



Reuze eekhoorntjesbrood. Foto van Monica 'Mo' Wilde, 2013.

MIJN SCHIMMELMANIFEST MATTEO GARBELOTTO

Ik ben zes jaar. Het is juli 1971 en het is eindelijk opgehouden met regenen. Ik loop tussen de wilde bosbessenstruiken die tot mijn knieën reiken, maar mijn lange, dikke wollen sokken beschermen mijn benen, ook al draag ik een korte zouavebroek. Lariksen en sparren torenen hoog boven me uit, voor me lijken de toppen van de Dolomieten met elkaar te wedijveren om de hoogste plek aan de hemel. Ik kan mijn ogen niet van de bergen afhouden, ook al weet ik dat ik eigenlijk naar de grond voor mijn voeten moet kijken. De griezelige verhalen over kinderen die, gebeten door giftige adders, urenlang achter in de auto onderweg waren door de

kronkelige Schener-kloof om bij de dichtstbijzijnde eerstehulp post te komen, staan in mijn geheugen gegrift. Ik besef dat ik, heel even maar, niet goed heb opgelet. Het is ook zo'n prachtige dag, en de omgeving is nog prachtiger. We zijn met een hele groep, kinderen en volwassenen, op zoek naar paddenstoelen; voor mij de eerste keer van de vele keren die ik me nog altijd goed herinner. Terwijl ik met mijn ogen de wolken volg, raakt een koud en ietwat glibberig wezen mijn linkerbeen, precies waar de sok wat is afgezakkt en dus mijn huid niet langer beschermt. Ik ben een kleine jongen en het wezen reikt tot halverwege mijn enkel en mijn knie. Door angst bevangen stel ik me voor dat het een adder is die zijn kop opricht en op het punt staat om me aan te vallen of zich om mijn been te wikkelen. Ik blijf roerloos staan; ik hou zelfs op met ademen, om de slang niet nog verder lastig te vallen, en – het allerbelangrijkste – ik hou mijn ogen dicht. Want iedereen weet immers dat als je 'het' niet ziet (wat 'het' ook mag zijn), dan hoef je je er ook geen zorgen over te maken. Ik schreeuw om hulp. Als ik mijn ogen opendoe en naar beneden kijk, herken ik de chocoladebruine bolle hoed van een porcino-paddenstoel, eekhoorntjesbrood. Hij is groot en mijn voet had hem bijna geplet. Hij leunt tegen mijn been. Ik schreeuw nog eens, deze keer uit blijheid en om iedereen erbij te roepen zodat ze mijn buit van dichtbij kunnen bewonderen.

Mijn familie staat om me heen en iedereen geeft me complimentjes over mijn ontdekking. Meerdere mensen in het gezelschap zeggen dat het hoogstwaarschijnlijk de grootste paddenstoel is van onze oogst van vandaag. Mijn vader pakt zijn zakmes en snijdt de paddenstoel los van de grond in plaats van hem eruit te trekken. 'Je moet hem lossnijden, zodat je zijn *wortels* niet beschadigt en dan kan er volgend jaar een nieuwe groeien,' zegt hij. De porcino wordt in een mand gelegd en mijn vader benadrukt dat 'de schimmelsporen weer terug op de grond moeten vallen, zodat er weer nieuwe paddenstoelen uit tevoorschijn zullen komen'. De paddenstoel blijft echter niet lang in de mand liggen, want terwijl we teruggaan naar ons dorp waar we met driehonderd mensen wonen pak ik hem uit de mand en houd hem de hele weg stevig vast, zodat de mensen in het dorp en de toeristen ook mijn wonderbaarlijke vondst kunnen bewonderen. En nog wel mijn allereerste vondst!

Bewoners van de zuidelijke Alpen kennen bijna alle paddenstoelen die in hun valleien groeien, anders dan onze burens in het noorden, die wat 'selectiever' zijn en niet de moeite nemen om de namen van paddenstoelen te leren, behalve van de paar soorten die ze eten. Wij weten dat ik een 'brisa' met me meedraag, de naam die we in mijn streek gebruiken voor de *Boletus edulis*, 'porcino' in het Italiaans, maar we besluiten toch naar het kantoor te gaan van de paddenstoelenexpert, een slungelige man die Secco heet. In Italië heeft elk buurtschap zo'n expert, dat is in de wet zo bepaald. Wij willen vooral pronken met onze vondst en zorgen dat het hele dorp weet dat een zesjarige jongen zo'n grote paddenstoel heeft gevonden. In een lange sliert gaan we, een voor een,

zijn kantoortje binnen, eigenlijk gewoon het restaurant en het café die zijn familie bestieren, midden in het dorp. Ik ben de laatste die naar binnen gaat en draag nog steeds de trofee in mijn handen. Secco staat op en klapt in zijn handen als hij de paddenstoel ziet. Op een statige toon, als een soort rechter, stelt hij vast dat het een 'brisa' is en dat hij gezond is, dat wil zeggen: niet vol maden zit zoals oudere exemplaren. Hij neemt de paddenstoel mee naar achteren, wat bij mij een acute verlatingsangst teweegbrengt. Gelukkig komt hij snel daarna weer terug met een weegschaal, die ons vertelt dat de brisa officieel 780 gram weegt.

Je zou de gebeurtenis die ik hierboven heb beschreven kunnen bestempelen als een mycologisch avontuur, en deels wás het dat ook, maar eigenlijk was het meer een soort culinair avontuur. Het enige doel van deze speurtochten naar paddenstoelen was en is het bemachtigen van verse ingrediënten om daarmee een breed scala aan heerlijke traditionele gerechten te bereiden. Ik moet bekennen dat ik in mijn professionele leven als mycoloog en plantpatholoog (ook al heb ik vaak minder kennis dan mijn collega's, die me geregeld terechtwijzen omdat ik niet de allernieuwste benamingen voor schimmels paraat heb) altijd een enorme connectie heb gevoeld met de schimmels, alsof de paddenstoelenhoed die die dag mijn huid aanraakte met mij het geheime verhaal van alle schimmels heeft gedeeld, een verhaal waarin honderden planten en paddenstoelen die verbonden zijn met het myceliumnetwerk een rol spelen. Belangrijker nog: mij werd toen de gezamenlijke geschiedenis geopenbaard van schimmels en alle andere organismen (waaronder mensen) die specifiek was voor mijn vallei, de Primiero. Deze vallei, tegenwoordig makkelijk te bereiken vanaf de vruchtbare velden van Noord-Italië, via een eindeloze reeks tunnels, was duizenden jaren lang een geïsoleerd gebied. Het is de enige vallei in de provincie van Tirol waar een dialect van de Venetiaanse taal werd en nog altijd wordt gesproken, samen met Duits. Mijn gedachten over schimmels hebben zich terwijl ik opgroeide gevormd binnen die context van Primiero. Sommige bossen zijn bijvoorbeeld rijk aan één type of slechts een paar soorten paddenstoel, en als het recept vraagt om zo'n specifieke paddenstoel, dan moet je daar dus naartoe. Hetzelfde gold voor eeuwenoude bergweiden en gebieden waar het hout was weggekapt, dat wil zeggen: de hoeveelheid en diversiteit aan schimmels was afhankelijk van de specifieke geschiedenis van een plek. Hoewel we paddenstoelen niet gebruikten om medicinale redenen, wist ik als kind wel dat bepaalde schimmels ziektes konden veroorzaken en andere juist ziektes konden genezen. Het is voor mij dan ook niet verrassend dat toen Ötzi, de ijsman, werd gevonden, in een gletsjer niet ver van mijn vallei, hij een tas met paddenstoelen bij zich had om te gebruiken voor geneeskrachtige doeleinden.

Schimmels zijn een onmisbaar onderdeel van het ecosysteem van een bos. Hoewel het strikt genomen microben zijn, is het mogelijk om zowel macro-schimmels als micro-schimmels te

zien, hoewel dat in het geval van micro-schimmels wel lastig is. Ik zeg 'mogelijk', want vaak zijn ze helemaal niet zichtbaar. Belangrijker is nog dat ze, anders dan bacteriën, een aantal verspreidingskenmerken hebben die meer lijken op die van planten. De meeste schimmels zijn territoriaal, en wanneer ze een specifiek leefgebied bezetten, sluiten ze actief andere schimmels buiten die met hen om dezelfde hulpbronnen zouden kunnen strijden. Dit doen ze op chemisch niveau door anti-schimmelstoffen aan te maken aan de rand van hun territorium, en op fysiek niveau door barrières op te werpen die bestaan uit ondoorringbare stoffen, zoals melanine. Ze houden grip op de fysieke ruimte die ze bezetten totdat het substraat het type voeding levert dat ze nodig hebben, waarna ze eventueel andere schimmels toelaten om hen op te volgen. Ze zijn erg bedreven in het managen van hulpbronnen in de fysieke ruimte waar ze bezit van hebben genomen. Het myceliumnetwerk dat wordt gecreëerd door ectomycorrhiza-schimmels is welbekend, maar er bestaan netwerken die nog groter zijn, zoals veroorzaakt door wortelrotschimmels. In zulke gevallen kunnen netwerken zich over meerdere kilometers uitstrekken, waarbij één individueel genotype of genetisch individu vaak het overgrote deel van het netwerk uitmaakt.

Myceliumnetwerken zijn niet statisch, en dat ligt meestal aan het feit dat ze de distributie volgen van de voedingsstoffen die schimmels nodig hebben. Als op een bepaalde plek die voedingsstoffen afnemen, dan krimpt ook het netwerk op die locatie, en vice versa. Bosschimmels hebben een complexe relatie met het gebied waarin ze leven, en die relatie wordt beïnvloed door de omgeving, de leeftijd van de bovenste boslaag, de structuur van het bos en de diversiteit aan planten. Maar schimmels oefenen ook zelf invloed uit op hun gebied – zo maken ze het vaak meer geschikt om bezet te worden door schimmelkolonies. Deze ontwikkelingen selecteren zich uit via langdurige evolutionaire processen, of er kan als gevolg van een verstoring een heel vlugge evolutie plaatsvinden.

Om genetische inteelt te minimaliseren moeten veel schimmels 'paren' voordat ze de voedingsstoffen van een substraat kunnen benutten. Die paring vindt plaats tussen twee ontkiemende sporen met verschillende paringstypen. Alleen na deze paring zijn deze schimmels stabiel en competitief. Het omgekeerde is ook waar: als ze niet paren, dan zijn individuele sporen onstabiel en niet competitief als ze eenmaal ontkiemd zijn. Dit vormt een enorme uitdaging voor de verspreiding van bepaalde groepen schimmels, omdat de overgrote meerderheid van de sporen die 'single' blijven niet in staat is een mycelium aan te leggen. Maar als een mycelium eenmaal is aangelegd, dan kunnen schimmels behulpzaam zijn bij verdere kolonisatie door schimmels, of dat nu soortgenoten betreft of niet. Die hulp kan direct of indirect plaatsvinden. De matsutake-paddenstoel creëert bijvoorbeeld myceliumnetwerken die de ontkieming van individuele sporen

die op hen landen faciliteren, door middel van een proces dat *di-mon*-paring wordt genoemd. Het resulteert in een nuttige diversificatie van de genenpoel. Een voorbeeld van een indirecte interventie door schimmels is het gedrag van *Heterobasidion*, een schimmel die door wortel- en stamrot te veroorzaken bij geïnfecteerde dennenbomen, fysiologische stress geeft bij de bomen die vlakbij staan en waarvan de wortels verbonden zijn met een geïnfecteerde boom. Deze fysiologische stress stelt *Heterobasidion*-sporen die zich al lange tijd in het hout bevinden in staat om te ontkiemen en hun eigen pathogene of ziekteverwerkende fase in te gaan.

Het lijkt bij deze twee voorbeelden te gaan om processen die zijn geselecteerd tijdens de co-evolutie van organismen in het bos. Er is nog een derde voorbeeld van schimmels die schimmels helpen zich te vestigen, maar dan als resultaat van de introductie van een nieuwe soort. Er is aangetoond dat toen de schimmel *Heterobasidion annosum*, een inheemse soort in Europa en Azië, in hetzelfde leefgebied voorkomt als de geïntroduceerde Noord-Amerikaanse schimmel *Heterobasidion irregulare*, alleen het tempo van sporenvorming van deze laatste soort schimmel enorm toenam. Dus de aanwezigheid van de inheemse soort vergroot de mogelijkheid van de geïntroduceerde soort om zich te verspreiden, in plaats van deze in te perken. Er zijn natuurlijk talloze voorbeelden waarbij een schimmel die als eerste is gearriveerd probeert te voorkomen dat een soort die zich als tweede aandient zich ook kan vestigen. Een bekend geval is de schimmel *Phlebiopsis gigantea* die ervoor zorgt dat net afgezaagde stronken niet geïnfecteerd kunnen raken met de schimmel *Heterobasidion*. De rugzaksproeier die je misschien hebt gezien in de installatie *We shall by morning inherit the Earth* kan bijvoorbeeld gebruikt worden om dat proces te faciliteren, door bij het zagen sporen van *Phlebiopsis gigantea* op stronken te sproeien en zo een infectie met *Heterobasidion*-sporen te voorkomen.

Hoewel het myceliumnetwerk veel bosschimmels in staat stelt om zich over een groot gebied te verspreiden, vindt verspreiding over lange afstanden toch vooral plaats door sporen die zich door de lucht verplaatsen. Een van de dogma's die ik gedurende mijn professionele leven heb geprobeerd te nuanceren is dat deze microscopische sporen 'overal' zouden zijn, en dat alle schimmels dus in staat zijn om zich over lange afstanden te verplaatsen. In de werkelijkheid kan de meerderheid van de sporen die door de wind worden meegevoerd niet heel lang levensvatbaar blijven, wat te maken heeft met de gecombineerde effecten van straling van de zon, uitdroging, roofdieren en bevriezing. De territoriale eigenschappen van schimmels fascineren me al sinds ik zes ben – toen begreep ik al dat niet elke schimmel overal is. Populaties van matsutake-schimmels in diepliggende valleien in de Himalaya, van elkaar gescheiden door hoge bergketens die de verspreiding van sporen verhinderen, verschillen genetisch van elkaar per vallei, maar zijn hetzelfde binnen een vallei, ook al is

de vallei langer dan de afstand tussen twee valleien. Mycorrhiza-schimmelgemeenschappen zijn minder complex in groepjes bomen die een bosbrand hebben overleefd dan in naburige bossen waar het vuur geen vat op had. De rijkdom van een soort heeft een negatieve correlatie met de afstand tussen zo'n groepje bomen en het bos, en een positieve correlatie met de omvang van dat groepje. Heel recent nog is het me gelukt, nu het mogelijk is om duizenden soorten te identificeren die in hetzelfde substraat samenleven, om aan te tonen dat het schimmel-microbioom (*mycobiome*) van boomstammen verandert als je van de ene naar de andere plek gaat wanneer er gaten zijn gevallen in de begroeiing. En het belangrijkste is dat ik heb kunnen aantonen dat het in veel gevallen zo is dat wanneer de geografische afstand tussen populaties toeneemt, ook hun genetische afstand groter wordt. Op een gegeven moment is die genetische afstand zo groot dat je twee populaties kunt beschouwen als twee verschillende soorten, en ze 'gedragen' zich ook als verschillende soorten. Schimmels zitten op morfologisch niveau eenvoudig in elkaar, waardoor deze verschillende soorten erg op elkaar kunnen lijken.

Het maakt een wereld van verschil dat we nu begrijpen dat populaties van schijnbaar identieke schimmels uit verschillende gebieden echt andere soorten zijn, en de afgelopen decennia is er een grote impuls geweest om veel schimmelsoorten, waarvan men ooit dacht dat ze kosmopolitisch waren, op te delen in soorten die zich alleen binnen een regio of continent verspreiden. Het valt niet te overschatten hoe belangrijk dit is. Omdat onze wereld zo onderling verbonden is, zijn er in het Antropoceen opeens veel niet-inheemse schimmelsoorten geïntroduceerd. De meeste niet-inheemse soorten overleven niet in de nieuwe omgeving waar ze naartoe getransporteerd worden, maar sommige wel, en sommige worden invasief. Invasieve schimmelsoorten kunnen ontelbare negatieve effecten hebben op inheemse ecosystemen, zowel op maatschappelijk, economisch als ecologisch niveau. Groene knolamanieten in Noord-Amerika zijn een goed voorbeeld van een negatief maatschappelijk effect als het gaat om mycorrhiza-schimmels. Deze Europees-Aziatische paddenstoel werd zowel aan de oost- als de westkust van Noord-Amerika geïntroduceerd, waar hun vermogen vrucht te vormen aanzienlijk groter is dan in het gebied waar ze vandaan komen. Als gevolg daarvan tref je de groene knolamaniet in grote aantallen aan in Noord-Amerika, wat het risico vergroot dat deze paddenstoel wordt geplukt en opgegeten. Als niet-inheemse schimmels of schimmelachtige organismen pathogenen (ziekteverwekkers) zijn, dan kan hun introductie leiden tot massale sterfte onder naïeve waardplanten, dat wil zeggen: waardplanten, ofwel de gastheren, die nog nooit eerder zo'n pathogene schimmel zijn tegengekomen. Naïeve planten kunnen sterven of slachtoffer worden van ziektes die zich snel kunnen verspreiden, omdat het voor deze planten nooit eerder nodig was weerstand te ontwikkelen tegen de schimmel die ze nog niet kennen. We begrijpen echter nu dat deze niet-inheemse schimmels geregeld en bij toeval in

omstandigheden terechtkomen die hun tempo van overdracht verhogen, onafhankelijk van de ontvankelijkheid van de waard. Met andere woorden: om sterfte te voorspellen, moeten we begrijpen hoe overdracht in zijn werk gaat en hoe infectie plaatsvindt. Dat is precies waar epidemiologen, als het om mensen gaat, zich mee bezighouden. Ik zal nu geen specifieke voorbeelden geven van niet-inheemse bospathogenen, maar alleen een paar van de ziektes noemen die ze veroorzaken, zoals kastanjekanker, de iepenziekte, dennenblaasroest, de elzenziekte, de essenziekte, verkleurde gezwellen op platanen, cypressenkanker, en SOD (*sudden oak death*, plotselinge eikensterfte).

Mensen dragen schuld aan de introductie van bosschimmels en aan hun invasieve karakter. Het over grote afstanden verplaatsen en verkopen van planten, onderdelen van planten (bijvoorbeeld zaden of bloemen) en plantproducten (zoals timmerhout en verpakkingshout) heeft geleid tot de introductie van talloze gevaarlijke niet-inheemse bosschimmels. Erger nog: als dergelijke introducties plaatsvinden in de context van verkoopnetwerken of grondstoffenhandel, dan worden deze schimmels vaak meerdere keren geïntroduceerd. Er is overvloedig bewijs dat hoe meer introductiemomenten er zijn, hoe groter de kans is dat de invasie succesvol zal zijn. Dit is bijvoorbeeld het geval met cypressenkanker, veroorzaakt door de schimmel *Seiridium cardinale*, die zich ophield op de Monterey-cipressen die tussen de Eerste en de Tweede Wereldoorlog massaal werden geïmporteerd vanuit Californië naar Zuid-Europa; en met witte den-zaailingen, geïnfecteerd met dennenblaasroest (*Cronartium ribicola*), die keer op keer werden verkocht door Europese kwekerijen aan Amerikaanse kopers op verschillende locaties. Sommige voorbeelden zijn extra verontrustend, omdat het product waarmee de invasie begon niet eens verband hield met bossen of bosbouw. Het meest recente voorbeeld van zo'n introductie is dat van *Phytophthora ramorum*, een waterschimmel (niet een echte schimmel, maar op veel vlakken vergelijkbaar met schimmels) die verantwoordelijk is voor SOD. Hij werd in de Verenigde Staten en Europa geïntroduceerd via de verkoop van geïnfecteerde sierplanten, en dus niet via planten die bedoeld waren voor herbebossingsprojecten of bosherstel. Deze kruisbestuiving van verschillende 'werelden' kan extreem schadelijk zijn. De sierteeltsector heeft tot nu toe alleen erkend verantwoordelijk te zijn voor de ziekte SOD in sierplanten, maar blijft grotendeels doof en blind voor de impact die de ziekte heeft op bosgebieden. De sector blijft gewoon een bedrijfsmodel hanteren waarbij planten gekweekt in het ene gebied (bijvoorbeeld de Amerikaanse westkust, Florida of Zuid-Europa) over lange afstanden worden getransporteerd en vervolgens overal ter wereld verkocht. Wanneer het plantenbestand in een van deze winterknooppunten geïnfecteerd raakt met een niet-inheems en invasief pathogeen, zoals gebeurde met het SOD-pathogeen, kunnen de gevolgen desastreus zijn.

Mensen kunnen invasiviteit ook faciliteren door de wijze waarop ze hun ecosysteem beheren. Ik zal twee voorbeelden geven. Hoewel Californische eikensoorten een grote kans lopen te sterven aan SOD zijn ze niet zelf besmettelijk. Het is de Californische laurier die de ziekte verspreidt naar de eiken. Californische laurierbomen sterven niet af als ze geïnfecteerd zijn, wat maakt dat ze lang levende 'superverspreiders' van de ziekte kunnen worden. Als gevolg van brandpreventie en grazend vee is het aantal laurierbomen in de afgelopen decennia verdrievoudigd, wat heeft gezorgd voor bosgebieden vol laurierbomen waar een ongebreidelde besmetting van eiken plaatsvindt. Als we willen dat er minder eiken sterven, zullen we het terugdringen van de dichtheid van laurieren, zoals we ook doen met populaties muggen in gebieden waar veel malaria voorkomt, als serieuze optie moeten overwegen. Het tweede voorbeeld gaat over de *Heterobasidion*-wortelziekte (de dennenmoorder). *Heterobasidion* komt in oerbossen niet veel voor, maar stronken en wonden aan stammen, veroorzaakt door het kappen van bossen, maken dat de schimmel steeds meer terrein verovert, omdat schimmelsporen eenvoudig recent afgezaagde stronken en wonden kunnen infecteren. De ziekte kan zozeer om zich heen grijpen dat hele bossen onproductief worden en onbruikbaar voor recreatie, omdat bomen die geïnfecteerd zijn met *Heterobasidion* gemakkelijk kunnen omvallen.

Ik ben zestig jaar, en zit in een laboratorium in een prachtig gebouw in Italiaanse stijl op de campus van U.C. Berkeley, en ben gevraagd om een manifest te schrijven. In plaats daarvan schrijf ik een persoonlijke geschiedenis doortrokken met relevante feiten over schimmels. In dit geavanceerde laboratorium heb ik een onderzoeksprogramma bedacht, waar ik nog altijd leiding aan geef, waarmee ik ziekteverwekkers van bomen kan opsporen met behulp van DNA-*probes* (kleine stukjes DNA die specifieke ziekteverwekkers opsporen). Wereldwijd de eerste op DNA gebaseerde test die wettelijk verplicht werd gesteld, was een test om *Phytophthora ramorum* op te sporen, de pseudo-schimmel die SOD veroorzaakt. Deze test, ontwikkeld in mijn lab in Berkeley, werd vanaf 2004 verplicht voor sierplanten. Deze PCR-test was in conceptuele zin gelijk aan de PCR-test die werd gebruikt voor COVID, die meer dan vijftien jaar later verplicht werd. Hier liep mijn vakgebied, de bospathologie, eindelijk een keertje voorop. Gevoelige DNA-testen kunnen ons zonder twijfel helpen om de introductie van niet-inheemse schimmels te voorkomen, maar dergelijke testen zijn kostbaar en moeten afgestemd worden met uitgebreide en accurate steekproefschema's. Hoe moeten we een lading met vijfhonderdduizend zaailingen testen? Anders dan in 2004 zijn DNA-testen nu beter beschikbaar, maar we moeten uitvinden hoe we pathogenen het beste kunnen detecteren in planten die verhandeld worden. Getrainde honden, chemische handtekeningen, beeldvorming op verschillende golflengtes – dat zijn allemaal opties die op tafel liggen op het moment.

Ik ben echter zestig jaar, en het is aan jonge mensen om nieuwe technologieën te ontwikkelen. Ik zit in mijn kantoor en dankzij wat 'the next generation sequencing' wordt genoemd, kan ik de genomen van *Heterobasidion*-monsters analyseren, afkomstig uit de regio rond Rome, waar de Noord-Amerikaanse soort *Heterobasidion irregulare*, geïntroduceerd door het Amerikaanse leger tijdens de Tweede Wereldoorlog, nu samenleeft met de inheemse soort *Heterobasidion annosum*. Jaren geleden ontdekten we dat de twee soorten, telkens wanneer ze elkaar tegenkwamen, hybridiseerden (dat wil zeggen dat individuen van de twee soorten paren en nageslacht krijgen). Wat ik nu aan het ontdekken ben is iets anders: er zijn individuen die genetisch gezien duidelijk behoren tot de inheemse soort *Heterobasidion annosum*, maar toch een handjevol genen bezitten die behoren tot de Noord-Amerikaanse soort *Heterobasidion irregulare*. Het zijn deze genen die ervoor zorgen dat het tempo van sporenvorming hoger ligt en ook het tempo van rotting van hout. Het is dan ook niet zo verrassend dat deze individuen even agressief zijn als de andere Amerikaanse individuen en veel agressiever dan hun Europese tegenhangers. Die paar genen zijn dus genoeg om de algehele mate van agressiviteit van *Heterobasidion annosum* te doen toenemen. Het is ook niet verrassend dat, net als schimmels, schimmel-genen ook territoriaal zijn, en wanneer ze 'introgresseren' (dat wil zeggen: zich verplaatsen van de ene soort naar de andere) dan heeft dat significante consequenties. In Europa moeten we nu zowel letten op de niet-inheemse *Heterobasidion*-soort als op de niet-inheemse *Heterobasidion*-genen in de inheemse soort.

Ik blijf onbeweeglijk zitten, zoals ik roerloos bleef staan toen de porcino-paddenstoel mijn been raakte. De eindeloze sequentie van DNA-nucleotiden stroomt vanaf het computerscherm bij me naar binnen als een rivier. Miljoenen jaren van schimmelevolutie worden met me gedeeld, evenals o zo vele geheimen, verborgen, net zoals ze verborgen waren in dat ondergrondse mycelium-netwerk dat in verbinding stond met de geroemde porcino die ik ooit aanraakte. Ik was zes jaar oud...

Matteo Garbelotto is een bospatholoog aan UC Berkeley en is gespecialiseerd in boomziekten en invasieve ziekteverwekkers. Zijn werk combineert wetenschappelijke innovatie met een toewijding aan het beschermen van de gezondheid van bossen; één schimmel tegelijk.

Dit manifest is onderdeel van *FUNGI. Anarchistische ontwerpers*. Deze tentoonstelling, samengesteld door antropoloog Anna Tsing en architect-kunstenaar Feifei Zhou, presenteert schimmels als radicale ontwerpers in een wereld voorbij menselijke controle. Te zien in het Nieuwe Instituut van 21 november 2025 t/m 9 augustus 2026. Met bijdragen van het Cultuurfonds, Mondriaan Fonds, Graham Foundation en Iona Stichting.