Het ontstaan van leven op onze aarde

In Het heelal en ons zonnestelsel, een verhaal van implosies en explosies is reeds aan bod gekomen hoe ons alles een gevolg is van natuurkrachten zoals zwaartekracht (gravitatie) en aantrekkingskrachten tussen elementaire deeltjes[1]*. Onze planeet met zijn dampkring en oceanen, met zijn maan, en cirkelend rond de zon, wordt het decor voor het eerste leven.*

De bedoeling van deze samenvatting is van een beeld te krijgen hoe onze wereld er vroeger moet hebben uitgezien. We komen hierbij terug op Europa, met zijn specifieke landschapsvorming in de prehistorie. Op basis van geschiedkundige bronnen zal het voor de leek duidelijker worden wat zich hier ooit afspeelde. En vooral dat is de bedoeling: het in een vlotte tekst gieten van wat voor velen een vrij zware en ontoegankelijke encyclopedische kennis is.
Deze tijdreis is als volgt opgevat: in een eerste deel wordt de oudste geschiedenis van onze aarde behandeld met meer specifiek aandacht voor de ontwikkeling van het leven tijdens het Precambrium, het Primair, het Secundair en het Tertiair tijdvak. Er wordt hierbij naar een samenhang gestreefd met het klimaat en het geologisch landschap enerzijds, met de evolutie van het leven anderzijds. In onderstaande tabel wordt een onderverdeling van de verschillende **geologische tijdvakken** gegeven:
-het Precambrium: van 4,5 miljard jaar geleden tot 570 miljoen jaar geleden
-het Primair (of Paleozoicum): van 570 miljoen jaar geleden tot 225 miljoen jaar geleden

Cambrium	570 tot 500 miljoen jaar geleden
Ordovicium	500 tot 430 miljoen jaar geleden
Siluur	430 tot 395 miljoen jaar geleden
Devoon	395 tot 345 miljoen jaar geleden
Carboon	345 tot 270 miljoen jaar geleden
Perm	270 tot 225 miljoen jaar geleden

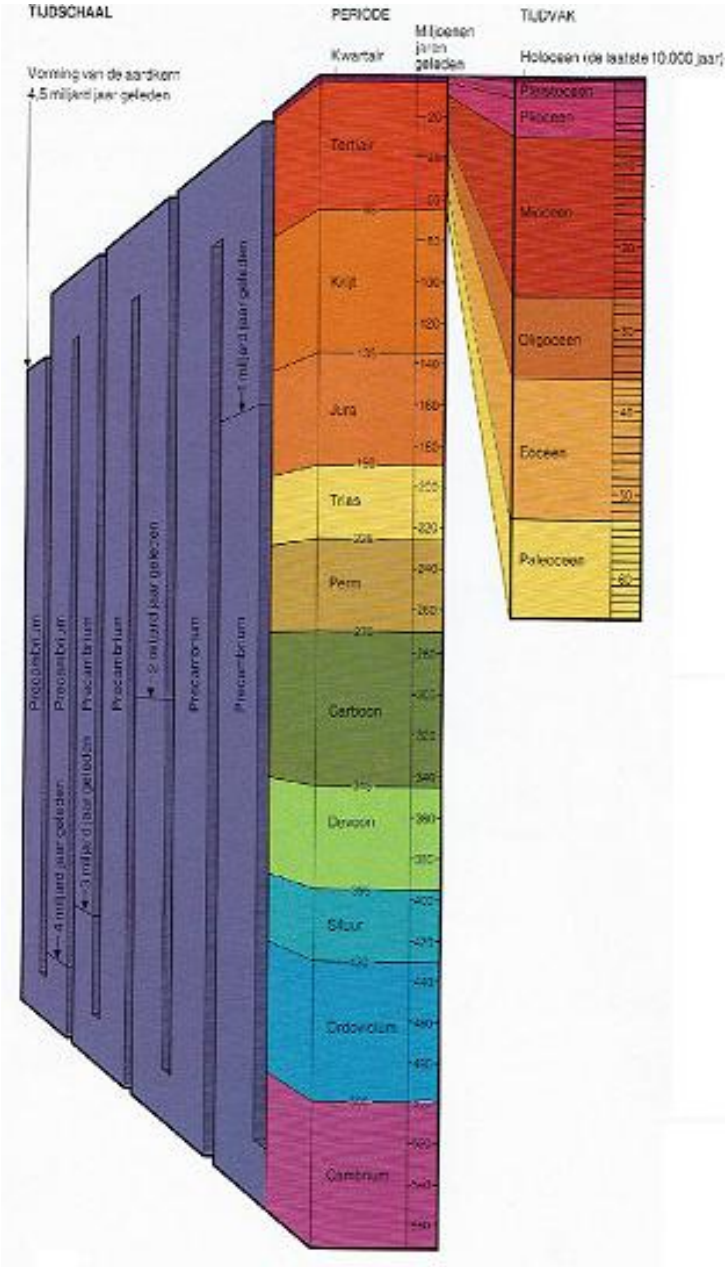
-het Secundair (of Mesozoicum): van 225 miljoen jaar geleden tot 65 miljoen jaar geleden

Trias	225 tot 190 miljoen jaar geleden
Jura	190 tot 135 miljoen jaar geleden
Krijt	135 tot 65 miljoen jaar geleden

-het eerste deel van het Tertiair (of Kaenozoicum : van 65 miljoen jaar geleden tot 7 miljoen jaar geleden (tweede deel zie Verdere evolutie van de mens in het Plioceen)

Paleoceen	65 tot 53 miljoen jaar geleden
Eoceen	53 tot 36 miljoen jaar geleden
Oligoceen	36 tot 26 miljoen jaar geleden
Mioceen	26 tot 7 miljoen jaar geleden

[1] Deze periode eindigde zowat 4,5 miljard jaar geleden. In de tekst daar werd hier en daar al vooruitgeblikt naar wat nadien ging komen.



Voorstelling van de verschillende geologische tijdvakken (J. Reader)

Het ontstaan van het leven op onze aarde tijdens het Precambrium

Onze aarde is dus een warmere binnenplaneet waarvan de vloeibare kern ongeveer 4,5 miljard jaar geleden zou gevormd zijn. De gestolde aardkorst, bestaande uit gesteenten en mineralen zou ongeveer 3,8 miljard jaar geleden ontstaan zijn. Dit is in overeenstemming met de via radioactieve methoden bepaalde ouderdom van de oudste gesteenten op aarde. Het Precambrium kan beschouwd worden als een langzame ontwikkeling (90% van de aardgeschiedenis) van de atmosfeer, de zeeën, de rivieren en van het eerste leven.
Door de niet te hoge temperaturen van de aardkorst en van de aardatmosfeer, kon vanuit de atmosfeer waterdamp condenseren zonder terug te verdampen of in een ijskorst te veranderen zoals op andere planeten gebeurd is. Het is zo dat het aardoppervlak kon bedekt worden met **zeeën** waarin zich ongeveer 3,5 miljard jaar geleden het eerste leven begon te vormen.

Omtrent de definitie van dit **leven** zijn er verschillende filosofische benaderingen. Een wetenschappelijke benadering gaat over een open systeem dat via fysische en chemische processen energie en materie uitwisselt met zijn omgeving. Het is dankzij een inwendig metabolisme (=stofwisseling) in staat om zich in stand te houden, te groeien, zich voort te planten en zich aan te passen aan veranderingen in de omgeving.[2] Iets dat zich niet verder meer in stand houdt wordt beschouwd als dood. Waarom juist de vonk die dit leefproces heeft mogelijk gemaakt zich heeft voorgedaan, en waarom blijkbaar enkel op onze aarde, is iets waar we verderop nog proberen een antwoord op te geven. Vaak vergelijkt men de levende materie met wat we hier de **niet-levende materie** noemen, zoals gesteenten. Voor een stuk beantwoorden gesteenten ook aan bovenstaande definitie, alleen de levensvonk ontbreekt. Deze levende en niet-levende materie bestaat uit atomen die vaak kristallografisch geordend zijn, en die we evenwichtsvormen noemen.

Het is in deze wereld dat niet alleen gesteenten verder kristalliseren, maar dat ook complexe organische moleculen ontstaan. Zoals gesteenten kennen ze een zelfkopiërend mechanisme. Men kan aannemen dat deze biopolymeren -zoals alles op aarde trouwens- ontstaan zijn uit de hier voorhanden zijnde bestanddelen, de chemische elementen die ooit binnenin een ster zijn gevormd. Zo ontstaan hier ongeveer 3,5 miljard jaar geleden de eerste eencelligen. Dit eerste leven moet ook ontstaan zijn op andere planeten, bijvoorbeeld op basis van Si-biopolymeren of andere chemische verbindingen. Alleen moeten we dit nog ontdekken. Vergeet niet dat de mens nog maar sinds de Grieken weet heeft van ons zonnestelsel, en pas in de 20^{e} eeuw het heelal heeft leren ontdekken en dan nog maar gedeeltelijk. Dinosauriërs waren onbekende wezens tot in de 19^{e} eeuw.

Celbiologie

Laten we het eerst even hebben over de bouwstenen van het leven: de **cellen**. [3] Een cel heeft een typische diameter van 0,5 to 3 µm. De levende wereld is ingedeeld in de eencelligen (de prokaryoten) zoals de bacteriën, en de meercelligen (de eukaryoten) zoals de dieren, de planten, de schimmels. Een cel heeft een celwand en binnenin cytoplasma dat grotendeels uit water bestaat. Bij meercelligen is er binnen elke cel een kern waarbinnen zich de DNA-streng als een dubbele helix of spiraal bevindt. Bij eencelligen bevindt het DNA zich los in het cytoplasma.[4] Binnenin de cel bevinden zich verder nog een aantal typische structuren zoals het **mitochondrion** bij de meercelligen en het **chloroplast (bladgroen**) bij de eencelligen. Dit laatste is ook nog aanwezig in plantaardige cellen. Zowel het mitochondrion als het bladgroen hebben een eigen stukje DNA-structuur. Binnen elke cel vinden alle voor het leven noodzakelijke biochemische processen plaats.

Een cel kan groeien door het opnemen van naburige moleculen. De DNA-streng kan bij eencelligen deels ontrollen waarbij een DNA-kopij gemaakt wordt, die bij celsplitsing de nieuwe cel gaat aansturen. Een DNA-streng bestaat uit 23 paar chromosomen, die alle bestaan uit kleinere stukjes genen die een bepaalde functie hebben (bv. kleurvorming).

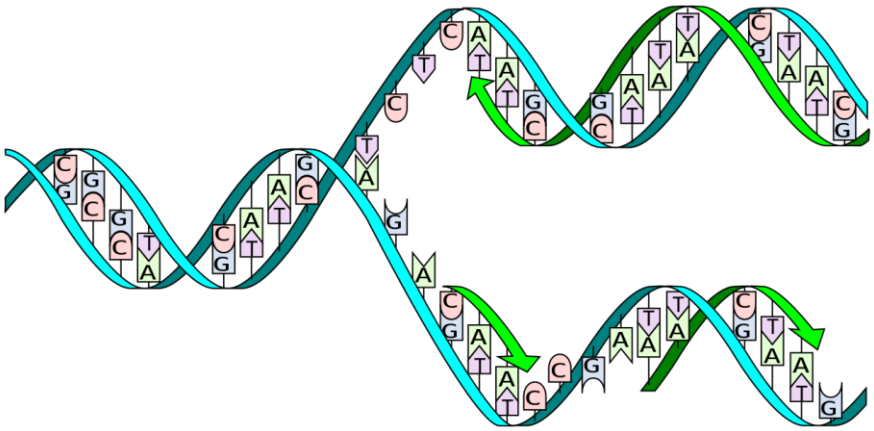
De beide **DNA**-spiralen zijn opgebouwd uit desoxyribosefosaat, wat een zuur is. Aan elke spiraal zijn basen vastgemaakt die met een waterstofbrug een verbinding maken met elkaar en als het ware de treden van een wenteltrap vormen. Zowel de spiralen als de treden zijn dus opgebouwd uit complexe macromoleculen. Er zijn 4 types basen die met letters aangeduid worden: guanine (G), cytosine (C), thymine (T), adenine (A). A ligt telkens tegenover T en C

[2] Leven, Wikipedia, 13.4.2019. Deze definitie is niet altijd scherp, en vaak zijn er thema's die tot discussie leiden.

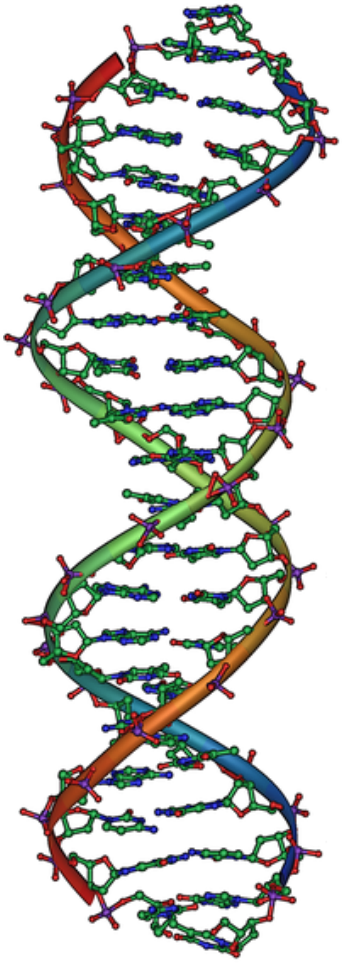
[3] Celbiologie, Wikipedia, 13.4.2019, ook Cell, Brittanica Online Encyclopedia, 12.4.2019, en Genetica, Wikipedia, 13.4.2019

[4] Sommige eencelligen hebben wel een celkern, en worden dan bij de eukaryoten vermeld.

tegenover G. De structuur van DNA werd in 1953 ontdekt door Watson en Crick, die zich baseerden op röntgendiffractie-onderzoek van Franklin en Wilkins.



Het deels ontrollen van een DNA-streng waarbij er gekopieerd wordt.[5]

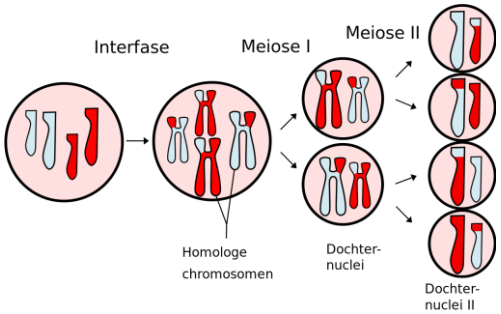


DNA, het molecule dat de basis vormt voor erfelijkheid. [6]

[5] Celbiologie, Wikipedia, 13.4.2019, ook Cell, Brittanica Online Encyclopedia, 12.4.2019, en Genetica, Wikipedia, 13.4.2019

[6] Celbiologie, Wikipedia, 13.4.2019, ook Cell, Brittanica Online Encyclopedia, 12.4.2019, en Genetica, Wikipedia, 13.4.2019

Bij het ontrollen van de DNA-streng kan ook RNA gevormd worden dat bestaat uit één spiraal van ribosefosfaat. De complementaire base voor adenine is nu echter uracil (U). Dit RNA komt in het cytoplasma terecht en begint daar proteïnen (eiwitten) aan te maken of dienst te doen als katalysator voor bepaalde chemische processen.
De eerste levende wezens waren de eencelligen die voor hun energievoorziening afhankelijk waren van **fotokatalyse**, een proces waarbij zonlicht geabsorbeerd wordt door het chloroplast en via de celwand binnengelaten CO_2 en H_2O omgezet wordt in zuurstof (O_2) en suikers (koolhydraten, glucose). Deze suikers dienen voor de verdere aanmaak van aminozuren in de cel (voor RNA-vorming van proteïnen) of voor de nodige energievoorziening van de cel.
Meercelligen organismen onderscheiden zich van eencelligen door hun mitochondrion waarbinnen suikers in 3 chemische stappen worden afgebroken en voor de nodige energie van de cel zorgen. Voor deze verbranding wordt via de celwand binnengelaten zuurstof gebruikt.
Er wordt aangenomen dat zowel mitochondrion als chloroplast hun oorsprong vinden in de restanten van het binnendringen van andere bacteriën in een cel. Deze suikers worden bij dieren bekomen door het opeten van planten –die dit uit fotokatalyse halen- of van andere wezens die eerder planten hebben opgegeten.
Bij eencelligen kan dus door wat men een ongeslachtelijke voortplanting noemt, uit een cel miljoenen gekloonde dochtercellen ontstaan die alle een kopij van het genetische DNA-materiaal van de moedercel bevatten. Bij dit kopiëren kunnen fouten ontstaan die een belangrijke rol kunnen spelen bij de verdere evolutie.
Bij meercelligen treedt er een geslachtelijke voortplanting op, gebaseerd op het paar geslachtschromosomen –één van de 23 paren- dat aanwezig is. Dit paar is ofwel X-X gebaseerd (bij vrouwelijke organismen) of X-Y (bij mannelijke organismen). Het Y-chromosoom doet de mannelijke geslachtskenmerken ontstaan, het X-chromosoom bevat meer genen en heeft dus meerdere functies. Wanneer een vreemde cel (zaadcel) een moedercel (eicel) binnendringt, splitsen de 2 DNA-strengen in 4 spiralen via een crossing-over proces. Via een tweede splitsing ontstaan dan uit de oorspronkelijke ei- en zaadcel, 8 nieuwe spiralen die elk opgebouwd zijn uit stukjes gen van het ouderpaar. Dit proces noemt men meiose. Van deze 4 nieuwe cellen, zal er één zich verder ontwikkelen tot nieuw leven via het al gekende DNA-ontrollingsproces dat hier beschreven werd. Meerdere cellen groeperen zich verder tot weefsels en uiteindelijk tot organen.
In feite bestaat elk organisme dus uit een groot aantal cellen die alle dezelfde genetische DNA-code bevatten, gebaseerd op een opeenvolging van letters (=de basen) en die bepaalt hoe de cel zal functioneren. De fouten die bij het telkens opnieuw kopiëren ontstaan, kunnen schadelijk of gunstig zijn voor de cel. Deze mutaties kunnen een voordeel zijn wanneer een nieuwe biotoop ontstaat, bijvoorbeeld bij een wijziging van het klimaat. Zijn de mutaties schadelijk, dan kan een populatie uitsterven.



Schematische voorstelling van een crossing-over tijdens de meiose.[7]

[7] Celbiologie, Wikipedia, 13.4.2019, ook Cell, Brittanica Online Encyclopedia, 12.4.2019, en Genetica, Wikipedia, 13.4.2019

Tot nog toe is alle evolutie gebaseerd op materie en de aantrekking tussen deze materie. Dit laatste kan aanzien worden als de basis voor het groeien van iets: een ster, een planeet, een kristal, een biopolymeer. En zolang dit gebeurt in een constante omgeving kan dit vrij lang blijven doorgaan. Zo hadden de eencelligen het rijk voor zich alleen op aarde gedurende 3 miljard jaar, vooraleer de eerste meercelligen ontstonden. Bij het voortdurend kopiëren en groeien van eencellig leven moeten er ook afwijkende levensvormen zijn ontstaan, die in een plots wijzigende omgeving ook levenskansen krijgen: het leven evolueert. Dit gebeurt nadien nog vele malen, en vaak niet geleidelijk maar vrij bruusk. Levensvormen verdwijnen plots (de dino's 65 miljoen jaar geleden), of ontstaan: de vissen 600 miljoen jaar geleden, de reptielen 300 miljoen jaar geleden, de vogels 100 miljoen jaar geleden. Wetenschappers hebben geprobeerd om 'missing links' te vinden die op een geleidelijke evolutie zouden wijzen, maar dergelijke fossielen zijn niet te vinden. Dit klopt met het bruusk evolueren van levensvormen. Het is niet alleen de genetische mutaties die dit veroorzaakt, ook de bruuske wijzigingen in de omgeving waarop dan wel deze mutanten inspelen en massaal kunnen evolueren.

Het constant kopiëren zit als een soort computerbestand opgeslagen in elke levende cel als een organisch kristal: de dubbele DNA-streng, die bij elke celdeling gesplitst wordt en in een nieuwe cel kopieert tot een volwaardige DNA-structuur. Nieuwe soorten ontstaan dus door mutaties of kleine veranderingen in het DNA, een beetje vergelijkbaar met roosterfouten in kristallen. Door dergelijk mechanisme kan ook het eerste vrouwelijke en mannelijke leven ontstaan zijn, met een verschillend 23^{e} paar chromosomen. En zoals alles wil groeien door aantrekking, gebeurde dit ook met deze eerste mannelijke en vrouwelijke levensvormen. Dit leidde tot nog meer variatie in de genetische structuur van het leven.

Vanuit de verschillende elementen die op onze aardkorst aanwezig waren (zuurstof, silicium, aluminium, ijzer,…) ontstonden diverse scheikundige verbindingen. Zo kent men enerzijds gesteenten, anderzijds organische moleculen zoals suikers, vetten, glucose,… Het zijn deze laatste die 3,5 miljard jaar geleden de bouwstenen geworden zijn van de levende materie. De scheikundige reacties die hiertoe nodig waren konden optreden dankzij een optimale energiestraling, de warmte uitgestraald door de zon, en vanuit in de dampkring aanwezige gassen.

Bovenstaande theorie werd in het begin van de jaren 50 getoetst door Miller, die vaststelde dat elektrische ontladingen in een methaan-ammoniakmengsel, aanleiding gaven tot de vorming van alle verbindingen die aanwezig zijn in de levenscellen.[8] De reacties echter die nodig zijn voor de vorming van deze levenscellen zijn zo complex dat ze niet na te bootsen zijn in laboratoria. Naarmate er vanuit de aardelementen meer en meer organische moleculen ontstonden, steeg de kans op de vorming van grotere en complexere moleculen. Het is zo dat de eerste levensvormen op aarde ontstonden: **eencellige** anaërobe **bacteriën** die konden gedijen onder de toenmalige extreme voorwaarden. Zij voedden zich met anorganisch materiaal en bij de verwerking ervan kwam methaangas vrij dat in onze atmosfeer terecht kwam. Het steeds verder evolueren naar nieuwe en complexere evenwichtsvormen onderscheidt dit eerste leven van bv. gesteentenvorming.

Door mutatie van deze bacteriën ontstonden zowat 3 miljard jaar geleden nieuwe organismen, die waterstof aan het omringende zeewater konden onttrekken. Deze organismen leefden op de bodem van ondiepe zeeën, zodat ze nog optimaal van de zonnewarmte konden gebruik

[8] Professor Brian Cox heeft het over het ontstaan van het leven vanuit de niet-levende materie waaruit de aarde bestaat ('our earth is our ancestor'). De aanwezige zouten in zeewater reageren met de typische dipoolstructuur van de watermoleculen, waarbij het zeewater licht zuur wordt (protonenvorming). In contact met zoet water kan zo een potentiaalverschil ontstaan, dat de nodige levensvonken heeft gegeven voor de eerste levensvormen. In: Forces of nature, BBC, TV-documentaire in 4 delen, 2018.

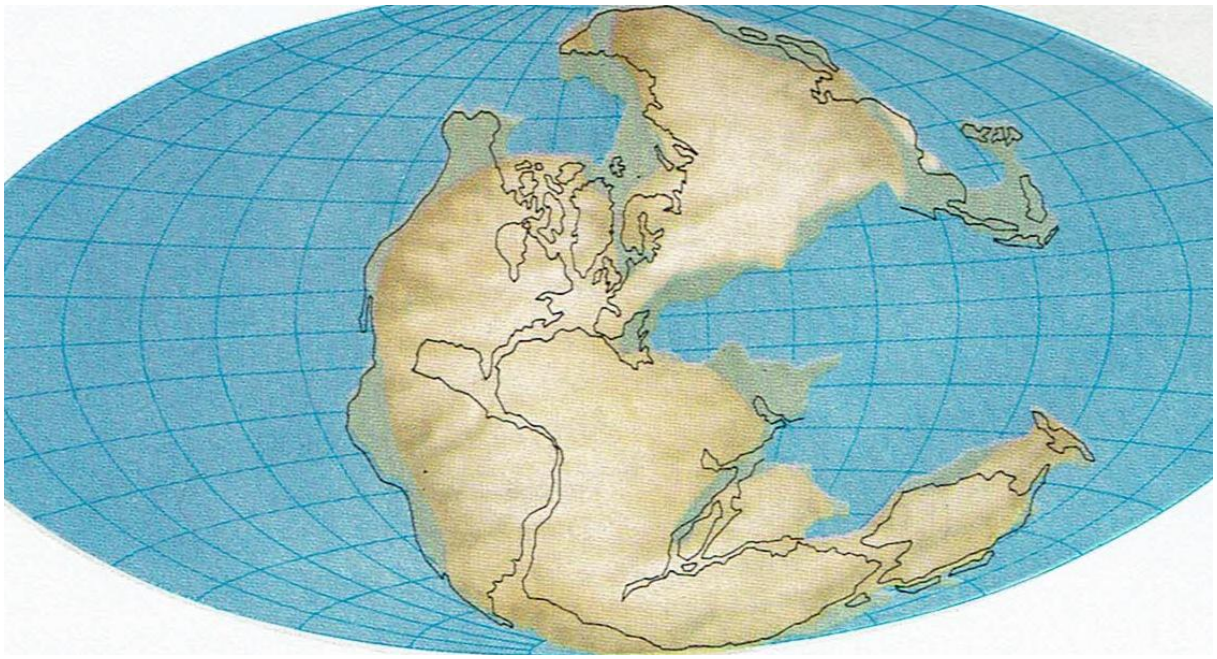
maken zonder de schadelijke invloed van de ultraviolette straling. Bij het onttrekken van waterstof aan het water kwam zuurstof vrij als afvalproduct, dat geleidelijk aan het leefklimaat van de bacteriën zodanig ging wijzigen dat de anaërobe bacteriën zich terugtrokken in zuurstofarme milieus, en enkel de tot aërobe bacteriën geëvolueerde eencelligen de steeds hogere zuurstofconcentraties in het water aankonden. De oudste fossielen van eencelligen zijn 2,7 miljard jaar oud en vormen een bewijs voor deze theorie. De zuurstofproductie in de oerzeeën had 3 effecten:

- vorming van ijzeroxiden die als ijzerertsafzettingen neerslaan op de zeebodem
- het vrijkomen van zuurstof in de atmosfeer op het moment dat de oerzeeën zuurstof-oververzadigd werden
- de vorming van ozon in de atmosfeer: zoals bekend is het deze ozonlaag die alle leven beschermt tegen de schadelijke UV-straling.

Het is door de vorming van deze beschermende ozonlaag dat het waterleven zich ook dichter bij het wateroppervlak en uiteindelijk ook buiten het water kon gaan ontwikkelen. Vanaf ongeveer 750 miljoen jaar geleden ontwikkelde zich vanuit de eencelligen de eerste meer ontwikkelde organismen: de wieren. We zitten dan inmiddels in de overgang naar het Primair.

De ontwikkeling tot meercelligen en het eerste landleven in het Primair

In het Primair vormden de continenten aanvankelijk één supercontinent (Pangaea). Dit supercontinent concentreerde zich rond het huidige Atlantische bekken. De rest van de aardbol was bedekt met ondiepe zeeën. Opmerkelijk is dat het huidige noordelijk halfrond – met dus ook onze gewesten- rond de Evenaar lag en dus een tropisch klimaat kende. Afrika, Zuid-Amerika en Australië lagen toen dichter bij de polen, en vertoefden dus in een ijstijd. Geleidelijk aan ontstonden er verschuivingen in dit supercontinent doordat vloeibare lava zich een weg baande vanuit het binnenste van de aarde naar het aardoppervlak. Bij deze verschuivingen ontstonden de eerste **bergketens** doordat bepaalde delen van het supercontinent tegen mekaar botsten.

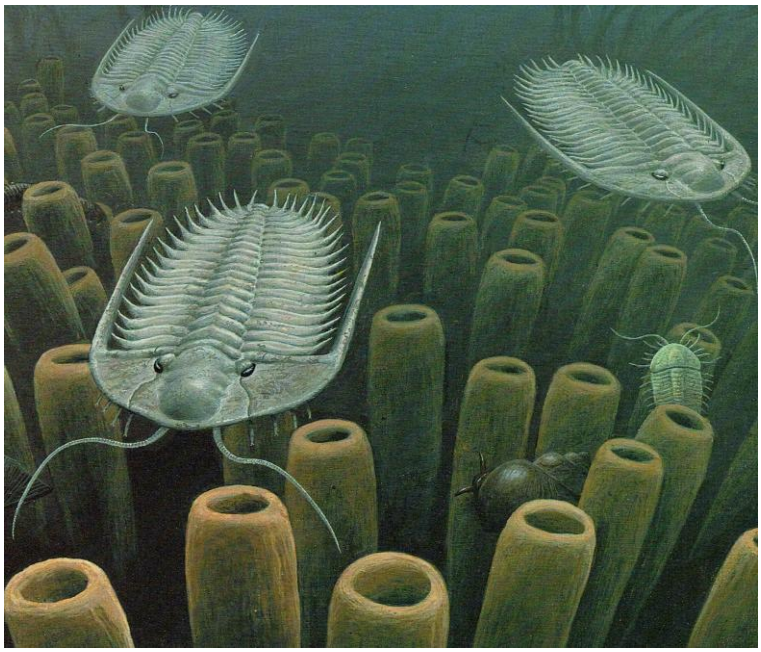


Pangae, het supercontinent. De zwarte lijnen geven de posities van de huidige continenten weer. (R.E. Leakey)

Het ontstaan van het eerste landleven kan in dit kader dus gesitueerd worden:

- een droog en warm klimaat met ondiepe zeeën
- een beschermende ozonlaag
- een zuurstofrijke atmosfeer

Het Cambrium wordt gekenmerkt door een verdere evolutie van het zeeleven. De eerste **meercellige** organismen die ontstaan zijn sponsen, later ook trilobieten, kwallen en platwormen.Tijdens het Ordovicium ontwikkelt zich de voorloper van de **vis**. Op de zeebodem zetten zich overvloedig kalkhoudende gesteenten af.



Trilobieten waren zeer gespecialiseerde organismen met een hard skelet. Onderaan zijn sponsenkolonies weergegeven en een slak. (J. Reader)

In Noord-Amerika en Siberië vormen zich tijdens het Siluur zoutlagen. Onder invloed van het toen heersende klimaat ontwikkelde zich het eerste leven buiten het water: de **planten**. Eerst zijn dit algenachtige planten aan de waterkant, dan rietplanten. De oudst bekende landplant is de Cooksonia, die zowat 410 miljoen jaar geleden in het toen tropische Engeland groeide.
De landplanten evolueren verder tijdens het Devoon: klimplanten, varens, paardestaarten en zaadplanten doen hun intrede. Grote delen van het vasteland zijn nu met bossen begroeid.
In het water ontwikkelde zich de eerste primitieve **vis**, de kaakloze Ostracodermata. Deze vissen verdwenen plotseling toen de roofzuchtige kaakvissen, de Placodermi, ten tonele verschenen. Dit is dus weerom een bewijs van hoe gedurende de miljoenen jaren durende evolutie van onze soort, en dit vanaf de eencelligen, voortdurend bepaalde soorten naar andere plaatsen moeten wijken of zelfs gewoon het onderspit delven bij het verschijnen van nieuwere – en beter aan de toen heersende leefomstandigheden uitgeruste – soorten. Dit geldt voor de anaërobe en aërobe bacteriën, voor de kaakloze vissen en de kaakvissen en voor het water- en het landleven.
Waarom is er nu een evolutie opgetreden naar landdieren? Gewoon omdat er in de dichtbevolkte landwateren van toen, zich soorten ontwikkelden die zich aan de waterarmere milieus konden aanpassen. Dit zouden plantenetende wezens kunnen zijn die uit het water wegtrokken op de vlucht voor roofvissen. Het is hierbij op te merken dat deze eerste

landdieren zich niet hadden kunnen ontwikkelen zonder dat er in de vroegste tijden een beschermende ozonlaag, een zuurstofrijke atmosfeer en een warmer klimaat met minder diepe en zuurstofarme zeeën en landplanten was ontstaan. Deze eerste landdieren zijn de **amfibieën.**
Vanuit opgehoopte plantenresten ontwikkelen zich in het Carboon steenkoollagen. De eerste **insecten** veroveren het luchtruim. De voorouders van de insecten zijn vermoedelijk de duizendpoten, weer een verdere evolutie van land- naar luchtleven. Later ontwikkelen zich de kakkerlak, sprinkhanen, kevers, mieren, libellen,.. Zoals de eerste landdieren uit het water verdreven werden, zo zijn vermoedelijk de insecten beginnen vliegen om landroofdieren te ontvluchten. Er zijn weinig fossielen van insecten teruggevonden omdat hun overblijfselen eerder moeilijk konden geconserveerd worden. Dit is trouwens ook een verklaring waarom sommige schakels in de evolutie van het leven ontbreken. Dit betekent echter niet dat ze er niet geweest zijn.
In het Perm ontwikkelen primitieve landreptielen zich tot tal van diverse soorten:



In het Perm evolueerden de landreptielen tot tal van verschillende soorten waaronder de reuzenamfibie (onder) en twee zoogdierachtige reptielen. (J. Reader)

Hoe moeten we ons Europa en onze streken voorstellen in het Primair? Gelegen aan de rand van het supercontinent, moeten er zich hier toen evoluties hebben voorgedaan, zoals we die hierboven beschreven hebben, dus met de ontwikkelingen van het eerste land- en zeeleven en gekenmerkt door een tropische plantengroei (water- en rietplanten, klimplanten, varens, bossen). Gans het huidige noordelijk halfrond lag toen aan de Evenaar en was een groot terrarium met amfibieën, insecten en reptielen. Het samenleven van deze eerste levensvormen was een continu streven naar evenwicht: soorten konden verdwijnen of evolueerden naar

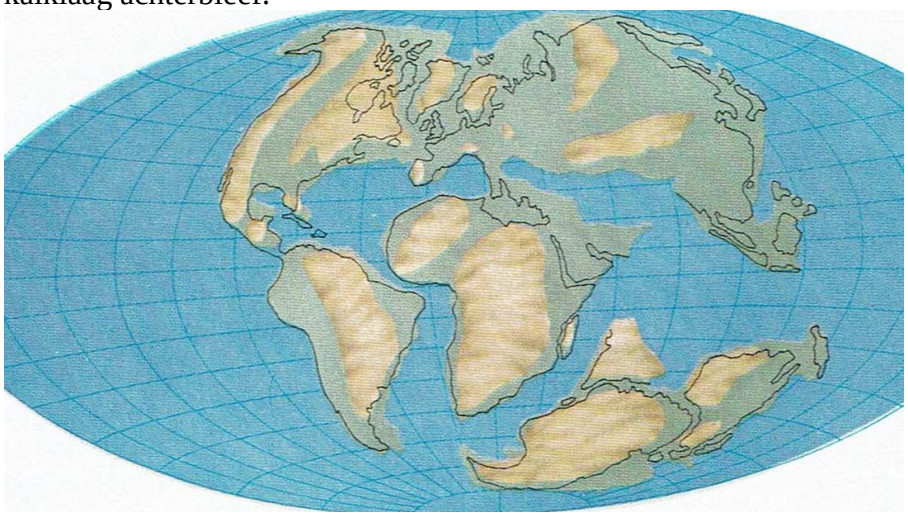
meer flexibele levensvormen, wanneer andere soorten te dominant werden. Hierdoor konden dan deze laatste door een gebrek aan voedsel beginnen uitsterven. Steeds waren er echter soorten die verder evolueerden. Veel fossielresten uit dit tijdperk zullen we in onze streken nochtans niet vinden, daar we deze zullen moeten zoeken 500 tot 700 m onder de huidige bodem. In de directe omgeving liggen enkel ten zuiden van Samber en Maas in het Primair gevormde gesteenten aan het oppervlak.

Ontwikkeling van reptielen, zoogdieren en vogels in het Secundair

Het supercontinent splitst zich in 2 landmassa's met tussenin de Thethyszee:

- Laurasia (Europa, Azië en Noord-Amerika)
- Gondwanaland (Zuid-Amerika, Afrika, Antarctica, Australië)

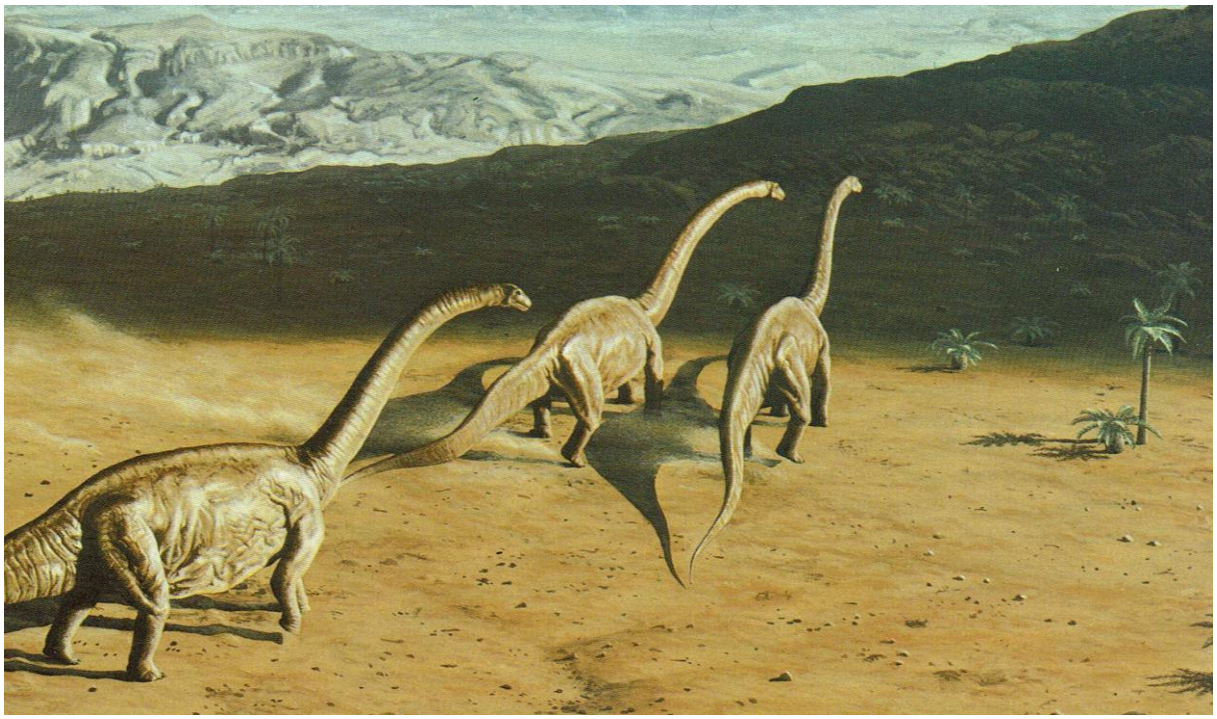
100 à 50 miljoen jaar geleden ging de verdeling in afzonderlijke landmassa's nog verder. Ten gevolge van het warmere klimaat stijgt de zeespiegel zodat vele eilandjes kunnen ontstaan waar het zich vroeger al ontwikkelde leven verder kan diversifiëren. De ligging van deze landmassa's stemt in grote lijnen overeen met de huidige ligging. Grote delen van het huidige vasteland lagen toen onder water. Hierin leefden tal van microscopische algen wiens fossielen een neerslag op de zeebodem vormden waardoor op de primaire gesteenten een kalklaag achterbleef.



100 miljoen jaar geleden waren Noord-Europa en Amerika uit elkaar beginnen drijven, ook Zuid-Amerika en Afrika. Het zeeniveau stond hoog, er waren vele kleine eilandjes door ondiepe zeeën van elkaar gescheiden (grijs). (E. Leakey)

In het Trias ontwikkelden de reptielen zich tot diverse soorten zoals bv. de **vliegende reptielen** (de voorouders van de vogels) en de **zoogdierachtige**, de therapside (de voorouders van de zoogdieren en van de mens). De zoogdierachtige reptielen beginnen hun eieren mee te dragen in het lichaam zelf (de eerste 'zwangerschap'). Hiernaast waren er nog de **reuzenreptielen**, zoals de dinosauriërs, die massaal biomassa opnemen. De zoogdierachtige

reptielen waren veel kleiner, soms niet veel groter dan een muis. Tijdens het Jura ontwikkelen zich uit de vliegende reptielen de eerste vogels.



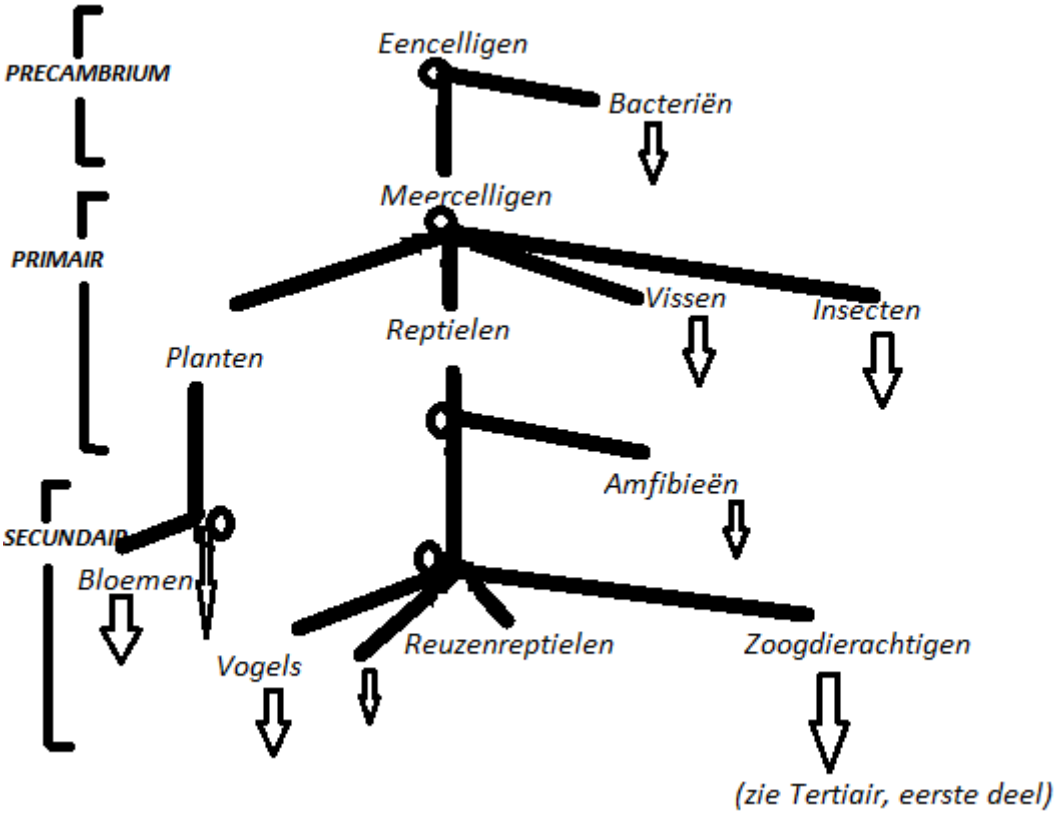
Dinosauriërs. (J. Reader)

De eerste **bloemvormende** planten ontstaan tijdens het Krijt. Deze eerste soorten waren magnolia-achtig. Fossielen van deze bloemen zijn zeldzaam. De naaktzadige planten waren voor hun voortplanting tot nog toe afhankelijk van het opgegeten worden door andere wezens. Bij de bedektzadige planten ontstaan er bloemen waarvan het stuifmeel door insecten kan meegenomen worden over de ganse aarde.
Deze periode wordt ook gekenmerkt door het verdwijnen van de reuzenreptielen. Omtrent dit verdwijnen zijn er diverse theorieën ontwikkeld. Het verdwijnen van deze reuzen is waarschijnlijk een normale evolutie geweest in de ontwikkeling van het leven. Het uitsterven van een diersoort is immers eerder regel dan uitzondering. Deze reuzen hebben zich optimaal kunnen ontwikkelen in een warmer klimaat met een weelderige plantengroei. Wanneer het klimaat kouder wordt zullen ze echter uitsterven. Zo zijn de eerste sauriërs verdwenen in het noordelijk halfrond, de laatste in gebieden rond de Evenaar. Hun verdwijnen is dus mogelijk te verklaren door het zich niet kunnen aanpassen aan klimaatswijzigingen (voedseltekort), ook door bv. een inval van meteorieten op aarde.
De kleine zoogdierachtige reptielen hadden minder voedsel nodig en hadden zich ten tijde van de allesverslindende reuzenreptielen meer verstandelijk moeten ontwikkelen om aan voedsel te geraken of om deze reuzen te ontvluchten. Toen deze laatste tenslotte uitstierven konden de ‘kleintjes’ het heft in handen nemen.

Tijdens het warmere Secundair lag Europa grotendeels onder water. Op de eerder gevormde primaire gesteenten kon zich nu een kalksubstraat[9] afzetten (ligt ongeveer 400 à 500 m onder

[9] Voorheen gebruikten we de term ‘bodem’ waarop dan later zand- en kleilagen worden afgezet. ‘Substraat’ is een betere term voor de opbouw tijdens de eerste geologische opbouw. Het substraat is te beschouwen als de ondergrond waarop zich de latere deklagen afzetten. De term ‘bodem’ wordt later toegelicht en focust zich meer

het huidige oppervlak). In drogere delen van Europa , eerder eilanden omgeven door ondiepe wateren, liepen de dinosauriërs rond. Kleinere zoogdierachtige reptielen zouden hier uiteindelijk alleen overleven. Hete kalkrijke substraat komt aan het oppervlak ten noorden van Samber en Maas: de omgeving van Mons, en de streek ten zuiden van de lijn Sint-Truiden-Tongeren. In Bernissart werden in 1878 skeletten teruggevonden van een 30-tal iguanodons uit de vroege Krijtperiode (125 miljoen jaar geleden). Het waren planteneters die leefden in een moerassige omgeving. In onze streken moet het gekrioeld hebben van een gevarieerd zeeleven waarvan de fossiele resten vermoedelijk diep onder de huidige substraten verborgen zitten.



De evolutie van het leven.[10] In het Primair ontstaan de evolutielijnen (aangeduid door O) van vissen, insecten, planten, reptielen en amfibieën. In het Secundair ontstaan de evolutielijnen van de bloemen en van de diverse soorten reptielen. Diverse soorten evolueren verder tot de huidige flora en fauna (aangeduid door een pijl).

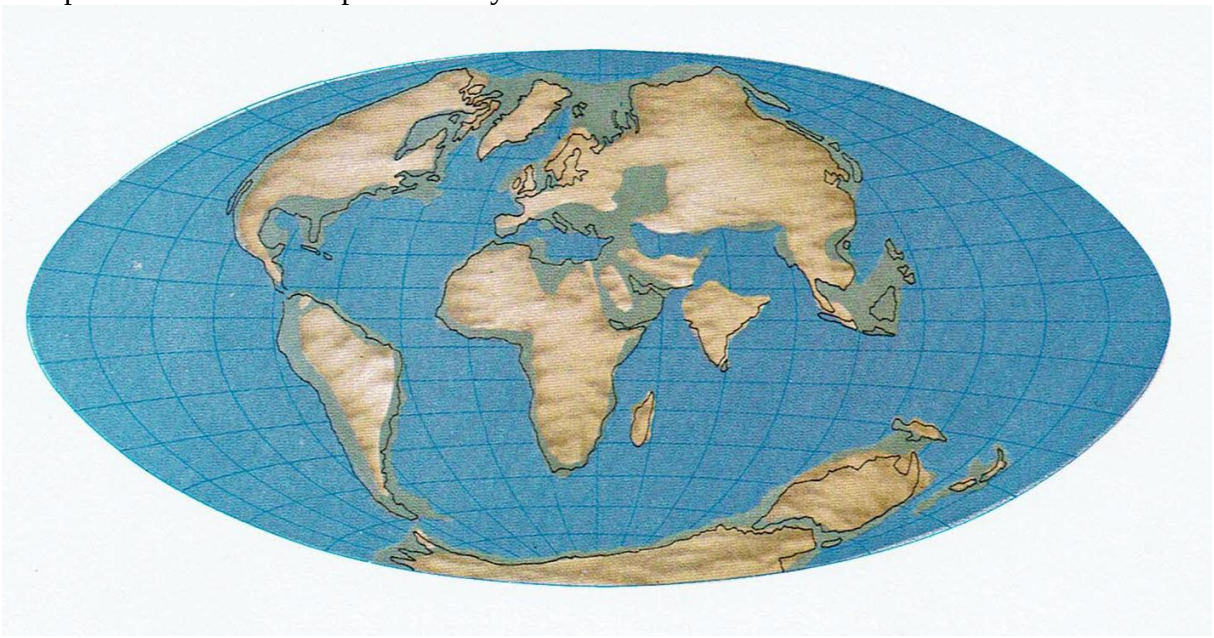
Ontwikkeling van primaten in het eerste deel van het Tertiair

---

op de wijzigingen (bv. door plantenwortels of bewerking door de mens) van eerder geologisch gevormde substraat/deklaag-combinaties.

[10] *Zie ook 'Relationships of the animal kingdom', Universitetets Paleontolgogiske Museum, Oslo.*

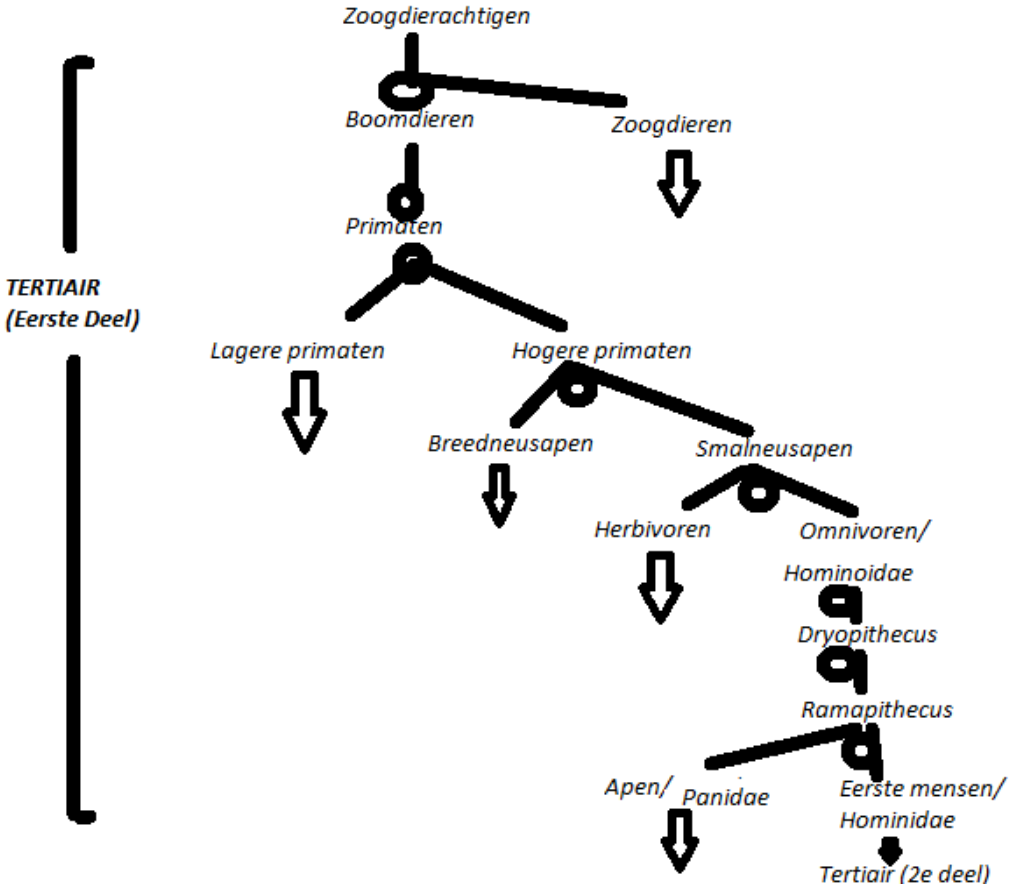
Na het warmere Secundair zal het wereldklimaat opnieuw geleidelijk aan opnieuw kouder waarbij terug poolkappen ontstaan. De continenten beginnen hun definitieve posities in te nemen, door tektonische bewegingen van vloeibare aardmassa onder de aardkorst. Afrika, Noord-Amerika, Zuid-Amerika en Indië vormen wel nog geïsoleerde eilandcontinenten. In Europa ontstaan o.a. de Alpen en de Pyreneeën.



Vijftig miljoen jaar geleden vormde de Atlantische Oceaan zich, maar Zuid-Amerika en Indië waren nog steeds eilanden, op weg naar hun huidige posities. Dit gold ook voor Afrika. (R.E. Leakey)

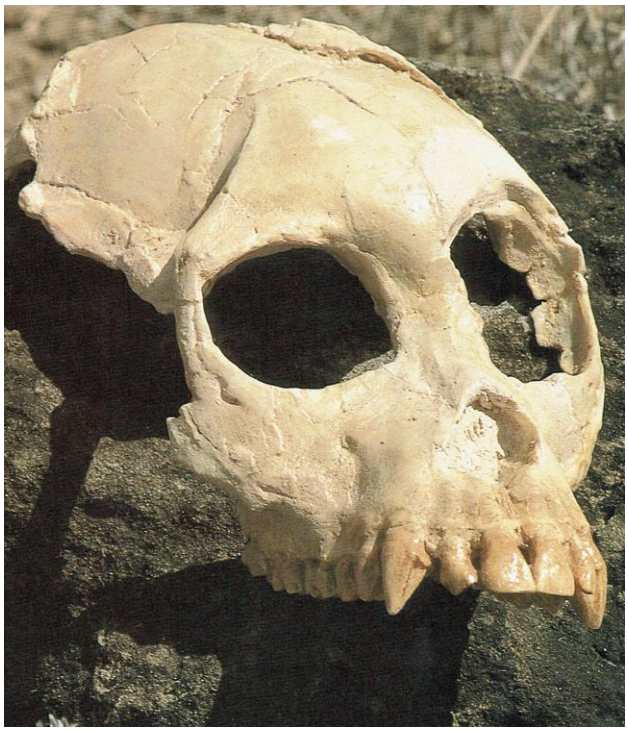
Hiervoor werd beschreven hoe de aarde bevolkt geraakte met diverse levensvormen, allen geëvolueerd uit de eencelligen. Vanaf nu zullen we verder de zoogdierachtigen volgen en meer in het bijzonder de voorouders van de mensachtigen.
Waarom is het leven tot zulke verscheidenheid geëvolueerd? Volgens Darwin heeft dit alles te maken met het zich aanpassen aan het voortdurend wijzigende wereldklimaat. Door eerder toevallige nieuwe ordeningen in genen –wat op dit moment trouwens nog altijd gebeurt- konden nieuwe levensvormen ontstaan die opgewassen waren tegen de nieuwe klimaatvormen. De bestaande levensvormen evolueerden verder tot aparte dier-of plantensoorten of stierven uit. Men neemt thans aan dat van de grote verscheidenheid aan diersoorten die er ooit bestaan heeft, er nog ongeveer 1% thans de aarde bevolkt. Het komt misschien vreemd over, maar in zekere zin is het ontstaan van het leven en de evolutie ervan tot wat we nu zijn het resultaat van eerder toevallige maar vrij complexe scheikundige reacties in steeds wisselende klimaten.
De Darwintheorie kan gestaafd worden door tal van voorbeelden. In het Precambrium vormden de zuurstofbevattende zeeën het nieuwe milieu waarin zich de aërobe bacteriën konden ontwikkelen. Het ontstaan van watervrije gebieden, gepaard gaande met de vorming van een beschermende ozonlaag en een zuurstofrijke atmosfeer deed het eerste landleven (planten en amfibieën) en het eerste luchtleven (insecten) ontstaan in het Primair. Het bevolken van dit nieuwe milieu kan gepaard gaan met of veroorzaakt worden door het verdwijnen uit het oude milieu. Zo wordt het land het definitieve milieu voor de grote reptielen in het Secundair. Verdreven door deze kolossen wordt de lucht het nieuwe milieu voor de vogels. Zoogdieren zijn door hun kleine gestalte, hun behendigheid, hun verder ontwikkelde verstandelijke vermogens en het meenemen van hun jongeren aangepast aan hun nieuwe milieu: op het land maar dan naast de grote reptielen.

In het Paleoceen heerst op aarde een gematigd mild klimaat. Uit kleine insecteneters die zich hadden ontwikkeld in het Secundair, evolueren **boomdieren** (Purgatorius) waarvan de verstandelijke vermogens het verst van alle diersoorten was ontwikkeld. Dit gebeurde in de oerwouden op het zuidelijke subcontinent Gondwanaland. Dit alles staat vermoedelijk in verband met het verschijnen van bloemen, waardoor ook de insectenwereld nieuw voedsel krijgt en er een explosie van insectenleven ontstaat. Gebaseerd hierop nemen ook de wezens die leven van insecten in aantal, zowel in de lucht, in het water en in diverse landbiotopen (de bomen zijn er één van). Uit de insectenetende boomdieren zullen zich de eerste **primaten** ontwikkelen. Primaten onderscheiden zich van andere zoogdieren door hun beweeglijke tenen/vingers met nagels (geen klauwen), beschermde oogkassen, kleur- en dieptezicht, een minder ontwikkelde reukzin, en melkklieren op de borst.
In het Eoceen heerste een tropisch klimaat. Door de beweging van de continenten wordt de Thetyszee ingesloten –ca 40 miljoen jaar geleden, de Kaspische Zee is er nu nog restant van- en ontstaan er wereldwijd gebergten (Rocky Mountains, Andes, Himalaya). Er ontstaan grote oceanen tussen de continenten (Atlantische en Grote Oceaan).
De primaten ontwikkelen zich verder in **lagere** primaten (Prosimii, halfapen) en **hogere primaten** (Anthropoïdea). Zowat 45 miljoen jaar geleden beginnen Afrika en Zuid-Amerika aparte continenten te vormen zodat een evolutie van de hogere primaten in **breedneusapen** (Platyrrhini, Zuid-Amerika) en **smalneusapen** (Catarrhini, Afrika) optreedt. Er worden fossielen gevonden van Aegyptopithecus (Egypte, boomdier, 35 miljoen oud) en van Hadricodium (China, 12 mm lange schedel, 45 miljoen jaar geleden). De lagere primaten ontwikkelden zich in het Eoceen verder (nu nog zijn lemuren op Madagascar afstammelingen van deze soort).
In het Oligoceen dalen de temperaturen terug. In de Afrikaanse oerwouden evolueren 20 à 30 miljoen jaar geleden uit de smalneusapen twee hoofdgroepen: de **herbivoren** (Cercopithecoiden, bv. de bavianen) en de **omnivoren (Hominoidea**, mensachtigen, de voorouders van bv. orang-oetan, gorilla, chimpansee en de mens).
Door het bewegen in het Mioceen van een continent naar de Zuidpool en van het insluiten van water aan de Noordpool, kan dit warme water daar niet meer geraken en ontstaan de eerste **ijskappen** (ca 15 miljoen jaar geleden voor zuidpool, ca 6 miljoen jaar geleden voor Noordpool). Het zal overal kouder worden en droger (daling van de zeespiegel met ongeveer 100 m door ijsvorming aan de polen), er ontstaan klimaatschommelingen en seizoenen. In het mioceen ontstaan in plaats van bossen overal grasvlakten met grassoorten, waarvan stuifmeelkorrels via de wind worden rondverspreid. De grassoorten zijn beter aangepast aan het kouder klimaat en nemen dan ook de overhand op de bloemvormende planten. De bladetende voorouders van het moderne paard ontwikkelen zich tot grasetende dieren.
Via de droog gekomen Beringstraat trekken de eerste paarden vanuit Noord-Amerika geleidelijk aan de wereld rond.



In het Tertiair (eerste deel) ontstaan de evolutielijnen (aangeduid door O) van de boomdieren, de primaten, de zoogdieren, de lagere en hogere primaten, de breedneusapen, de smalneusapen, de herbivoren en de omnivoren/Hominoidea, Dryopithecus, Ramapithecus en tenslotten de Apen/Panidea en Eerste mensen/Hominidea. Diverse soorten ontwikkelen zich verder tot op heden (aangeduid door een pijl). Soorten blijven vaak nog tijd naast elkaar bestaan (bv Dryopithecus en Ramapithecus).

In de eerste periode van het Mioceen ontwikkelt zich in Oost- en Zuid-Afrika de eerste hominoide, de zogenaamde **Dryopithecus** (viervoeters, boomdieren, herseninhoud 150 cm^3), waartoe o.a. de Proconsul Africanus behoort. Ze leefden er in een relatief geïsoleerde omgeving door gebergten afgesloten. Ze aten planten, vruchten, insecten - gebaseerd op onderzoek van fossiele gebitten- en vonden er water in o.a. de Oost-Afrikaanse meren. Door het ontstaan van een landengte tussen Afrika en Eurazië, kon de Dryopithecus buiten Afrika trekken. In Europa leefden ze in een bosrijke omgeving. De Dryopithecus leefde tussen 22 en 14 miljoen jaar geleden.

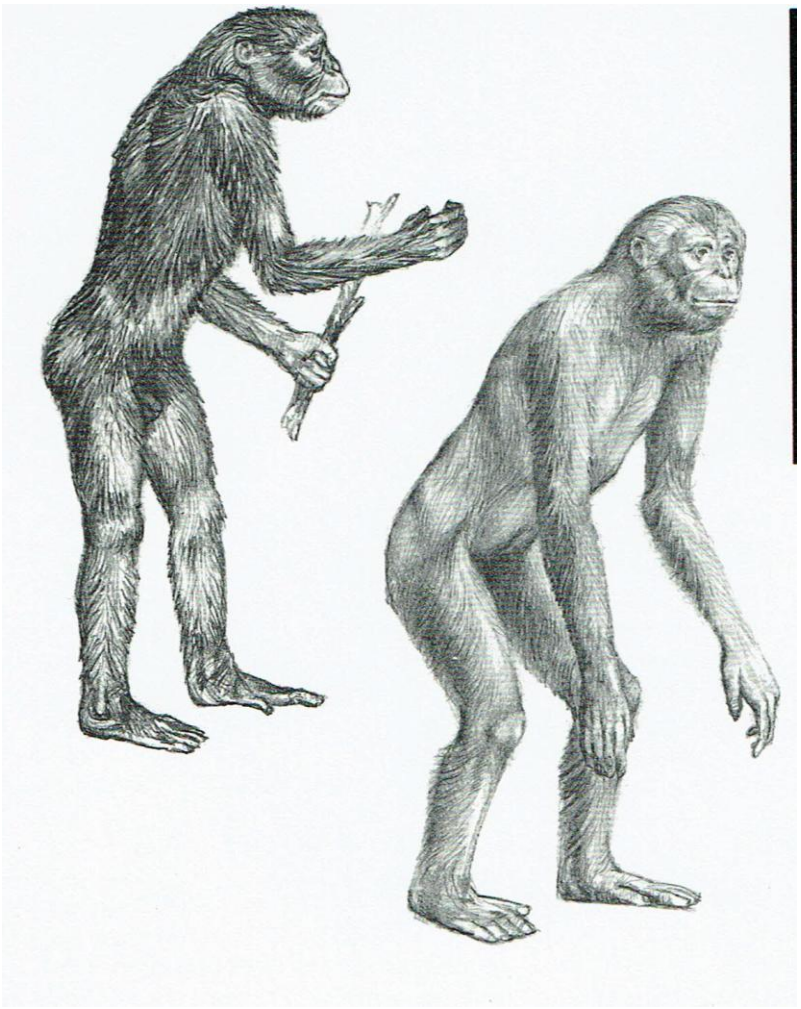


Schedel van een Afrikaanse Dryopithecus, ontdekt in 1948 door Mary Leakey, die de naam Proconsul Africanus kreeg. (R.E. Leakey)



Vindplaatsen van Dryopithecus en Ramapithecus. (R.E. Leakey)

Uit Dryopithecus ontwikkelden zich met het kouder wordende klimaat circa 18 à 16 miljoen jaar geleden nieuwe soorten waaronder de **Ramapithecus**, de voorouders van de aap. Ze hadden ook leren voedsel zoeken op de grond (noten, zaden, ook vlees) en hadden al een grotere herseninhoud (300 cm^3). De Ramapithecus was klein van gestalte, een viervoeter met een gewicht van ongeveer 20 kg. Ze kenden hun bloeiperiode tussen 14 en 8 miljoen jaar geleden. Hun biotoop waren open bossen met grasvlakten. Deze waren in de tweede periode van het Mioceen ontstaan door het dalen van de temperaturen. Ze sterven uit circa 8 miljoen jaar geleden toen het te koud werd. In Afrika evolueerden ze verder tot de moderne apen. Of ze ook de voorouders van de mens waren is mogelijk, maar nog niet bewezen, o.a. door het ontbreken van fossiele schakels tussen beide soorten (het fossiele gat in de periode van 7 tot 4 miljoen jaar geleden). Dryopithecus en Ramapithecus leefden gedurende een lange periode en waren dus een succesvolle soort.



Ramapithecus, die als waarschijnlijkste voorouder van de hominiden wordt aanzien. (R. E. Leakey)

In Oost-Afrika ontstaat de Riftvallei (Grote slenk, ca 30 tot 100 km breed, enkele 100 tot 1000 m diep, de Grote Meren in Afrika, de Dode Zee in Israël, de Rode Zee maken hier ook deel van uit) die een scheur in het Afrikaanse continent veroorzaakt en een geïsoleerd gebied doet ontstaan. Rond deze periode beweegt ook Afrika noordwaarts waardoor als het ware het zuidelijk deel van Europa afbreekt: hierdoor ontstaat de nog droge Middellandse Zee en de Alpen en Pyreneeën. Het klimaat zal er veranderen in grasland met hier en daar bossen. De

bossen dunnen uit doordat er minder water beschikbaar is dat bomen via hun wortels uit de bodem opnemen. Met het beschikbaar worden van deze nieuwe en talrijk aanwezige vorm van biomassa evolueren de tot dan toe kleinere zoogdieren tot grotere vormen. De natuur zal via mutaties in ranke poten bij paarden, smalle lichamen met zweetklieren bij de mensen,… de energiehuishouding wel beter onder controle houden dan bij de uitgestorven dino's.
Door het ontstaan van de Riftvallei wordt het tropische regenwoud er omgevormd tot een meer open landschap met bossen en savannes. Dit zorgt vermoedelijk ervoor dat uit de Ramapithecus ongeveer 10 miljoen jaar geleden 2 nieuwe soorten evolueren: de **Panidea** (voorouders van gorillla, chimpansee, orang-oetan) en mogelijk dus de **Hominidea** (hominide, voorouders van de mens).
Het verspreidingsgebied van de Panidea situeert zich in Centraal-Afrika (begrensd door woestijnen ten noorden en ten zuiden, en door de Riftvallei in het oosten). Het gebied waarin de Hominidea zich verder ontwikkelden was eigenlijk grenzend aan het woongebied van de Panidea, maar dus gescheiden door de Riftvallei. Bekijken we de 'wereldbevolking' op het einde van het Mioceen, dan ziet deze er als volgt uit:
-in Zuid-Amerika: verdere evolutie van de breedneusapen
-in Afrika: de Ramapithecus, de Panidea en de Hominidea leven nog een tijdje naast elkaar. De Ramapithecus –en zijn voorganger de Dryopithecus- leefde in Oost-Afrika en hebben dus een tijdje ook in Eurazië verbleven. Het kouder wordende wereldklimaat deed hen terugkeren en door het ontstaan van de Riftvallei kenden Panidea en Hominidea een gescheiden evolutie. Er is nog geen bewoning in noordelijk (woestijn) en zuidelijk Afrika.

In dit eerste deel van het Tertiair moeten we Europa en de rest van de wereld voorstellen als een rijke flora en fauna, maar nu zonder de grote sauriërs. In het zuidelijk halfrond ontwikkelen zicht de meest verstandelijke zoogdierachtigen tot primaten, de voorouders van de mens. Dryopithecus en Ramapithecus zijn de eerste mensachtigen die zich buiten Afrika wagen.

De kleine zoogdieren overleefden de grote meteorieten die de dinosaurussen deden uitsterven, weer een voorbeeld van evoluerend leven in een plots veranderende omgeving. In het zuidelijk halfrond ontstonden ongeveer 30 miljoen jaar geleden de eerste boomapen. Door een botsend Afrika en Azië kunnen ze zich verspreiden over een groter deel van de aarde. In Midden-Afrika ontwikkelen ze zich tot gorilla's. Door weer een bruuske wijziging in het landschap zal de eerste mens ten tonele komen zowat 4 miljoen jaar geleden (zie Verdere evolutie van de mens in het Plioceen). De Rift-vallei ontstaat en zorgt voor een natuurlijke scheiding tussen het gebied ten westen ervan (bossen, vochtig) en het meer open landschap ten oosten ervan.
De genetische mutaties tot rechtoplopende mensachtigen was tot dan geen voordeel gebleken, nu plots wel. In Oost-Afrika –en enkel daar en dus eigenaardig ook niet in Zuid-Amerika- zal deze nieuwe soort zich verder ontwikkelen. En van hieruit zal de definitieve kolonisering van de aarde gebeuren. Andere levensvormen blijven bestaan, evolueren verder, of sterven uit. De mens evolueert nog in een paar soorten: sommige sterven uit, enkel de Homo sapiens blijft bestaan.

Wat staat ons nageslacht te wachten? Enerzijds is de mens zo intelligent aan het worden, dat we veel van het complexe van het heelal en het leven beginnen te begrijpen. Of proberen te begrijpen: alles is zo complex dat we ons moeten behelpen met wiskundige formules die ons helpen te relativeren. Anderzijds weten we dat er bedreigingen zijn in onze omgeving: de cyclus van meteorieten die inslaan om de 33 miljoen jaar breekt aan, ijstijden ontstaan om de 100.000 jaar, binnen 5 miljard jaar dooft onze zon uit. Zal de mensheid zoals de

dominerende dino's dan ook het onderspit delven, of zullen er bepaalde levensvormen zoals de bacteriën blijven overleven? Of zijn we tegen dan al lang het heelal aan het koloniseren? Dit brengt ons bij de dood: het uiteengaan van materie en energie. Beide worden gerecycleerd. Het organische materiaal wordt deel van de aarde, de energie gaat terug het heelal in. En alles kan opnieuw beginnen. Uit stof zijn we geboren, tot stof zullen we weerkeren. Er zit veel waarheid in dit soort gezegden… Het besef van ons tijdelijke bestaan boezemt ons enerzijds angst in: angst voor het onbekende zit in onze genen, maar heeft ons ook creatief gemaakt. Anderzijds gaan we ooit terug sterrenstof worden en kunnen deel uitmaken van een boeiende toekomst, onder welke vorm dan ook. En ook hier zijn er weer parallellen te trekken met wat religies ons proberen wijs te maken. Een vaststelling die hierbij kan gemaakt worden is toch dat de huidige wetenschappelijke en historische inzichten de Bijbelteksten niet tegenspreken. Het taalgebruik is er wel als het ware op maat gemaakt van de gewone sterveling.
Het evolutieverhaal dat hier beschreven is, is gestaafd door menselijke waarnemingen en theorieën. En soms ontstaan verschillende theorieën, en begrijpen zelfs wetenschappers nog niet alles en suggereren de kracht van een regelend opperwezen. Wereldreligies vertellen in feite hetzelfde, maar op een verbloemde wijze. Is dit opperwezen niet de alles overheersende aantrekkingskracht die op alles en nog wat zijn invloed uitoefent?
Ondertussen zitten deze miljarden jaren evolutie in ons wezen ingebakken: we eten en drinken, we slapen, we zijn soms angstig, zijn soms ambitieus, voelen ons sexueel aangetrokken tot andere wezens, zorgen voor onze kinderen, hebben aandacht voor het verleden en onze voorouders, bakenen ons territorium af, zoeken bescherming,… De meeste zaken zijn genetisch bepaald, sommige worden versterkt door opvoeding. Dit betekent niet dat we als robotten leven en een DNA-computerprogramma volgen. Dit beheerst wel ons leven, maar onze nieuwsgierigheid zorgt er wel voor dat we niet in een te krappe leefruimte leven. Misschien was deze bij vorige generaties wel veel krapper.
Nog nooit in de wereldhistorie heeft evoluerend leven zo een vaart genomen. Onze impact op ons klimaat wordt overweldigend. Anno 2010 bootst de mens de oerknal na in een labo, en creëert synthetisch leven door genetische manipulatie van DNA-strengen. Er volgen waarschijnlijk in de toekomst nog van dergelijke wonderbaarlijke experimenten. De kunst zal erin bestaan om op een positieve manier hier mee om te gaan, en misbruiken tegen te gaan.

Onze streken in het eerste deel van het Tertiair

Vlaanderen en het noordelijk deel van Wallonië zijn net zoals grote delen van Europa overstroomd tijdens het Eoceen, er worden Eocene klei- en zandsubstraten afgezet, die er thans nog in grote delen aan de oppervlakte liggen. Er heerst een tropisch klimaat. Fossiele resten van het Eocene zeeleven zitten vermoedelijk weer diep onder de huidige bodems verborgen, uitgezonderd dan de gebieden waar deze Eocene substraten aan het oppervlak komen.
In het Oligoceen trekt de zee zich noordwaarts deels terug. Er wordt door bezinking in ondiepe waters een **klei**substraat (Boomse of Rupeliaanse klei) gevormd op de Eocene substraten. Dit kleisubstraat komt aan de oppervlakte in een gebied dat het Waasland omringt en verder doorloopt ten noorden van Mechelen, en eindigt in het Hageland en de streek rond Hasselt. (zie kaart M. Goossens, 4A in De verdere evolutie van de mens in het Plioceen)
In het Waasland is het Rupeliaanse kleisubstraat op sommige plaatsen meer dan 30 m dik. Er werden tal van fossiele vondsten van het vroegere zeeleven in deze klei teruggevonden zoals kolonies van holtediertjes die in koralen leefden (Steendorp, 1886) en zeeschaaldieren met 10

poten (crustacé, Rupelmonde, 1864).[11] In de Rupeliaanse zee leefden toen ook zeeschildpadden, kreeften, vissen, vogels.[12] Fossiele resten van een kleine mosselsoort worden door geologen beschouwd als een gidsfossiel voor de Rupeliaanse klei.[13] In Burcht werden in 1930 de fossielen van een inktvis met een uitwendige schaal (Cephalopodes) ontdekt. De bekende 19de eeuwse wetenschapper Van Beneden[14] onderzocht op aangeven van Jan Van Raemdonck, heel wat fossielen. Zo werd er in 1871 in de Bazelse klei een compleet skelet van een zeekoe (Halitherium robustum) opgegraven.[15]
De kleigroeven van de steenbakkerij Scheerders van Kerckhove te Sint-Niklaas lokten de belangstelling van Nederlandse onderzoekers (Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie, Rotterdam). Onder een 4m dikke Pleistocene zanddeklaag bevond zich een tot 16m dik Oligocene Rupeliaanse kleisubstraat (bodemprofiel 1961). Onderin dit substraat werden vanaf 1964 schelpresten van talloze reuzenoesters ontdekt (Pycnodonte califera). De Oligocene zeediepte van toen werd geschat op 25 tot 50 m.[16]
In het Mioceen tenslotte wordt het kouder en trekt de zee zich nog verder terug. Overal worden bossen omgevormd tot grasvlakten. Of Dryopithecus en Ramapithecus zich toen al in onze streken gewaagd hebben behoort tot de mogelijkheden. Door de botsing van Afrika tegen Europa ontstaan gebergten, ook Midden-België komt hoger te liggen. De Rupeliaanse kleilaag in het Waasland vormt een **cuestahelling**. Vanuit de Miocene zee ontwikkelt zich door bezinking een **zand**substraat (Antwerpiaan) bovenop de kleilaag.

---

[11] Pr. Janssens, Kanttekeningen over Bazel-Waas, Annalen van de Oudheidkundige Kring van het Land van Waas (AOKLVW), deel 51, P.16. Ook in A.P.J. Vandervee, Het Land van Waas als geologisch landschap, AOKLVW, deel 59, P. 96, wordt een vondst uit Steendorp (1877) besproken, waarvan 3 exemplaren bewaard worden in het museum in Sint-Niklaas.

[12] J. Van Raemdonck, La Paléontologie du Pays de Waas, AOKLVW, deel 14, P. 315. De burgemeester van Temse schenkt in 1892 zeeschelpen voor verder onderzoek. In 1886 worden te Steendorp zeeschelpen met een diameter van 24 cm gevonden, in 1864 te Rupelmonde 'la patte droite d'un homard gigantesque', in 1892 te Sint-Niklaas tanden van verschillende kleine vissoorten.

[13] A.P.J. Vandervee, Het Land van Waas als geologisch landschap, AOKLVW, deel 59 (1953), P. 58. De belangstelling voor de fossielen van de Boomse klei in het Land van Waas is zeer oud. Er wordt o.a. een publicatie vermeld (P. 97) van L. De Coninck, 'Description des coquilles fossiles de l'argile de Basele, Boom, Schelle,…'(1837)

[14] Professor Van Beneden (°1809, +1894) was een tijdgenoot van Van Raemdonck. Hij doceerde zoologie, paleontologie, en vergelijkende anatomie aan de Leuvense universiteit. Bij zijn overlijden schreef Van Raemdonck in Souvenir du Professeur Van Beneden, AOKLVW, deel 14, P. 391, o.a. het volgende: 'Les Bulletins de l'Académie Royale sont remplis de ses rapports et de ses notices sur les découvertes faites au Pays de Waas d'animaux fossiles et c'est grâce à ses rapports… que ce Pays a pris rangs, à côté d'Anvers, parmi les contrées les plus anciennes de la Belgique'. De overledene was een 'protecteur dévoué de notre cercle' en Van Raemdonck voerde een drukke briefwisseling met zijn Leuvense collega, die als een internationale gerennomeerde wetenschapper in hoog aanzien stond.

[15] J. Van Raemdonck, Le Pays de Waas préhistorique, AOKLVW, deel 38, P. 28, ook P. 40 (skelet te Bazel, 1878). Prof. Van Beneden onderzocht ook resten van vissen die 'M. Van Raemconck a mis à notre disposition', P. 46 en 48. Verschillende van die vondsten werden gepubliceerd in gerenommeerde tijdschriften uit die tijd, bv. Recherches sur quelques poissons fossiles de Belgique en Les Reptiles fossiles en Belgique, beide in Les Bulletins de l'Académie royale de la Belgique, 1871. Dr. Jan Van Raemdonck (°1817, +1899) was een van de stichters van de Oudheidkundige Kring. Als geneesheer startte hij zijn studies in Leuven. Zijn anatomische kennis komt uitvoerig aan bod bij de beschrijving van talrijke fossielen die in het Waasland zijn teruggevonden.

[16] A.W. Janssen, Molluskenfauna's en de stratigrafie van Oligocene afzettingen in een tweetal kleigroeven te Sint-Niklaas, AOKLVW, deel 84, P. 9.

Bronnen :

C. De Loore, De spiraal van het leven, 1984
K. Ploetz, Aula wereldgeschiedenis in jaartallen, Deel 1, 1980
J.P. Dejonckheere, Geografisch-landschappelijke studie van Groot-Beveren, Vormingscursus gidsen in het Land van Beveren, 1986
J. Reader, Het begin, de eerste 3,5 miljard jaar van het leven op aarde, 1987
R.E. Leakey, Op het spoor van de mens, 1981
G. Strickland, Het ontstaan van de mens, 1979
H. Thoen et al, Temse aan de Schelde, 1989
Het Nieuwsblad 27.5.2001
5 miljoen jaar menselijk avontuur, 1990
Op zoek naar de eerste mensen, uitgegeven C. Susanne, 1984
Leven-Hoe is het ontstaan, uitg. Watchtower Bible and Track Society of New York, 1985
A. van Casteren, De dag dat de laatste dinosaurus stierf
P. Van Dooren, Het leven, 1993

Marc Van Stappen, www.stap-brug.be, 2020