

HET VOORKOMEN VAN DE VOSSENLINTWORM

(ECHINOCOCCUS MULTILOCULARIS) IN DE

MUSKUSRAT (ONDATRA ZIBETHICUS) IN

VLAANDEREN.

Screening op de aanwezigheid van cysten in muskusratten gevangen door VMM in kader van bestrijding.

Emma Cartuyvels, Kristof Baert, Koen Van Den Berge, Filip Berlengee, Jan Stuyck

doi.org/10.21436/inbor.17747724

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	1
Lijst van figuren	2
Lijst van tabellen	3
Dankwoord	4
Samenvatting	5
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	6
English abstract	7
1 Inleiding en onderzoekskader	8
1.1 Inleiding	8
1.2 Waarom EM-onderzoek bij de Muskusrat?	9
2 De Vossenlintworm: <i>Echinococcus multilocularis</i>	11
2.1 Levenscyclus	11
2.1.1 Vrijlevend ei-stadium	11
2.1.2 Ontwikkeling in de tussengastheer	11
2.1.3 Ontwikkeling in de eindgastheer	13
2.2 Verspreiding	14
2.3 Risico voor de mens: Alveolaire echinococcose (AE)	15
2.3.1 Infectie, detectie en behandeling	16
2.3.2 Prevalentie	17
3 Methodes	19
3.1 Sampling van de muskusratten-populatie	19
3.2 Dissecties en visuele controle van de lever	20
3.3 Analyse	20
4 Resultaten	21
4.1 Geografische spreiding	21
4.2 Opdeling per regio	23
4.3 Opdeling per geslacht	24
4.4 Opdeling per lichaamsgewichtsklasse	25
4.5 Opdeling per maand	26
5 Discussie	28
5.1 Mogelijke beheeropties	29
5.1.1 Sensibilisering, preventie	29
5.1.2 Ontwormen van vossenpopulatie	30
5.1.3 Afschot van vossen en knaagdierbestrijding	30
6 Conclusie	33
Referenties	38

Lijst van figuren

Figuur 1.1	Muskusratlever met cysten van <i>Taenia taeniaeformis</i>	8
Figuur 2.1	Levenscyclus EM: Buitenste cirkel: 1. Volwassen lintworm in dunne darm 2. Eieren in uitwerpselen 3. Oncosfeer boort door de darmwand en komt in bloedbaan terecht 4. Metacestode in lever 5. Protoscoleces in darmstelsel eindgastheer 6. Vasthechting aan darmwand, Binnenste cirkel: gastheer waarin de respectievelijke EM stadia van de buitenste cirkel zich bevinden, de gele stippelijn duidt de overgang tussen tussengastheer en eindgastheer aan (© D. Richfield 2014).	12
Figuur 2.2	Huidige prevalentie van EM in de eindgastheer in Europa. In de gestippelde gebieden is geen data over prevalentie in de eindgastheer beschikbaar maar er zijn wel gevallen bekend van EM infectie van tussengastheren of de mens (naar Deplazes et al (2017)).	14
Figuur 2.3	Verspreiding en infectiestatus van onderzochte vossen in België (<i>Icon made by Freepik from www.flaticon.com.</i>)	16
Figuur 2.4	Aantal gerapporteerde gevallen van alveolaire echinococcose per jaar in België in de periode 2010-2017 (Litzroth & Truysens, 2017).	18
Figuur 4.1	Verschillen tussen door VMM gevangen muskusratten en aantal gedissecteed muskusratten.	21
Figuur 4.2	Verschillen tussen alle geregisteerde vangsten en aantal gedissecteed ratten. . . .	22
Figuur 4.3	Gedissecteerde muskusratten in de periode 1994-2007. Geen van deze muskusratten was besmet met EM.	22
Figuur 4.4	Percentage geïnfecteerde muskusratten per jaar. Klikken op de gemeente geeft aantal besmette muskusratten/totaal aantal gedissecteede muskusratten.	23
Figuur 4.5	Percentage geïnfecteerde muskusratten in Vlaanderen voor de periode 2008 - 2017. De grijze lijn geeft het gemiddelde percentage voor deze periode aan.	24
Figuur 4.6	Distributie van lichaamsgewichten van alle uit Vlaanderen onderzochte muskusratten.	25
Figuur 4.7	Percentage geïnfecteerde (roze) en onzekere (zwart) muskusratten per gewichtsklasse (g).	26
Figuur 4.8	Percentage geïnfecteerde (roze) en onzekere (zwart) muskusratten per maand. . . .	26
Figuur 4.9	Distributie van het lichaamsgewicht van de gedissecteede muskusratten per maand. .	27

Lijst van tabellen

Dankwoord

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), Afdeling Operationeel Waterbeheer. Het was enkel te realiseren door hun bereidwilligheid om alle gevangen muskusratten ter beschikking te stellen voor dit onderzoek. Door het continue en semi-gebiedsdekkende karakter van hun bestrijdingswerk, waarbij steeds een nultolerantie wordt gehanteerd en een onafhankelijke controlemeting garant staat voor de kwaliteit van het geleverde resultaat, vormen deze gegevens het essentiële vertrekpunt van alle verdere onderzoek. Enkel op deze wijze konden we beschikken over de basisgegevens met betrekking tot het voorkomen van muskusratten in Vlaanderen en de grensgebieden met Wallonië en Frankrijk.

Met dank aan Lode De Beck en Marc Pollet voor het kritisch nalezen van een eerdere versie van dit rapport.

Samenvatting

Sinds 1994 worden in Vlaanderen (en net over de grens) gevangen muskusratten (*Ondatra zibethicus*) gedissecteerd om hun ecologie te doorgronden. Tijdens deze dissecties vielen de grote hoeveelheden parasieten in de buikholte van onderzochte dieren op, waarbij kattenlintworm (*Taenia taeniaformes*) veruit het meest voorkomend was.

In 2008 werd de eerste muskusrat besmet met vossenlintworm (*Echinococcus multilocularis* of EM) gevonden, afkomstig uit Lessines (prov. Henegouwen, Wallonië), nabij de gewestgrens. Vanaf 2009 werden daarom alle muskusratten, die door VMM-bestrijders werden gevangen in Vlaanderen, Wallonië of Frankrijk, ingezameld en bij het INBO onderzocht.

Bij een visuele controle van de lever van 15.948 muskusratten uit de periode 2008 tot 2017 werden 203 met EM besmette dieren aangetroffen (1,30%). In Vlaanderen ging het om 82 besmette exemplaren van de 9.425 (0,87%). Terwijl we in het grootste deel van Vlaanderen geen aanwijzingen hebben gevonden voor de aanwezigheid van deze parasiet, hebben we voldoende bewijs van het voorkomen van EM in het gewestgrensgebied van zowel Schelde-, Dender-, Zenne-, Dijle- als Maasbekken.

De verwachte uitbreiding van vossenlintworm over heel Vlaanderen vanuit Wallonië heeft dus niet plaatsgevonden. Wij argumenteren dat het laag houden van de muskusrattenpopulatie hierin mogelijk een belangrijke rol heeft gespeeld.

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

Volgens de meest recente vaststellingen komt vossenlintworm weinig voor bij vossen in Vlaanderen (Vervaeke & Claes, 2012, 2014a,b). Ons onderzoek toont aan dat ook bij muskusratten, een van de tussengastheren van de parasiet, de prevalentie in Vlaanderen zeer laag is. Wij vermoeden dat de lage populatiedichtheid van de muskusrat, dankzij de toegepaste bestrijding, een grote rol speelt in de geringe lintwormprevalentie. Door haar verhoogde gevoeligheid voor EM, ten opzichte van de natuurlijk aanwezige tussengastheren, speelt de muskusrat immers een grote potentiële rol in het vervolledigen van de vossenlintwormcyclus in Vlaanderen. Het blijven inzetten op het zo sterk mogelijk beperken van de muskusrattenpopulatie in Vlaanderen is daarom een belangrijke aanbeveling. Gezien de lage prevalentie worden sommige maatregelen die in het buitenland genomen worden, zoals ontwormen van vossen met behulp van lokaas of de permanente screening van mensen actief in de bos-, land- en tuinbouw, in Vlaanderen minder (of niet) zinvol geacht. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt ook dat het bejagen van vossen geen oplossing biedt maar integendeel contraproductief kan werken in het tegengaan van de verspreiding van EM (Comte et al, 2017; Craig et al, 2017). Wij bevelen daarom aan in te zetten op sensibilisatie van de bevolking en meer specifiek op volgende punten:

- Het grondig wassen van groenten en laaggroeiend fruit vooraleer het te consumeren.
- Het toepassen van elementaire hygiëne-maatregelen (handen wassen voor het eten) na buiten-activiteiten.
- Het regelmatig ontwormen van honden met ontwormingsmiddelen op basis van praziquantel, zeker wanneer ze regelmatig knaagdieren opeten en/of recent naar voor EM endemisch gebied (Ardennen, Noordoost-Frankrijk, Zuid-Duitsland, Zwitserland of Alpen Oostenrijk) zijn geweest.
- Er een goede hygiëne op nahouden in het omgaan met honden.

English abstract

Since 1994, muskrats (*Ondatra zibethicus*) caught in Flanders (or just across the border) have been dissected with the aim of understanding their ecology. Whilst doing so a large number of parasites were observed in the abdomen of the dissected animals, most notably *Taenia taeniaformes*.

In 2008 a first individual infected with fox tapeworm (*Echinococcus multilocularis*) was found, caught just across the regional border in Wallonia. Hence, from 2009 onwards all muskrats caught in Flanders, Wallonia and France by pest controllers of the Flanders Environment Agency (VMM) were collected and dissected with the aim of understanding the prevalence of this parasite.

Visual examination of the livers of 15.948 muskrats caught between 2008 and 2017 revealed 203 infected animals. Regionally we found 82 infected animals out of 9.425 (0,87%) in Flanders. All of the infected animals were found in municipalities bordering the Flemish-Walloon border.

Although EM infection was expected to spread northward from Wallonia to Flanders, this was not observed in the dissected muskrats. Here we argue that keeping muskrat populations low through extensive culling programs may have aided in stopping this spread.

1 INLEIDING EN ONDERZOEKSKADER

1.1 INLEIDING

In 1992 werd een onderzoeksproject opgestart betreffende de Vlaamse muskusratbestrijding aan het toenmalige Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek (CLO). Bij dit onderzoek werden o.a. gevangen muskusratten (*Ondatra zibethicus* Linnaeus 1766) gedissecteerd om de voortplantingsgegevens bij de weggevangen dieren te onderzoeken. Hierbij viel de veelvuldige aanwezigheid van endoparasieten bij de onderzochte dieren op. Vooral het voorkomen van lintwormcysten in de lever was in sommige gevallen spectaculair en verdiende verdere aandacht. Enerzijds zouden ze een oorzaak van natuurlijke mortaliteit in de muskusratpopulatie kunnen betekenen, anderzijds zouden ze belangrijk kunnen zijn voor eind- of tussengastheren, of mogelijk een gevaar voor de rattenvangers inhouden.

Vanaf 1994 werd daarom bij de dissectie van muskusratten steeds de aanwezigheid van lintwormen of cestoden opgevolgd. Al snel werd duidelijk dat er in de onderzochte muskusratten hoofdzakelijk cysten van de kattenlintworm, *Taenia taeniaeformis* (Fig. 1.1), in de lever worden aangetroffen, maar ook *T. martis* en *T. crassiceps* werden occasioneel in de buikholte teruggevonden. De opvolging van de aanwezigheid van cysten in de lever werd daarom een constante in het muskusrattenonderzoek.



Figuur 1.1: Muskusratlever met cysten van *Taenia taeniaeformis*.

In Wallonië werden in 2003-2004, 192 van de 1718 onderzochte muskusratten positief bevonden voor vossenlintworm (*Echinococcus multilocularis* (EM)) (Hanosset et al, 2008). Ook in Nederland, Frankrijk en Duitsland werden al vóór 2008 positieve muskusratten gevonden (Oksanen et al, 2016). In 2008 werd door het INBO een eerste vaststelling gedaan van EM in één muskusrat uit Ghoy, deelgemeente van Lessines in de provincie Henegouwen. Het besmette dier maakte deel uit van 182 muskusratten die werden gevangen tijdens een controlevangst in het kader van het Euregio-project Cartora. Dit project hield een samenwerkingsverband in tussen de Vlaamse, Waalse en Franse muskusratbestrijdingsorganisaties werkzaam in de grensstreek met Vlaanderen, tussen De Panne (West-Vlaanderen) en Brakel (Oost-Vlaanderen). Hierbij werden occasioneel door VMM ook muskusratten in de Franse en Waalse grensgemeentes gevangen. Vanaf dat moment werden alle gevangen muskusratten op een meer systematische wijze door VMM ingezameld en ter beschikking gesteld aan het INBO voor verder onderzoek.

1.2 WAAROM EM-ONDERZOEK BIJ DE MUSKUSRAT?

Onderzoek naar EM gebeurt vooral in het kader van de volksgezondheid. De mens kan immers besmet geraken met de eieren van deze parasiet. Wanneer deze zich in de lever ontwikkelen, met kans op uitzaaiing naar andere plaatsen in het lichaam, kan dit op lange termijn leiden tot een levensbedreigende infectie: alveolaire echinococcose (AE). Door de sterke toename van de vos in Europa op het einde van vorige eeuw (Van Den Berge & De Pauw, 2003; Van Den Berge et al, 2013), groeide ook de bezorgdheid voor een uitbreiding van deze ernstige parasitose (Eckert & Deplazes, 2004; Eckert et al, 2001) en werd er steeds meer aandacht aan besteed en onderzoek naar uitgevoerd.

De meest voor de hand liggende monitoring van het voorkomen van EM gebeurt door het onderzoeken van de vossenpopulatie. De vos is immers eindgastheer, drager van de volwassen lintworm en zodoende potentiële verspreider van de voor de mens en knaagdieren infectieuze EM-eieren. Verschillende technieken kunnen hierbij worden gebruikt, zoals het opsporen van de adulte lintwormen in de dunne darm, of van lintwormeitjes in de inhoud van het rectum of in uitwerpselen die in het veld werden gevonden. Ook genetische technieken kunnen hierbij gebruikt worden. Het ANB volgde gespreid over de periode van 2011 tot 2014 de vossenlintworm in de Vlaamse vossenpopulatie op (Vervaeke & Claes, 2012, 2014a,b).

Het statistisch correct samplen van de vossenpopulatie is echter bijzonder moeilijk (Conraths et al, 2003; Tackmann et al, 1998). Aanvullend aan het bemonsteren van vossenpopulaties wordt daarom ook aandacht besteed aan het onderzoek van de knaagdieren, in het bijzonder van woelmuissoorten (onderfamilie Arvicolinae), die de rol van tussengastheer vervullen (Umhang et al, 2013). In de kerngebieden met een hoge EM-prevalentie wordt vooral de veldmuis (*Microtus arvalis*) als tussengastheer van EM aangeduid. Er werd ook een verband gelegd tussen gebieden met een hoge dichtheid aan deze woelmuizen en het aantal besmette vossen/aantal klinische patiënten. In gebieden met de nodige klimatologische kenmerken en een voldoende hoge muskusratdensiteit, zou de muskusrat – eveneens een woelmuissoort – echter de rol van de kleinere woelmuizen kunnen versterken of zelfs overnemen, met een toename van het areaal en de besmettingsgraad in het gebied tot gevolg. Specifiek levert onderzoek naar EM in muskusratten volgende voordelen:

- Muskusratten nemen de infectieuze eieren op via gecontamineerd voedsel en vegetatie. De mate waarin deze knaagdiersoort besmet is, geeft een indicatie voor de aanwezigheid van infectieuze ei-stadia in de omgeving en dus van het potentiële risico voor de mens. Ze kan beschouwd worden als bioindicator voor de aanwezigheid van EM in nieuwe gebieden (Reperant et al, 2009; Umhang et al, 2013). De muskusrat vertoont bovendien een grotere kans op infectie dan de van nature aanwezige tussengastheren en kan hierdoor zeer goed als sentinel- of verklikkerspecies¹ fungeren (Hanosset et al, 2008).
- In tegenstelling tot de mens verloopt de ontwikkeling van het larvale stadium in de lever van deze knaagdieren zeer snel met uitzaaiingen naar andere organen. Gebieden met een hoog besmettingsrisico kunnen aldus snel worden gedetecteerd, lang voordat er klinische symptomen bij een besmet persoon opduiken. Dit opent de mogelijkheid om, door middel van screening van risicopersonen in het betreffende gebied, besmettingen bij de mens in een vroeg stadium te detecteren en te behandelen.
- Hoewel territoriaal, hebben vossen een grotere mobiliteit in het landschap dan knaagdieren. Zelfs sporadische aanwezigheid van een sterk geïnfecteerde vos in een gebied kan tot contaminatie van de omgeving leiden met een eventueel besmettingsrisico als gevolg. De eieren blijven immers nog een aantal maanden infectieus op het terrein. Eens besmet blijven ook de geïnfecteerde

¹Sentinel- of verklikkerspecies zijn soorten die gebruikt worden om te waarschuwen voor bepaalde gevaren voor mensen zoals gassen, milieuvervuiling, infectieziektes of toxines. Deze soorten worden meer blootgesteld of zijn gevoeliger aan het specifieke gevaar, waardoor ze eerder symptomen van vertonen en zo kunnen mensen die zich in dezelfde omgeving bevinden zich tijdig in veiligheid brengen.

- De knaagdieren kunnen bovendien met zeer beperkt risico voor de mens en op logistiek veel makkelijkere manier en in grotere aantallen bemonsterd en onderzocht worden dan de vossenpopulatie. De muskusratten die gevangen worden in het kader van de bestrijding bieden hierbij een zeer interessante informatiebron.

Onderzoeksvragen: Wat is de prevalentie van EM bij muskusratten gevangen in Vlaanderen? Zien we een toename in het aantal geïnfecteerde muskusratten in de tijd? Zien we een toename van het gebied waarin geïnfecteerde muskusratten gevonden worden?

2 DE VOSSENLINTWORM: *ECHINOCOCCUS MULTILOCULARIS*

De vossenlintworm en de infectie door deze parasiet bij de mens vormen de laatste decennia het onderwerp van tal van wetenschappelijke artikels. Een zoekopdracht in Web of Science met als zoekterm "*Echinococcus multilocularis*" levert al gauw een paar duizend artikels op. Zowat alle tekstboeken over humane parasitologie besteden actueel, in tegenstelling tot enkele decennia geleden, uitgebreid aandacht aan deze zoönose. Hoewel men uit deze veelheid aan informatie zou kunnen afleiden dat alle details nu wel uitvoerig beschreven zijn, blijven er nog steeds belangrijke kennishiaten, bv. symptomen van en mortaliteit door EM-infectie bij tussengastheren (Romig et al, 2017). Verschillende facetten van de transmissie en de ontwikkeling van de verschillende stadia, de interactie tussen parasiet en gastheer, de diagnose en behandeling, de geografische verspreiding of opties voor het beheer, maken wereldwijd nog steeds deel uit van lopend onderzoek.

Het is dan ook zeker niet onze intentie om hier een volledig overzicht van al deze literatuur of een huidige stand van zaken in het *Echinococcus*-onderzoek te schetsen. Hiervoor zijn recente specifieke reviews beter aangewezen (Deplazes et al, 2017; Oksanen et al, 2016). We brengen hier in grote lijnen enkel de informatie die rechtstreeks betrekking heeft op onze onderzoeksvragen en die helpt bij de interpretatie van onze resultaten.

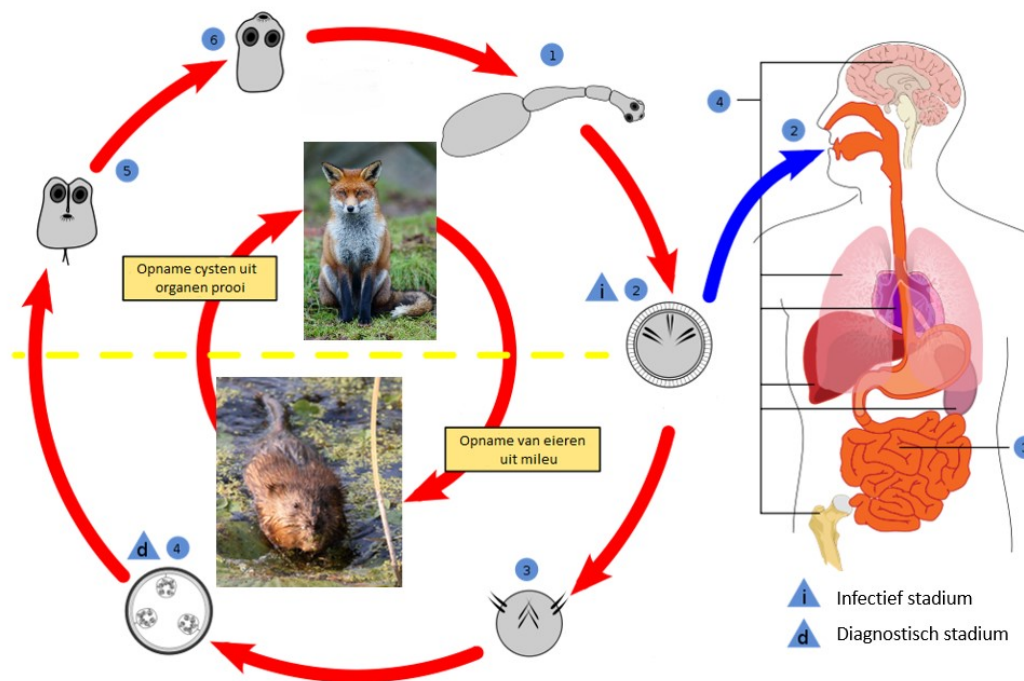
2.1 LEVENSCYCLUS

2.1.1 Vrijlevend ei-stadium

De rijpe EM eieren komen via de uitwerpselen van de eindgastheer in de buitenwereld. Ze hebben een diameter van 30 tot 40µm diameter en bevatten het eerste larve-stadium (de oncosfeer) van de lintworm. De oncosfeer wordt gekenmerkt door 6 bewegelijke haken en is omgeven door een eikapsel bestaande uit verschillende lagen. Eén van die lagen is de resistente, sterk gekeratiniseerde embryophore. De EM eieren zijn morfologisch niet te onderscheiden van die van lintwormen van het genus *Taenia* (Eckert et al, 2001). Eens ze de eindgastheer hebben verlaten zijn de eieren onderhevig aan verschillende omgevingsfactoren. EM eieren kunnen doorheen het jaar geruime tijd infectieus blijven (Veit et al, 1995). Uit laboratoriumtesten bleek bovendien dat de eieren 240 dagen temperaturen tot -18°C kunnen weerstaan maar binnen de twee dagen sterven bij -83°C. Ook bij te hoge temperaturen sterven de eieren snel af. Federer et al (2015) tonen aan dat de eieren temperaturen tot 65°C kunnen overleven zolang de blootstelling beperkt is in tijd (niet meer dan 3 uur) en er voldoende luchtvochtigheid is. In een drogere omgeving blijkt de overleving (infectiviteit) van de eieren sterk af te nemen. Deze gevoelheden worden ook teruggevonden op ruimtelijk grotere schaal. Staubach et al (2001) vonden meer geïnfecteerde vossen in open landschappen met een vochtige bodem, en lagere percentages in droger bosgebied.

2.1.2 Ontwikkeling in de tussengastheer

Verschillende kleine zoogdieren kunnen als tussengastheer voor EM optreden, waaronder ook bevers (*Castor fiber*), hazen (*Lepus europaeus*) en beverratten (*Myocastor coypus*) (Romig et al, 2017). Het zijn echter de woelrat (*Arvicola amphibius*), de veldmuis (*Microtus arvalis*) en de muskusrat die als de belangrijkste tussengastheren in Europa worden beschouwd (Eckert et al, 2001). Ze behoren alle drie



Figuur 2.1: Levenscyclus EM: Buitenste cirkel: 1. Volwassen lintworm in dunne darm 2. Eieren in uitwerpselen 3. Oncosfeer boort door de darmwand en komt in bloedbaan terecht 4. Metacestode in lever 5. Protoscoleces in darmstelsel eindgastheer 6. Vasthechting aan darmwand, Binnenste cirkel: gastheer waarin de respectievelijke EM stadia van de buitenste cirkel zich bevinden, de gele stippelijn duidt de overgang tussen tussengastheer en eindgastheer aan (© D. Richfield 2014).

tot de onderfamilie van de woelmuizen of Arvicolinae. Recent onderzoek van [Oksanen et al \(2016\)](#) geeft ons een indicatie van de prevalentie van EM in deze soorten in België en buurlanden (Tabel 2.1). De prevalentie van 16% in muskusratten in België is berekend op basis van twee studies uit Wallonië ([Hanosset et al, 2008](#); [Mathy et al, 2009](#)). Belangrijk (ten opzichte van Vlaanderen) hierbij is dat de regio ten noorden van de Samber-Maas-lijn slechts een prevalentie van 2,02% (95 % CI: 1,08–3,43%) vertoont.

Tabel 2.1: Percentage met EM besmette muskusratten en andere Arvicolinae in België en buurlanden ([Oksanen et al, 2016](#)). () = 95% Confidence interval, * = gebaseerd op slechts één studie.

	België	Nederland	Duitsland	Luxemburg	Frankrijk
Muskusrat	16,0 (7,0 - 28,0)	0,06*	3,8 (2,8 - 4,9)	1,8*	1,1 (0,2 - 2,8)
Arvicolinae	0,2 (0,0 - 0,6)		0,6 (0,4 - 1,0)		4,8 (1,6 - 9,7)

De prevalentie die we zien bij de tussengastheer weerspiegelt deze van de eindgastheer. In geval van screening bij de tussengastheer dient dit wel grondiger te gebeuren aangezien de gemiddelde prevalentie van alle tussengastheren ongeveer één derde van de prevalentie bij de eindgastheer bedraagt ([Oksanen et al, 2016](#)).

Eenmaal een lintwormei opgenomen is door een tussengastheer, komt onder de opeenvolgende invloed van de enzymen in de maag en de darm de oncosfeer vrij uit het eikapsel. De oncosfeer bestaat slechts uit een beperkt aantal, sterk gespecialiseerde cellen en wordt het eerste larvestadium genoemd. Gal aanwezig in de dunne darm activeert de oncosfeer en door middel van de beweeglijke haken en bepaalde secreties dringt ze door de darmwand. Eens in de submucosa wordt de oncosfeer passief via de bloedsomloop getransporteerd naar de lever of meer uitzonderlijk naar longen, hersenen of andere organen ([Eckert et al, 2001](#)).

Hier begint de oncosfeer aan de metamorfose naar het tweede larvestadium, de metacestode. De oncosfeer bevat een klein aantal ongedifferentieerde stamcellen die aan de basis liggen van deze metamorfose, terwijl de meeste gedifferentieerde cellen verloren gaan tijdens de transitie. Op dit punt is de parasiet het meest gevoelig voor de immunologische respons van de tussengastheer. De metacestode bestaat uit een verzameling vesikels (cel-organellen). Deze vesikels vermeerderen zich en kunnen zich in het lichaam verspreiden en dwars door aangrenzend weefsel groeien en zodoende ernstige aandoeningen veroorzaken. Binnen deze vesikels ontstaan broedkapsels waarin de protoscolecen zich ontwikkelen. Grote hoeveelheden protoscolecen worden binnen de 40 tot 60 dagen na infectie al aangemaakt. Het zijn deze protoscolecen die zich in de eindgastheer elk tot een individuele lintworm zullen ontwikkelen. De sterke ontwikkeling van de metacestode kan ertoe leiden dat de tussengastheer minder mobiel wordt en dus een makkelijke prooi vormt voor een predator, een mogelijke eindgastheer (Eckert et al, 2001).

De eieren kunnen ook opgenomen worden door zoogdieren die losstaan van de levenscyclus. Men spreekt dan van een aberrante of toevallige gastheer. Dit kan onder meer het geval zijn bij de mens maar ook bij o.a. everzwijnen (*Sus scrofa*), honden (*Canis lupus familiaris*), hazen (*Lepus europaeus*) en varkens (*Sus scrofa domesticus*) (Chaignat et al, 2015; Oksanen et al, 2016; Romig et al, 2017).

2.1.3 Ontwikkeling in de eindgastheer

De vos (*Vulpes vulpes*) is de belangrijkste eindgastheer van *Echinococcus multilocularis* in Europa. In bepaalde streken kunnen andere carnivoren zoals de wasbeerhond (*Nyctereutes procyonoides*), de wilde kat (*Felis silvestris*) of de wolf (*Canis lupus*) als eindgastheer optreden. Ook huiskatten (*Felis catus*) of honden kunnen deze parasiet dragen. In België is hier nog geen onderzoek naar verricht, maar wel in Frankrijk, Luxemburg, Duitsland en Nederland. In Frankrijk werd een prevalentie van 1.5% bij huiskatten en 0.4% bij honden gevonden, in Duitsland was dit respectievelijk 0.6 en 0.3%, in Nederland 0.3% bij huiskatten en geen geïnfecteerde honden en in Luxemburg werden geen geïnfecteerde huiskatten of honden gevonden (Oksanen et al, 2016).

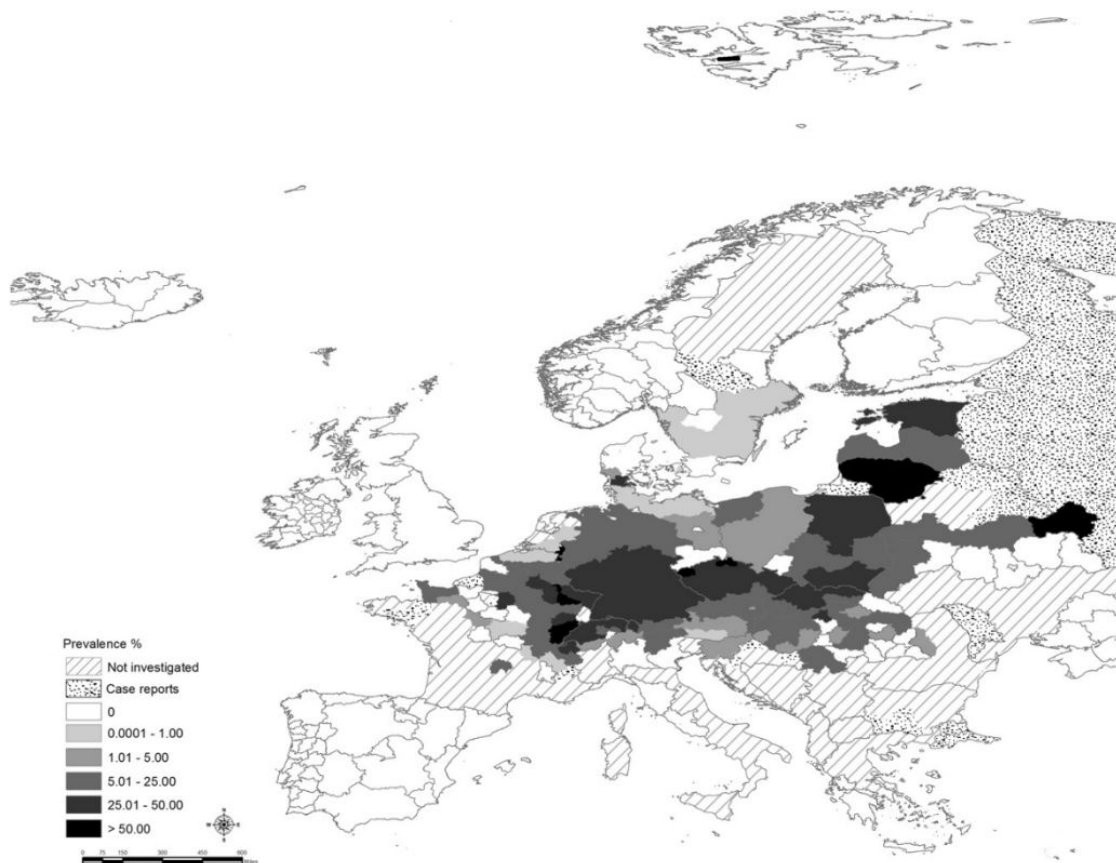
In onze buurlanden vinden we dus een erg lage prevalentie bij huiskatten en honden. Hegglin & Deplazes (2013) berekenden echter dat, zelfs bij een geringe prevalentie van 0.3 tot 0.4%, honden 10% kans hebben om ooit in hun leven geïnfecteerd te raken. Aangezien honden in veel hogere aantallen in urbane omgevingen voorkomen dan vossen kunnen zij substantieel bijdragen aan de hoeveelheid lintwormeieren in de directe nabijheid van mensen. Zo zouden 4-15% van de eieren in rurale en 7-19% van de eieren in urbane gebieden afkomstig zijn van honden. Geïnfecteerde katten daarentegen scheiden slechts kleine hoeveelheden eieren uit, Kapel et al (2006) vonden bovendien dat deze niet infectieus zijn.

De eindgastheer raakt besmet met de parasiet door het eten van geïnfecteerde prooien. De protoscolecen afkomstig uit de organen van de tussengastheer ontwikkelen zich in de dunne darm tot (adulte) lintwormen en voeden zich met de darminhoud van de eindgastheer. De volwassen lintworm is slechts enkele millimeter groot en bestaat gemiddeld uit vijf proglotiden of segmenten (Eckert & Deplazes, 2004). Na een prepatente periode van 26 tot 29 dagen worden tot 100.000 eieren per dag geproduceerd (Kapel et al, 2006). Deze excretie kan tot vier maanden duren (Eckert et al, 2001). Eens de eieren uitgescheiden zijn in het milieu kan de cyclus opnieuw van voor af aan beginnen.

2.2 VERSPREIDING

Zuid-Duitsland, Zwitserland, alpien Oostenrijk en bepaalde zones in Rusland (rond Moskou, Kazan en Tomsk) worden historisch als endemisch besmet gebied beschouwd (Eckert & Thompson, 2017). De Europese besmette regio vertoont sinds de jaren 1970 een uitbreiding naar het noorden, westen en oosten. Zo observeerden Combes et al (2012) een sterke westwaartse uitbreiding van de vossenlint-worm in vossen in Frankrijk. In Nederlands Limburg werd dan weer een noordwaartse verspreiding gevonden en werd berekend dat deze verspreiding zich voordoet met een snelheid van 2,7 km per jaar (Takumi et al, 2008).

Vervaeke et al (2006) zien ook een noordwestwaartse uitbreiding van de infectie in vossen in België, beginnende vanuit het zuidoosten van het land. Zij observeren echter ook dat in 2000-2002 de verspreiding ter hoogte van de gewestgrens lijkt te stabiliseren. Dit zien we ook terugkomen in de recent opgemaakte kaart van de verspreiding binnen Europa (Fig. 2.2), waar Wallonië een prevalentie kent tussen 5 en 25%, en de prevalentie in Vlaanderen tussen de 0 en 1% bedraagt (Eckert & Thompson, 2017).



Figuur 2.2: Huidige prevalentie van EM in de eindgastheer in Europa. In de gestippelde gebieden is geen data over prevalentie in de eindgastheer beschikbaar maar er zijn wel gevallen bekend van EM infectie van tussengastheren of de mens (naar Deplazes et al (2017)).

Tabel 2.2: Prevalentie van EM in vossen en muskusratten in België.

Locatie	Jaar	Vossen	% besmet	Muskus- ratten	% besmet	Bron
Wallonië	1991-1992	85	15			Brochier et al (1992)
Wallonië	1998-2002	709	20.2			Losson et al (2003)
Wallonië	2003-2004	178	41.6			Flament (2004)
Wallonië	2003-2004	993	24.4	1727	11.8	Hanosset et al (2008)
Wallonië (Ourthe vallei)	2005-2006			657	22.1	Mathy et al (2009)
Brussel	2001-2004	160	0			Brochier et al (2007)
Brussel	2007-2008	56	0			Van Gucht et al (2010)
Vlaanderen	1996-1999	237	1.69			Vervaeke et al (2003)
Vlaanderen	2007-2008	136	0			Van Gucht et al (2010)
Vlaanderen	10/2012-12/2012	306	1.96			Vervaeke & Claes (2012)
Vlaanderen	10/2013-01/2014	303	2.64			Vervaeke & Claes (2014a)
Vlaanderen	10/2014-12/2014	316	1.58			Vervaeke & Claes (2014b)

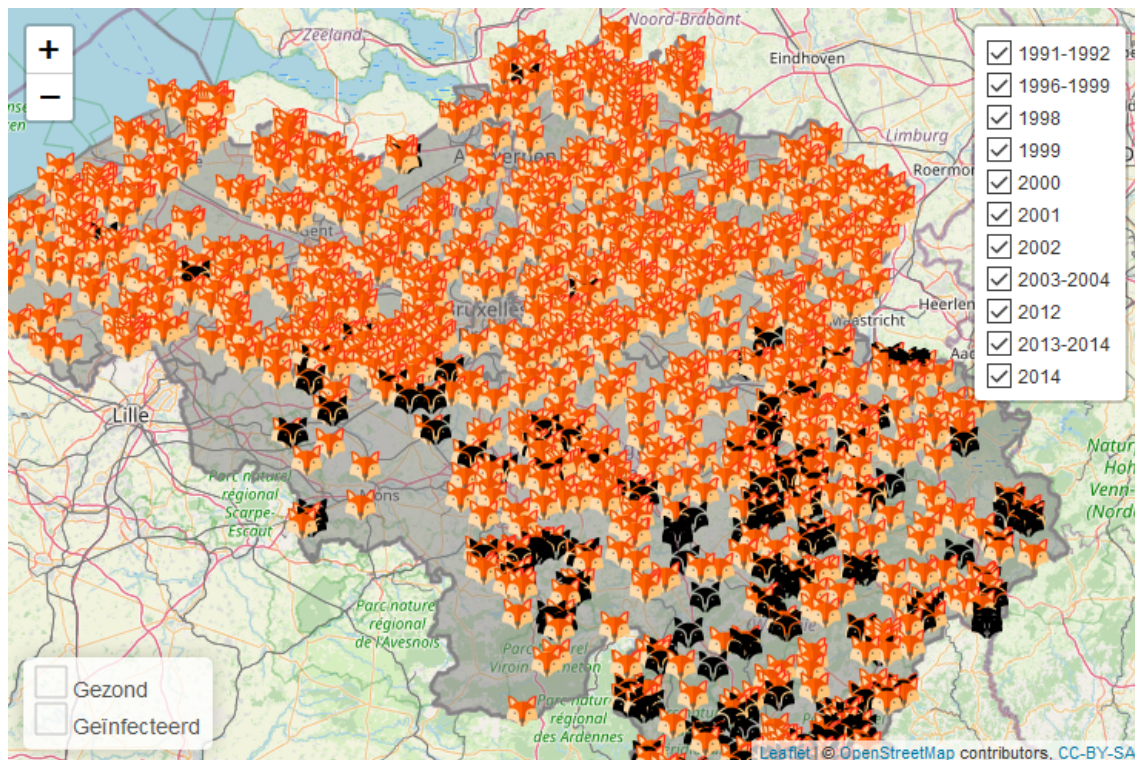
Uit tabel 2.2 blijkt duidelijk dat de prevalentie in Wallonië een stuk hoger is dan in Vlaanderen. Ook zien we dat de prevalentie in vossen in Vlaanderen vrij stabiel blijft. Wanneer we kijken naar de verspreiding (Fig. 2.3) zien we dat de meeste geïnfecteerde vossen in Vlaanderen dicht bij de gewestgrens gevonden worden.

2.3 RISISCO VOOR DE MENS: ALVEOLAIRE ECHINOCOCCOSE (AE)

Echinococcose is een zoönose (een ziekte overgedragen van dieren op mensen) veroorzaakt door een besmetting met lintwormen van het genus *Echinococcus*. Echinococcose bestaat in vier vormen, elk veroorzaakt door een andere soort lintworm:

Ziekte	Soort
Cystische echinococcose of hydatidose	<i>Echinococcus granulosus</i>
Alveolaire echinococcose	<i>Echinococcus multilocularis</i>
Polycystische echinococcose	<i>Echinococcus vogeli</i>
Unicystische echinococcose	<i>Echinococcus oligarthrus</i>

De eerste twee vormen, cystische en alveolaire echinococcose, zijn belangrijk voor de wereldvolksgezondheid. De muskusrat speelt enkel een rol in de verspreiding van *Echinococcus multilocularis* en het risico op Alveolaire echinococcose (AE). Tussengastheren voor *Echinococcus granulosus* zijn hoefdieren, voornamelijk schapen en geiten, eindgastheren zijn voornamelijk honden maar wilde carnivoren kunnen deze rol ook opnemen.



Figuur 2.3: Verspreiding en infectiestatus van onderzochte vossen in België *(Icon made by Freepik from www.flaticon.com/)*

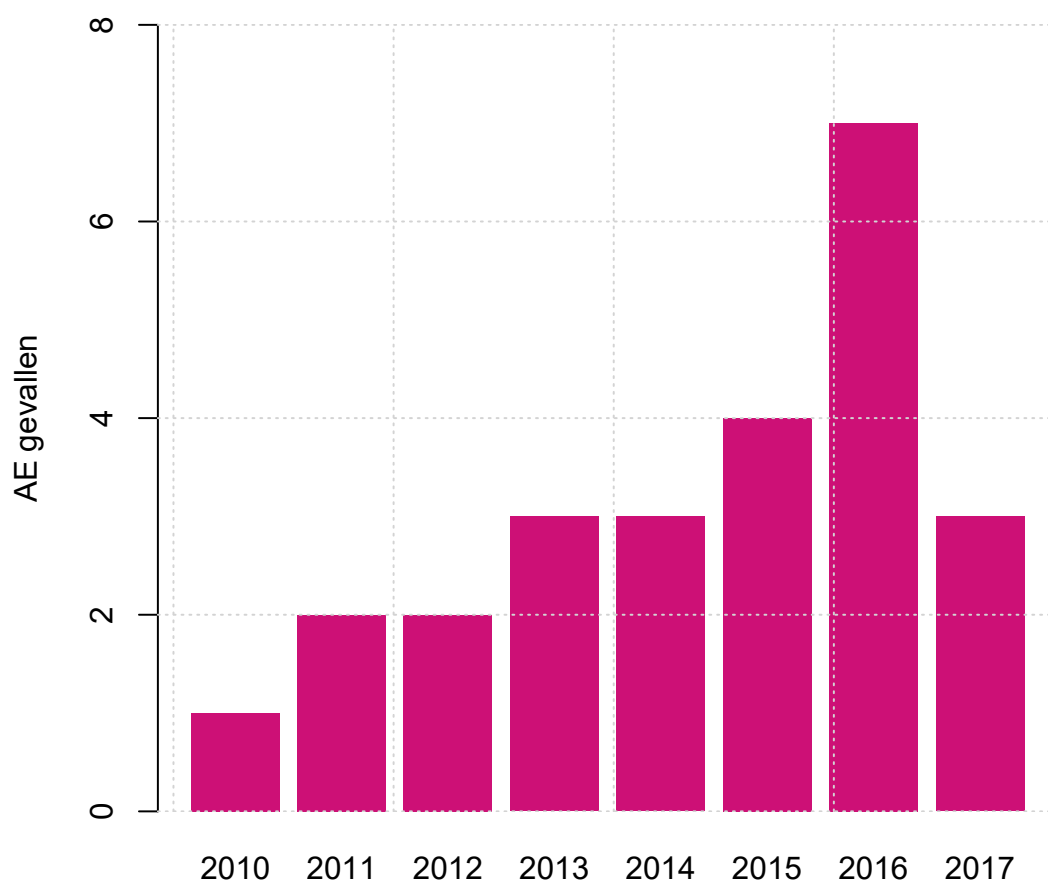
2.3.1 Infectie, detectie en behandeling

De meeste gevallen van AE vinden we in Europa in de leeftijdsgroep tussen de 50 en 70 jaar, hoewel gevallen vanaf 10 en tot 89 jaar bekend zijn. De kans is even groot voor mannen als vrouwen om besmet te geraken. Mensen die actief zijn in de bosbouw, tuinbouw, landbouw, jagerij, of die een hond of kat (hoewel andere resultaten dit tegenspreken voor katten, zie hierboven) bezitten hebben een hogere kans op infectie (Craig et al, 2017; Eckert et al, 2001; Vuitton et al, 2015). Belangrijk om op te merken is dat zelfs in endemische gebieden de prevalentie zeer laag is bij mensen (11-40 gevallen per 100.000 inwoners). De meeste gevallen vinden we bij oudere of immunodeficiënte mensen waardoor we kunnen besluiten dat de mens een sterke aangeboren resistentie tegen AE heeft (Eckert et al, 2001).

Nadat de eieren via het spijsverteringsstelsel opgenomen zijn, ontwikkelt de oncosfeer zich in de lever tot metacestode op vergelijkbare manier als bij andere tussengastheren. Dit letsel in de lever is tussen een paar millimeter en 20 cm groot, soms met centrale necrose tot gevolg. Van hieruit kan de infectie zich via het lymfe- of bloedvatensysteem verspreiden naar andere organen. Tussen infectie en het optreden van symptomen zit bij mensen een incubatietijd van vijf tot vijftien jaar. De eerste symptomen zijn geelzucht (1/3 van de gevallen) en buikpijn (1/3 van de gevallen). De overige gevallen worden ontdekt bij onderzoek naar aanleiding van vermoeidheid, gewichtsverlies, hepatomegalie (een vergrote lever) of abnormale resultaten van specifieke laboratorium- of echografie-testen (Eckert et al, 2001).

Bij een vermoeden van AE op basis van genoemde symptomen wordt een echografie of CT-scan uitgevoerd waarbij wordt nagegaan of de lever vergroot is en de kenmerkende laesies vertoont. Ook biochemisch kan de parasiet aangetoond worden: bepaalde testen kunnen antilichamen tegen EM vinden (1/2 van de patiënten vertoont deze), na biopsie van de lever kan histologisch onderzoek of PCR-analyse uitsluitsel geven (Eckert et al, 2001).

De behandeling van AE bestaat uit het chirurgisch verwijderen van de aangetaste delen van de lever en andere organen. Dit wordt dan gevolgd door minstens twee jaar chemotherapie. Indien de infectie



Figuur 2.4: Aantal gerapporteerde gevallen van alveolaire echinococcose per jaar in België in de periode 2010-2017 (Litzroth & Truyens, 2017).

3 METHODES

3.1 SAMPLING VAN DE MUSKUSRATTEN-POPULATIE

De muskusratten werden gevangen door de rattenvangers van de VMM in het kader van de reguliere bestrijding en werden ter beschikking gesteld van het INBO. De meeste dieren werden een variabele tijd ingevroren bij ca. -20°C in afwachting van verdere verwerking.

De gegevens (datum en plaats) werden door de rattenvangers genoteerd op een plastic label dat aan een achterpoot van het gevangen dier werd vastgemaakt. Bij grotere vangsten werden de dieren niet individueel gelabeld, maar werden de gegevens op de verpakking genoteerd.

Bij de verwerking op het INBO kregen alle ingezamelde dieren na ontdooiing een individueel identificatienummer, waaraan alle gegevens van de verschillende stappen in de verwerking werden gelinkt.

De datum die werd genoteerd, is de datum van de controle van het vangmateriaal, niet noodzakelijk de datum waarop de muskutatrat in de val terecht kwam. De vallen worden minimaal elke week gecontroleerd, bij hoge densiteiten van muskusratten worden vallen meestal dagelijks gecontroleerd.

De vangstplaats werd afgeleid uit de verschillende locatieaanduidingen die door de rattenvangers werden genoteerd. Dit kon zijn:

- een gemeente of deelgemeente, een gehucht of een toponiem (domein, reservaat, hoeve, ...)
- een beschrijving van de plaats t.o.v. vaste referentiepunten, verkeerswegen, spoorwegen, brug ...
- een waterloop, plas, kreek, ...
- een hydrografische zone
- Lambert-coördinaten van een plaats, een segment van een waterloop, een km -blok, ...
- UTM-coördinaten van een plaats of de aanduiding van een UTM km -hok.

Deze aanduidingen of een combinatie ervan werden aanvankelijk in een databank opgenomen zoals opgegeven door de rattenvanger. In een latere fase werd getracht de aanduidingen te harmoniseren.

De rattenvangers noteerden zelf ook gegevens betreffende hun werkzaamheden. Deze werden aanvankelijk genoteerd op vangstformulieren. Sinds 2016 werd overgestapt op elektronische registratie via smartphone waarbij ook de vangstlocatie via GPS wordt geregistreerd.

Met behulp van ArcGis en GoogleMaps werd getracht om van elk dier aan de hand van de aanduidingen op de labels en de beschikbare VMM-data de vangstplaats zo nauwkeurig mogelijk vast te stellen. Voor de vangsten van vóór 2016 werd getracht om steeds minstens de gemeente en de hydrografische zone te achterhalen. Waterlopen vormen echter zeer frequent tevens een (gemeente)grens, wat de registratie bemoeilijkt. Voor de periode 2016-2017 werd getracht om op basis van de label-informatie elke vangst te koppelen aan een elektronische veldregistratie uit de VMM-databank.

3.2 DISSECTIES EN VISUELE CONTROLE VAN DE LEVER

Bij het dissecteren van de muskusratten werden standaard-voorzorgsmaatregelen toegepast. De protoscolecen en/of germinatieve cellen van de metacestode werden vooraf onschadelijk gemaakt door de muskusratten in te vriezen. In het laboratorium werden de ontdooide muskusratten indien nodig ontdaan van vuil (slijk, bladeren, steentjes, ...) en overtollig water in de pels. Daarna werd het gewicht, het geslacht en eventuele verwondingen of bijzonderheden genoteerd.

Na het opensnijden werd de buikholte nagekeken op mogelijke aanwezigheid van macroparasieten, waarbij het volledige oppervlak van de lever geïnspecteerd werd op oneffenheden, verkleuringen, letsels e.d. De aanwezigheid van cysten in de lever werd als volgt beoordeeld :

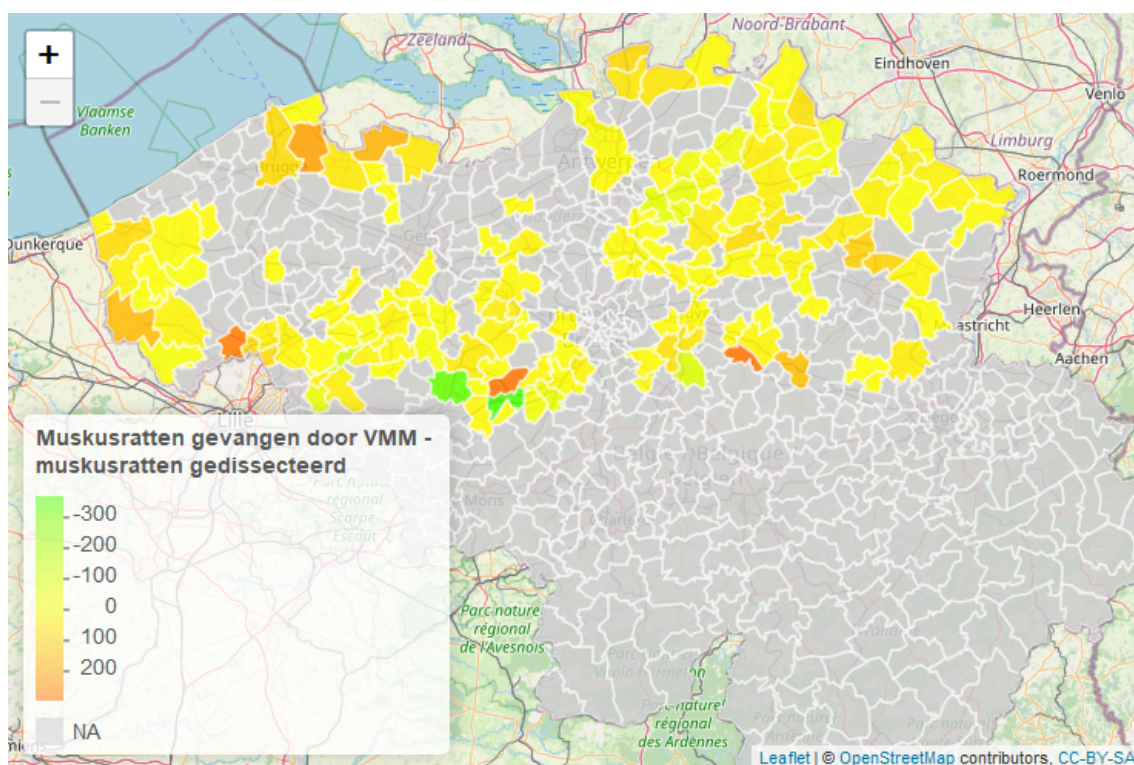
- Voor de aanwezigheid van *Taenia taeniaeformis* gebruikten we een score van 0 tot 3, in stappen van 0.5, volgens het aantal cysten en de impact op het leverweefsel.
- De aanwezigheid dan wel afwezigheid van *Taenia martis* of *Taenia crassiceps* in de buikholte werd genoteerd.
- EM aanwezigheid werd gescoord als positief, negatief of onduidelijk.
- Wanneer cysten van EM werden vastgesteld, werden hiervan enkele foto's genomen waarop de aard van de infectie duidelijk was. Ook eventuele uitzaaiingen werden in beeld gebracht.
- Hoewel in de meeste gevallen de aanwezigheid van EM duidelijk herkenbaar is, werd ter bevestiging een preparaatje gemaakt en onmiddellijk onder de lichtmicroscopie onderzocht op aanwezigheid van hakenkransen (scolecen).

3.3 ANALYSE

De ruwe dataset bevatte 33699 observaties waarvan er 1278 (4%) verwijderd werden wegens het ontbreken van een locatie. De data werden geanalyseerd met behulp van R (R Core Team, 2018). Data werden gegroepeerd per parameter en significantie van geobserveerde verschillen werd getest m.b.v. een Chi-Square test.

4 RESULTATEN

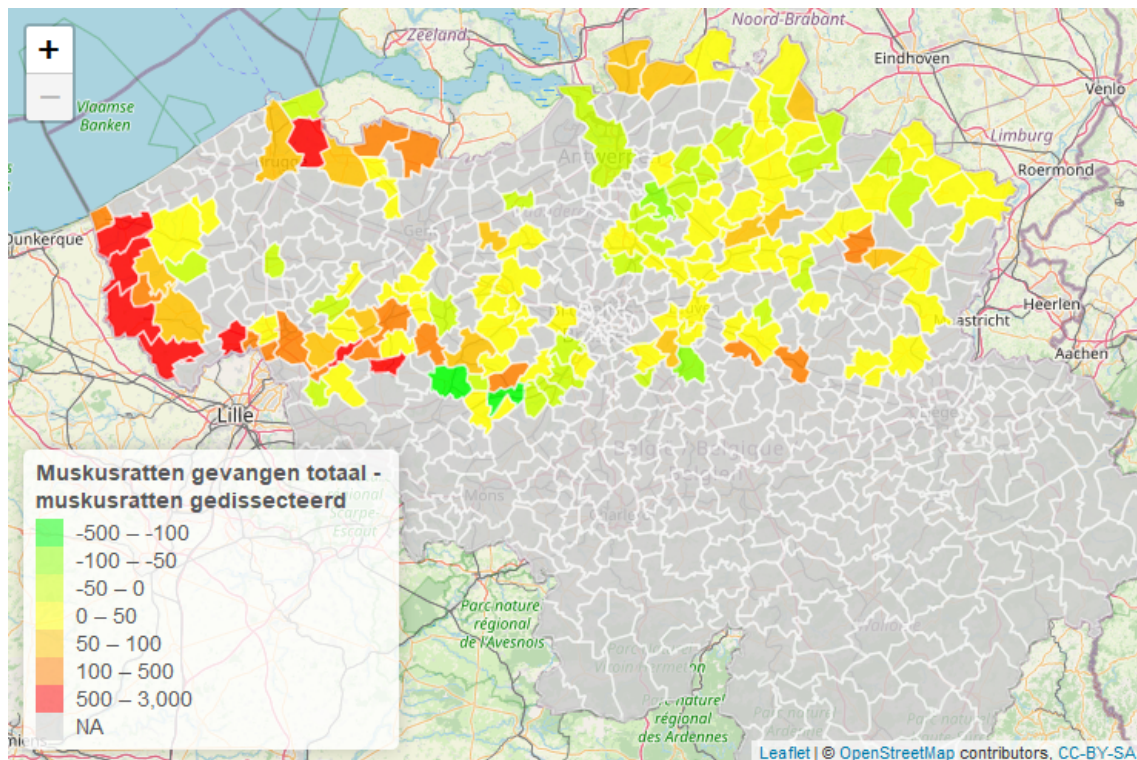
In de periode van 1994 tot 2017 werden in totaal 32.076 muskusratten gedissecteerd en onderzocht op het INBO. Bij de dissectie van 1994 tot 2007 van 16.128 muskusratten troffen we geen dieren aan die besmet waren met vossenlintworm. In 2008 registreerden we een eerste positief dier. Vanaf 2009 werden daarom alle muskusratten, die door VMM-bestrijders werden gevangen, ingezameld en aan het INBO onderzocht. In de periode 2009 - 2017 werden 15.402 muskusratten gedissecteerd en gescoord voor EM. Er werden in diezelfde periode 17.497 muskusratten gevangen door de VMM. Van alle in deze periode gevangen exemplaren ontbreken er dus 12%. Vermoedelijk gaat het over dieren die in te verre staat van ontbinding waren of de gedissecteerde dieren waaraan geen locatie toegekend kon worden. De ontbrekende ratten zijn min of meer verspreid over Vlaanderen, met een piek aan de gewestgrens (Fig. 4.1). Dit is niet verwonderlijk gezien daar, in absolute aantallen, ook de meeste muskusratten gevangen worden. Wanneer we kijken naar het totaal aantal gevangen exemplaren in Vlaanderen, d.w.z. zowel door de VMM als de provinciale en gemeentelijke rattenvangers gevangen dieren, dan stellen we wel vast dat een groot deel van de muskusratten uit West-Vlaanderen niet onderzocht werd (Fig. 4.2). Dit omdat enkel de rattenvangers van de VMM en niet de lokale rattenvangers deelnamen aan dit project.



Figuur 4.1: Verschillen tussen door VMM gevangen muskusratten en aantal gedissecteerd muskusratten.

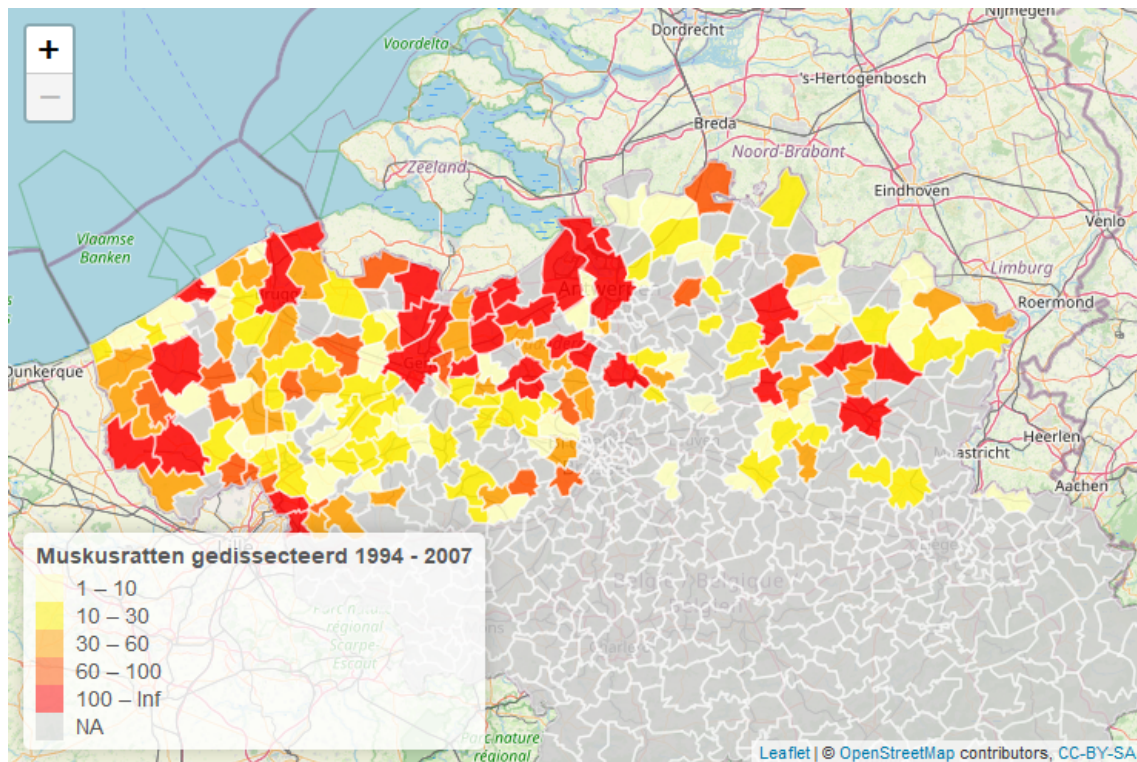
4.1 GEOGRAFISCHE SPREIDING

In figuur 4.3 en 4.4 wordt de geografische verspreiding gegeven van de huidige prevalentiedata in de INBO-databank betreffende de 32.412 muskusratten die in de loop der jaren werden gedissecteerd. De gegevens van 1994-2007 worden in één kaartje samengevat (figuur 4.3) gezien er in die periode geen



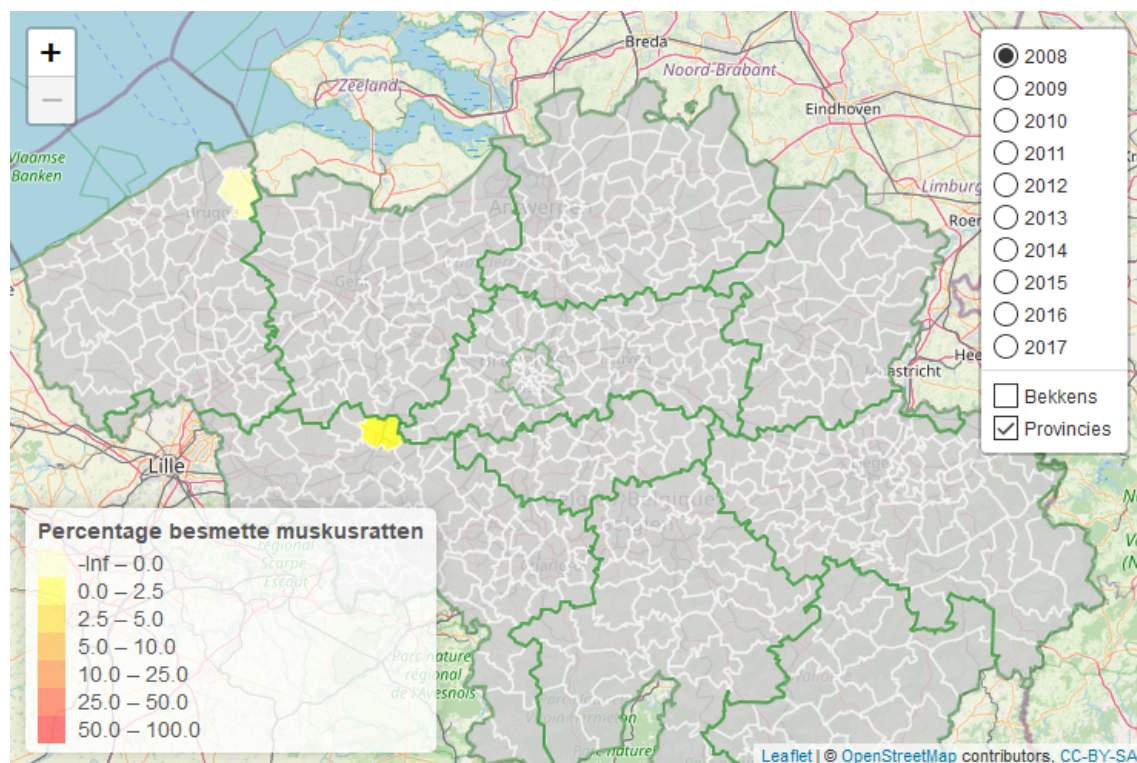
Figuur 4.2: Verschillen tussen alle geregisteerde vangsten en aantal gedissecteerd ratten.

aanwezigheid van EM werd vastgesteld. Hierbij wordt een idee gegeven van het aantal en de spreiding van de onderzochte muskusratten. Al de dieren uit deze periode werden negatief voor EM bevonden.



Figuur 4.3: Gedissecteerde muskusratten in de periode 1994-2007. Geen van deze muskusratten was besmet met EM.

De parasiet komt vooral voor in de gewestgrenszone tussen Spierre-Helkijn en Beersel. Ook duiken enkele positieve gevallen op in het zuidelijk deel van de provincie Limburg.



Figuur 4.4: Percentage geïnfecteerde muskusratten per jaar. Klikken op de gemeente geeft aantal besmette muskusratten/totaal aantal gedissecteerde muskusratten.

4.2 OPDELING PER REGIO

Tabel 4.1 geeft het aantal muskusratten dat positief (P) werd bevonden voor EM en het aantal voor EM negatief (N) bevonden muskusratten per regio. In een beperkt aantal gevallen kon geen zekerheid bekomen worden over het al dan niet besmet zijn van het onderzochte dier (?).

Tabel 4.1: Aantal voor EM positief, negatief en onduidelijk bevonden muskusratten per regio.

jaar	Vlaanderen			Wallonië			Frankrijk		
	P	N	?	P	N	?	P	N	?
2008	0	4	0	1	181	0	0	360	0
2009	3	471	0	50	1372	8	0	488	0
2010	12	804	1	9	242	1	0	694	0
2011	15	1190	6	18	299	2	0	664	0
2012	6	887	17	12	331	5	0	389	2
2013	13	664	11	9	140	2	0	136	0
2014	6	1096	1	13	494	0	0	104	0
2015	8	1127	0	7	193	0	0	0	0
2016	3	1249	0	0	112	0	0	0	0
2017	16	1815	0	2	183	0	0	0	0

De gemiddelde prevalentie bedraagt 3.3% in Wallonië terwijl deze in Vlaanderen beperkt blijft tot 0.9%. Bij de muskusratten uit Frankrijk werden nog geen besmette dieren aangetroffen. Wanneer we de drie regio's vergelijken vinden we een significant effect van regio ($p < 0.001$). Deze gegevens dienen

wel met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden aangezien het om opportunistische waarnemingen uit Wallonië en Frankrijk gaat (soms worden muskusratten net over de grens gevangen om instroom te voorkomen), in tegenstelling tot de systematische en gebiedsdekkende inspanning in Vlaanderen.

Wanneer we kijken naar de trend in Vlaanderen (Fig. 4.5) dan zien we dat het percentage geïnfecteerde muskusratten schommelt rond een gemiddelde van 0.8%. Het percentage besmette exemplaren ligt dus erg laag in Vlaanderen.



Figuur 4.5: Percentage geïnfecteerde muskusratten in Vlaanderen voor de periode 2008 - 2017. De grijze lijn geeft het gemiddelde percentage voor deze periode aan.

4.3 OPDELING PER GESLACHT

Er worden meer mannelijke muskusratten gevangen dan vrouwelijke (tabel 4.2). De sexratio is vergelijkbaar voor alle onderzochte regio's.

Tabel 4.2: Sexratio van alle gevangen muskusratten per regio.

sex	Frankrijk	Vlaanderen	Wallonië
F	0.44	0.42	0.43
M	0.56	0.58	0.57

Wanneer we enkel naar de geïnfecteerde muskusratten kijken zien we dat ook hier meer mannelijke muskusratten gevangen worden (tabel 4.3). In Vlaanderen is het verschil meer uitgesproken dan in Wallonië, waar we eenzelfde ratio zien als hierboven.

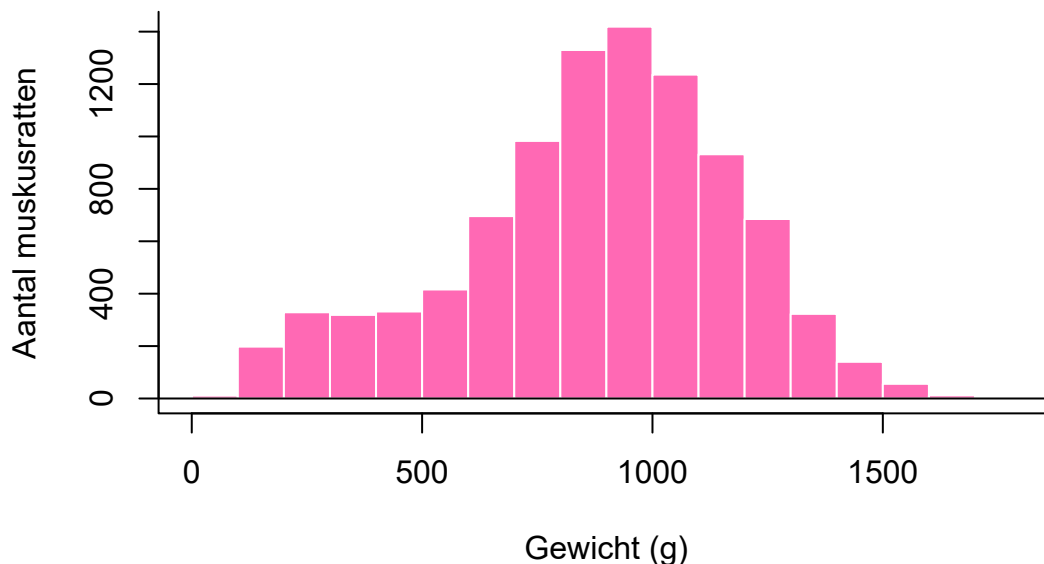
Er is echter geen significant verschil ($p = 0.27$) tussen de ratio man/vrouw bij niet-geïnfecteerde versus geïnfecteerde muskusratten in Vlaanderen.

Tabel 4.3: Sexratio van geïnfecteerde muskusratten per regio.

sex	Vlaanderen	Wallonië
F	0.35	0.42
M	0.65	0.58

4.4 OPDELING PER LICHAAMSGEWICHTSKLASSE

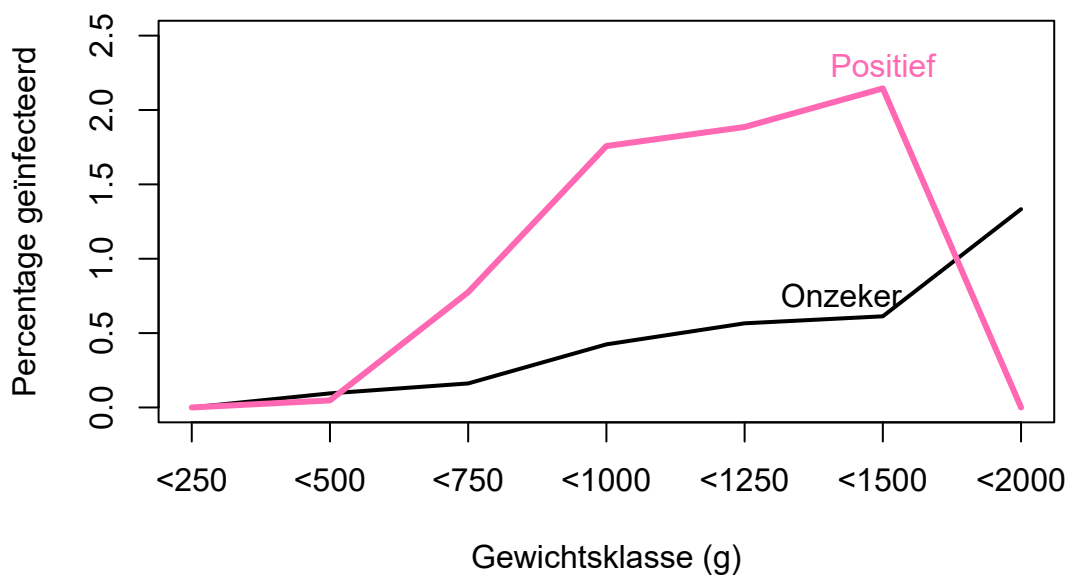
Figuur 4.6 toont de distributie van de lichaamsgewichten van alle gedissecteerde muskusratten gevangen in Vlaanderen. Onder normale omstandigheden (geen bestrijding) verwachten we dat deze gewichten een normale verdeling vertonen. De data tonen echter een links-scheve distributie. Met lichaamsgewicht als proxy voor leeftijd toont dit aan dat er relatief meer jonge dieren gevangen worden.



Figuur 4.6: Distributie van lichaamsgewichten van alle uit Vlaanderen onderzochte muskusratten.

Vanaf het spenen loopt een jonge muskusrat het risico om besmet te geraken met de lintwormeieren. De kans op besmetting neemt toe naarmate het dier langer en actiever aanwezig is op het terrein. Na opname van EM-eieren neemt ook de kans geleidelijk toe dat er cysten in de lever worden gedetecteerd. Met een toenemende leeftijd mag dan ook een toename van de kans op een zichtbare infectie verondersteld worden. Wanneer we het lichaamsgewicht gebruiken als proxy voor de leeftijd, blijkt dit ook uit onze resultaten (Figuur 4.7). Het feit dat er geen besmette dieren met een gewicht > 1500g vinden kan verklaard worden doordat dit een zeer kleine cohorte is (75 dieren).

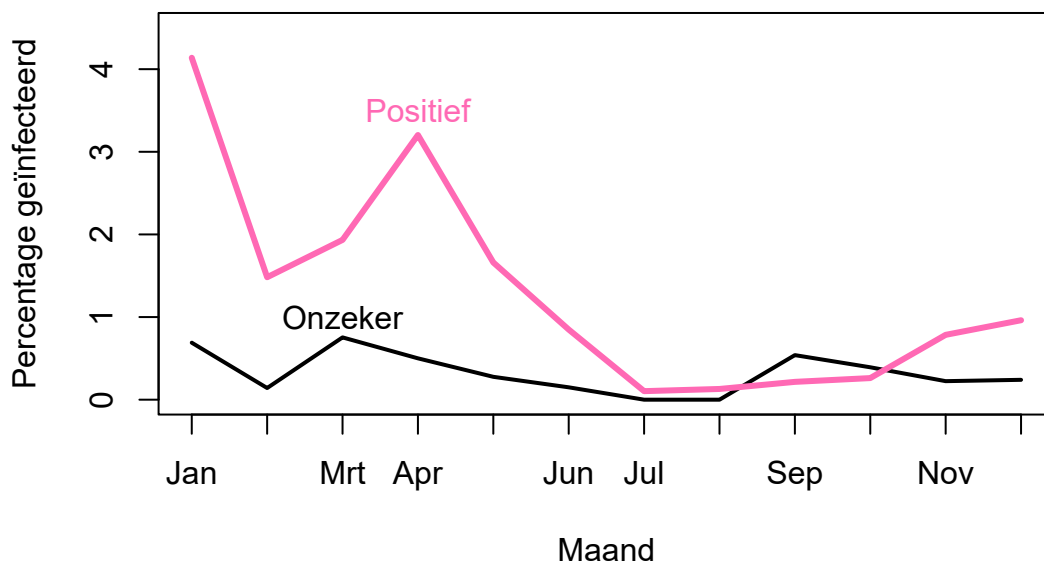
Uit figuur 4.7 is af te leiden dat de infectiekans van muskusratten onder de 500 gram bijzonder laag is in vergelijking met zwaardere/meer volwassen dieren. We zien ook dat het aantal onduidelijke gevallen toeneemt met het gewicht. Mogelijk komt dit door een opstapeling van andere parasieten in de lever, zo blijkt bijvoorbeeld ook dat er een positieve correlatie is tussen het lichaamsgewicht van de muskusrat en de graad van infectie met *Taenia taeniaeformis* (correlatie = 0.49, $p < 0,001$).



Figuur 4.7: Percentage geïnfecteerde (roze) en onzekere (zwart) muskusratten per gewichtsklasse (g).

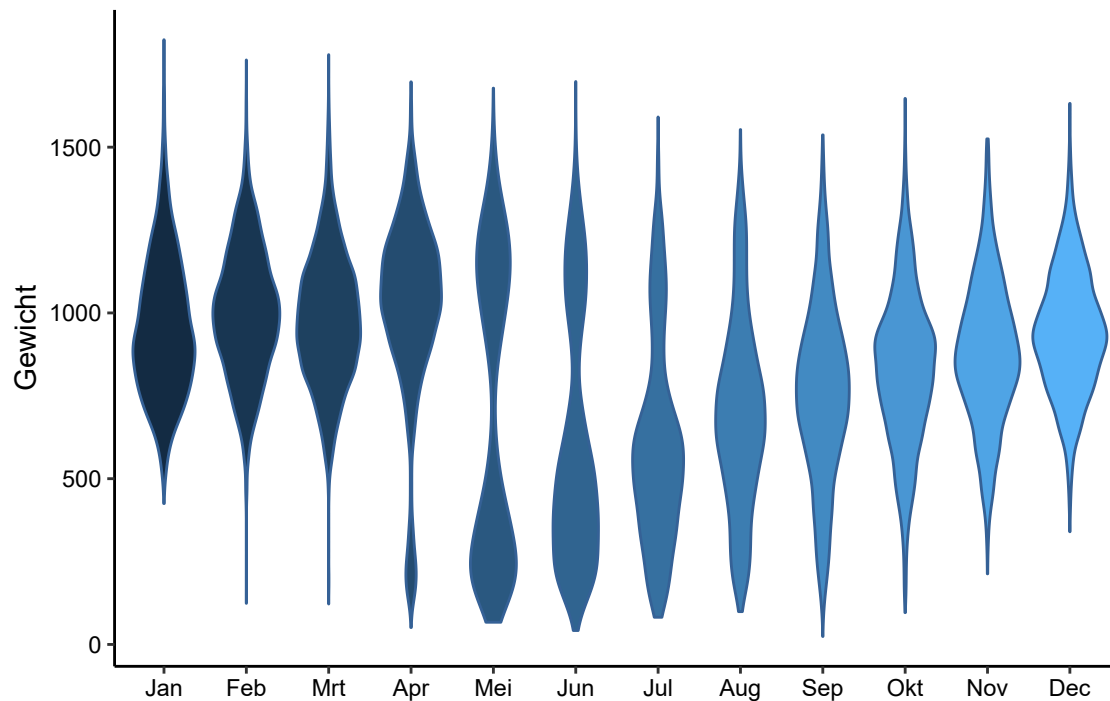
4.5 OPDELING PER MAAND

Figuur 4.8 toont de percentages geïnfecteerde en onzekere dieren ten opzichte van elkaar.



Figuur 4.8: Percentage geïnfecteerde (roze) en onzekere (zwart) muskusratten per maand.

Het grootste percentage besmette muskusratten vinden we in het voorjaar. Gezien de seizoenale voortplanting van de muskusrat, verandert de leeftijdsstructuur van de populatie tijdens het jaar. Het percentage jonge dieren stijgt drastisch vanaf mei terwijl in het najaar minder jongen geboren worden. De voorjaarspopulatie bestaat overwegend uit overwinterde subadulte dieren en een kleinere fractie oudere dieren (> 1 jaar) (Fig. 4.9). Dit verklaart dan ook deels het verschil in prevalentie tussen beide jaarhelften.



Figuur 4.9: Distributie van het lichaamsgewicht van de gedissecteerde muskusratten per maand.

5 DISCUSSIE

Het percentage geïnfecteerde muskusratten schommelt rond een gemiddelde van 0.8% in Vlaanderen, wat een lage infectiegraad is. Binnen de periode waarin alle door de VMM gevangen muskusratten onderzocht werden (2009 – 2017) merken we bovendien geen stijgende trend. De parasiet komt vooral voor in de gewestgrenszone tussen Spierre-Helkijn (West-Vlaanderen) en Beersel (Vlaams-Brabant). Daarnaast duiken enkele positieve gevallen op in het zuiden van de provincie Limburg. We vinden de parasiet in Vlaanderen dus enkel in muskusratten gevangen dicht bij de gewestgrens.

De vraag die we ons moeten stellen is of dit aantoont dat de parasiet permanent in Vlaanderen aanwezig is, dan wel of het gaat om trekkende muskusratten die de infectie in Wallonië opgelopen hebben. Muskusratten trekken vooral in het voorjaar als jong-adulten wanneer ze op zoek gaan naar een partner, mannetjes trekken hierbij verder dan de vrouwtjes en worden hierdoor ook vaker gevangen tijdens de trek (Plug, 1988). We vinden inderdaad meer mannelijke dieren en alle dieren gevangen in Vlaanderen vertonen een links-scheve distributie van de gewichten, wat wijst op een relatief hoog aandeel jonge dieren. Uit onze data blijkt echter ook dat jongere dieren een lagere kans hebben besmet te zijn dan oudere dieren, en dat er niet significant meer mannelijke muskusratten zijn bij de besmette muskusratten. Bovendien is weinig gekend over de symptomen van en mortaliteit door EM-infectie bij muskusratten. We weten dus niet hoe waarschijnlijk het is dat een geïnfecteerd dier over langere afstand gaat migreren. Het blijft dus onduidelijk of muskusratten de infectie hier in Vlaanderen oplopen of de besmetting van over de gewestgrens, waar de prevalentie duidelijk hoger is, meebrengen.

Wanneer we de globale verspreiding van alle onderzochte muskusratten (niet-geïnfecteerde + geïnfecteerde exemplaren) beschouwen, stellen we vast dat het overgrote deel van de dieren gevangen wordt aan de gewestgrens. Aangezien vossenlintworm in vossen en andere tussengastheren (i.c. diverse kleinere woelmuissoorten) wel nog verspreid over Vlaanderen voorkomt, is het monitoren van de vossenlintworm in de muskusrat geen goede proxy om zicht te hebben op het algemeen voorkomen van de vossenlintworm.

In samenspraak met VMM werd dan ook beslist om niet langer jaarlijks alle muskusratten in te zamelen en te dissecteren, maar slechts om de vijf jaar en dan gedurende één jaar. Er werd dus gekozen voor een spreiding in tijd en niet in plaats. Hoewel we momenteel een goed beeld hebben waar geïnfecteerde muskusratten voorkomen, is het niet uit te sluiten dat de infectie ook op andere plaatsen kan opduiken. Om eventuele lokale infecties bij muskusratten op te sporen zou, rekening houdend met de (actuele) lage prevalentiegraad, echter een zeer hoge proportie van de muskusratpopulatie dienen onderzocht te worden. Dit zou er dan in de praktijk op neerkomen dat zo goed als alle gevangen exemplaren zouden moeten worden ingezameld. Het inzamelen en het onderzoeken van gevangen muskusratten afkomstig van Wallonië en Frankrijk kan in deze vijfjarige cyclus worden verder gezet. Deze informatie 'van over de grens' is immers zeer nuttig om de vaststellingen bij de muskusratten die in Vlaanderen worden gevangen, beter te kunnen plaatsen.

5.1 MOGELIJKE BEHEEROPTIES

5.1.1 Sensibilisering, preventie

De bekendste transmissieroute van vossenlintworm naar de mens is via orale opname van lintwormeitjes (Torgerson et al, 2008). Zoals hoger geschetst komen de eitjes in het milieu terecht via de vossenuitwerpselen en kunnen ze in gepaste (o.a. niet-uitdrogende) omstandigheden weken tot maanden infectieus blijven.

Veelal wordt gewaarschuwd om geen laaggroeiende wilde bessen te eten uit de natuur. Vaak heerst daarbij het misverstand dat vossen mogelijk geürineerd zouden kunnen hebben op dergelijke vruchten – maar de excretie van eitjes gebeurt niet via de urine. Een (theoretische) veronderstelling bestaat erin dat vossen op hun pels of aan hun poten mogelijk eitjes zouden kunnen meedragen, die vervolgens uitgerekend bij passage doorheen vruchtstruiken toevallig op bessen zouden kunnen terechtkomen. Deze eitjes op de pels of aan de poten zouden voordien op het dier terecht moeten gekomen zijn, op plekken die vaak gefrequenteerd worden en waar regelmatig uitwerpselen liggen, zoals aan burchtsites. Een andere theoretische veronderstelling slaat op de mogelijkheid dat kleine partikels van vossenuitwerpselen op de bessen terecht komen, bv. via insecten of de poten van foeragerende (kleine) vogels en zoogdieren. Er is echter geen bewijs dat dit een belangrijke rol speelt bij de besmetting met EM (Kern et al, 2004; Kreidl et al, 1998; Piarroux et al, 2013).

Wel blijkt duidelijk dat personen die regelmatig buitenactiviteiten verrichten, zoals landbouwers, jagers, tuinders en mensen die veel in bossen vertoeven, een verhoogd risico lopen. In de praktijk moet een besmetting zich voordoen via toevallige opname van vossenlintwormeitjes, bv. door contact tussen mond (lippen) en handen tijdens buitenwerkzaamheden. Een verhoogde waakzaamheid voor symptomen en eventueel een regelmatige medische screening bij risicogroepen kunnen ervoor zorgen dat AE in een vroeg stadium wordt opgespoord en dus beter behandelbaar is. Dit is echter enkel zinvol in regio's met een hoge prevalentie. In dergelijke gebieden is het wel belangrijk dat moestuinen en plaatsen waar laaggroeiend fruit (aardbeien, ...) geteeld wordt, goed afgesloten zijn voor honden en vossen zodat daar geen uitwerpselen (potentiële concentratiehaarden van EM-eitjes) terecht komen, en dat het voedsel goed gewassen wordt alvorens geconsumeerd te worden (Kern et al, 2004; Kreidl et al, 1998; Piarroux et al, 2013). Aangezien Vlaanderen een lage prevalentie kent van EM zijn systematische screenings naar AE en rigoureuze afsluiten van moestuinen e.d. niet in proportie tot het (zeer geringe) risico op besmetting. Sensibilisatie rond het goed schoonmaken van groenten en laaggroeiend fruit is wel een optie, alsook rond het in acht nemen van elementaire hygiëne-maatregelen, zoals het wassen van de handen voor het eten.

Zoals hoger aangehaald kunnen honden, als mogelijke eindgastheer, een belangrijke rol spelen in het verspreiden van EM-eieren en kunnen zij aldus een rechtstreekse bron vormen voor besmetting van mensen. Het is dan ook zeer belangrijk om honden regelmatig te ontwormen met ontwormingsmiddelen op basis van praziquantel, zeker als ze mogelijk tussengastheersoorten van de EM-cyclus (woelmuizen) vangen en effectief opeten in een gebied met een hoge EM-prevalentie. Ook honden geïmporteerd vanuit endemische EM-gebieden of honden die tijdelijk in dergelijke gebieden verbleven (bv. tijdens vakanties), moeten zeker ontwormd worden. Bovendien moet men er in deze situaties ook een goede hygiëne op nahouden in het omgaan met honden, o.m. bij wandelingen. Via hun poten of pels – zoals na het rollen op de bodem, typisch op sterk geurende plekken zoals waar uitwerpselen gelegen hebben – kunnen de dieren mogelijk EM-eitjes in de directe nabijheid van de mens brengen.

Een specifieke relatie waarbij een hond als mogelijke overbrenger van EM-eitjes naar de mens toe kan fungeren, wordt gegenereerd door de zogenaamde 'burchtjacht' op vossen (Onderzoeksgroep Fauna-beheer INBO, 2009; Van Den Berge, 2011). Bij een dergelijke jachtwijze laat men een daartoe getrainde jachthond een vossenburcht binnendringen, om de vos eruit te drijven zodat die kan geschoten worden, of om een nest vossenwelpen samen met de moervos te elimineren. De honden zijn net klein genoeg om

in een vossenhol te kunnen kruipen maar tegelijk voldoende groot om het ondergrondse gevecht met een vos aan te kunnen. Bij een dergelijke actie schuren de honden dan ook onvermijdelijk met hun pels veelvuldig tegen de binnenwanden van de burcht, en komen ze in rechtstreeks intens contact met de vos(sen) zelf – waarbij deze tijdens de soms felle ondergrondse gevechten doorgaans ook defeceren. Gezien burchtsites veelvuldig door vossen worden gefrequentieerd kunnen zij sowieso als mogelijke hotspots beschouwd worden voor aanwezigheid van EM-eitjes. Bij intensieve interactie op zo'n site, wordt de kans zeer reëel dat de mens (de vossenjager, zijn auto, tuin, ...) via de jachthond in contact komt met de lintwormeitjes. Burchtjacht op vos – als jachtwijze in Vlaanderen niet toegelaten – is dan ook als een bijzondere hoog-risicohandeling te beschouwen ten aanzien van mogelijke besmetting met EM.

Een andere mogelijke route waarbij een permanente en opmerkelijke nabijheid tussen mens en vos aan de orde komt, is de toename van stadsvossen (Deplazes et al, 2004). Deze – onvermijdelijke – trend heeft zich inmiddels ook in Vlaanderen voltrokken (Van Den Berge et al, 2013). Toch hoeven urbane vossenpopulaties niet automatisch tot een hoger risico op EM-besmetting aanleiding te geven, wegens het mogelijk ontbreken van de nodige tussengastheerpopulaties in het stedelijk milieu. Overigens leven, zeker in Vlaanderen, ook rurale vossen nagenoeg overal en onvermijdelijk in nauw contact met de menselijke bewoning wegens onze specifieke ruimtelijke ordening gekenmerkt door eindeloze lintbebouwing en verspreide landelijke bewoning (Keune et al, 2013; Van Den Berge, 2011; Van Den Berge et al, 2013).

5.1.2 Ontwormen van vossenpopulatie

Het ontwormen van de vossenpopulatie is een mogelijke piste om de prevalentie van EM in vossenpopulaties omlaag te krijgen. Ze is met wisselend succes getest in enkele Franse en Japanse steden (Comte et al, 2013; Inoue et al, 2007). In rurale gebieden blijkt ontworming er in te slagen de prevalentie van EM te verlagen (Schelling et al, 1997; Tackmann et al, 2001). Maar anders dan bij hondsdelheid (waarvoor vossen met succes gevaccineerd zijn door middel van een lokaas) volstaat het bij EM niet om éénmalig een vos te behandelen. Een vos kan namelijk telkens opnieuw geïnfecteerd raken door het eten van een besmette prooi. De periode tussen opname van het larvale wormstadium (aanwezig in de tussengastheer) en het vestigen van de adulte lintworm in het darmstelsel van de eindgastheer bedraagt ongeveer 30 dagen. Om de cyclus te doorbreken dient de vossenpopulatie daarom om de maand ontwormd te worden (Craig et al, 2017). Hierbij geldt bovendien dat de metacestodes in de tussengastheer en de eieren in het milieu meerdere maanden kunnen overleven (Veit et al, 1995). Comte et al (2013) berekenden bovendien dat het 114€ zou kosten om één 1km² plot éénmaal te behandelen. Voor een gemeente als Voeren (waar in Vlaanderen de meeste besmette vossen voorkomen) zou dit neerkomen op ongeveer 69.000€ per jaar.

5.1.3 Afschot van vossen en knaagdierbestrijding

Knaagdieren die drager zijn van het infectieuze larvestadium vormen ook een reservoir voor de parasiet. Aanwezigheid van de parasiet in de knaagdierpopulatie brengt dan ook het risico met zich mee voor het opnieuw sluiten van de cyclus door vos of hond en een mogelijke voortzetting of uitbreiding van de infectie. Zelfs het verwijderen van alle vossen uit besmet gebied (voor zover mogelijk) blijkt dan geen goede beheermaatregel, gezien immigrerende of doortrekkende vossen al snel opnieuw besmet kunnen geraken. Het op grote schaal en duurzaam bestrijden van woelmuispopulaties, in situaties waarin de leefomstandigheden voor die soorten gunstig zijn, blijkt in de praktijk een zeer moeilijk haalbare doelstelling te zijn (Singleton, 2010). Het is overigens de vraag of een dergelijke actie opportuun zou zijn, gezien woelmuizen het stapelvoedsel vormen van heel wat predatoren, waaronder beschermde roofvogels.

Vervaeke et al (2006) voorspelden dat de in Wallonië geziene uitbreiding van vossenlintworm zich noordwaarts in Vlaanderen zou voortzetten. Dit werd echter niet waargemaakt (Vervaeke & Claes, 2012, Vervaeke & Claes (2014a), Vervaeke & Claes (2014b)). Recent genetisch onderzoek (Knapp et al,

(met ook niet-dierlijk voedsel) hierdoor wezenlijk zou beïnvloed kunnen worden. Eerder dan op het niveau van de eindgastheer (vos) genereert een globale toename van alle woelmuis-etende predatoren mogelijk een stabiliserend (en bv. voor de landbouw positief) effect op het niveau van de tussengastheren, door sterke populatieschommelingen met tijdelijke piekdensiteiten af te remmen.

6 CONCLUSIE

Vlaanderen kent een lage prevalentie van EM in muskusratten, er is geen toename geweest in de prevalentie gedurende dit onderzoek en de geïnfecteerde dieren bevinden zich alle in de gewestgrenszone. Bovendien komen muskusratten door gerichte, intensieve bestrijding niet langer over heel Vlaanderen voor. Opvolging van EM in muskusratten is dus geen goede proxy meer voor EM in vossen en zal vanaf nu slechts vijfjaarlijks gebeuren. Mogelijk speelt de muskusrat door haar verhoogde gevoeligheid voor EM, ten opzichte van de natuurlijk aanwezige tussengastheren, een grote rol in het vervolledigen van de vossenlintwormcyclus in Vlaanderen en dragen de lage aantallen muskusratten ertoe bij dat de prevalentie zo laag is en blijft. Dit rapport concludeert dan ook dat blijven inzetten op het zo veel mogelijk verminderen van de muskusrattenpopulatie in Vlaanderen belangrijk is in het voorkomen van EM.

Gezien de lage prevalentie zijn sommige maatregelen die in het buitenland in bepaalde regio's genomen worden, zoals ontwormen van vossen met behulp van lokaas of de permanente screening van mensen actief in de bos-, land- en tuinbouw, in Vlaanderen minder zinvol. Ook het bejagen van vossen werkt contraproductief in het tegengaan van de verspreiding van EM (Craig et al., 2017; Comte et al., 2017). Als aanbeveling willen we daarom stellen dat een degelijke voorlichting en bewustmaking van het grote publiek belangrijk en tegelijk voldoende is, en meer specifiek met betrekking tot volgende punten:

- Het grondig wassen van groenten en laaggroeiend fruit vooraleer het te consumeren.
- Het toepassen van elementaire hygiëne-maatregelen (handen wassen voor het eten) na buiten-activiteiten.
- Het regelmatig ontwormen van honden met middelen op basis van praziquantel, zeker wanneer ze regelmatig knaagdieren opeten en/of recent naar endemisch gebied (Ardennen, Noordoost-Frankrijk, Zuid-Duitsland, Zwitserland of Alpen Oostenrijk) zijn geweest.
- Er een goede hygiëne op nahouden in het omgaan met honden.

Referenties

- Brochier, B., Coppens, P., Losson, B., Mignon, B., Aubert, M., Bauduin, B., Barrat, M., Costy, F., Peharpe, D., Pouplard, L. et al (1992). Enquête sur l'infestation du renard roux (*vulpes vulpes*) par *echinococcus multilocularis* en province de luxembourg (belgique). In: Annales de Médecine Vétérinaire. Université de Liège, volume 136, paginas 497–504.
- Brochier, B., De Blander, H., Hanosset, R., Berkvens, D., Losson, B. & Saegerman, C. (2007). *Echinococcus multilocularis* and *toxocara canis* in urban red foxes (*vulpes vulpes*) in brussels, belgium. Preventive veterinary medicine 80 (1): 65–73.
- Chaignat, V., Boujon, P., Frey, C.F., Hentrich, B., Müller, N. & Gottstein, B. (2015). The brown hare (*lepus europaeus*) as a novel intermediate host for *echinococcus multilocularis* in europe. Parasitology research 114 (8): 3167–3169.
- Combes, B., Comte, S., Raton, V., Raoul, F., Boué, F., Umhang, G., Favier, S., Dunoyer, C., Woronoff, N. & Giraudoux, P. (2012). Westward spread of *echinococcus multilocularis* in foxes, france, 2005–2010. Emerging infectious diseases 18 (12): 2059.
- Comte, S., Raton, V., Raoul, F., Hegglin, D., Giraudoux, P., Deplazes, P., Favier, S., Gottschek, D., Umhang, G., Boué, F. et al (2013). Fox baiting against *echinococcus multilocularis*: contrasted achievements among two medium size cities. Preventive veterinary medicine 111 (1-2): 147–155.
- Comte, S., Umhang, G., Raton, V., Raoul, F., Giraudoux, P., Combes, B. & Boué, F. (2017). *Echinococcus multilocularis* management by fox culling: An inappropriate paradigm. Preventive veterinary medicine 147: 178–185.
- Conraths, F.J., Staubach, C. & Tackmann, K. (2003). Statistics and sample design in epidemiological studies of *echinococcus multilocularis* in fox populations. Acta tropica 85 (2): 183–189.
- Craig, P.S., Hegglin, D., Lightowlers, M.W., Torgerson, P.R. & Wang, Q. (2017). Echinococcosis: control and prevention. In: Advances in parasitology, Elsevier, volume 96, paginas 55–158.
- Deplazes, P., Hegglin, D., Gloor, S. & Romig, T. (2004). Wilderness in the city: the urbanization of *echinococcus multilocularis*. Trends in parasitology 20 (2): 77–84.
- Deplazes, P., Rinaldi, L., Rojas, C.A., Torgerson, P., Harandi, M., Romig, T., Antolova, D., Schurer, J., Lahmar, S., Cringoli, G. et al (2017). Global distribution of alveolar and cystic echinococcosis. In: Advances in parasitology, Elsevier, volume 95, paginas 315–493.
- Eckert, J. & Deplazes, P. (2004). Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. Clinical microbiology reviews 17 (1): 107–135.
- Eckert, J., Gemmell, M., Meslin, F.X., Pawlowski, Z., Organization, W.H. et al (2001). Who/oie manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern .
- Eckert, J. & Thompson, R. (2017). Historical aspects of echinococcosis. In: Advances in parasitology, Elsevier, volume 95, paginas 1–64.
- Federer, K., Armua-Fernandez, M.T., Hoby, S., Wenker, C. & Deplazes, P. (2015). In vivo viability of *echinococcus multilocularis* eggs in a rodent model after different thermo-treatments. Experimental parasitology 154: 14–19.
- Flament, I. (2004). L'échinococcose alvéolaire chez le renard roux *vulpes vulpes* en région wallonne, et approche non exhaustive des helminthes des carnivores 54P.

- Hanosset, R., Saegerman, C., Adant, S., Massart, L. & Losson, B. (2008). *Echinococcus multilocularis* in belgium: prevalence in red foxes (*vulpes vulpes*) and in different species of potential intermediate hosts. *Veterinary parasitology* 151 (2-4): 212–217.
- Hegglin, D. & Deplazes, P. (2013). Control of *echinococcus multilocularis*: Strategies, feasibility and cost–benefit analyses. *International journal for parasitology* 43 (5): 327–337.
- Inoue, T., Nonaka, N., Kanai, Y., Iwaki, T., Kamiya, M. & Oku, Y. (2007). The use of tetracycline in anthelmintic baits to assess baiting rate and drug efficacy against *echinococcus multilocularis* in foxes. *Veterinary parasitology* 150 (1-2): 88–96.
- Kapel, C.M., Torgerson, P., Thompson, R. & Deplazes, P. (2006). Reproductive potential of *echinococcus multilocularis* in experimentally infected foxes, dogs, raccoon dogs and cats. *International journal for parasitology* 36 (1): 79–86.
- Kern, P., Ammon, A., Kron, M., Sinn, G., Sander, S., Petersen, L.R., Gaus, W. & Kern, P. (2004). Risk factors for alveolar echinococcosis in humans. *Emerging infectious diseases* 10 (12): 2088.
- Kern, P., Bardonnnet, K., Renner, E., Auer, H., Pawlowski, Z., Ammann, R.W., Vuitton, D.A., Kern, P. et al (2003). European echinococcosis registry: human alveolar echinococcosis, europe, 1982–2000. *Emerging infectious diseases* 9 (3): 343.
- Keune, H., Kretsch, C., De Blust, G., Gilbert, M., Flandroy, L., Van den Berge, K., Versteirt, V., Hartig, T., De Keersmaecker, L., Eggermont, H. et al (2013). Science–policy challenges for biodiversity, public health and urbanization: examples from belgium. *Environmental Research Letters* 8 (2): 025015.
- Knapp, J., Bart, J.M., Giraudoux, P., Glowatzki, M.L., Breyer, I., Raoul, F., Deplazes, P., Duscher, G., Martinek, K., Dubinsky, P. et al (2009). Genetic diversity of the cestode *echinococcus multilocularis* in red foxes at a continental scale in europe. *PLoS neglected tropical diseases* 3 (6): e452.
- Kreidl, P., Allerberger, F., Judmaier, G., Auer, H., Aspöck, H. & Hall, A.J. (1998). Domestic pets as risk factors for alveolar hydatid disease in austria. *American journal of epidemiology* 147 (10): 978–981.
- Libois, R. (2006). L'érosion de la biodiversité: les mammifères, partim "les mammifères non volants"– dossier scientifique. Université de Liège, Liège .
- Litzroth, A. & Truyens, C. (2017). Epidemiologische surveillance van echinococcose. technisch rapport, Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid, Brussel, België.
- Lloyd, H.G. (1980). The red fox. BT Batsford.
- Losson, B., Kervyn, T., Detry, J., Pastoret, P.P., Mignon, B. & Brochier, B. (2003). Prevalence of *echinococcus multilocularis* in the red fox (*vulpes vulpes*) in southern belgium. *Veterinary parasitology* 117 (1-2): 23–28.
- Maes, D., Baert, K., Boers, K., Casaer, J., Criel, D., Crevecoeur, L., Dekeukeleire, D., Gouwy, J., Gyselings, R., Haelters, J. et al (2014). De iucn rode lijst van de zoogdieren in vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek .
- Marlow, N., Thomson, P., Rose, K. & Kok, N. (2016). Compensatory responses by a fox population to artificial density reduction in a rangeland area in western australia. *Conservation Science Western Australia* 10 (3).
- Mathy, A., Hanosset, R., Adant, S. & Losson, B. (2009). The carriage of larval *echinococcus multilocularis* and other cestodes by the musk rat (*ondatra zibethicus*) along the ourthe river and its tributaries (belgium). *Journal of wildlife diseases* 45 (2): 279–287.

- Oksanen, A., Siles-Lucas, M., Karamon, J., Possenti, A., Conraths, F.J., Romig, T., Wysocki, P., Mannocci, A., Mipatrini, D., La Torre, G. et al (2016). The geographical distribution and prevalence of echinococcus multilocularis in animals in the european union and adjacent countries: a systematic review and meta-analysis. *Parasites & vectors* 9 (1): 519.
- Onderzoeksgroep Faunabeheer INBO (2009). Advies betreffende vos en steenmarter. technisch rapport INBO.A.2009.250, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, België.
- Piarroux, M., Piarroux, R., Giorgi, R., Knapp, J., Bardonnnet, K., Sudre, B., Watelet, J., Dumortier, J., Gérard, A., Beytout, J. et al (2011). Clinical features and evolution of alveolar echinococcosis in france from 1982 to 2007: results of a survey in 387 patients. *Journal of hepatology* 55 (5): 1025–1033.
- Piarroux, M., Piarroux, R., Knapp, J., Bardonnnet, K., Dumortier, J., Watelet, J., Gerard, A., Beytout, J., Abergel, A., Bresson-Hadni, S. et al (2013). Populations at risk for alveolar echinococcosis, france. *Emerging Infectious Diseases* 19 (5): 721.
- Plug, K. (1988). Handboek Muskusrattenbestrijding. Landbouw en Visserij: directie Natuur, Milieu en Faunabeheer, Den Haag, Nederland.
- Rebolledo, J., Litzroth, A., Tersago, K., Van Beckhoven, D. & Lernout, T. (2017). Zoönosen en vectoroverdraagbare ziekten. technisch rapport, Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid, Brussel, België.
- Reperant, L., Hegglin, D., Tanner, I., Fischer, C. & Deplazes, P. (2009). Rodents as shared indicators for zoonotic parasites of carnivores in urban environments. *Parasitology* 136 (3): 329–337.
- Romig, T., Deplazes, P., Jenkins, D., Giraudoux, P., Massolo, A., Craig, P.S., Wassermann, M., Takahashi, K. & De La Rue, M. (2017). Ecology and life cycle patterns of echinococcus species. In: *Advances in parasitology*, Elsevier, volume 95, paginas 213–314.
- Schelling, U., Frank, W., Will, R., Romig, T. & Lucius, R. (1997). Chemotherapy with praziquantel has the potential to reduce the prevalence of echinococcus multilocularis in wild foxes (*vulpes vulpes*). *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 91 (2): 179–186.
- Singleton, G.R. (2010). Rodent outbreaks: ecology and impacts. International Rice Research Institute. ISBN 9789712202575. URL <https://books.google.be/books?id=yal0NFQb36UC>.
- Staubach, C., Thulke, H.h., Tackmann, K., Hugh-Jones, M. & Conraths, F.J. (2001). Geographic information system-aided analysis of factors associated with the spatial distribution of echinococcus multilocularis infections of foxes. *The American journal of tropical medicine and hygiene* 65 (6): 943–948.
- Tackmann, K., Löschner, U., Mix, H., Staubach, C., Thulke, H.H. & Conraths, F. (1998). Spatial distribution patterns of echinococcus multilocularis (leuckart 1863)(cestoda: Cyclophyllidae: Taeniidae) among red foxes in an endemic focus in brandenburg, germany. *Epidemiology & Infection* 120 (1): 101–109.
- Tackmann, K., Löschner, U., Mix, H., Staubach, C., Thulke, H.H., Ziller, M. & Conraths, F. (2001). A field study to control echinococcus multilocularis-infections of the red fox (*vulpes vulpes*) in an endemic focus. *Epidemiology & Infection* 127 (3): 577–587.
- Takumi, K., de Vries, A., Chu, M.L., Mulder, J., Teunis, P. & van der Giessen, J. (2008). Evidence for an increasing presence of echinococcus multilocularis in foxes in the netherlands. *International journal for parasitology* 38 (5): 571–578.
- Torgerson, P.R., Keller, K., Magnotta, M. & Ragland, N. (2010). The global burden of alveolar echinococcosis. *PLoS neglected tropical diseases* 4 (6): e722.
- Torgerson, P.R., Schweiger, A., Deplazes, P., Pohar, M., Reichen, J., Ammann, R.W., Tarr, P.E., Halkik, N. & Müllhaupt, B. (2008). Alveolar echinococcosis: from a deadly disease to a well-controlled infection. relative survival and economic analysis in switzerland over the last 35 years. *Journal of hepatology* 49 (1): 72–77.

- Umhang, G., Richomme, C., Boucher, J.M., Guedon, G. & Boué, F. (2013). Nutrias and muskrats as bioindicators for the presence of *Echinococcus multilocularis* in new endemic areas. *Veterinary parasitology* 197 (1-2): 283–287.
- Van Den Berge, K. (2011). Grote vragen van de moderne wereld: zijn er te veel vossen? In: Tielcelijn, jaarboek 4 van het Reynaertgenootschap, paginas 272–291.
- Van Den Berge, K. & De Pauw, W. (2003). *Vos *vulpes vulpes** (Linnaeus, 1758). In: S. Verkem, J. De Maeseneer, B. Vandendriessche, G. Verbeylen & S. Yskout (eds.), *Zoogdieren in Vlaanderen. Ecologie en verspreiding van 1987 tot 2002.*, Natuurpunt Studie en JNM-Zoogdierenwerkgroep, Mechelen en Gent, België, paginas 363–369.
- Van Den Berge, K., Gouwy, J., Berlengee, F. & Vansevenant, D. (2013). Oriënterende verkenning naar de stadsvos in Vlaanderen. technisch rapport INBO.R.2013.1336286, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Van Gucht, S., Van Den Berge, K., Quataert, P., Verschelde, P. & Le Roux, I. (2010). No emergence of *Echinococcus multilocularis* in foxes in Flanders and Brussels anno 2007–2008. *Zoonoses and public health* 57 (7-8): e65–e70.
- Veit, P., Bilger, B., Schad, V., Schäfer, J., Frank, W. & Lucius, R. (1995). Influence of environmental factors on the infectivity of *Echinococcus multilocularis* eggs. *Parasitology* 110 (1): 79–86.
- Vervaeke, M. & Claes, L. (2012). Vossenlintworm komt slechts zeer beperkt voor in Vlaanderen: overzicht van de surveillance van *Echinococcus multilocularis* bij de vossenpopulatie in het Vlaamse Gewest in de periode oktober-december. technisch rapport.
- Vervaeke, M. & Claes, L. (2014a). Geen toename van de vossenlintworm in Vlaanderen: overzicht van de surveillance van *Echinococcus multilocularis* bij de vossenpopulatie in het Vlaamse Gewest in de periode oktober 2013-januari 2014. technisch rapport.
- Vervaeke, M. & Claes, L. (2014b). Geen toename van de vossenlintworm in Vlaanderen: overzicht van de surveillance van *Echinococcus multilocularis* bij de vossenpopulatie in het Vlaamse Gewest in de periode oktober 2014-december 2014. technisch rapport.
- Vervaeke, M., Dorny, P., Vercammen, F., Geerts, S., Brandt, J., Van Den Berge, K. & Verhagen, R. (2003). *Echinococcus multilocularis* (cestoda, taeniidae) in red foxes (*vulpes vulpes*) in northern Belgium. *Veterinary parasitology* 115 (3): 257–263.
- Vervaeke, M., van der Giessen, J., Brochier, B., Losson, B., Jordaens, K., Verhagen, R., de Lezenne Coulander, C. & Teunis, P. (2006). Spatial spreading of *Echinococcus multilocularis* in red foxes (*vulpes vulpes*) across nation borders in western Europe. *Preventive veterinary medicine* 76 (3-4): 137–150.
- Vuitton, D., Demonmerot, F., Knapp, J., Richou, C., Grenouillet, F., Chauchet, A., Vuitton, L., Bresson-Hadni, S. & Millon, L. (2015). Clinical epidemiology of human AE in Europe. *Veterinary parasitology* 213 (3-4): 110–120.