

BATRACHOCHYTRIUM SALAMANDRIVORANS

INFORMATION SUR L'AGENT PATHOGÈNE

1. AGENT CAUSATIF

1.1. Type d'agent pathogène

Champignon.

1.2. Nom de la maladie et synonymes

Infection à *Batrachochytrium salamandrivorans*.

1.3. Noms vernaculaires de l'agent pathogène et synonymes

B. salamandrivorans, Bsal

1.4. Affiliation taxonomique

Batrachochytrium salamandrivorans (règne des Mycètes, embranchement des Chytridiomycota, ordre des Rhizophydiales, genre des *Batrachochytrium*).

1.5. Autorité (première description scientifique, référence)

B. salamandrivorans a été identifié pour la première fois en 2013 à la suite des déclinés importants de populations de salamandres tachetées européennes (*Salamandra atra*) observés aux Pays-Bas (Martel *et al.*, 2013).

1.6. Environnement de l'agent pathogène (eau douce, eau saumâtre ou eau de mer)

Eau douce.

2. MODES DE TRANSMISSION

2.1. Modes de transmission (horizontal, vertical, indirect)

La transmission de l'agent pathogène est horizontale. Il peut persister dans l'environnement sous forme de spores mobiles ou non mobiles (Stegen *et al.*, 2017). L'importance, d'un point de vue épidémiologique, du contact direct entre animaux n'est pas connue.

2.2. Réservoir

En se fondant sur les observations réalisées chez *Batrachochytrium dendrobatidis*, il est attendu que les spores non mobiles et résistantes puissent survivre dans l'eau et le sol (Johnson et Speare, 2003). Les individus survivant à la maladie peuvent demeurer infectés de manière persistante (Martel *et al.*, 2013 ; Martel *et al.*, 2014).

2.3 Facteurs de risque (température, salinité, etc.)

Les températures les plus propices au développement de *B. salamandrivorans* sont proches de 15 °C (Martel *et al.*, 2013). Il a été montré de façon expérimentale qu'à des températures supérieures à 25 °C, *B. salamandrivorans* ne colonisait pas la peau des salamandres (Bloo *et al.*, 2015a).

Les zoospores nagent activement dans l'eau. Le champignon est dépendant du milieu aquatique et la dessiccation est fatale à toutes les phases de son cycle de vie (EFSA, 2017).

3. ESPÈCES HÔTES

3.1. Espèces sensibles

Le spectre d'hôtes de *B. salamandrivorans* est étendu et non totalement caractérisé à ce jour. Il a été montré que 14 espèces d'amphibiens y étaient sensibles (EFSA, 2017).

L'infection à *B. salamandrivorans* a également été rapportée chez plusieurs espèces sauvages, captives ou conservées dans un musée (Martel *et al.*, 2014 ; Spitzen van der Sluijs *et al.*, 2016). Une étude conduite en Chine a permis de mettre en évidence la présence de *B. salamandrivorans* chez un large spectre d'hôtes (Yuan *et al.*, 2018).

3.2. Stade de développement de l'hôte affecté par la maladie

Aucun travail de recherche sur la sensibilité de l'hôte observée pour chacun de ses différents stades de développement n'a été publié. Il n'existe pas non plus de rapports sur les stades de développement au cours desquels l'hôte serait résistant.

4. DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

B. salamandrivorans a été détecté pour la première fois aux Pays-Bas en 2013. Par la suite, sa présence a été détectée en plusieurs lieux situés dans des régions proches de la Belgique, en 2013 et 2014 (Martel *et al.*, 2014). Le champignon a également été identifié dans des populations captives de salamandres et de tritons en Allemagne (Spitzen-van der Sluijs *et al.*, 2016) et au Royaume-Uni (Cunningham *et al.*, 2015).

Il est suspecté que *B. salamandrivorans* soit originaire de l'Asie du Sud-Est. Il a été identifié au Japon, en Thaïlande, au Vietnam, (Laking *et al.*, 2017 ; Martel *et al.*, 2014) et, plus récemment, en Chine (Yuan *et al.*, 2018). Toutefois, une étude conduite en Corée du Sud sur 200 individus pendant deux ans n'a pas permis de mettre en évidence la présence de l'infection dans ce pays (Samantha, Mi-Sook, & Bruce, 2018).

En dehors de l'Europe occidentale, *B. salamandrivorans* infecte certaines espèces de tritons endémiques en Asie. Toutefois, le champignon ne semble pas être à l'origine de maladie grave ou de mortalités importantes chez ces espèces. Les éléments de preuve disponibles suggèrent fortement que *B. salamandrivorans* est endémique en Asie et que les espèces originaires de cette région pourraient jouer un rôle de réservoir de la maladie (Laking *et al.*, 2017).

5. SIGNES CLINIQUES ET DESCRIPTION DE CAS

5.1. Tissus et organes infectés chez l'hôte

L'organe cible de l'infection est la peau (Martel *et al.*, 2013 ; Gray *et al.*, 2015).

5.2. Observations et lésions macroscopiques

B. salamandrivorans est un parasite des cellules de l'épiderme des salamandres chez lesquelles il provoque des ulcérations cutanées. Ces altérations importantes de l'épiderme affectent les fonctions vitales de la peau et ont pour conséquence la mort des espèces sensibles en deux à trois semaines (Martel *et al.*, 2013 ; Gray *et al.*, 2015 ; Laking *et al.*, 2017).

Les signes cliniques associés à la présence d'un champignon appartenant au genre *Batrachochytrium* sont

généralement variables et non pathomogniques. Toutefois, il convient de noter que les lésions causées par *B. salamandrivorans* (des ulcérations cutanées marquées) diffèrent de celles habituellement causées par *B. dendrobatidis* (hyperplasie et hyperkératose de l'épiderme) (Martel *et al.*, 2013 et 2014). Par conséquent, la présence seule de signes cliniques est insuffisante pour poser un diagnostic.

5.3. Lésions microscopiques et anomalies tissulaires

Les lésions histopathologiques observées sont des ulcérations cutanées associées à la présence d'un nombre très élevé de thalles coloniaux de *B. salamandrivorans* (Martel *et al.*, 2013).

5.4. Statut au regard de la Liste des maladies de l'OIE

L'infection à *B. salamandrivorans* figure dans la liste des maladies de l'OIE depuis 2017 (voir chapitre 1.3. du *Code sanitaire pour les animaux aquatiques*) (OIE, 2017).

6. IMPORTANCE SOCIALE, ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

Les amphibiens font partie des espèces animales les plus communément commercialisées dans de nombreuses régions du globe (Smith *et al.*, 2009 ; Nijman, 2010). Toutefois, il a été rapporté que l'essentiel du commerce des amphibiens demeurait non déclaré et non réglementé (Rowley *et al.*, 2016).

Les investigations effectuées par Martel *et al.* (2013) ont clairement démontré que la présence de *B. salamandrivorans* causait la maladie des salamandres tachetées aux Pays-Bas. Les observations sur le terrain et les études expérimentales indiquent que le taux de létalité avoisine les 100 %. Entre 2010 et 2013, la population de salamandres tachetées des Pays-Bas a été réduite de 96 %.

La maladie pourrait avoir des répercussions négatives sur de nombreuses populations d'amphibiens. Yap *et al.* (2015) ont réalisé des travaux de modélisation destinés à apprécier l'impact vraisemblable qu'aurait *B. salamandrivorans* en Amérique du Nord et en ont conclu que son introduction constituerait une sérieuse menace pour la biodiversité.

B. salamandrivorans peut affecter de façon négative et significative (jusqu'à l'extinction) les niveaux de populations chez de nombreuses espèces d'amphibiens (Yap *et al.*, 2015).

7. IMPORTANCE ZOONOTIQUE

Aucune.

8. MÉTHODES DE DIAGNOSTIC

8.1. Définition d'une suspicion

Des niveaux de mortalité élevés au sein des populations d'amphibiens qui présentent ou non des érosions cutanées.

8.2. Test de présomption

Un diagnostic présomptif peut être réalisé en se fondant sur l'histologie et l'identification des lésions cutanées caractéristiques et des thalles coloniaux (Martel *et al.*, 2013). De ce fait, cette méthode n'est appropriée que pour le diagnostic d'animaux présentant des signes cliniques.

8.3. Tests de confirmation

Le diagnostic peut être confirmé par PCR ou par culture.

Actuellement, la méthode de diagnostic la plus fiable et la plus largement utilisée pour la détection de *B. salamandrivorans* est la qPCR (quantitative Polymerase Chain Reaction) (Bloom *et al.*, 2013).

En outre, Bloom *et al.* (2013) ont développé un protocole de PCR en temps réel duplex (Duplex Real-Time PCR) qui permet la détection et la quantification simultanées de *B. dendrobatidis* and *B. salamandrivorans* dans les échantillons prélevés sur les amphibiens.

L'immunohistochimie peut être utilisée afin de détecter *B. salamandrivorans* dans les échantillons conservés dans du formaldéhyde (Thomas *et al.*, n.d.).

Les techniques d'isolement du champignon en culture présentent une faible sensibilité (Martel *et al.*, 2014).

9. MÉTHODES DE CONTRÔLE

Un protocole de traitement destiné aux salamandres infectées a été développé (Bloom *et al.*, 2015a ; Bloom *et al.*, 2015b). Il a été démontré que l'infection chez des salamandres ayant été exposées à des températures proches de 25 °C pendant dix jours avait été éliminée. Toutefois, la marge existant entre la température requise pour éliminer *B. salamandrivorans* et la température critique supérieure tolérée par la plupart des urodèles est étroite (Bloom *et al.*, 2015a). Un autre traitement, tout aussi efficace, consiste en l'administration d'une combinaison d'antibiotiques. Ce traitement est toutefois réservé aux animaux maintenus en captivité ou capturés.

Le commerce de salamandres est considéré comme le probable responsable de l'apparition de *B. salamandrivorans* dans de nouvelles régions géographiques (Yap *et al.*, 2015 ; Grant *et al.*, 2016). Les restrictions de mouvements, en vue de limiter l'introduction de l'agent pathogène ainsi que sa détection précoce, au moyen de la surveillance des zones présentant un risque élevé, doivent être mises en place afin de lutter contre son invasion.

10. RISQUE DE TRANSMISSION

La transmission horizontale de *B. salamandrivorans* par cohabitation a été mise en évidence. Il est donc probable que la transmission de la maladie s'effectue lors de mouvements d'animaux aquatiques vivants.

Le commerce international de salamandres et de tritons est considéré comme le principal responsable de la propagation mondiale de *B. salamandrivorans* (Martel *et al.*, 2014 ; Stephen *et al.*, 2015 ; Cooper, 2016 ; RAVON Reptielen Amfibieën Onderzoek Nederland 2016 ; U.S. Fish & Wildlife Service 2016). En Europe, les amateurs de ces animaux n'hésitent pas à traverser les frontières pour participer à des manifestations terrariophiles, ce qui constitue un risque potentiel en termes de propagation de l'agent pathogène, difficile à contrôler.

Il est probable que des densités élevées d'animaux, qui provoquent un stress chez les individus et affaiblissent leur système immunitaire, favorisent la propagation de *B. salamandrivorans* (Rachowicz *et al.*, 2005 ; Rowley *et al.*, 2007 ; Rollins-Smith *et al.*, 2011 in: U.S. Fish & Wildlife Service, 2016). L'élimination inadéquate des eaux contaminées ou le matériel de transport des salamandres peut également être à l'origine de l'introduction de *B. salamandrivorans* dans l'environnement (Stephen *et al.*, 2015 ; U.S. Fish & Wildlife Service, 2016). La libération intentionnelle de salamandres non indigènes (souvent utilisées comme des appâts pour la pêche) ou leur fuite accidentelle des installations où elles sont maintenues captives, pourrait également favoriser l'introduction et l'établissement de *B. salamandrivorans* dans les populations de salamandres sauvages (Picco et Collins, 2008 ; Krysko *et al.*, 2011 in: U.S. Fish & Wildlife Service, 2016).

Le fait que les salamandres puissent provenir soit du milieu naturel soit d'élevages en captivité (élevages professionnels, éleveurs amateurs, professionnels de la filière de l'animal de compagnie, etc.) est un aspect à prendre en compte lors de l'évaluation de la faisabilité de la mise en place de mesures de restrictions au commerce.

Dans le cas de *B. dendrobatidis*, il est nécessaire de considérer comme contaminés l'eau et les matériaux utilisés lors du transport (par exemple, les substrats humides et les emballages) et de les traiter à des fins de quarantaine (Johnson et Speare, 2003). On doit supposer que cela s'applique également à *B. salamandrivorans*.

11. REFERENCES

- Blooi, M., Pasmans, F., Longcore JE, Spitzen-van der Sluijs A, Vercammen F & Martel A, (2013). Duplex real-time PCR for rapid simultaneous detection of *Batrachochytrium dendrobatidis* and *Batrachochytrium salamandrivorans* in amphibian samples. *Journal of Clinical Microbiology*, **51**, 4173-4177. doi: 10.1128/jcm.02313-13
- Blooi, M., Martel, A., Haesebrouck, F., Vercammen, F., Bonte, D. & Pasmans, F. (2015a). Treatment of urodelans based on temperature dependent infection dynamics of *Batrachochytrium salamandrivorans*. *Scientific Reports*, **5**, 8037
- Blooi, M., Pasmans, F., Rouffaer, L., Haesebrouck, F., Vercammen, F., & Martel, A. (2015b). Successful treatment of *Batrachochytrium salamandrivorans* infections in salamanders requires synergy between voriconazole, polymyxin E and temperature. *Scientific Reports*, **5**, 11788. <http://doi.org/10.1038/srep11788>
- Cooper, E.W.T. (2016). Current trade patterns into Canada regarding introduction of fungus *Batrachochytrium salamandrivorans*. Environment and Climate Change Canada, Ottawa, Canada
- Cunningham, A. A., Beckmann, K., Perkins, M., Fitzpatrick, L., Cromie, R., Redbond, J., O'Brien, M. F., Ghosh, P., Shelton, J. & Fisher, M. C. (2015). Emerging disease in UK amphibians. *Veterinary Record*, **176**:468
- EFSA (European Food Safety Authority), Baláz V, Gortázar Schmidt C, Murray K, Carnesecchi E, García A, Gervelmeyer A, Martino L, Munoz Guajardo I, Verdonck F, Zancanaro G & Fabris C. (2017). Scientific and technical assistance concerning the survival, establishment and spread of *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal) in the EU. *EFSA Journal* 2017; **15**(2):4739.
- Grant, E.H.C., Muths E., Katz R.A., Canessa S., Adam M.J., Ballard J.R., Berger I, Briggs C.J., Coleman J., Gray M.J., Harris M.C., Harris R.N., Hossack B., Huyvaert K.P., Kolby J.E., Lips K.R., Lovich R.E., McCallum H.L., Mendelson J.R. III, Nanjappa P., Olson D.H., Powers J.G., Richgels K.L.D., Russell R.E., Schmidt B.R., Spitzen-van der Sluijs A., Watry M.K., Woodhams D.C. & White C.L., (2016). Salamander chytrid fungus (*Batrachochytrium salamandrivorans*) in the United States—Developing research, monitoring, and management strategies: U.S. Geological Survey Open-File Report 2015–1233, 16 p., <http://dx.doi.org/10.3133/ofr20151233.2016a>.
- Gray, M. J., Lewis, J. P., Nanjappa, P., Klocke, B., Pasmans, F., Martel, A., Stephen, C., Olea, G. S., Smith, S. A., Sacerdote-Velat, A., Christman, m. R., Williams, J. M. & Olson, D. H. (2015). *Batrachochytrium salamandrivorans*: the North American response and a call for action. *Plos Pathogens* **11**, e1005251. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005251>
- Johnson M. L. & Speare R. (2003). Survival of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Water: Quarantine and Disease Control Implications. *Emerging Infectious Diseases*, **9**(8), 922–925. <http://doi.org/10.3201/eid0908.030145>
- Krysko, K.L., Burgess, J.P., Burgess, M.R., Gillette, C.R., Cueva, D., Enge, K.M., Somma, L.A., Stabile, J.L., Smith, D.C. & Wasilewski, J.A. (2011). Verified non-indigenous amphibians and reptiles in florida from 1863 through 2010: Outlining the invasion process and identifying invasion pathways and stages. 1-64 pp.
- Laking, A. E., Ngo, H. N., Pasmans, F., Martel, A., & Nguyen, T. T. (2017). *Batrachochytrium salamandrivorans* is the predominant chytrid fungus in Vietnamese salamanders. *Scientific Reports*, **7**, 44443. <http://doi.org/10.1038/srep44443>
- Martel A, Spitzen-van der Sluijs A, Blooi M, Bert W, Ducatelle R, Fisher MC, Woeltjes A, Bosman W, Chiers K, Bossuyt F & Pasmans, F, (2013). *Batrachochytrium salamandrivorans* sp nov causes lethal chytridiomycosis in amphibians. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), **110**, 15325-15329. doi: 10.1073/pnas.1307356110
- Martel, A., Blooi, M., Adriaensen, C., Van Rooij, P., Beukema, W., Fisher, M. C. & Pasmans, F. (2014). Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science*, **346** (6209), 630–631. <http://doi.org/10.1126/science.1258268>
- Nijman, V. (2010). An overview of international wildlife trade from Southeast Asia. *Biodiversity and Conservation*, **19**(4): 1101–1114.
- OIE. (2017). *Aquatic Animal Health Code* (20th ed.). Paris: OIE. Retrieved from <http://www.oie.int/international-standard-setting/aquatic-code/access-online/>
- Picco, A.M. and Collins, J.P. 2008. Amphibian commerce as a likely source of pathogen pollution. *Conservation Biology*, **22**(6): 1582–1589.
- Rachowicz, L.J., Hero, J.M., Alford, R.A., Taylor, J.W., Morgan, J.A.T., Vredenburg, V.T., Collins, J.P. & Briggs, C.J. (2005). The novel and endemic pathogen hypotheses: competing explanations for the origin of emerging infectious diseases of wildlife. *Conservation Biology*, **19**(5): 1441–1448.
- RAVON Reptielen Amfibieën Onderzoek Nederland 2016. Bsal. Available at: <http://www.ravon.nl/English/Research/Bsal/tabid/3820/Default.aspx#5>. [Accessed: 26/05/2016].
- Rollins-Smith, L.A., Ramsey, J.P., Pask, J.D., Reinert, L.K. & Woodhams, D.C. (2011). Amphibian immune defenses against Chytridiomycosis: Impacts of Changing Environments. *Integrative and Comparative Biology*, **51** (4): 552–562, <https://doi.org/10.1093/icb/icr095>
- Rowley, J.J.L., Chan, S.K.F., Wing, S.T., Speare, R., Skerratt, L.F., Alford, R.A., Ka, S.C., Ching, Y.H. & Campbell, R. (2007). Survey for the amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis* in Hong Kong in native amphibians and in the international amphibian trade. *Diseases of Aquatic Organisms*, **78**(2): 87–95.
- Rowley, J.J.L., Shepherd, C.R., Stuart, B.L., Nguyen, T.Q., Hoang, H.D., Cutajar, T.P. Wogan, G.O.U. & Phimmachak, S. (2016). Estimating the global trade in Southeast Asian newts. *Biological Conservation*, **199**: 96-100.
- Samantha, G., Mi-Sook, M., & Bruce, W. (2018). Lack of Bsal in South Korea. E-Article, 14. Retrieved from <http://www.earticle.net/Article.aspx?sn=307253>
- Smith, K. F., Behrens, M., Schloegel, L. M., Marano, N., Burgiel, S. & Daszak, P. (2009). Reducing the risks of the wildlife trade. *Science*, **324**: 594- 595.
- Spitzen-van der Sluijs, A., Martel, A., Asselberghs, J., Bales, E. K., Beukema, W., Bletz, M. C., Dalbeck, L., Goverse, E., Kerres, A., Kinet, T., Kirst, K., Ladelout, A., Marin da Fonte, L. F., Nöllert, A., Ohlhoff, D., Sabino-Pinto, J., Schmidt, B. R., Speybroeck, J., Spikmans, F., Steinfartz, S., Veith, M., Vences, M., Wagner, N., Pasmans, F. & Lötters, S. (2016). Expanding Distribution of Lethal Amphibian Fungus *Batrachochytrium salamandrivorans* in Europe. *Emerging Infectious Diseases*, **22**(7), 1286–1288. <http://doi.org/10.3201/eid2207.160109>
- Stegen, G., Pasmans, F., Schmidt, B. R., Rouffaer, L. O., Van Praet, S., Schaub, M., Canessa, S., Laudelout, A., Kinet, T., Adriaensen, C., Haesebrouck, F., Bert, W., Bossuyt, F. & Martel, A. (2017). Drivers of salamander extirpation mediated by *Batrachochytrium salamandrivorans*. *Nature*, **544**(7650), 353–356.
- Stephen, C., Forzan, M.J., Redford, T. & Zimmer, M. (2015). *Batrachochytrium salamandrivorans*, a threat assessment of salamander chytrid disease. *The Canadian Wildlife Health Cooperative*. 30 pp.
- Thomas, V., Blooi, M., Van Rooij, P., Van Praet, S., Verbrugge, E., Grasselli, E., ... Martel, A. (n.d.). Recommendations on diagnostic tools for *Batrachochytrium salamandrivorans*. Transboundary and Emerging Diseases. <https://doi.org/10.1111/tbed.12787>
- U.S. Fish & Wildlife Service (2016). Injurious wildlife species; listing salamanders due to risk of salamander chytrid fungus. *Federal Register*, **81**(8): 1534–1556.
- Yap, A., Michelle S. Koo, Richard F. Ambrose, David B. Wake, & V. T. V. (2015). Averting a North American biodiversity crisis. *Science*, **349**, 6247–6248.
- Yuan, Z., Martel, A., Jun, W., Van Praet, S., Canessa, S., & Pasmans, F. (2018). Widespread occurrence of an emerging fungal pathogen in heavily traded Chinese urodela species. *Conservation Letters*, 1–10. <https://doi.org/10.1111/conl.12436>