

Zoektocht naar het onbekende, de ontdekking van chytrid 2.0

Raymond Creemers & Annemarieke Spitzen

Onderzoekers van de Faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Gent hebben, in samenwerking met RAVON, het Amphibian Evolution Lab van de Vrije Universiteit Brussel en het Imperial College London, de nieuwe schimmel *Batrachochytrium salamandrivorans* ontdekt en beschreven. Deze schimmel blijkt verantwoordelijk voor de mysterieuze massale sterfte bij vuursalamanders. De ontdekking betekent een belangrijke doorbraak in het onderzoek naar de plotselinge ineenstorting van de vuursalamanderpopulatie in Nederland. Daarnaast kan de nieuwe schimmel grote consequenties hebben, die verder reiken dan alleen de Limburgse vuursalamander populaties.

Vanaf 2008 werden in Nederlands Limburg dode vuursalamanders (*Salamandra salamandra*) gevonden. De dieren lagen open en bloot in de hellingbossen, waarbij het duidelijk niet ging om verkeersslachtoffers of prooien. Saillant detail is dat decennialang nooit een dode vuursalamander gevonden is, met uitzondering van overduidelijk doodgereden exemplaren (mond. mededeling Rob Gubbels). In 2008 zijn er drie dode dieren gevonden; in 2009 geen. Pas toen er in 2010 opeens 15 dode dieren in een veldseizoen werden gemeld, en er tegelijkertijd een extreem sterke daling was in het aantal nog levende dieren dat tijdens de monitoring werd gevonden, kwam het besef dat er iets mis was in de populatie (grafiek 1). In 2011 en 2012 nam het aantal dood gevonden dieren af, maar dit viel samen met een verdere daling in de aantallen levend gevonden dieren in de drie laatste leefgebieden van de soort. Momenteel wordt de soort in Nederland met



Verspreiding vuursalamander in Nederland (Bron: RAVON)

uitsterven bedreigd. In amper drie jaar tijd verdween 96% van de Nederlandse populatie (Spitzen - van der Sluijs *et al.*, 2013) en er wordt gevreesd dat de resterende 4% de komende jaren niet zal overleven.

De oorzaak van deze sterfte was een raadsel, totdat de onderzoekers in 2013 een nieuwe, nog niet eerder beschreven, schimmel isoleerden uit dode dieren. Deze zeer agressieve schimmel luistert naar de naam *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bs) en blijkt in staat om vuursalamanders binnen enkele weken te doden. De ontdekking van de ziekte en haar veroorzaker zijn gepubliceerd in het toonaangevende wetenschappelijke tijdschrift *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS)* (Martel *et al.*, 2013).

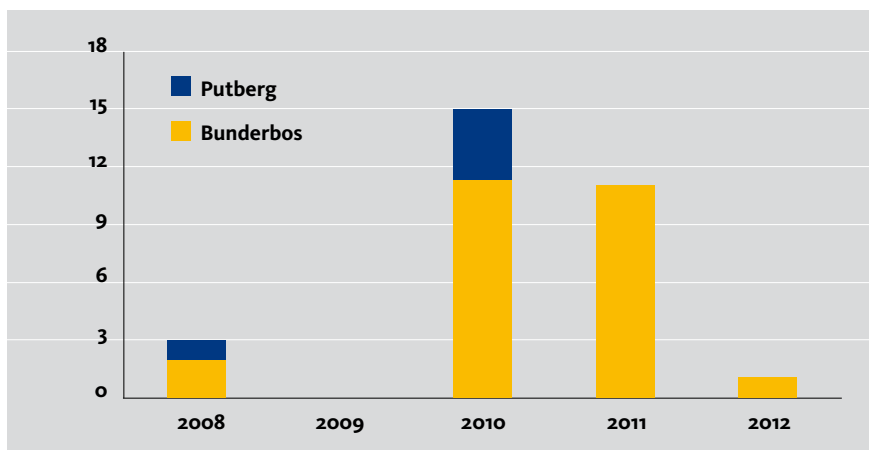
De zoektocht

Bij de vondsten van dode dieren was er in eerste instantie een sterk vermoeden van een dierziekte, maar het onderzoek werd bewust breed ingezet waarbij ook gekeken werd naar water- en bodemkwaliteit, mogelijke inteelt, de mogelijke wegvangst van dieren en eventuele ophoping van residuen van pesticiden in de vuursalamanders. Eind oktober 2012 leek het dierziektenonderzoek aan de dieren op een dood spoor te zitten. Een aantal van de meest vers dood gevonden dieren is onderzocht op een groot scala potentiële ziektes (o.a.



(Foto: Jelger Herder)





Grafiek 1. Aantal dood aangetroffen vuursalamanders per jaar op de locaties Putberg en Bunderbos.

chytride, chlamydia, herpesvirussen en ranavirus), maar ze waren toch al te ver vergaan, om nog iets zinnigs te kunnen zeggen over de doodsoorzaak.

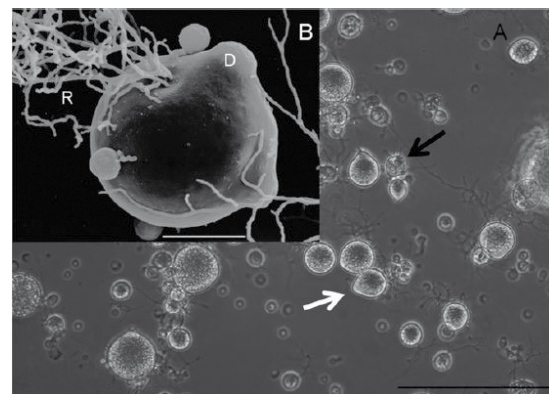
In 2012 was de situatie dermate nijpend dat RAVON, in overleg met alle partners (o.a. Provincie Limburg, Ministerie van EZ), heeft besloten een aantal dieren op te vangen voor een mogelijk kweekprogramma. In november 2012 bevonden zich 39 dieren in de opvang. Op 3 en 6

november vonden daar de eerste sterfgevallen plaats. Omdat er nog steeds een vermoeden van een dierziekte was, zijn de dieren uit voorzorg behandeld met een cocktail van antibiotica en schimmelremmende medicijnen, in een poging de sterfte te stoppen. Ook in december bleven er echter dieren doodgaan en daarop werd besloten om de dieren over te brengen naar het dierziektenkundig laboratorium in Gent. Daar werden

dieren in quarantaine geplaatst onder Biosafety Level 2, een kostbaar huisvestingsregime met strikte hygiënische protocollen. Ook in quarantaine gingen er nog enkele dieren dood. Uiteindelijk waren het deze slachtoffers die de sleutel vormden tot de ontdekking. Ze waren immers vers en dus heel geschikt voor ziektekundig onderzoek. Ook het waarnemen van het eigenlijke

Figuur 1a en 1b.

In vitro culture van *B. salamandrivorans* op kweekbodem bij 15 °C. 1A. Losliggende sporangia (witte pijl) en kolonies sporangia (zwarte pijl). 1B. Electron-microscopisch beeld van sporangia. Voor details zie originele publicatie. Bron: Martel *et al.*, 2013. Permission for reprint from PNAS.



Benedikt Schmidt – Conservation Biologist

What is your profession, and how are you involved with amphibians?

My job is to promote and improve amphibian conservation. I am a conservation biologist who works for Karch (Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz; <http://www.karch.ch>), the Swiss amphibian and reptile conservation programme. I also lead a research group on amphibian conservation biology at the University of Zurich.

What did you feel when you first heard about *Batrachochytrium salamandrivorans*?

I thought that the list of threats to amphibians was already long enough. No need for a new killer fungus.

How do you estimate the consequences of this discovery for your work?

There is a new threat to amphibians and that we don't know how serious it is (in Switzerland) or what we can do against it. We did a lot of research on Bd [*Batrachochytrium dendrobatidis* – red.], the "old" chytrid fungus. Our research showed that Bd does not seem to have



a strong negative impact on amphibian populations in Switzerland. The research also showed that mitigation is unlikely to be successful. With "chytrid 2.0", we may have to start again and repeat much of the research that we did on Bd. We have some sites where salamanders and newts declined. We took samples at those sites and they were tested for Bs. Luckily, they were all negative!

What will the future look like for amphibians worldwide?

Amphibian declines and extinctions will continue. I think that habitat destruction is still the main threat. Chytridiomycosis, overharvest and climate change are additional threats. We will lose more populations and species. However, amphibians can respond very positively and very quickly to conservation action. While amphibians are a highly threatened group, they are also a group where we generally know what we have to do in order to halt declines (this is at least true for the European species). For example, in Switzerland we promote the construction of temporary ponds. Our experience shows that these ponds are colonized rapidly by amphibians and that the new populations grow to a large size. This is good news and motivation to do amphibian conservation.



sterfteproces gaf belangrijke aanknopingspunten. Van de 39 dieren overleefden 20 de uitbraak, 19 dieren overleden helaas in gevangenschap. De groep is later weer aangevuld en na een quarantaine-periode, waarin zich geen nieuwe ziektegevallen meer hebben voorgedaan, zijn ze vanaf 4 april 2013 opgenomen in Kasteelpark Born.

Hoe werkt het?

De schimmel *Bs* nestelt zich diep in de huid van vuursalamanders en verricht daar zijn verwoestende werk. Het is een microscopisch kleine schimmel, die bestaat uit bolletjes (de sporendragers), gevuld met sporen en voorzien van korte rhizomen (hechtdraden; R in figuur 1). Op de kweekbodem in het laboratorium liggen de meeste sporangia los van elkaar (witte pijl figuur 1a), in enkele gevallen liggen kleine kolonies sporangia bij elkaar (zwarte pijl figuur 1a).

De sporangia hebben een buisvormige uitstulping (D “discharge tube” in figuur 1B). Wanneer die open barsten komen er grote hoeveelheden zoösporen vrij die zich elders in de huid of op andere dieren kunnen vestigen en daar opnieuw uitgroeien tot sporangia. De sporangia tasten meerdere cellagen in de huid aan, waardoor de huid openbarst aan de oppervlakte. De bovenste cellagen van de salamanderhuid vormen het afweermechanisme tegen de buitenwereld. Wanneer de huid plaatselijk is opengebarsten (figuur 2)



Met een wattenstaafje wordt over de huid gewreven, op zoek naar de schimmel (Foto: Jelger Herder)

ligt deze open voor allerlei secundaire infecties met bijvoorbeeld bacteriën. De minuscule verwondingen zijn over de gehele huid verspreid. In de stervensfase worden de dieren onrustig, dit is ook de reden dat veel gestorven dieren open en bloot in de habitats gevonden worden. Er treden heftige spasmes en krampen op.

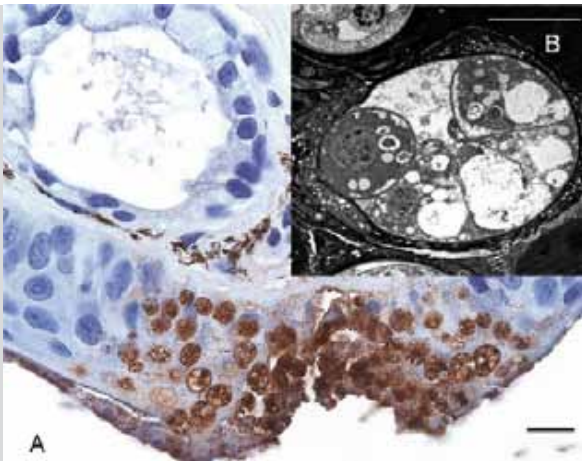
Oppervlakkig is aan de huid weinig bijzonder te zien, de primaire verwondingen aan de oppervlakte zijn kleiner dan een speldenprik en met het blote oog niet zichtbaar. In de laatste fase zijn de dieren sterk vermagerd. Soms zijn loslatende huidflarden of blaarachtige verschijnselen op de poten zichtbaar. Bij zeer heftige infecties zijn ook minieme bloedsporen of zweren zichtbaar, maar

deze verschijnselen treden ook op bij andere huidziektes en zijn dus niet uniek voor *Bs*. Bij de meeste vers dode dieren is met het blote oog niets te zien, en ook aan een nog levend dier is niet te zien of dit dier de schimmel bij zich draagt of niet.

Besmettelijkheid

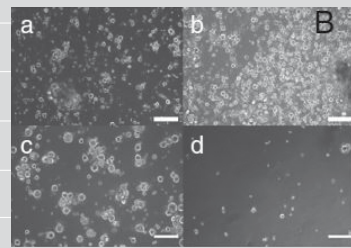
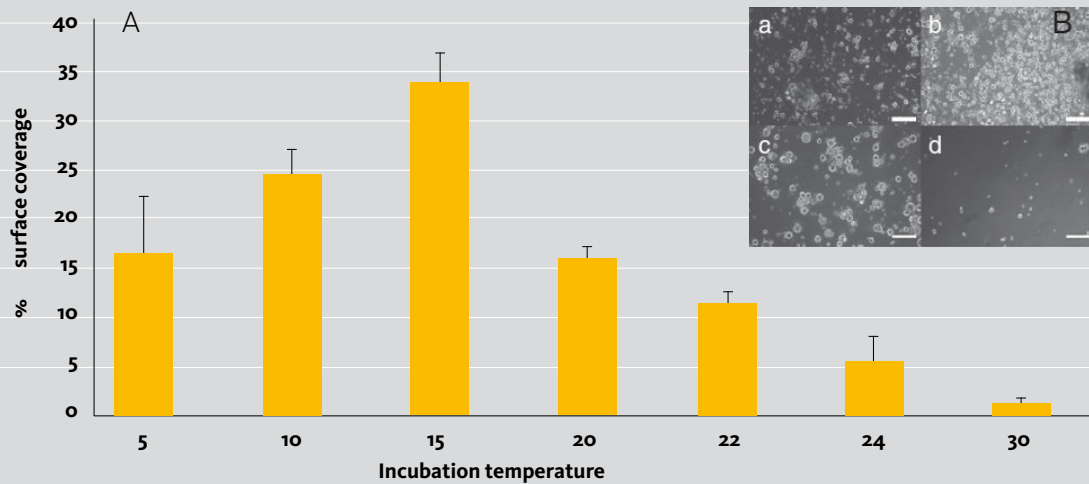
In het laboratorium te Gent is inzicht verkregen in de besmettelijkheid van de ziekte. Om eenduidig aan te kunnen tonen dat de schimmel inderdaad de primaire ziekteverwekker is, zijn besmettingsproeven een noodzakelijk kwaad. De vakgroep heeft een ontheffing om dit soort experimenten uit te voeren met daartoe gekweekte, niet-Nederlandse dieren, die niet onttrokken zijn aan de natuur, maar opgegroeid zijn in het laboratorium.

- In het eerste experiment zijn vijf vuursalamanders geïnfecteerd met een lading van 5000 zoösporen. Deze dieren stierven allemaal tussen de 12 en 18 dagen
- Twee vuursalamanders werden twee dagen samen met geïnfecteerde vuursalamanders gehuisvest, beide dieren overleden na respectievelijk 22 en 27 dagen.
- Ook werd een vuursalamander geplaatst op nog nat materiaal (tissue uit een bak met geïnfecteerde vuursalamander). Ook dit dier werd besmet en overleed binnen een maand.



Figuur 2a en 2b. 2A. Microscopisch beeld van de beschadigde huid. 2B. detailopname. Voor details zie originele publicatie. Bron: Martel et al., 2013. Permission for reprint from PNAS.





Figuur 3A en 3B.
3A. groeicurve *B. salamandrivorans* bij verschillende incubatie-temperaturen.
3B. Groei van *B. salamandrivorans* na 10 dagen bij 4 °C(a), 15 °C (b), 20 °C (c) en 30 °C (d) (schaal: streep= 200 µm.). Voor details zie originele publicatie.
 Bron: Martel *et al.*, 2013. Permission for reprint from PNAS.

• In een vierde experiment zijn vijf vroedmeesterpadden geïnfecteerd met een lading van 5000 zoösporen. Deze dieren werden niet ziek. Vroedmeesterpadden staan bekend als zeer gevoelig voor Bd, maar reageren in deze laboratoriumproef dus niet op Bs. Bs blijkt dus erg besmettelijk, maar het feit dat de vroedmeesterpadden niet

konden worden geïnfecteerd, wijst erop dat de schimmel een andere niche bezet dan Bd. Over andere amfibieën en hun gevoeligheid voor besmetting is nog niets bekend.

Aantonen van de ziekte

Omdat de klinische verschijnselen niet of nauwelijks zichtbaar zijn en dode dieren snel ontbinden, kan

infectie feitelijk alleen aangetoond worden bij geïnfecteerde dieren of dieren die net gestorven zijn. De aanwezigheid van Bs in de huid is aan te tonen via swabmonsters, waarbij met een wattenstaafje langs de huid van de salamanders wordt gewreven. De swabs worden in buisjes bewaard en in het laboratorium op Bs onderzocht. De Universiteit Gent



Carla Hanssen – Staatsbosbeheer

Wat is je relatie met vuursalamanders?

De Maasdalhelling tussen Meerssen en Elsloo is grotendeels onder beheer van Staatsbosbeheer. De grootste Nederlandse populatie vuursalamanders leeft daar. Dat is heel bijzonder. Als boswachter ben ik beschermer, beheerder en gastvrouw van natuur, voor een breed publiek. Veel mensen zien nooit een vuursalamander. Ik probeer uit te leggen hoe het komt dat die doorgaans onzichtbare vuursalamanders uitsterven.

Wat was je eerste reactie/ingeving, wat dacht je toen je het



nieuws over Bs hoorde?

Staatsbosbeheer is uiteraard heel bezorgd. Natuurlijk volgen wij advies van deskundigen. Dit soort situaties leidt altijd tot speculaties. Iedereen wil verklaringen geven, meteen wat doen. Dat is begrijpelijk, maar zolang experts geen oplossingen zien kunnen we alleen maar afwachten.

Met welk gevoel loop je nu door het Bunderbos?

Het voelt naar dat geen vuursalamander meer veilig lijkt te

zijn in het Bunderbos, dat tegelijkertijd ook zo'n prachtige plek is om van te genieten.

Hoe ziet de toekomst van de vuursalamander er uit volgens jou?

We hebben geen idee. Nu we weten dat een schimmelinfectie de oorzaak is, breekt een nieuwe fase aan. Wat valt er tegen te doen? Zijn er resistente vuursalamanders? Het kan zijn dat ze op termijn eigen immuniteit ontwikkelen. Misschien wel een kwestie van tijd en geduld, mits de ziekte zich niet verspreidt.

Welke boodschap wil je meegeven aan de lezer?

Laat de dieren en het bos met rust. Veel natuurliefhebbers hebben graag een bak vol amfibieën of reptielen. Een vuursalamander is een prachtig dier, interessant, en mensen willen graag een bijdrage leveren in de bescherming ervan. Als reactie op het vuursalamandernieuws las ik op internet: "ik wil ze best helpen te kweken, laat ze maar een koppeltje bij me neerzetten". Ik snap die reactie, maar het is geen verstandige betrokkenheid. Ook goede bedoelingen kunnen oorzaak zijn van het probleem. Exotische amfibieën in een thuishierarium kunnen bijvoorbeeld besmet zijn en de ziekte doorgeven, zonder zelf ziek te worden. Dat is maar een van de haken en ogen die bij spontane acties meespelen. Door niet van de paden af te gaan en de dieren met rust te laten help je het beste.



Achtergrond en potentieel gevaar

De snelheid waarmee amfibieën nu uitsterven is vergelijkbaar met wat er gebeurde tijdens het uitsterven van de dinosauriërs. Eén van de belangrijkste drijvende krachten achter deze wereldwijde achteruitgang is de infectieziekte chytridiomycose, waarvan tot nu toe werd aangenomen dat deze veroorzaakt wordt door één aquatische schimmel *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd). Nu blijkt er echter ook een tweede schimmel in het spel te zijn (Bs). De sterfte ten gevolge van de eerste amfibieenschimmel is wereldwijd dramatisch. De International Union for the Conservation of Nature (IUCN) kwalificeert Chytridiomycose als de meest ernstige infectieziekte onder gewervelde dieren, gelet op het aantal betrokken soorten en het uitstervingsrisico.

In Noord-, Centraal- en Zuid-Amerika en in Australië heeft de eerste schimmelziekte geresulteerd in een groot verlies aan biodiversiteit, waarbij tientallen soorten amfibieën zijn uitgestorven (Mendelson III *et al.*, 2006; Fisher *et al.*, 2009; Crawford *et al.*, 2010). Tot nog toe bleef het grootste deel van Europa, inclusief België en Nederland, hiervan gespaard. Bd werd weliswaar aangetroffen, maar van grootschalige sterfte lijkt geen sprake te zijn (Pasmans *et al.*, 2010; Spitzen – van der Sluijs *et al.*, submitted). Het is dan ook zeer verontrustend dat de tweede schimmelziekte momenteel dergelijke massale verliezen veroorzaakt in onze contreien.

heeft al een test ontwikkeld om de schimmel aan te kunnen tonen. Via een PCR (Polymerase Chain Reaction) wordt het DNA van de schimmel – als het aanwezig is - vermenigvuldigd en opgewerkt en kan dan aangetoond worden.

Temperatuuroptimum

De nieuwe schimmel Bs heeft een optimale groei in het temperatuurbereik tussen 10 en 15°C (figuur 3). Het temperatuuroptimum van Bs is daarmee duidelijk lager dan dat van Bd (Longcore *et al.*, 1999). Het is dus een schimmel die het in gematigde streken, zoals de onze, beter doet dan Bd.

Nieuwe soort

De schimmel is geen variant van *B. dendrobatidis*. Het betreft echt een volledig nieuwe soort. De evolutionaire splitsing van beide

Batrachochytrium-soorten is al minimaal 100 miljoen jaar oud. Dat is veel langer dan tussen de gezamenlijke voorouders van mens en chimpansee (ca. 10 miljoen jaar). De beide schimmels zijn dus verwant, maar duidelijk genetisch, morfologisch en ecologisch verschillend.

Lokaal, regionaal of internationaal?

De ziekte is aangetoond bij vuursalamanders uit het Bunderbos, de grootste Nederlandse populatie. Ook op de Putberg (een geïntroduceerde populatie) zijn echter vier dode dieren gevonden. Zowel op de Putberg als in het Vijlenerbos bij Vaals waren de populaties altijd al klein, maar in beide leefgebieden zijn in de laatste drie jaar slechts twee levende vuursalamanders gevonden. De dode dieren op de Putberg en de bijzonder lage aantallen levende dieren, geven aanleiding te veronderstellen dat ook hier dezelfde ziekte heeft toegeslagen. Wetenschappelijk bewijs hiervoor ontbreekt echter nog.

Verder onderzoek

Nu de oorzaak gevonden is, komen er meer specifieke vragen.

- **Herkomst**
De herkomst van de schimmel blijft voornamelijk een raadsel.
- **Mate van verspreiding en stressfactoren**
Gezien het gedrag van de nauw verwante schimmel Bd, ligt het in de lijn der verwachting dat de ziekte niet beperkt is of blijft tot Zuid-Limburg. Intensief onderzoek bij vuursalamanders en andere soorten amfibieën hier en in andere landen zal uit moeten wijzen of de ziekte daar ook voorkomt en in welke mate de ziekte verspreid is. De reservoirs en de vectoren voor de ziekte vormen een belangrijk speerpunt in het onderzoek. De mogelijke invloed van lokale stressfactoren op de ziekte is nog onbekend, maar kan een rol spelen in de effectiviteit van de ziekte.
- **Impact**
De uiteindelijke impact van Bs op andere amfibieën, in zowel Nederland als de rest van de

wereld, kan momenteel niet worden voorspeld en vergt een risicoanalyse en uitgebreid nader onderzoek.

- **Opvang, kweekprogramma en handelingsperspectief**
In het laboratorium, onder gecontroleerde omstandigheden, kunnen dieren succesvol behandeld worden. Toepassing van de medicijnen in het veld is echter niet mogelijk. In de opvang zijn dit jaar 120 jongen geboren uit vuursalamandervrouwtjes die reeds drachtig waren bij binnenkomst. Er wordt nog niet actief gekweekt. Een handelingsperspectief (waar en wanneer worden eventueel dieren of hun nakomelingen teruggeplaatst in de oorspronkelijke leefgebieden) is voorlopig nog niet helder en dient nader uitgewerkt te worden in overleg met overheden, terreinbeheerders en met advies van diergeneeskundigen.

Dit alles vraagt om een onderzoeksprogramma rond deze ziekte. Tot de zomer van 2013 werd het onderzoek met name gefinancierd door bijdragen vanuit de provincie Limburg, het Prins Bernhard Cultuurfonds en via de door RAVON opgezette crowdfundingcampagne. Verder hebben met name de Universiteit Gent, RAVON en Kasteelpark Born een grote eigen bijdrage geleverd aan het onderzoek en is veel eigen tijd en eigen middelen geïnvesteerd. Inmiddels zijn er Kamervragen gesteld aan de staatssecretaris over de toekomst van het onderzoek. Deze zijn door haar beantwoord en binnenkort volgt een gesprek met het Ministerie over het benodigde onderzoek. De ambassadeur van het Jaar van de Vuursalamander Dr. Freek Vonk (Naturalis) is vol lof: "Het onderzoek van de Universiteit Gent / RAVON betekent een zeer belangrijke doorbraak in het terugdringen van de plotselinge en dramatische achteruitgang van deze prachtige dieren, die afsterven op uitsterven. Nu we weten wat het is, pleit ik er voor dat er middelen worden vrijgemaakt



om dit belangrijke onderzoek én de bescherming van de salamanders verder te ondersteunen.”

Summary

The current biodiversity crisis encompasses a sixth mass extinction event affecting the entire class of amphibians. The infectious disease chytridiomycosis is considered one of the major drivers of global amphibian population decline and extinction and is thought to be caused by a single species of aquatic fungus, *Batrachochytrium dendrobatidis*. However, several amphibian population declines remain unexplained, among them a steep decrease in fire salamander populations (*Salamandra salamandra*) that has brought this species to the edge of local extinction. Recently Martel *et al.* 2013 isolated and characterized a unique chytrid fungus, *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov., from this salamander population. This chytrid causes erosive skin disease and rapid mortality in experimentally

infected fire salamanders and was present in skin lesions of salamanders found dead during the decline event. Together with the closely related *B. dendrobatidis*, this taxon forms a well-supported chytridiomycete clade, adapted to vertebrate hosts and highly pathogenic to amphibians. However, the lower thermal growth preference of *B. salamandrivorans*, compared with *B. dendrobatidis*, and resistance of midwife toads (*Alytes obstetricans*) to experimental infection with *B. salamandrivorans* suggest differential niche occupation of the two chytrid fungi. The search for the new pathogen and the possible consequences and further research are discussed.

Literatuur

- Crawford A.J., K.R. Lips & E. Bermingham, 2010. Epidemic disease decimates amphibian abundance, species diversity, and evolutionary history in the highlands of central Panama. *Proc Natl Acad Sci USA (PNAS)* 107(31): 13777–13782.
- Fisher M.C., D.A. Henk, C.J. Briggs, J.S. Brownstein, L.C. Madoff, S.L. McCraw & S.J. Gurr, 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* 484 (7393): 186–194.
- Longcore J.E., A.P. Pessier & D.K. Nichols, 1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia* 91(2): 219–227.
- Martel, A., A. Spitzen-van der Sluijs, M. Blooi, W. Bert, R. Ducatelle, M.C. Fisher, A. Woeltjes, W. Bosman, K. Chiers, F. Bossuyt & F. Pasmans, 2013. *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *Proc Natl Acad Sci USA*

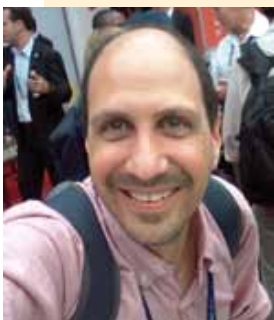
Jaime Garcia Moreno – Amphibian Survival Alliance

Wat is je relatie met vuursalamanders?

Ik ben directeur Conservation and Partnerships van de Amphibian Survival Alliance (<http://www.amphibiansurvivalalliance.org/>), en ik ben ook de eerste directeur van dit internationale partnerschap die probeert de bescherming van amfibieën overal ter wereld op te schalen.

Wat was je eerste reactie/ingeving, wat dacht je toen je het nieuws over Bs hoorde?

Verbazing. Ik denk dat niemand een nieuwe schimmel (naast de bestaande Bd [*Batrachochytrium dendrobatidis* – red.]) verwacht had! Ik dacht dat de dalingen in de salamanderpopulatie veroorzaakt werden door het intensieve beheer van het landschap in Limburg - blijkbaar meer intensief dan in de buurlanden. Nu dat wij de oorzaak kennen van de slechte situatie van de vuursalamander in Limburg zijn er een heleboel nieuwe vragen die wij moeten proberen te beantwoorden om goede keuzes te maken voor de beheer van deze diersoort. Wij moeten proberen het probleem zoveel mogelijk te beperken.



Hoe ziet de toekomst van de vuursalamander er uit volgens jou?

Hopelijk nog steeds positief over de lange termijn. Zover ik weet, zijn de dalingen nog steeds beperkt tot Limburg in Nederland. We hebben nog geen meldingen over dalingen in Duitsland, België of Europa in het algemeen. We weten niets over de mobiliteit van de schimmel, of hoe het in het Bunderbos is gekomen. Als Bs [*B. salamandrivorans* – red.] net zo moeilijk te bestrijden is als Bd, dan hebben wij een grote uitdaging, maar ik hoop dat het probleem beperkt blijft. Nu dat de buurlanden van dit probleem op de hoogte zijn, moeten ze monitoringprogramma's inzetten om snel te kunnen reageren. Ik hoop dat dit tot serieuze aandacht leidt voor de penibele situatie waarin amfibieën zich wereldwijd bevinden. Het feit dat het hier in Europa gebeurt kan een “eyeopener” zijn voor veel mensen die op deze manier te weten komen over de vele problemen van amfibieën in de wereld. Er zijn mogelijk al meer dan 130 soorten uitgestorven in de afgelopen jaren, en veel meer staan onder grote druk, maar nog steeds is er geen hulp op de schaal die nodig is om de problemen op te lossen.



(PNAS). September 3. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1307356110
 Mendelson J.R. III, *et al.* (2006) Biodiversity. Confronting amphibian declines and extinctions. *Science* 313(5783): 48.
 Pasmans, F., M. Muijsers, S. Maes, P. van Rooij, M. Brutyn, R. Ducatelle, F. Haesebrouck & A. Martel, 2010. Chytridiomycosis related mortality in a midwife toad (*Alytes obstetricans*) in Belgium/ Sterfte door chytridiomycose bij een vroedmeesterpad (*Alytes*

obstetricans) in België. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 79: 461–463.
 Spitzen - van der Sluijs *et al.* submitted. Environmental determinants promote recent endemism of *Batrachochytrium dendrobatidis* infections in amphibian assemblages in the absence of disease outbreaks. *Conservation Biology*.

Raymond Creemers & Annemarieke Spitzen

Stichting RAVON
 Postbus 1413
 6501 BK Nijmegen
 r.creemers@ravon.nl



Batrachochytrium dendrobatidis & Batrachochytrium salamandrivorans

Verschillen

	BD	BS
Voor het eerst beschreven	1999 (Longcore <i>et al.</i> , 1999)	2013 (Martel <i>et al.</i> , 2013)
Waar	Alle continenten met amfibieën	Vooralsnog alleen in NL
Temp. optimum	17 – 25 °C (dood > 29 °C)	10 – 15 °C (dood > 25 °C)
DNA		± 4% DNA komt overeen met BD
Letsels	Bovenmatige groei en verhoorning van de epidermis (opperhuid)	Duidelijke, opvallende verzwering van de huid
Vroedmeesterpad	Sterk gevoelig	Lijkt ongevoelig
Host range	Zeer breed	Mogelijk smaller (nader onderzoek essentieel)
Impact	'Largest infectious disease threat to biodiversity'	Nog onbekend, heeft mogelijk capaciteit om BD te evenaren

Overeenkomsten

Familie	Stam: Chytridiomycota > klasse: Chytridiomycetes > orde: Rhizophydiales
Veroorzaakt	Dodelijke huidziekte bij amfibieën
Behandeling in gevangenschap mogelijk?	Ja
Effect	Relatie met massale sterfte, en sterk afnemende aantallen dieren binnen populatie.

