dit is de serie van de verzadigde gesteenten. Het meest voorkomende lid is de trachyandesiet waaruit vrijwel alle dikkere lavastromen (onder meer die van Laqueuille en Latour d'Auvergne), lavadomes en pijpnullingen bestaan in het gebied van de Sancy en de groep van de Puy de l'Angle. Daarnaast bevat de serie naast bazalt de doréiet (Laqueuille), een andesitisch tot bazaltisch gesteente met vaak hoornblende als fenokristen naast augiet en plagioklaas. Een andere typerende lava is de sancyiet (Sancy) die veel lijkt op trachiet met soms grote fenokristen van sanidien, maar ook kleine kristallen van biotiet en hoornblende (gesteentefoto IV). Als laatste differentiaat ontstaat de rhyoliet (Lusclade) (gesteentefoto I), veelal aanwezig als puimsteenlagen en in enkele gevallen als domes van glasachtig gesteente, bijvoorbeeld die van de Dôme de Pédaire.

De gesteenten van de twee series komen door elkaar voor, er is geen scheiding in geografische zin. De bazalten vormen de langere stromen, de trachyandesieten worden ook gevonden als lavastromen, daarnaast hebben de vulkanen met dit type magma ook regelmatig explosieve uitbarstingen gehad met uitstoot van gruiswolken. De zuurdere leden, zoals de fonoliet, trachiet en de rhyoliet, vormen veelal dikke proppen in de vulkaankrater, terwijl er vooral bij de vulkanen met de  $\text{SiO}_2$ -rijkere magma's veelvuldig enorm hevige explosieve erupties optraden, waarbij grote lawineachtige gruiswolken over grote afstanden over het landoppervlak liepen.

De verklaring voor de grote verscheidenheid aan lavatypen heeft nogal wat hoofdbrekens gekost. Volgens een verklaring wordt aangenomen dat er zich aan de onderkant van de continentale korst een massa van bazaltisch magma bevindt waardoor de graniet van de aardkorst wordt gesmolten, hetgeen gemakkelijk gaat wegens het feit dat de smeltemperatuur van granitisch gesteente enkele honderden graden lager is dan die van bazalt. Niet alleen het 'zuivere' bazaltische magma, maar ook de granitische smelt kunnen afzonderlijk rechtstreeks oprizen naar het aardoppervlak. Daarnaast treedt er aan de basis van de continentale korst op uitgebreide schaal vermenging van de beide magmatypen op, waardoor de intermediaire of 'hybride' magma's ontstaan.

Een andere verklaring gaat uit van het bestaan van twee verschillende typen van bazaltische magma's, waarvan het olivijnrijke type ontstaat op een grotere diepte, ofwel bij hogere temperatuur dan de bazalt die weinig of geen olivijn bevat.

De vorming van de onderverzadigde bazalt wordt verklaard door de aanwezigheid van een *hot spot*, die voor de grotere warmteaanvoer zorgt.

Een andere mogelijkheid die wel wordt geaccepteerd is het ontstaan van de verzadigde bazalt uit het onderverzadigde magma doordat de eerstgevormde kristallen, die het laagste  $\text{SiO}_2$ -gehalte hebben, wegzinken naar de bodem van de magmakamer en er zodoende een zuurdere restsmelt overblijft. Met deze vorm van gefractioneerde kristallisatie, geholpen door het enkele malen achtereen afscheiden van de restsmelt, zou uiteindelijk ook een rhyoliet kunnen ontstaan.

De activiteit in het gebied van de Monts Dore begon in het Mioceen; in het noordelijke en westelijke deel vloeiden ongeveer 8 Ma geleden bazaltische lava's uit. Het waren vrij geringe hoeveelheden en deze lava's zijn voor een groot deel verdwenen onder jongere afzettingen. De top van de lava's is sterk verweerd tot een rode klei, hetgeen wijst op tropische omstandigheden. Er wordt ook een laag van trachitische puimsteen gevonden tussen de lava's, deze tefralaag is ongeveer 4 Ma oud. Er zijn enkele veel oudere vulkanische formaties bekend, de rots die het bekende kasteel van Murol draagt aan de oostelijke voet van het centrale deel van de Monts Dore, is een bazalt die een ouderdom heeft van 18 Ma en wordt gerekend tot de activiteit van de Limagne.

Rond de 3 Ma geleden begint de periode van de grootste activiteit; met zware explosies werden enorme gruiswolken uitgestoten die telkens weer gebieden van honderden  $\text{km}^2$  hebben bedekt. De puimsteenhoudende tefralagen hebben een zeer zure samenstelling, veelal rhyolitisch met brokstukken van glasachtige lava en een glasachtige grondmassa. Er komen vaak bipiramidale kwartskristallen in voor naast kristallen van pyroxeen, biotiet, titaniet, apatiet, zirkoon en magnetiet. De puimsteenbrokken bestaan uit rhyolitische draden. Er worden in ieder geval een dozijn grote erupties onderscheiden, de belangrijkste daarvan is aangetoond over een oppervlak van tenminste  $135 \text{ km}^2$ . Er is een laag afgezet die een dikte heeft die tot 30 meter bedraagt, het volume is meer dan  $9 \text{ km}^3$ . Deze laag puimsteenhoudende ignimbriet wordt de 'Grande Nappe' genoemd en is gedateerd op 3,1 Ma.

Door het leegblazen van de magmakamer ontstond een grote verzakking met een bedrag van in ieder geval 300 meter langs een stelsel van breuken van een gebied van rond de 10 bij 15 kilometer in het huidige westelijk gedeelte van het centrale deel, tussen de plaatsen le Mont-Dore en la Bourboule. Afb. C-2 en C-3.

Er werd een caldera gevormd van meer dan 5 km in doorsnede en vele honderden meters diep, de 'Caldera van de Haute-Dordogne'. De inzakkende beweging begon aan het einde van het Mioceen en heeft nog lang voortgeduurd in het Plioceen; er zijn vele laagpakketten van tuffen die langs de breuken zijn verplaatst (verzakt). In het landschap is er van deze caldera vrijwel niets meer te zien omdat hij opgevuld is tijdens de latere activiteit.

In de periode tussen de 3 en 1,6 Ma ontstaan er in, en vooral rond de caldera een hele serie van proppen van rhyolitische, fonolitische en trachitische lava, waarbij er telkens weer gloedwolken te voorschijn komen die puimsteentefra-afzettingen geven. De meest beroemde van de proppen is de Dôme de Lusclade, oud 2,6 Ma, vlak bij la Bourboule. De meer extern gelegen lavaproppen bestaan vooral uit onderverzadigde lava's, zoals die van fonoliet van de Roche Tuilière en de Roche Sanadoire.

In deze periode worden ook een groot aantal lavastromen geproduceerd, zoals de *labradoriet* van het Lac de Guéry (2,2 Ma), de bazalt *demi-deuil* van Barie die 2 Ma oud is en verscheidene stromen van *ordanchiet*. De eerste gletsjercomplexen verschijnen nu op de toppen van de Monts Dore, getuige de afzettingen van hyaloklastieten (palagoniet) rond het massief van

Afb. C-4. Banne d'Ordanche. De uitstekende top is een neck, die uit bazaltische ankaramiet bestaat. De ordanchiet, die de Banne d'Ordanche als typelocatie heeft, komt in stromen voor, o.a. onder de top aan de oostkant. Zie gesteentefoto XIII. Ook de basalte demi-deuil kan hier worden gevonden. Deze is opmerkelijk door zijn lange, dunne plagioklaaskristallen en vrij grote augietfenokristen.

Afb. C-5. Vulkaantje bij Murat-le-Quaire, in de omgeving van de Banne d'Ordanche. Er komt bazalt als kussenlava voor. Deze kussenstructuur ontstaat, als magma in water uitstroomt. Hier heeft een bazaltstroom bij zijn uitvloeiing een meer doorkruist.

Afb. C-6. Sancycomplex vanaf de westzijde. De tamelijk zure lava's hebben scherpe richels veroorzaakt (zie ook afb. C-1 en C-7). Het omringende landschap vertoont vele ijstijdverschijnselen, o.a. een cirque (firnveld).

Afb. C-7. Detail van de sancyiet-richel op afb. C-6. De zuilen van deze vrij zure lava liggen soms bijna horizontaal. Omdat zij loodrecht op het afkoelingsoppervlak zijn gevormd is de oorspronkelijke vorm van deze imposante plaatvormige intrusie af te leiden. Het omringende, zachtere materiaal is weggevoerd.



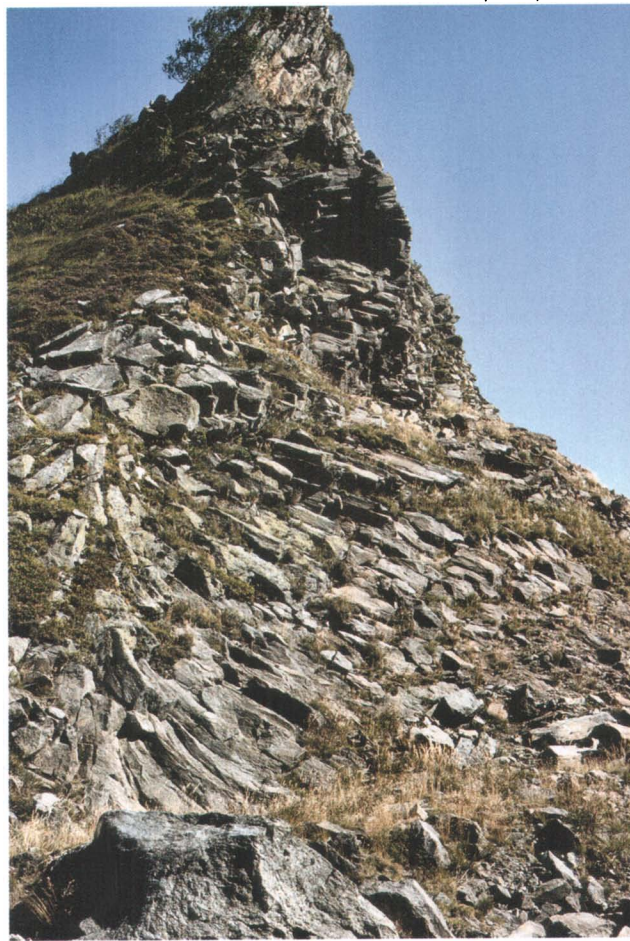
C-6

C-7 (onder)



C-4

C-5 (onder)



l'Aguiller, onder meer te zien bij Guéry.

2 miljoen jaar geleden vindt er een enorme explosie plaats waarbij het gebied van l'Aguiller wordt opgeblazen en enorme puinstromen zich als lawines uitspreiden over een gebied tussen Orcival en Issoire. Het toen bestaande dal van de Allier, uitgesneden in Oligocene zanden, op een afstand van rond de 30 kilometer, werd opgevuld met een enorme dikte van tenminste 150 meter aan deze afzettingen die nu de basis vormen van het

plateau van Pardines en een uiterst imposante wand vormen boven Perrier. Deze afzetting, die aldaar wel wordt aangeduid met lahar, is zeer karakteristiek: brokken van zeer uiteenlopend formaat en van allerlei typen van lava's en andere gesteenten liggen verspreid in een fijne grondmassa; de gloedwolk heeft ook huizengrote brokken van vele duizenden m<sup>3</sup> vervoerd, voornamelijk ordanchiet, die op verscheidene plaatsen uit de helling steken.





C-8



C-9



C-10



C-12



C-11

Afb. C-8. Bazaltzuilen van een vulkaantje aan de zuidkant van de Monts Dore, ten zuiden van Super-Besse.

Afb. C-9. Fresco in de Grottes de Jonas, ongeveer AD 1100, op vulkanische tuf. Deze kunstmatige grotten werd in de prehistorie al gebruikt; in de Middeleeuwen werden er diverse gebouwen, waaronder een kerk en een fort met trap, in het zachte materiaal uitgehouwen. Te vinden ten noordoosten van Besse-en-Chandesse aan de D 978, vóór Saint-Diéry.

Afb. C-10. Lac Pavin: het jongste maar van Auvergne (ca. 5860 jaar); middelgroot (diameter 750 m) en heel diep (96 m). Beneden liggen de bootjes voor het waterplezier, boven ligt een natuur-informatiecentrum. Ornithologen bestuderen er de vogeltrek.

Afb. C-11. De fonolitische Roche Sanadoire (rechts) en Roche Tuilière (links). Vanaf een uitzichtpunt aan de D 80 is het gezicht erop zeer fraai. Goede monsters zijn gemakkelijk te vinden; van de Roche Sanadoire o.a. bij km-paal 8 aan de D 80. Bij de Roche Tuilière is ook een groeve, waar de lauzes voor dakbedekking werden gekapt.

Afb. C-12. Huis in Rochefort-Montagne met lauzes op het dak.

Als vierde periode geldt de tijd tussen 2 en 1,5 Ma geleden waarbij een serie *dômes*, korte lavastromen en puinstromen ontstaan, voornamelijk in de omgeving van Guéry en l'Aguiller. Er is een grote variatie in lavatypen: naast bazalten en trachy-andesiet, sancyieten en doréieten, ordanchieten (hier een hauyn-trefriet), fonolieten (die veelal noseaan bevatten) en rhyolieten. Nu ontstaat het massief van de Banne d'Ordanche, waar stromen van ordanchiet en *basalte demi-deuil* voorkomen. Afb. C-4 en C-5. De vijfde periode, die begint na een rustperiode van enkele honderdduizenden jaren, omvat voornamelijk de opbouw van de stratovulkaan van de Sancy, afb. C-6. Dit gebeurde tussen de 1,1 Ma en 250.000 jaar geleden. Deze laatste fase van belangrijke activiteit in de Monts Dore produceerde vrij uitgestrekte breccieuze pyroklastische afzettingen en uitvloeiingen van grijze trachy-andesitische lava, hier genoemd *doréiet* en min of meer gelijktijdig de vorming van proppen, *dômes* van een taaie, lichtgekleurde, trachitische lava, de sancyiet, waarbij ook trachitische puimsteenafzettingen werden gevormd. Gesteentefoto IV. Een spectaculair gezicht zijn de verticale toevoergangen van de lava's bij de Sancy (afb. C-7) en in het dal van Chaudefour. Rond de 1 Ma geleden kwam een enorme puinlawine door het toenmalige dal van de Couze tot in het dal van de Allier stromen tot de hoogte van Coudes. Deze gloedwolkaafzetting wordt de *lahar de Fontenille* genoemd. Langs de zuid- en ooststrand van de Monts Dore stroomden bazalten uit en bedekten vrij uitgestrekte gebieden. Afb. C-8. Voorbeelden zijn de lavastroom van de Puy de la Combe-Perret; die van Cheix bij Saint-Diéry met een ouderdom van 600.000 jaar en de bazalt van Champeix, 500.000 jaar oud. Rond de 250.000 jaar geleden wordt deze cyclus afgesloten met de intrusie van *dômes* van sancyiet van de Capucin, de Puy de la Perdrix en de Mareuil, en stromen van doréiet, onder meer die van Mignale bij le Mont-Dore. In deze laatste tijd vindt er nog een vrij zwakke activiteit plaats nabij de Puy de Sancy en worden trachitische puimsteenlagen van geringe omvang gevormd.

Bij le Cheix werd vulkanische tuf afgezet, die door het riviertje de Source tot een falaise werd uitgeslepen. In de wanden bevinden zich holen, die sinds prehistorische tijden voor bewoning of als schuilplaats gediend hebben. Afb. C-9.

De jongste vulkanische verschijnselen in het gebied van de Monts Dore vinden we aan de grens met de Cézallier; deze behoren echter gezien eruptietype en ouderdom tot het vulkanisme van de Chaîne des Puys. Dit zijn onder meer de Puys van Montenard en de Tartaret, de laatstgenoemde bij Murol en die van Montchal en Montcineyre, beide ten zuidwesten van Besse; deze hebben ouderdommen opgeleverd van rond de 6000 jaar. Daarnaast ligt er in de omgeving het mooie maar van het Lac Pavin, dat daarbij ook de jongste activiteit van heel Auvergne is; de explosie vond 3450 jaar geleden plaats. Afb. C-10.

De plaats le Mont-Dore heeft warme bronnen die al in gebruik waren bij de Galliërs en de Romeinen; hun badhuizen zijn nog altijd zichtbaar in de huidige bronnegebouwen. Het water, dat uit breuken te voorschijn komt, heeft een temperatuur tussen de 38 en 44°C en bevat koolzuurgas en een hoog gehalte aan kiezel.

Op enkele kilometers afstand rijst in het zuiden de enorme vulkaanprop op van de Sancy. Het gesteente bestaat uit een lichtgekleurde porfirische trachy-andesiet tot trachiet met fenokristen van sanidien en oligoklaas en met biotiet en bruine hoornblende. De sanidien-fenokristen zijn tot 5 cm lang en algemeen vertweelind volgens de Karlsbad-wet. Op de top zijn een aantal verticale gangen en afzonderlijke *necks* te zien (een *neck* is een erosierest van een vulkaan, het is de vulling van de kraterpijp die overgebleven is van de erosie van het vulkaanlichaam en daarvoor als een steile heuvel uit het landschap oprijst. De Nederlandse termen zijn neck of eruptiefzuil; de Franse aanduidingen zijn neck, diatrème of 'suc').

Rond de top van de Sancy liggen de mooiste '*necks*' en een serie van de meest indrukwekkende intrusiegangen van onder meer de Puy Ferrand, de Puy de la Perdrix, de Dent de la Rancune en de Crête du Coq, welke laatstgenoemde vooral bekend is bij bergbeklimmers door zijn steile klimwand.

Tussen le Mont-Dore en la Bourboule wordt een fonoliet geëxploiteerd bij Monneron en nabij een sancyiet van de Banne d'Ordanche. De groenig-grijze fonoliet van Monneron is verdeeld in fraaie zuilen, bevat fenokristen van sanidien, andesien, augiet, titaniet en noseaan. De brokstukken laten heldere tonen horen bij het aanslaan. De fonoliet is ontstaan als een lavadom en intrudeerde 2,4 Ma geleden.

Nabij ligt Lusclade met zijn beroemde groeve van les Planches, waar een glasachtige rhyoliet werd geëxploiteerd, gebruikt voor schuurmiddel en de glasindustrie. Het gesteente, grijs tot zwart in de glasgedeelten, heeft fenokristen van sanidien en plagioklaas; vaak is er devitrificatie opgetreden waarbij het gesteente een rode kleur krijgt en fraaie sferolitische structuren toont. In de groeve is aan de basis een dikke laag breccie van rhyolietbrokken in een rhyoliet-grondmassa te zien; het is een afzetting van een gloedwolk die vooraf ging aan de intrusie van de rhyolietdom van de Lusclade. Deze wereldberoemde rhyoliet is een van de intrusiepijpen die ontstaan is in en rond de caldera van de Haute-Dordogne; hij intrudeerde rond de 2,5 Ma geleden.

Ten noorden van le Mont-Dore liggen de '*necks*' van de Roche Tuilière en de Roche Sanadoire met ertussen een breed glaciaal dal waarin de granitische ondergrond ontsloten is. Afb. C-11. Het bovenste deel van het dal wordt ingenomen door het Lac de Guéry, van oorsprong glaciaal, maar veel groter geworden door een dam van trachybazalt die dwars in het dal is gestroomd. Ook de noordrand van het dal wordt afgesloten door lavastromen: twee die vanaf de westzijde het dal instroomden, een bazalt en een doréiet; van het oosten kwam een stroom van ordanchiet. De Roche Tuilière toont aan de oostelijke zijde prachtige orgelpijpen van fonoliet, er is een intensieve dwars-splijting die maakt dat de zuilen verdeeld zijn in dunne platen (de zogenaamde *lauzes*) die tot in het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw voor dakbedekking werden gebruikt. Afb. C-12. De Roche Tuilière, die een ouderdom heeft van 2,1 Ma, is een sodaliet-houdende nefelien-fonoliet; de mineralen zijn echter slecht te herkennen (gesteentefoto VII).

De Roche Sanadoire heeft een afzondering van heel kleine orgelpijpjes. De Roche Sanadoire, 1,8 Ma oud, is een analciemhoudende noseaan-fonoliet, waarvan de noseaan, in verse toestand blauw en in verweerde vorm baksteenrood, alsmede de heldere analciem, kristallen vormen van enkele millimeters grootte. Gesteentefoto VI.

De beide rotspunten zijn de resten van *dômes* die sterk zijn geërodeerd door de gletsjers. De brokstukken geven een mooie, heldere toon als erop wordt geslagen met een hamer.

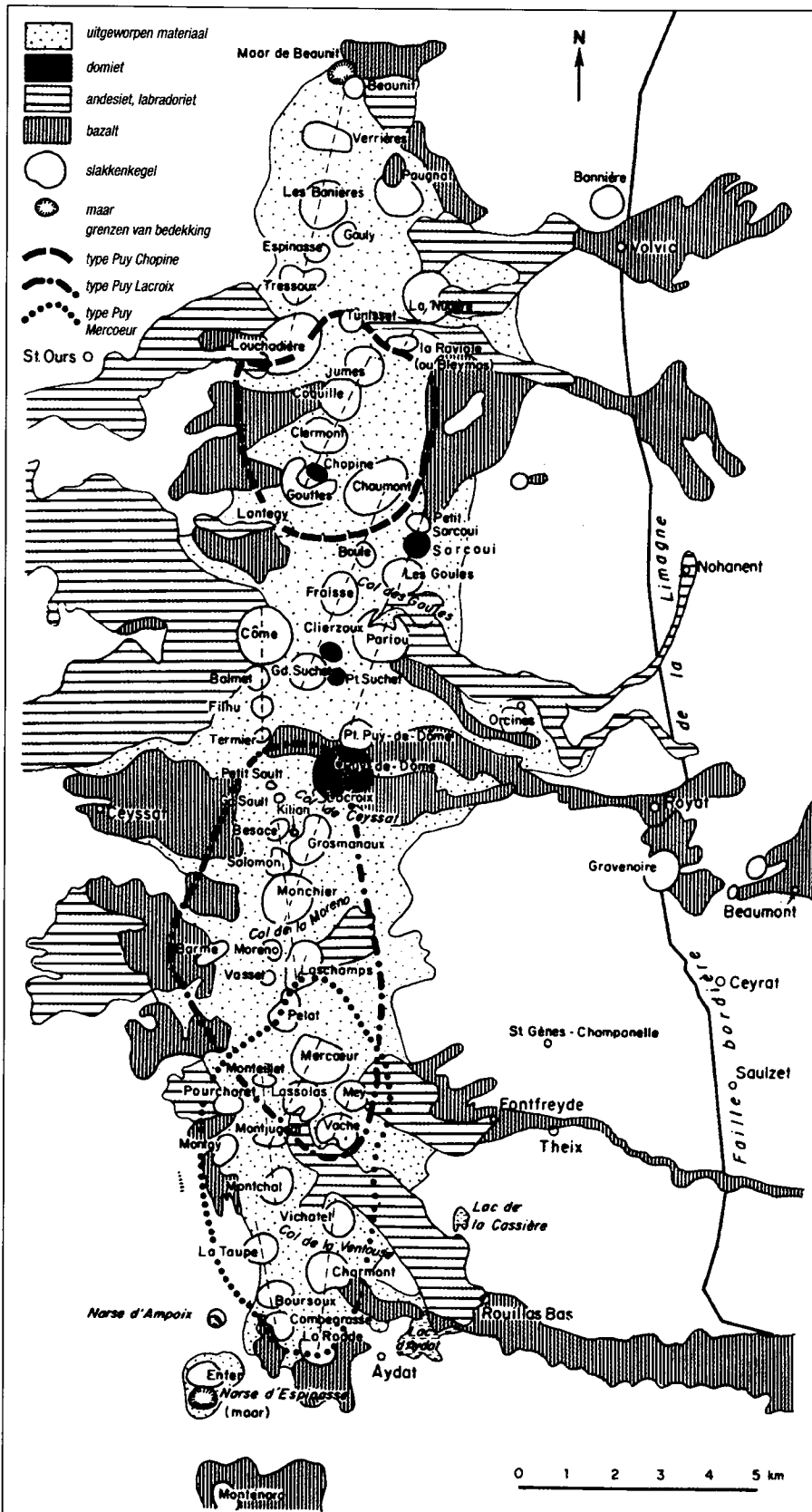
## D. - Chaîne des Puys

De Chaîne des Puys bestaat uit een rij van tegen de honderd kleine vulkanen. Afb. D-1 en D-2. Het grootste deel is vooral gevormd door vulkanisch gruis, slakken en bommen van basaltisch materiaal; er zijn een aantal die gevormd zijn door dikke proppen taaie lava van trachitische samenstelling. Veelal bezitten de vulkaantjes die bestaan uit gruis (*pouzzolaan*) nog een duidelijk zichtbare krater. Afb. D-3. Bij een aantal vulkanen is de krater gesloten; bij sommige puys is de krater en soms het hele vulkaanlichaam door een lavastroom doorgebroken. De vulkaan is dan *égueulé*, hij heeft een – hoefijzervormige – 'open mond', (afb. D-10), ofwel hij heeft de vorm van een coissant.

De grotere vulkanen zijn tussen de 100 en 300 meter hoog. De variatie in samenstelling van de vulkanische producten is vrij beperkt, we vinden bazalt, trachy-andesiet en trachiet.

De meest bekende puy is ook de meest afwijkende: de Puy de Dôme bestaat uit een massieve prop lava, die ruim 500 meter hoog boven het omringende landschap oprijst. Het is een plug van een wat afwijkende trachiet, genoemd domiet.

De meeste vulkanen zijn gerangschikt op min of meer noord-zuid lopende breuken. De breuken lopen rond de 5 kilometer ten westen van de grote randbreuk van de Limagne, er is slechts één vulkaantje, de Puy de Gravenoire ten zuiden van Royat, dat precies op de randbreuk ligt.



D-1. Vereenvoudigde geologische kaart van de Chaîne des Puys (naar Peterlongo).

over een vrij beperkt gebied van enkele tientallen kilometers lengte en enkele kilometers breedte, rondom dit gebied zijn er vele andere voorkomens van vulkanen. Ten oosten van de puys liggen de vulkanen van de Limagne, ten westen ligt de keten van vulkanen van de Sioule, waarvan enkele een noordelijker positie hebben dan die van de puys. Rond 80 km naar het noordoosten liggen nog enkele vulkanen in de Bourgogne. Op dezelfde hoogte als de puys vinden we dan, tussen de 60 en 80 km oostelijk, de vulkanen van de Monts du Forez.

De vulkanen van de puys bevinden zich op een opgeheven deel van de schiervlakte van het Massif Central, aangeduid als het Plateau des Dômes, dat als een horst is opgeheven tussen twee grote, min of meer noord-zuid lopende breuken. Het plateau rijst op tot een gemiddelde hoogte van 900 meter, ten oosten van de oostelijke breuk vinden we de diep weggezakte slenk van de Limagne met zijn gemiddelde hoogte van 450 meter. Aan de westelijke zijde van het plateau is de beweging veel minder groot geweest, hier liggen de valleien van Olby (gemiddelde hoogte 750 meter) en van de Sioule.

De vulkanen van de Chaîne des Puys zelf worden gedefinieerd als die welke gelegen zijn in het gebied tussen de Puy de l'Enfer, rond de 18 km ten zuidwesten van Clermont-Ferrand - zie afb. D-4, D-5, D-6 en D-6a - tot de Puy de Beauvais ten noord-noordwesten van Clermont-Ferrand. In dit gebied liggen rond de 75 vulkanen.

Het gebied heeft in noord-zuid richting een lengte van tegen de 30 kilometer met een breedte van 3 tot 4 kilometer. Daarnaast liggen er rond dit gebied een aantal vulkanen die behoren tot de fase van activiteit van de puys en ontstaan zijn in dezelfde periode. Zij komen zowel ten noorden van de Chaîne des Puys voor (o.a. het maar Gour de Tazenat en de Puy du Chalard), als ten zuiden ervan in het gebied tussen de Monts Dore en de Cézallier. Hier liggen onder meer de Puy de Montenard, de Puy de Tartaret en het grote maar van het Lac du Pavin (afb. C-10).

Daarnaast liggen in het westen, aan de westelijke zijde van de vallei van de Sioule, de vulkanen van de Petite Chaîne des Puys. Ten oosten van de puys, op de grote breuk van de Limagne, liggen de Puy de Gravenoire en de Puy de Bannière, en iets verder

Nergens op de wereld is er op een beperkt oppervlak in een zeer goed bereikbaar gebied een zo groot aantal goed bewaarde vulkaanvormen aanwezig die een zo grote variatie tonen. De Chaîne des Puys is een waarlijk museum van vulkanen en van de producten van hun activiteit.

De Chaîne des Puys vormt de meest noordelijke en de jongste van de grote vulkanische eenheden van het Massif Central van Frankrijk. Het vulkanische gebied van de puys strekt zich uit

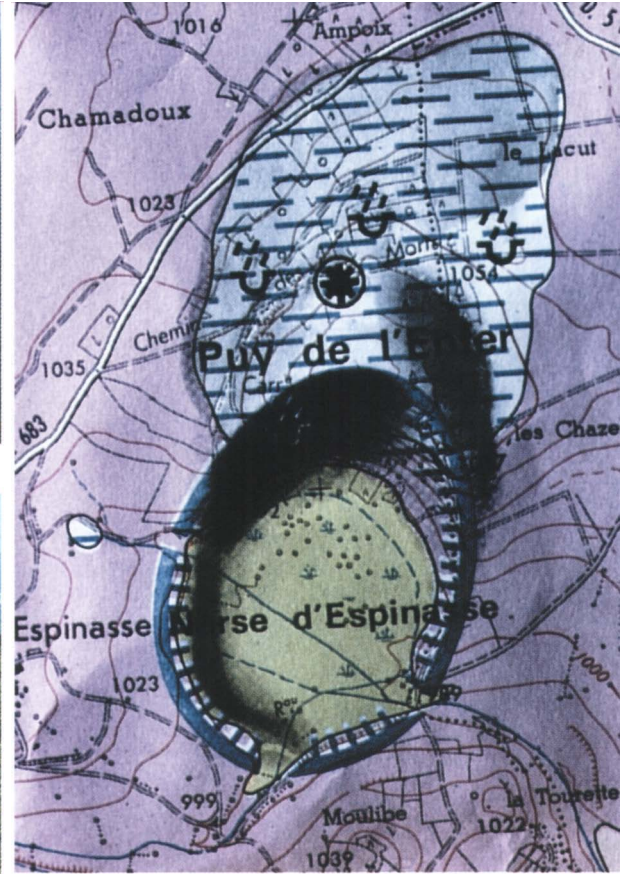
oostelijk, in de Limagne, vinden we onder meer de vulkaan van Clermont-Ferrand, die van Beaumont en van Saint-Hippolyte. Een groot aantal van de vulkaantjes heeft een lavastroom geproduceerd, een aantal stroomde naar het oosten door nauwe rivierdalen die uitmondden in de Limagne, andere stroomden naar het westen en bedekten vrij uitgebreide gebieden van de kristallijne ondergrond. Er zijn enkele stromen die meer dan 20 kilometer lang zijn. De vulkaantjes tonen een vrij grote variatie in vormen, die terug te voeren zijn tot twee hoofdtypen. Het eerste



D-2



D-3



D-4

D-6 (onder)



D-6a (onder)



Afb. D-2. De Chaîne des Puys vanaf de Puy de Dôme naar het zuiden gezien.

Afb. D-3. De Puy des Goules vanaf de Puy Pariou, dus vanaf het zuiden. Dit slakkenvulkaantje lijkt zeer gaaf gevormd, maar is aan zijn noordkant doorbroken door de Grand Sarcouy. De krater is 35 m diep en 250 m in diameter. Via een wandelpad is de top gemakkelijk te bereiken, evenals de naburige puys: Puy Pariou en Grand Sarcouy. De laatste bestaat uit witte domiet, die veel lijkt op die van de Puy de Dôme (zie de achterplaat).

Afb. D-4. Fragment uit de geologische kaart *Volcanologie de la Chaîne des Puys* (Massif Central Français) 2de ed., 1983 door G. Camus et al., Equipe Volcanologie, Univ. de Clermont-Ferrand, schaal 1: 25.000, © Parc naturel régional des volcans d'Auvergne - IGN. De Puy de l'Enfer en de Narse d'Espinasse liggen in het zuiden van de Chaîne des Puys.

Afb. D-6. Narse de l'Espinasse, gezien vanaf de Puy de l'Enfer. Dit maar is een moeras met turbobodem. Het is precies rond en begroeid met o.a. een soort kruiskruid, dat begin september het hele maar met een felgeel tapijt bedekt (inzet).

Afb. D-6a. Een hoog soort kruiskruid



Afb. D-5. Puy de l'Enfer. Groeve in de slakkenkegel; deze ligt in de buurt van en is te bereiken vanaf de D 983 via een zijweggetje, dat op de hoogte van m 1035 naar het oosten loopt. De Puy de l'Enfer is gedeeltelijk een deel van de slakkenwal om de Narse de l'Espinasse - het maar dat deze puy aan de zuidzijde begrenst (zie afb. D-4) en is uit het explosiemateriaal opgebouwd. De puy is tot in het hart afgegraven, zodat de gelaagde opbouw mooi ontsloten is. De lagen in het midden van de afzetting zijn lichtgekleurd: zij bevatten relatief veel materiaal uit de ondergrond. Een deel van de slakken is roodachtig; deze zouden geoxideerd zijn in een vochtig milieu. Later afgezette slakken zijn zwart, wat zou duiden op een "droog"

magma. Deze zwarte afzettingen zouden niet stammen uit de explosieve fase van de maarvorming, maar uit een magmatische eruptie. Zie afb. D-9 voor een naburige groeve.

type is een kegelvormige berg van veelal voornamelijk tefra en bommen, die soms een duidelijke krater op de top heeft; het tweede type is dat van een min of meer afgeronde bult van een dikke lavaprop, een lavadôme. De hoogte bedraagt veelal tussen de 100 en 300 meter, de lavadôme van de Puy de Dôme rijst rond de 550 meter op boven de kristallijne basis.

De vulkanische erupties van het gebied van de Chaîne des Puys vonden plaats in het Kwartair. De oudste vertegenwoordigers vinden we in de Petite Chaîne des Puys, de Puys van Banson, van La Vialle, Neuffront en Planal. Zij hebben ouderdommen tussen de 250.000 en 50.000 jaar en hebben alle een bazaltische lavastroom geproduceerd. Er zijn een aantal vulkaantjes ontstaan buiten deze keten, vele ontstonden tussen de 70.000 en 60.000 jaar geleden. De Puy de Chantat is ouder: 90.000 jaar oud; de Puy de Gravenoire is een van de jongste. Daarnaast zijn er in deze periode enkele maaren ontstaan, zoals het maar van Saint-Hyppolite (93.000 jaar) en dat van Clermont (156.000 jaar geleden). Op de tefraraand van dit maar staat de kathedraal van Clermont.

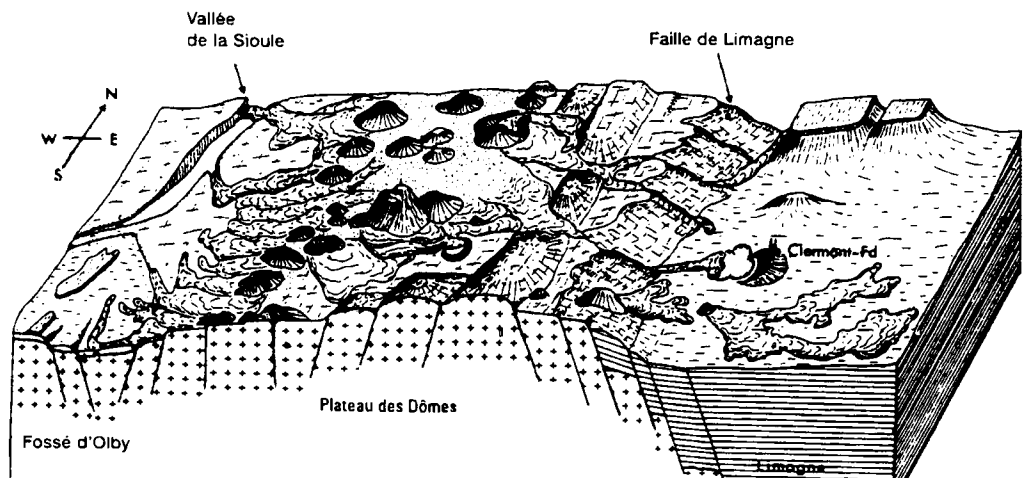
Tussen 55.000 en 45.000 jaar geleden vindt er geen activiteit plaats maar dan begint een periode van toenemende activiteit die rond de 30.000 jaar geleden eindigt met de eerste paroxismale periode. In deze periode ontstond de Puy de Laschamp met zijn lavastroom (43.000 jaar oud), de lava van Royat (40.000 jaar) en die van Olby (39.000 jaar). Rond de 35.000 jaar geleden ontstonden de Puys van Lemptégy en de Louchadière.

De horst van het Plateau des Dômes rijst met een duidelijk zichtbare breukrand van enkele honderden meters hoogte op langs de westrand van de vlakte van de Limagne. Afb. D-7. De ondergrond van de horst van het Plateau des Dômes bestaat uit hoog-metamorphe, kristallijne gesteenten; het opgeheven blok is duidelijk a-symmetrisch, de oostelijke rand is sterker opgeheven dan het westelijk deel en de grootste hoogten bevinden zich op slechts enkele kilometers verwijderd van de westelijke rand van de Limagne; rivieren die het plateau naar het oosten afwateren stromen veel sneller en in veel diepere dalen met steilere hellingen dan die welke naar het westen over het plateau stromen. De reliëfverschillen van de oostelijke rand van het plateau zijn duidelijk sterker dan die van de meer westelijk gelegen delen. De vulkanische vormen die ouder zijn dan die van de Chaîne des Puys zijn door de erosie uitgeprepareerd en vormen pijpen en

platen van de vullingen van aanvoergangen en spleten van de vulkanen; voorbeelden zijn onder meer Montrognon, Puy Giroux en Montaudoux.

In de Limagne vinden we een aantal heuvels waarvan de toppen worden gevormd door pijpvullingen van veelal bazaltische lava; de meeste activiteit in dit gebied vond eerder plaats dan die van de Chaîne des Puys, vooral in het Mioceen. Onder deze bazalten bevinden zich enkele afwijkende variëteiten, zoals alkalibazalt, onder meer een nefelienbazalt die hier *mandchouriet* wordt genoemd en de top van een vrij steile, welhaast vulkaanvormige berg vormt, de Piton de Nonette. De berg bestaat uit voornamelijk Oligocene sedimenten, bewaard gebleven rond de mandchouriet-pijp. Bijzonder zijn vullingen van kraterpijpen die bestaan uit een tuf die fragmentjes bevat van puimsteen en glasachtig materiaal met als een soort bindmiddel mergelig materiaal; de *péperite*. Daarnaast vinden we in de Limagne grote heuvels met vlakke toppen; het bovenste deel wordt gevormd door bazaltische lava's. Dit zijn onder meer het Plateau van Gergovie dat 350 meter boven de vlakte van de Limagne uitsteekt en de 200 meter hoge Montagne de la Serre. Deze bazalten zijn veelal afkomstig uit de Monts Dore of de Cézaillier en vormen nu de toppen van heuvels omdat het omringende landoppervlak door de verwerking en erosie enkele honderden meters verlaagd is sinds het uitstromen van deze lava's.

Het centrum van de keten van de vulkanen van de Chaîne des Puys ligt een paar kilometer ten westen van het hoogste deel van de horst, rond de 6 tot 7 kilometer van de breuk van de Limagne. De oriëntatie van de vulkanen is ruwweg noord-zuid, hoewel de meeste vulkanen liggen op een systeem van elkaar kruisende breuken, aangeduid als breuken van de tweede orde:



Afb. D-7. Blokdiagram van het Plateau des Dômes



Afb. D-8. Domietontsluiting in verharde trachitische as. Veelal zijn ontsluitingen maar klein of zijn nagenoeg dichtgegroeid. Deze oude groeve aan de zuidkant van de Puy de Dôme, D 68 richting Ceyssat, is te vinden door bij een elektriciteitshuisje rechtsaf een paadje in te slaan.



Afb. D-9. Puy de la Taupe. De slakkengroeve in deze vulkaan is buiten gebruik, mogelijk vanwege hinderlijke bazaltblokken en een bazaltader (foto). Deze is dwars door de slakken gestoten en heeft ze aaneengekit. Dit voorkomen wordt als een klein adventief eruptiepunt van de eigenlijke puy beschouwd (Peterlongo, 1972). Bereikbaar: van Randanne (dit is het kruispunt met de N 89) de D 983 over 800 m richting Mont-Dore. Dan linksaf, bij een kruis en monument voor zweefvliegers.

begeleiders van de grote breuken die de horst vormden. De meeste van deze tweede-ordebreuken zijn noord-noordoost - zuid-zuidwest georiënteerd, een kleiner aantal loopt in noord-noordwest - zuid-zuidoostelijke richting.

Het Plateau des Dômes bestaat uit kristallijne gesteenten, waaronder schisten en metamorfe vulkanieten uit het Devoon en Onder-Carboon. In dit complex zijn tijdens de Hercynische orogenese granitische gesteenten ontstaan die gedeeltelijk geïntrudeerd zijn in het Devono-Dinantien en gesteenten van dit complex hebben gemetamorfoseerd. Deze Hercynisch beïnvloede gesteenteserie heeft als basis een complex van gneizen en migmatieten die ouder zijn dan het Devoon. Daarnaast zijn er gesteenten bekend die uit veel diepere niveaus van de continentale aardkorst stammen, zoals granulieten en charnockieten; deze zijn bekend als xenolieten in de vulkanische gesteenten

van de puys, meegesleurd van de wanden van de magmakamer of van een kraterpijp. Daarnaast zijn door de lava's fragmenten uit de mantel meegenomen, dit zijn de uit olivijn en pyroxeen bestaande peridotieten.

Seismisch onderzoek heeft uitgewezen dat er op rond de 23 kilometer diepte een duidelijke discontinuïteit voorkomt in de snelheid van de voortplanting van seismische trillingen. De snelheidsverschillen wijzen erop dat deze, ongebruikelijk ondiep voorkomende, discontinuïteit de ondergrens van de continentale korst is. Daaronder volgt een gesteenteserie die eigenschappen heeft die slechts gedeeltelijk overeenkomen met die van de mantel. Tot op 29 kilometer diepte heeft de mantel seismische karakteristieken die wijzen op een abnormale samenstelling; daaronder volgt een gesteentecomplex waarin voor de mantel meer normale voortplantingssnelheden voorkomen. Het 'abnormale' deel van de mantel, tussen de 23 en 29 kilometer diepte, bevat waarschijnlijk een gedeelte dat gedifferentieerd is en waaruit zich dus een bazaltische smelt heeft afgescheiden. Daarnaast wijst ander onderzoek, onder meer van het magnetisch veld, erop dat de bazaltische smelt zich nog deels als een dunne film tussen de kristallen van de peridotiet bevindt en zich slechts voor een deel heeft verzameld in de hogere delen van de abnormale mantel en ook nog niet is afgekoeld. Daarnaast zijn er aanwijzingen voor een abnormaal gebied op grotere diepte in de mantel, hetgeen mogelijk wijst op het voorkomen van een eerste begin van smelten. Dit houdt in dat er in de mantel onder het Massif Central een hogere temperatuur heerst dan normaal in een mantel die zich niet nabij of onder een oceanische rug bevindt. Daarnaast is de geothermische gradiënt in het gebied van de Puys hoger dan gemiddeld op het continent. Al deze waarnemingen wijzen op de aanwezigheid van een waarschijnlijk nog altijd actieve *hot spot* diep onder het Massif Central, die dus in de loop van de afgelopen tientallen miljoenen jaren (-mede-) de opheffing en de magmatische activiteit van dit gebied van midden Frankrijk heeft veroorzaakt.

De lava's die door de verschillende vulkanen van de Chaîne des Puys zijn geproduceerd, vormen in petrografisch opzicht een min of meer doorlopende reeks van basisch (bazaltisch), via inter-

mediair (trachy-andesiet) naar zuur (trachiet). Een bekende trachiet is de *domiet*, afgebeeld in afb. D-8 en gesteentefoto III, die genoemd is naar de Puy de Dôme.

In het terrein zijn de verschillen aan de gesteenten zelf nauwelijks te zien, omdat er slechts in enkele gevallen met de loep kristallen van de voor de gesteentetypen specifieke magmatische mineralen te zien zijn, zoals de verschillende veldspaten. Een onderscheid is de kleur van de lava's: in het algemeen zijn de basische lava's (bazalt, leucobazalt en trachy-andesiet) donker, grijs tot zwart (gesteentefoto XI). Daarnaast tonen de zuurdere lava's (zoals trachiet) lichtere tinten: parelgrijs tot beige. Een ander onderscheid vinden we in de wijze van erupteren en dus in de vorm van de vulkanen. Afb. D-9.

Basische lava is relatief dunvloeibaar, gasbellen die in het magma ontstaan stijgen op door de magmakolom en worden op hun weg omhoog steeds groter door de afnemende druk hoger

in de kolom. Daardoor wordt er lava over de rand van de krater weggeduwd. Daarnaast nemen de gasbellen het magma mee op hun weg naar het oppervlak en ontstaan door de drukvermindering in het opstijgende magma ook weer gasbellen. Uiteenspattende gasbellen aan het oppervlak van de magmakolom maken dat regens van lavadruppels de lucht ingejaagd worden. Deze vallen neer als vulkanische bommen of lavafragmenten van kleinere afmetingen. Een vulkaan met dunvloeiende, bazaltische lava heeft vaak een rustige, regelmatige activiteit waarbij regens van lavaklodders worden geproduceerd. Deze activiteit wordt aangeduid als het Stromboli-type.

De lavaklodders kunnen gestold zijn als zij rondom de krateropening neervallen; dan ontstaat er een vulkaanberg van gruis. Als de fragmenten nog plastisch zijn dan krijgen ze bij het neervallen een platte vorm als van een koeienvla, *en bouse de vache*, en kunnen zij aan elkaar katten, of gelast worden tot *bombes en fuseau*, zodat een harde berg ontstaat.

Daarnaast produceert dit vulkaantype vaak een stroom van bazaltische lava, die vele kilometers ver over het landoppervlak kan uitlopen. De lava komt soms te voorschijn aan de voet van de vulkaan. Als de lava opstijgt tot hoog in het vulkaanlichaam zelf dan is het gewicht van de lavakolom veelal zo groot dat een deel van het vulkaanlichaam afbreekt en wegzakt; door het gat stroomt dan de lava naar buiten. Daardoor ontstaat er een hoefijzervormige krater of zelfs een hoefijzervormig vulkaanlichaam. Een tweetal zeer bekende vulkanen van dit type zijn de Puy de La Vache en de Puy de Lassolas in het zuiden van de Chaîne des Puys. Afb. D-10.

## Enkele voorbeelden van vulkanen van de Chaîne des Puys

### Puy de la Vache en Puy de Lassolas

Deze twee vulkaantjes liggen in het zuidelijk deel van de Chaîne des Puys. Zij rijzen beide ongeveer 190 meter op uit het omringende land. Het zijn alletwee vulkaantjes die ontstaan zijn door Stromboli-type activiteit; zij zijn opgebouwd uit los pyroklastisch materiaal, veel over het algemeen vrij kleine lavaklodders. In een groeve aan de voet van de Puy de la Vache zijn de rode slakken ontsloten waarin fraai gevormde bommen te vinden zijn.

De beide vulkaantjes zijn schoolvoorbeelden van hoefijzervormige, *égueulé* (met open mond), ofwel *croissant*-vormige vulkaantjes, opgebroken door lavastromen die rond de 8500 jaar geleden uitstroonden en een lengte bereikten van 17 kilometer. Afb. D-10. De lava heeft een zeer onregelmatig oppervlak en is daardoor ongeschikt voor enige cultivatie; dit bultige oppervlak wordt La Cheire genoemd, de lava is begroeid met bos. Afb. D-11. De lavastroom, die tot voorbij Saint-Saturnin loopt, heeft op enkele punten riviertjes afgedamd waardoor er stuwmeertjes ontstonden: het Lac de la Cassière en het Lac d'Aydat. De lava, een olivijn-bazalt, is afgebeeld op gesteentefoto XI.



Afb. D-11. La Cheire, of Cheire d'Aydat. Deze oorspronkelijke rivieropvulling van olivijnbazalt is afkomstig uit de vulkanen Puy de la Vache en Puy de Lassolas en loopt 21 km door het land. Door erosie van het nevengesteente steekt de Cheire nu als een beboste rug boven het oppervlak uit.  
Foto: Wim de Vries.

### Puy de Dôme

De Puy de Dôme, de reus van de Chaîne des Puys, rijst rond de 500 meter hoog op boven het golvende land van het Plateau Central, rond de 200 meter hoger dan zijn grootste burens. Merkwaardig is dat over de ontstaanswijze van deze grootste vulkaanberg nog altijd verschillen van interpretatie bestaan. Afb. D-12.

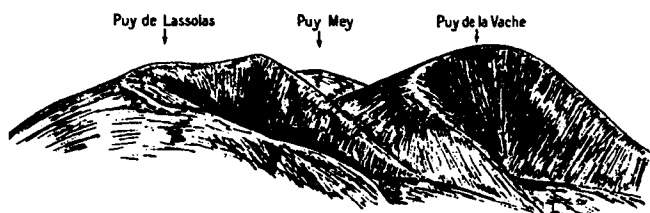
De Puy de Dôme is een berg met convexe wanden en een vrij vlakke top waarop een vrij vlakke, kegelvormige heuvel staat. De grote vorm is die van een voetbal, waarvan de onderste helft verborgen ligt onder het landoppervlak en onder de puinhellingen aan de basis; het is een *cumulo-dôme*, een lavadom, een cumulovulkaan, mogelijk ontstaan doordat er taaie lava langzaam uit een krater omhoogkwam en zich als een grote bal in alle richtingen in de krater kon uitbreiden. Het systeem van de radiaire kloofdalen van de hellingen is daarbij niet in de eerste plaats het resultaat van erosie, maar van de uitzetting van de lavadom van binnenuit, zodat de harde, afgekoelde buitenzijde ging barsten.

Het vaste gesteente dat in de hogere delen van de hellingen aan de dag treedt is een trachiet (*domiet*), een lichtgrijs, compact gesteente dat een wat korrelig aanzien heeft en waarin kleine fenokristen van glasachtige sanidien en zwarte biotiet te zien zijn. Gesteentefoto III. De lagere delen zijn bedekt door een laag van breccies en tefra's. Deels is het materiaal afkomstig van de verbrokkelde en afgestorte korst van de lavadom; deels is het een explosiebreccie, ontstaan door activiteit na de hoofdfase van de vorming van de dom. Daarnaast zijn grote delen van de berg bedekt door een dunne laag van tefra van een eruptie van de Kilian-vulkaan ten zuidwesten van de Puy de Dôme, die rond 8300 jaar geleden grote delen van de vulkaanrij van de Chaîne des Puys bedekte met een laag as.

Er is een vrij duidelijk verschil in aanzien van de zuidelijke helling van de Puy de Dôme met de andere delen; de zuidelijke helling is sterker bebost en bestaat voornamelijk uit breccies, tamelijk massieve gesteenten waarin enorme brokken trachiet te zien zijn.

De vormingsgeschiedenis van de Puy de Dôme heeft zich als volgt afgespeeld:

- De eerste fase was het groeien van een enorme cumulo-dom met een vrij vlakke bovenzijde en hellingen die bijzonder onregelmatig waren met vele randen en kloven door de uiteenbarstende korst. De grote lavaprop is grotendeels bedolven in aslagen en door breccies die ontstonden door het afbreken van stukken van de korst die dan als stromen van gloeiende brokken langs de helling omlaag rolden (zoals de Merapi op Java dit heden doet). Daarna volgde



Afb. D-10. Puy de la Vache en Puy de Lassolas: schoolvoorbeelden van "volcans égueulés".

- een tweede fase met een zware explosie, waardoor het zuidoostelijke deel werd opgeblazen; explosiebreccies vulden het gat geheel, zodat de huidige hellingen vrijwel in elkaar doorlopen. In de grote krater van de top rees een tweede lavaprop op die in eerste instantie een steile piek vormde, die echter grotendeels werd verwoest door gloedwolkerupties en nu de askegel op de top vormt. Deze laatste erupties vonden waarschijnlijk tussen de 10.000 en 9.500 jaar geleden plaats.
- Rond de 1500 jaar later werd de berg bedekt door de aslaag van de Kilian.



Afb. D-12. De krater van de Puy Pariou heeft een diameter van 300 m en is de diepste van allemaal. Er loopt een goede wandelweg heen, die de opbouw van de vulkaan laat zien. De Pariou is een "in elkaar geschoven" dubbelvulkaan, de jongste vulkaan staat op en binnen de rand van de oude krater; beide Pariou's hebben cheires. Het uitzicht op de naburige vulkanen is groots, duidelijk is te zien dat ze op één lijn, langs één spleet staan.



Afb. D-13. De noordnoordoost-kant van de Puy de Dôme vanaf de kraterrand van de Puy Pariou.

## Grand Sarcouy

Deze vulkaan is een van de buitenbeentjes van de Chaîne des Puys, een karakteristieke vulkaanvorm heeft hij niet. Het is een mooie, regelmatige halve voetbal, ook wel vergeleken met een omgekeerde kookpot, die ongeveer 250 meter hoog uit het omringende land oprijst.

De Sarcouy ligt tussen twee oudere vulkaantjes van het Stromboli-type, de noordelijkste is de Petit Sarcouy, die ondanks zijn naam, in samenstelling niets te maken heeft met de grote broer. In een groeve aan de voet van de Petit Sarcouy zijn de bazalti-

sche slakkenlagen met fraaie, grote lavabommen ontsloten. Op de tefra van deze vulkaantjes ligt een laag lavabreccie met enorme blokken van trachitische samenstelling, afgezet door een gloedwolk. Daarna volgde de langzame intrusie van de taaie, witte, krijtachtige trachiet van de Grand Sarcouy. Het uitbreiden van de grote lavabal in de explosiekrater kan worden gezien aan de stromingspatronen in de dôme. De randen van de dôme zijn bekleed met puinlagen, veroorzaakt doordat de buitenste schillen afbraken door de verdergaande groei van de dôme. De Grand Sarcouy is meer dan 8.500 jaar oud.

Aan zijn zuidkant ligt de Puy des Goules, zie afb. D-3. Tussen de Puy des Goules en de Puy de Dôme ligt de Puy Pariou, afb. D-13, met de diepste krater van de Chaîne: ruim 80 meter. Zie de achterplaat.

## Puy Chopine

De Chopine geeft een soort vervolg op het eruptietype van de Sarcouy. De Chopine heeft geen grote bal gevormd door het inzakken van de taaie lava in de krater, maar hier is de eveneens trachitische lava zo taai dat hij als een grote, rechte zuil uit de kraterpijp omhoog geperst is.

De Chopine is 160 meter hoog en meet 500 meter in doorsnede aan de basis. Hij bestaat uit trachiet maar hij zorgt voor een grote verrassing voor de beklimmer: bijna op de top zien we een grote massa graniet! Dit gesteente bevindt zich hier meer dan 200 meter hoger dan de normale positie in de ondergrond van het Plateau des Dômes.

De geschiedenis van de Chopine is ook complex. Er ontstaat eerst een vrij grote Stromboli-aanse vulkaan van 1200 meter in doorsnede. De helft van dit vulkaanlichaam is heden nog aanwezig als de Puy de Gouttes. Een aardig punt is dat op de kraterrand een kleine, parasitaire explosietrichter is gevormd. Dan volgt een fase met zware explosies, waardoor een krater ontstaat van zeker 600 tot 700 meter in doorsnede, waarbij de hele noordelijke helft van de bazaltische vulkaan wordt verwoest. In de kraterpijp komt dan een massieve lavazuil

van trachiet naar boven; hij heeft een doorsnede van rond de 500 meter. De lava duwt een plak graniet van 20 meter dik en 100 meter lang, losgerukt van de wand van de kraterpijp, mee naar boven. Deze eruptie met de vorming van de 'naald' van de Chopine heeft ongeveer 8.500 jaar geleden plaatsgevonden.

## Puy de la Nugère

De Puy de la Nugère ligt in het noordelijk deel van het gebied van de puys. Het betreft echter niet één enkele vulkaan maar een complex van verschillende vulkaantjes met verschillende



werkingstypen. In de eerste fase ontstonden twee kleine vulkaantjes van het Stromboli-type op enkele honderden meters van elkaar. Daartussenin groeide een grote Stromboliaanse kegel, de Grande Nugère. Daarna volgde een fase van zware explosies doordat het magma van trachy-andesitische samenstelling was geworden. Deze explosiefase vond plaats ongeveer 11.400 jaar BP; er ontstond een krater die ongeveer 600 meter in doorsnede was, waarin een viertal kleine kegeltjes groeiden. Uit drie van deze kleine vulkaantjes kwamen rond de 10.900 jaar geleden stromen van trachy-andesitische lava. Deze lava is de zogenoemde *Pierre de Volvic*, een veel gebruikte bouwsteen in Auvergne; hij wordt in een aantal groeven geëxploiteerd.

### Vulkanisch systeem van Beaunit

Een van de meest noordelijke vulkaantjes van de Chaîne des Puys is het complex van de Beaunit, een Stromboli-type vulkaankegeltje en een maar, dat een kilometer in doorsnede is en daarmee het grootste maar van de Puys. Het maar is verland omdat er een beekje doorheen stroomt dat sediment heeft afgezet; het is een moerasgebied. Het zuidelijke deel van het maar wordt ingenomen door een drietal vulkaankegeltjes, de Puys Gonnard. Deze zijn op hun beurt omspoeld door een stroom van leucobazalt van de Puy Thiollet die ook een deel van de rand van het maar heeft overstroemd.

De lava is gebruikt als bouwsteen, onder meer voor delen van de kathedraal van Clermont.

## E. - Limagne

De Limagne is het brede, vlakke laaggelegen gebied dat zich in noord-zuid richting uitstrekt dwars door het centrale deel van het Massif Central. De ondergrond bestaat uit Tertiaire sedimenten, het gebied is weggezaakt langs breuken. Vooral aan de westelijke zijde is de breukbeweging van groot belang geweest, de westrand van de Limagne is tenminste 2500 meter weggezaakt ten opzichte van het oude, kristallijne gebied ten westen ervan. In de Limagne worden getuigenissen gevonden van vulkanische activiteit die zich uitstrekt van het Oligoceen tot in het Kwartair. Veel van het reliëf van de Limagne vindt zijn oorsprong in de vulkanische activiteit. We kunnen verscheidene landschapsvormen onderscheiden:

1. Vrij steile geïsoleerde heuvels, waarvan soms te zien is dat de top bestaat uit een hard gesteente.
2. Plateaubergen of *mesa's*, waarvan de top gevormd wordt door een lavaplaat die een deel is van een veel grotere lavastroom die eens een dal opvulde maar die nu een heuveltop vormt omdat het omringende gebied weggeërodeerd is. Zo is er *inversie* of omkering van het reliëf ontstaan.
3. Enkele afgeronde heuvels die bestaan uit *pépériet*; een voorbeeld is de Puy de Bane op het plateau van Cournon.
4. Zeldzaam zijn vulkaankegels van slakken; een voorbeeld is de Puy de Corent.

De heuvels steken tussen de 60 en 350 meter boven de omringende vlakke uit.

Karakteristiek voor veel vulkanen die in de Limagne zelf werkten was dat zij gestaan hebben in het grote meer of de binnensee die er lange tijd gedurende het Tertiair heeft bestaan. De lava werd door het contact met het water vergruisd. Een deel van de lavastromen is afkomstig van vulkanen die in het kristallijne gebied stonden waarvan de lava's over de breuk van de Limagne naar het oosten stroomden. De gesteenten van de Limagne zijn voornamelijk bazalten en verwante gesteenten als basanieten; er komen ook trachieten en fonolieten voor, maar die zijn ver in de minderheid.

De activiteit begint met bazaltisch vulkanisme in het Oligoceen, waarbij fijnkorrelige tuffen worden gevormd door het contact met het water.

Een tweede periode begint in het vroege Mioceen met de vor-

ming van lavadomes en korte stromen van onder meer trachyfonoliet in de Comté d'Auvergne, het gebied ten zuidoosten van Clermont-Ferrand. In het gebied van de oostelijke grens van de Limagne, waar de granitische gesteenten van de Livradois aan de dag treden, vinden we een verrassend groot aantal veelal afgeronde heuvels waar op de top vulkanieten voorkomen, vooral bazaltische gesteenten. De kraterpijpvullingen met daarbij korte lavastromen zijn soms vele honderden meters in doorsnede; op een aantal plaatsen wordt de lava geëxploiteerd, voornamelijk voor split voor wegen.

In de Limagne vond veel vulkanische activiteit plaats die wordt beïnvloed door water. Er ontstaan veel explosiekraters die zich met water vullen, het zijn dus maaren. Deze hebben vaak door de vulkanische warmte en door de gassen die via het water omhoog komen een hoog kiezelgehalte en in dit water voelen diatomeeën zich vaak zeer goed thuis. In zulke maaren worden sedimenten afgezet, die voor een groot deel bestaan uit de kiezelhuisjes van de diatomeeën. Deze *diatomiet* wordt op veel plaatsen geëxploiteerd. Het zachte gesteente bevat vaak fraaie fossielen van plantenresten en bladeren - met onder meer die van bamboesoorten, die wijzen op een veel warmer klimaat dan het huidige -, visjes, insecten, e.a.

In een aantal gevallen gaat de vulkanische activiteit verder en ontstaan slakkenkegels.

De interactie tussen vulkanisme en water geeft een grote variatie aan de vulkaanvormen in de Limagne: onder meer de Puy de Crouel, Puy Giroux, Saint-Sandoux, Châteaugay, Montaudou, Saint-Romain, enz.

In een laat stadium spreiden grote bazaltstromen zich in de Limagne uit, zoals die van Gergovie, Côtes de Clermont en Châteaugay. De laatste activiteit vindt plaats in het Pliocene met onder meer de bazalt van de Montagne de la Serre, die over de breuk van de Limagne heen grijpt, en de Puy de Corent. Daarnaast komen er nog enkele vulkanen voor die behoren bij de Chaîne des Puys, zoals het Maar van Clermont (156.000 jaar) en dat van Saint-Hippolyte (90.000 jaar). Uit deze laatste tijd stammen ook de explosies die zich afspeelden op de plaats waar nu het centrum van Clermont-Ferrand zich bevindt; de laatste explosie zou zelfs rond de 10.000 jaar geleden zijn opgetreden.

Het Plateau de Gergovie, een tafelberg die een kleine 400 meter hoog oprijst boven de Allier, heeft als basis mergelkalen van het Chattien (Boven-Stampien) met daarop de afzettingen van een tweetal tuffisietpijpen, een pakket van gelig, fijnkorrelig mergelachtig materiaal met veel bruinige lavakorreltjes. Tussen de twee *pépériet*massa's ligt een dunne laag mergel en een dunne bazaltlaag. Op de afzettingen van de tweede tuffisiet volgen dungelaagde kalen waarin plantenresten zijn gevonden die wijzen op een Burdigalien ouderdom. De top van het plateau wordt gevormd door twee bazaltstromen van Mioceen ouderdom, tussen de 19 en 16 Ma oud, gescheiden door een dunne laag van veldspaat houdend zand. De onderste bazalt is waarschijnlijk afkomstig uit de omgeving van Riolles, een kilometer zuidwestelijk, en de bovenste van de Puy Giroux, 3 kilometer verder west-zuidwestelijk. De laatstgenoemde vulkaan is nog net gelegen in de Limagne, ten oosten van de breuk met het Plateau Central.

Ten zuiden en zuidwesten van Gergovie strekt zich een enorme, langgerekte tafelberg uit, de Montagne de la Serre die aan zijn westelijke uiteinde, op het Plateau Central, gelegen is op een hoogte van meer dan 1000 meter; het oostelijke uiteinde, 9 kilometer verder, ten zuiden van Gergovie, ligt op rond de 650 meter hoogte. Van een afstand is echter de horizontale ligging van het plateau opvallend. Het hoogteverschil tussen de dalbodem en het plateau bedraagt over het grootste deel een goede 200 meter, waar de lava over de breuk loopt is geen hoogteverschil zichtbaar. De bazalt is van Pliocene ouderdom, rond 4 Ma oud, en vulde op zijn moment van ontstaan een rivierdal. Daarna is het omringende gebied sterk geërodeerd zodat de bazaltlaag nu in reliëf is gesteld en een van de fraaiste voorbeelden van een *inversie* van het reliëf vertegenwoordigt.

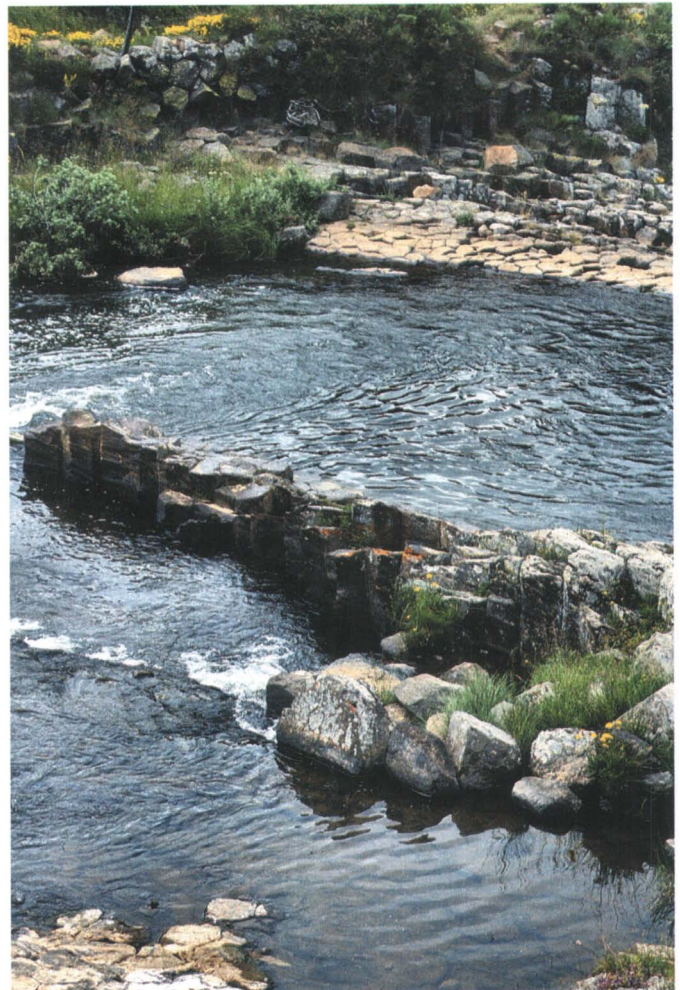
Een vulkaanpijp, gevuld met een zogenoemde *mandchouriet*,



F-2



F-3



F-1

Afb. F-1. Cascade de Déroc, 30 meter hoog, in de zuidoostelijke omgeving van Nasbinals. Deze stort neer over twee bazaltstromen. De bovenste bestaat uit 'zonnebrand'-bazalt met wittige vlekjes; de bazalt van de onderste stroom is erg donker, er zijn geen fenokristen te zien. Er is een soort natuurlijke grot beneden-naast de waterval. Deze waterval geeft zowel van boven als van onderaf een spectaculair schouwspel. De plaats is goed aangegeven en te voet bereikbaar.

In de omgeving ligt ook een meer, het Lac des Salhiens; dit is er een van een hele reeks. Deze meren worden als pingo's beschouwd: ijstijdrelicten dus. Verscheidene ervan staan droog, de turf die erin voorkomt is nog steeds een geliefd product.

Afb. F-2. Wijds landschap in de Haut-Aubrac bij het bruggetje over de Plèches in de D 52, in het stroomgebied van de Bès. In de Haut-Aubrac is het vulkanisme maar spaarzaam ontsloten. Het uitgestrekte, ruige gebied staat ten dienste van de runderteelt. Daartoe is er heel veel grasland, opgedeeld door middel van veel paaltjes met prikkeldraad. Verder zijn er gele gentianen (boven de 1200 meter), en veel wind. In dit hooggelegen gebied blijft na de winter de sneeuw lang liggen. Zwerfblokken herinneren aan de IJstijden; wolzakformaties markeren de granitische ondergrond.

Afb. F-3. Haut-Aubrac. Bazaltzuilen bij de brug over de Plèches (zelfde standplaats als F-2). Een "giant's causeway" in het klein; waarschijnlijk zijn de bazaltzuilen afgeschaafd door het gletsjerijs.

een onderverzadigde bazalt met vrij veel nefelien (die echter niet of nauwelijks zichtbaar is in het gesteente) is die van de Piton de Nonette, een fraaie vulkaanvormige berg die uit de vlakte van het meanderdal van de Allier uitsteekt ten zuidoosten van Issoire. De bazalt intrudeerde in zanden, mergels en kalken van het Stampien. Ouderdommen van dit vulkanisme met dat van de pépérieten liggen veelal tussen de 15 en 20 Ma geleden.

## F. - Aubrac

Het vulkanische gebied van de Aubrac sluit aan aan de zuidrand van de Cantal, gescheiden door het fraaie diepe dal van de Truyère, waarin verscheidene stuwdammen zijn aangelegd. Het

plateau van de Aubrac is een van de gebieden met de grootste gemiddelde hoogte van het Massif Central en zijn positie aan de oostelijke rand van het massief maakt dat er veel neerslag valt; het is, naast de hoge delen van de Cantal en de Monts Dore, een gebied waar het sneeuwdek het langste blijft liggen. Het hoogste deel is het noorden en noordoosten, langs de Truyère, met gemiddelde hoogten van rond de 1000 meter; hier komen voornamelijk granitische gesteenten aan de oppervlakte met in de randgedeelten ook sedimenten, onder meer uit het Oligoceen. De hoogten nemen naar het zuiden langzaam af; deze helling was al aanwezig voor het optreden van het vulkanisme, de meeste lava's stroomden dan ook naar het zuidwesten. Het vulkanische deel betreft vooral de zuidwestelijke helft, het Plateau de la Viadène. De vulkanische gesteenten zijn uitsluitend van bazaltische samenstelling. Er zijn plaatvormige toevoeringen aanwezig, deze komen vooral voor in het noordelijke gedeelte, uitstroombuilen in de vorm van vulkaankegels zijn zeldzaam. De lava's kwamen te voorschijn uit noordwest –

zuidoost strekkende breuken, die een vervolg zijn op de noordelijk gelegen structuren van de Cantal.

De noord-zuid gerichte loop van bazalten werd veroorzaakt door een stelsel van noord-zuid gerichte breuken. Dit is onder meer het geval rond Nasbinals (afb. F-1) en bij het dal van de Bès (afb. F-2 en F-3).

Langs de noordelijke rand van het lavagebied, het hoogste deel van het plateau van Aubrac, komen veelal kristallijne gesteenten aan de oppervlakte waarop grote stukken bazalt liggen, fragmenten die gespaard zijn gebleven van de erosie van de bazaltplaten; deze verspreid liggende heuvels van bazalt worden 'buttes-témoins' genoemd.

De lavapakketten tonen een vrij regelmatige afwisseling van tefra- en lavalagen. Blijkbaar zijn veel erupties begonnen met uitstoot van gruiswolken, waarna uitstroming van lava volgde.

Er zijn explosiekraters die zich vulden met water; in de meersedimenten wordt een fossiele flora gevonden die dateert uit het Villafranchien. In de uiterste noordwestelijke rand van de Aubrac is een vulkanische breccie ingeschakeld. Deze afzetting uit een gloedwolk heeft veel fragmenten van andesiet en is de enige duidelijke getuige van het vulkanisme van de grote nabuur, de Cantal; ook enkele bazaltlagen in de oostelijke dalwand van de Truyère zijn afkomstig van de Cantal. Op het punt waar Truyère en Bès samenkomen is in de groeve van Auriac de bazalt van Mont-Chanson te zien die ligt op Oligoceen zand, dat op zijn beurt op gneizen ligt.

### IJstijden

De Aubrac is daarnaast bekend om de grote invloed die de glaciaties tijdens verschillende koudeperiodes van het Pleistoceen op het landschap hadden. De Aubrac werd in ieder geval drie maal bedekt door een ijskap, die een oppervlakte bereikte van rond de 660 km<sup>2</sup> en verscheidene honderden meter dik was. Merkwaardig is wel dat naast een kleine bedekking van sneeuw en ijs op de hoogste punten van de Cévennes, zoals op de Mont-Lozère en de Mont-Aigoual, de Aubrac, naast de Cantal, Cézallier en Monts Dore, het enige gebied van het Massif Central is met een vrij uitgebreide gletsjerbedekking; zelfs op de nabij gelegen Mont Mézenc komen geen sporen van een ijskap voor. De verklaring die wel wordt gegeven zou liggen in de overheersende windrichting tijdens de koudeperiodes: uit het Z en ZO. In een rond de 10 kilometer brede strook, die van noordwest naar zuidoost over het hoogste deel van de Mont d'Aubrac loopt, over de waterscheiding, liggen vele tientallen resten van pingo's, nu veelal nog herkenbaar als meertjes, de 'laquets'. Spectaculaire laquets in de vorm van mooie ronde meertjes op het vlakke oppervlak van een bazaltlava zijn te zien langs de weg van Ferluguet naar Les Allatiaux, die langs het riviertje de Rimeize ten noorden van Malbouzon loopt. Op het bazaltplateau liggen glaciale erratica van onder meer graniet. Rond de 20 kilometer zuidwestelijk, 3 kilometer ten zuidoosten van de Col d'Aubrac en aan de weg naar Montorzier, ligt een beroemd veld van pingo-ruïnes met de fraaie naam *Champ de Laquets du Puech de los Egos*. Sommige van de pingomeertjes zijn gevuld met water, andere zijn moerasgebieden; vele staan in de zomer droog. Daarnaast zijn er *roches moutonnées*, gletsjerkrassen, morenewallen, vooral in het dal van de Bès, en uitspoelvlakten van zand te zien. Bekend is een dikke morene-afzetting van de mesa de Rabois bij de Col de Bonnetcombe in de Mont d'Aubrac, waarin een enorm blok graniet zit, de *Mourré dé l'Ego*.

## G. - Devès

In het gebied waar de Allier en de Loire evenwijdig aan elkaar naar het noordwesten stromen ligt een plateaugebied dat voor-

namelijk is opgebouwd uit series bazaltische lavastromen. Het gebied meet ongeveer 20 kilometer in noordoost - zuidwestelijke richting en evenwijdig aan de rivieren strekt het zich uit over een goede 60 kilometer lengte.

Er worden meer dan 150 vulkaantjes onderscheiden; afb. G-1. Een groot aantal zijn slakken- en tefragegels, andere lage structuren, uitstroomopeningen van de bazalten. Deze laatste worden hier *gardes* genoemd. Daarnaast zijn er een aantal explosiekraters die vaak ingenomen worden door maaren.

De bazalten stroomden op veel plaatsen het dal van de Allier in dat voor een deel mogelijk op ongeveer dezelfde plaats lag als heden. Ook langs de westelijke oever van de Allier zijn resten van de bazalten te zien. In de wanden van het dal zijn op vele



Afb. G-1. Typerend landschap van het Devès-plateau: vrij vlak met vele slakkenkegels ("cônes de scories stromboliennes") ten westen van Cayres (met rechts de kerk uit bazaltblokken). Op de achtergrond de Velay.

Afb. G-2. De "Rocher" bij Prades aan de Allier, 14 km ten zuidoosten van Langeac. Dit is een van de hoogtenpunten in vulkanisch opzicht van de Devès, in een zeer mooi deel van het Allier-dal. De bazaltstromen liepen in het paleoreliëf (oude "Allier"-bedding), de huidige rivier loopt er nu naast.

Afb. G-3. Ronde bazaltblokken met sferoidale verwerking. Omgeving Pont d'Alleyras-Monistrol, oostzijde Allierdal.

Afb. G-4. Zeer harde, vulkanische bolletjes zitten dicht opeen in een lens van ongeveer 22 meter lang en 2 meter hoog. Gezien in een wegontsluiting van de D 48, ten zuidoosten van Saint-Arcons-d'Allier. De bolletjes zijn ca. 3 cm in diameter, het materiaal is porfirisch, met fenokristen van o.a. olivijn, de matrix is bruinvioletachtig.

Afb. G-5. Het vulkanische complex bij Arlempdes aan de Loire, op de grens van Devès en Velay. Dit landschap is zowel van bovenaf als beneden op Loire-niveau zeer spectaculair. Daarbij is Arlempdes zelf ook nog een openbaring.

Afb. G-6. Groeve ten noordwesten van Beyssac, nu buiten gebruik en verlaten, maar wel van educatieve borden voorzien (afb. G-7). De Devès telt 330 vulkanen, waarvan 80 freatisch (maaren). Enkele daarvan hebben het gelaagde bazaltische slakkenmateriaal geleverd dat in de groeve te zien is. Hiertussen liggen diverse peridotietknollen, al wordt hier tijdens de bezoevende excursies kennelijk wel naar gezocht. Toegang: bij Beyssac de D 40 naar het noorden, na ca. 1 km linksaf: Marais de Limagne. Aan dit weggetje ligt rechts de groeve, links is een uitzicht naar de Velay, rechtdoor is het maar (afb. G-10). Beyssac ligt ongeveer halverwege tussen Langeac en Le Puy, ca. 2 km ten zuiden van de D 590.

Een andere plaats waar peridotietknollen voorkomen ligt niet ver van Langeac, aan de D 590. Een 10-tal km ten oosten van Langeac ligt Vailhac, bij de Mont Briançon. Een spoorlijn kruist de weg tussen Payzat en Vailhac. Voorbij de spoorwegovergang (noordzijde weg) liggen groeven in de pouzolaan van de Mont Briançon en een overslagplaats, waar het groene mantelgesteente kan worden gevonden. De brokken zijn vaak hoekig van vorm en zijn o.h.a. bedekt met een dunne bazaltische korst.

zuidoost strekkende breuken, die een vervolg zijn op de noordelijk gelegen structuren van de Cantal.

De noord-zuid gerichte loop van bazalten werd veroorzaakt door een stelsel van noord-zuid gerichte breuken. Dit is onder meer het geval rond Nasbinals (afb. F-1) en bij het dal van de Bès (afb. F-2 en F-3).

Langs de noordelijke rand van het lavagebied, het hoogste deel van het plateau van Aubrac, komen veelal kristallijne gesteenten aan de oppervlakte waarop grote stukken bazalt liggen, fragmenten die gespaard zijn gebleven van de erosie van de bazaltplaten; deze verspreid liggende heuvels van bazalt worden 'buttes-témoins' genoemd.

De lavapakketten tonen een vrij regelmatige afwisseling van tefra- en lavalagen. Blijkbaar zijn veel erupties begonnen met uitstoot van gruiswolken, waarna uitstroming van lava volgde.

Er zijn explosiekraters die zich vulden met water; in de meersedimenten wordt een fossiele flora gevonden die dateert uit het Villafranchien. In de uiterste noordwestelijke rand van de Aubrac is een vulkanische breccie ingeschakeld. Deze afzetting uit een gloedwolk heeft veel fragmenten van andesiet en is de enige duidelijke getuige van het vulkanisme van de grote nabuur, de Cantal; ook enkele bazaltlagen in de oostelijke dalwand van de Truyère zijn afkomstig van de Cantal. Op het punt waar Truyère en Bès samenkomen is in de groeve van Auriac de bazalt van Mont-Chanson te zien die ligt op Oligoceen zand, dat op zijn beurt op gneizen ligt.

### IJstijden

De Aubrac is daarnaast bekend om de grote invloed die de glaciaties tijdens verschillende koudeperiodes van het Pleistoceen op het landschap hadden. De Aubrac werd in ieder geval drie maal bedekt door een ijskap, die een oppervlakte bereikte van rond de 660 km<sup>2</sup> en verscheidene honderden meter dik was. Merkwaardig is wel dat naast een kleine bedekking van sneeuw en ijs op de hoogste punten van de Cévennes, zoals op de Mont-Lozère en de Mont-Aigoual, de Aubrac, naast de Cantal, Cézallier en Monts Dore, het enige gebied van het Massif Central is met een vrij uitgebreide gletsjerbedekking; zelfs op de nabij gelegen Mont Mézenc komen geen sporen van een ijskap voor. De verklaring die wel wordt gegeven zou liggen in de overheersende windrichting tijdens de koudeperiodes: uit het Z en ZO. In een rond de 10 kilometer brede strook, die van noordwest naar zuidoost over het hoogste deel van de Mont d'Aubrac loopt, over de waterscheiding, liggen vele tientallen resten van pingo's, nu veelal nog herkenbaar als meertjes, de 'laquets'. Spectaculaire laquets in de vorm van mooie ronde meertjes op het vlakke oppervlak van een bazaltlava zijn te zien langs de weg van Ferluguet naar Les Allatiaux, die langs het riviertje de Rimeize ten noorden van Malbouzon loopt. Op het bazaltplateau liggen glaciale erratica van onder meer graniet. Rond de 20 kilometer zuidwestelijk, 3 kilometer ten zuidoosten van de Col d'Aubrac en aan de weg naar Montorzier, ligt een beroemd veld van pingo-ruïnes met de fraaie naam *Champ de Laquets du Puech de los Egos*. Sommige van de pingomeertjes zijn gevuld met water, andere zijn moerasgebieden; vele staan in de zomer droog. Daarnaast zijn er *roches moutonnées*, gletsjerkrassen, morenewallen, vooral in het dal van de Bès, en uitspoelvlakten van zand te zien. Bekend is een dikke morene-afzetting van de mesa de Rabois bij de Col de Bonnetcombe in de Mont d'Aubrac, waarin een enorm blok graniet zit, de *Mourré dé l'Ego*.

## G. - Devès

In het gebied waar de Allier en de Loire evenwijdig aan elkaar naar het noordwesten stromen ligt een plateaugebied dat voor-

namelijk is opgebouwd uit series bazaltische lavastromen. Het gebied meet ongeveer 20 kilometer in noordoost - zuidwestelijke richting en evenwijdig aan de rivieren strekt het zich uit over een goede 60 kilometer lengte.

Er worden meer dan 150 vulkaantjes onderscheiden; afb. G-1. Een groot aantal zijn slakken- en tefragegels, andere lage structuren, uitstroomopeningen van de bazalten. Deze laatste worden hier *gardes* genoemd. Daarnaast zijn er een aantal explosiekraters die vaak ingenomen worden door maaren.

De bazalten stroomden op veel plaatsen het dal van de Allier in dat voor een deel mogelijk op ongeveer dezelfde plaats lag als heden. Ook langs de westelijke oever van de Allier zijn resten van de bazalten te zien. In de wanden van het dal zijn op vele



Afb. G-1. Typerend landschap van het Devès-plateau: vrij vlak met vele slakkenkegels ("cônes de scories stromboliennes") ten westen van Cayres (met rechts de kerk uit bazaltblokken). Op de achtergrond de Velay.

Afb. G-2. De "Rocher" bij Prades aan de Allier, 14 km ten zuidoosten van Langeac. Dit is een van de hoogtenpunten in vulkanisch opzicht van de Devès, in een zeer mooi deel van het Allier-dal. De bazaltstromen liepen in het paleoreliëf (oude "Allier"-bedding), de huidige rivier loopt er nu naast.

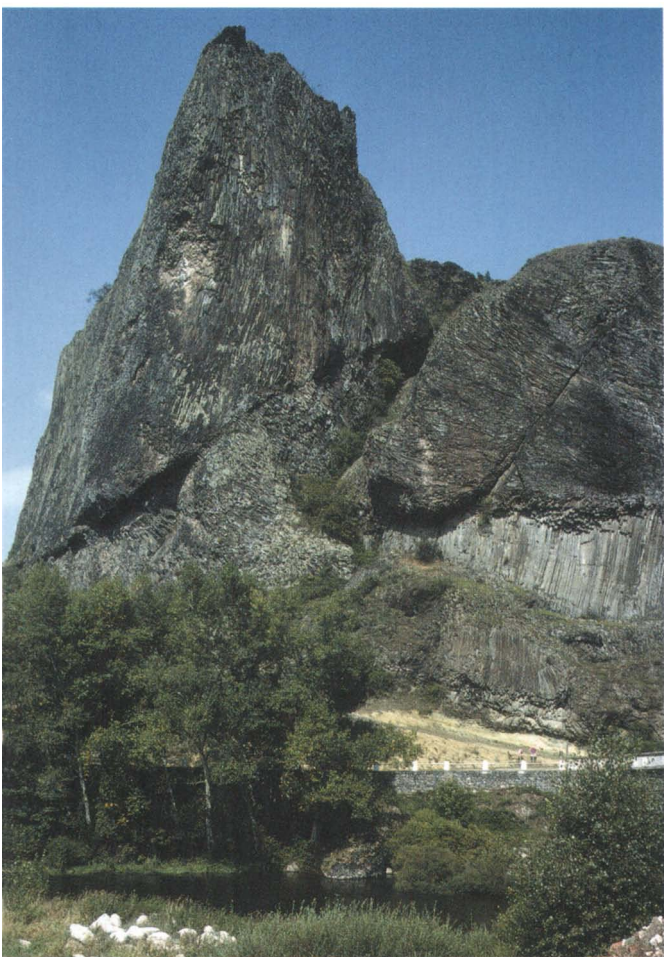
Afb. G-3. Ronde bazaltblokken met sferoïdale verwerking. Omgeving Pont d'Alleyras-Monistrol, oostzijde Allierdal.

Afb. G-4. Zeer harde, vulkanische bolletjes zitten dicht opeen in een lens van ongeveer 22 meter lang en 2 meter hoog. Gezien in een wegontsluiting van de D 48, ten zuidoosten van Saint-Arcons-d'Allier. De bolletjes zijn ca. 3 cm in diameter, het materiaal is porfirisch, met fenokristen van o.a. olivijn, de matrix is bruinvioletachtig.

Afb. G-5. Het vulkanische complex bij Arlempdes aan de Loire, op de grens van Devès en Velay. Dit landschap is zowel van bovenaf als beneden op Loire-niveau zeer spectaculair. Daarbij is Arlempdes zelf ook nog een openbaring.

Afb. G-6. Groeve ten noordwesten van Beyssac, nu buiten gebruik en verlaten, maar wel van educatieve borden voorzien (afb. G-7). De Devès telt 330 vulkanen, waarvan 80 freatisch (maaren). Enkele daarvan hebben het gelaagde bazaltische slakkenmateriaal geleverd dat in de groeve te zien is. Hiertussen liggen diverse peridotietknollen, al wordt hier tijdens de bezoevende excursies kennelijk wel naar gezocht. Toegang: bij Beyssac de D 40 naar het noorden, na ca. 1 km linksaf: Marais de Limagne. Aan dit weggetje ligt rechts de groeve, links is een uitzicht naar de Velay, rechtdoor is het maar (afb. G-10). Beyssac ligt ongeveer halverwege tussen Langeac en Le Puy, ca. 2 km ten zuiden van de D 590.

Een andere plaats waar peridotietknollen voorkomen ligt niet ver van Langeac, aan de D 590. Een 10-tal km ten oosten van Langeac ligt Vailhac, bij de Mont Briançon. Een spoorlijn kruist de weg tussen Payzat en Vailhac. Voorbij de spoorwegovergang (noordzijde weg) liggen groeven in de pouzolaan van de Mont Briançon en een overslagplaats, waar het groene mantelgesteente kan worden gevonden. De brokken zijn vaak hoekig van vorm en zijn o.h.a. bedekt met een dunne bazaltische korst.



G-2



G-3



G-5

G-6 (onder)

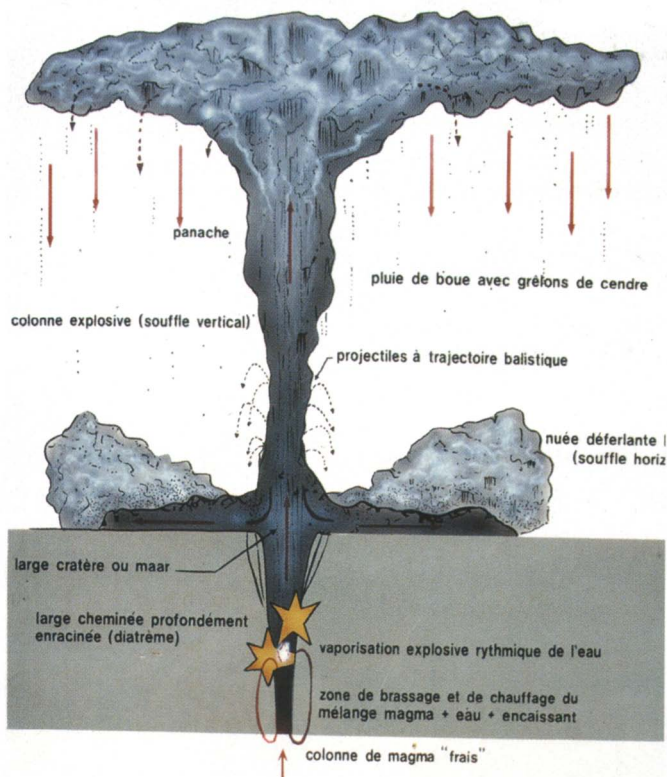


G-4 (onder)



plaatsen bijzonder imposante structuren van de bazaltstromen te zien, zoals de verschillende vormen van zuilvormige afzondering. Afb. G-2 en de voorplaat. Andere vulkanische fenomenen zijn te zien op afb. G-3 en G-4.

Beroemd is de rots waarop de kerk van Chanteuges is gebouwd. De bazalt vertoont in het onderste deel van de stroom fraaie regelmatige, verticaal staande grote zuilen en daarop het niveau van de *entablement* met de wirwar van kleine zuilen.



G-7

G-9 (onder)



Afb. G-7. Een van de infoborden in de groeve La Croix des Yeux bij Beyssac.

Afb. G-8. Lac de Bouchet, ten noorden van Le Bouchet-Saint-Nicolas, in de omgeving van Cayres.

Afb. G-9. Lac d'Issarlès.

Afb. G-10. Marais de Limagne: een groot moerassig maar met een flauwe komvorm. Veel sphagnum, lage bomen en struiken; aan de rand groeit gras of graan. In de explosiebreccie zit o.a. glimmerschist uit de ondergrond.

Bij Arlempdes is een vulkanisch voorkomen aan de Loire, op de grens van Devès en Velay. Er is een bazaltstroom uit een *volcan égueulé* die de oorspronkelijke loop van de Loire heeft verlegd; deze stroom verheft zich nu in omgekeerd reliëf ver boven de weg en eindigt bij de huidige Loire. Aan de overkant van deze is een steile vulkaan verrezzen, waarop - 80 meter hoog - het kasteel van Arlempdes staat. Afb. G-5.

De bazalten bedekken de gesteenten van de kristallijne ondergrond. Bijzonder zijn de ogengneizen van Fix-Saint-Geney's met hun zeer vele grote veldspaat-'ogen' die vaak fraai evenwijdig gerangschikt liggen. Daarnaast is de graniet van de Margeride wereldberoemd wegens de enorm grote veldspaat-fenokristen, veelal mooi volgens de Karlsbad-wet vertweelende alkalielveld-



G-8

G-10 (onder)



spaat. De gesteenten zijn o.m. ontsloten bij Monistrol-d'Allier, welke plaats omringd is door zeer imposante bazaltrotsen. De vulkaankegels van de Devès zijn gevormd door tefra en slakken van olivijnbazalt en ankaramiet. Opmerkelijk zijn in dit gebied de vele *peridotietknollen* die in de bazaltische gesteenten voorkomen; het zijn mantelfragmenten die van een diepte van 40 tot 50 kilometer zijn meegenomen. Gesteentefoto XIV, zie ook afb. G-6 en G-7.

De meest beroemde vulkaan van dit type is de Denise, enkele kilometers ten westen van Le Puy, op de grens van het Bekken van Le Puy-en-Velay en de Devès. De vulkaan is ongeveer 1,1 Ma oud, zij begon met erupties onder water die een uitgestrekt gebied bedekten met palagoniet-tuf. Daarna werd er een vrij steile kegel opgebouwd door Strombolische activiteit en afgestoten werd met de productie van bazaltische lava die vier kilometer ver stroomde naar het oosten tot in de rand van het dal van de Loire bij Chadrac. (Zie ook H. - Velay, omgeving Le-Puy-en-Velay, pag. 41)

Er komen een aantal fraaie maaren voor, onder meer het meer van Bouchet, 800 meter doorsnede en 600.000 jaar geleden ontstaan. Afb. G-8. Dit maar is vooral bekend omdat uit de fijnkorrelige sedimenten van de maarbodem de klimaatgeschiedenis van enkele 100.000-en jaren te achterhalen is en de laatste omkeringen van het aardse magneetveld er aangetoond zijn. Het Lac d'Issarlès is een zeer diep maar (110 meter). Het ligt in het zuidwesten van de Devès, niet ver van de vulkanen van de Bas-Vivarais. Vanaf de hoge zuidoostkant (D 116) is er een heel fraai gezicht op. Afb. G-9. Verder worden hier genoemd het Maar van Landos van 1000 meter diameter, het Maar van La Sauvetat, dat zelfs 1500 meter in doorsnede meet, het Maar van Costaros en de Marais de Limagne. Afb. G-10. Een aantal maaren zijn explosiegaten midden in een bazaltlavastroom, zoals dat van Costaros en La Sauvetat.