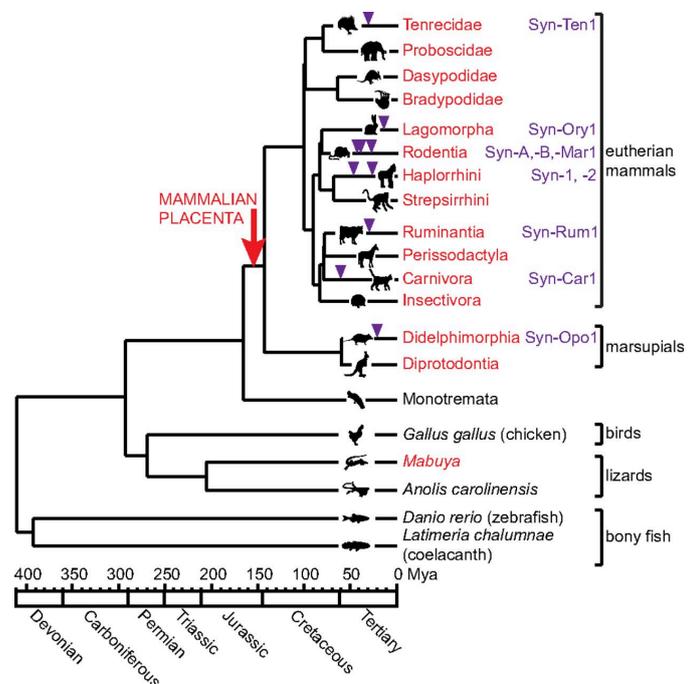


SVT	Thème 1A : Génétique et évolution	Term Spé
Cours	<b>Chapitre 2 : La complexification des génomes</b>	ESTHER

*En guise d'introduction, un article publié sur le CNRS : « Quand un lézard devient placentaire »*

Il est communément admis que les mammifères sont pour la plupart des placentaires, à quelques exceptions près comme l'ornithorynque qui pond encore des œufs. Ce qui est moins connu c'est l'existence de quelques non-mammifères qui possèdent un véritable placenta, finalement très proche de celui des mammifères. C'est le cas d'un lézard des Andes, le Mabuya.

De précédents travaux avaient montré que chez les mammifères, la formation du placenta est rendue possible par les syncytines, des gènes d'origine rétrovirale "capturés" par nos ancêtres et conservés fonctionnels sur des millions d'années d'évolution. Dans la présente étude publiée dans les *PNAS*, l'équipe de recherche coordonnée par Thierry Heidmann, chercheur CNRS et directeur du laboratoire « Physiologie et pathologie moléculaires des rétrovirus endogènes et infectieux » (CNRS/Université Paris-Sud) à Gustave Roussy, met en évidence que le lézard Mabuya a lui aussi "capturé" une syncytine il y a près de 25 millions d'années. Cette syncytine est proche de celles que l'on trouve chez les mammifères, et sa capture coïncide avec l'apparition de ce lézard très particulier. Ces résultats montrent que ce phénomène de capture et d'utilisation par l'hôte de gènes rétroviraux n'est pas restreint aux seuls mammifères et qu'il est un élément majeur dans la formation du placenta chez les vertébrés. Un exemple de convergence évolutive entre l'homme et le lézard !



<https://insb.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/quand-un-lezard-devient-placentaire> + <https://www.pnas.org/content/114/51/E10991>

## **Problème : Comment les génomes s'enrichissent et se complexifient (en dehors des mécanismes de la reproduction sexuée) ?**

### **I - Les transferts horizontaux d'ADN entre les bactéries**

➔ **Activité 1 - La digestion des makis, un exemple de transfert horizontal d'ADN entre bactéries**

On appelle **transferts génétiques horizontaux** des échanges de matériels génétiques en dehors de la reproduction sexuée.

Chez les bactéries, ces transferts sont connus depuis 1928 et les célèbres expériences de Griffith sur les souches R et S des pneumocoques (manuel BELIN : doc 1 et 2 page 59). Pour rappel, ces expériences ont joué un rôle clé dans l'identification de l'ADN en tant que molécules porteuses des informations génétiques.

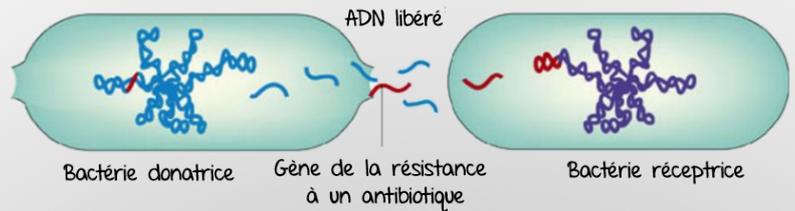
Lors de ces expériences Griffith et son équipe ont montré que des transferts d'informations génétiques se produisaient entre bactéries. Plus tard, Avery et MacLeod montreront que ces transferts se font par des échanges d'ADN entre les bactéries.

On sait désormais que ces échanges entre bactéries peuvent se faire selon plusieurs modalités :

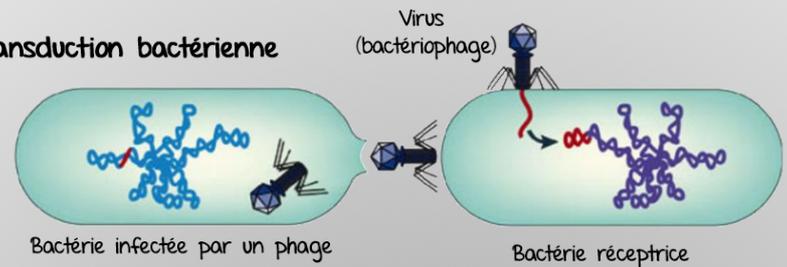
- **transformation** : intégration d'ADN présent dans l'environnement ;
- **transduction** : transfert d'ADN par l'intermédiaire d'un virus (bactériophage) emportant des fragments du génome d'une bactérie donneuse vers une bactérie receveuse ;
- **conjugaison** : transfert d'ADN entre deux bactéries par l'intermédiaire d'un « pilus bactérien », formant un pont entre les bactéries ;

## Schéma - Les transferts horizontaux chez les bactéries

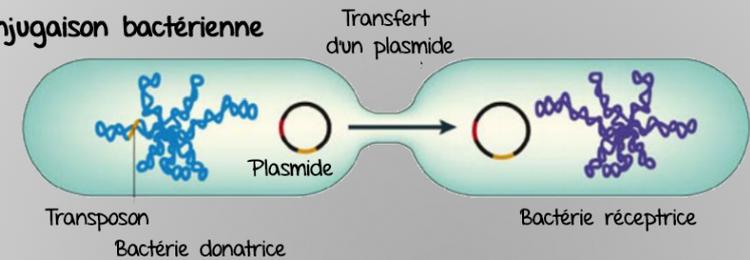
### Transformation bactérienne



### Transduction bactérienne



### Conjugaison bactérienne



Les transferts horizontaux sont fréquents au sein des populations bactériennes et ont des effets importants sur l'évolution de ces populations. On connaît notamment le rôle important de ces échanges dans l'acquisition de **résistances aux antibiotiques** chez les bactéries (manuel BELIN : docs 4 et 5 page 59).

Par ailleurs, les transferts horizontaux peuvent être utilisés par les humains dans le cadre des **biotechnologies**.

Par exemple, l'insuline humaine nécessaire pour le traitement du diabète est produite grâce à des bactéries *Escherichia coli* transformées par intégration du gène humain de l'insuline (manuel BELIN : doc 6 page 59).

### Pour aller plus loin :

<https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/pdf/2010/09/medsci20102610p811.pdf>

<https://www.franceculture.fr/sciences/e-coli-o104h4-transfert-de-genes-et-etat-de-guerre-bacteriologique>

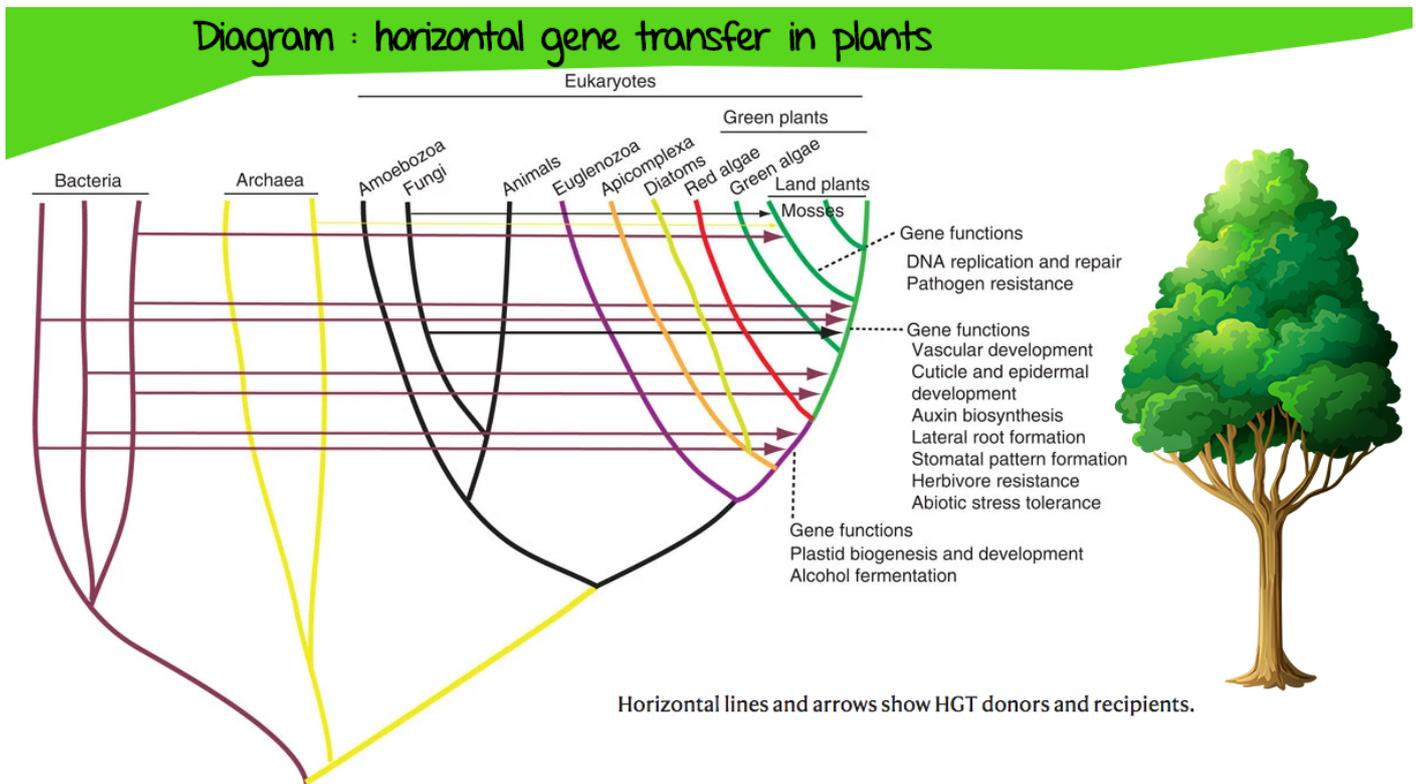
[https://www.youtube.com/watch?v=GzCLp1KBf4Q&ab\\_channel=SteveMould](https://www.youtube.com/watch?v=GzCLp1KBf4Q&ab_channel=SteveMould)

**Transition :** Nous avons observé l'importance des transferts horizontaux dans les populations bactériennes. On peut donc se demander si de tels mécanismes existent dans d'autres groupes d'êtres vivants et quels sont leurs impacts sur l'évolution de espèces concernées.



- le **gène de la syncytine** permettant la mise en place du placenta chez les mammifères placentaires (et chez le lézard Mabuya, voir introduction) ; ce gène provient par transfert horizontal d'un rétrovirus et code pour les protéines de l'enveloppe de celui-ci (manuel BELIN : doc 1 à 5 page 59) ;
- le **gène permettant la fabrication des enzymes à l'origine des caroténoïdes** chez le Puceron proviendrait d'un transfert horizontal depuis le génome d'une plante verte ;
- des exemples de transferts de gènes ont été mis en évidence entre des plantes parasites et leurs hôtes : la plante parasite *Rafflesia* a récupéré un gène de son hôte la liane *Tetrasigma* ou encore la plante parasite *Striga* a récupéré plusieurs gènes mitochondriaux de son hôte le Sorgho ;

Par ailleurs, pour étudier les transferts horizontaux et l'acquisition de nouvelles fonctions chez les plantes « terrestres », une équipe de scientifique a séquencé le génome d'une mousse *Physcomitrella patens* et a mis en évidence plus de 50 évènements de transferts de gènes provenant de bactéries, d'archées et de champignons. Chez l'Homme, on estime que 10% de notre génome est d'origine virale.



Certains de ces nouveaux gènes récupérés par transfert horizontal peuvent procurer un avantage sélectif et être conservés dans les génomes.

**Pour aller plus loin :**

[https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full\\_html/2012/09/medsci2012288-9p695/medsci2012288-9p695.html](https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2012/09/medsci2012288-9p695/medsci2012288-9p695.html)

<http://www.cnrs.fr/fr/placenta-chez-les-femelles-masse-musculaire-chez-les-males-le-double-heritage-dun-virus>

[https://www.youtube.com/watch?v=BiRc2FGh71o&ab\\_channel=StatedClearly](https://www.youtube.com/watch?v=BiRc2FGh71o&ab_channel=StatedClearly)

### III – Les endosymbioses et la complexification des génomes

#### → Activité - L'origine endosymbiotique des organites

##### 1) Une définition de l'endosymbiose

La **symbiose** est une association durable à bénéfices réciproques entre organismes d'espèces différentes. Cette association peut être particulièrement étroite si l'un des partenaires vit à l'intérieur des cellules ou des tissus de l'autre : on parle alors d'**endosymbiose**.

Dans la plupart des cas, l'organisme à l'intérieur des cellules procure un avantage nutritionnel à son hôte tandis que l'hôte procure un milieu protégé et stable.

On peut citer comme exemple d'endosymbiose le cas des coraux qui sont constitués par l'association d'un polype constructeur (animal) et d'algues unicellulaires, les zooxanthelles. Les coraux se développent dans des eaux claires ce qui permet la photosynthèse par les algues. Par ailleurs, on observe la fabrication de molécules antioxydantes par l'hôte (polype) qui protègent des effets toxiques de l'excès de dioxygène lié à la photosynthèse. L'association des deux organismes leur permet une meilleure adaptation à leur milieu mais elle impose des contraintes (ex : excès de dioxygène).

En résumé, l'endosymbiose associe étroitement les génomes des deux partenaires et contribue donc à une complexification des génomes.

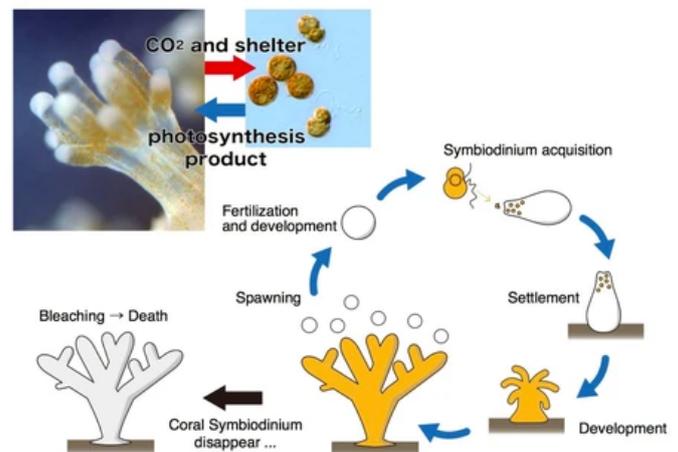
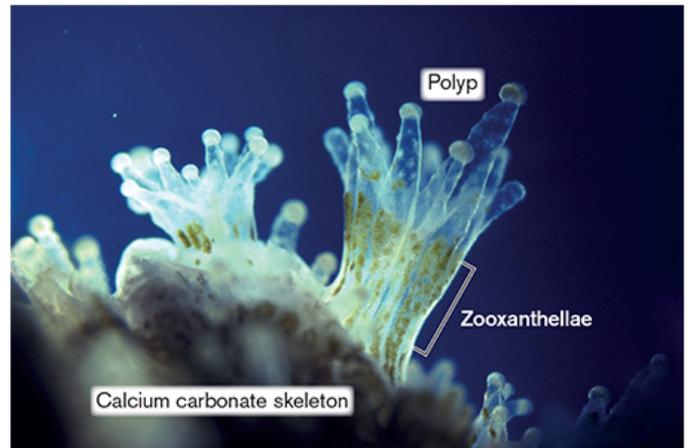


Diagram : a symbiotic relationship between Coral and Symbiodinium (algae, zooxanthellae)

##### 2) L'origine endosymbiotique des organites

Les organites énergétiques tels que les **mitochondries** (chez les eucaryotes) et les **chloroplastes** (chez les eucaryotes photosynthétiques) sont transmis d'une génération à l'autre et font partie intégrante de la machinerie cellulaire. Leurs caractéristiques structurales et leurs génomes rappellent néanmoins ceux des bactéries. De nombreux arguments permettent donc d'affirmer que ces organites sont issus d'évènements passés d'endosymbiose (**théorie endosymbiotique**).

On constate par ailleurs que :

- une partie du génome mitochondrial et chloroplastique a été intégré au génome des cellules hôtes
- une perte de gènes redondants dans les organites

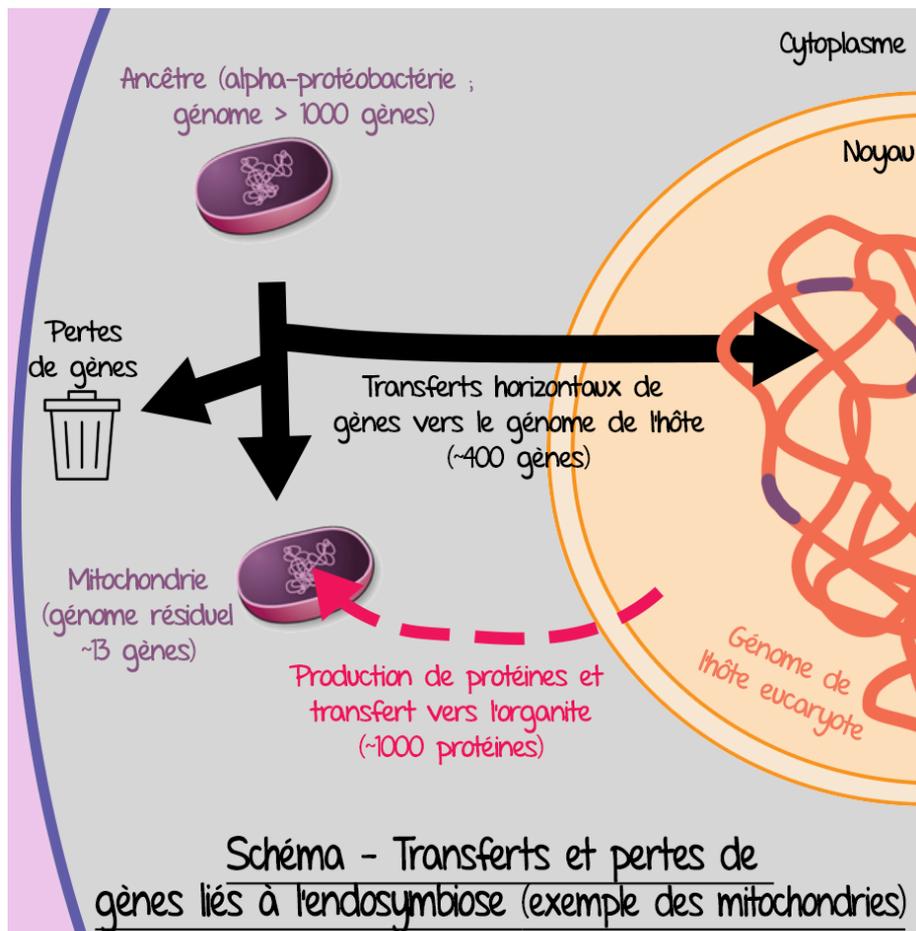
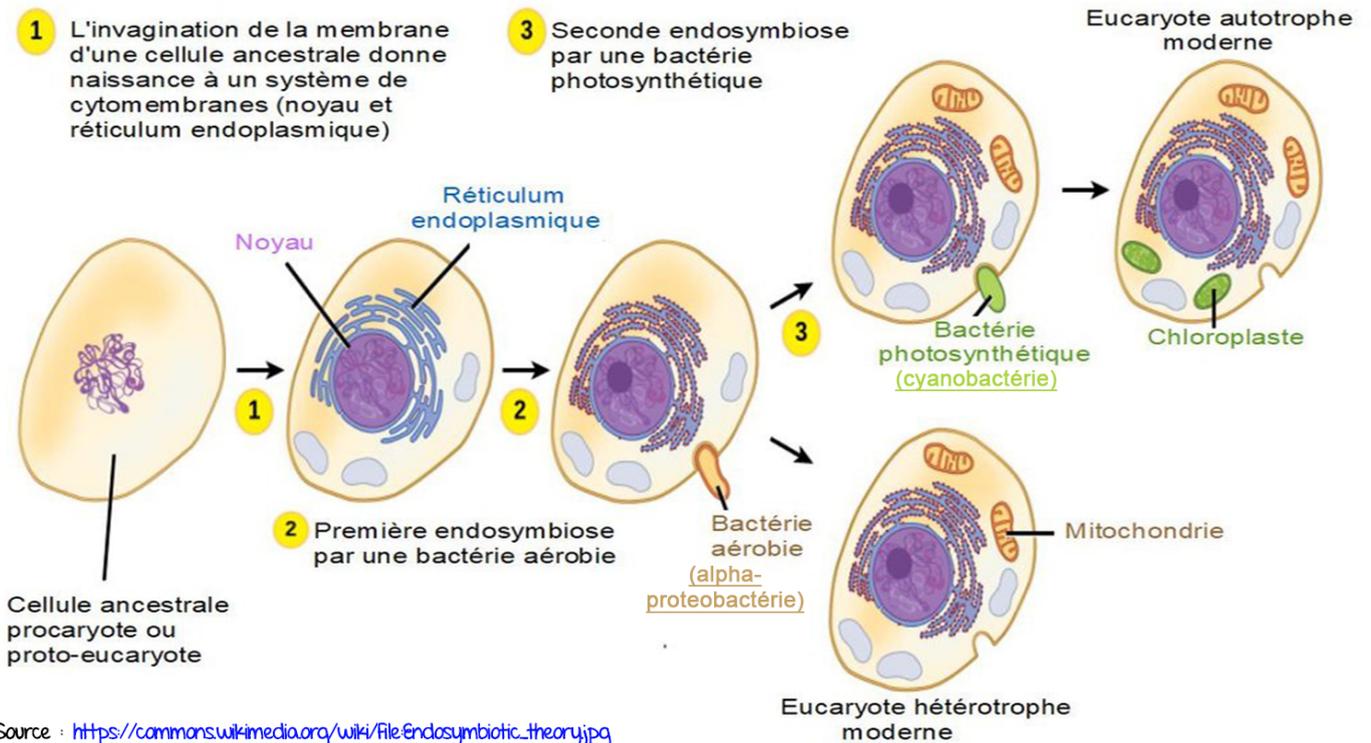
Ces mécanismes participent à la transformation de l'endosymbiote en organe permanent.

#### Pour aller plus loin :

<https://isyeb.mnhn.fr/sites/isyeb/files/documents/selosse2009biofutur.pdf>

[https://www.college-de-france.fr/media/philippe-sansonetti/UPL5956343278269575180\\_seminaire\\_lopez.pdf](https://www.college-de-france.fr/media/philippe-sansonetti/UPL5956343278269575180_seminaire_lopez.pdf)

# Schéma : théorie de l'endosymbiose, origine des compartiments et organites des cellules eucaryotes



Dans le cas des chloroplastes, on pense que c'est une cyanobactérie qui ce serait à l'origine de cette endosymbiose. On constate les mêmes phénomènes de pertes et de transferts de gènes suite à l'endosymbiose. Il ne reste plus qu'une centaine de gènes dans le génome chloroplastique. Le génome des plantes contient quand à lui jusqu'à 15% de gènes d'origine cyanobactérienne.

### Encart – Les arguments en faveur de l'origine endosymbiotique des organites

<b>Component</b>	<b>Evidence</b>
<b>Membranes</b>	Some organelles have double membranes (outer membrane may be vesicular in origin)
<b>Antibiotics</b>	Susceptible to antibiotics (e.g. chloramphenicol) (indicates organelles may have bacterial origins)
<b>Division</b>	Reproduction occurs via a fission-like process
<b>DNA</b>	Has own DNA which is naked and circular (like prokaryotic DNA structure)
<b>Ribosomes</b>	Have ribosomes which are 70S in size (identical to prokaryotic ribosomes)

Source : bioninja.com



### **Conclusion**

Les échanges entre êtres vivants d'espèces différentes sont donc très fréquents au cours de l'évolution et participent à la complexification/diversification des génomes. Les génomes des êtres vivants actuels en portent les indices... notre ADN comporte ainsi des morceaux d'ADN viral, d'ADN mitochondrial (donc bactérien), etc.

Notre vision d'un arbre évolutif du vivant sous la forme d'un arbre aux branches bien distinctes et parallèles doit donc être partiellement revue : des échanges horizontaux et des événements d'endosymbioses jouent un rôle majeur dans l'évolution des génomes.