

Co-evolutie gaat een stap verder

door: Leo van den Berkmortel

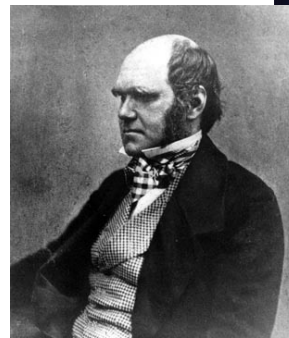
Recent DNA-onderzoek heeft veel informatie opgeleverd over de verwantschap tussen soorten. In grote lijnen blijkt daaruit dat Darwin het goed gezien had.

We zitten nu in het “Darwin-jaar”. De grondlegger van de evolutietheorie (foto) werd 200 jaar geleden geboren en publiceerde zijn beroemde boek hierover precies 150 jaar geleden. Hoe geniaal Charles Darwin was, realiseren we ons pas goed als we bedenken dat over de erfelijkheidsregels in die tijd nog niets bekend was. Die werden pas in 1865 door Gregor Mendel gepubliceerd. Recent DNA-onderzoek heeft veel informatie opgeleverd over de verwantschap tussen soorten. In grote lijnen blijkt daaruit dat Darwin het goed gezien had. Maar toch hebben biologen sinds Darwins tijd enorm veel nieuwe ontdekkingen gedaan. De evolutietheorie van Darwin wordt nog steeds als een heel knap staaltje van denkwerk beschouwd, maar het was eigenlijk alleen maar het fundament waarop latere wetenschappers verder konden bouwen. Eén van de bekendste van hen is Lynn Margulis, geboren in Chicago in 1938. Zij schreef in 1998 het boek *“The Symbiotic Planet. A New Look at Evolution”*. Zoals de titel zegt, gaat dat vooral over “symbiose”, wat “samenleving” betekent, en over haar kijk op evolutie.

Darwin merkte op dat dieren en planten veel meer nakomelingen krijgen dan er in leven kunnen blijven. Die nakomelingen zijn niet allemaal gelijk, zoals kinderen uit één gezin ook verschillen. In de concurrentiestrijd om voedsel en ruimte blijven alleen de individuen in leven die het beste aangepast zijn. Die aanpassing bestaat volgens Lynn Margulis vaak uit het vermogen om samen te gaan met andere organismen (“symbiose”) en als dat vermogen berust op erfelijke aanleg, wordt het via de genen doorgegeven aan de nakomelingen. Dat noemde zij “co-evolutie”.



Symbiose



Charles Darwin



Lynn Margulis

Symbiose

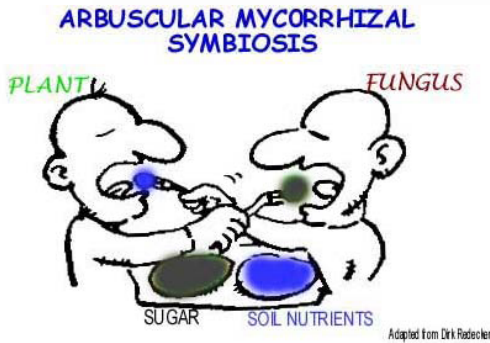
Waar moeten we aan denken bij symbiose? Er zijn twee vormen:

- **Ectosymbiose**, als het ene organisme aan de buitenkant tegen het andere aan leeft; denk maar aan Vliegenzwam, die in symbiose leeft met de wortels van een berkenboom of een naaldboom en de organische stoffen uit de grond kan afbreken en voor de boom opneembaar kan maken. Een schimmel die zo nauw samenleeft met plantwortels noemen we mycorrhiza. Soms kunnen ze niet meer zonder elkaar. Probeer maar niet een beuk te planten met kale wortels zonder mycorrhiza-schimmel bij de wortels te strooien. Er is een grote kans dat die beuk dood gaat.
- **Endosymbiose**, als het ene organisme binnenin het andere organisme is opgenomen, bijvoorbeeld de mitochondriën in de cellen van zeer veel organismen zijn er heel vroeg in de evolutie al in terechtgekomen als binnengedrongen bacteriën, die zich mee gingen vermenigvuldigen met de gastheercellen. Er zijn ook mycorrhiza-schimmels die binnenin de wortels groeien. Aan de buitenkant zijn die niet te zien en ze vormen ook geen paddenstoelen onder de boom of plant. Deze vorm komt o.a. voor bij orchideeën.

Wie profiteert van de symbiose?

Op deze vraag zijn drie antwoorden mogelijk:

- Er is voordeel voor beide partijen. Dan noemen we het “**mutualisme**”. Bijvoorbeeld de boom met mycorrhiza en de stikstofbindende bacteriën in de wortelknolletjes van vlinderbloemige planten (bijv. Erwt, Lupine, *Robinia*) die stikstof uit de lucht opnemen en aan de plant doorgeven, terwijl de plant met zijn bladgroen suikers maakt waar ook de bacteriën van mee profiteren;



- Wanneer maar één van beide er voordeel van heeft, maar de ander er geen last van heeft en ook geen voordeel. Dan spreken we van “**commensalisme**”. Klimop die tegen een boom groeit, is hier een voorbeeld van. De klimop kan hoger opgroeien en daar bij meer licht zijn bloemen vormen, waar insecten voor bestuiving zorgen. De boom heeft er geen voordeel, maar ook geen last van, zover wij weten;

- Als de een voordeel heeft, maar de ander nadeel, dan spreken we van “**parasitisme**”. Bladluizen op een plant zijn hiervan een voorbeeld. De bladluizen profiteren en de plant lijdt schade doordat de bladluizen er sap uit zuigen, ziektes kunnen overbrengen en honingdauw achterlaten, waarop schimmels gaan groeien.

Het eerste voorbeeld is een vorm van endosymbiose, de beide andere zijn voorbeelden van ectosymbiose. We zullen er nog enige gaan bekijken, te beginnen met de meest zichtbare, dus ectosymbiose.

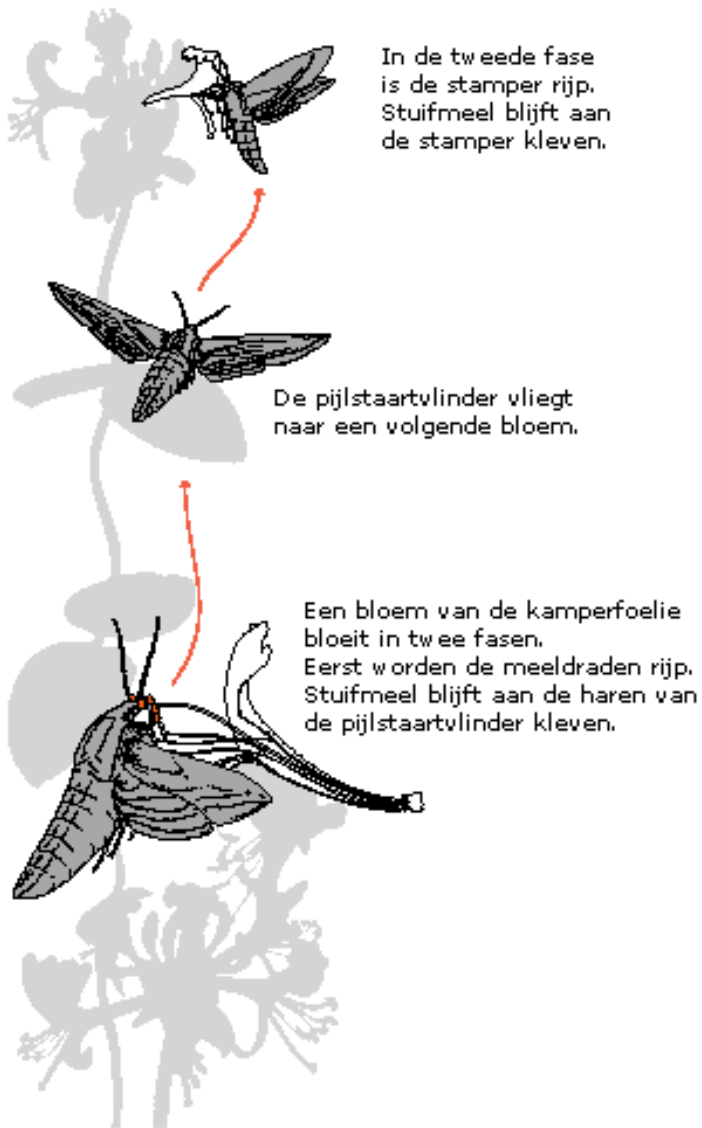
Voorbeelden van ectosymbiose

Op Madagaskar groeit een orchidee, *Angraecum sesquipedale*, met een 30 cm diepe bloem. Darwin concludeerde al dat er dus een bestuivend insect moest zijn met een tong van 30 cm lang. Toen er 20 jaar na Darwins dood een mot gevonden werd met een tong van 30 cm, behorend tot de soort *Xanthopan morgani*, werd die ondersoort genoemd: ssp. *praedicta* (“praedicta” = voorspeld). De mot komt eigenlijk voor de nectar en neemt er passant stuifmeel mee. Waarom die orchidee heel vroeger die lange buis ging maken, is ons niet duidelijk. Misschien wilde ze er zo voor zorgen dat haar stuifmeel meegenomen zou worden door een insect dat er bijna zeker mee naar een andere bloem van dezelfde soort zou vliegen. De orchidee maakt zo meer kans op nakomelingen. Dit is duidelijk een samenwerking waarvan beide profiteren.



Xanthopan morgani “praedicta”
met zijn enorm lange tong

Kamperfoelie is ook een mooi voorbeeld. Dat is een nachtbloeier. De witgele bloemen geuren vooral 's avonds en 's nachts. Ze hebben geen goede landingsplaats voor insecten. Voor een pijlstaartvlinder is dat geen probleem. Die zweeft als een kolibrie voor de bloem. Voor minder goede vliegers zijn de bloemen moeilijker toegankelijk. Eerst zijn de meeldraden rijp. De vlinder neemt stuifmeel mee naar een volgende bloem. Als daar wel de stamper rijp is, blijft er stuifmeel aan kleven. De bloem wordt bevrucht en vormt zaad. Voortplanting geslaagd! Daar gaat het toch om. Ook hier hebben beide voordeel van de symbiose.

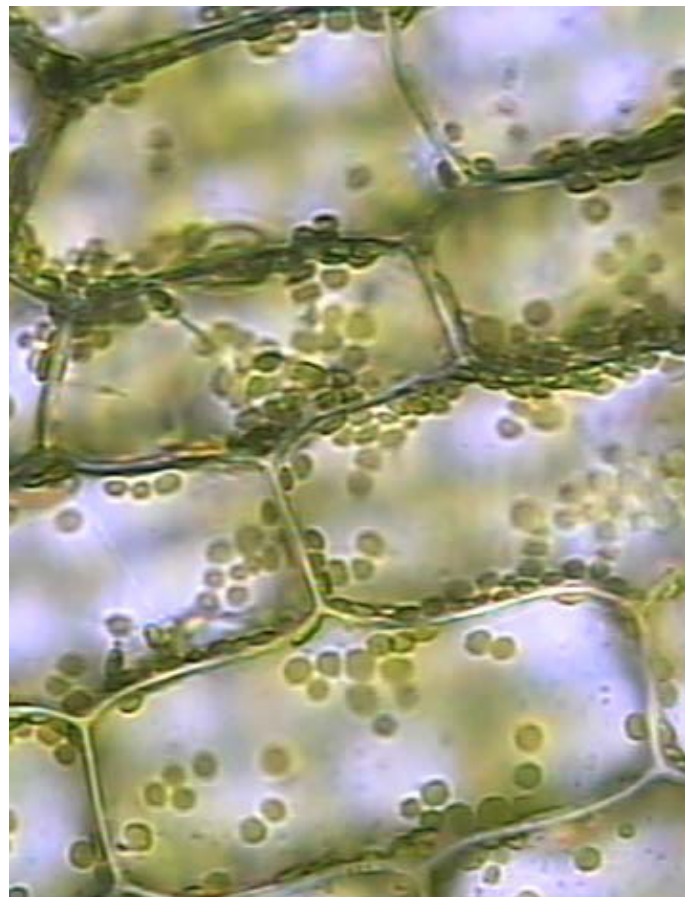


Voorbeelden van endosymbiose

Volgens Lynn Margulis is dit de allerbelangrijkste vorm van evolutie. Zij beweert zelfs dat alle hogere organismen in werkelijkheid zijn opgebouwd uit samenwerkende primitieve organismen. Toen haar gevraagd werd wanneer volgens haar de evolutie van de mens begon, zei ze: "Natuurlijk toen 3½ miljard jaar geleden het eerste leven ontstond." Die eerste eencelligen gingen samenklonteren en werden meercellige organismen. Later begonnen sommige groepen cellen iets andere functies te vervullen dan de rest van het organisme. Zo ontstonden spieren, zenuwen, zweefharen, mond, darm, hart, kieuwen, of longen, en allerlei andere gespecialiseerde weefsels.

Die meercellige organismen werden soms besmet door een virus of bacterie die binnendrong en het organisme dat daar erg ziek van werd, ging dood.

Maar een organisme dat zich aanpaste aan die indringer en er mee verder kon leven, was weer een stap gevorderd in de evolutie, want het kon de goede eigenschappen van beide nuttig gebruiken en de "parasiet" werd een nuttig onderdeelje. Zo kregen de dieren die wij nu kennen hun **mitochondriën** in hun cellen. Dat zijn kleine organellen die in het celvocht zweven en heel nuttig zijn voor de spijsvertering en de energievoorziening van het lichaam. Een dier heeft niet alleen DNA in de chromosomen van zijn celkernen, maar ook nog DNA in de mitochondriën. Als een cel zich deelt, delen de mitochondriën zich ook en erven zo over op het nageslacht, maar alleen via de moeder, want een eicel heeft behalve een celkern ook celplasma. Een spermacel heeft alleen het DNA in zijn celkern, want die heeft geen celplasma. Op soortgelijke manier hebben primitieve planten heel vroeger ooit cyanobacteriën in zich opgenomen. Die hadden al een primitieve vorm van **bladgroen** en konden met behulp van zonlicht koolzuurgas en water omzetten in suikers en dat zijn bouwstoffen voor de groei. Dat bladgroenkorrels, mitochondriën en meer van dergelijke deeltjes inderdaad ontstaan zijn uit bacteriën, kan tegenwoordig aangetoond worden door hun DNA-samenstelling te vergelijken. Die blijkt inderdaad bacterieachtig van aard te zijn.



Ook minder lang geleden zijn nieuwe vormen van samenleving (symbiose) ontstaan. Denk maar aan de schimmels die in de wortels van orchideeën groeien. Beide hebben er voordeel van; de schimmel groeit beter door de suikers die hij van de plant krijgt en de plant krijgt een betere aanvoer van bepaalde mineralen, die de schimmel uit organisch materiaal kan halen. De huidige orchideeën kunnen zelfs niet meer zonder deze symbiose, want hun zaden kiemen niet meer als de schimmel ontbreekt. Zo zijn er ook voorbeelden van planten die zich aanpassen aan een virus en dat virus gewoon inbouwen in hun cellen en mee laten doen met de celdelingen. Denk maar aan de bonte *Aucuba japonica*, die zijn bonte kleur te danken heeft aan een goedaardig virus, dat wel met enten overgaat, maar niet met het zaad. Die bonte vorm is veel bekender dan de originele groene, die ook pas later uit Japan geïmporteerd werd. Beide zijn wel met elkaar te kruisen en het zijn dus geen twee soorten geworden, maar variaties binnen één soort. Deze symbiosevorm is een milde vorm van **parasitisme**. Het virus vermenigvuldigt zich ten koste van de plant, maar de plant heeft er weinig last van. Omdat die bonte vorm beter verkocht wordt, zou je kunnen zeggen dat de plant er dus voordeel van heeft. Dan zou het geen parasitisme moeten heten, maar **mutualisme**.

Consequenties van dit alles

Volgens Lynn Margulis zouden complexe organismen allemaal zijn voortgekomen uit het samengaan (symbiose) van diverse soorten bacteriën of andere eencelligen. Haar "Serial Endosymbiosis Theory" (SET) wordt tegenwoordig door de meeste leden van de Amerikaanse Nationale Academie van Wetenschappen aanvaard. En dat geldt zeker ook voor de Europese biologen, die overwegend minder conservatief zijn dan de gemiddelde Amerikaan.

Helemaal nieuw is de theorie van Lynn Margulis overigens niet. De Duitser Andreas Schimper, geboren in 1856 in Straatsburg, verklaarde op deze manier al het ontstaan van bladgroenkorrels. Maar die publicatie is daarna onopgemerkt blijven liggen.

De vroegere onderverdeling van levende wezens in bacteriën, planten en dieren moet volgens de nieuwste inzichten herzien worden. Tegenwoordig onderscheidt men 3 domeinen:

- **BACTERIA**, eencelligen zonder kern, met DNA door de cel heen verspreid;
- **ARCHAEA**, ook eencelligen zonder celkern, maar hun DNA is heel anders;
- **EUKARYA**, met celkernen waarin het DNA zit.

Deze zijn onderverdeeld in:

- **Protista** = Eencelligen o.a. gisten en malaria/parasiet *Plasmodium*, met meer kernen per cel;
- **Fungi** = Schimmels, ook meer kernen per cel en geen bladgroen;
- **Plantae** = Planten, met bladgroen, een celwand en één celkern;
- **Animali** = Dieren, met mitochondriën, inwendige spijsvertering en ook één celkern.

De mens hoort hier o.a. ook bij.

Volgens Charles Darwin ziet de stamboom van de evolutie er in zijn eenvoudigste vorm uit als de linker tekening, maar volgens Lynn Margulis meer als de tekening rechts, met verbindingen tussen de takken.



Stuctuur van Darwins stamboom



Stuctuur van Margulis stamboom

Hoe overtuigend de bewijzen ook zijn, er heerst nog steeds grote weerstand tegen Darwins theorie, vooral bij orthodoxe Moslims, Christenen en Joden, omdat volgens hun heilige boeken de wereld door God geschapen is in zes dagen. Ik ga hier niet op in, omdat ik vind dat religieuze boeken, die vele eeuwen geleden geschreven zijn, niet de bedoeling hebben om een wetenschappelijke visie op de biologie te geven, maar puur godsdienstig gericht zijn. Ook de theorie over "intelligent ontwerp", die een compromis probeert te zijn tussen schepping en evolutie, blijft naar mijn mening een "scheppingsverhaal". In veel conservatieve Amerikaanse staten mag de evolutietheorie op scholen nog steeds niet onderwezen worden, omdat ze in strijd is met het scheppingsverhaal.

Volgens Lynn Margulis wordt het hoog tijd dat de mens zich eens wat bescheidener opstelt. De grootste stap in de evolutie vindt zij het ontstaan van cyanobacteriën zo'n 3 miljard jaar geleden. Dat waren de eerste wezens die fotosynthese kenden. Ze konden met zonne-energie uit water en koolzuurgas uit de atmosfeer suikers en zuurstof maken. De atmosfeer bestond toen nog hoofdzakelijk uit koolzuurgas, maar ging steeds meer zuurstof bevatten dankzij die fotosynthese. Zuurstof is giftig voor anaërobe bacteriën, die toen de wereld bevolkten. Die wereldbevolking stierf toen grotendeels uit. Wij mensen zijn in dit grote geheel nog nieuwkomers. 