

uitgeput. Of door het gevolgde procédé (flotatie!) waardeloos als vindplaats. Toch brachten we nog enkele aardige stekjes bij elkaar. Eigenlijk ging het ons niet in de eerste plaats om de fossielen en mineralen, maar meer om de geologische achtergrond van wat je zoal tegenkomt: de typische verschijnselen, de invloeden op het landschap, de natuurwonderen. Begrijp je wàt je ziet, dan zie je meer dan als "gewone" toerist.

De beschreven plaatsen diepten we op uit ons geheugen, want we bezochten Frankrijk al vele jaren met geologisch actieve ogen. Ook raadpleegden we de literatuur. De "rode" boekjes (Guides Géologiques Régionaux) zijn, als Frankrijk zelf, een onuitputtelijke bron. Frankrijk is trouwens geologisch goed gedocumenteerd en er zijn goede kaarten verkrijgbaar, waaruit u ook zelf veel gegevens kunt halen voor geslaagde trips. De 1 : 1 000 000-kaart "Curiosités Géologiques" is daar een goed voorbeeld van.

Het was me een Gea-nummer wel! Veel dank brengen we over aan de overige auteurs voor hun inspanning (wij weten wat zij doormaakten). Veel dank zijn wij ook verplicht aan de illustratoren: J.G. Schilthuizen voor het vele tekenwerk en P. Stemvers voor de meeste van de foto's, en aan mevr. M.P. van Hoek, die de lay out en de opmaak verzorgde.

W.C.P. de Vries
J. Stemvers-van Bommel

Frankrijk in het Paleozoïcum: een inleiding

door Prof. Dr. A. Brouwer

Proloog

In het geologische bouwwerk Frankrijk kan men gemakkelijk drie verdiepingen onderscheiden:

1. een postpaleozoïsche,
2. een paleozoïsche, en
3. een prepaleozoïsche verdieping.

Ieder van deze verdiepingen vertegenwoordigt en hoofdstuk uit de geschiedenis, al komen de grenzen ertussen niet precies overeen met de grenzen van het Paleozoïcum. Ook in ander opzicht zijn de grenzen minder scherp dan zij op het eerste gezicht lijken. Niet alleen wordt de loop van de gebeurtenissen beïnvloed door hetgeen eraan voorafging, maar ook worden de sporen van vroegere gebeurtenissen weer door latere aangetast: metamorfose kan het beeld moeilijker leesbaar maken, en in het ergste geval kan erosie alles uitwissen. De geologische geschiedenis van Frankrijk levert voorbeelden te over.

Afgezien van enkele plaatsen waar de erosie zo diep reikt dat prepaleozoïsche gesteenten te voorschijn komen, is het Paleozoïcum in heel Frankrijk aanwezig. In grote delen is het bedekt door jongere afzettingen (Bekken van Parijs, Bekken van Aquitanië, Subalpine Bekken), of meegenomen in alpine bewegingen (West-Alpen). Zie afb. A-1 Voor de geologische tijdschaal en stratigrafische ordening wordt verwezen naar Tabel I en II.

Het Paleozoïcum van Frankrijk vormt een deel van een grote gebergteketen, die in het laatste deel van het Paleozoïcum is ontstaan (het variscische orogeen, de Varisciden¹⁾). Deze keten kan men over duizenden kilometers vervolgen, van het zuiden van het Iberische schiereiland door Frankrijk en verder oostwaarts tot het Boheemse Massief. Zij zet zich aan de ene kant voort in het westen van Afrika (Mauretanië), en aan de andere kant in en onder de alpine ketens naar de Kaukasus en Turkije. Zie afb. F-2.

In het grootste deel van Frankrijk is de paleozoïsche

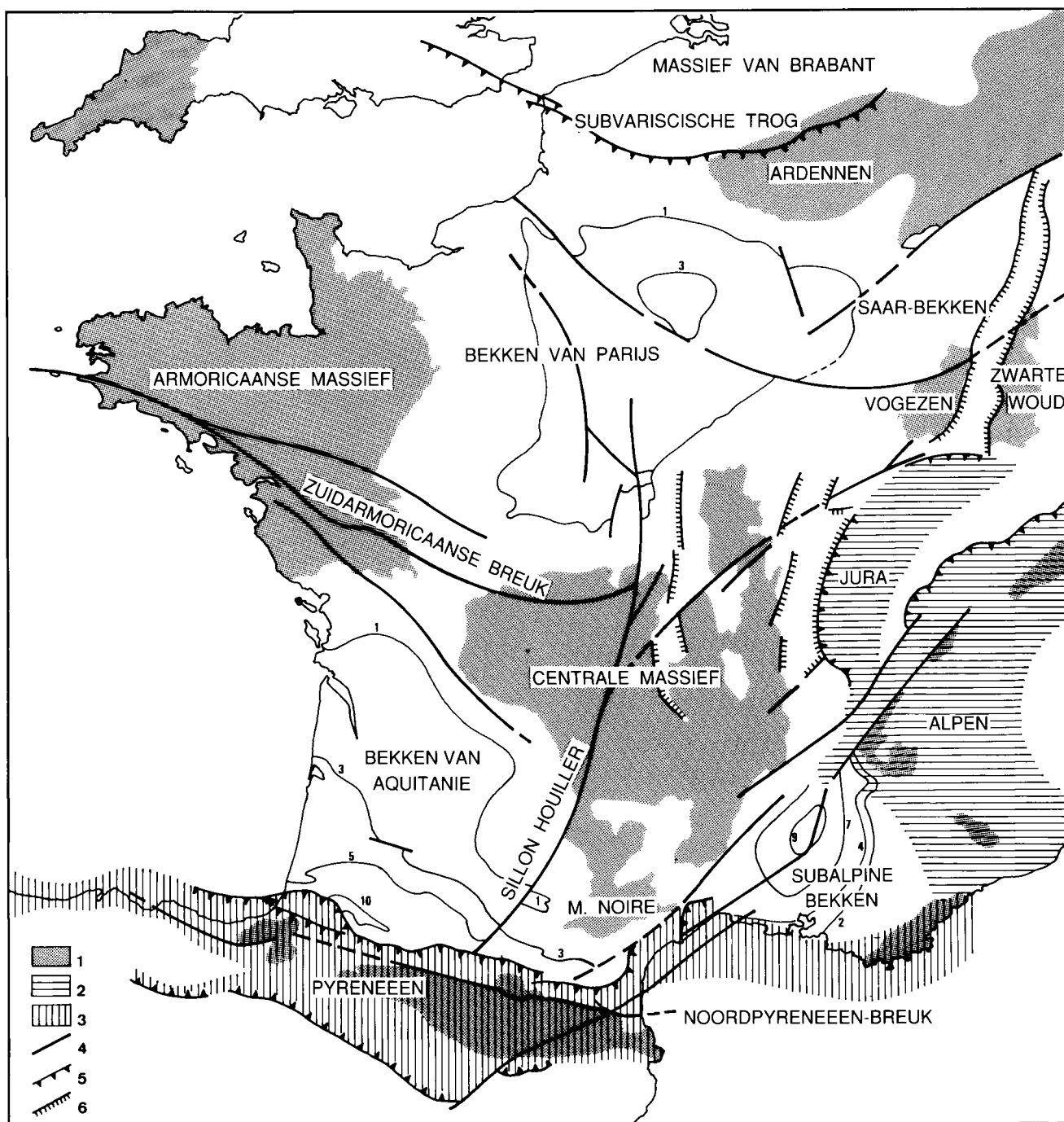
gesteentestapel in zijn geheel variscisch geplooid. Slechts in het uiterste noorden, waar Frankrijk nog juist tot in de Ardennen reikt, ligt Devoon met een hoekdiscordantie op eerder, caledonisch, geplooid Onder-Paleozoïcum. Overigens vindt men in Frankrijk geen sporen van caledonische plooiing, evenmin in het Iberische schiereiland en elders in het zuiden van Europa.

Van andere orogene ketens onderscheiden de Europese Varisciden zich door het grote aantal van granitische gesteenten, vooral in de centrale zone (Armoricaanse Massief, Centrale Massief). In de externe zone (o.a. Ardennen) komen zulke gesteenten slechts sporadisch voor. Ook de graad van metamorfose is daar veel geringer.

De precarbonische ontwikkeling

De eerste vraag die wij ons nu moeten stellen, is: hoe zag Frankrijk er bij het begin van het Paleozoïcum uit? Op grond van radiometrische ouderdomsbepalingen (2500 miljoen jaar en jonger) mag men wel aannemen, dat onder een groot deel van Frankrijk, en misschien wel onder heel Frankrijk, een continentale korst van proterozoïsche ouderdom aanwezig is. Boverproterozoïsche gesteenten (Briovérien) komen in het noordelijke deel van het Armoricaanse Massief aan de oppervlakte, waar zij vóór het begin van het Paleozoïcum in de cadomische orogenese geplooid zijn. Sporen hiervan zijn ook uit het zuiden van Frankrijk bekend. Het begin van het Paleozoïcum was voor veel gebieden een tijd van magmatische activiteit, waarbij zowel intrusieve als vulkanische gesteenten ontstonden, van laat- of postcadomisch karakter. Het was een tijd van rek in de korst, maar of een echte ocean ontstond, is niet duidelijk. Cambrische sedimenten zijn slechts sporadisch aangetoond, o.a. in het noorden (Normandië) en in het zuiden (Vendée) van het Armoricaanse massief, en in de Montagne Noire (o.a. kalken met archeocyaten). Soms hebben cambrische sedimenten het karakter van een molasse, dit is een postorogeen sediment, afkomstig van de erosie van een jong gebergte²⁾.

Met het Ordovicium zette de paleozoïsche transgressie goed door. In alle niet of weinig door metamorfose beïnvloede gebieden (delen van het Armoricaanse Massief, de zuidkant van het



Centrale Massief met de Montagne Noire) komen mariene afzettingen van ordovicische, silurische en devonische ouderdom voor, zij het dat nergens een volledige opeenvolging wordt aangetroffen. Het beeld is onrustig, en dat is ook weerspiegeld in de sedimenten, waar zandstenen, schalies en kalken elkaar voortdurend afwisselen, zoals de "Grès armoricain" in Bretagne. Deze harde, tot 800 m dikke zandsteen, drukt met harde ruggen nog altijd een stempel op het tegenwoordige landschap. In het zuiden (Montagne Noire) kan de bovencambrisch-onderordovicische opeenvolging (Tremadoc - Arenig) nog aanzienlijk dikker zijn, tot 1500 m, veelal met een flijschachtig karakter²⁾. In het Siluur neemt het aandeel van schalies toe, terwijl in het Devoon weer meer kalken en kalkschalies voorkomen. In de Ardennen ontstond in de loop van het Midden-Devoon een uitgestrekt gebied van kalksedimentatie, gedeeltelijk in riffaciës, dat zich tot in het Boven-Devoon handhaafde. Ook elders vertoont vooral het Devoon de ontwikkeling van een riffaciës. Waar cambrische tot devonische afzettingen, niet of nauwelijks metamorf, goed herkenbaar en paleontologisch gedateerd zijn,

Afb. A-1. Geologische schetskaart van Frankrijk.

Legenda:

- 1: paleozoïsche massieven aan de oppervlakte
- 2 en 3: zone van alpine orogenetische bewegingen, in Alpen en Jura (2) en in het pyrenees-provençaalse gebied (3)
- 4: grote breuken, hoofdzakelijk horizontale bewegingen
- 5: overschuivingen
- 6: breuken met hoofdzakelijk verticale bewegingen

In de drie postpaleozoïsche bekkens zijn enkele contouren aangegeven voor de diepte van de bovenzijde van het Paleozoïcum (in kilometers); let op het verschil tussen het Bekken van Parijs (Paleozoïcum bijna nergens dieper dan 3 km) en de bekkens in het zuiden met een tot ca. 10 km dikke opvulling.

| | | systeem | serie | etage | mil- joen jaar |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| | | periode | tijdvak | tijd | |
| P H A N E R O Z O I C U M | M E S O Z O I C U M | T R I A S | | | 245 |
| | | | | | |
| | P A L E O Z O I C U M | P E R M | Boven-Perm | Thuringien | 290 |
| | | | Onder-Perm "Rotliegend"- faciës | Saxonien Autunien | |
| | | C A R B O O N | Boven- Carboon (Silesien) | Stephanien | 363 |
| | | | | Westfalien | |
| | | | | Namurien | |
| | | | | Viséen | |
| | | D E V O O N | Onder- Carboon (Dinantien) | Tournaisien | 408 |
| | | | | Boven-Devoon | |
| | | D E V O O N | Midden-Devoon | Givetien Couvinien Emsien | 439 |
| | | | | Onder- Devoon | |
| | | S I L U U R | | Pridoli | 498 |
| | | | | Ludlow | |
| | Wenlock | | | | |
| | Llandovery | | | | |
| | O R D O V I C I U M | Boven (Bala) | Ashgill | 510 | |
| | | | Caradoc | | |
| | | Midden (Dyfed) | Llandeilo | | |
| | | | Llanvirn | | |
| Onder (Canadien) | | Arenig | | | |
| | | Tremadoc | | | |
| C A M B R I U M | B.-Cambrium (Merioneth) | Midden- Cambrium (St-David's) | 570 | | |
| | | Onder- Cambrium (Caerfai) | | | |
| | | | | | |
| P R O T E R O Z O I C U M | | | Brioverien | | |

Tabel I. Stratigrafische tabel van het Paleozoïcum

Indeling, terminologie en ouderdommen (in miljoenen jaren), grotendeels naar W.B. Harland & al., A geologic time scale 1989 (Cambridge University Press 1990).

| | | systeem | serie | etage | mil- joen jaar |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|----------------------|
| | | periode | tijdvak | tijd | |
| M E S O Z O I C U M | K E N O Z O I C U M | T E R T I A I R | Neogeen | Pliocéen | 2 |
| | | | | Mioceen | |
| | | | Paleogeen | Oligoceen | |
| | | | | Eoceen | |
| | | | | Paleoceen | |
| | K R I J T | Boven-Krijt | 146 | | |
| | | Onder-Krijt | | | |
| | J U R A | Malm | 208 | | |
| | | Dogger | | | |
| | | Lias | | | |
| T R I A S | Boven-Trias | 245 | | | |
| | Midden-Trias | | | | |
| | Onder-Trias | | | | |

Tabel II. Stratigrafische tabel van het Mesozoïcum en Kenozoïcum

In het smalle vak boven "Tertiair" hoort de jongste periode, het Kwartair, te staan. Dit wordt onderverdeeld in Pleistoceen (onder) en Holoceen (boven).

weerspiegelen zij in het algemeen een ondiepe zee. Naast sedimentaire verschijnselen (ribbels, scheve gelaagdheid) wijzen paleontologische gegevens in dezelfde richting: een, soms overvloedige, benthonische fauna, kalken met algen en koralen, ingespoelde plantenresten, enz.

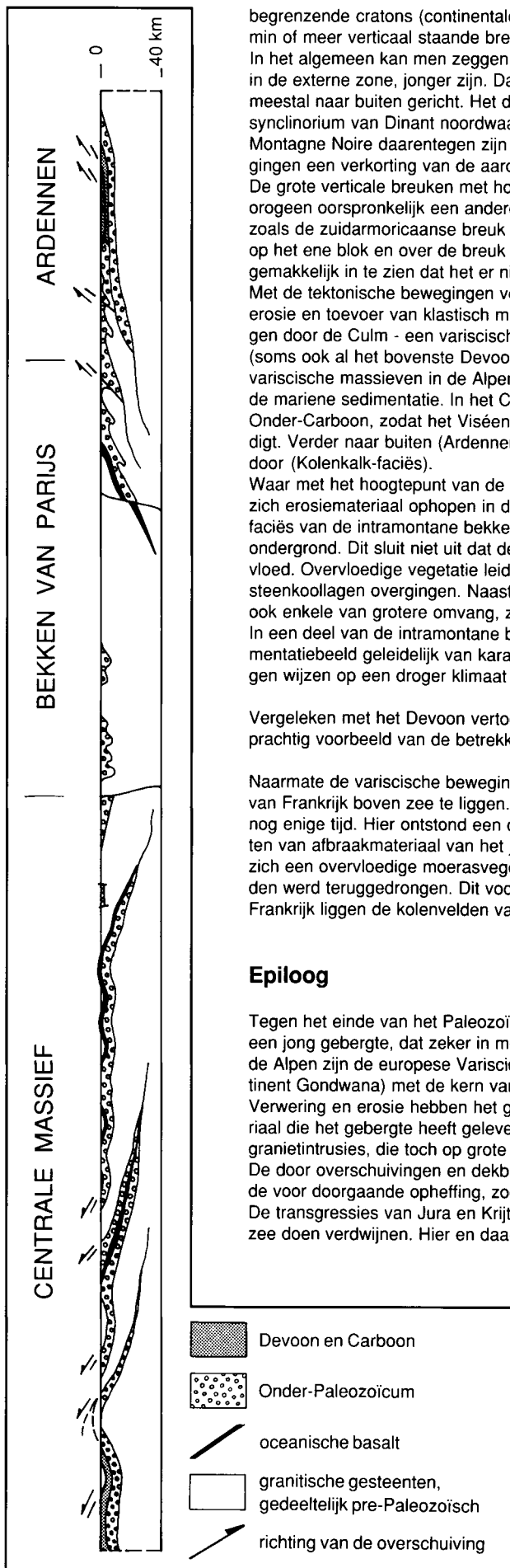
Telkens weer springt in het oog dat de onderpaleozoïsche en devonische opeenvolging nergens volledig is. Dan hier, dan daar, zowel naar tijd als naar plaats, zijn er hiaten als gevolg van epirogenetische bewegingen³⁾. Misschien waren zij soms van voldoende omvang om aanleiding te geven tot afzettingen die aan fliet doen denken, maar duidelijke hoekdiscordanties, zoals in de Ardennen, zijn nooit aangetroffen. In zoverre kan men zeggen dat het grootste deel van Frankrijk buiten de caledonische orogeen bleef. Daar moet echter direct aan worden toegevoegd dat Ordovicium en Siluur, vooral in de centrale zone, tijden van omvangrijke en intensieve metamorfose zijn geweest. Terwijl in het noordwesten (Scandinavië, Britse eilanden) de caledonische bewegingen in volle gang waren, bleef Europa verder naar het zuiden blijkaar toch niet helemaal onberoerd.

De variscische ontwikkeling

Hoewel in de meeste gebieden de devonische sedimentatie nog de voortzetting is van de onderpaleozoïsche, begon de invloed van variscische bewegingen zich toch steeds duidelijker te manifesteren. Hier en daar, o.a. in de Vendée, zijn reeds zo vroeg in het Devoon bewegingen aan de gang, dat wel eens van laat-caledonische bewegingen wordt gesproken. Door het ontbreken van echte caledonische bewegingen is die term niet zinvol.

Elders in het Armoricaanse Massief en in het Centrale Massief traden de eerste bewegingen op tegen het einde van het Devoon. Daarmee begon de vorming van het eigenlijke variscische orogeen, een proces van intensieve deformatie van de korst, van metamorfose en van intrusieve en vulkanische activiteit. Het was een ingewikkeld en langdurig proces, dat tot in het Boven-Carboon duurde, dus zo'n honderd miljoen jaar.

De bouw van de Varisciden vertoont in menig opzicht de kenmerken die ook in andere orogenen, ontstaan door de botsing van



begrenzende cratons (continentale blokken) worden aangetroffen: overschuivingen, dekbladen, en grote, min of meer verticaal staande breuken, waarlangs horizontale bewegingen hebben plaatsgevonden. In het algemeen kan men zeggen dat de bewegingen in de centrale zone zijn begonnen, en buitenwaarts, in de externe zone, jonger zijn. Daarbij zijn de bewegingen in de overschuivingen en in de dekbladen meestal naar buiten gericht. Het duidelijkst komt dit tot uiting in de externe zones. In de Ardennen is het synclinorium van Dinant noordwaarts, d.i. buitenwaarts, over het synclinorium van Namen geschoven. In de Montagne Noire daarentegen zijn de bewegingen vooral zuidwaarts gericht. Samen hebben al deze bewegingen een verkorting van de aardkorst van enige honderden kilometers teweeggebracht. Zie afb. A-2. De grote verticale breuken met horizontale bewegingen laten zien dat ook in ander opzicht delen van het orogeen oorspronkelijk een andere positie ten opzichte van elkaar hadden dan nu. Vele van deze breuken, zoals de zuidarmoraanse breuk en de noordpyreneese breuk, zijn rechts-laterale breuken, d.w.z. staande op het ene blok en over de breuk heen kijkend, ziet men het andere blok naar rechts verschuiven. Het is gemakkelijk in te zien dat het er niet toe doet op welk van de twee blokken men staat. Met de tektonische bewegingen veranderde ook het beeld van de sedimentatie. Nieuw reliëf leidde tot erosie en toevoer van klastisch materiaal (zand, klei) naar zee. De rustige kalksedimentatie werd vervangen door de Culm - een variscische flyschfaciës. In de centrale delen van de keten is het Onder-Carboon (soms ook al het bovenste Devoon) in Culm-faciës ontwikkeld (Armoricaanse Massief, Centrale Massief, variscische massieven in de Alpen, Vogezen). Waar grote gebieden boven zee kwamen te liggen, eindigde de mariene sedimentatie. In het Centrale Massief en in de Vogezen gebeurde dat al in de loop van het Onder-Carboon, zodat het Viséen daar de laatste mariene sedimentatie uit het Paleozoïcum vertegenwoordigt. Verder naar buiten (Ardennen) ging de kalksedimentatie nog gedurende het gehele Onder-Carboon door (Kolenkalk-faciës). Waar met het hoogtepunt van de variscische bewegingen gebieden boven zee werden opgeheven, kon zich erosiemateriaal ophopen in de depressies van het jonge gebergte. Het is de postorogene molasse-faciës van de intramontane bekkens. De molasse ligt dan ook met een hoekdiscordantie op de geplooid ondergrond. Dit sluit niet uit dat de molasse-opvulling zelf nog weer door laat-orogene bewegingen is beïnvloed. Overvloedige vegetatie leidde tot het ontstaan van uitgestrekte veenlagen, die later door inkoling in steenkoollagen overgingen. Naast talrijke kleine intramontane kolenbekkens in de oude massieven, zijn er ook enkele van grotere omvang, zoals het Saar-Nahe-bekken. In een deel van de intramontane bekkens ging de sedimentatie tot in het Perm door, al veranderde het sedimentatiebeeld geleidelijk van karakter. De veelal rood gekleurde sedimenten en het ontbreken van koollagen wijzen op een droger klimaat (Rotliegend-faciës).

Vergeleken met het Devoon vertoont het Carboon een zeer afwisselend sedimentatiebeeld. Het is een prachtig voorbeeld van de betrekkingen tussen tektoniek en sedimentatie.

Naarmate de variscische bewegingen voortschreden, kwam in de loop van het Carboon het grootste deel van Frankrijk boven zee te liggen. Alleen aan de noordkant van het jonge gebergte handhaafde de zee zich nog enige tijd. Hier ontstond een dalende trog, het subvariscische voordiep, waarin kilometers dikke pakketten van afbraakmateriaal van het jonge gebergte werden opgehoopt. In het Boven-Carboon ontwikkelde zich een overvloedige moerasvegetatie, terwijl de invloed van de zee hoe langer hoe meer naar het noorden werd teruggedrongen. Dit voordiep is (of was) een gebied van omvangrijke steenkoolmijnbouw. In Frankrijk liggen de kolenvelden van de departementen Nord en Pas-de Calais in deze gordel.

Epiloog

Tegen het einde van het Paleozoïcum zag Frankrijk er dus heel anders uit dan thans. Het was een deel van een jong gebergte, dat zeker in menig opzicht deed denken aan het huidige beeld van de Alpen. Evenals de Alpen zijn de Europese Varisciden ontstaan door de botsing van Afrika (toen een deel van het grote continent Gondwana) met de kern van Europa.

Verwering en erosie hebben het gebergte geleidelijk afgebroken. De ontzaglijke hoeveelheid afbraakmateriaal die het gebergte heeft geleverd, maakt dat al duidelijk. Misschien nog duidelijker taal spreken de vele granietintrusies, die toch op grote diepte in de korst moeten zijn ontstaan, en nu aan de oppervlakte liggen. De door overschuivingen en dekbladen sterk verdikte (en verkorte) korst van soortelijk licht materiaal zorgde voor doorgaande opheffing, zodat de erosie het werk grondig kon doen.

De transgressies van Jura en Krijt hebben later grote delen van het intussen versleten gebergte weer onder zee doen verdwijnen. Hier en daar bleven delen van het Paleozoïcum nog boven zee uitsteken. Het huidige

beeld, waarin het Paleozoïcum in een aantal geïsoleerde blokken ("de oude massieven") aan de oppervlakte verschijnt, is in de loop van het Mesozoïcum en het Kenozoïcum door sedimentatie en erosie ontstaan. Opheffing van de oude massieven heeft gemaakt, dat ook de mesozoïsche en kenozoïsche sedimenten al weer door erosie zijn aangetast.

Afb. A-2. Profiel van het Centrale Massief door het Bekken van Parijs naar de Ardennen. De mesozoïsche en kenozoïsche sedimenten van het Bekken van Parijs zijn niet weergegeven wegens hun geringe dikte (hoogstens 3 km) in verhouding tot de dikte van de afgebeelde korst (40 km). (Naar gegevens van P. Matte en anderen)

LITERATUUR

J.-C. Fischer: Fossiles de France et des régions limitrophes; Masson, Paris 1980, 444 p. (bijna 200 p. met afbeeldingen van honderden fossielen).

Ch. Pomerol: France géologique, grands itinéraires; Masson, Paris 1980; 254 p. (bevat een algemene inleiding en een gekleurde geologische overzichtskaart 1 : 2 500 000). Behalve deze twee delen bevat de reeks "Guides géologiques régionaux" (de bekende smalle rode boekjes) afzonderlijke delen over ca. 20 streken van Frankrijk: zeer bruikbaar en warm aanbevolen.

C. Lorenz: France, Belgique, Luxembourg; Dunod, Paris 1980; 640 p. Dit is een van de vier delen in de reeks "Géologie des pays européens".

A. Aurtan & J. Dercourt: Évolutions géologiques de la France; BRGM Mémoire. 107, Orléans 1980, 351 p.

Naast geologische kaarten op verschillende grotere schalen (o.a. 1 : 50 000) is er een zeer bruikbare geologische kaart van Frankrijk in twee bladen (noord en zuid): de Carte géologique de la France, schaal 1 : 1 000 000, uitgave BRGM.

¹⁾ Dikwijls worden de termen "hercynisch" en Hercyniden" gebruikt. Deze termen, afgeleid van de Latijnse naam van de Harz, werden door L. von Buch ingevoerd, en hadden oorspronkelijk betrekking op een bepaalde tektonische richting. Later is de term "hercynisch" ook in andere betekenissen gebruikt, o.a. als faciës-term (hercynische faciës naast rijnse faciës). Als algemene term voor het bovenpaleozoïsche orogeen in Europa verdient de door

R. Suess ingevoerde term "variscisch" (met Varisciden) de voorkeur. Deze term is afgeleid van "Curia Variscorum", Curia in het land der Varisken, de plaats Hof in Beieren, gelegen op de rand van het Boheemse Massief.

²⁾ Flysch en molasse zijn oorspronkelijk stratigrafische termen uit de Alpen. Het zijn afzettingen die in nauw verband staan met de processen van orogenese (deformatie van de korst) en gebergtevorming (opheffing van de keten). Dientengevolge worden de termen tegenwoordig in andere orogenen gebruikt, onafhankelijk van hun ouderdom. Een flysch-faciës staat in verband met toemend onderzees reliëf tijdens de aan de gang zijnde orogeenetische bewegingen. Het kunnen turbidieten zijn, bestaande uit gegradeerde lagen (waarbij in iedere laag de korrelgrootte van grof aan de basis naar fijn aan de bovenkant afneemt). Een molasse-faciës dankt zijn ontstaan aan erosiemateriaal dat uit een jong gebergte, na het orogeen paroxisme, wordt afgevoerd. Het grootste deel van de molasse, die zowel onder continentale als onder mariene omstandigheden kan ontstaan, ligt dan ook buiten het gebergte, in het voorland. Naar hun samenstelling kunnen flysch en molasse zeer gevarieerd zijn: van kleien tot conglomeraten, de laatste vooral in de molasse.

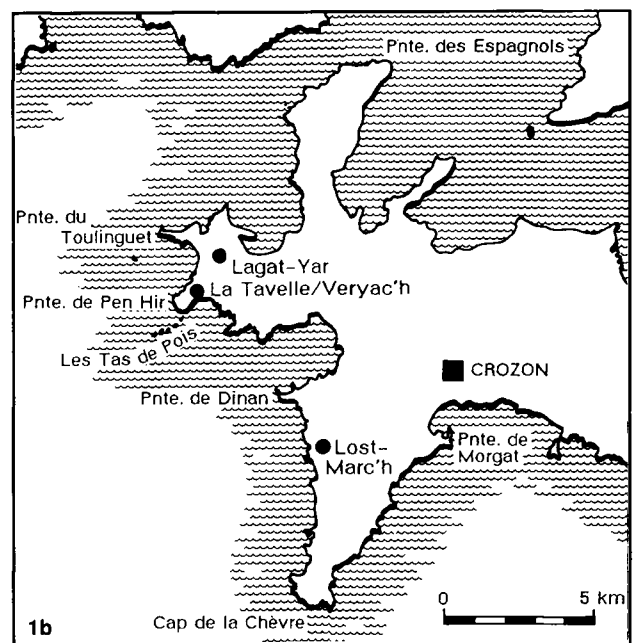
³⁾ Onder epirogenetische bewegingen verstaat men verticale bewegingen. Zulke op- en neergaande bewegingen van de bodem, al dan niet samen met bewegingen van het zeeniveau, beïnvloeden de waterdiepte en de ligging van de kustlijn. Daardoor kunnen zij het sedimentbeeld veranderen, of tot onderbrekingen van de sedimentatie, soms met erosie, leiden.

Bretagne

door W.C.P. de Vries en
J. Stemvers-van Bommel

Bretagne is een van de meest geliefde vakantiegebieden van Frankrijk. Het is speciaal in trek bij zeegenieters, en die zijn er vele. Vooral in augustus zijn de kusten druk bezocht; auto's snorren overal rond, en niet zo zachtjes. U zult uzelf een groot plezier doen, de tijd voor een bezoek zorgvuldig uit te zoeken, zodat u op uw gemak de vele geologisch interessante punten kunt bekijken. En die liggen niet alleen aan de kust, zoals we zullen zien. In het binnenland liggen verscheidene bijzondere mineralenvoorkomens; enkele ervan hebben zelfs wereldfaam. Op afb. B-1, a en b zijn de in de tekst genoemde lokaties aangegeven.

Het Bretonse binnenland heeft uitgestrekte bossen en weidevelden, het landschap is ruig, de bodem is er vrij arm aan voedingsstoffen. De bevolkingsdichtheid is er dan ook niet zo groot als bijvoorbeeld in de kalkige delen van Normandië. De huizen zijn veelal gebouwd van donkere gesteenten met vaak ruwgevormde leistenen als dakbedekking. De oorzaak van de achtergebleven agrarische welvaart is gelegen in de ondergrond van Bretagne, en ook van de Vendée, die vooral uit granieten, schisten, kwartsieten bestaat, gesteenten die bij verweering een zure, arme bodem geven die veelal net goed genoeg is voor een extensieve veeteelt.



Afb. B-1. Kaartje van Bretagne met de genoemde lokaties. a: overzicht; b: Presqu'île de Crozon.