

d'Hyménoptères sont interfécondes, fertilité qui disparaît en présence de la bactérie. Cette dernière joue donc un rôle primordial dans l'isolement reproductif de certaines espèces et pourrait avoir été au fil de l'évolution, un facteur supplémentaire des mécanismes de spéciation.

La stabilité des associations avec *Wolbachia*

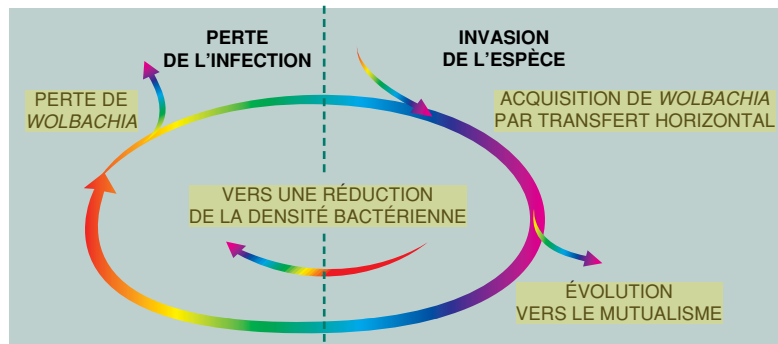
Ainsi, *Wolbachia* peut coloniser de nouveaux hôtes par transfert horizontal, puis se répandre dans les populations grâce à sa capacité de manipuler la reproduction. Ces deux phénomènes expliquent le succès évolutif de la bactérie, mais soulèvent une nouvelle question : pourquoi *Wolbachia* n'infecte-t-elle pas plus d'espèces ? Deux hypothèses sont proposées. Selon la première, toutes les espèces ne sont pas « infectables ». Pour s'installer dans une nouvelle espèce, *Wolbachia* doit museler le système immunitaire de l'hôte, et certaines espèces sont peut-être résistantes à la bactérie.

Selon la seconde hypothèse, simultanément aux acquisitions par transfert, certaines espèces pourraient perdre leur parasite, privant la bactérie d'une espèce hôte. Les associations à *Wolbachia* ne seraient pas stables dans le temps. On a montré qu'une fois une association installée, l'évolution des deux partenaires s'accompagnerait d'une réduction de l'effet de la bactérie sur la reproduction de l'hôte ne permettant plus à la bactérie de se maintenir, et entraînant la disparition de l'infection. Quelques données semblent étayer cette seconde hypothèse. Chez les parasitoïdes de la drosophile, nous avons observé que l'intensité de l'incompatibilité cytoplasmique rencontrée dans une espèce est liée à la prévalence de l'infection dans cette espèce. Ainsi, chez *Leptopilina heterotoma*, la quasi-totalité des individus est infectée et l'incompatibilité cytoplasmique est complète. Au contraire, chez *Pachycrepoides dubius*, la bactérie n'a pas d'effet détectable, et les populations sont peu infectées (35 pour cent des individus en moyenne) : cette espèce serait en train de se débarrasser de l'infection.

Quel scénario peut-on ébaucher quant à l'évolution des associations avec *Wolbachia* ? Une espèce initialement non infectée acquiert *Wolbachia* par transfert horizontal. Seules les bactéries capables d'avoir des effets sur la reproduction se maintiennent dans les populations. Les deux partenaires coévoluent jusqu'à ce que l'infection disparaisse. Ainsi, on s'interroge : la capacité de *Wolbachia* à modifier la reproduction de ses hôtes ne se maintient-elle pas grâce aux transferts horizontaux qui lui permettent de coloniser de nouveaux hôtes, seules les bactéries ayant un effet notable sur la reproduction étant retenues ?

En dehors de cette dynamique d'acquisition et de perte de l'infection, *Wolbachia* peut suivre une autre voie évolutive : elle peut devenir mutualiste. En effet, ce n'est que dans ces conditions, où le symbiote apporte un avantage à son hôte, que l'association pourrait être stabilisée à l'échelle de l'espèce. C'est ce qui s'est produit chez un autre parasitoïde de drosophile, *Asobara tabida*. Chez cette espèce, nous avons montré que la présence de *Wolbachia* est nécessaire à la production d'œufs.

Les nématodes entretiennent aussi des relations mutualistes avec *Wolbachia*, qui infecte la majorité des filaires. Aujourd'hui, les *Wolbachia* des nématodes sont distinctes des *Wolbachia* qui infectent les arthropodes, et l'on n'observe plus de transferts horizontaux de la bactérie, mais uniquement des transferts par la descendance.



5. STABILITÉ DES ASSOCIATIONS avec *Wolbachia*. À l'échelle de l'évolution, certaines associations seraient instables. La bactérie est d'abord acquise par transfert horizontal par une nouvelle espèce. Quand son effet sur la reproduction est intense, elle se répand dans la population infectée. Les partenaires coévoluent et, parfois, l'effet pourrait diminuer, voire disparaître et entraîner la perte de la bactérie. Pour que l'association soit stabilisée, une association mutualiste doit s'installer entre la bactérie et l'hôte.

Wolbachia est un exemple étonnant d'association entre un micro-organisme et un hôte. Toutefois, cette bactérie n'est pas simplement un cas d'école et on étudie comment l'utiliser à des fins agronomiques ou médicales. Pourrait-elle devenir un agent de lutte contre les nématodes, ce qui nous permettrait de lutter contre de nombreuses pathologies humaines difficiles à traiter ? Des antibiotiques qui élimineraient *Wolbachia* détruiraient les filaires (puisque la bactérie est devenue indispensable à leur reproduction). On envisage aussi d'utiliser l'incompatibilité cytoplasmique pour contrôler des populations de ravageurs ou des vecteurs d'agents pathogènes, ou pour répandre des gènes : si l'on parvenait à introduire des gènes dans *Wolbachia* et à relâcher des insectes infectés par cette bactérie, cette dernière envahirait les populations visées et répandrait le gène d'intérêt. Cette technique a été envisagée pour répandre des gènes de résistance à l'agent du paludisme chez les moustiques. Toutefois, ces utilisations imposeraient que l'on sache manipuler avec précision le matériel génétique de *Wolbachia* et que l'on maîtrise les transferts artificiels vers de nouvelles espèces ainsi que les phénomènes d'invasion.

La découverte des bactéries *Wolbachia*, l'un des symbiotes les plus répandus dans le monde animal, a révélé une nouvelle voie de la symbiose : la manipulation de la reproduction. Aujourd'hui, on connaît d'autres organismes qui utilisent cette même voie pour se répandre dans les populations hôtes. Plus de six projets de séquençage complet de *Wolbachia* sont en cours, qui devraient révéler les mécanismes d'action de cette bactérie féministe.

Fabrice VAVRE est chargé de recherche au CNRS dans le Laboratoire Biométrie et biologie évolutive, dirigé par Christian GAUTIER, à l'Université Claude Bernard – Lyon I.

Frank DEDEINE et al., *Removing symbiotic Wolbachia specifically inhibits oogenesis in a parasitic wasp*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 98, pp. 6247-6252, 2001.

Seth BORDENSTEIN et al., *Wolbachia-induced incompatibility precedes other hybrid incompatibilities in Nasonia*, in *Nature*, vol. 409, pp. 707-710, 8 février 2001.

Claudio BANDI et al., *Wolbachia in filarial nematodes : evolutionary aspects and implications for the pathogenesis and treatment of filarial diseases*, in *Veterinary parasitology*, vol. 98, pp. 215-238, 2001.