



De korst van Iberia golft flink. Door een botsing 12 miljoen jaar terug werd het Cantabrisch Gebergte flink omhoog gedrukt. Foto: University of Manchester Geology Students.

Het stenen vlot

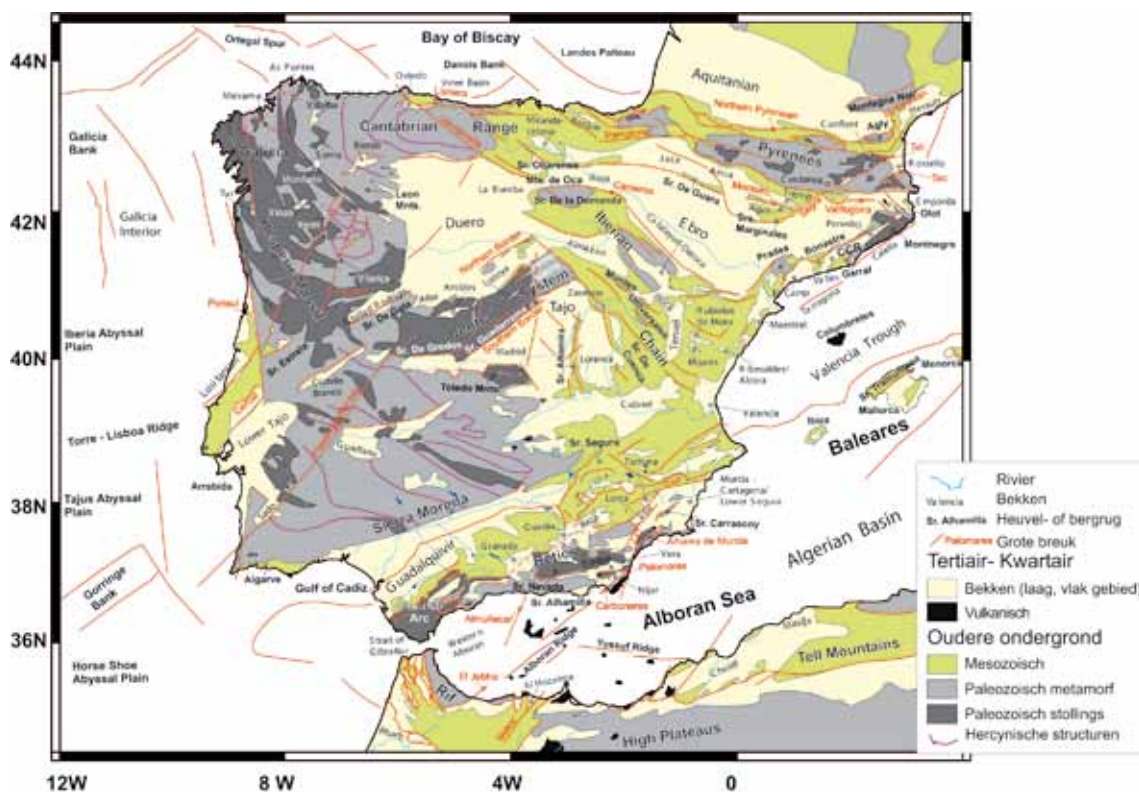
Plaatbewegingen van het Iberisch Schiereiland

door Bernd Andeweg
Vrije Universiteit Amsterdam
bernd.andeweg@falw.vu.nl

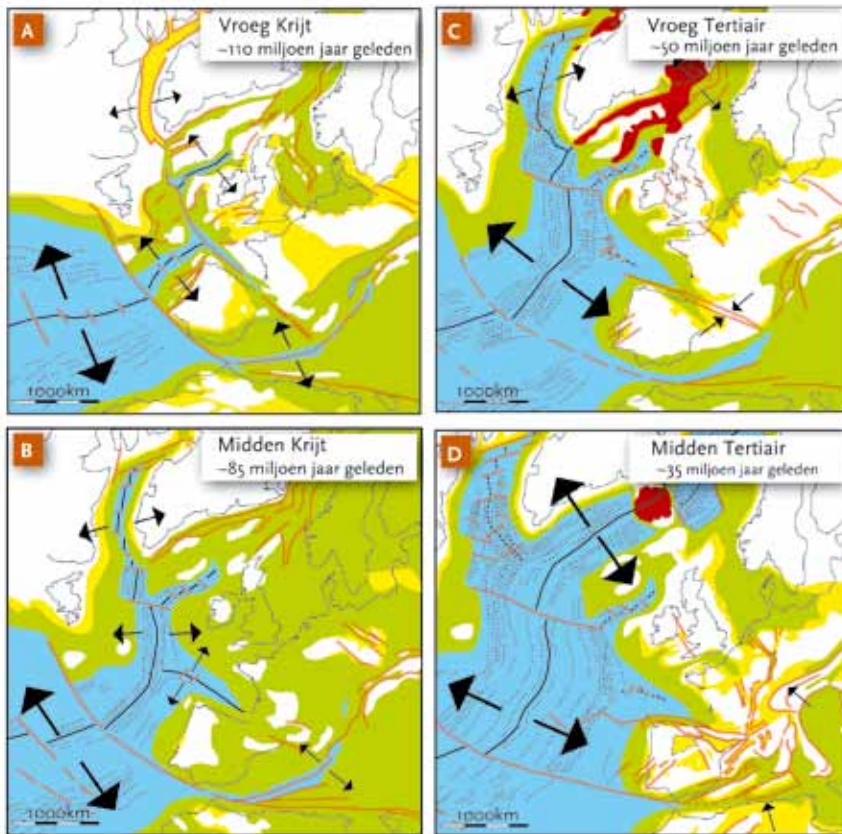
In *A Jangada de Pedra* (Het stenen vlot) uit 1986 van de Portugese schrijver José Saramago breekt het Iberische Schiereiland door aardbevingen los van Europa en drijft in westelijke richting over de Atlantische Oceaan. Onzinnig? Ja. Toch zijn Spanje en Portugal wel degelijk een 'stenen vlot' geweest in het geologische verleden. Al was Spanje nog niet zoals we het nu kennen; Torremolinos maakte geen deel uit van het continent. Iberia is een interessante plek om te bestuderen hoe plaatbewegingen dit microcontinent vormgaven en nog steeds nu en dan opschudden, getuige de laatste schokken op 11 mei 2011.

Het Iberische Schiereiland en de omliggende zee en oceaan vormen een geologische puzzel die aardwetenschappers al tijden bezighoudt en dat nog wel even zal blijven doen. Op de geologische kaart van het Iberische Schiereiland valt een aantal zaken op (afb. 1). Het midden en westen bestaan grotendeels uit Paleozoïsche

metamorfe en stollingsgesteenten (grijze tinten). Het oosten toont vooral Mesozoïsche gesteenten (groen). Grote delen van het binnenland zijn bedekt met jongere sedimenten uit het Tertiair en Kwartair (lichtgeel). Kortom: delen van Spanje hebben de laatste miljoenen jaren geen belangrijke veranderingen ondergaan, maar grote delen zijn pas recent gevormd.



Afb. 1. Geologische kaart van Spanje. Bron: 2011 *Geografie & B.J. Köbben & B. Andeweg*



Afb. 2. Vorming van het Iberisch Schiereiland. A: Vroeg-Krijt; B: Midden-Krijt; C: Vroeg-Tertiair; D: Midden-Tertiair.

De structuren in de oude gesteenten van westelijk Iberia (paarse lijnen) zijn tegelijk gevormd met de Ardennen, tijdens de Hercynische plooiingsfase. Deze oude zones liggen er nog steeds, ook in het oostelijke en centrale deel van Iberia onder de jongere gesteenten, en beïnvloeden de huidige vervorming. We bekijken een paar momenten in de geologische tijd die cruciaal zijn geweest voor de huidige vorm van het Iberische Schiereiland.

Vroeg-Krijt

In het Vroeg-Krijt, 120 miljoen jaar terug, kun je op een heldere dag vanuit Galicië (Noordwest-Spanje) Bretagne zien liggen. Het schiereiland bevindt zich ten opzichte van nu met de klok mee gedraaid dicht bij de punt van Bretagne. Pangea, het grote continent waar ook Europa deel van uitmaakt, begint langzaam op te breken en de Atlantische Oceaan ontstaat. Deze oceaan opent zich niet in één keer van de punt van Zuid-Afrika tot aan Spitsbergen; dat gebeurt in stappen. Als eerste drijven 150 miljoen jaar terug Noord-Amerika en Noord-Afrika van

Afb. 3. De Carbonerasbreuk. In deze strike-slip breuk zijn allerlei lithologieën uit de omgeving terecht gekomen en bieden zo een bonte aanblik. Foto: Sinead Fenton.



□ Continent
 ■ Continentale en kustafzettingen
 ■ Zee-afzettingen
 ■ Oceaan
 ■ Basaltplateau
 --- Actieve mid-oceanische rug
 - - - Niet meer actieve rug
 --- Breuk/breukzone
 --- Huidige kustlijn

elkaar af, terwijl Europa nog wel aan Noord-Amerika vastzit (afb. 2A). Daardoor ontstaat tussen Noord-Afrika en Europa beweging. De openende oceaan zoekt zich een weg naar het noorden. Een paar pogingen mislukken: Iberia komt wel los van Bretagne, maar de opening zet niet door. Ook tussen Groenland en Newfoundland komt het niet tot een volle oceaan. Van het Trias tot het Laat-Krijt (ruim 200 tot 85 miljoen jaar terug) wordt van alle kanten aan Iberia getrokken; in het oosten opent zich in deze periode een riftbekken, een dalend gebied door rek in de korst. Hierin worden eerst dikke pakketten rode zandstenen en conglomeraten (grind) afgezet, maar de daling gaat snel en de zeespiegel stijgt sterk door de klimaatverandering: er ontstaat een ondiepe zee.

Laat-Krijt

In het Laat-Krijt, 70 miljoen jaar terug, staat de zeespiegel ongeveer 200 meter hoger dan nu: grotere delen van de continenten worden ondiepe zeeën. Omdat Spanje en Portugal al tijden geen bergtevorming hebben meegemaakt, is het continent vrij vlak. Het schiereiland loopt daarom flink onder en steekt nog maar een derde van het huidige oppervlak boven zee uit (afb. 2B): de tijd van het geologische stenen vlot! Vooral de oude metamorfe gesteenten van het westen en midden vormen het vlot waarop wat dino's rondrijven. Aan het begin van het Krijt wil het openen van de Atlantische Oceaan tussen Spanje en Frankrijk niet lukken; meer naar het westen, tussen Ierland en Newfoundland, breekt de oceaan wel door. Iberia 'drijft' los van Europa en omdat de opening ten westen van Iberia sneller gaat dan die verder noordwaarts, schuift Iberia schuin tegen het zuiden van Frankrijk aan (afb. 2C). Dat is het

Actieve tektoniek

Door het klemzetten van Iberia hoopt zich in de korst een grote spanning op. Die ontlad zich geregeld door aardbevingen. Grote klappen komen niet vaak voor, maar wie er een meemaakt, zal het niet snel vergeten. Zo wordt Lissabon in 1755 zwaar getroffen door een beving in zee op bijna 300 kilometer afstand. We schatten de sterkte van de beving nu op 8.5 tot 9.0, meer dan genoeg om een tsunami van meer dan 15 meter hoog te veroorzaken op de Portugese en Zuid-Spaanse kust. Zelfs in Nederland wordt de beving gevoeld en op veel plaatsen breken schepen van hun touwen los. De beving vindt plaats langs de hier zeer complexe plaatgrens tussen Afrika en Eurazië, met gedeeltelijke subductie. Ook in de jaren '60 van de 20ste eeuw gaat het hier aardig te keer (6.5 in 1964 en 7.9 in 1969). Almeria, in het zuiden van Spanje, wordt in 1522 getroffen door een zware aardbeving in zee, even ten zuiden van de stad. De beving ligt precies in het verlengde van een van de meest opvallende breuken van het land die nog altijd actief is: de Carbonerasbreuk (afb. 3). Op de zeebodem vormt de breuk een duidelijke helling en ook op het land is hij fenomenaal goed te zien. Langs de breukzone schuiven delen van Spanje langs elkaar. Allerlei gesteenten die in de buurt voorkomen schuren hier langs elkaar. Dat levert een opvallend kleurenpalet op, dat zelfs als ansichtkaart bij de plaatselijke *libreria* (boekhandel) te koop is. Het bevingsrisico is het grootst in het zuidoosten van het schiereiland, in Granada, Almería, Alicante en Murcia. Daar komen eens in de zoveel decennia zware aardbevingen voor. Dankzij de kennis die we hebben van de structuur van de korst weten we dat aardbevingen boven de 8.0 hier niet snel zullen optreden. Maar doordat Iberia zo in de mangel wordt genomen is een kracht van 6 of 7 hier heel goed denkbaar – óók op grotere afstand van de plaatgrens tussen Afrika en Europa door het zuiden van Spanje. De zware beving van 1755 voor de zuidwestkust van Portugal laat zien dat we op die plaatgrens met nog zwaardere bevingen rekening moeten houden. De meest recente aardbeving in Zuidoost-Spanje vond dit voorjaar plaats. Op 11 mei troffen twee flinke bevingen, de zwaarste met een magnitude van 5.3, het historische stadje Lorca in de provincie Murcia. Ze waren voelbaar tot in Madrid en veroorzaakten de grootste schade in 30 jaar. De voorlaatste aanzienlijke beving, in 2005, had een magnitude van 4.6. De bevingen bij Lorca werden veroorzaakt door een zijwaartse beweging (strike-slip) langs een van de vele breuken in de ondergrond, in dit geval het verlengde van de Breuk van Alhama de Murcia. Dat een aantal van de breuken nog recent actief is, kun je duidelijk zien in het landschap: hoge bergruggen stijgen hier op uit vlaktes, de grens tussen beide is messcherp: een breuk. Probleem van zo'n breuk is dat het langs elkaar schuiven van delen aardkorst maakt dat bevingen erg ondiep plaatsvinden – anders dan wanneer platen over en onder elkaar duiken. En het zijwaarts schudden laat huizen en gebouwen eerder instorten dan wanneer ze op en neer bewegen.

moment waarop de Pyreneeën zich gaan vormen. Deze bergketen strekt zich uit tot de Franse Rivièra (Alpilles) en bereikt rond 40 miljoen jaar terug zijn hoogtepunt. Nog altijd is de 'las' tussen Frankrijk en Spanje, de Pyreneeën dus, een zwakke zone met tal van kleine aardbevingen. Spanningen van deze botsing vertalen zich verder in het zuiden van het Iberische continent in het ontstaan van de Iberische Keten.

Midden-Tertiair

Corsica en Sardinië blijven nog tot het Midden-Tertiair, 30 miljoen jaar terug, vastzitten aan het Iberische Schiereiland. Dan begint het westelijke deel van de Middellandse Zee zich te openen. In het verlengde van het Rhônedal wordt de korst uit elkaar getrokken. Corsica en Sardinië draaien weg van Barcelona.

De nieuw gevormde eilanden krijgen het 24 miljoen jaar terug flink op hun heupen: in zes miljoen jaar bewegen ze naar hun huidige positie: Sardinië schuift meer dan 500 kilometer op. Achter de eilanden wordt de continentkorst stuk getrokken, maar omdat Afrika uit het zuiden nadert, komt het niet tot echte oceaانvorming. Het westelijke Middellandse Zeegebied is een feit.

Laat-Tertiair

Het Laat-Tertiair, 12 miljoen jaar terug, maakt Iberia uiteindelijk tot wat het nu is. Andalusië en de Sierra Nevada worden dan met een stevige smak tegen de zuidkant van Iberia geplakt. Tot die tijd kun je dus al iets ten zuiden van Albacete (halverwege Madrid en Alicante) aan het strand liggen in plaats van in Torremolinos. Met je voeten in het zand zie je verder in het zuiden een microcontinent: Alboran. Dit botst zowel tegen de zuidrand van Spanje, als tegen de noordrand van Afrika. Het midden van het microcontinent vormt nu een diepe zee tussen beide. Het mechanisme daarachter is nog een verhit debat onder geologen. Volgens de ene theorie heeft Alboran een sterk verdikte korst en breekt daar in de diepte een deel van af, waardoor het geheel onder het eigen gewicht instort; een andere theorie veronderstelt dat er gedeeltelijk subductie plaatsvindt. Hoe dan ook, door de botsing wordt de doorgang tussen de Atlantische Oceaan en Middellandse Zee minstens één keer geblokkeerd. Hierdoor kan er geen nieuw zeewater in de Middellandse Zee stromen. Het zeewater verdampt in ongeveer 1000 jaar en er vormen zich tientallen meters dikke pakketten zout. Dit speelt allemaal zo'n 5,5 miljoen jaar terug. Dat Afrika en Iberia in deze periode met elkaar in verbinding staan, bewijzen de gipsen en kleien met pootafdrukken van girafachtigen in het zuidoosten van Spanje (tussen Jumilla en Fuente-Álamo). Doordat het centrale deel van Alboran verder zakt, vormt zich bij Gibraltar uiteindelijk toch weer een opening, waardoor oceaانwater met enorm geweld de kilometers lager gelegen bodem van de drooggevalle Middellandse Zee overspoelt. Op de zeebodem zijn tot 250 meter diepe kloven uit die tijd te vinden. Door de botsing 12 miljoen jaar terug vormen zich allerlei geologisch jonge structuren, zoals in het midden van Spanje het Centraal Systeem, ook wel Castilliaans Scheidingsgebergte genoemd, met toppen van 2500 meter. Ook het Cantabrisch Gebergte wordt flink omhoog gedrukt. Ten noorden en zuiden van deze bergruggen dalen gebieden, zoals het Duero-bekken en het Taag-bekken. Ze raken gevuld met Tertiaire sedimenten. Deze pakketten liggen vrijwel horizontaal, maar rivieren hebben er wel diepe dalen in uitgesneden. Als Nederlander kun je deze bekkens niet meer vlak noemen.

Anno nu

Iberia wordt nog altijd stevig in de mangel genomen tussen Afrika en Eurazië, die elkaar met een ruime centimeter per jaar blijven naderen. Het zuiden van Spanje en de noordkant van Marokko zijn de eerste gebieden waar de continenten stevig in de problemen komen. De korst van Iberia golft dan ook flink. Omdat de aardkorst ook nog opvallend dik is, ontstaan er sterke overgangen aan zowel de noord- als westkust. In het noorden gaat de topografie van 2500 meter hoogte (het Cantabrisch Gebergte) naar 4000 meter diepte vlak voor de kust in de zuidelijke Golf van Biskaje. Erg steil voor geologische begrippen. Ook is op veel plekken te zien dat Iberia de hoogte in gaat. De bekkens in Centraal Spanje worden sterk geërodeerd en op veel plekken langs de kust liggen oude strandvlaktes tot op wel een paar honderd meter hoogte.

Geofantaseren

Hoe ziet de geologische toekomst van Spanje en Portugal eruit? Gaat Portugal de hoogte in? Barsten er vulkanen onder Salamanca uit? Afrika blijft Europa in ieder geval naderen en probeert daarbij Spanje rechts in te halen. Marokko wordt langs



Afb. 4. De Volcan del Croscat, een van de recent actieve vulkanen in de Garrotxa, 100 kilometer ten noorden van Barcelona.
Foto: www.free-photos.biz

continent. Daarbij ontstaat een nieuwe subductiezone. Dat is wel pas over 5-6 miljoen jaar. Als het gaat om toekomst-scenario's, kunnen we niet veel anders doen dan de bewegingen van nu in de toekomst doorzetten. Een beetje vergelijkbaar met de Buienradar: de plaatjes voor de komende uren zijn projecties vooruit van de situatie op het moment. Terwijl op Buienradar heel duidelijk te zien is dat de buien zich in de afgelopen uren sterk ontwikkelden, wordt het beeld van nu in de tijd vooruit 'gekopieerd', zonder verdere dynamiek. Eén ding is duidelijk: precies zoals de voorspellingen loopt het zeer waarschijnlijk niet. Ook bij de geologie blijven dit soort gedachtenexperimenten behoorlijk geofantasie. Maar wel leuk!

de Atlas van Afrika afgesneden en samen met Iberia naar het westen gedrukt. De spanning aan de rand van het continent op de overgang naar de oceanische korst loopt steeds meer op. De oceanische korst voor de kust van Portugal schuift onder het

*Dit artikel is eerder gepubliceerd in Geografie, juni 2011
www.geografie.nl*

Meer geologie van Spanje? Kijk op www.geo.vu.nl/~andb/iberia

Actieve vulkanen?

Op de Canarische Eilanden zijn nog actieve vulkanen, maar op het vasteland van Spanje? Cabo de Gata in het uiterste zuidoosten van Spanje is wellicht bekend als vulkanisch gebied, maar de laatste stromen lava stolden hier al 10 tot 5 miljoen jaar terug. Geologisch gezien recent actieve vulkanen zijn te vinden in de Garrotxa (een 'comarca' in Catalonië), in de buurt van Olot, 100 kilometer ten noorden van Barcelona (afb. 4). Deze vulkanen zijn van 700.000 jaar tot 10.000 jaar terug nog actief geweest. Het zijn dus eerder slapende dan uitgedoofde vulkanen. Het Campo de Calatrava, in de buurt van Ciudad

Real, beleeft de laatste uitbarstingen zelfs tot 3600 jaar terug! Je vindt hier meer dan 300 kleine vulkanen, soms met een 'maar' (Hoya), een rond meer doordat de krater met water is volgelopen. Het gaat om basaltisch vulkanisme, rijk aan ijzer en magnesium, dat in principe weinig explosief is. Maar wanneer de lava in contact komt met het water in de krater ontstaan toch explosieve uitbarstingen. De korst is hier voor Iberische begrippen dun: magma heeft zich een weg omhoog kunnen banen doordat Iberia op grote schaal plooiën vormt; het Campo de Calatrava ligt bovenop een van de plooiën.