

KOEN MARTENS, EVOLUTIEBIOLOOG

'Seks is een evolutionair raadsel'

Seks is een spijziek proces, maar zowat de hele dieren- en plantenwereld doet eraan mee. Waarom toch? Bioloog Koen Martens onderzoekt die seksuele paradox.

Griet Vandermassen /
Portret: Farah Focquaert

Mosselkreeftjes zijn doorgaans nog geen millimeter groot, maar voor Koen Martens vormen ze een bron van eindeloze fascinatie. De evolutiebioloog, verbonden aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, en zijn collega Isa Schön, gebruiken ze als modelgroep voor hun onderzoek naar de evolutie van seks. Wat de diertjes zo boeiend maakt, legt hij uit, is hun variatie aan voortplantingssystemen. 'Sommige groepen planten zich volledig seksueel voort, andere volledig asexueel, en nog andere weer gemengd. Zo bestaat er een groep mosselkreeftjes met drie geslachten: mannetjes, seksuele wijfjes en asexuele wijfjes.' Door die

'Seks is ontzettend oud: zelfs bacteriën, een van de allereerste levensvormen, doen eraan'

waaiër aan strategieën te bestuderen, hoopt Martens meer inzicht te krijgen in het waarom van seks. 'Maar op die ene, unieke verklaring moeten we niet hopen.'

Waarom is seks een paradox?

'Seksuele voortplanting is evolutionair bekeken erg verspillend. In een populatie van tien asexuele wijfjes die elk tien nakomelingen voortbrengen, heb je na één generatie honderd individuen. In een seksuele populatie van vijf wijfjes en vijf mannetjes die elk tien nakomelin-

gen hebben, zijn dat er maar vijftig. Seks is zo verspillend omdat de helft van de populatie, de mannetjes, niet bijdraagt aan de volgende generatie. Dat is de paradox: seks is duur, maar komt toch voor bij 98 procent van alle diere- en plantensoorten. Misschien niet constant, maar dan toch om de zoveel generaties. Seksuele voortplanting moet dus veel voordelen hebben, anders was ze ondanks die hoge prijs niet zo algemeen geworden.'

Hoe definieert u seks?

'We kunnen seks definiëren als het uitwisselen van genetisch materiaal. Seks is in die zin ontzettend oud: zelfs bacteriën, een van de allereerste vormen van leven, doen eraan. Zij vormen een bruggetje tussen twee cellen en wisselen zo DNA uit. Maar dat proces, dat we conjugatie of bacteriële seks noemen, geldt eigenlijk niet als echte seks. Voor echte seks moeten er via meiose, een mechanisme van celdeling, geslachtscellen ontstaan die elkaar ontmoeten en tot een zygote versmelten. Daaruit ontstaat een nieuw individu, dat de helft van het genetisch materiaal van elke ouder draagt. Het gedrag dat tot copulatie leidt, staat ook bekend als seks, maar de onderliggende genetische processen zijn naar mijn mening veel boeiender (*lacht*).'

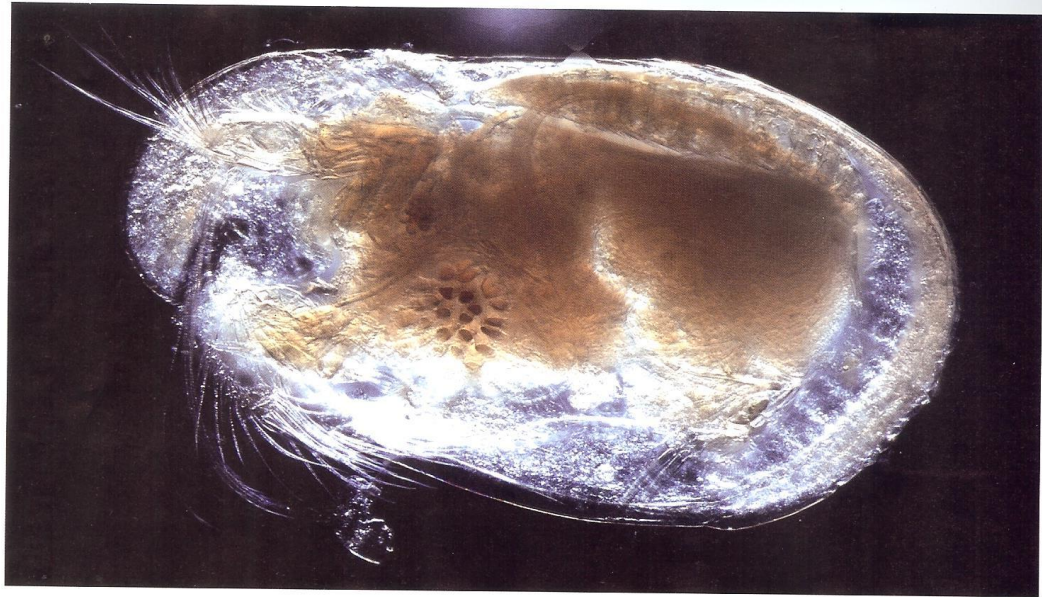
Hoe is seks ontstaan?

'Over de voortplanting van de eerste echte organismen, 3,5 miljard jaar geleden, weten we weinig. Bij de huidige bacteriën heb je die conjugatie maar daarnaast zien we twee andere vormen van uitwisseling van genetisch materiaal. Enerzijds heb je de opname van vreemd DNA uit de omgeving: stukjes DNA van een afgestorven cel die blijven rondhangen in het milieu. De tweede vorm is via een virus dat van de ene bacterie naar de andere gaat en stukjes DNA van die bacterie meebrengt. DNA-uitwisseling ontstond dus al zeer vroeg in de evolutie van het leven.'

Waarom wisselen organismen genen uit?

'Dat is de hamvraag: waarom bestaat seks? Daar bestaan meer dan dertig hypothesen over, die grosso modo in twee groepen uiteenvallen. Volgens de ene groep verwijderd seks slechte genen uit het collectieve genoom van de populatie. Je krijgt immers steeds nieuwe genetische





▲ Mosselkreeftjes kunnen zich seksueel of asexueel voortplanten.

combinaties. Nakomelingen die slechte genen dragen door mutaties, zullen op termijn door natuurlijke selectie uitsterven. Volgens de huidige evolutionaire theorievorming kan een groep organismen die zich louter asexueel voortplant, niet lang bestaan. Die zal zoveel mutaties opstapelen en doorgeven aan het nageslacht, dat die lijn wel móét uitsterven.'

Dat geldt dan ook voor uw asexuele mosselkreeftjes.

'En die vormen het voornaamste luik van ons onderzoeksprogramma. We bestuderen de *darwinulidae*, die volgens onze berekeningen al tweehonderd miljoen jaar geen seks hebben. Je vindt er enkel wijfjes die andere wijfjes produceren, en toch overleven ze al zo lang. Ze worden *ancient sexual scandals* genoemd. Het zijn schandalige organismen, omdat ze weigeren zich aan te passen aan onze theorieën (*lacht*).'

En de tweede groep hypothesen?

'Die stelt dat organismen zich door nieuwe gencombinaties te vormen sneller aanpassen aan veranderende omstandigheden. Aan klimaatverandering bijvoorbeeld, of aan de competitie met andere organismen, zoals roofdieren of parasieten. Dat vereist snelle aanpassing, en daarvoor ben je met seks het beste uitgerust. Als twee individuen met een gunstige mutatie met elkaar paren, sta je plots een reuzensprong verder. Asexuele organismen hebben geen interactie en moeten die mutaties een voor een opbouwen.'

Nemen parasieten in dat plaatje een prominente plaats in?

'De theorie dat seks bestaat om je sneller te kunnen aanpassen aan parasieten, heet de Rode Koningin-hypothese, naar het personage uit *Through the Looking Glass* van Lewis Carroll: je rent zo hard als je kan, maar blijft toch ter plaatse trappelen. De parasiet past zich aan om de gastheer uit te buiten, dus moet de gastheer zich aanpassen om die aanval af te slaan. Maar tegen dan heeft de parasiet al een andere mutatie ontwikkeld. Je moet dus rennen om ter plaatse te trappelen. Voor een gast-

heer kan dat alleen via seks efficiënt gebeuren. Parasieten zijn maar één voorbeeld van veranderende omstandigheden. Als verklaring voor het bestaan van seks heeft die hypothese de laatste tijd wat aan belang ingeboet.'

Sluiten die hypothesen elkaar uit?

'Helemaal niet, en dat maakt het ook zo moeilijk. Je kan ze testen door seksuele groepen te bestuderen, maar je kan je ook op de asexuele organismen richten, zoals wij doen. Door de mechanismen te identificeren die de nadelen van de afwezigheid van seks opheffen, begrijpen we de voordelen beter.'

'We denken dat er in de eerste plaats een erg efficiënt DNA-herstelsysteem moet zijn, waardoor mutaties niet meer hoeven te verdwijnen maar ze zich gewoon herstellen. Daarnaast hebben die mosselkreeften, die al tweehonderd miljoen jaar asexueel zijn, een *general purpose genotype* (GPG): ze overleven in zeer uiteenlopende omstandigheden. Met zo'n genotype hoef je je niet meer aan te passen, want je verdraagt alles. Je doet er zelfs goed aan om geen seks te hebben, want seks trekt die voordelige GPG-gencombinaties uit elkaar.'

Waarom heeft elke soort dat genotype dan niet?

'Er is zoveel seks in de wereld dat GPG wel zeldzaam móét zijn. Door seks valt het immers weer uit elkaar. Een asexuele soort moet dus bijna per toeval zo'n genotype ontwikkelen. Een meer prangende vraag is waarom we niet allemaal aan gemengde voortplanting doen. Zo heb je immers het beste van de twee werelden. De watervlo *Daphnia* bijvoorbeeld plant zich eerst vele generaties asexueel voort, met een populatie-explosie tot gevolg. Dat is enorm voordelig, want ze neemt alle niches in, alle voedselbronnen. Dan heeft ze één seksuele generatie, die de negatieve mutaties grotendeels wegwerkt. Maar gemengde voortplanting gebeurt in verhouding erg weinig.'

Wat zijn de voorwaarden?

'Allereerst moet de mogelijkheid tot asexuele voortplanting aanwezig zijn. Er moet zich een eitje kunnen vormen zonder meiose, dus die meiose moet verdwijnen.

Ten tweede moet dat eitje daadwerkelijk beginnen te delen, zonder bevruchting door een spermacel. Tot slot moeten seks en aseksualiteit naast elkaar bestaan. Dat lijkt niet zo eenvoudig. In de plantenwereld gaat het er nog veel complexer aan toe dan bij dieren. De verschillende mogelijkheden tussen aseksualiteit en seksualiteit die je daar aantreft, zijn onvoorstelbaar.'

Sommige diersoorten hebben meer dan twee geslachten.

'Van sommige groepen mosselkreeftjes mogen we stellen dat er drie geslachten zijn, met twee soorten wijfjes. Maar dat hangt af van de definitie van geslacht. Soms heb je in één soort mannetjes én wijfjes, die in verschillende types voorkomen. Daarbij kan de ene spermacel wel een bepaald type eicel bevruchten, maar de andere niet.'

'Naast de concepten mannetje en wijfje zijn er ook hermafrodieten, zoals platwormen en regenwormen, met beide geslachten in één individu. Sommige doen aan zelfbevruchting, andere moeten een ander individu zoeken om te paren. Er bestaan ook intermediaire toestanden, zoals vissoorten die eerst mannetje zijn maar na een paar jaar wijfje worden. Dat heeft goede evolutionaire redenen. Als mannetje moet je enkel kleine spermacellen produceren, terwijl je als wijfje groot genoeg moet zijn om een bepaalde massa grotere eitjes aan te maken. Zodra je groot genoeg bent, verander je dus in een wijfje.'

De mechanismen van geslachtsbepaling zijn blijkaar erg divers.

'Bij de mens en andere zoogdieren zijn dat de geslachtschromosomen: bij XX word je vrouw, bij XY man. Maar ook daar komen er intermediaire vormen voor, zoals interseksualiteit. Bij veel andere soorten hangt het geslacht af van omgevingsfactoren, zoals temperatuur, voedsel en lichaamsgrootte. Zelfs parasieten kunnen het geslacht bepalen: de bacterie *Wolbachia* maakt van mannelijke wespen wijfjes. Goed bedacht, want mannelijke wespen produceren geen nakomelingen. Als parasiet wil je daar niet tussen belanden.'

Hoe stellen biologen het geslacht vast?

'In eerste instantie kijken we naar het aantal en de grootte van de geslachtscellen. Zijn die klein en talrijk, dan heten ze zaadcellen en gaat het om een mannetje. Zijn ze groot en dun gezaaid, dan zijn het eicellen en hebben we met een vrouwelijk organisme te maken. Maar bij heel wat soorten lijken de geslachtscellen sterk op elkaar. Dan gaan we genetisch kijken, naar de chromosomen. Ook de geslachtsorganen en het gedrag helpen: meestal gebeurt penetratie door het mannetje en zorgt het wijfje voor de nakomelingen - maar het kan ook omgekeerd, zoals bij het zeepaardje. Bij de mens gaan we vooral op het uiterlijk voort, maar bij twijfel volgt een genetisch onderzoek. We kunnen ons ook man of vrouw voelen, dankzij onze sterk ontwikkelde hersenen. Die gevoelsdimensie botst soms met onze fysiologie.'

Zit er een patroon in de verspreiding van seksualiteit en aseksualiteit?

'In snel veranderende omstandigheden zou je seksueel moeten zijn, om je makkelijk te kunnen aanpassen. Als



Koen Martens

Koen Martens is hoofdonderzoeker aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN) en gastprofessor aan de Universiteit Gent. Hij is auteur en redacteur van een twintigtal boeken en publiceerde meer dan 650 wetenschappelijke artikels. Hij is hoofdredacteur van *Hydrobiologia* en *European Journal of Taxonomy*. Martens is daarnaast lid van de Raad van Advies van Eos.

de omstandigheden stabiel zijn, heb je beter geen seks, want aseksualiteit zorgt voor een enorme populatiegroei. Maar die voorspelling wordt niet volledig gedragen door de observaties (*lacht*). En soms zijn beide vormen aanwezig maar verspreiden ze zich ongelijk. We weten niet waarom. Het is een ingewikkelde zaak, en we komen er voorlopig niet uit.'

Frustreert u dat?

'Er bestaan zoveel verschillende systemen en dat is niet zo vreemd, want evolutie is geen eenduidig proces met voorspelbare gevolgen. Elke groep bedenkt zijn eigen op-

'Een groep organismen die zich louter aseksueel voortplant, kan niet lang bestaan. Die lijn móét wel uitsterven'

lossing voor overlevingsproblemen. Eenoogkreeftjes bijvoorbeeld zijn geleedpotig, maar sommige hebben zich als parasiet zodanig aangepast dat ze louter nog kleine zakjes eicellen zijn. Ze zijn volledig onherkenbaar geworden.'

'Die ene, unieke uitleg voor seks bestaat volgens mij niet. Dat vind ik niet erg, het belangrijkste is om te begrijpen wat er in de verschillende groepen gebeurt. Seks is een van de laatste overblijvende paradoxen in de evolutietheorie. Een geweldige uitdaging dus.' ■

Het Fonds Lucien De Coninck organiseert op 28 november een studienamiddag rond 'Het einde van M/V? Over de plasticiteit van gender en geslacht'. Koen Martens geeft er een voordracht. Meer info op fondsluciendeconinck.com