

Chapitre 8 : Génétique bactérienne et virale

Introduction

Les bactéries sont des procaryotes, ils font partie d'une catégorie d'organismes appelée **micro-organismes**. Ce sont des organismes unicellulaires dont l'ADN n'est pas confiné dans un vrai noyau. L'information génétique consiste en une seule molécule d'ADN double brin circulaire appelée **chromosome bactérien** qui se trouve dans une région dense : **le nucléoïde** qui n'est pas délimitée par une membrane comme dans le véritable noyau d'une cellule eucaryote. Outre le chromosome, de nombreuses bactéries possèdent également des **plasmides**, des molécules d'ADN circulaire capable d'autoréplication beaucoup plus petits, et qui ne possèdent environ que deux douzaines de gènes.

Chez les procaryotes, **la division cellulaire** se fait par **scissiparité (scission binaire)**. La reproduction par **scissiparité** est un mode de multiplication **asexué** qui se réalise simplement par division de l'organisme. L'unique chromosome **se réplique avant** que les deux chromosomes s'écartent et que le reste de la cellule se divise à son tour. La quantité d'ADN est **constante** pour une même espèce et **constante** d'une génération cellulaire à l'autre, ce qui correspond à la **reproduction conforme**.



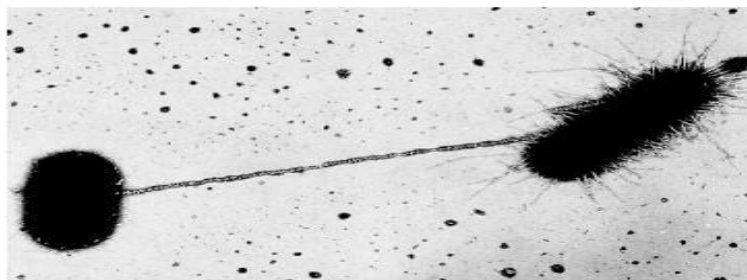
✓ Recombinaison génétique

La génétique bactérienne se fonde sur trois phénomènes ou mécanismes naturels permettant, chez les bactéries l'entrée d'ADN exogène venant compléter ou remplacer localement l'information génétique endogène. Ces mécanismes sont connus sous le nom de **transferts horizontaux de gènes**, ils sont représentés par : **la conjugaison**, **la transduction** et **la transformation**.

Si l'ADN donneur est incorporé ou se recombine avec le génome de la cellule réceptrice, on obtient un organisme **recombinant** qui pourra présenter un ou plusieurs nouveaux phénotypes.

2-1- La conjugaison

La conjugaison implique l'union temporaire de deux cellules de type opposé, suivi d'un transfert unidirectionnel d'une partie de du matériel génétique par **un pont cytoplasmique** entre la cellule donatrice et la cellule réceptrice, puis ensuite la dissociation des deux cellules.



Conjugaison bactérienne (croisement bactérien)

La conjugaison est le transfert d'ADN (d'origine plasmidique ou chromosomique) d'une bactérie donatrice « **mâle** » à une bactérie réceptrice « **femelle** » par **contact physiologique direct (pont de conjugaison)** et **transitoire** entre les deux bactéries. Le matériel génétique de la bactérie femelle est alors immédiatement recombinaison par l'intégration de l'ADN exogène transféré.

Un épisome (plasmide) est un ADN circulaire extrachromosomique qui peut exister comme une unité qui se réplique de façon autonome du chromosome bactérien, il est capable de s'intégrer dans un chromosome d'une cellule réceptrice (hôte).

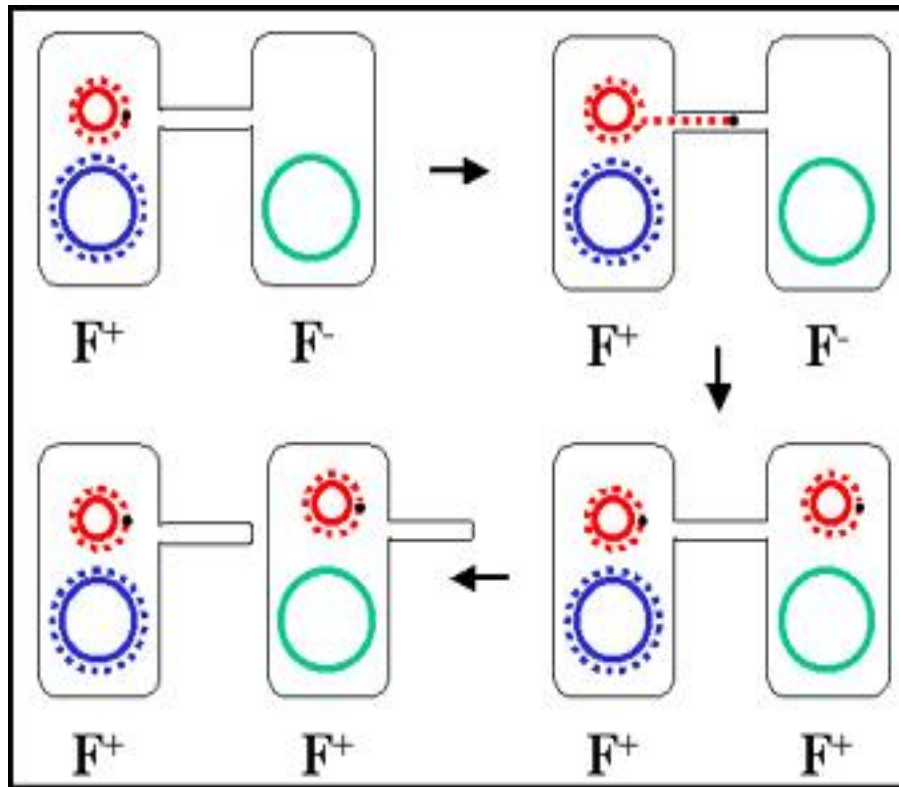
Exemple : Transfert du plasmide F

Dans certaines souches d'*E.coli* il y a un facteur de fertilité épisomal appelé **plasmide sexuel** ou **plasmide F** ; les souches qui portent ce plasmide sont appelées **mâles** et désignées **F⁺**. Ce sont les souches donatrices. Cependant les souches réceptrices sont dépourvues de ce facteur, est ainsi appelées **femelles** et désignées par **F⁻**

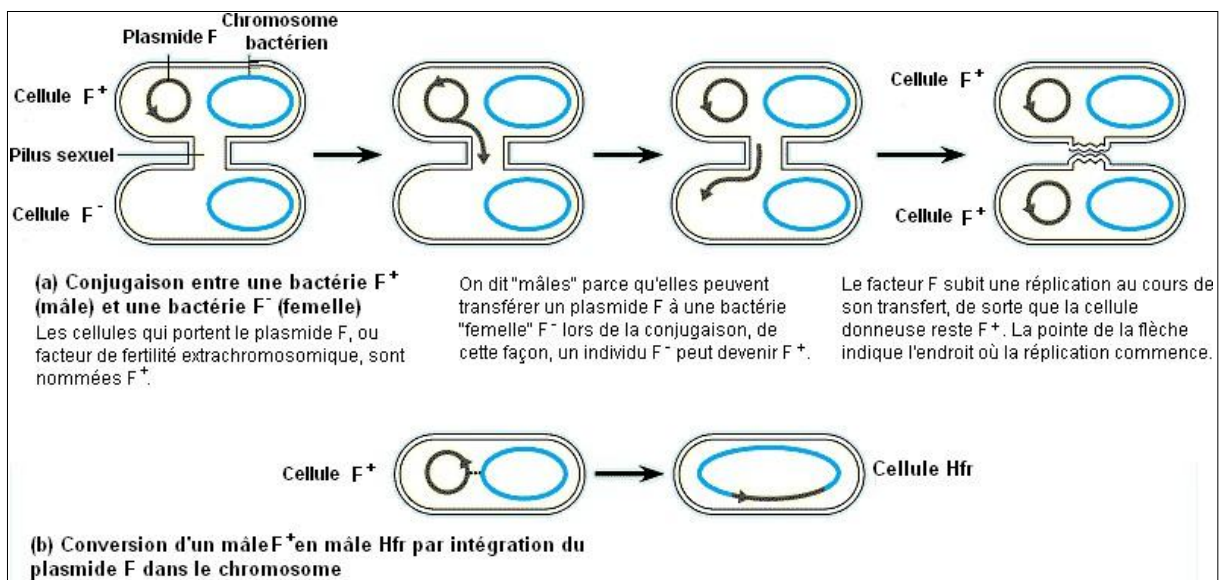
Le plasmide F contient une centaine de gènes dont ceux qui permettent l'établissement d'un pont cytoplasmique de conjugaison appelé **pili sexuel**. La contraction d'un pilus associe deux cellules dans un contact proche.

Quand une cellule F⁺ conjugue avec une cellule F⁻, la réplication du plasmide F est initiée. Un des brins du plasmide F est cassé, et la réplication se réalise selon un mécanisme de cercle roulant, ce qui entraîne l'extrémité 5' du brin cassé à rentrer dans la cellule réceptrice à travers les pilis, où il est copié en double brin d'ADN. L'autre brin du plasmide F du donneur est répliqué

simultanément ; aussi la cellule donneuse ne perd pas son plasmide (elle reste F⁺) et la cellule réceptrice devient aussi F⁺.

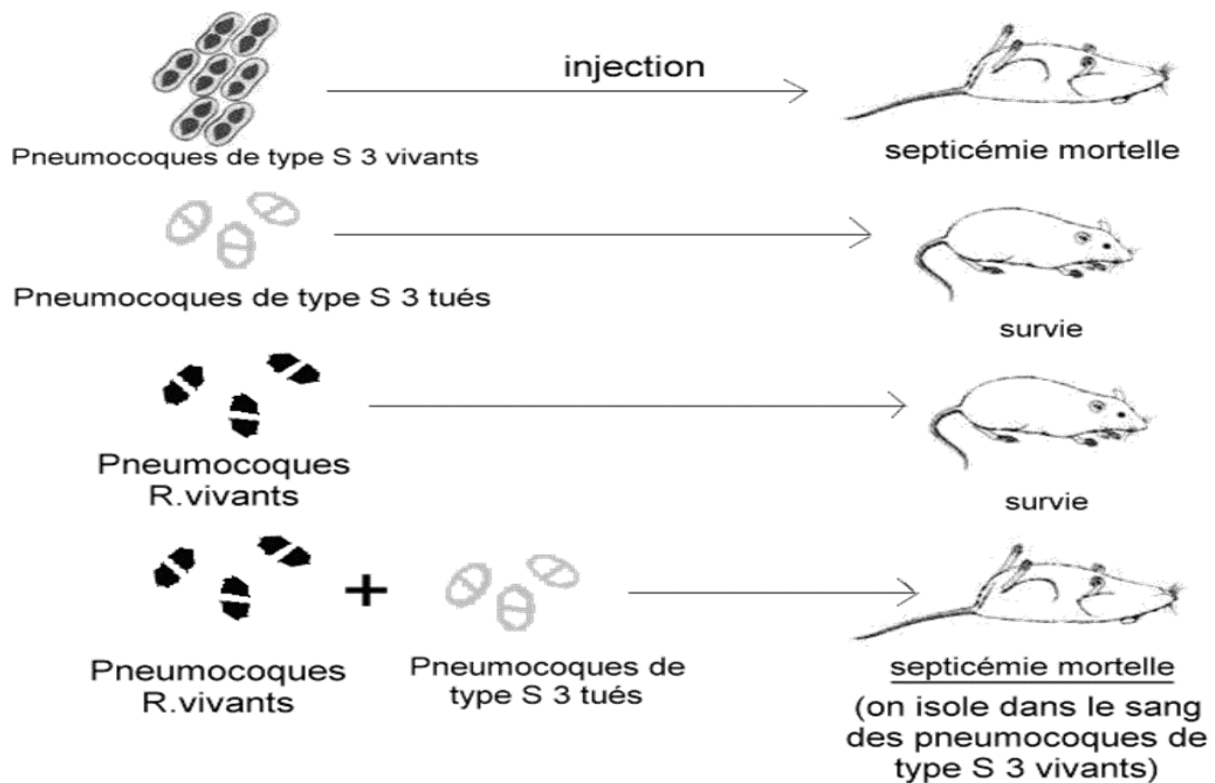


L'intégration du plasmide F dans le chromosome bactérien donne une bactérie **Hfr** (Haute fréquence de recombinaison), c'est le phénomène de **recombinaison non homologue**.



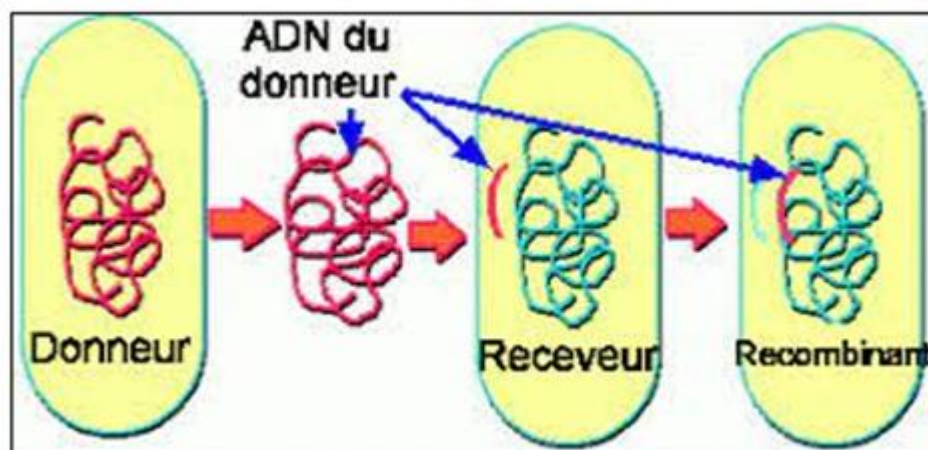
2-2- La transformation

La transformation bactérienne a été observée par GRIFFITH en 1928 chez les *Streptococcus pneumoniae*.



La transformation c'est l'incorporation d'un fragment d'ADN nu d'une bactérie donatrice dans une bactérie réceptrice. Cette dernière (la bactérie réceptrice) est une cellule **compétente** possédant la capacité à laisser entrer de **l'ADN exogène** (dit **exogénote**) qui est susceptible de venir transformer le **génomme endogène** (on dit **endogénote**). L'ADN exogène est dissous dans le milieu à **l'état libre (nu)**, il provient de la lyse du matériel génétique des bactéries mortes. Les bactéries réceptrices doivent porter des protéines de surface qui se lient à l'ADN exogène et le font pénétrer dans les cellules.

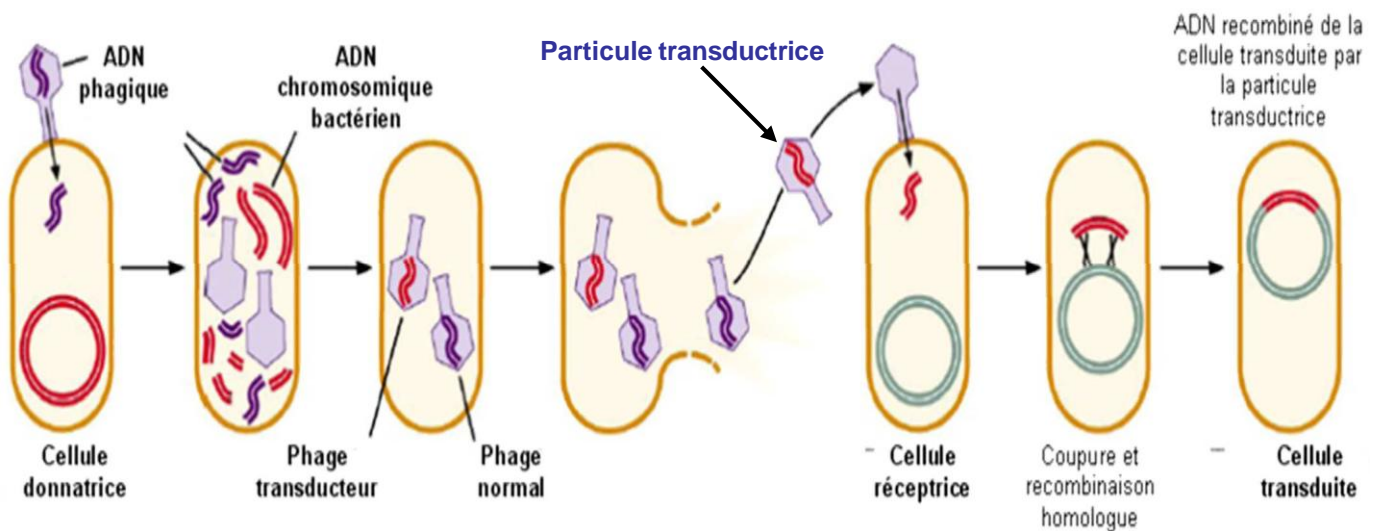
Dans la transformation, l'ADN est transféré d'une bactérie à une autre **sans contact ni vecteur** entre elles. Et seules les bactéries de la même espèce semblent s'échanger naturellement des gènes par le mécanisme de transformation.



2-3- La transduction

C'est un mécanisme de transfert de gènes d'une bactérie donatrice à une bactérie réceptrice utilisant un virus bactérien (bactériophage ou phage),

L'infection de la bactérie par un bactériophage conduit à une fragmentation du génome bactérien, ces phages peuvent être encapsidés à la place du génome viral, ils sont dits **transducteurs**. Ils sont capables, en infectant des bactéries réceptrices, de leur transférer ce fragment de génome bactérien qui peut alors remplacer une partie ou la totalité du chromosome bactérien.

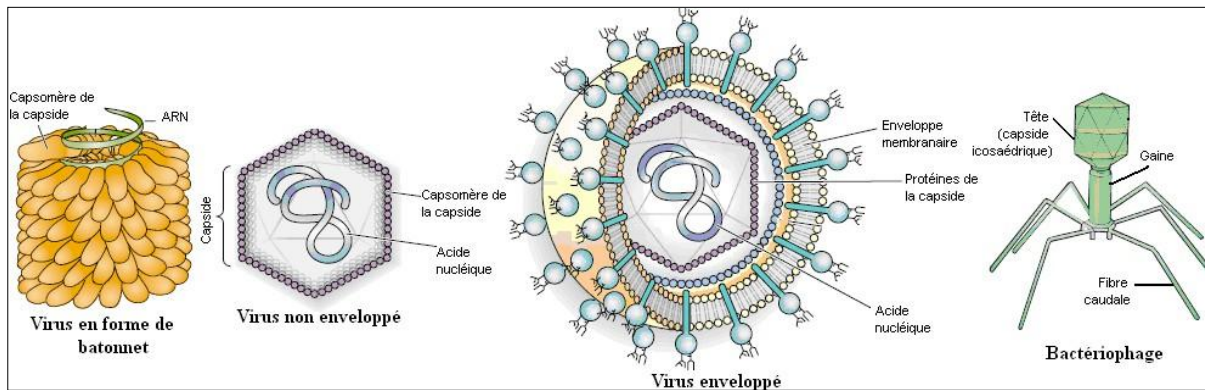


3-Structure et propriétés des virus

Un virus est une **entité biologique** nécessitant **un hôte**, souvent une cellule, dont il utilise **le métabolisme** et **ses constituants** pour **se répliquer**. Le virus est donc **un parasite intracellulaire obligatoire**, incapable de se multiplier par division, il a besoin pour cela d'infecter **une cellule hôte** avec comme conséquence la mort de la cellule infectée.

Composé d'une ou plusieurs molécules **d'acide nucléique** (soit d'ADN, soit d'ARN, simple ou double brin), entourées d'une **coque de protéines (capside)** ou d'une **enveloppe**. Ne possédant aucune enzyme pouvant produire de l'énergie. Les virus existent sous :

- Une forme extracellulaire (virion), les virus sont infectieux, constitués au minimum d'un acide nucléique englobé dans une capsid de protéines
- Une forme intracellulaire (virus intégré, forme dormante), à l'intérieur de la cellule hôte, les virus peuvent se répliquer de façon indépendante par rapport au chromosome, mais non indépendamment de la cellule hôte.

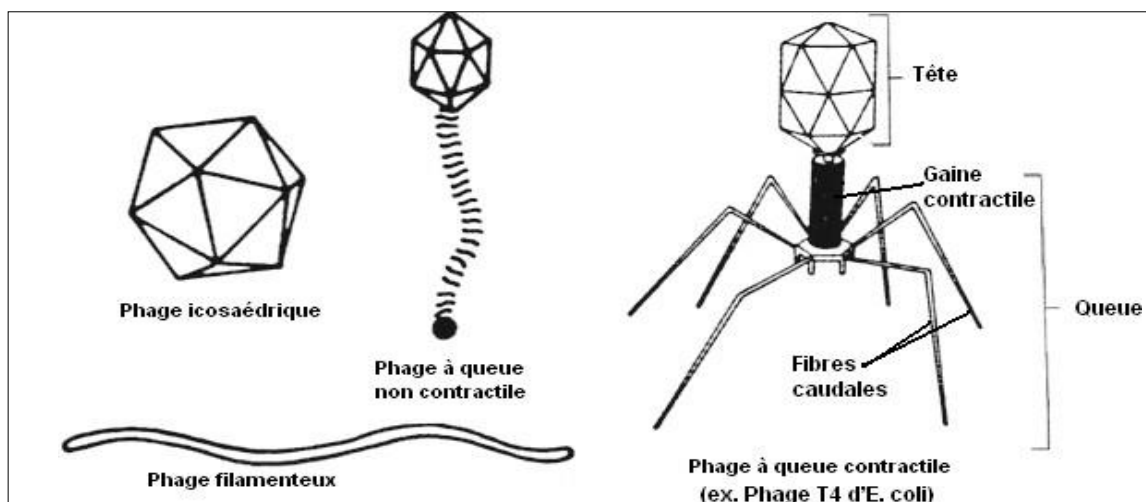


Structure des virus

Un virus isolé, étant un parasite obligatoire, n'est pas capable de se répliquer et ne possède ni les enzymes nécessaires à la réplication, ni les ribosomes, ni aucune autre structure requise pour la fabrication de ces propres protéines. L'infection virale commence lorsque le génome du virus est à l'intérieur de la cellule hôte. A ce moment, le génome viral prend possession de la cellule hôte, et la reprogramme de sorte qu'elle ne fasse rien d'autre à part de recopier les gènes du virus et de fabriquer les protéines de la capsid. Les virus utilisent alors les ADN polymérases de la cellule hôte pour répliquer leur génome.

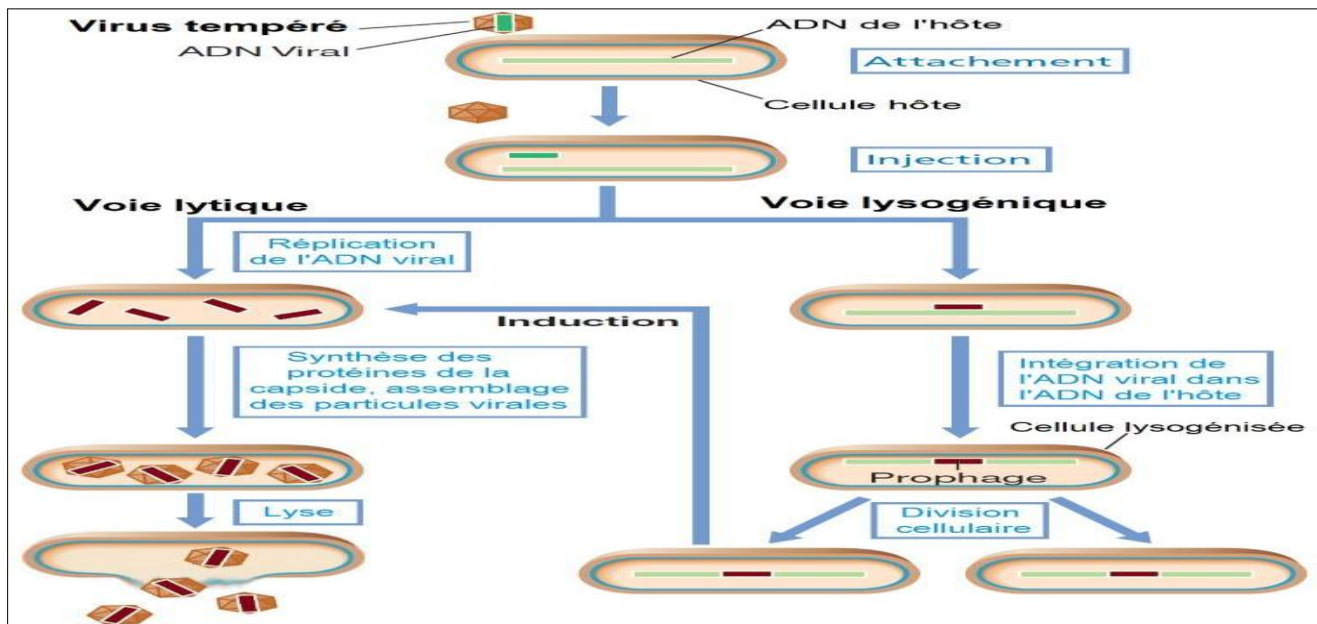
❖ Les bactériophages

Les virus parasitant spécifiquement les bactéries sont appelés **bactériophages** (ou tout simplement phages). Les phages contiennent le plus souvent de l'ADN double brin, mais ils peuvent contenir également de l'ADN ou de l'ARN simple brin. La plupart des phages se placent dans l'un des groupes morphologiques suivants : les phages icosaédriques sans queue, les virus à queue contractile, les virus à queue non contractile et les phages filamenteux. Il existe quelques phages avec enveloppe. Les formes les plus complexes sont les phages portant une queue contractile, comme le phage T4 d'*E. coli*.



Structure des bactériophages

- Les bactériophages se multiplient selon deux modes : reproduction *lytique* et *lysogénique*, et selon ces modes de reproduction, le phage est soit *lytique* (*virulent*) ou *tempéré* où le bactériophage existe sous forme de **prophage** au sein de la bactérie.



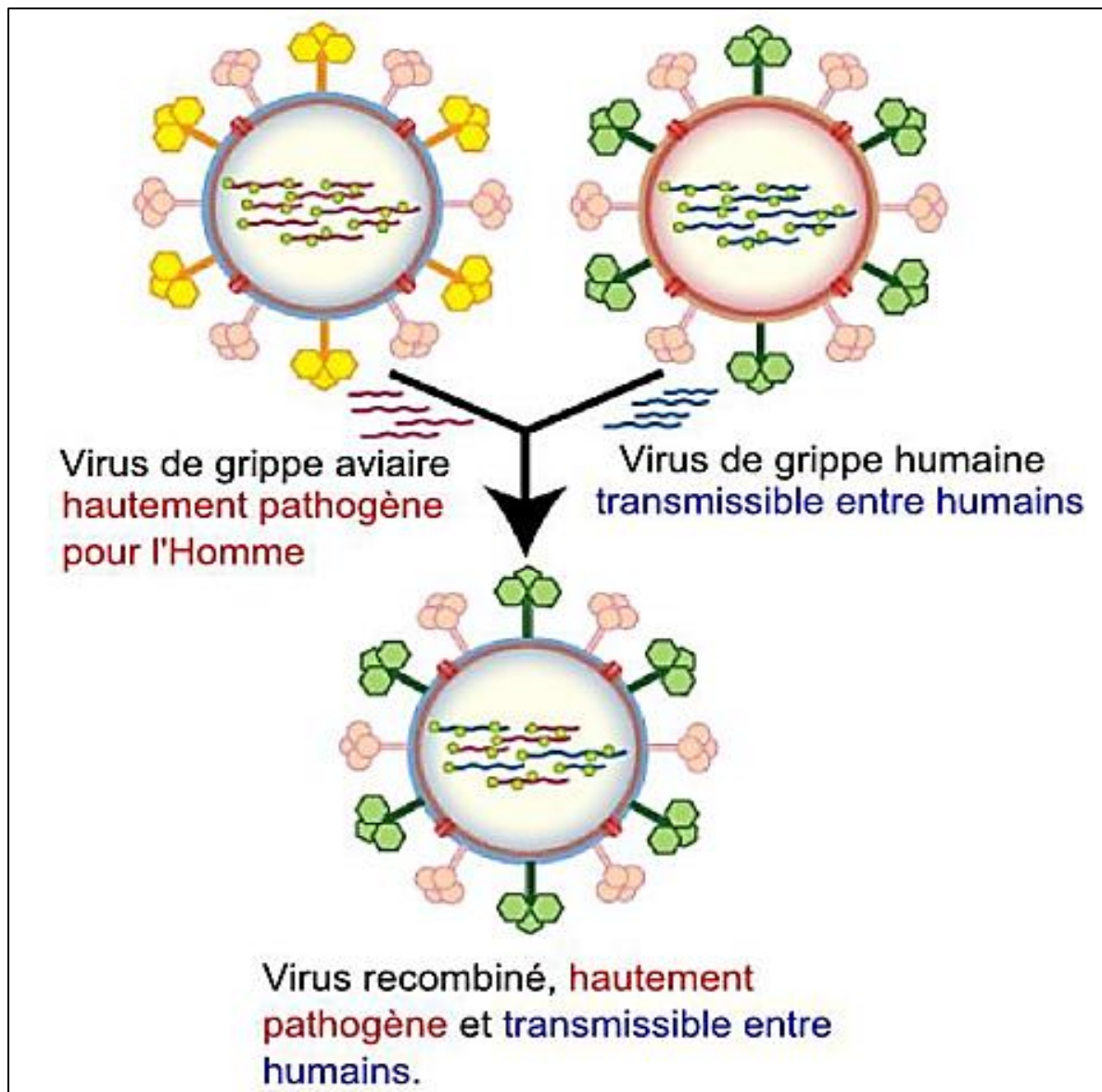
Le lytique et lysogénique

❖ Recombinaison et réassortiment

L'échange des gènes homologues est faisable chez les virus semblables lors de l'infection d'une même cellule. Dans les populations humaines lorsqu'il y a une forte transmission du virus, les infections mixtes avec plusieurs sous-types sont possibles avec des formes recombinantes des deux virus « parentaux »

4-Infection mixte chez les virus

Exemple : Une recombinaison virale ne peut se produire que lorsque deux virus infectent simultanément une même cellule. Des infections mixtes peuvent survenir en impliquant par exemple un virus d'oiseau (grippe aviaire) et un virus humain (grippe humaine). Les deux génomes viraux sont composés de huit fragments d'ARN différents. Lors de la co-infection d'une cellule, les segments de gènes des deux virus s'associent, se mélangent et donnent de nombreux variants. Ainsi, la cellule infectée va synthétiser un nouveau virus issu du brassage des virus viraux.



La recombinaison du virus de la grippe, par réassortiment