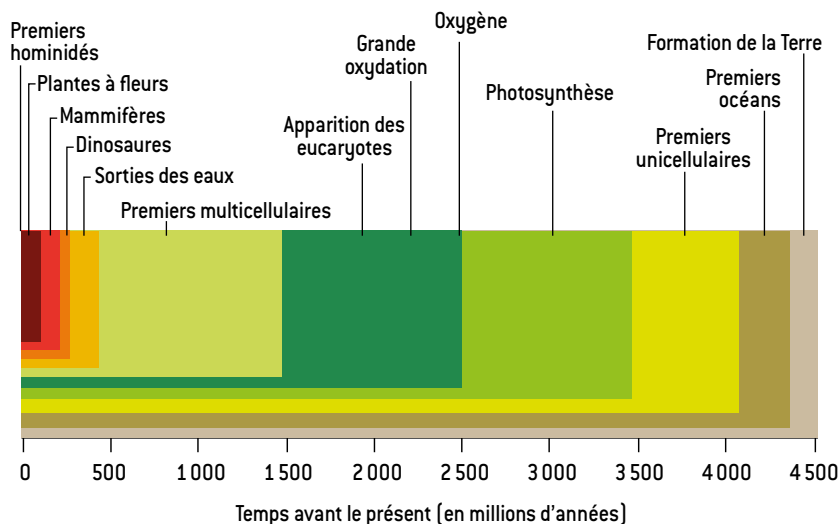




LES HISTOIRES DE LA TERRE ET DE LA VIE sont résumées ci-dessus par quelques étapes essentielles : soit des événements géologiques fondateurs pour le milieu de vie qu'est la Terre, soit des innovations majeures apparues dans le monde vivant. Il apparaît que la vie a été très longtemps uniquement bactérienne et qu'elle est presque aussi ancienne que la Terre.

ancestrale à environ 67 dans la mitochondrie moderne. Conséquence : l'asservissement de l'alpha-protéobactérie et son incorporation comme organite dans la cellule eucaryote.

Le transfert des gènes bactériens vers le génome du noyau eucaryote s'explique par un taux de mutations supérieur dans le génome bactérien, comparé au génome nucléaire, dont la stabilité dans le temps est essentielle pour l'héritage de l'information génétique. Cette stabilité a rendu avantageux le transfert de la plupart des gènes mitochondriaux vers le génome nucléaire. Ce type de transfert horizontal de gènes s'est probablement produit plusieurs fois au cours de l'évolution des eucaryotes.

Même si les transferts de gènes horizontaux chez les eucaryotes sont rares, ils jouent un rôle évolutif significatif. Même si chez les bactéries, environ 80 % des gènes ont été acquis par transfert horizontal, chez les eucaryotes les transferts de ce type restent des événements très anciens et dont l'ampleur est difficile à estimer. On trouve cependant des exceptions chez des espèces dont les œufs sont exposés à des microorganismes, ce qui est le cas de différents insectes, vers, poissons ou plantes. Toutefois, chez ces eucaryotes, les transferts horizontaux de gènes se limitent à un ou deux gènes par espèce, qui apportent un avantage bien spécifique.

L'observation que des gènes provenant de différentes branches de l'arbre de la vie font partie des génomes eucaryotes a bouleversé l'idée reçue suivant laquelle l'évolution des eucaryotes, et en particulier

celle des animaux, procède exclusivement par transmission verticale des mutations et par des remaniements génétiques au cours de la reproduction. Or c'est cette idée reçue qui est compatible avec l'arbre de la vie tel que l'a imaginé Darwin, où les diverses branches proviennent d'un seul tronc commun. En réalité, l'arbre phylogénétique des plantes et des animaux ressemble, surtout à sa base, plutôt à une sorte de vigne buissonnante imbriquant et reliant les trois grandes branches du vivant (voir la figure pages 32-33). Les mécanismes de ces transferts génétiques latéraux restent à préciser.

D'autres voies de transfert horizontal ?

Lors de l'évolution des plantes et des animaux, certains compartiments de ces organismes, tels que les systèmes digestif et reproductif, ont été colonisés par des communautés étendues de bactéries et de champignons (entre autres). Les plantes et les animaux vivent en symbiose avec ces microbiotes, qui leur donnent plusieurs avantages, notamment sur le plan immunitaire et digestif. Le transfert horizontal des gènes est particulièrement important au sein des microbiotes, qui évoluent ainsi en réponse aux conditions environnementales offertes par l'organisme hôte.

Réciproquement, le transfert de gènes au sein des microbiotes peut aussi faciliter l'adaptation de l'organisme hôte à un environnement incertain et fluctuant. Ainsi, un transfert des gènes entre un parasite microbien des algues et une bactérie du microbiote intestinal caractéristique de la population japonaise a favorisé la digestion des algues par les Japonais. Le transfert des gènes et son rôle dans l'évolution des eucaryotes existent donc à deux échelles : au niveau cellulaire par l'endosymbiose et au niveau du microbiote par la symbiose entre l'organisme et les microbes qu'il héberge.

Tout ce que nous venons d'évoquer montre que, désormais, l'évolution des espèces doit être envisagée en tenant compte de la proximité dans laquelle les formes vivantes ont toujours évolué et continuent à le faire. Cette proximité est particulièrement forte avec les microorganismes, dont nous commençons à peine à connaître l'immense diversité. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

L. A. Hug *et al.*, A new view of the tree of life, *Nature Microbiology*, vol. 1, pp. 1-6, 2016.

A. Spang *et al.*, Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes, *Nature*, vol. 521, pp. 173-179, 2015.

N. Shterzer et I. Mizrahi, The animal gut as a melting pot for horizontal gene transfer, *Can. J. Microbiol.*, vol. 61, pp. 603-605, 2015.

S. M. Soucy *et al.*, Horizontal gene transfer: building the web of life, *Nature Reviews Genetics*, vol. 16, pp. 472-482, 2015.

Complétez votre collection !



Retrouvez tous les numéros depuis 1996 !

Commandez vos numéros sur
www.pourlascience.fr

POUR LA
SCIENCE | **ARCHIVES**



La cellule virale rouage de la vie

Patrick Forterre

Les virus ne se résument pas aux particules virales que l'on détecte au microscope. Lorsqu'ils infectent une cellule, ils la détournent et en font transitoirement une chimère, qui joue sans doute un rôle clé dans l'évolution.

Les virus ont longtemps tenu une place à part en biologie. Si les virologistes étudiaient leur pouvoir infectieux, si les biologistes moléculaires les utilisaient comme outils pour déchiffrer les grands mécanismes du vivant, les évolutionnistes, eux, les laissaient de côté. Longtemps, ils ont considéré les virus comme de simples sous-produits de l'évolution cellulaire, utiles pour modéliser les processus évolutifs, mais négligeables pour ceux qui cherchent à reconstituer l'arbre de la vie. Si le « cycle de vie » des virus était entré dans le vocabulaire des virologistes, la plupart des biologistes portés sur la philosophie de leur discipline ou la recherche de la vie dans l'Univers s'appuyaient sur l'idée que les virus ne sont pas vivants.

Indépendamment de la réponse que l'on peut donner à cette question, difficile comme nous allons le voir, la décision de placer les virus à l'intérieur ou à l'extérieur du monde vivant a toujours eu des implications pratiques importantes. Généralement, les chercheurs partisans des virus « non vivants » ont tendance à se désintéresser de ces derniers dans leurs travaux et à les oublier dans leurs scénarios évolutifs lorsqu'ils retracent l'histoire de la vie sur notre planète. Un certain nombre d'ouvrages universitaires sur l'évolution et sur les origines

de la vie font ainsi totalement l'impasse sur les virus. À l'inverse, les chercheurs travaillant sur les virus, particulièrement ceux qui s'intéressent à leur description et à leur rôle dans les écosystèmes, ont tendance à les considérer comme vivants.

Aujourd'hui, cependant, avec l'avènement de l'écologie virale et la découverte des virus géants, on s'aperçoit que les virus sont beaucoup plus abondants et divers qu'on ne le pensait et qu'on ne peut plus les ignorer. La question de leur appartenance au monde vivant se pose avec d'autant plus d'insistance et fait plus que jamais l'objet de débats passionnants.

Vivants ou non ?

À la fin du siècle dernier, l'idée selon laquelle les virus ne sont pas vivants semblait avoir gagné la partie. Le comité international pour l'étude de la taxonomie virale et son président de l'époque, Marc Van Regenmortel, avaient même officiellement décrété le caractère non vivant des virus. L'argument principal était l'absence de métabolisme spécifiquement viral. Le virus était considéré comme un objet inerte, le rôle actif étant dévolu à la cellule : les virus n'évoluent pas par eux-mêmes, ce sont les cellules qui les font évoluer.

© Getty/Science Photo Library - Steve Gschmeissner