

# Quand les branches de l'arbre du vivant s'entremêlent

Par divers mécanismes, de multiples gènes passent d'un organisme à un autre sans qu'ils soient parents directs. Si l'on ne peut plus s'appuyer sur ces gènes pour retracer l'histoire du vivant, serait-ce la fin des arbres de parenté ? Bien au contraire...

« **D**arwin was wrong » – « Darwin avait tort ». Tels sont les mots que l'on a pu lire le 24 janvier 2009 en couverture du magazine britannique *New Scientist*, accompagnés d'un sous-titre catégorique : « Cutting down the tree of life » – « Abattre l'arbre du vivant ». En cause, le transfert horizontal de gènes, c'est-à-dire la capacité des organismes vivants d'assimiler de l'information génétique d'autres individus que leurs parents.

Découvert dans les années 1920, ce phénomène a, depuis, bouleversé la biologie de multiples façons. On s'est aperçu qu'il permet à des microorganismes de s'adapter à de nouveaux environnements, par exemple en leur fournissant des gènes de résistance aux antibiotiques ou la capacité de vivre à très haute température. Les biologistes ont aussi appris à le manipuler, ce qui leur a ouvert la possibilité de modifier des organismes vivants à leur guise. Surtout, il remet radicalement en cause le modèle de descendance avec modification, proposé par Charles Darwin en 1859 dans *L'Origine des espèces*, où le naturaliste britannique pose

la métaphore de l'arbre du vivant, traçant les liens généalogiques entre les espèces.

Ces vingt dernières années, l'idée s'est propagée d'une incompatibilité entre l'existence du transfert horizontal et l'entreprise de construction de cet arbre du vivant – d'où le titre provocateur de *New Scientist*. Pourtant, aujourd'hui, nous découvrons qu'au contraire le transfert horizontal apporte à cet arbre une précision et une ampleur que la seule hérédité verticale ne permettait pas. À condition, toutefois, de disposer de méthodes capables de lui donner sa juste place...

## ÉVOLUTION ET HÉRÉDITÉ, UN MARIAGE DIFFICILE

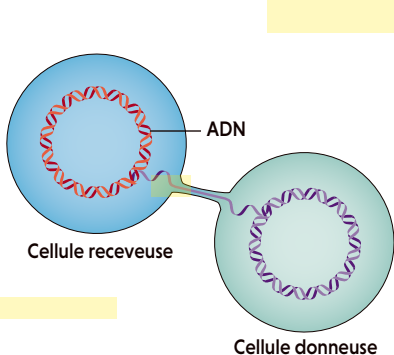
L'évolution et l'hérédité sont aujourd'hui si étroitement imbriquées, dans leur étude et dans leur enseignement, qu'on oublie facilement que leur association n'a pas toujours été évidente. Dans *L'Origine des espèces*, Darwin avait proposé un mécanisme d'évolution des organismes vivants par la sélection naturelle, c'est-à-dire la propagation, au fil des générations d'une population, de traits favorables à la reproduction. Mais durant des décennies, du vivant de Darwin jusqu'au début du xx<sup>e</sup> siècle,

> L'arbre du vivant ressemble plus à un buisson aux innombrables ramifications, comme l'illustre cette sculpture au cœur de l'exposition permanente « Espèces, la maille du vivant », du musée des Confluences, à Lyon. Un buisson dont les branches auraient parfois des connexions, sous la forme de transferts de gènes...

## LES MÉCANISMES DE TRANSFERT HORIZONTAL

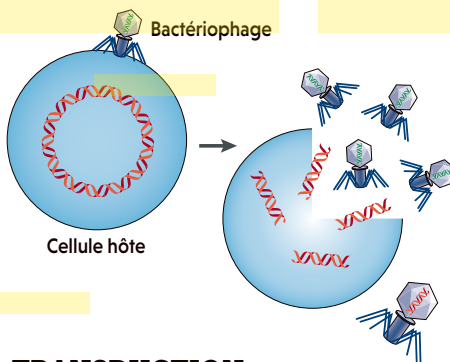
**L**e transfert horizontal de gènes, c'est-à-dire le passage de matériel génétique entre organismes non apparentés, se produit de multiples façons, principalement chez les microorganismes, mais aussi chez les animaux et les plantes. Les trois mécanismes les plus connus chez les microorganismes sont la conjugaison, la transduction et la transformation (voir les figures ci-dessous). Mais d'autres systèmes favorisent le transfert de gènes, comme la fusion de deux organismes, l'introgression (voir ci-dessous) ou la symbiose, c'est-à-dire l'association durable de plusieurs

organismes jusqu'à, parfois, n'en former qu'un. Chez les organismes multicellulaires, on a répertorié plusieurs cas de transfert de gènes. Les herbes du genre *Alloteropsis*, par exemple, ont acquis à plusieurs reprises, durant les 10 derniers millions d'années, des gènes d'autres herbes qui ont modifié leur photosynthèse. Un transfert de gène est aussi responsable de la présence sporadique d'une protéine antigèle chez le hareng, l'éperlan et le corbeau de mer, et a permis à ces poissons de s'adapter à la vie en eau glacée. Néanmoins, les mécanismes à l'origine de ces transferts sont beaucoup moins clairs.



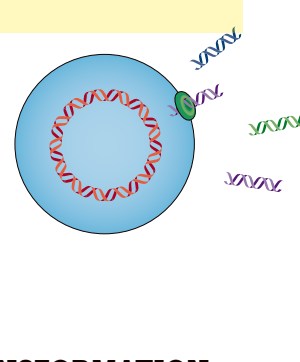
### CONJUGAISON

Ce mécanisme est propre aux bactéries, aux archées et à certains eucaryotes unicellulaires. Chez les bactéries, une cellule donneuse établit un contact avec une cellule receveuse à l'aide d'une excroissance nommée le « pilus », perce sa membrane et transfère du matériel génétique dans cette dernière. Une variante est la fusion cellulaire, où deux cellules établissent un contact et forment un pont entre elles, qui leur permet d'échanger du matériel génétique de façon bidirectionnelle.



### TRANSDUCTION

Des virus – des bactériophages chez les bactéries – sont responsables de ce phénomène. Ces virus infectent les cellules en injectant leur matériel génétique (en bleu), ce qui conduit les cellules infectées à produire de nouvelles particules virales. Il arrive alors que certaines particules transportent de l'ADN de l'hôte (en rouge) au lieu de l'ADN viral. Parfois même, les particules virales ne reconnaissent plus leur propre ADN et ne deviennent plus que des agents de transfert de gènes d'hôte en hôte.



### TRANSFORMATION

Rencontrée elle aussi chez les bactéries et les archées, la transformation est le premier mécanisme de transfert de gènes observé, celui que le biologiste britannique Frederick Griffith a décrit en 1928. Une bactérie ou une archée récupère de l'ADN présent dans l'environnement et l'intègre dans son génome.

### INTROGRESSION

L'introgression se produit parfois à la suite d'une hybridation – le croisement de deux organismes d'espèces différentes (les populations A et B ci-contre). Cette hybridation conduit à un descendant « hybride », portant de l'ADN des deux populations. Si l'hybride se croise avec l'une des deux populations mères (ici la population B), il arrive que seul un petit bout du génome de l'autre population reste dans sa descendance. Ce mécanisme est fréquent chez les plantes, mais il pourrait aussi avoir joué un rôle dans le développement du cerveau humain : en 2006, une équipe de l'université de Chicago a proposé que le gène *microcephalin*, qui régule la taille du cerveau durant le développement, serait issu d'une introgression survenue entre *Homo sapiens* et une population humaine ancestrale, peut-être *H. neanderthalensis*...

