

Intense sociale samenwerking is fascinerend. Al was het maar omdat wij, mensen, genoodzaakt zijn tot grootschalige sociale organisatie. Wij leven met zo velen samen op zo'n kleine oppervlakte dat we wel moeten samenwerken.

Maar wij zijn niet de enige intens samenlevende diereengemeenschap. Zelfs niet de meest uitgebouwde. Sociale insecten gaan een grote stap verder.

Ze waren ongetwijfeld al lang sociaal vóór wij iets vergelijkbaars ontwikkelden. En hun sociaal gedrag gaat dieper dan dat van ons. Bij bijen en mieren wordt de voortplanting geconcentreerd in één vrouwtje: de koningin. De rest zijn werksters die zich inzetten voor het grote geheel. Mannetjes (darren geheten) komen er in het verhaal bijna niet aan te pas. Die mogen, als ze geluk hebben, één bruidsvlucht meemaken en een koningin bevruchten. Vervolgens sterven ze. De koningin teert de rest van haar jaren op die ene paring.

Onderzoek van de bijenmaatschappij ligt aan de basis van een systeem dat biologen verwantschapsselectie noemen. Werksterbijen werken samen, omdat ze allemaal verwant zijn aan elkaar: ze zijn zusters.

Maar echt altruïstisch kan dat gedrag niet genoemd worden. Bioloog Tom Wenseleers van het Laboratorium voor Entomologie aan de Katholieke Universiteit Leuven ontdekte dat er in de bijenwereld een speciale groep van (uiteraard vrouwelijke) politieagenten bestaat, die erop toeziet dat de werksters geen eieren leggen. Werksters worden als het ware verplicht om sociaal te zijn, want de eieren die ze leggen worden vernietigd.

Sinds een paar maanden is ook de genenkaart van de honingbij ontrafeld en aan een eerste onderzoek onderworpen. Daaraan werkten Peter Verleyen en enkele collega's van het Laboratorium voor Functioneel Genoom- en Proteoomonderzoek van dezelfde universiteit mee.

Beide groepen publiceerden hun bevindingen in de wetenschappelijke topvakbladen *Nature* en *Science*. Ze sloegen onder tussen de handen in elkaar om, onder leiding van de professoren Johan Billen en Liliame Schoofs, en in samenwerking met een ploeg van de Universiteit Gent, een stevige kredietlijn aan te vragen om de twee disciplines te combineren.

Ze willen op zoek gaan naar de genen die het sociaal gedrag van insecten sturen, en met name het politionele gedrag. Sociogenoomonderzoek heet dat in het jargon. Met bijen kan naar hartenlust geëxperimenteerd worden, kunnen genen wor-

den uitgeschakeld of aangezwengeld om te kijken wat er gebeurt.

Met mensen kan dat uiteraard niet, maar omdat men ervan uitgaat dat het hier fundamentele processen betreft, moet kennis van de bij ook inzicht opleveren in de manier waarop onze sociale samenwerking gestructureerd is.

Er is ook een economische factor in het spel. Dat helpt als er onderzoekskredieten moeten worden aangevraagd.

Peter Verleyen: 'De honingbij is, na de fruitvlieg en de malariamug, het derde insect waarvan de genenkaart is getekend. Het sociale karakter van het dier was niet de enige factor die primeerde. Er waren economische componenten, zoals de productie van honing, maar vooral het feit dat bijen als bestuivers van gewassen een grote rol spelen in de landbouw. In de Verenigde Staten zou het verdwijnen van bijen per jaar voor de boeren een minderopbrengst van minstens 15 miljard dollar betekenen. Dat is een gigantisch bedrag. Omdat bijen het, als gevolg van pesticidengebruik en verlies van hun natuurlijk leefmilieu, overal slecht doen, maakt een groeiend aantal mensen zich zorgen.'

Er zijn ongeveer twintigduizend soorten bijen. Hoeveel daarvan zijn er sociaal?

TOM WENSELEERS: De minderheid, ongeveer tweeduizend soorten, waaronder tien soorten honingbijen, driehonderd soorten hommels en een duizendtal angelloze bijen. De rest zijn solitaire levende beestjes.

Waren die er eerst?

PETER VERLEYEN: Er zijn fossielen van solitaire bijen van 100 miljoen jaar oud gevonden. De honingbij zou slechts 30 miljoen jaar geleden ontstaan zijn. We kunnen er dus van uitgaan dat het sociale gedrag een recente evolutie is.



DE KNUPPEL IN

De bijen geven langzaam hun diepste geheimen prijs. Vlaamse wetenschappers gaan op zoek naar de genen die hun sociale samenwerking sturen. Genen die ook bij de mens een rol zouden kunnen spelen. **DOOR DIRK DRAULANS**

Hoe gebeurt zo'n overgang van 'solitair' naar 'sociaal'?

WENSELEERS: Dat moet begonnen zijn met een verschuiving in de ouderzorg. Met moeders die eerst stuifmeelpollen ver-

zamelden en daar dan hun eitjes bij legden, zodat de larfjes na hun geboorte meteen wat te eten hadden. Het sociale gedrag van de werksters kwam daar als een soort misplaatste moederzorg bovenop. Dochters



BIJENDANS
Bijen ontwikkelden intens sociaal gedrag lang voor er van mensen sprake was.

DE BIJENKORF

begonnen, als ze uit hun cocon kwamen, te helpen met het grootbrengen van het kroost van hun moeder.

Is zoiets relevant om tot nieuwe inzichten in de mensenmaatschappij te komen?

WENSELEERS: Ik denk het wel. De onderliggende theorieën zijn dezelfde, bijvoorbeeld inzake sociale sancties. Er is recent aangetoond dat sociaal gedrag bij mensen een soort verdoken egoïsme is, en dat mensen zich in gemeenschappen met strengere sociale sancties coöperatiever gedragen om te voorkomen dat ze gestraft

worden. Net zoals in maatschappijen van sociale insecten minder vrouwtjes zelf eieren leggen als er strenger wordt gepatrouilleerd door politieagenten.

Reageren bijen en mensen op dezelfde manier op het risico van sancties?

WENSELEERS: Bijen gaan uiteraard niet denken: het heeft geen zin dat ik eieren leg, want ze worden toch opgegeten. Bij hen is dat een instinctieve respons. Bij de mens zijn zulke beslissingen veel doordachter. Maar het principe blijft hetzelfde.

Halen uw inzichten in het politionele optreden van bijen de oorspronkelijke pijlers van sociaal gedrag niet onderuit?

WENSELEERS: Tot op zekere hoogte wel. Vroeger dacht men dat een hoge genetische verwantschap cruciaal was voor het behoud van sociaal gedrag. Nu zien we dat sociaal gedrag ook gebaseerd kan zijn op heel andere principes, zoals sancties. **Zonder sancties zou de samenwerking nooit zo sterk geworden zijn?**

WENSELEERS: Onze theoretische modellen tonen effectief aan dat de werkers zich veel anarchistischer zouden gedragen als oncoöperatief gedrag bij de honingbij niet bestraft zou worden. Politiegedrag is dus inderdaad essentieel voor de manier waarop bijen functioneren. ▶



TOM WENSELEERS (L) EN PETER VERLEYEN (R)
 'De fundamentele principes van samenwerking bij bijen en mensen zijn dezelfde.'

Zijn er al genen voor de productie van koninginnenbrij geïdentificeerd?

VERLEYEN: Ja, maar we weten niet precies wat ze doen. De werksters produceren de brij in een klier in hun kop. Maar we weten nog niet hoe dat georganiseerd is, en waarom ze de koningin met brij blijven voeden.

Heeft het feit dat werksters geen eieren leggen ook met genen te maken?

VERLEYEN: Als de vruchtbaarheid genetisch beïnvloed wordt, hopen we dat het via kleine eiwitten zal zijn. We weten dat de rijping van de geslachtsorganen bij andere insecten door peptidehormonen geregeld wordt. We vermoeden ook dat signalen uit de omgeving op die hersenpeptiden inwerken. Bij ons worden bepaalde hormonen eveneens pas vanaf de puberteit actief. Zijn de beschreven genetische mechanismen vergelijkbaar met de onze?

Er zijn bijen die hun leven lang als begrafenisondernemer dode bijen uit het nest slepen.

► Zijn de agenten een aparte klasse van werksters?

WENSELEERS: Dat weten we nog niet zeker. Bij wespen schijnt het om een specialisatie te gaan. Sommige werksters voelen zich op een bepaald moment blijkbaar geroepen om agent te spelen.

Hoe ontstaat een systeem waarin alleen een koningin zich voortplant?

WENSELEERS: Omdat alle werksters verwant zijn, zusters van elkaar zijn, zijn ze even goed af door anderen te helpen dan door hun eigen kroost groot te brengen. Zo krijgen ze veel meer van hun genen, die ze met hun zusters delen, in de volgende generaties. Maar het zou ook kunnen dat de moeder haar dochters op een of andere manier dwong háár kroost groot te brengen en zich in te zetten voor de kolonie.

Hoe zijn ze eigenlijk van de mannen af geraakt?

VERLEYEN: Dat is nog niet duidelijk. Het is wel zo dat darren niet geschikt zijn voor ouderzorg, en daarom ook niet voor een helperrol. De angel van de vrouwtjes is in feite het orgaan waarmee ze eitjes moeten leggen, dus alleen vrouwtjes kunnen steken, wat darren ook ongeschikt maakt voor het verdedigen van de kolonie.

Zoals bij ons wordt een bij als koningin geboren en moet de rest werken voor de kost?

WENSELEERS: Ja, die ongelijkheid zit ook in de bijenmaatschappij ingebakken. Werksters kunnen wel opklimmen, verzor-

gen eerst de raten, dan het broed, en later gaan ze naar buiten om voedsel te zoeken. Daar zit een evolutie in. Maar van werkster tot koningin zullen ze het nooit schoppen.

Mensen en bijen lijken op elkaar?

WENSELEERS: Wij hebben inderdaad ook een soort klassenstrijd, maar die is toch niet zo extreem als die van de bijen, want daar zit de voortplanting in enkele individuen geconcentreerd.

Dat is toch ook zo in onze haremsystemen?

WENSELEERS: Die zijn aan rijkdom gelinkt en toegespitst op een man als centrale figuur. Bij bijen is de vrouw het centrale geslacht. Je hebt wel de molrat die ook een soort koningin heeft, waaruit aan de lopende band jongen rollen, maar dat is in de zoogdierenwereld een uitzondering.

Waarom worden koninginnen oud en werksters niet?

VERLEYEN: Dat is een van de fundamentele vragen die we willen oplossen met het onderzoek van de bijengenen. Hoe kan hetzelfde genetisch materiaal een koningin geven die vijf jaar oud wordt en een half miljoen dochters kan krijgen, terwijl die dochters allemaal na een paar maanden sterven? De voeding is daarbij natuurlijk belangrijk, de koninginnenbrij die ervoor zorgt dat een bijenlarve koningin wordt. Alle bijenlarfjes krijgen de eerste dagen na hun geboorte wat koninginnenbrij, maar nadien krijgen ze nectar en stuifmeel. De koningin eet echter heel haar leven koninginnenbrij.

VERLEYEN: Waarschijnlijk wel. We zien al voorbeelden van eiwitten die ervoor zorgen dat genen al dan niet tot expressie komen, en van micro-RNA's die ook bij ons belangrijk zijn in het bepalen van welke genen wanneer hun eiwitten gaan produceren. Er is een opvallende methylering van DNA gezien, waarmee bij ons bepaald wordt of voor een bepaald kenmerk een gen van de vader of van de moeder in gang wordt gezet. Héél vergelijkbare mechanismen dus.

Lijkt het genoom van de bij meer op dat van de mens dan dat van de mug of de vlieg?

VERLEYEN: Ja, maar dat heeft vooral te maken met het feit dat een bij langer leeft dan een mug of een vlieg. De takken die naar insecten en zoogdieren leiden, zijn ongeveer 600 miljoen jaar geleden van elkaar afgesplitst. Maar een koningin van een bij kan vijf jaar lang eieren leggen, terwijl fruitvliegen al na een maand grootouder zijn. Ze hebben dus meer generaties om te veranderen. Het genoom van de vlieg is voor 44,5 procent hetzelfde als dat van de mens, dat van de bij voor 47,5 procent.

Dus bijna de helft van onze genen delen we met insecten?

VERLEYEN: Dat is normaal. De basisprocessen zijn dezelfde, de zenuwcellen, de manier waarop het erfelijk materiaal wordt afgelezen. Veel fysiologische mechanismen zijn sterk geconserveerd, ook deze die voor de communicatie instaan. Daar spitst ons werk zich op toe. We hebben in de hersenen ►

► al meer dan honderd signaal-moleculen voor communicatie geïdentificeerd. Die worden door een dikke dertig genen geproduceerd.

WENSELEERS: We gaan nu kijken hoe die genetische sturing werkt, en welke moleculen en genen we met politiegedrag en de verminderde vruchtbaarheid van werksters in verband kunnen brengen. Daarvoor gaan we een bijenkolonie maken waarin we vanaf het begin elke bij individueel zullen merken. We gaan het geheel voortdurend filmen, zodat we altijd kunnen zien wat er gebeurt. En dan gaan we ingrijpen op de genen: aan- en uitschakelen en zien wat het effect is.

Dat lijkt een huls werkje.

VERLEYEN: Het is minder omslachtig dan het klinkt. Er is al een DNA-chip op de markt waarop alle genen van een bij liggen, zodat we onmiddellijk kunnen zien welke genen wanneer actief zijn, en in welke mate. Ook het opstellen van kaarten met de eiwit-activiteit in de hersenen is niet zo moeilijk. **Zijn de fameuze dansjes waarmee bijen elkaar de ligging van voedselbronnen uitleggen, ook genetisch bepaald?**

WENSELEERS: Waarschijnlijk is dat inderdaad een instinctief, genetisch bepaald iets. Hoewel er bij bijen ook potentieel is voor culturele evolutie. Want er kan in principe aangeleerde informatie van moederkolonies naar dochterkolonies worden doorgegeven. **Bijen gebruiken herkenningspunten in het landschap voor hun navigatie?**

VERLEYEN: Het is ongelooflijk wat ze kunnen. Als bijen, bijvoorbeeld, een goede voedselbron achter een heuvel ontdekt hebben, geven ze in de kolonie de hoek ten opzichte van de zon als de richting van de bron aan, zonder rekening te houden met de aanwezigheid van de heuvel, maar als ze de afstand afstand beschrijven, houden ze er wel rekening mee dat ze rond de heuvel moeten. Ze sturen zelfs bij in verhouding tot de tijd, want de stand van de zon zal veranderd zijn tegen dat ze hun boodschap brengen.

Bijen zijn dus slimme beesten?

VERLEYEN: Ik heb er in ieder geval een groot respect voor.

Dat is iets anders.

VERLEYEN: Ze hebben een miljoen neuronen in hun hersenen — wij hebben er vijfhonderdduizend keer meer. Maar ik zou er niet in slagen om al dansend de weg naar een boekje bloemen uit te leggen. Het gaat hier duidelijk om een zeer complex denkproces, waarbij ook korte eiwitten in de hersenen betrokken zouden kunnen zijn.

Is er een genetische sturing in de evolutie van werkster in de kolonie naar een bij die buiten gaat vliegen?

VERLEYEN: Dat is ook niet bekend. Het zal ingewikkelder zijn dan dat, want je



BIJ OP BLOEM
Sommige bijen specialiseren zich hun leven lang op dezelfde bloemensoort.

hebt bijen die nooit de kolonie verlaten, andere die hun leven lang dezelfde bloemen bezoeken, en echte durvers die zich als verkenners gedragen.

WENSELEERS: Die gedragsverschillen zijn gelinkt aan verschillen in de mate waarin bepaalde genen hun eiwitten produceren, maar dat is nog vrij beschrijvend, omdat we niet weten wat die genen doen. Er is nog veel werk aan de winkel.

Het spreekt voor zich dat bijen met hun focus op bloemen een sterk ontwikkeld geurvermogen hebben.

VERLEYEN: Dat is duidelijk uit de eerste analyse van hun genenkaart. Niet alleen voor het zoeken naar voedsel trouwens, ook voor hun onderlinge communicatie gebruiken ze geuren. Bijen herkennen individuen van hun eigen kolonie aan de geur. Er zijn veel receptoren voor chemische prikkels in de hersenen gevonden, die sterk op elkaar lijken, wat wijst op een complex geheel.

WENSELEERS: Die geurcapaciteiten worden trouwens al commercieel uitgebuit. Bijen en wespen kunnen gemakkelijk geconditioneerd worden om landmijnen of drugs op te sporen, precies omdat ze zo'n goed ontwikkeld reukvermogen hebben. Wat natuurlijk handig was om geld te krijgen voor het bijengenoomonderzoek, dat toch 10 miljoen dollar heeft gekost. Je kon het mee verantwoord als potentieel nuttig ter verdediging van het land. Vooral in de VS is dat tegenwoordig in.

Zijn er nog toepassingen op komst?

VERLEYEN: Als we eventueel een mechanisme ter bevordering van onvruchtbaarheid zouden vinden, zouden we kunnen nagaan of het bruikbaar is in de strijd tegen schadelijke insecten, zoals treksprinkhanen. **Verrassend was dat bijen, ondanks het feit dat ze met zo velen samenleven, weinig genen voor immunoreacties tegen aanvallers hebben.**

WENSELEERS: Inderdaad. Blijkbaar

hebben ze alternatieven voor de strijd tegen ziektes en parasieten. Een uitgekiend zorggedrag misschien. Er zijn in elke kolonie bijen die als een soort begrafenisondernemer niets anders doen dan dode bijen naar buiten slepen. De meeste sociale insecten zijn sterk in het proper houden van hun nest. Bij de parasolmieren zijn er werksters die uitsluitend op de afvalhoop leven, een soort *untouchables*, kastelozen, die alleen via tussenstations in contact staan met de rest van de kolonie. Zo wordt vermeden dat infecties uit het afval het nest treffen.

De bij zou zo'n zeventuizend jaar geleden gedomesticeerd zijn. Heeft dat haar gedrag beïnvloed?

WENSELEERS: Waarschijnlijk niet, want we hebben de paring niet in de hand. We staken de bijen gewoon in korven, en dat was het. Er was alleen selectie door het doden van agressieve volken, maar dat veranderde niet veel. Sinds enkele decennia is er wel de mogelijkheid tot kunstmatige inseminatie.

Zal kennis van het genoom de mogelijkheden tot ingrijpen verhogen?

VERLEYEN: We zouden de weerstand tegen bepaalde ziektes kunnen verhogen. Maar we zullen op onze hoede moeten blijven. De *killerbees* die nu Amerika onveilig maken, ontstonden uit een experiment waarbij een Europese en een Afrikaanse bij in Brazilië gekruist werden. De diertjes deden het goed, maar waren wel agressief. En toen er een dikke vijftig jaar geleden een zwerm ontsnapte, was het hek van de dam.

WENSELEERS: Maar het gevaar daarvan moet niet overdreven worden. In Texas, waar nu een heus drama rond *killerbees* gecreëerd wordt, sterven er elk jaar twee mensen aan een bijensteek, en dat zijn mensen die allergisch reageren op bijengif. Afrikaanse honingbijen zijn even agressief, maar uit Afrika hoor je nooit klachten. De mensen zijn het daar gewoon dat ze wat voorzichtig moeten zijn met bijen. ☐