

Poitiers, le 29 août 2022

Des bactéries assurent l'immunité contre les virus géants.

Les *Chlamydia* protègent les protistes contre des infections virales mortelles.

Les amibes reçoivent un soutien surprenant dans leur défense contre les virus : Les bactéries dont elles sont infectées les empêchent d'être détruites par des virus géants. Vincent Delafont, du laboratoire Écologie et Biologie des Interactions (Université de Poitiers), en collaboration avec une équipe de recherche dirigée par le microbiologiste Matthias Horn, du *Centre for Microbiology and Environmental Systems Science* (Université de Vienne), ont étudié le déroulement d'une infection virale lorsque les amibes sont simultanément infectées par des *Chlamydia*. Ces travaux de recherche montrent pour la première fois que des bactéries intracellulaires, appelées endosymbiotes, protègent leur hôte contre les virus. Les amibes sont des protistes, c'est-à-dire des micro-organismes unicellulaires dotés d'un noyau cellulaire. Les protistes jouent un rôle clé dans les réseaux alimentaires et le fonctionnement des écosystèmes. Par conséquent, les résultats de l'étude suggèrent que l'interaction entre les endosymbiotes et les virus influence le flux des nutriments dans les écosystèmes. L'étude est maintenant publiée dans la revue PNAS.

Bactéries intracellulaires : plutôt amies qu'ennemies ?

Dans des conditions naturelles, les protistes, y compris les amibes étudiées, sont souvent infectés par des endosymbiotes bactériens, dont les *Chlamydiae*. Les *Chlamydiae* sont principalement connues comme agents pathogènes pour l'Homme. Cependant, des parents proches de ces *chlamydiae* pathogènes ont été découverts dans une variété d'animaux et de protistes. « Étant donné que, selon les connaissances actuelles, l'infection à *Chlamydia* entraîne un ralentissement de la croissance de l'hôte infecté, les *chlamydiae* sont généralement considérées comme parasites », explique Patrick Arthofer, premier auteur de l'étude et doctorant au *Centre for Microbiology and Environmental Systems Science* (CMESS). Les bactéries parasites ont un effet négatif sur l'hôte, tandis que les endosymbiotes ayant un effet positif sont appelés mutualistes. « Notre étude montre maintenant que les *Chlamydiae* sont en fait des mutualistes plutôt que des parasites ici, puisqu'elles protègent les protistes contre les infections mortelles par des virus géants. Après tout, mieux vaut une croissance plus lente que la mort », explique P. Arthofer.

Les virus géants et leurs hôtes unicellulaires

Les infections par des bactéries, mais aussi par des virus, déterminent le mode de développement des populations de protistes. Les chercheurs de l'université de Vienne et de l'Université de Poitiers ont voulu savoir comment se déroule une infection virale lorsque des protistes sont simultanément infectés par des bactéries. Afin d'étudier une situation qui pourrait également se produire dans des environnements naturels, les scientifiques ont d'abord isolé des amibes, des bactéries et un virus géant dans le même échantillon environnemental. Les virus géants ne sont connus que depuis une vingtaine d'années. Leur découverte remet en question de nombreuses idées reçues sur les virus, car ils sont non seulement bien plus grands en taille que tous les virus connus jusqu'alors, mais ils possèdent également des gènes que l'on pensait jusqu'alors caractéristiques d'organismes cellulaires tels que les bactéries, les animaux, les plantes et les champignons. Selon les connaissances actuelles, ils sont totalement inoffensifs pour les animaux et les humains. Leurs hôtes naturels sont des organismes unicellulaires dotés d'un noyau cellulaire, les protistes. Lorsque les virus géants infectent une cellule hôte, ils remodelent l'ensemble de la cellule hôte et mettent en place une "usine à virus". Cette usine virale produit des centaines de nouvelles particules virales jusqu'à ce que la cellule hôte éclate et libère les nouveaux virus. « Si le protiste

est infecté par des symbiotes bactériens, ce processus même est bloqué », explique Matthias Horn, chef du groupe de recherche à l'Université de Vienne. « Notre étude montre que la présence de la chlamydia n'empêche pas m'internalisation du virus. Cependant, les virus ne peuvent pas ensuite former une usine virale fonctionnelle », ajoute-t-il. L'interaction des bactéries avec les virus géants à l'intérieur de l'amibe n'a pas seulement des conséquences pour l'hôte lui-même. « Une hypothèse commune est que ces interactions intracellulaires entre les virus géants et les symbiotes bactériens ont joué un rôle dans la complexification des virus géants », explique M. Horn. L'étude des interactions virus-symbiotes pourrait donc apporter des réponses à la question de savoir comment les virus géants ont évolué.

Les bactéries qui protègent des virus influencent les réseaux alimentaires

Les protistes sont très répandus - ils vivent entre autres dans les eaux, l'eau de mer et les fonds marins. Ils se nourrissent de bactéries, absorbant ainsi les nutriments liés aux bactéries et, lorsqu'ils sont eux-mêmes mangés, les transmettent à des animaux tels que les petits crustacés. Par ce seul moyen, les animaux ont accès aux nutriments fournis par les bactéries. « Ces microorganismes sont omniprésents, bien qu'assez peu étudiés. Cette méconnaissance de la biologie des protistes et de leurs interactions nous a poussé à entreprendre ces recherches » indique Vincent Delafont, co-auteur de l'étude.

Si les protistes sont tués par des virus, les nutriments libérés ne peuvent être métabolisés à nouveau que par les bactéries. « Si les Chlamydiae protègent les protistes de la destruction par les virus, elles ne font pas que garantir que leurs hôtes restent une source de nourriture pour les petits animaux. Au-delà de cela, les symbiotes bactériens pourraient influencer l'ensemble du cycle des nutriments dans les écosystèmes », explique P. Arthofer. Les recherches futures montreront dans quelle mesure ce processus affecte le fonctionnement des écosystèmes. « En général, un examen plus approfondi des interactions virus-symbiotes nous renseigne sur la dynamique des écosystèmes », souligne Matthias Horn. Dans une prochaine étape, les scientifiques souhaitent donc étudier le mécanisme exact qui sous-tend la protection des protistes contre les virus géants par les bactéries. En outre, Anouk Willemsen, co-auteur de l'article et virologue au CMESS, se concentre spécifiquement sur les virus géants : Dans un projet de recherche récemment approuvé par European Research Council (ERC), elle étudie comment les virus géants ont acquis leur complexité.

Publication dans la revue PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences):

Patrick Arthofer, Vincent Delafont, Anouk Willemsen, Florian Panhölzl, Matthias Horn: Defensive symbiosis against giant viruses in amoebae. In: Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 2022. DOI: 10.1073/pnas.2205856119

Contact

Université de Poitiers)

Vincent Delafont

Lab. Écologie et Biologie des Interactions - UMR CNRS 7267

Équipe Microorganismes, Hôtes, Environnements

3 Rue Jacques Fort, Bât. B31

86073 POITIERS Cedex 9

Tel: +33 5 49 45 38 86

Email : vincent.delafont@univ-poitiers.fr

Université de Vienne

Prof. Dr. Matthias Horn

Division of Microbial Ecology (DOME)

Centre for Microbiology and Environmental Systems Science

University of Vienna

1030 Vienna, Djerassiplatz 1

T +43 1 4277 91208

matthias.horn@univie.ac.at

<https://dome.csb.univie.ac.at/people/matthias-horn>

Patrick Arthofer

Division of Microbial Ecology (DOME)

Doctoral School in Microbiology and Environmental Science (VDS-MES)

Centre for Microbiology and Environmental Systems Science

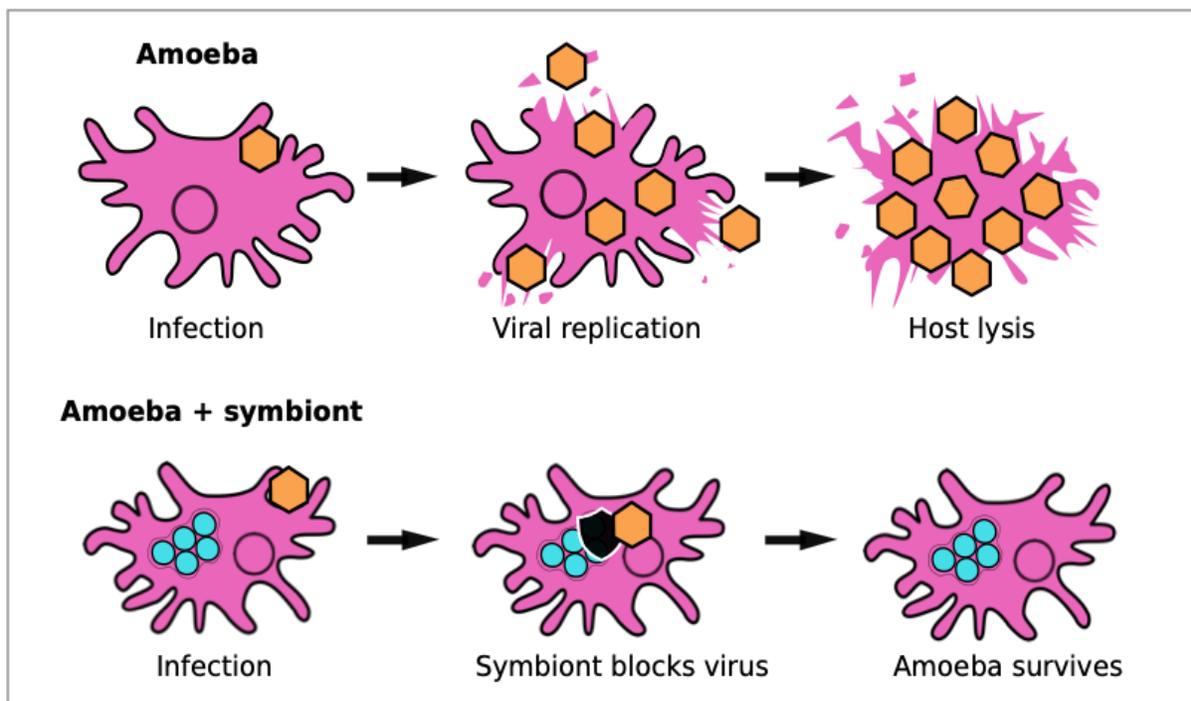
University of Vienna

1030 Vienna, Djerassiplatz 1

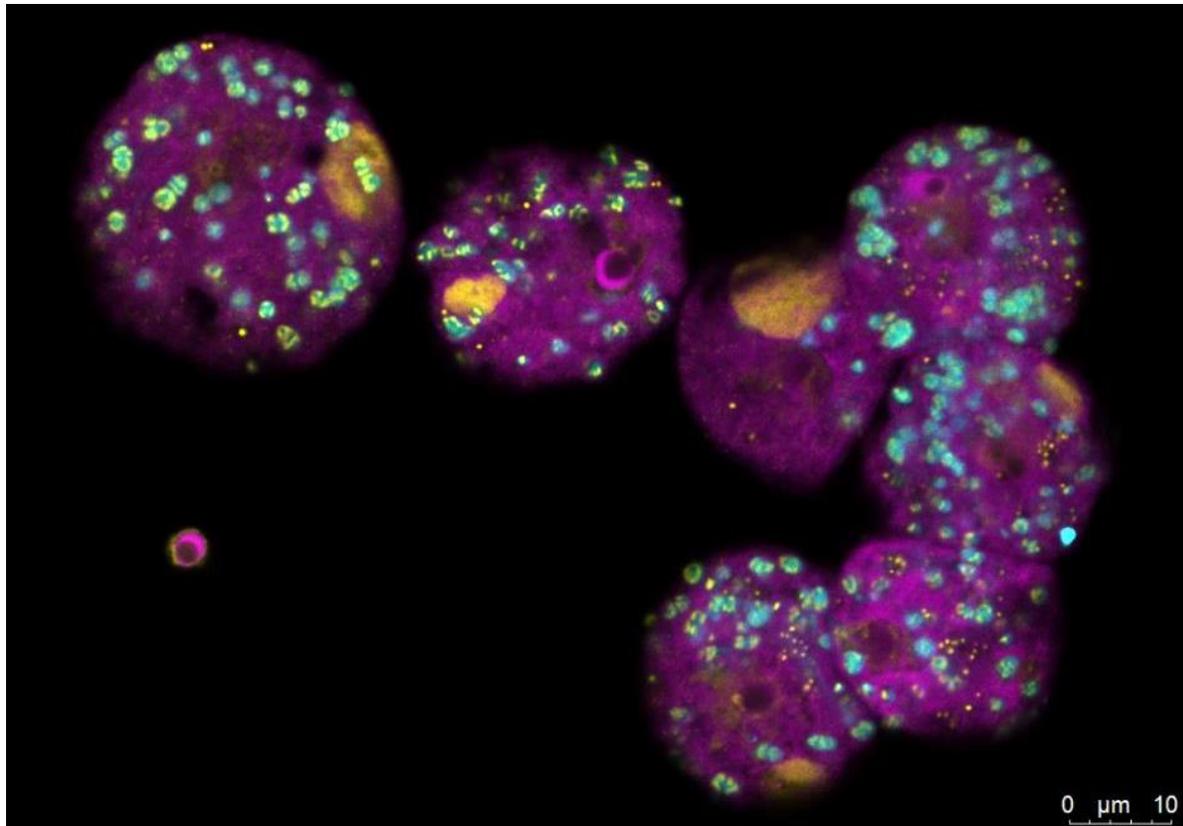
T +43 1 4277 91221

patrick.arthofer@univie.ac.at

Defensive symbiosis against giant viruses in amoebae



Résumé graphique de l'étude : Il montre comment une infection par un virus géant (hexagone orange) amène l'amibe à produire des particules virales jusqu'à ce que la cellule hôte éclate et meurt donc. Si l'amibe est infectée par un symbiote bactérien (cercles turquoise), le virus peut pénétrer dans l'amibe, mais l'endosymbiote le bloque et l'amibe survit. © Patrick Arthofer



L'image FISH - FISH est l'acronyme d'une méthode de visualisation appelée hybridation fluorescente *in situ* - montre des amibes infectées simultanément par le Viennavirus (isolé pour la première fois dans cette étude et donc nommé par l'équipe de recherche) et l'endosymbiote bactérien. Sur l'image, les amibes sont représentées en magenta, leurs endosymbiotes en cyan et l'ADN en jaune. Les plus grandes structures jaunes sont les usines à virus, qui en sont encore à la phase initiale et ne peuvent pas produire de virus infectieux. © Patrick Arthofer



Vincent Delafont (à gauche) et Patrick Arthofer (à droite), menant des expériences en collaboration, au laboratoire EBI de l'Université de Poitiers. ©privé