

comparaison des génomes d'un grand nombre d'espèces a mis en évidence des gènes ayant tendance à « sauter » entre cellules de même espèce ou d'espèces différentes, notamment de bactéries à archées. Il existe ainsi des « gènes sauteurs ».

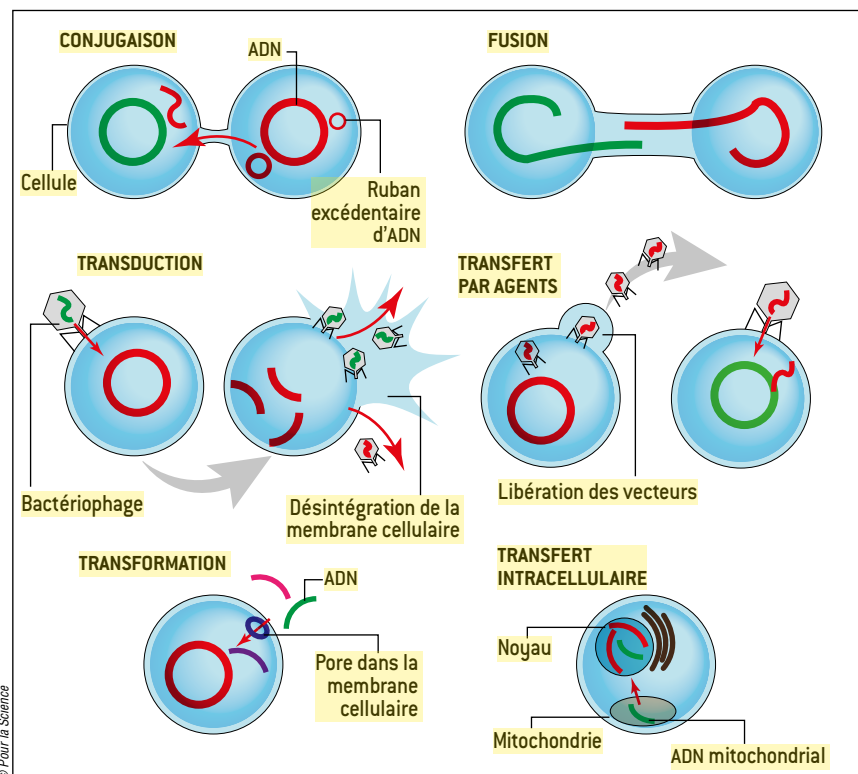
La prise de conscience de l'existence de tels gènes a de très fortes implications quant à la nature du processus évolutif : celui-ci ne saurait être seulement arborescent (produire un arbre de vie), mais résulterait aussi de flux géniques à chaque génération : des transferts de gènes entre espèces que l'on qualifie d'« horizontaux ». Dans certains cas, ces transferts horizontaux entraînent l'acquisition de nouveaux gènes et, ainsi, de nouvelles fonctions ; dans d'autres cas, le transfert apporte un gène déjà présent dans le génome, ce qui peut se traduire par des innovations dues à la redondance des fonctions.

Des entretoises dans l'arbre de la vie

Ainsi, s'agissant des immenses branches maîtresses correspondant aux archées et aux bactéries, l'arbre de la vie est bien étrange, puisqu'on y trouve de très nombreuses « entretoises » reliant les branches entre elles, tandis que la définition même d'espèce devient problématique (*voir la figure page 36*). En fait, il semble que la structure arborescente de l'arbre de la vie ne garde sa pertinence que sur la branche eucaryote. S'agissant des embranchements dominants des archées et des bactéries, il faut désormais considérer la filiation des gènes en plus de celle des espèces. On nomme pangénome l'ensemble des gènes qui peuvent être échangés entre espèces procaryotes.

Une comparaison avec un téléphone portable moderne peut nous aider à saisir la situation. Avec le génome, tout se passe comme lorsqu'on nous livre un téléphone. Ce genre de petit ordinateur portable est livré avec des applications de base permettant de téléphoner, de prendre ses rendez-vous, de gérer un agenda, d'envoyer des textos, de surfer sur Internet, d'avoir l'heure, etc. Il peut aussi progressivement s'enrichir de nouvelles applications, comparables à des gènes sauteurs, qui lui confèrent de nouvelles fonctions utiles à son utilisateur.

Le premier avantage de ce partage est que chaque cellule n'a pas besoin de



PLUSIEURS MODES DE TRANSFERT HORIZONTAL DE GÈNES COEXISTENT. Conjugaison : deux cellules se conjuguent, c'est-à-dire qu'elles établissent un canal temporaire par lequel vont circuler certains des rubans excédentaires d'ADN qui flottent à l'intérieur de leurs cytoplasmes. Fusion : des cellules fusionnent, c'est-à-dire qu'elles ajoutent leurs génomes et forment un nouveau génome plus grand. Transduction : quand un virus – un bactériophage – infecte une bactérie, il se multiplie en la détruisant ; mais il arrive qu'il emporte avec lui des fragments de l'ADN cellulaire, qu'il peut donc transférer à une autre cellule lors d'une nouvelle infection : on parle alors de transduction. Transfert par agents : la cellule produit ses propres agents de transfert de gènes. Transformation : des pores s'ouvrent dans la cellule et laissent pénétrer des rubans d'ADN provenant d'organismes morts. Transfert intracellulaire : des gènes d'une bactérie intégrée dans la cellule (ici une bactérie devenue mitochondrie, comme on suppose que cela s'est produit pour les premières cellules eucaryotes) sont transférés vers le noyau cellulaire.

stocker tous les gènes existant dans la communauté, tandis qu'il y aura toujours dans la communauté bactérienne où elle vit la fraction des gènes éventuellement utiles à la survie de tous. Dès lors, ces gènes nécessaires à l'adaptation à un éventuel changement environnemental pourront être acquis par l'un des mécanismes de « transfert horizontal ».

C'est ce qui explique que certaines souches de bactéries pathogènes, auparavant sensibles aux antibiotiques, ont trouvé dans l'environnement les gènes nécessaires à la survie en présence des molécules thérapeutiques. Par conséquent, ce qui est le plus souvent un avantage pour une bactérie peut devenir un danger pour les organismes complexes.

De même, un microbe jusque-là inoffensif pourra se muer en un agent pathogène

par acquisition d'une série de gènes se trouvant dans les « îlots de pathogénicité ». Ces régions du génome ont la particularité de pouvoir sortir en un bloc du génome sous la forme d'un ADN circulaire, ce qui favorise leur maintien en état jusqu'à leur arrivée dans une cellule voisine.

Dès lors, se demande-t-on, quels sont les mécanismes des transferts horizontaux de gènes ? Il en existe plusieurs (*voir la figure ci-dessus*). Pour protéger les systèmes d'information cellulaires, sont apparus plusieurs mécanismes de reconnaissance et de destruction des séquences d'ADN provenant de sources trop éloignées, par exemple des virus. Rien d'étonnant à ce que les procaryotes aient développé des défenses, car l'expression impromptue d'un gène nouvellement arrivé peut coûter cher en termes d'énergie cellulaire.