

Nummulieten en hun opwaardering van sprookjesmunt tot oliereservoir

door Anne Rutger Fortuin
Fac. Aard- en Levenswetenschappen VU, Amsterdam,
Geologisch Museum Hofland, Laren
a.r.fortuin@vu.nl

Nummulieten (letterlijk 'muntstenen') zijn ooit gezien als versteende linzen en munten. Als nummulietenkalk hebben deze organismen hun nut als bouwsteen al sinds de bouw van de Egyptische piramides ruimschoots bewezen. Dat deze kalken zelfs als oliereservoir kunnen fungeren, is minder bekend. Deze bijzondere fossielen hebben niet alleen een bijzondere naam, maar genieten ook ruime bekendheid als gidsfossielen voor het Eoceen (56 – 34 miljoen jaar geleden). De eerste nummulieten zijn echter al bekend vanaf het Laat-Paleoceen en pas tegen het eind van het Vroeg-Oligoceen stierven ze uit, zodat hun geschiedenis ongeveer 30 miljoen jaar beslaat. Nummulieten zijn de veelkamerige kalkskeletjes van grote foraminiferen, een belangrijke groep van mariene, eencellige micro-organismen. Ze kunnen zo massaal voorkomen in ondiep mariene afzettingen dat ze dikke kalkpakketten vormen. Vooral de grotere en afgeplatte vormen doen aan munten denken.

'Gaatjesdragers'

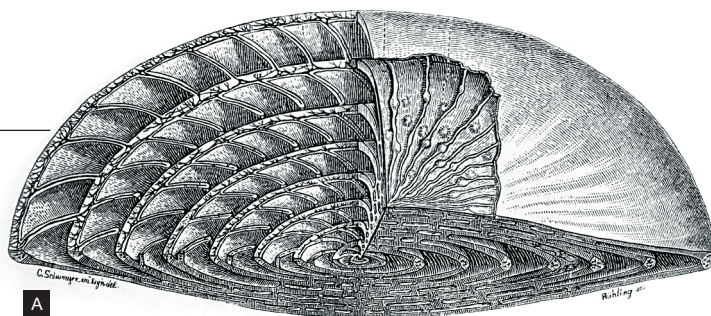
Foraminiferen ('gaatjesdragers'), kortweg forams, zijn eencelligen die hun protoplasma (de levende celinhoud) beschermen door middel van kamervorming. Veruit de meeste forams doen dit door middel van een kalkskelet dat voorzien is van perforaties waar de protoplasmadraden doorheen kunnen, naast ook een grotere opening (mondopening) voor protoplasma aan het uiteinde van de laatstgevormde kamer. Forams zijn meestal klein (<1 mm) en moeten dan ook met een binoculaire microscoop bestudeerd worden. Ze zijn uitstekend bruikbaar als gidsfossielen, vooral de soorten met een planktonische leefwijze; deze zweven in het oceaanwater en kunnen daardoor makkelijk een grote verspreiding krijgen.

Sommige benthonisch levende foramgroepen, die op de zeebodem leven, zijn erin geslaagd om veel langer door te groeien en zo talloze kamers te ontwikkelen volgens bepaalde windingspatronen. Deze soorten worden populair gezegd 'grootforams' genoemd. Van recente vertegenwoordigers is bekend dat deze uitgroei te danken is aan symbiose met bepaalde algen. Dergelijke fotoautotrofe algen maken snellere kalkafscheiding mogelijk, maar hebben daglicht nodig om goed te kunnen functioneren en dat verklaart ook de gebondenheid van deze grootforams aan betrekkelijk ondiepe milieus. Daarover later meer.

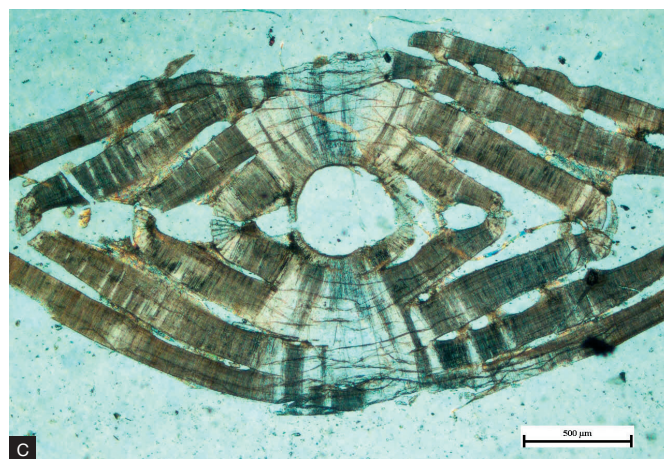
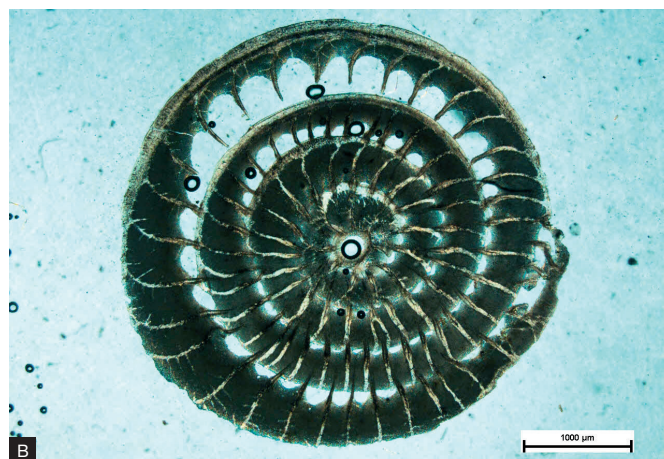
Nummulieten groeiden uit door hun kamers in een vlakke spiraal te blijven winden (afb. 1A,C), waarbij de nieuwgevormde kamers over de voorgaande winding heen grijpen (involuut, afb.1B). Nauw verwante soortgenoten die hun nieuwe kamers tegen de voorgaande spiraal aan laten groeien (evolute winding) vormen het genus *Assilina*. Vertegenwoordigers van deze geslachten komen in bepaalde afzettingen samen voor. De wat kleinere en dikkere nummulieten ontwikkelden een lensvorm (afb. 1 en 2) en doen hierdoor meer aan linzen dan aan munten denken. Dankzij deze lensvorm zijn ze al vroeg opgevalen. Dit is vooral te danken aan het feit dat de Egyptische piramiden van Gizeh uit lokaal aanwezige nummulietenrijke kalk zijn opgetrokken.

Bouwstenen van de piramiden

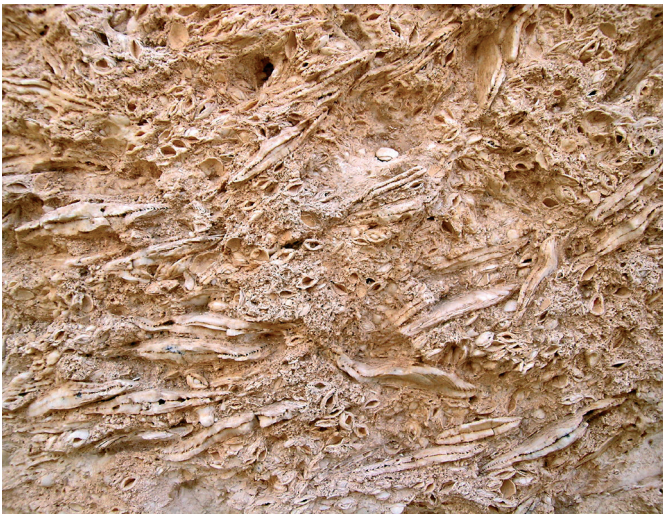
Rond het begin van onze jaartelling is hun voorkomen in de kalk te boek gesteld door Strabo. Deze Griekse historicus en geograaf is beroemd geworden door zijn beschrijvingen van de wereld van de Oudheid. Hij bezocht ook Egypte en schreef over



Afb. 1. A. Bouwwijze van de nummuliet (von Zittel, 1915). Afgebeeld is *Nummulites lucasanus*, net als die in afb. 5 afkomstig van de Kressenberg in Beieren. Het bouwplan wordt zowel in equatoriale- als dwarse aansnijding getoond. Let op de aanwezigheid van kanaalsystemen in de kalkschaal, plus de aanwezigheid van kalkpijlertjes (knobbels). De foto's B en C zijn gemaakt van dunne doorsnedes. B. Dwarsdoorsnede van *Nummulites planulatus* (Onder-Eoceen, Leon, Spanje). C. Overlangse doorsnede door het vlak van winding. Dezelfde soort, herkomst onbekend. De met zwart omliggende rondjes zijn luchtballen in de Canadabalsem.



de piramiden van Egypte (Geografie, boek XVII, hfst. 34): "Een buitengewoon iets dat ik bij de piramiden zag mag niet onvermeld blijven. Voor de piramides liggen nog steenbrokken afkomstig uit de groeves. Daarbij zijn bestanddelen die qua vorm en afmetingen op linzen lijken. Sommigen zien eruit als half gepelde korrels. Deze, zo zegt men, zijn de resten van het voedsel



Afb. 2. Nummulieten in Eocene grainstone bij de ruïnes van de oud-Griekse en Romeinse stad Cyrene, Noord-Cyrenaica (Libië), waar deze kalken als bouwsteen gebruikt zijn. Zowel grote en tamelijk platte, als ook kleinere en bollere nummulieten liggen in een korrelige grondmassa ("gruis") van veel kleinere bioklasten. De platte nummulieten (hier tot 5 cm in diameter) liggen duidelijk georiënteerd. Deze kalk vertoont ook flinke porositeit en is waarschijnlijk een equivalent van de oliereservoirs elders in Noord-Afrika.

van de werklui die in steen zijn veranderd, wat niet waarschijnlijk is". Met de halfgepelde korrels bedoelt hij de opengespleten skeletjes. Strabo ziet er eerder een geologisch fenomeen in, maar zulke termen en fossielen (afgezien van versteende schelpen) waren hem nog onbekend. Wel noemt hij even verderop dat er in Egypte streken zijn die vroeger onder water gelegen moeten hebben.

Overigens schreef Herodotus al veel eerder over de bouw van de piramides (5^e eeuw v. Chr.) en de eigenschappen van de bouwblokken. Hij wordt nogal eens opgevoerd als naamgever van de nummulieten. In werkelijkheid refereert hij daar echter niet naar in zijn 'Historiën'.

De echte naamgever van het genus *Nummulites* volgens de Linneaanse nomenclatuurregels was Lamarck (in 1801; met *N. laevigatus*). Eigenlijk zouden we de al eerder gebruikte genusnaam *Camerina* (Bruguière, 1792) moeten gebruiken, maar Lamarcks naam was al zo ingeburgerd geraakt dat *Nummulites* uiteindelijk het pleit heeft gewonnen.

Bij nummulieten en veel andere groepen foraminiferen is sprake van geslachtsdimorfie. Binnen dezelfde populaties kun je zowel exemplaren vinden met een relatief grote eerste kamer (de ma-

Afb. 3. De monumentale trap naar de kathedraal van Girona (met barokke voorgevel). De kathedraal is van top tot teen uit nummulietenkalk opgetrokken.

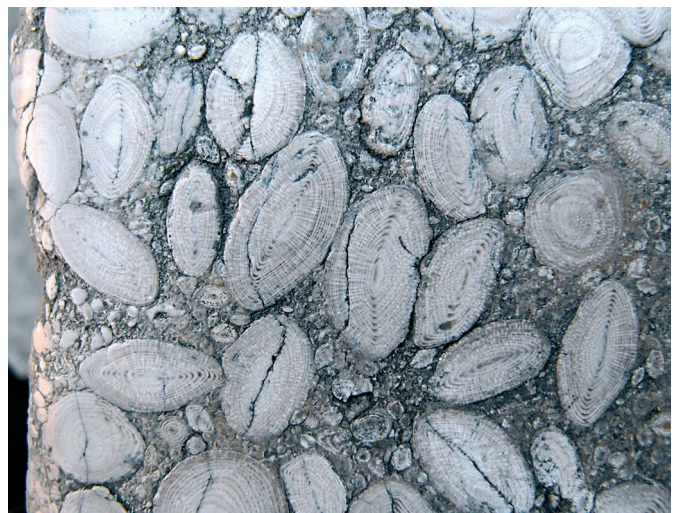


crossfere vorm) als exemplaren die met een kleine beginspiraal starten (de microsfeer vorm). Dit is een gevolg van zowel seksuele als asexuele voortplanting, waarbij de macrosferen door asexuele voortplanting zouden zijn ontstaan. Men neemt aan dat seksuele voortplanting gekoppeld is aan optimale leefomstandigheden bij een grote populatiedichtheid.

Inspiratie

Tegen het einde van mijn geologiestudie in Utrecht kreeg ik als tijdelijk onderzoeksbaantje de taak om een biometrische studie van mijn hoogleraar Drooger naar de evolutie van nummulieten van Noordwest-Europa te helpen afronden (Drooger et al., 1971). Heel wat individuen werden opengespleten (Voor de liefhebbers: dat lukt makkelijk als de kamers niet opgevuld zijn; dit bereik je door exemplaren op een lepel boven een gasvlam gloeiend heet te maken en ze dan in een bakje koud water te deponeren). Vervolgens werden diverse parameters door de microscoop gemeten, zoals het aantal kamers van de eerste twee windingen, de schaaldiameter, de grootte van de eerste kamer, etc.)

De inspiratie voor dit artikel kwam echter deze zomer, na een bezoek aan de mooie Catalaanse stad Girona. Voorbereid op het maken van een stadswandeling, en niet op geologische zaken, koersten mijn vrouw en ik allereerst af op de nogal hoog oprijzende kathedraal, die opgetrokken is uit lichtgekleurde kalksteen. Een monumentale trap voert omhoog naar de ingang (afb. 3). Eenmaal op de treden vielen de door duizenden voetstappen glad gepolijste grootforams in de kalksteen onmiddellijk op. Op een kerktrap kniel je wel als je onder je voeten mooi afgeslepen nummulieten ziet die op de foto moeten (afb. 4). Na het hele gebouwencomplex bekeken te hebben waren we onder de indruk van de enorme hoeveelheid nummulietenkalk die in dit bouwwerk gebruikt moet zijn.



Afb. 4. Detail van een traprede. Door eeuwenlang gebruik zijn de glad geslepen nummulieten uitstekend zichtbaar. De afmeting van de grootste exemplaren is ongeveer 2 cm. Net als in afb. 2 liggen de nummulieten door stroming georiënteerd, wat je kunt afleiden uit het feit dat er vrijwel alleen min of meer dwarse doorsnedes te zien zijn.

Na achteraf enige geologische informatie over deze stad opgezocht te hebben, bleek dat deze kalksteen bekend staat als "Girona stone" en dat deze in heel wat bouwwerken, waaronder ook de middeleeuwse stadsmuur, is toegepast. De oude steengroeven liggen hoger dan de stad zelf op de oostelijke dalhelling, waar een beschreven wandeling naar toe te maken is met daarbij als beloning een fraai uitzicht over de stad. Helaas misten wij op dat moment deze informatie, maar de geïnteresseerde lezer kan deze zelf binnenhalen (zie onderaan dit artikel). Wie plannen heeft om Catalonië te bezoeken, moet deze kalkrijke wandelroute niet missen. Het is zeker een omritje waard!

Versteende munten

Bekijk afb. 5 eens en u ziet dat deze sterk op een versleten munt lijkt. Dit exemplaar uit de collectie van mijn vroegere VU-afdeling is volgens opgave afkomstig van de Kressenberg, bij het dorp Siegsburg in Zuidoost-Beieren. Deze Kressenberg is een klassieke fossielenvindplaats (zie ook afb. 1). De nummulieten, die daar ook buiten de vroegere groeve los te vinden zijn, zijn daar al van oudsher bekend en de dorpingen wisten destijds ook wel waarom. Bij het dorp hoort een klooster met het bedevaartskerkje Maria Eck, waar al enkele eeuwen Jezus' moeder vereerd wordt. Het toeval wil dat langs de weg naar dit kerkje verspoelde nummulieten gevonden worden, zodat ze volgens een van de eerste onderzoekers van de streek (Schafhäutl, 1846) in het dorp bekend staan als Maria Ecker penningen. Het verhaal wil dat een boef geld uit de offerkist had gestolen, maar dankzij tussenkomst van Maria veranderde het geld in steen en verloor het zo zijn waarde. De vorige paus Benedictus XVI schijnt daar als kardinaal Ratzinger op zijn wandelingen in de streek graag even de kerk bezocht te hebben. Hij zal onderweg vast wel eens een Mariapenning opgeraapt hebben...

De Girona Steen nader bekeken

De kalksteen van Girona is officieel ingedeeld in de Girona-Tavertet Limestone Formation (Serra-Kiel et al., 2003). Dit kalkpakket is in de regio goed ontwikkeld en kan op meerdere plaatsen bestudeerd worden. Het is gedateerd als Vroeg Lutétien (oftewel rond 45 miljoen jaar oud). De kalksteen is nogal uniform en compact (afb. 4) en lijkt, in kalksteen-terminologie, meer een *grainstone* te zijn dan een *packstone*. Dit wil zeggen dat deze kalk voornamelijk is opgebouwd uit korrels die elkaar raken. (N.B. Het verschil tussen een grainstone en een packstone is dat er bij packstones een zichtbare hoeveelheid klei ('mud') aanwezig is). De voorkomende kleinere korrels lijken vooral ook microfossielen te zijn. De dichtheid van de kalk is 2,69-2,79, bij een hardheid van 3-3,5. De steen kan belasting tot 800 kg/cm² verdragen, aldus een gevonden opgave (J.M. Pla Dalmáu, 1970).



Afb. 5. Een Maria Eck-penning. Deze nummuliet is afkomstig van de Kressenberg bij Siegsburg en heeft een doorsnede van 5 cm. Collectie VU.

De in afb. 4 getoonde nummulieten zijn tot 2 cm groot en variëren van rond tot elliptisch, afhankelijk van de aansnede. Vooral in de bijna dwarse doorsnedes is te zien is dat de kamerwindingen verstevigd zijn met massieve kalkpijlertjes (de witte, naar buiten gerichte kalkschotjes op de foto). Pijlergroei verstevigt het skelet en dit wordt gezien als een aanpassing aan een leefmilieu met veel energie door golfwerking en/of stroming. In de foto is geen aansnijding door het vlak van winding te zien (oftewel het equatoriale vlak; linksboven en rechtsonder wel bijna equatoriaal). Dit wijst erop dat de nummulieten nogal parallel

georiënteerd in het gesteente liggen. Waarschijnlijk is dat een gevolg van bijeenpoeling door stroming. Nog een ander aspect valt bij nadere bestudering op (zie afb. 6). Daar is goed te zien hoe delen van de schaal zijn verdwenen. Links van het midden is een duidelijke vergroeiingsrelatie te zien tussen de kleinere nummuliet boven en de grote daaronder. Ook de nummuliet in het midden van de foto is duidelijk vergroeid met die daarboven. De vergroeiingsnaden worden gemarkeerd door een zwarte modderfractie. Dit is een oplossingsresidu dat achterblijft na gedeeltelijke oplossing van de kalk. Hier moet sprake geweest zijn van oplossing van de kalk door flinke druk op het gesteente. Bijvoorbeeld door de geleidelijke opeenstapeling van honderden meters sediment met flinke compactie tot gevolg, al dan niet met uitgeoefende tektonische druk tijdens de plooiing van het Pyreneeën-voorland. Dit verschijnsel heet 'pressure-solution'; het is niet ongewoon (ijs smelt ook onder druk) en tast de sterkte niet erg aan.



Afb. 6. Deelvergroting van een andere traptrede. Foto om de vergroeiingsrelatie tussen nummulieten onderling te laten zien. Door oplossing van kalk onder verhoogde druk zijn delen van de kalkschalen opgelost, waarbij een onoplosbaar kleilig residu de vergroeiingsnaad markeert.

De leefwijze van nummulieten

Nummulieten komen met name voor in de gebieden die destijds deel uitmaakten van de warme randzeeën van de Tethys Oceaan. Dit beslaat ruwweg het Mediterrane bereik (inclusief Noordwest-Europa) en de landen verder oostwaarts richting India-Zuidoost-Azië. Pakweg 25 jaar geleden was er weinig meer van de leefwijze van nummulieten bekend dan dat ze in ondiepe, warme zeeën leefden en vaak verspoeld voorkomen in zowel zeer kustnabije als in dieperwaterafzettingen. We weten nu veel meer over het leefmilieu van deze organismen, onder meer dankzij onderzoeken in goed ontsloten terrein in Tunesië (Jorry et al., 2003, 2006; Vennin et al., 2003). Dit onderzoek is onder andere gedaan vanwege olie-exploraties omdat langs de noordkust van Algerije tot aan Egypte en op het aangrenzende continentale plat nummulietenkalken kunnen fungeren als oliereservoirs door hun porositeit (afb. 2).

Het probleem met deze reservoirs is echter dat ze lateraal (zijwaarts) snel kunnen overgaan in dichte kalken. Hoe zit dat met die veranderingen, welke kalkfaciës (faciës is het totaal van de gesteentekarakteristieken) zijn er en wat zijn hun laterale afmetingen, was de onderzoeksvraag van de oliebedrijven. Binnen het beknopte bestek van dit artikel kan ik niet op de uitwerking ingaan. Interessant is echter dat nummulieten door de hoge porositeit van het skelet nogal makkelijk te transporteren moeten zijn geweest (Jorry et al., 2006). Zwakke stromingen waren in staat de lichte schalen te verplaatsen vanuit de banken in ondiep water waar de populaties zich ophielden. Overigens is men er niet goed achter gekomen wat nu de oorspronkelijke leefpositie van nummulieten was. Zaten ze vastgehecht aan zeegrassen,

leefden ze op de bodem in vlakke positie, of juist op hun kant? De meningen verschillen. Hoe dan ook, vanuit hun leefpositie zorgden stormen ervoor dat ze zowel verslagen werden richting het strand, alsook door onderstromen in rustiger en diepere milieus terecht kwamen, in het laatste geval gemengd met andere bioklasten, vaak gebroken en met silt en modder gemengd. Vormen die in dat rustigere, diepere water konden leven, groeiden uit tot dunschalige en plattere vormen, terwijl die in de meer turbulente zones een dikkere schaal ontwikkelden. Zo konden er op korte afstanden flink uitleenlopende nummulietenrijke afzettingen afgezet worden.

Omdat er geen recente afstammelingen van nummulieten bestaan - alle nummulietensoorten zijn al ruim 25 miljoen jaar uitgestorven - en je toch wel zou willen weten hoe lang ze erover deden om deze voor eencelligen reusachtige omvang te bereiken (tot 16 cm groot), hebben twee Engelse micropaleontologen deze vraag opgepakt (Purton and Brasier, 1999). Door een zeer nauwkeurige monsternamen kunnen met isotopenonderzoek winter- en zomerfluctuaties in de groei getraceerd worden. Deze auteurs concludeerden dat nummulieten langzaam maar gestaag groeiden, waarbij een nummuliet van 1 cm doorsnede vijf jaar oud bleek te zijn. Extrapolatie van de groeisnelheid suggereert volgens deze onderzoekers dat de allergrootste nummulieten pakweg zestig tot honderd jaar oud werden. Stoere beesten waren het; zij hebben hun sporen in de aardgeschiedenis met recht verdiend.

Alle foto's zijn van de auteur, m.u.v. de foto's 1B en C. Deze zijn beschikbaar gesteld door de Carbonaat-sedimentologiegroep van de Vrije Universiteit, fotografie Koos de Jong

Meer lezen

Stadswandeling (Catalaans) naar de oostelijke dalhelling van

Girona via www.girona.cat/turisme/eng/docs/ruta_pedra.pdf. De aangepaste Engelse versie is te vinden op: daysoutfromgirona.blogspot.nl/2012/10/the-stone-of-girona-route.html

Geraadpleegde literatuur

- Drooger, C.W., Marks, P. and Papp, A. (with 13 collaborators), 1971. Smaller Radiate Nummulites of Northwestern Europe. Utrecht Micopal. Bulletins, vol. 5, 137 p.
- Jorry, S.J., Davaud, E. and Caline, B., 2003. Controls on the distribution of nummulite facies: a case study from the late Ypresian El Garia formation (Kesra Plateau, Central Tunisia). Journal of Petroleum Geology, 26 (3): 283-306.
- Jorry, S.J., Hasler, C.A. and Davaud, E., 2006. Hydrodynamic behaviour of *Nummulites*: implications for depositional models. Facies, 52 (2): 221-235.
- Pla Dalmau, J.M., 1970. La "Piedra de Girona". Revista de Gerona, 52: 13-25.
- Purton, L.M.A. and Brasier, M.D., 1999. Giant protist Nummulites and its Eocene environment: Life span and habitat insights from $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$ data from *Nummulites* and *Venericardia*, Hampshire Basin, UK. Geology, 27(8): 711-714.
- Serra-Kiel, J., Mato, E., Saula, E. et al. (9 andere co-auteurs), 2003. An inventory of the marine transitional Middle-upper Eocene deposits of the Southeastern Pyrenean foreland Basin (NE Spain). Geologica Acta, 1 (2): 201-229.
- Strabo, Geographica Book XVII, in de vertaling door W. Falconer, London, 1903. rbedrosian.com/Classic/strabo17c.htm
- Vennin, E., van Buchem, F.S.P., Joseph, P., Gaumer, F., Sonnenfeldt, M., Rebelle, M., Fakhfakh-Ben Jemia, H. and Zijlstra, H., 2003. A 3D outcrop analogue model for Ypresian nummulitic carbonate reservoirs: Jebel Ousselat, northern Tunisia. Petroleum Geoscience, 9: 145-161.
- Zittel, K. A. von, Grundzüge der Paläontologie, I. Abteilung: Invertebrata, 4^e dr., 1915, 694 p.