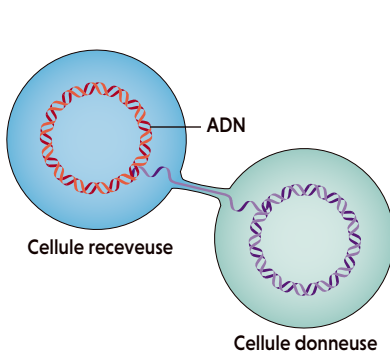


LES MÉCANISMES DE TRANSFERT HORIZONTAL

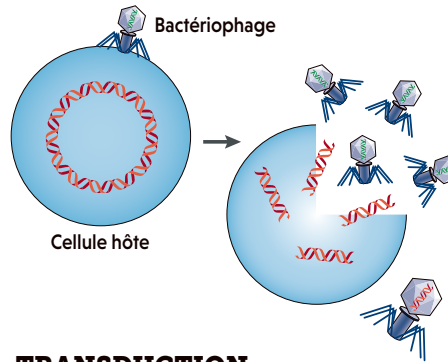
Le transfert horizontal de gènes, c'est-à-dire le passage de matériel génétique entre organismes non apparentés, se produit de multiples façons, principalement chez les microorganismes, mais aussi chez les animaux et les plantes. Les trois mécanismes les plus connus chez les microorganismes sont la conjugaison, 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'introgession (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.



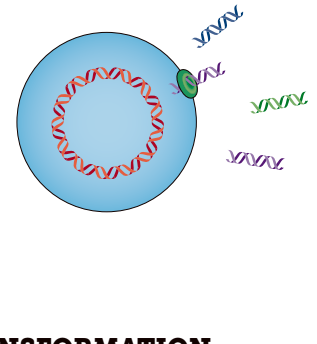
CONJUGAISON

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.

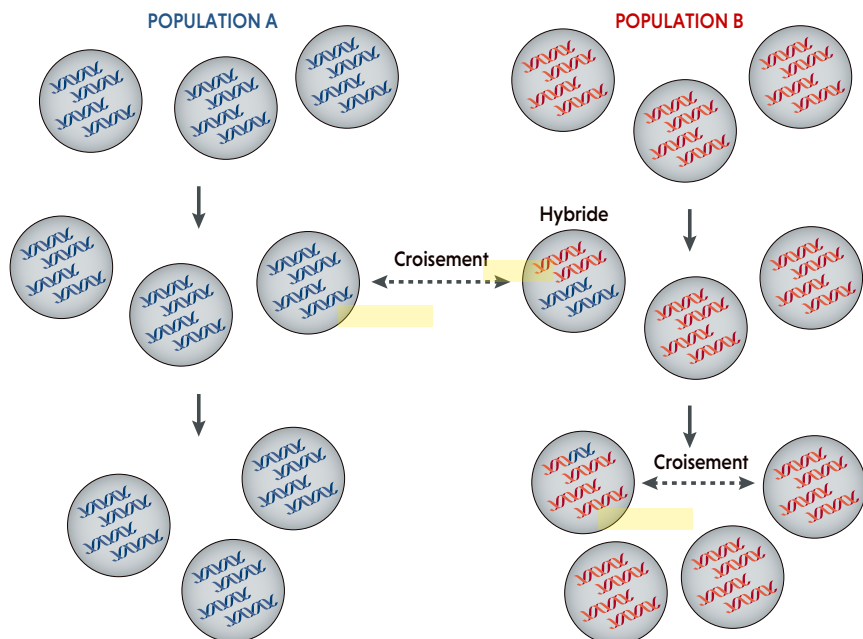


TRANSFORMATION

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'introgession 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 introgession survenue entre *Homo sapiens* et une population humaine ancestrale, peut-être *H. neanderthalensis*...



> aucun mécanisme connu de l'hérédité ne semblait compatible avec une telle idée. Darwin lui-même paraissait enlisé dans cette contradiction. Il avait tendance, à la fin de sa vie, à relativiser l'importance du mécanisme de la sélection naturelle, qu'il avait inventé.

Aucune théorie de l'hérédité ne s'accordait à celle de l'évolution

Les théories de l'hérédité se sont succédé, et aucune ne s'accordait avec la théorie de l'évolution. L'hérédité de «mélange», où les caractères se fondent lors de la reproduction, ne laissait aucune prise solide à la sélection. Pas plus que la «pangenèse», une théorie construite par Darwin, qui privilégiait l'hérédité des caractères acquis (différentes parties de l'organisme auraient contribué à la formation de «gemules», lesquelles auraient été les points de départ du développement de l'embryon).

La génétique mendélienne naissante ne semblait pas plus prometteuse: les mutations étaient vues comme des changements majeurs, contredisant l'idée d'une évolution par sélection progressive de petites variations. On parle parfois d'«éclipse du darwinisme» pour désigner ce tournant du ^{xx}e siècle où les théoriciens de l'évolution et ceux de l'hérédité ont travaillé parallèlement, incapables de produire une théorie commune. Ce n'est que dans la première moitié du ^{xx}e siècle que la «synthèse néodarwinienne» a accompli la réconciliation en posant les bases de la génétique des populations, l'étude de la dynamique des variations génétiques au sein d'une population.

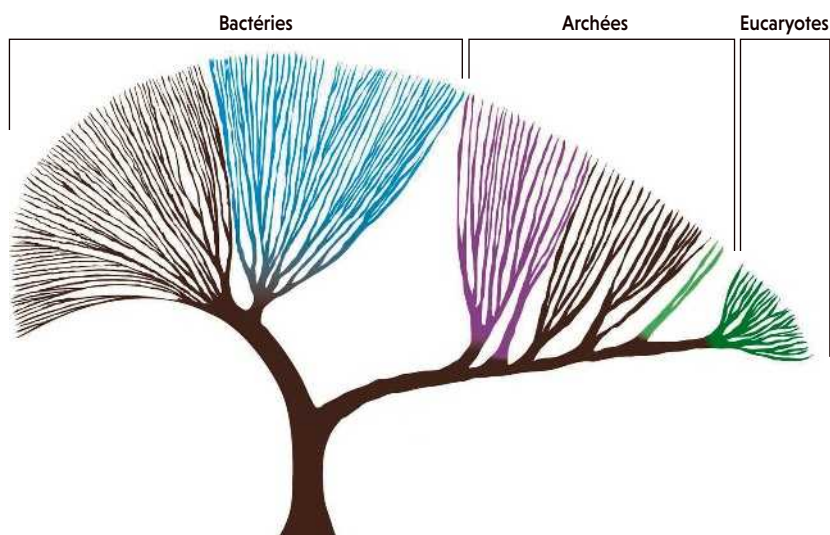
Mais, alors même que les architectes de la synthèse travaillaient à l'intégration de l'évolution et l'hérédité dans une même théorie, d'autres germes de discorde étaient en train de naître. Sans mesurer encore son importance pour l'évolution, le biologiste britannique Frederick Griffith découvrait en 1928 la «transformation». Ce mécanisme de l'hérédité semblait échapper au schéma de la descendance avec modification, sur lequel se fonde la génétique des populations. Dans son expérience, Griffith a administré à des souris deux souches de bactéries de l'espèce *Streptococcus pneumoniae*, sous différentes conditions. Une souche, virulente, provoquait une pneumonie mortelle; l'autre non. S'il tuait par la chaleur les bactéries

de la souche virulente avant de les injecter, les souris survivaient, preuve que seules les bactéries virulentes vivantes étaient capables de les tuer. Mais s'il injectait aux souris une mixture contenant des bactéries virulentes mortes et des bactéries non virulentes vivantes, alors les souris développaient la pneumonie mortelle. En d'autres termes, à partir des débris de bactéries virulentes, les bactéries inoffensives avaient récupéré un élément qui leur avait conféré, de manière permanente, la virulence.

La nature de cet élément, que Griffith nomma «principe transformant», fut découverte en 1944 lors d'une autre expérience fondatrice qui a révélé l'importance de l'ADN dans l'hérédité. À cette époque, l'ADN était déjà bien connu, mais sa constitution (une succession de quatre petites molécules – des «nucléotides» notés A, T, G et C), paraissait beaucoup trop simple pour qu'il joue un rôle dans l'hérédité. On pensait qu'il contribuait à l'architecture des chromosomes, visibles au microscope. Le biologiste américain Oswald Avery et ses collaborateurs ont montré qu'une enzyme qui dégrade l'ADN, ajoutée à l'expérience de Griffith, empêche les bactéries d'acquérir la virulence. Ce faisant, ils ont défini l'ADN comme le facteur principal de l'hérédité.

L'ADN, LIVRE DE RECETTES OU DOCUMENT HISTORIQUE?

Ainsi, le rôle de l'ADN, qui est de transmettre «verticalement» l'information génétique de parents à enfants, a été mis en évidence par une expérience qui utilise la transformation, c'est-à-dire sa transmission >



L'arbre du vivant reconstruit par la phylogénie moléculaire ne cesse de changer notre vision de la biodiversité. Aux extrémités des branches se trouvent les espèces actuelles. Les branches symbolisent les lignées d'espèces ancestrales. Les nœuds représentent des événements de diversification à partir d'un ancêtre commun. Les organismes multicellulaires visibles à l'œil nu par les humains (plantes, animaux) représentent une petite partie de la diversité des eucaryotes. Le point de départ de cet arbre est incertain, car il n'existe pas d'espèce externe permettant de le déterminer.