

**Chapitre 1.2: Les mécanismes responsable de la complexification des génomes : transferts horizontaux et endosymbioses**

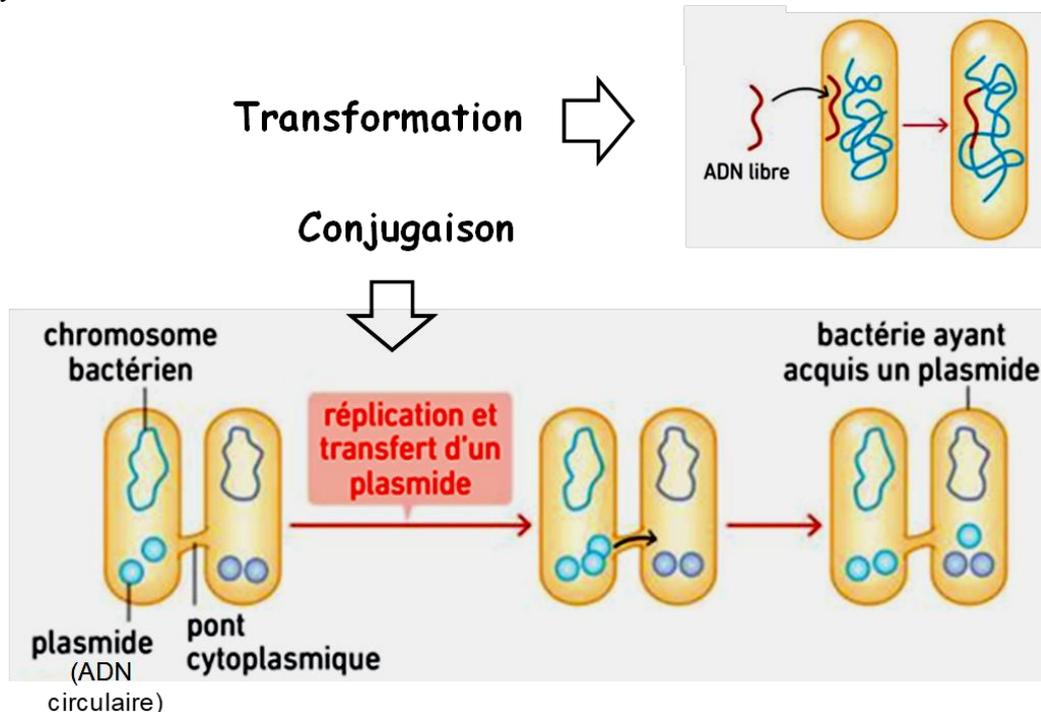
Mots clés : Universalité de l'ADN, Transferts génétiques horizontaux, transformation bactérienne, résistance aux antibiotiques, hérédité cytoplasmique, plasmide, transgénèse, phylogénies, réseau phylogénétique, endosymbioses.

Notions	Activités, exemples
<p><b>I - A côté des transferts verticaux de gènes, assurés de génération en génération par la reproduction sexuée, il existe des transferts horizontaux de gènes entre organismes parfois non étroitement apparentés. Au cours de l'évolution, ces transferts, fréquents, enrichissent les génomes et sont source de complexification et de diversification du vivant.</b></p> <p>1. Les échanges génétiques (transgénèse naturelle) entre organismes d'espèces différentes sont permis par l'universalité de l'ADN, sa structure, et les modalités identiques de son expression (code génétique universel)</p> <p>2. Les transferts horizontaux de gènes peuvent se faire par différents mécanismes :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- transformation (incorporation d'ADN libre) ou conjugaison (transfert d'ADN par le biais d'un pont cytoplasmique) chez les bactéries</li><li>- transmission de gènes par les virus jouant le rôle de vecteurs de gènes</li></ul> <p>a. Quand les bactéries sont détruites, elles libèrent des quantités considérables d'ADN dans l'environnement. Des fragments d'ADN libre peuvent être incorporés par d'autres bactéries qui acquièrent ainsi de nouveaux gènes : c'est la transformation bactérienne.</p> <p>b. Les bactéries contiennent dans leur cytoplasme de petites molécules d'ADN circulaire appelées plasmides. Ces derniers peuvent faire l'objet de transferts entre bactéries grâce à l'établissement de ponts cytoplasmiques : c'est la conjugaison bactérienne.</p> <p>c. Les transferts horizontaux peuvent faire intervenir les virus comme vecteurs. Ils se réalisent lors de l'infection des cellules.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- En parasitant les cellules, les virus peuvent transférer une partie de leurs gènes. Ceux-ci peuvent même s'intégrer au génome de la cellule hôte. [Exemple : On estime que 8 à 10% de l'ADN humain est d'origine virale. Ces gènes proviennent des infections passées ; ils sont transmis lorsque l'infection affecte les cellules germinales. Dans le génome humain, on connaît par exemple le gène de la syncytine, s'exprimant dans le placenta embryonnaire et indispensable à sa formation]</li><li>- Les particules virales fabriquées par les cellules parasitées peuvent également incorporer des gènes appartenant aux cellules hôtes. Le virus peut ainsi « emporter » une partie des gènes de la cellule hôte. [Exemple : Virus d'Epstein Barr (famille de l'herpès, responsable de la mononucléose),</li></ul>	

qui possède des gènes humains]

- Ainsi les virus permettent de diversifier le génome d'une espèce par ajout de gènes appartenant à une autre espèce, même éloignée sur le plan évolutif.

**Schéma 1 : Transformation et conjugaison bactérienne (Voir Livre BELIN n°3 p.58)**



3. Les gènes transférés donnent de nouvelles propriétés aux organismes qui les reçoivent. Ainsi les transferts génétiques ont des effets très importants sur l'évolution des populations, des écosystèmes, ainsi que dans le domaine de la santé.

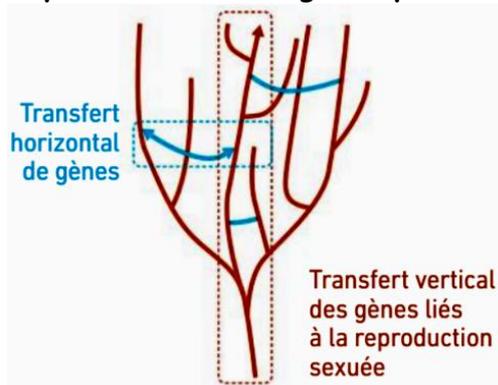
a. Les liens de parenté entre êtres vivants, souvent représentés sous forme d'arbres phylogénétiques, forment plutôt des réseaux phylogénétiques si on l'on tient compte des transferts génétiques horizontaux, possibles entre espèces éloignées sur le plan évolutif.

- La construction d'arbres phylogénétiques (de parenté) repose notamment sur la comparaison de séquences d'ADN d'espèces différentes (plus les séquences sont proches, plus les espèces sont proches sur le plan évolutif)

- Il arrive cependant que l'on identifie des gènes qui possèdent une similitude inattendue entre espèces éloignées. Dans ce cas, la proximité génétique ne traduit pas une filiation entre espèces (transfert génétique vertical), mais résulte de transferts horizontaux.

- Si on fait figurer sur un arbre phylogénétique les transferts horizontaux, on obtient un « réseau phylogénétique » qui traduit la complexité de l'histoire évolutive du vivant.

## Schéma 2 : Réseau génétique et transferts génétiques horizontaux



b. La fréquence élevée des échanges génétiques chez les bactéries pose un problème de santé publique : l'usage intensif d'antibiotiques dans les élevages et en santé humaine favorise l'apparition de gènes de résistance qui sont ensuite largement dispersés dans l'environnement et transférés rapidement entre bactéries.

c. Les transferts génétiques horizontaux peuvent être contrôlés par les humains au travers d'applications biotechnologiques pour réaliser par transgénèse des OGM (organismes génétiquement modifiés) et produire des molécules d'intérêt.

[Exemple : Production d'insuline humaine par des bactéries génétiquement modifiées - Livre BELIN p. 59]

## II. Les endosymbioses ont joué un rôle important dans l'évolution des eucaryotes. Ces mécanismes sont à l'origine des mitochondries et chloroplastes, organites possédant leur propre ADN.

1. La théorie endosymbiotique suppose que les mitochondries et les chloroplastes dérivent de bactéries ayant été intégrées au cytoplasme de cellules primitives il y a plus de 2 milliards d'années.

a. Des cellules eucaryotes primitives ont d'abord absorbé par endocytose des bactéries pratiquant la respiration, qui sont devenues les mitochondries

b. Ce phénomène s'est également produit à plusieurs reprises avec l'absorption de cyanobactéries photosynthétiques, à l'origine des chloroplastes.

c. Capables de se multiplier, ces organites cytoplasmiques sont transmis d'une génération à l'autre avec le cytoplasme des gamètes ou par division cellulaire : on parle d'hérédité cytoplasmique

2. L'hypothèse d'une origine endosymbiotique des mitochondries et chloroplastes est étayée par de nombreuses ressemblances entre ces organites et les bactéries

a. La taille des organites est comparable à celle des bactéries (quelques  $\mu\text{m}$ )

b. Ces deux organites sont constitués d'une double membrane, l'une (externe) résultant de l'endocytose, l'autre (interne) présentant des similitudes avec la membrane bactérienne.

c. Les organites possèdent leur propre ADN, comme chez les bactéries

d. Chloroplastes et mitochondries peuvent se multiplier par division, comme le font les bactéries.

3. Des comparaisons génétiques confirment également l'hypothèse de l'origine endosymbiotique des organites.

a. L'ADN mitochondrial et chloroplastique comporte davantage de similitudes avec celui des bactéries et cyanobactéries qu'à celui de l'ADN nucléaire des cellules eucaryotes

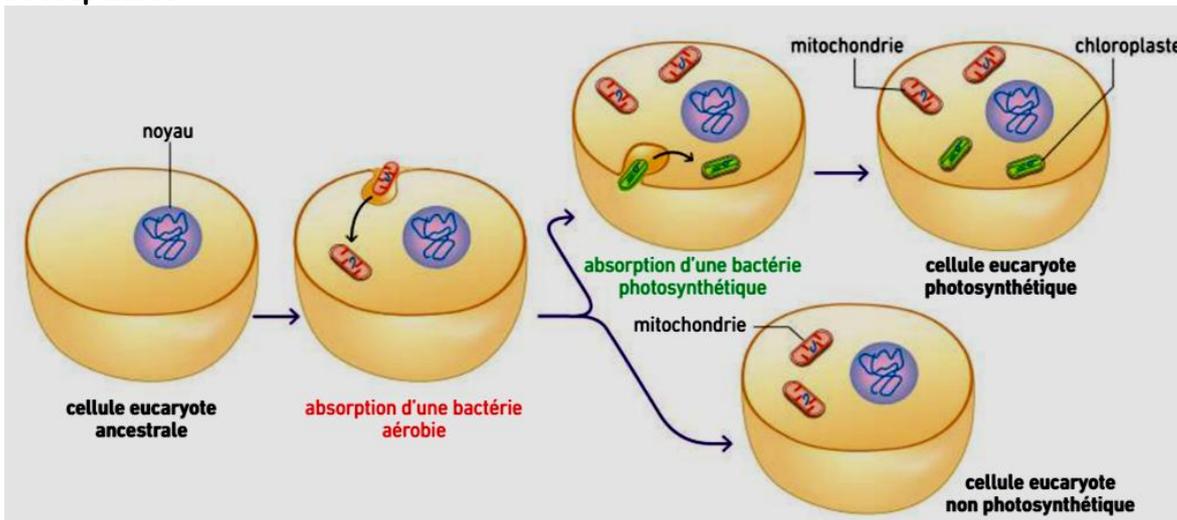
b. L'endosymbiose associe les génomes des deux partenaires au sein d'une même cellule.

- Souvent, celui de l'endosymbiote régresse, soit que ses gènes sont éliminés, soit qu'ils sont partiellement transférés dans le noyau de la cellule hôte

- Ce transfert contribue à la complexification du génome de la cellule hôte qui se trouve enrichi de nouvelles potentialités, en particulier métaboliques [Exemple : enzymes impliquées dans la respiration ou la photosynthèse].

4. Les endosymbioses se sont fréquemment produites au cours de l'histoire des eucaryotes et ont joué un rôle important dans leur évolution.

### Schéma 3 : Modèle endosymbiotique expliquant l'origine des mitochondries et chloroplastes



### Schéma 4 : Enrichissement des génomes par endosymbiose

