

### Mise en situation et objectifs

L'information génétique contenue dans un gène est **universelle** : théoriquement, n'importe quelle cellule est capable d'exploiter cette information et de produire la protéine correspondante. Cela rend possible des échanges d'information entre individus d'espèces différentes.

De tels échanges font partie des **transferts horizontaux** : transferts d'information génétiques qui s'effectuent par une autre voie que celle de la reproduction. **On cherche à démontrer l'existence de ces transferts horizontaux, à montrer leur importance dans l'évolution en général et pour l'Homme en particulier.**

### Sujet 1 – La découverte des transferts horizontaux

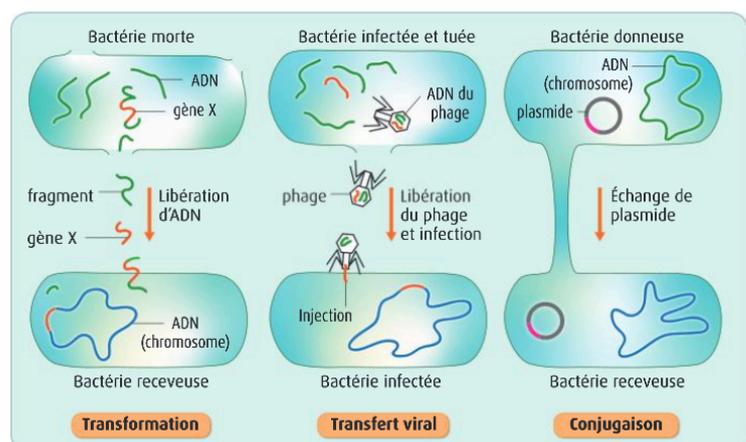
En 1928, Frederick Griffith met en évidence un transfert de gènes entre deux bactéries pneumocoques, virulents (S) et non-virulents (R). En effet, **on voit que** lorsqu'on injecte à une souris des pneumocoques S tués associés à des pneumocoques R vivants, la souris meurt infectée par des pneumocoques S alors que les pneumocoques S tués seuls n'ont aucun effet. **On peut donc penser que les pneumocoques R ont acquis un nouveau caractère génétique à partir des pneumocoques S tués** : il y a eu un transfert horizontal d'information génétique entre ces deux souches.

Expériences	État de la souris	Analyse du sang de la souris
 Pneumocoques S vivants	 Mort	 Présence de très nombreux pneumocoques S vivants
 Pneumocoques R vivants	 Survie	Absence de tout pneumocoque
 Pneumocoques S tués	 Survie	Absence de tout pneumocoque
 Pneumocoques S tués Pneumocoques R vivants	 Mort	 Présence de très nombreux pneumocoques S vivants

Expérience de Griffith

Les expériences d'Avery et MacLeod (1944) permettent de préciser la nature du transfert. En effet, **on voit que** le transfert observé par Griffith a lieu quand même si les protéines ou l'ARN des pneumocoques S sont détruits, mais il n'a pas lieu si c'est leur ADN qui est détruit. **On en déduit que** le transfert d'information génétique se fait bien **sous forme d'ADN** de pneumocoque S, transféré à des pneumocoques R.

Les mécanismes de ces transferts sont aujourd'hui connus : l'ADN peut provenir d'une bactérie morte (dont la paroi est ouverte) et être intégré par la bactérie receveuse : c'est la **transformation bactérienne**. Mais il peut s'effectuer par l'intermédiaire d'un virus bactérien ou phage : c'est le **transfert viral**, ou encore via un lien physique entre les deux bactéries : c'est la **conjugaison bactérienne**.



### Sujet 2 – L'importance des transferts horizontaux

La comparaison des séquences génétiques entre des espèces très éloignées permet d'estimer le nombre de gènes d'une espèce donnée qui ont fait l'objet de transferts horizontaux. En effet, lorsque deux espèces très éloignées présentent de fortes ressemblances sur certaines séquences de leur ADN, il est peu probable que ces ressemblances soient héritées d'un ancêtre commun par le biais de la reproduction (transfert dit « vertical »), et l'on peut penser qu'un transfert d'information génétique horizontal a eu lieu entre ces espèces.

Ainsi, dans le génome humain, près de 200 gènes sur 21 000 (soit 1%) seraient issus de transferts horizontaux, dont 80 à partir de protistes (eucaryotes unicellulaires), 20 à partir de plantes, 10 à partir de champignons, 30 à partir de bactéries et 60 à partir de virus. D'autres animaux pluricellulaires comme la drosophile, ou le nématode, possèdent également de nombreux gènes issus des mêmes groupes.

Ces transferts horizontaux ne se produisent pas tous en même temps, mais jalonnent l'histoire évolutive de chaque branche de l'arbre phylogénétique. Ainsi, les mousses et les plantes terrestres ont hérité de leurs ancêtres de certains transferts horizontaux très anciens à partir des bactéries, des champignons et des archées (un groupe de Procaryotes bien distinct des bactéries), puis, dans leurs groupes respectifs, ont continué à recevoir des gènes : à partir des bactéries et des archées des champignons pour les mousses, à partir des bactéries, des archées, des algues et les mousses pour les plantes terrestres. On constate donc que les branches (les lignées) de l'arbre phylogénétique n'évoluent pas séparément, mais évoluent en échangeant constamment du matériel génétique à la manière d'un réseau. Toutefois, les échanges dus aux transferts horizontaux sont beaucoup moins fréquents que les transferts verticaux liés à la reproduction.

Les échanges génétiques peuvent aussi représenter un danger pour la santé humaine. Actuellement, l'utilisation trop systématique d'antibiotiques dans les élevages et en médecine opère une sélection naturelle des micro-organismes qui possèdent des gènes de résistance à ces antibiotiques. Ces microorganismes deviennent très abondants dans l'environnement et cela augmente la probabilité des transferts horizontaux de gènes de résistance. Certains microorganismes peuvent ainsi cumuler plusieurs gènes de résistance et devenir polyrésistants.

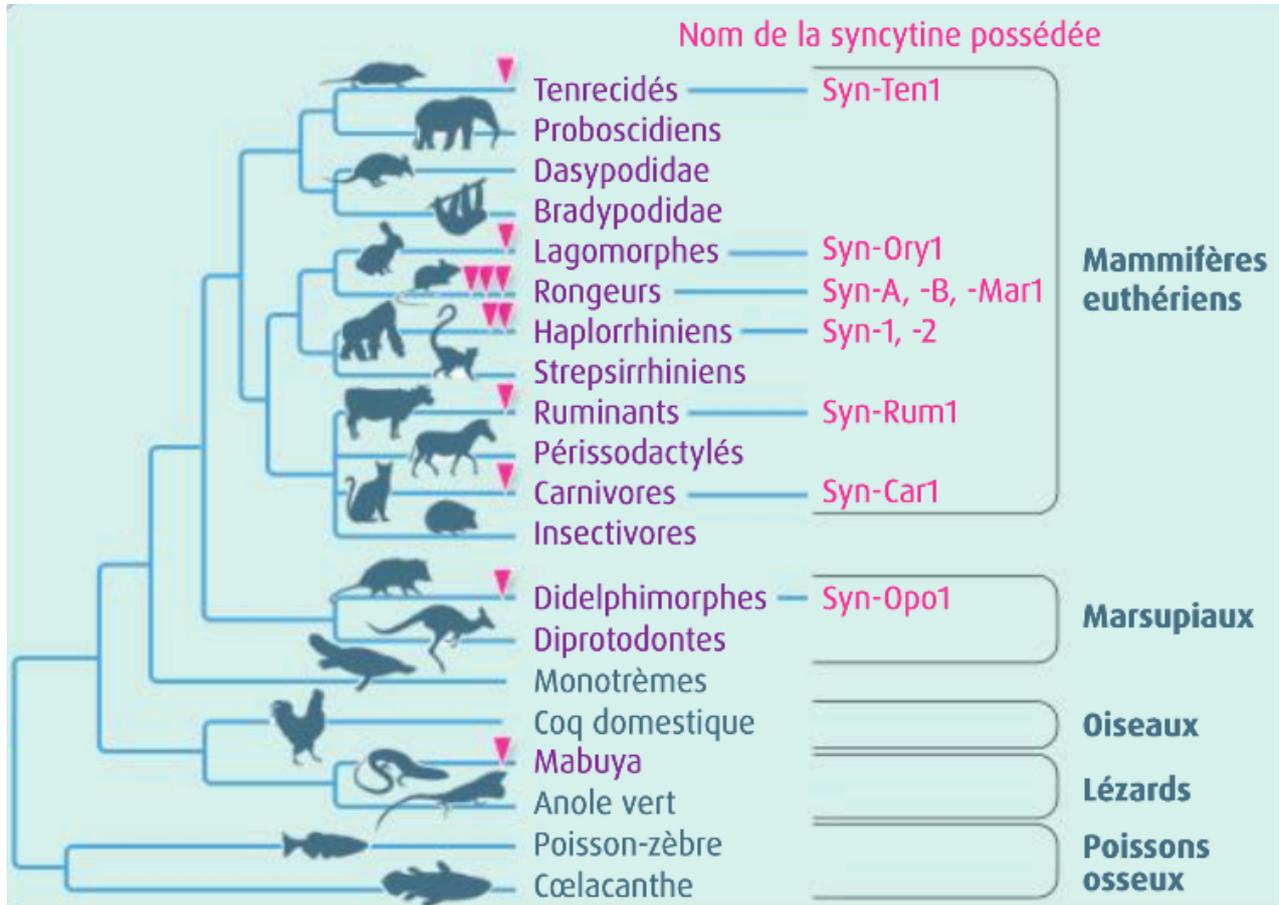
### Sujet 3 – L'origine du placenta des mammifères

La formation du placenta des mammifères commence au début de la vie embryonnaire par la fusion de plusieurs cellules embryonnaires pour former une sorte de cellule géante à plusieurs noyaux appelée syncytium. La fusion des membranes nécessite l'intervention d'une protéine, la syncytine. Cette syncytine joue un rôle similaire à la protéine d'enveloppe ENV de nombreux virus, notamment le virus MPMV (Mason-Pfizer Monkey Virus) qui infecte les singes.

On voit que la séquence du gène humain codant la syncytine 1 est similaire à plus de 80% à celle du gène viral codant la protéine ENV. Or on sait que l'Homme et le virus MPMV sont deux espèces très éloignées, on peut donc penser que cette ressemblance entre les séquences ne résulte pas d'un transfert vertical à partir d'un ancêtre commun, mais d'un transfert horizontal.

On voit que la syncytine 1 est partagée par l'Homme et plusieurs autres grands singes, mais n'est pas présente chez les autres mammifères. L'hypothèse la plus simple est de supposer que l'ancêtre commun à ces grands singes aurait reçu le gène de la syncytine 1 par un transfert horizontal à partir du virus MPMV qui l'aurait infecté. Ce transfert aurait donc occasionné des modifications dans la formation du placenta de ces espèces.

Le même type de raisonnement conduit à penser que l'évolution du placenta dans plusieurs branches du groupe des vertébrés résulterait de transferts horizontaux depuis divers virus. Ces transferts sont probablement aléatoires, mais lorsqu'un gène transféré procure un avantage sélectif dans une lignée, il est bien conservé et transmis dans cette lignée.



Arbre phylogénétique partiel des vertébrés.

Les transferts horizontaux supposés de gènes de syncytines sont indiqués par le symbole ▼