



Anémone (*Anemonia viridis*) colorée en vert par ses algues symbiotiques (*Symbiodinium* sp.), vasque bretonne.

© P.Baly

Chapitre 5 : La complexification des génomes : transferts horizontaux et endosymbioses

T spécialité SVT

Information génétique provient de deux origines :

- **Transmission verticale** (des ascendants aux descendants)
- **Transmission horizontale** : transferts en dehors de la transmission génération elle (infection par ex)

Des êtres vivants ont besoin pour survivre d'autre êtres vivants (lichen, coraux, plantes....) : c'est des associations à bénéfice réciproque : les **symbioses**.

Endosymbiose : processus troublant de capture d'un être vivant par un autre être vivant.

Comment se réalisent les transferts horizontaux ? Quelles sont leurs conséquences pour le vivant ?

Comment la plasticité du vivant permet-elle de mettre en place des endosymbioses ?

Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

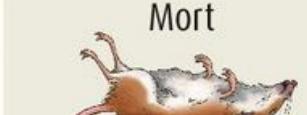
B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

1) La transformation

L'expérience historique de F.Griffith (1928) : la transformation bactérienne

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

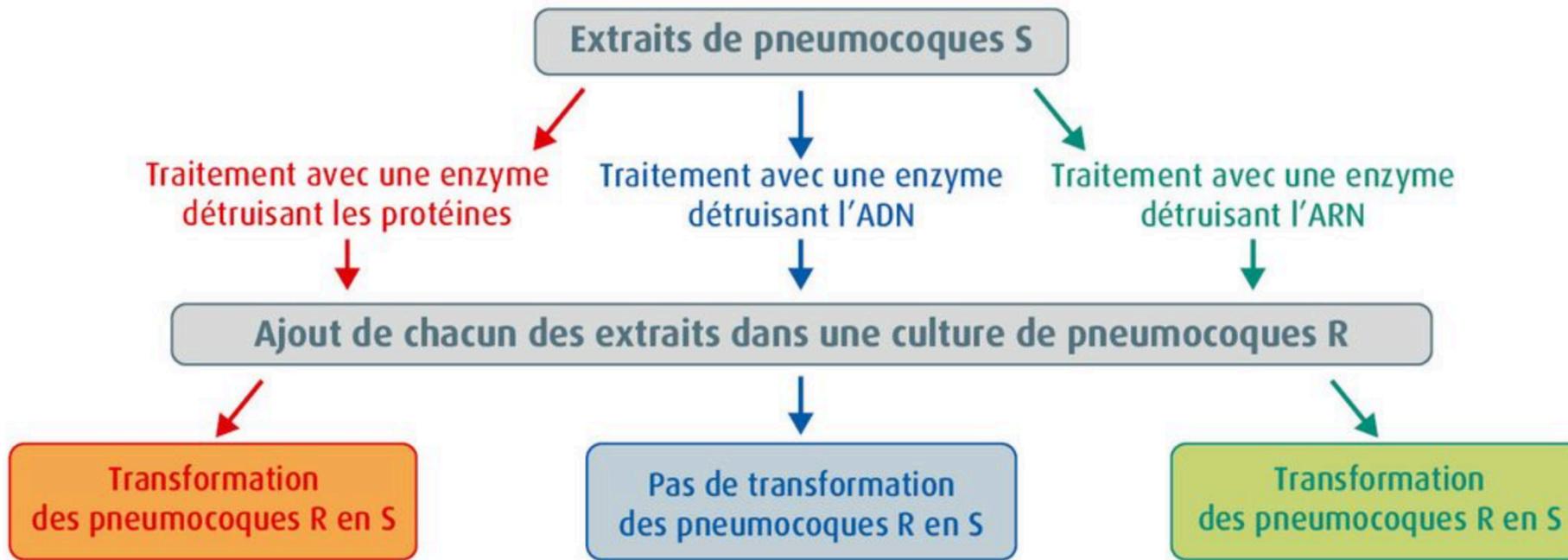
© Belin Éducation/Humensis, 2020 Manuel SVT Terminale spécialité

Pour ceux qui préfèrent en vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=T-KqC6Ha24g>

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

1) La transformation

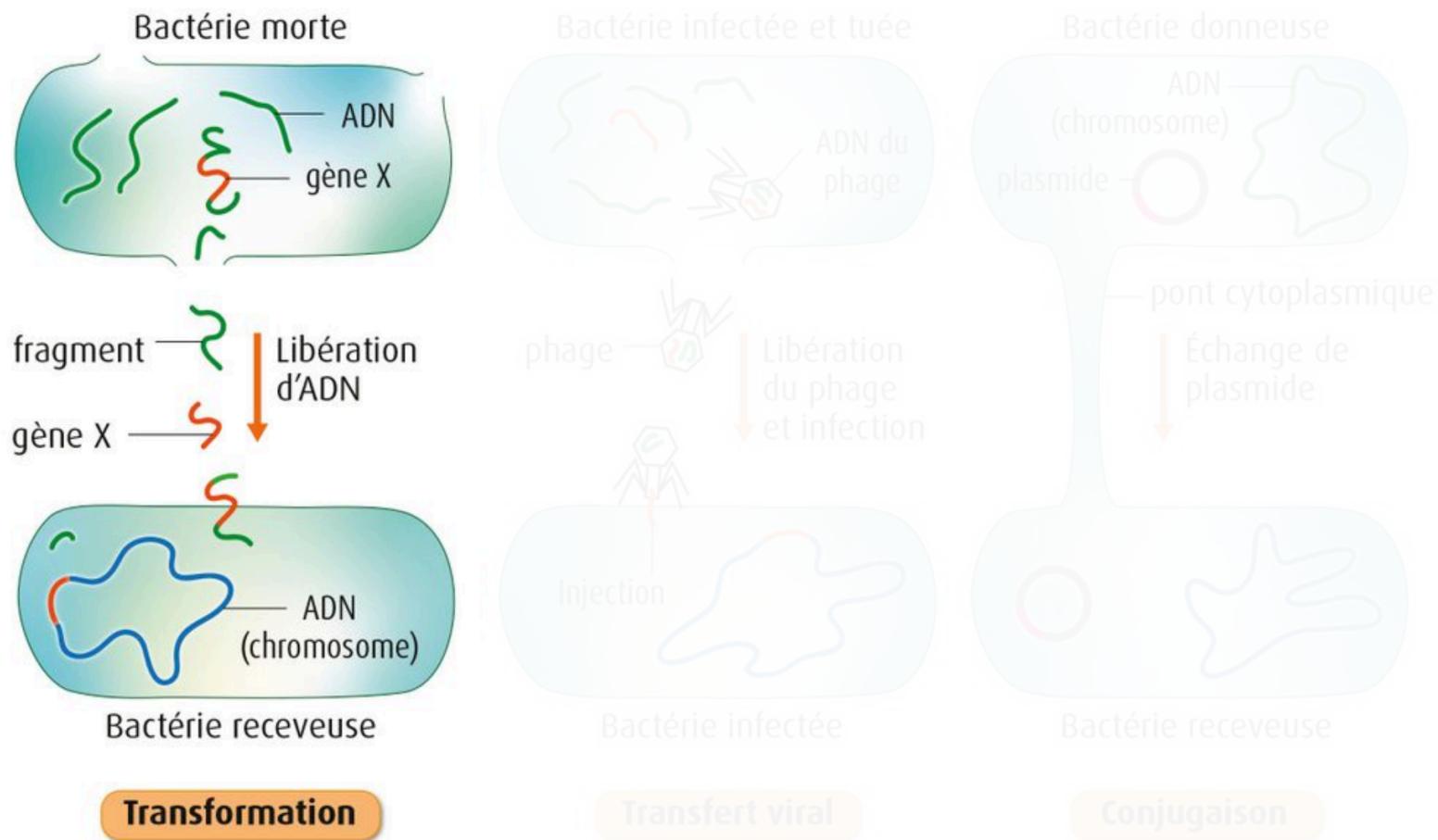


L'expérience historique de 1944, Oswald AVERY, Colin MACLEOD et Maclyn McCARTHY la transformation bactérienne

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

1) La transformation



La transformation : un transfert horizontal entre des bactéries

Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

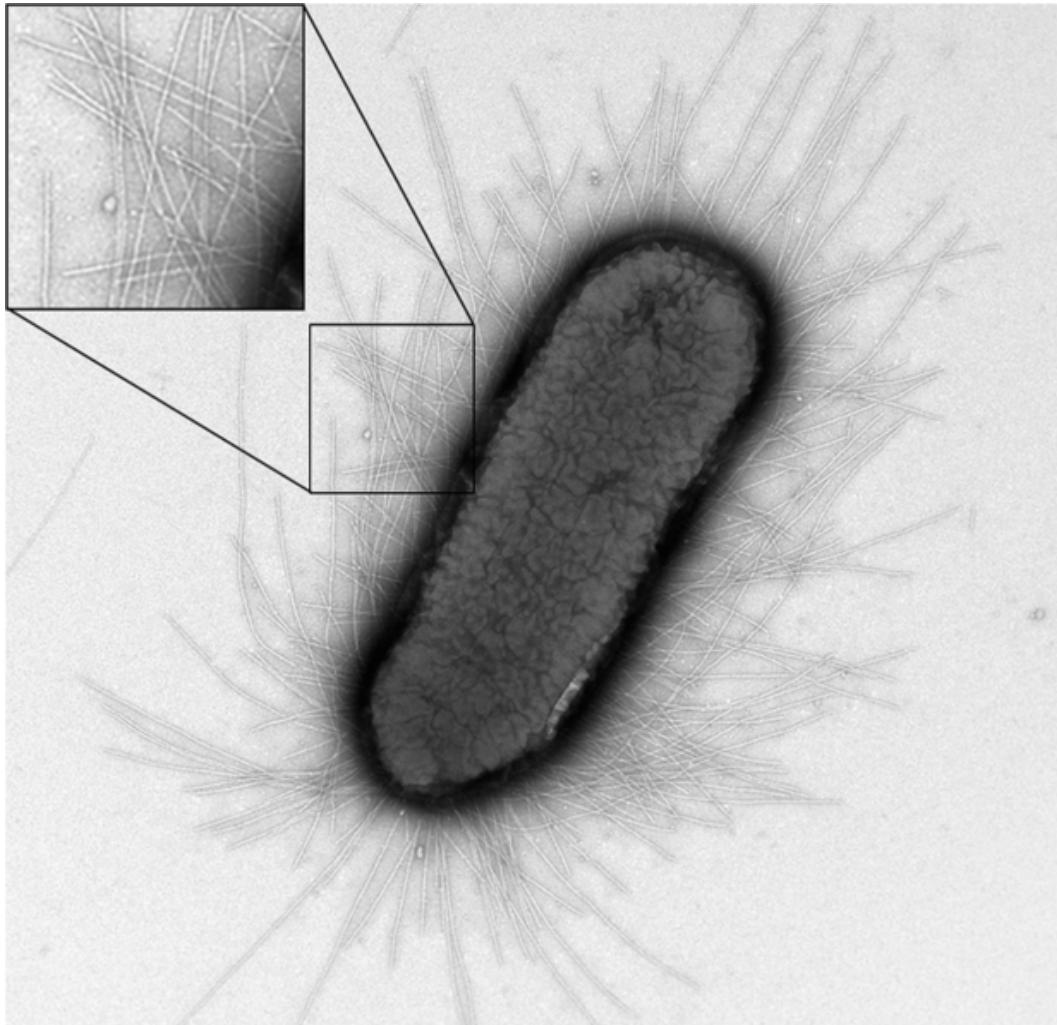
B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

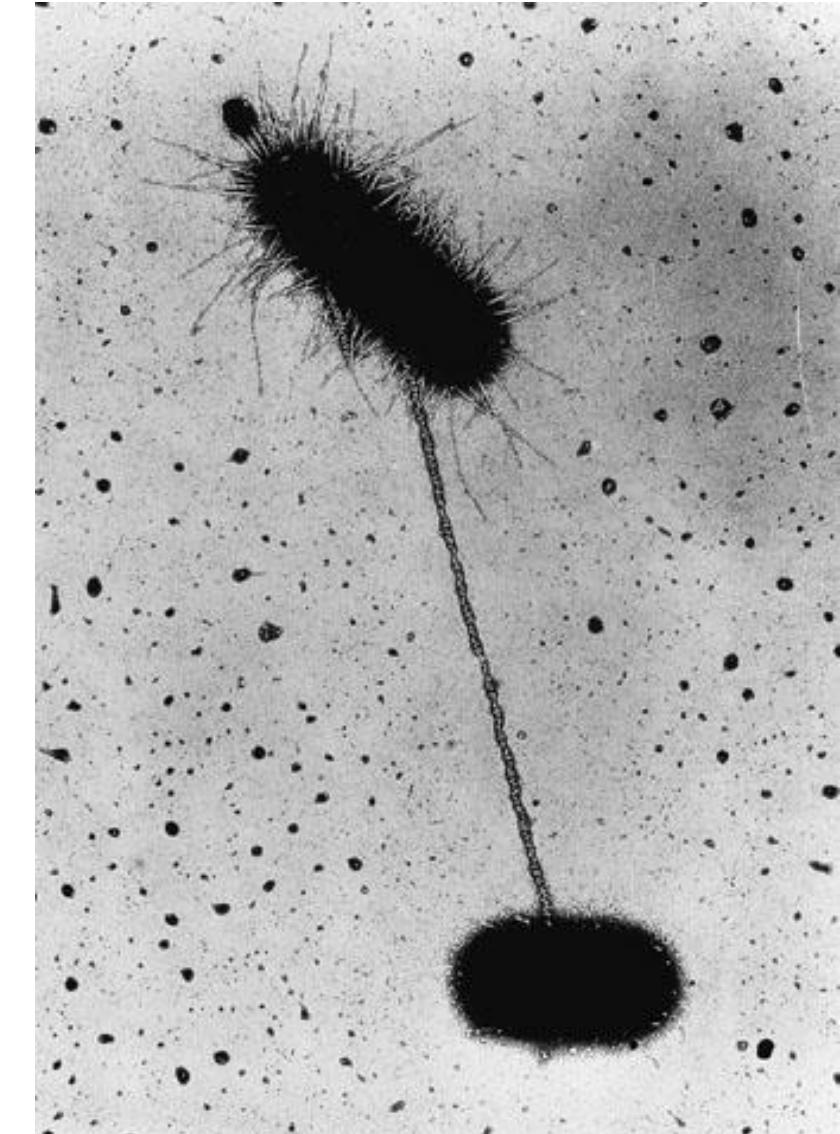
A) Des transferts fréquents entre bactéries

2) La conjugaison

An electron micrograph view of *E. coli*, with a close-up of the pili in the inset



<http://2010.igem.org/File:Michigan-Pili2.png>

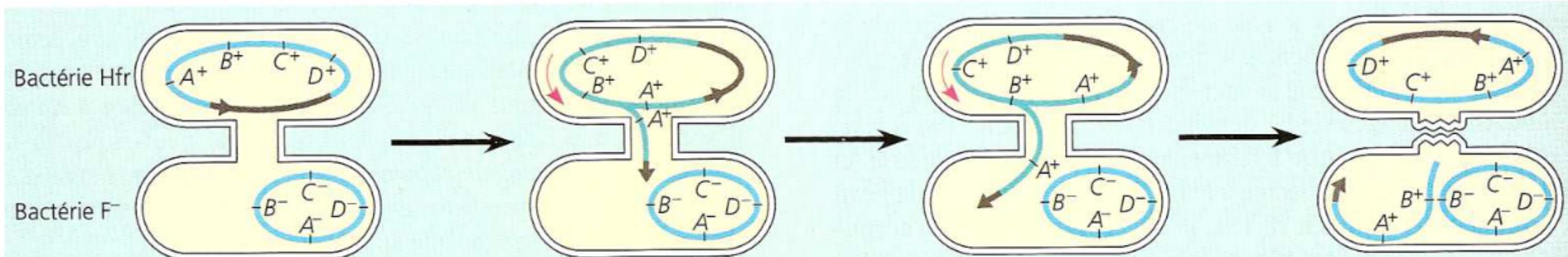


<https://biology.stackexchange.com/questions/15640/bacterial-conjugation-horizontal-gene-transfer-how-does-the-plasmid-exchange>

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

2) La conjugaison

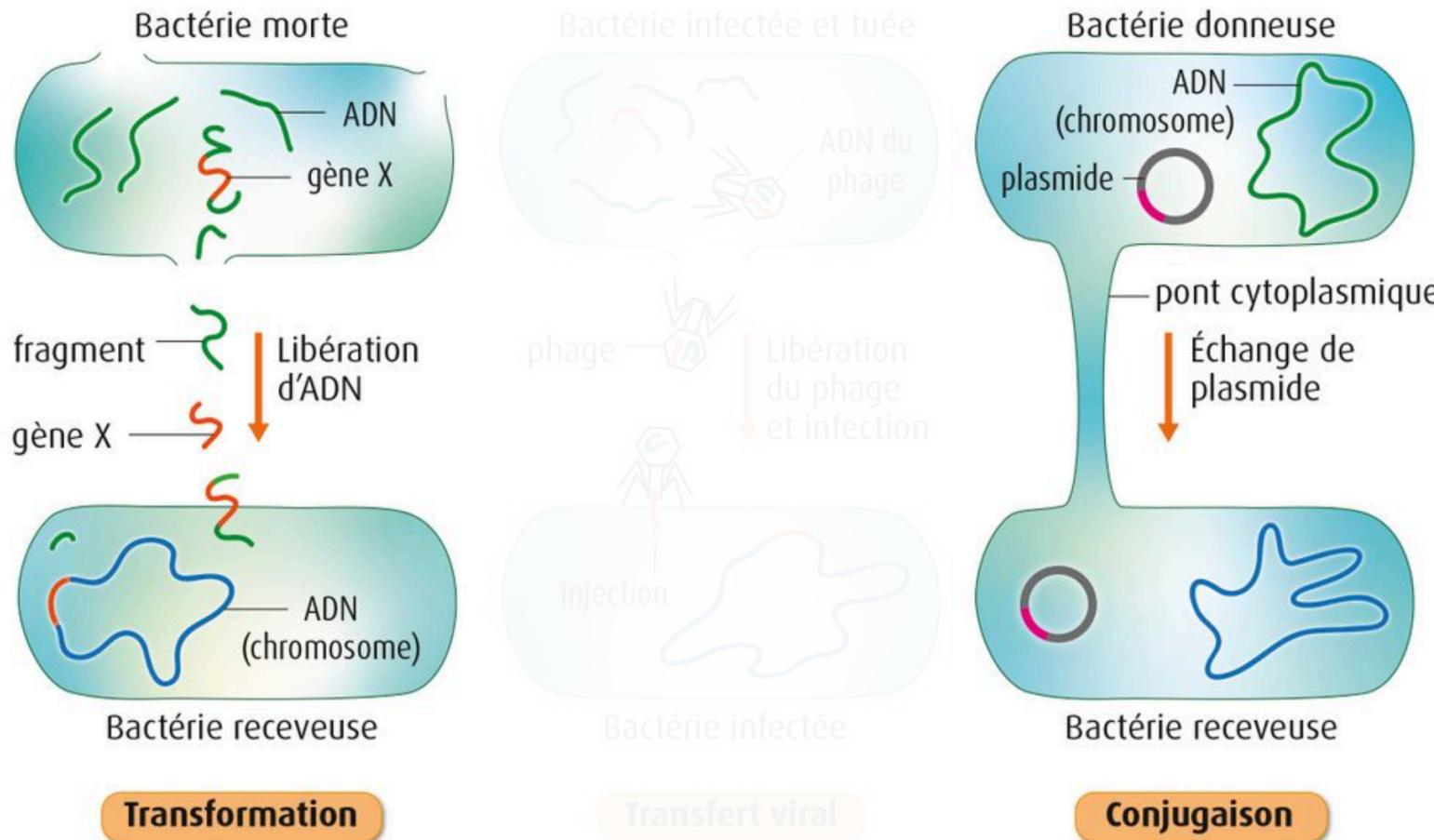


Conjugaison entre une bactérie Hfr et une bactérie F-. La réplication et le transfert du chromosome Hfr commencent à un point déterminé (pointe de la flèche) du facteur F. Le site d'insertion et l'orientation du facteur F dans le chromosome déterminent la séquence de transfert des gènes pendant la conjugaison. Dans cette souche de *E. coli*, l'ordre de transfert de quatre gènes est A-B-C-D. Le pont de conjugaison se brise habituellement bien avant que l'ensemble du chromosome et la dernière partie du facteur F soient transférés.

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

2) La conjugaison



Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

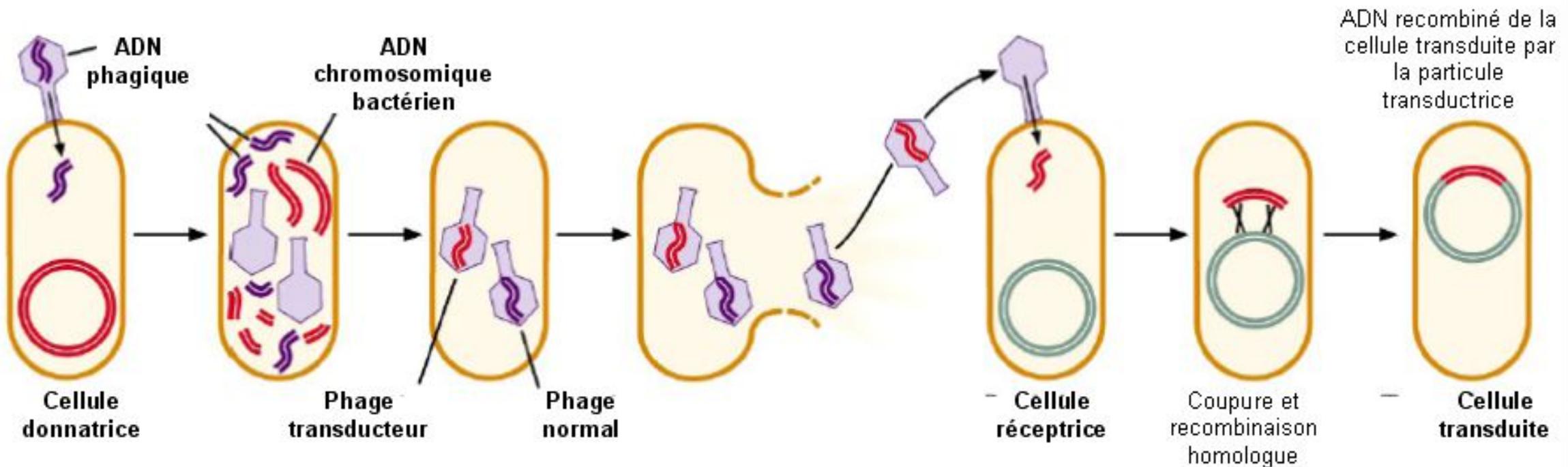
A) Un processus pas si rare que cela...

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

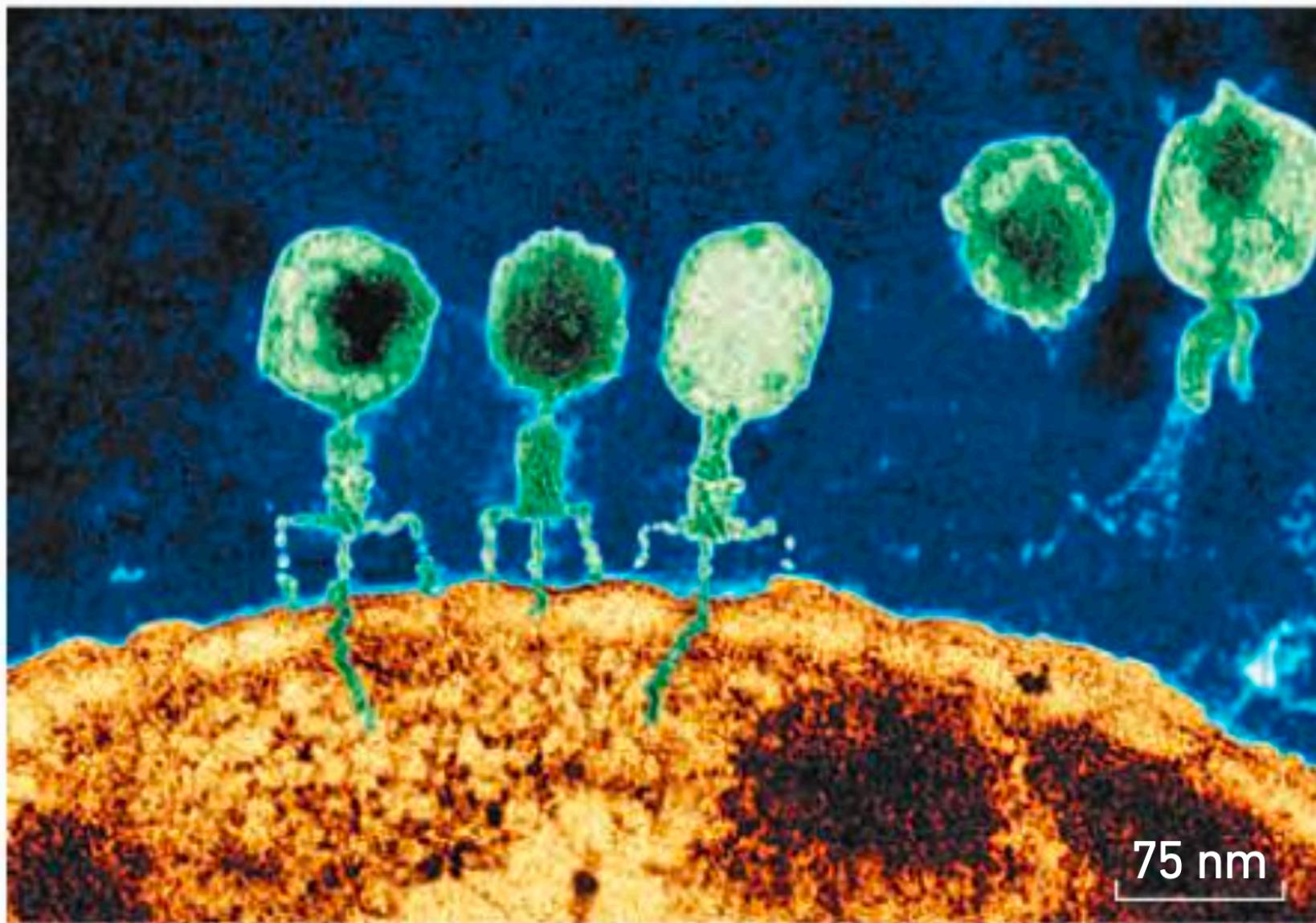
A) Des transferts fréquents entre bactéries

2) La transduction



Dr Buruoa, laboratoire de microbiologie, CHU Poitiers
<https://slideplayer.fr/slide/1651951/>

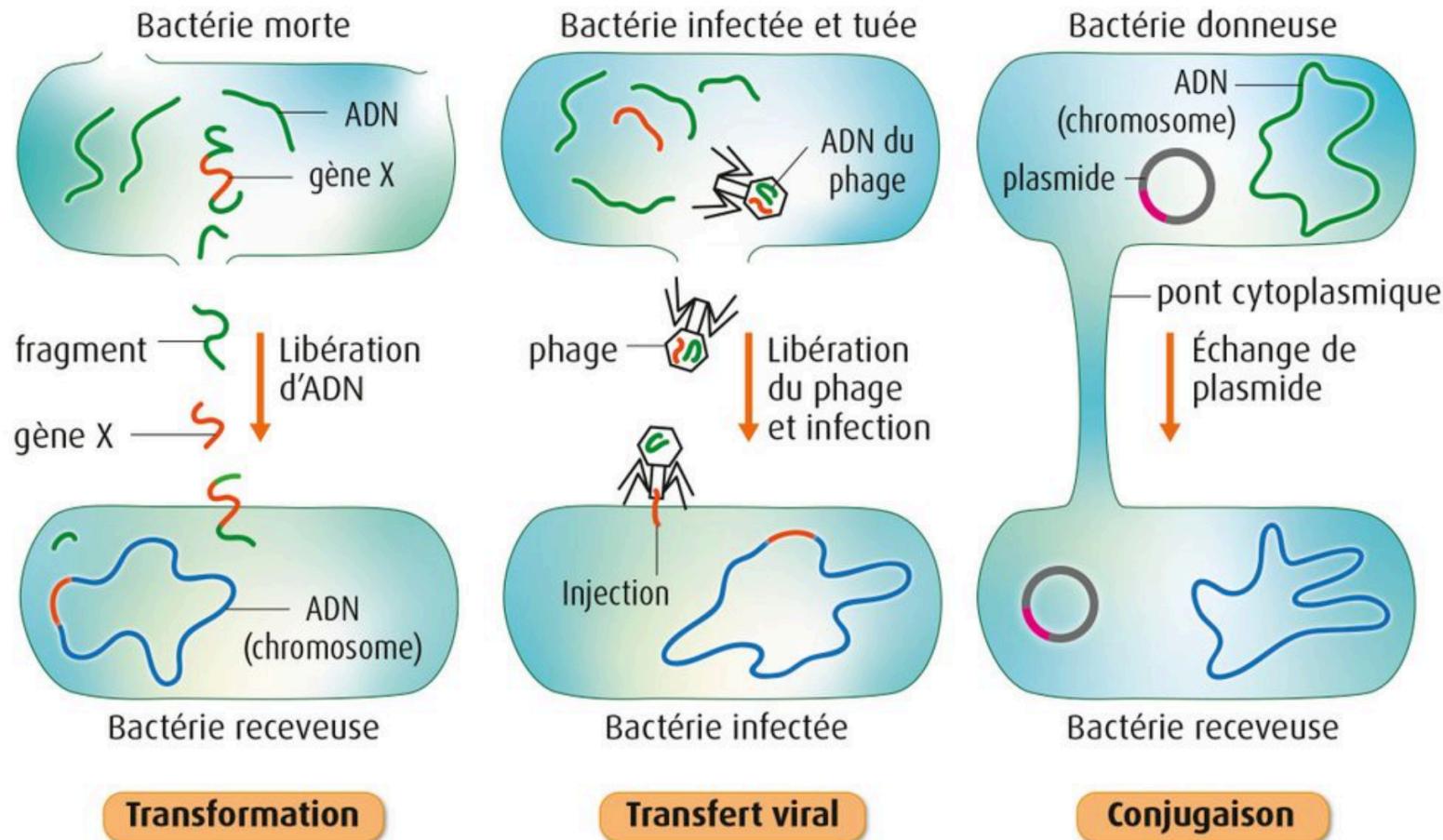
Bactériophages injectant leur ADN dans une bactérie



I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

3) La transduction



Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

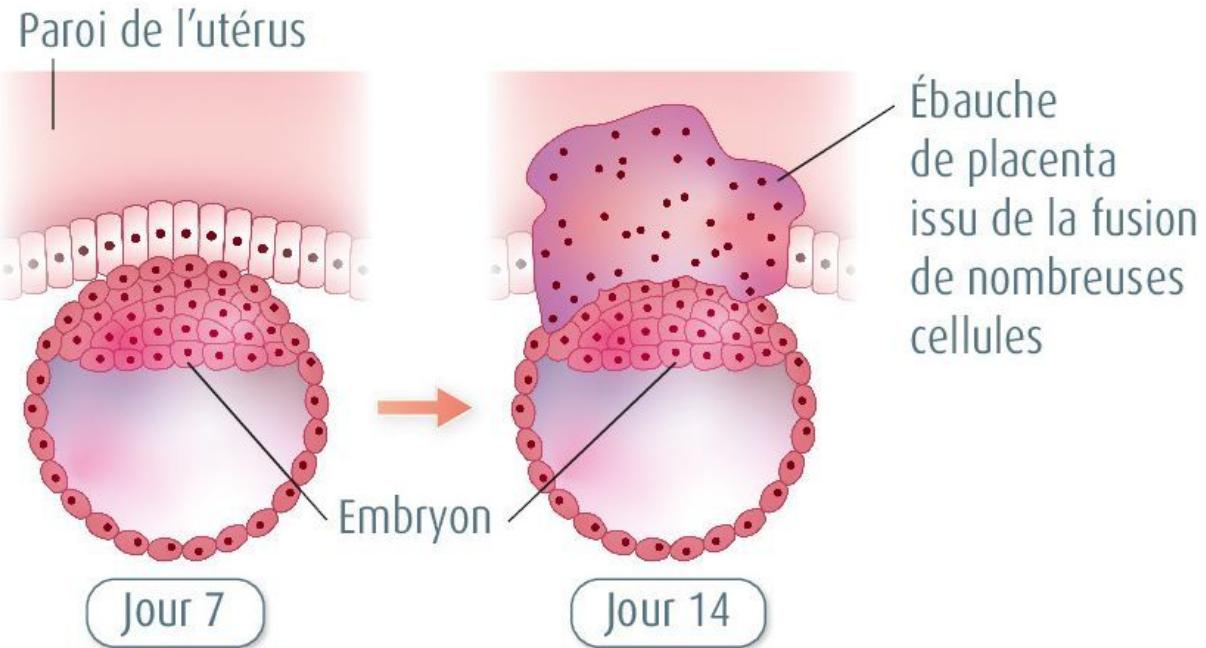
II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

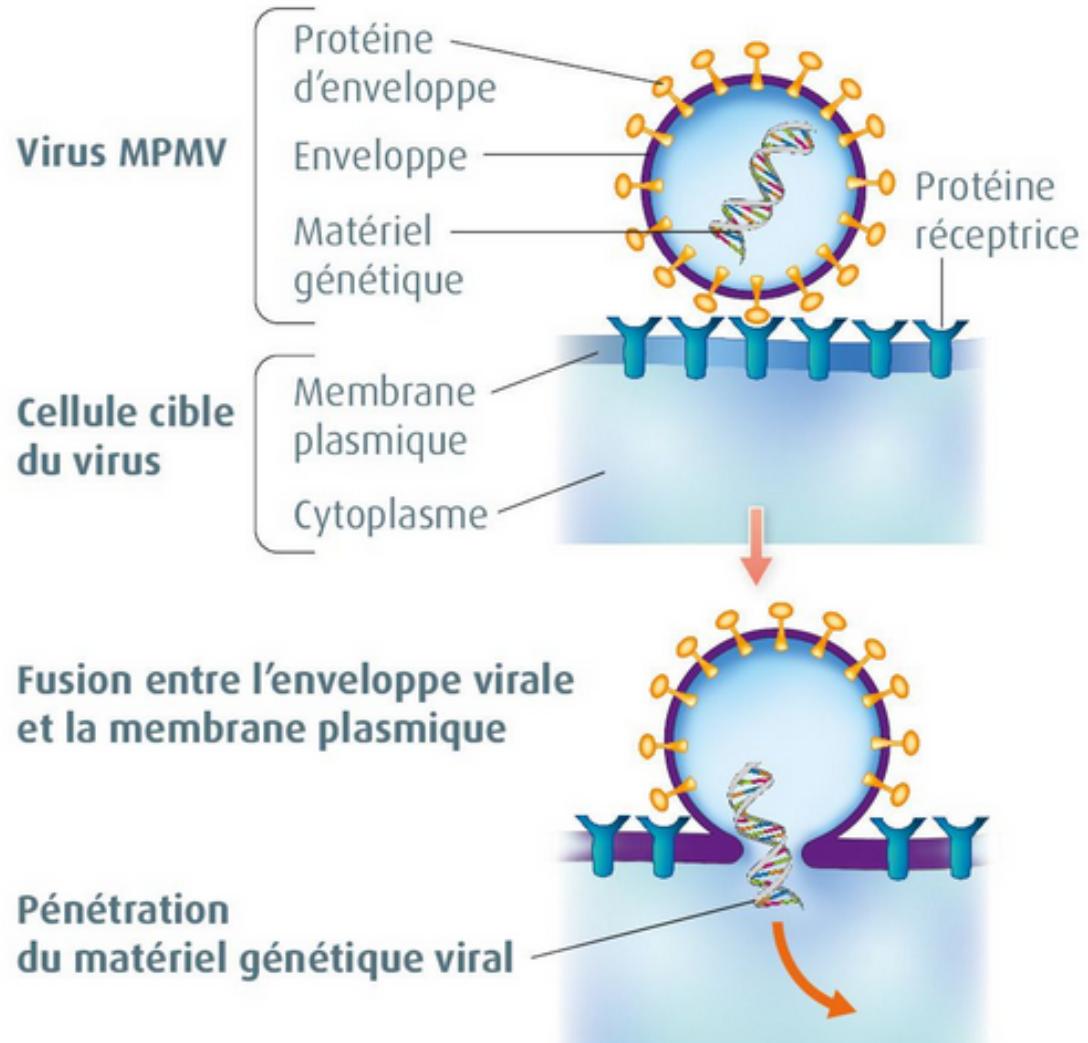
B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

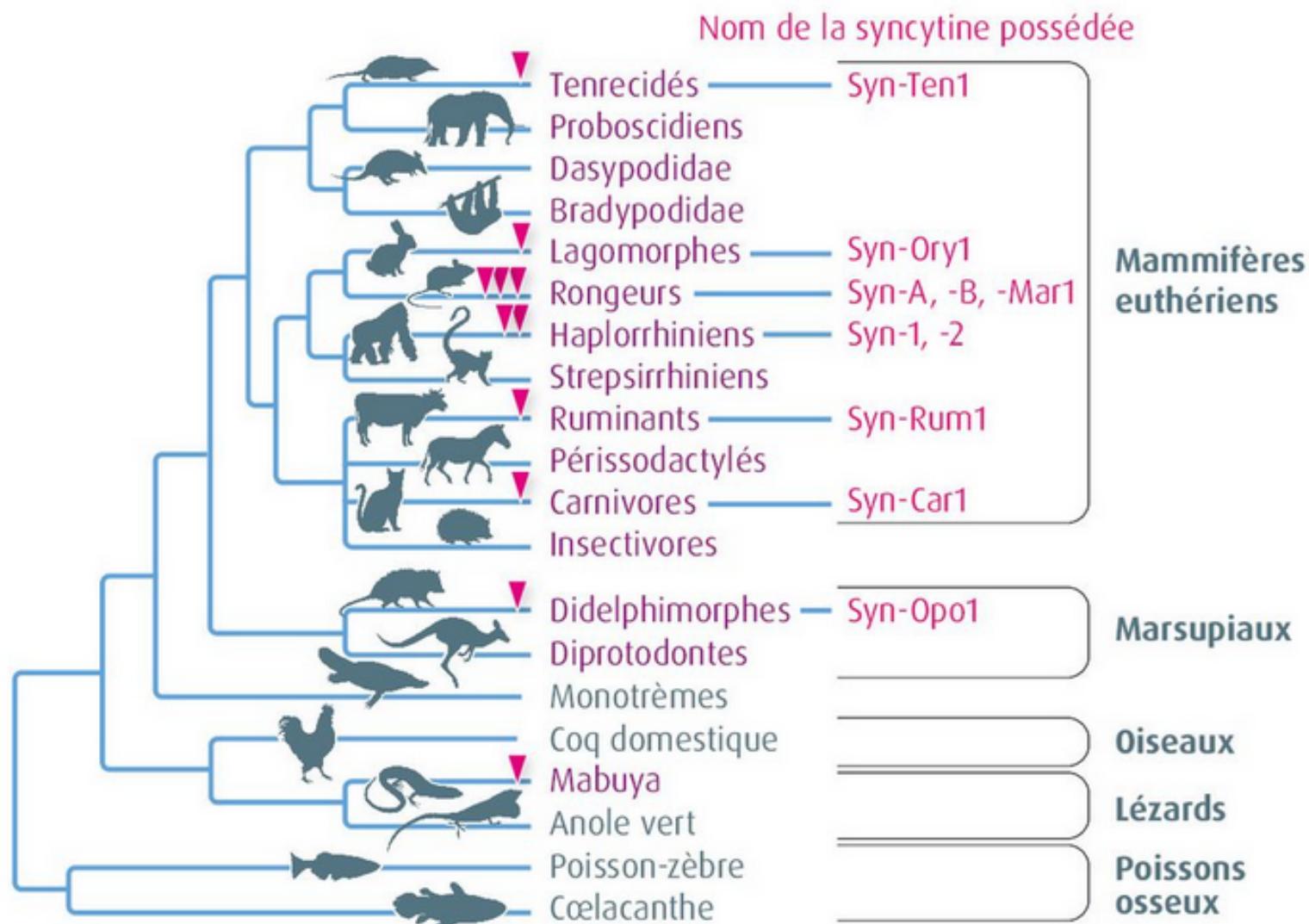


Un transfert d'un gène d'origine virale vers les Primates : le gène de la syncitine



I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant



Les groupes qui possèdent une syncytine sont indiqués.

Le triangle violet schématise un événement de transfert horizontal.

Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

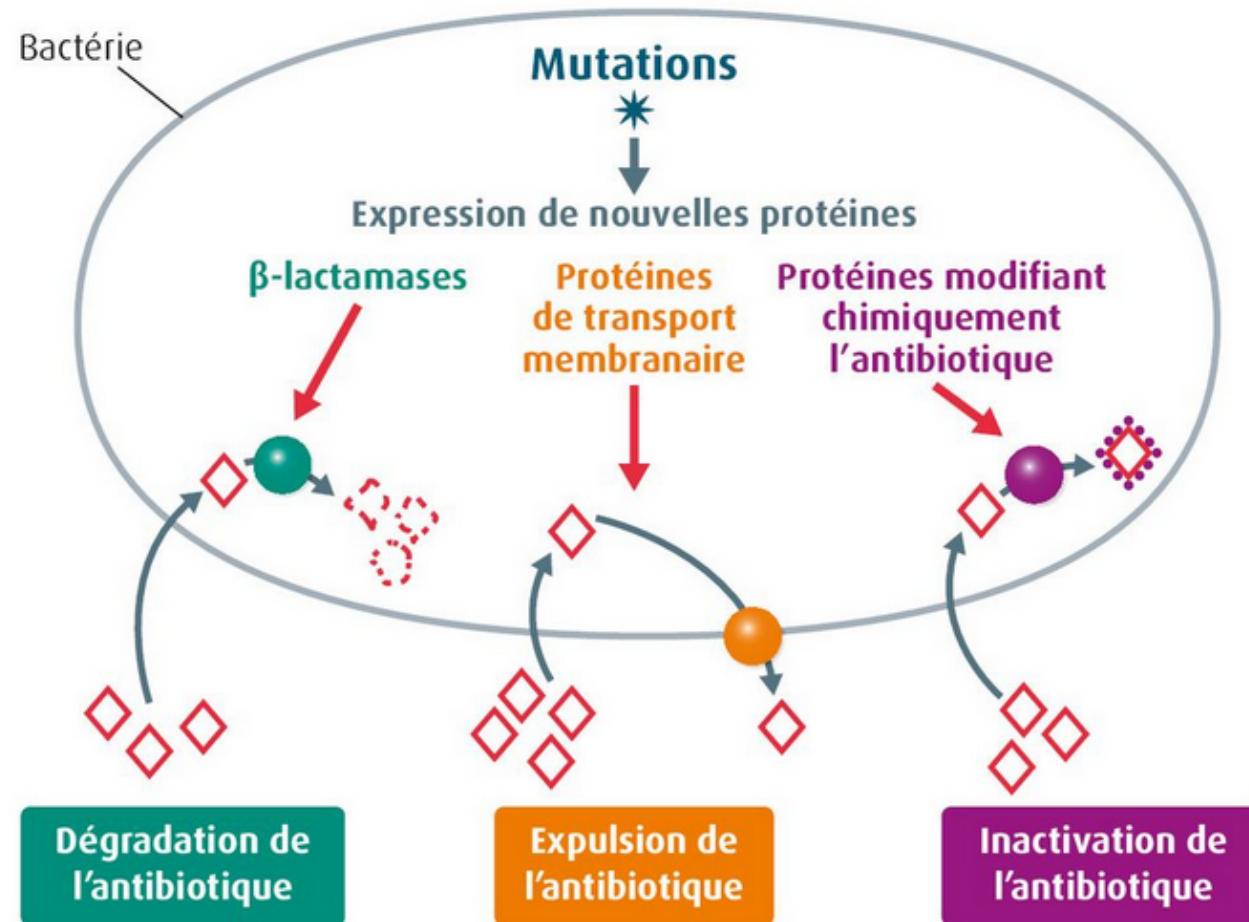
A) Un processus pas si rare que cela...

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

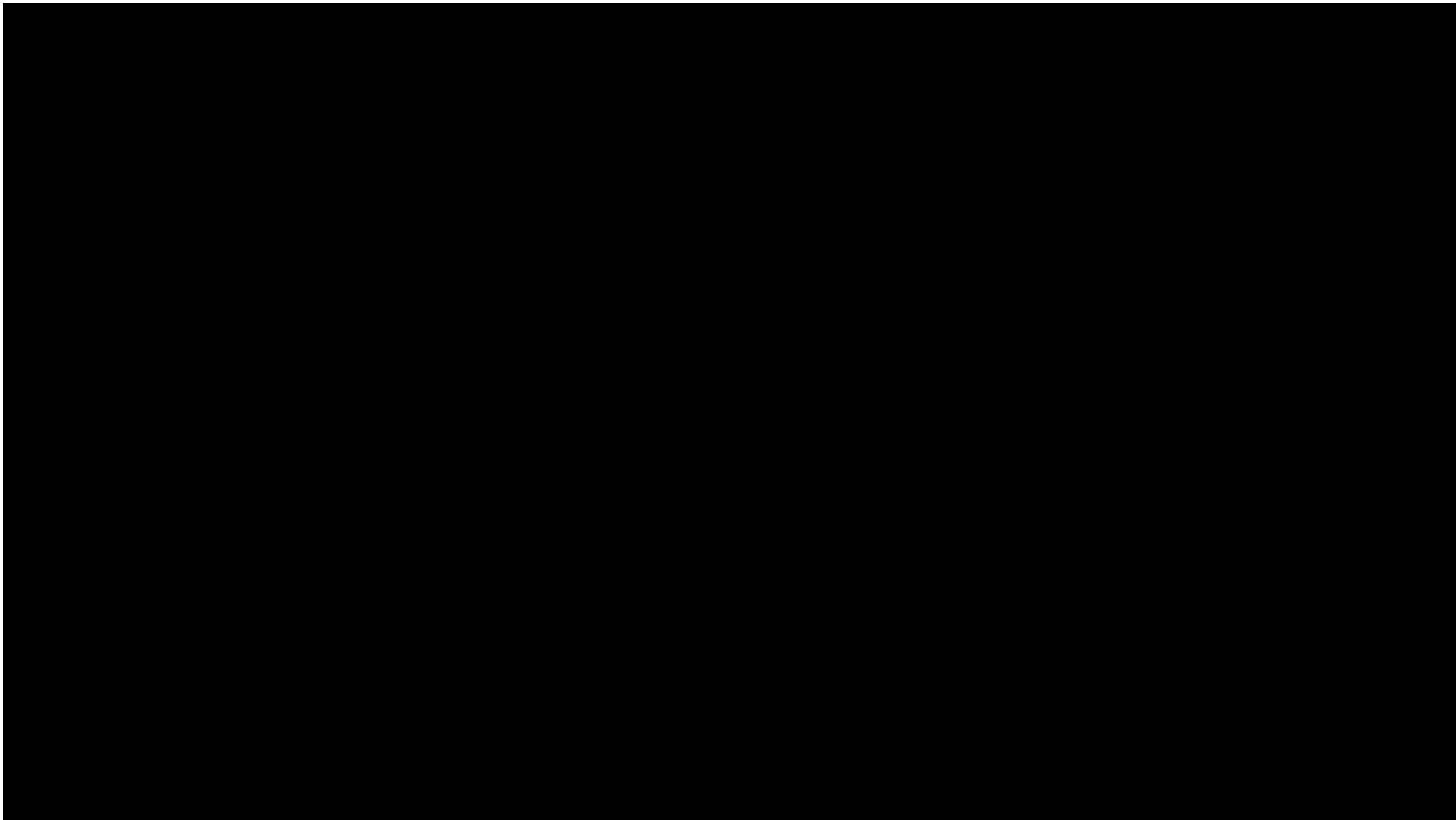
C) Quelques applications en santé humaine

1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques



L'origine de la résistance aux antibiotiques.... ?

Résistance bactérienne et évolution



Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

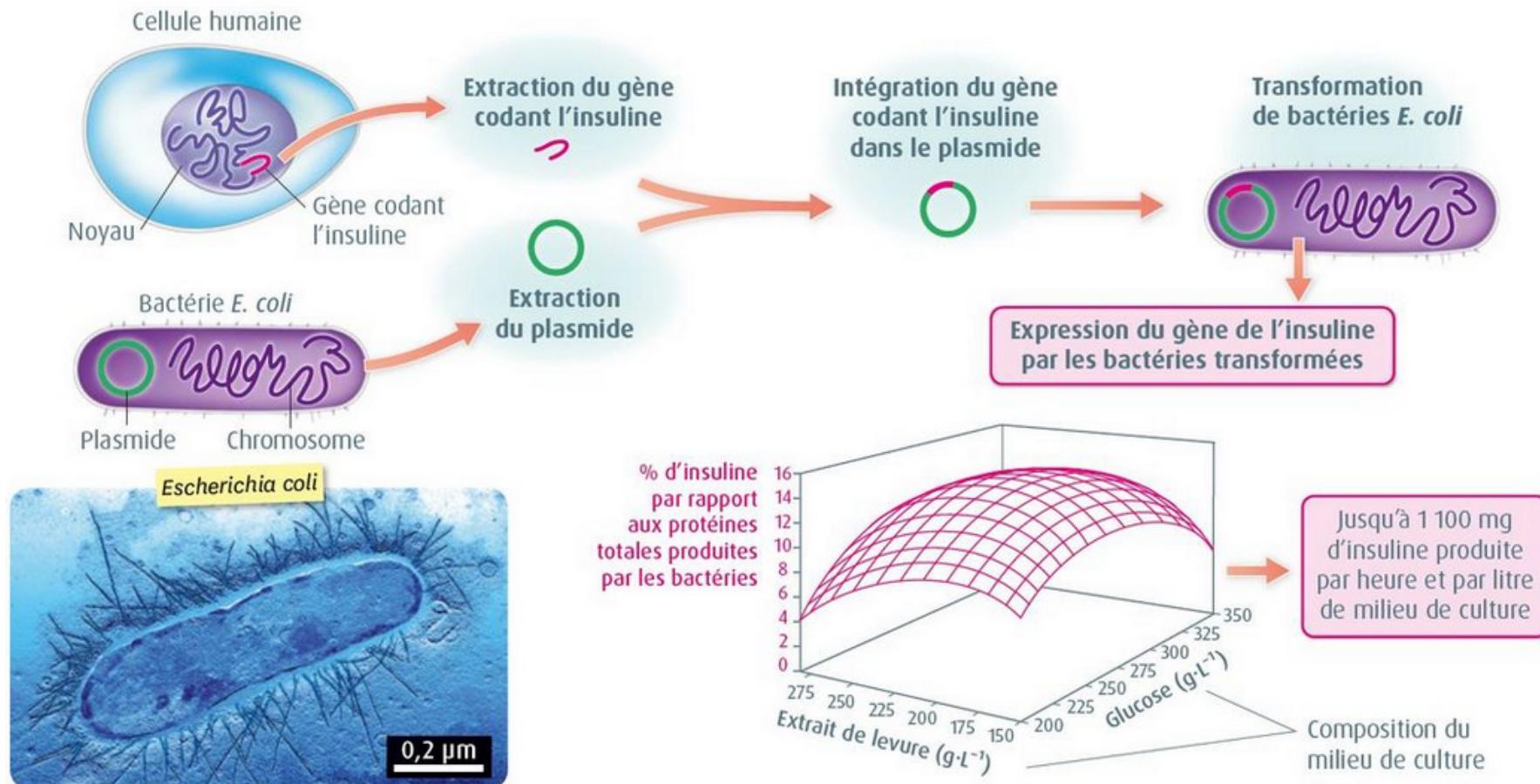
II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

C) Quelques applications en santé humaine

2) Des conséquences choisies : la transgénèse



© Belin Éducation/Humensis, 2020 Manuel SVT Terminale spécialité

La production d'insuline humaine grâce à une transformation bactérienne (= transgénèse)

C) Quelques applications en santé humaine

2) Des conséquences choisies : la transgénèse



Bioréacteurs contenant des bactéries génétiquement modifiées produisant des protéines humaines.

Molécules produites par des bactéries génétiquement modifiées	insuline, hormone de croissance (somatotropine), interféron (cytokine), filgrastim (facteur de croissance des globules blancs)
Molécules produites par des levures génétiquement modifiées	insuline, antigène de surface du virus de l'hépatite B (pour vaccins), facteurs de coagulation, hydrocortisone (anti-inflammatoire), antipaludique (artémisinine), analgésiques (morphine, thébaïne)

Transgénèse bactérienne et production de protéines thérapeutiques

Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

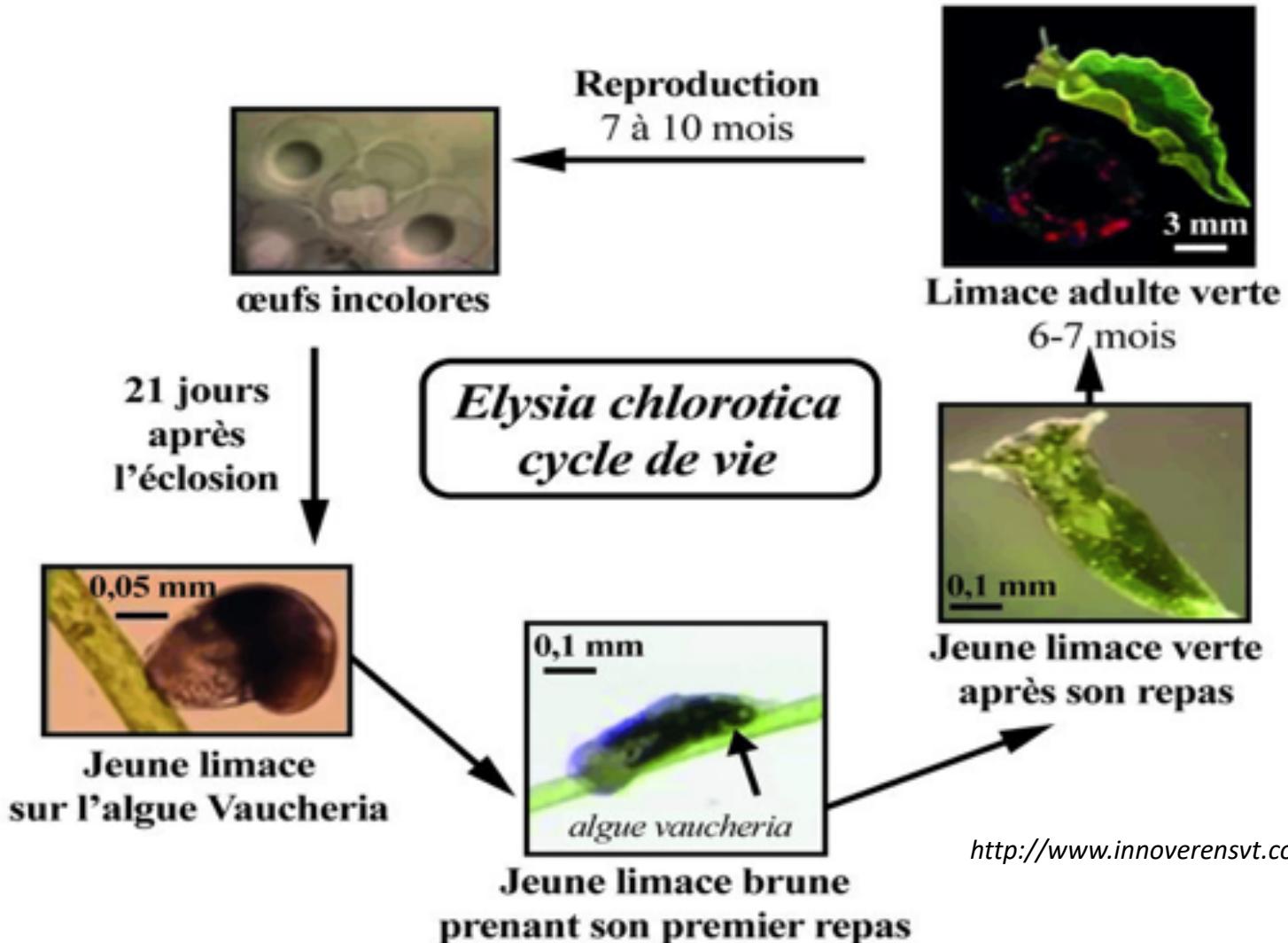
II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

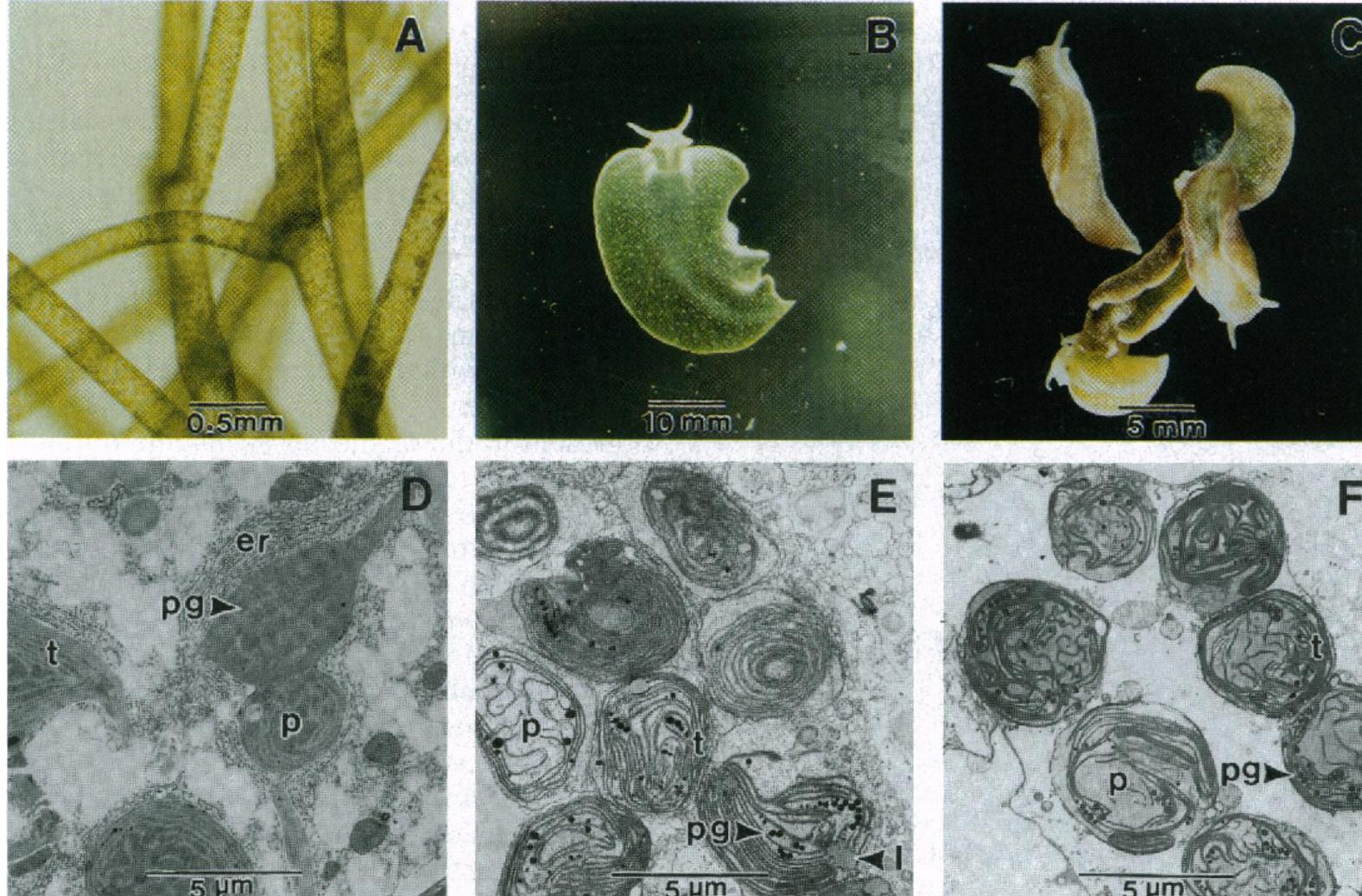


Le cycle de vie d'*Elysia chlorotica*

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

Representative specimens of *V. litorea* (A) and *E. chlorotica* starved of algal food source for 2 months (B) and 8 months (C) and electron micrographs of their corresponding chloroplasts (D-F).



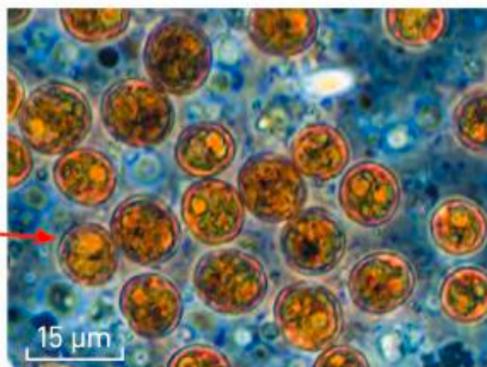
er, Endoplasmic reticulum ;
1, lipid deposit ;
p, pyrenoid ;
pg, plastoglobuli ;
t, thylakoid.

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

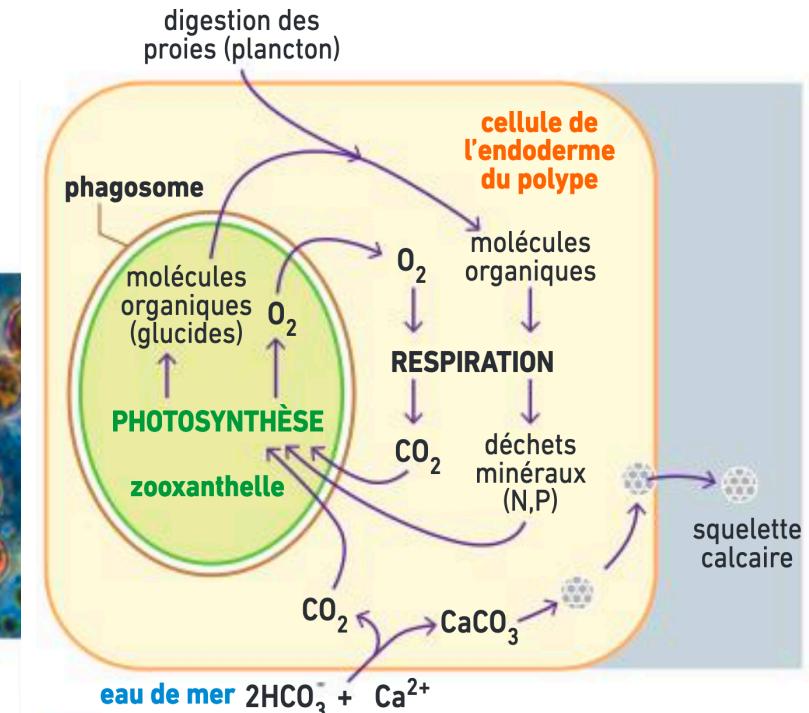


Un polype.



Des zooxanthelles (MO).

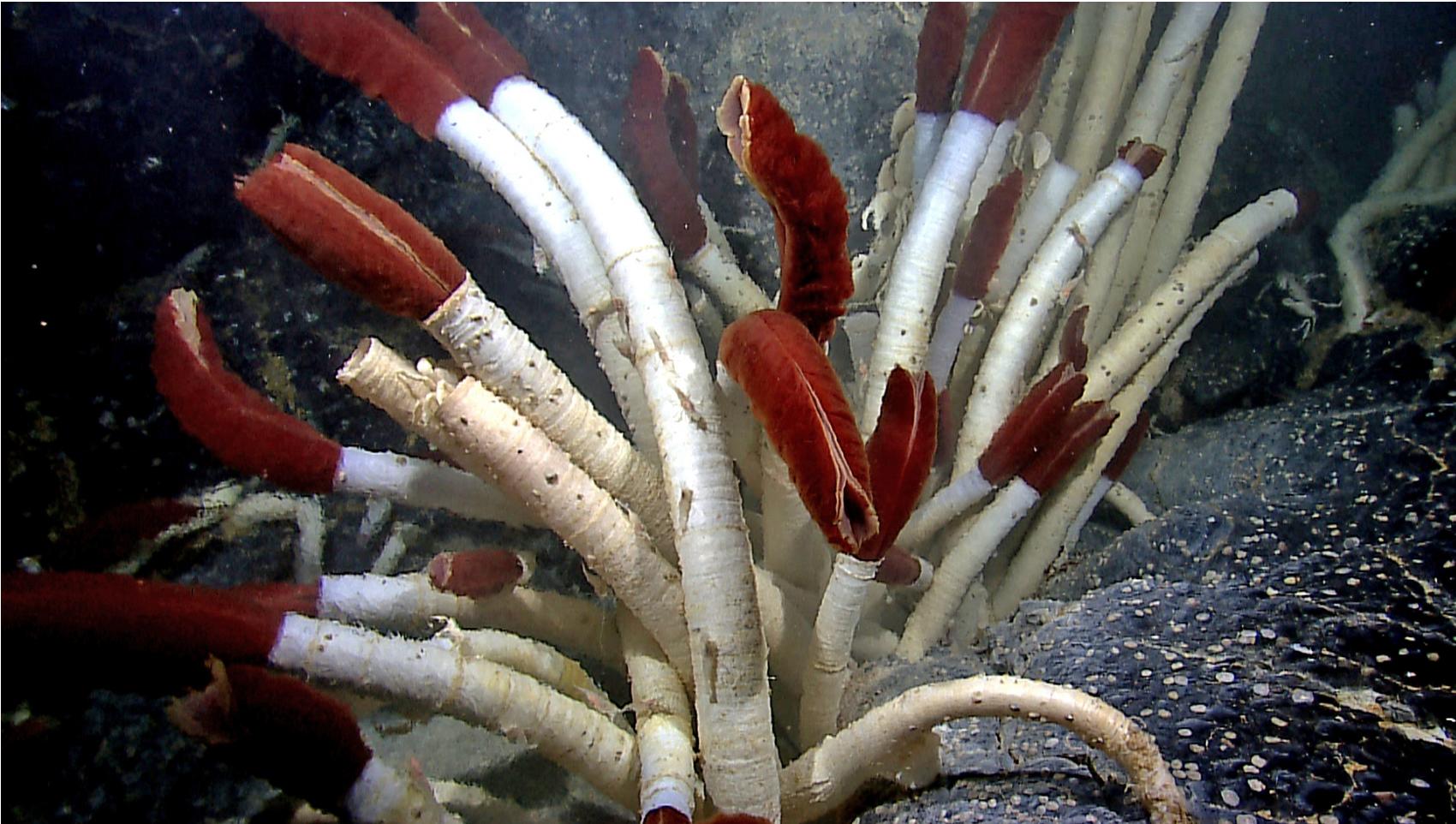
Corail et endosymbiose



Échanges à l'échelle cellulaire entre le polype et la zooxanthelle.

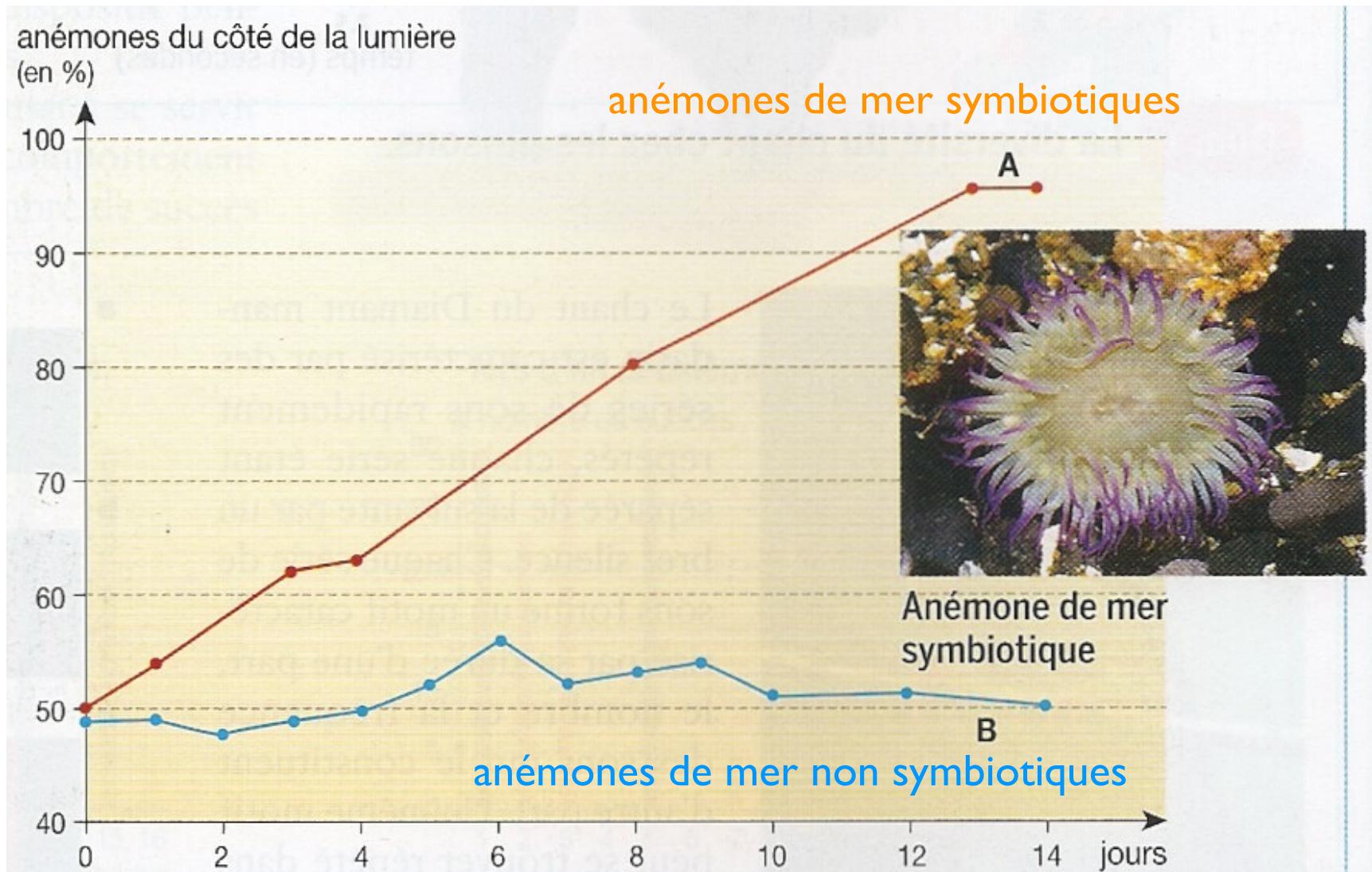
II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...



II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...



Symbiose entre les Anémones de mer et les Zooxanthelles

Plan du chapitre

I) Les transferts horizontaux de matériel génétique

A) Des transferts fréquents entre bactéries

- 1) La transformation
- 2) La conjugaison
- 3) La transduction

B) Des conséquences sur l'évolution du vivant

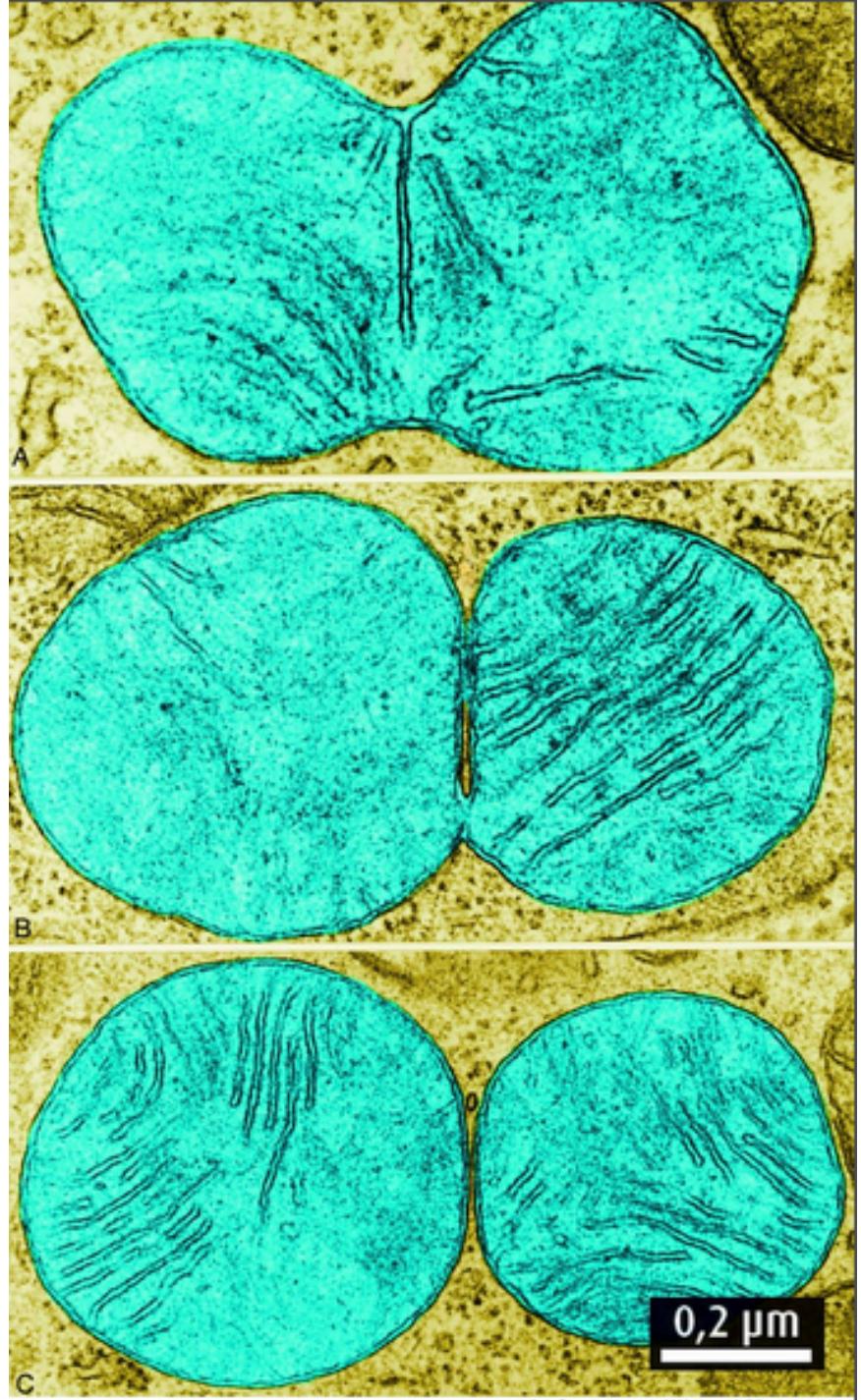
C) Quelques applications en santé humaine

- 1) Des conséquences subies : l'acquisition de résistances aux antibiotiques
- 2) Des conséquences choisies : la transgénèse

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

A) Un processus pas si rare que cela...

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !



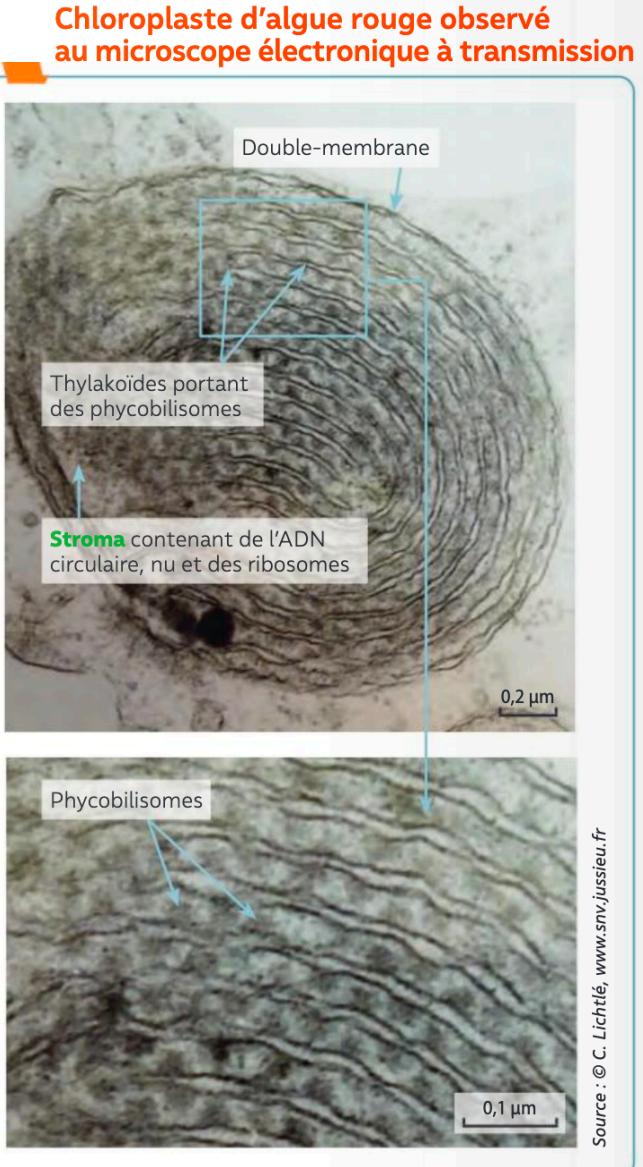
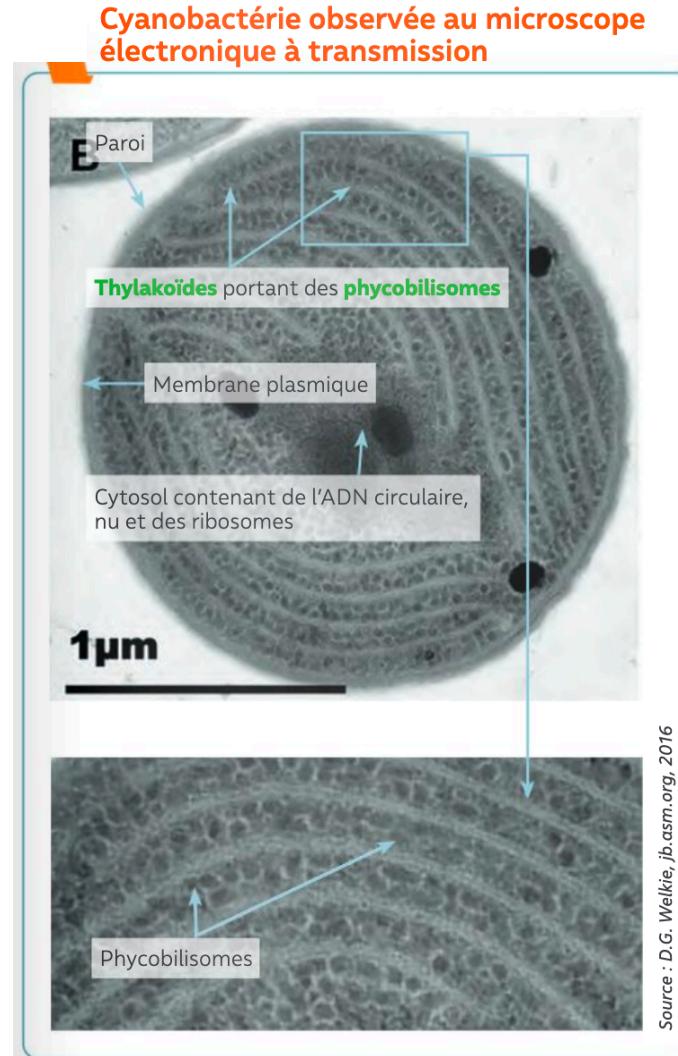
La division des mitochondries (vue au MET).

La division des mitochondries par mitose est indépendante des mitoses de la cellule qui les contient.

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

Comparaison Cyanobactéries - chloroplaste



II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

Comparaison chloroplaste avec cyanobactérie :

- Les deux ont à peu près la même taille (taille d'une bactérie)
- La membrane est proche d'une membrane type bactérienne
- Ils ont tous les deux un ADN circulaire sans histones
- Ils ont tous les deux le même ARN ribosomique
- Ils ont tous les deux des thylakoïdes et font la photosynthèse
- Se divise par scissiparité indépendamment de la mitose

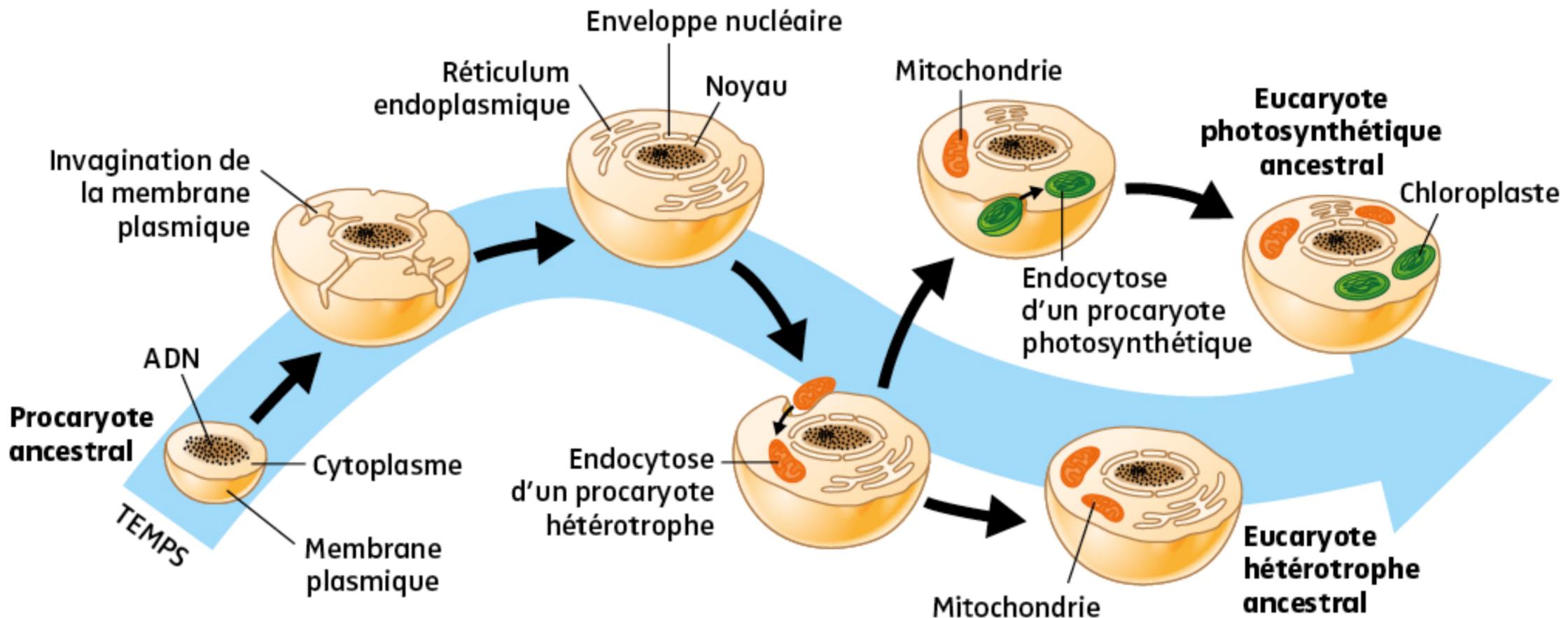
II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

	Caractéristiques des mitochondries	Caractéristiques des chloroplastes
Délimitation	Double membrane ; membrane interne composée de certains lipides spécifiques des membranes bactériennes (absent des membranes des cellules eucaryotes)	
Matériel génétique et utilisation	Présence d'ADN sous forme circulaire (comme l'ADN des bactéries) Présence de ribosomes, de taille identique à ceux des bactéries Activité de transcription et de traduction simultanées, comme chez les bactéries	
Nombre de gènes	67 gènes	87 gènes
Mode de division	Par scissiparité, comme chez les bactéries (doc2 page 62)	
Métabolisme principal	Respiration	Photosynthèse
Plus proche parent bactérien	α -protéobactéries (1600 gènes)	Cyanobactéries (1500 à 10 000 gènes)
Mode transmission inter-générationnel	Seulement par voie maternelle (ovocyte ou ovule)	

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

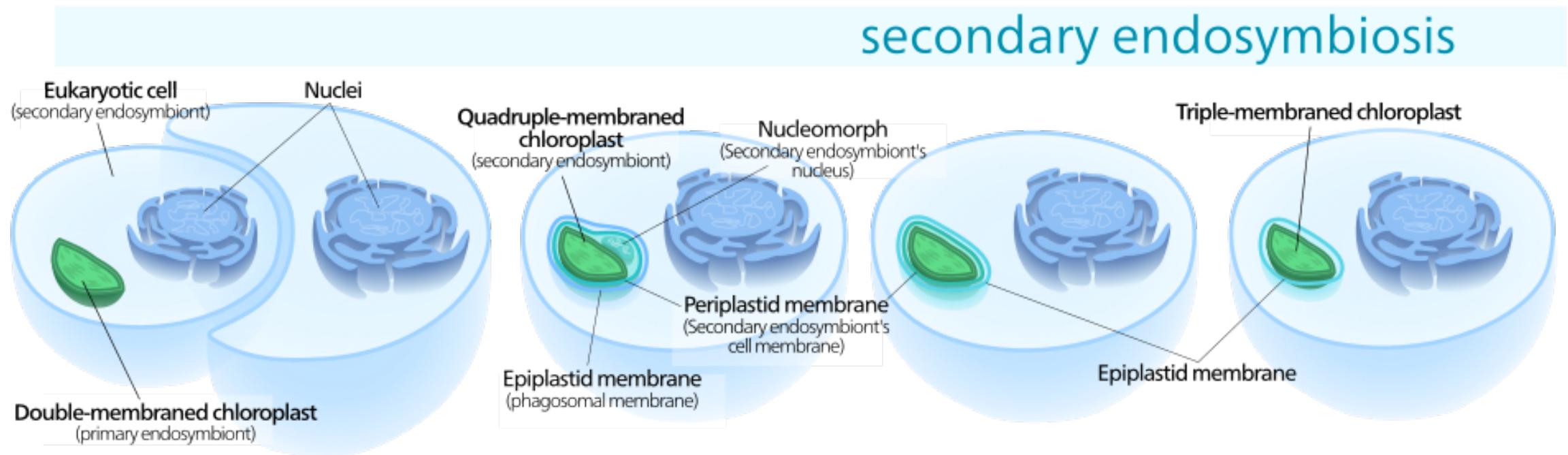
B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !



La théorie endosymbiotique

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !



Le cas particulier des algues brunes (bonus car complexe)

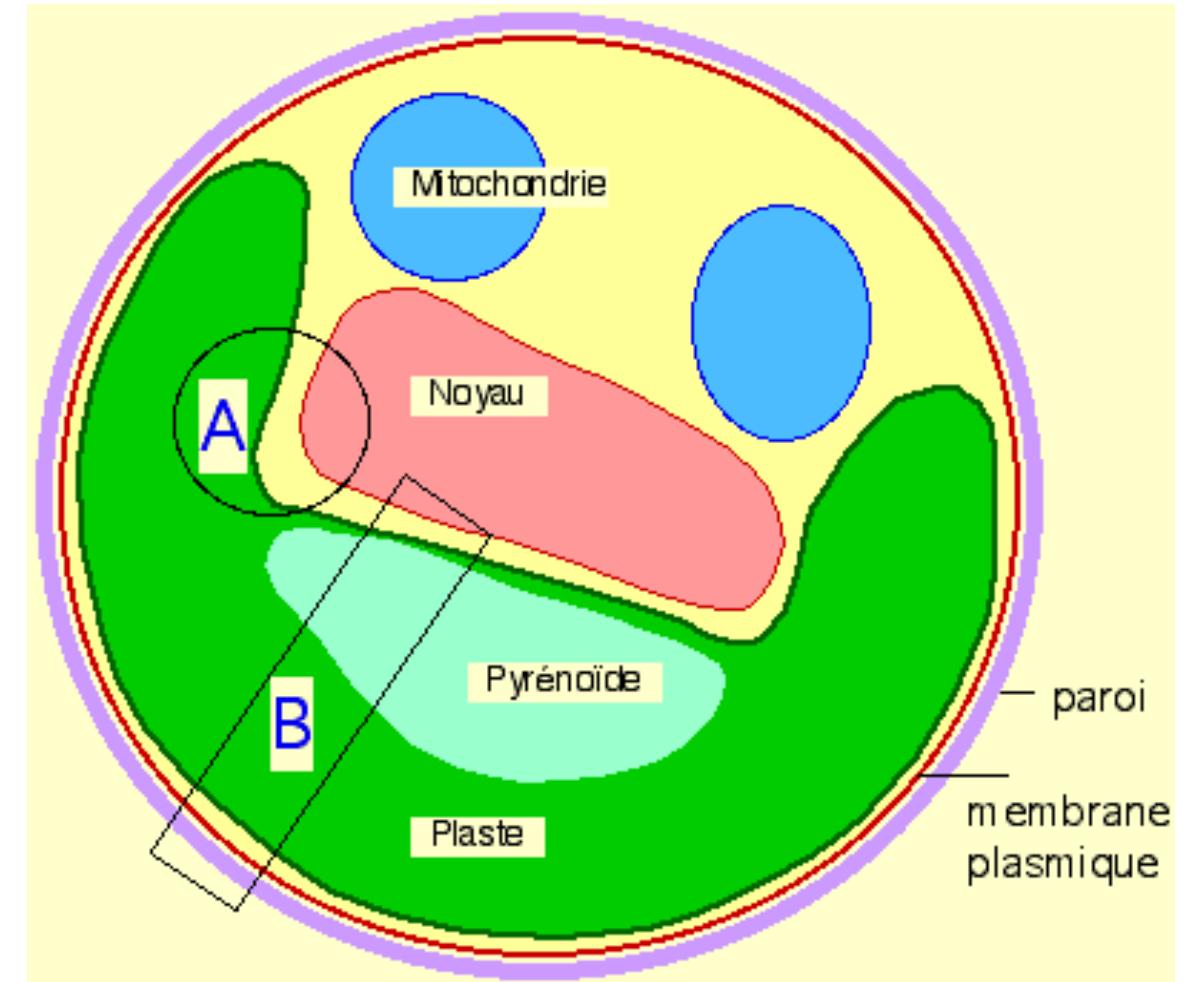
II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

Vue générale en microscopie électronique à transmission
d'une cellule de *Giraudyopsis*.

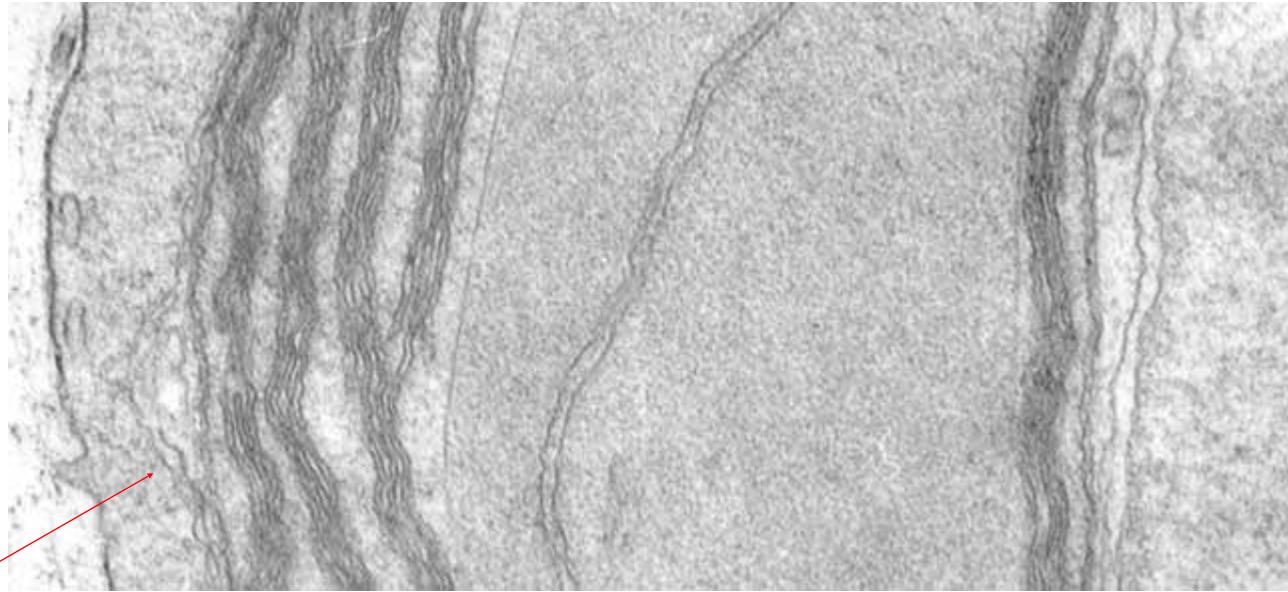


Schéma simplifié de la structure de cette cellule

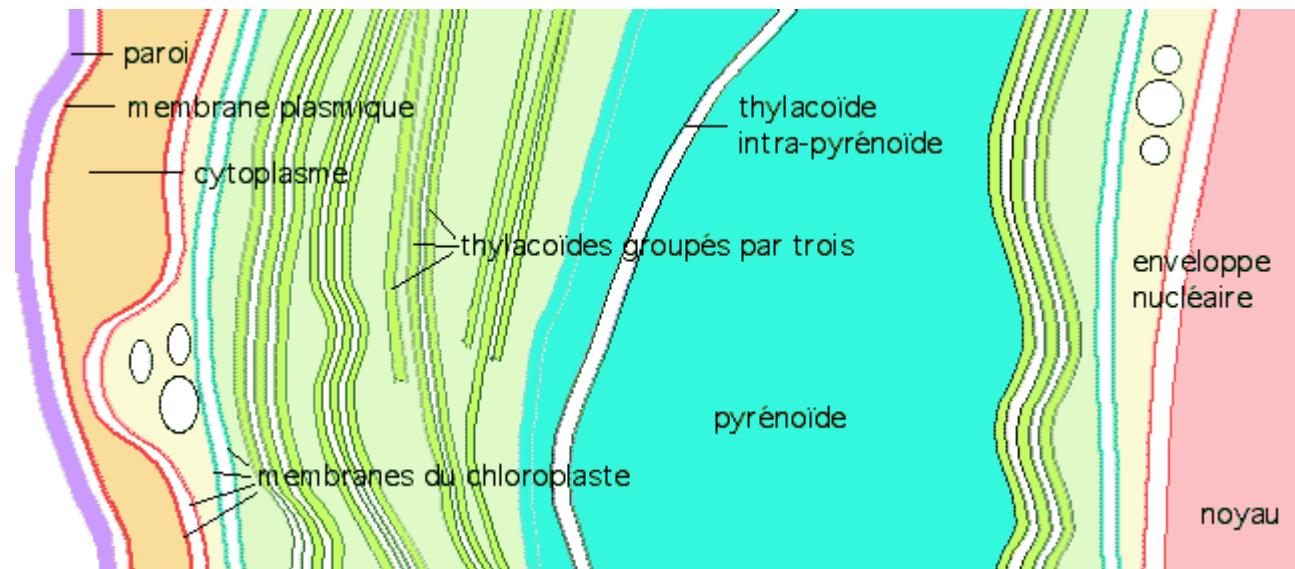


II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !

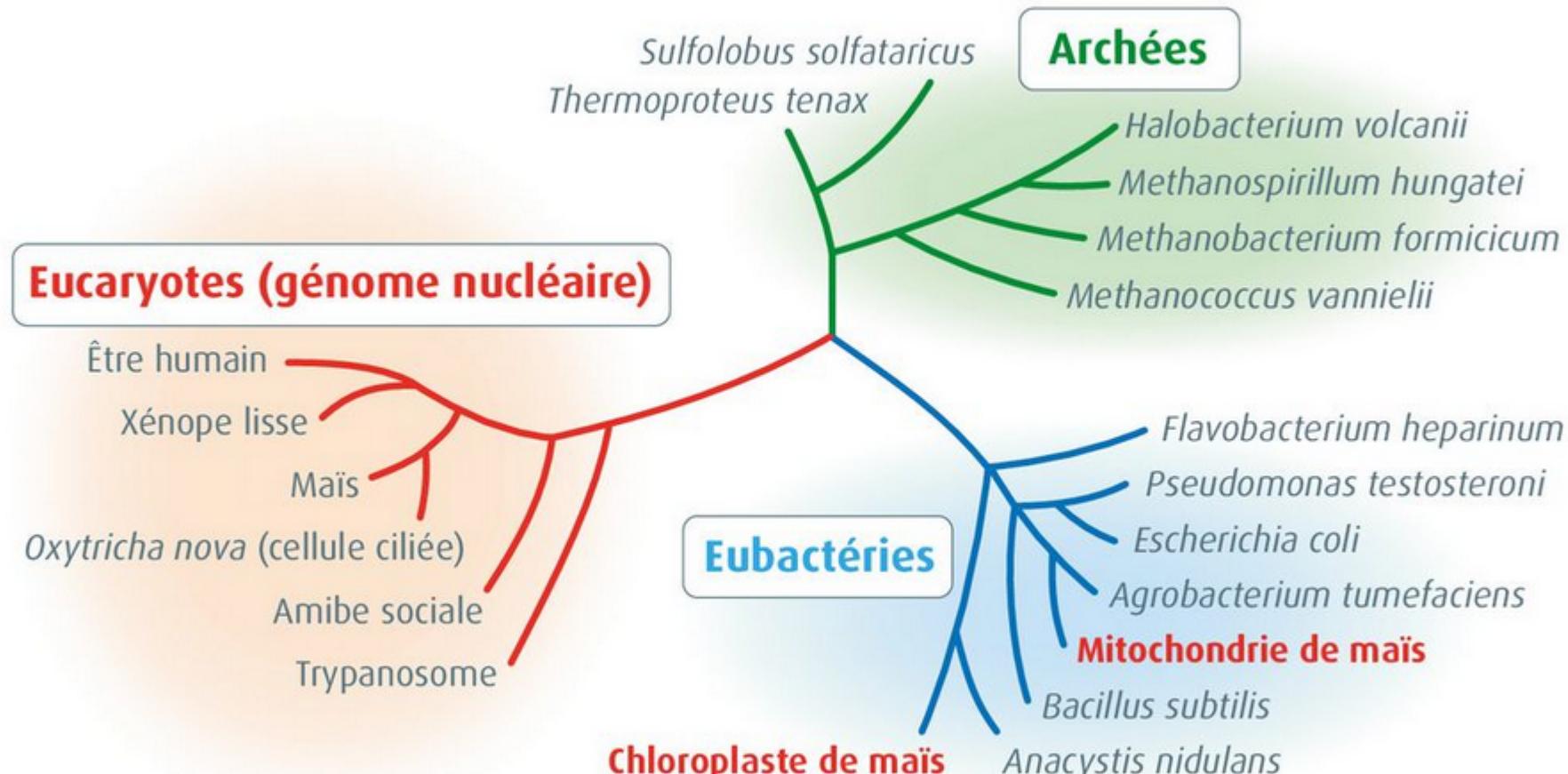


Détail du chloroplaste en microscopie électronique à transmission



II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

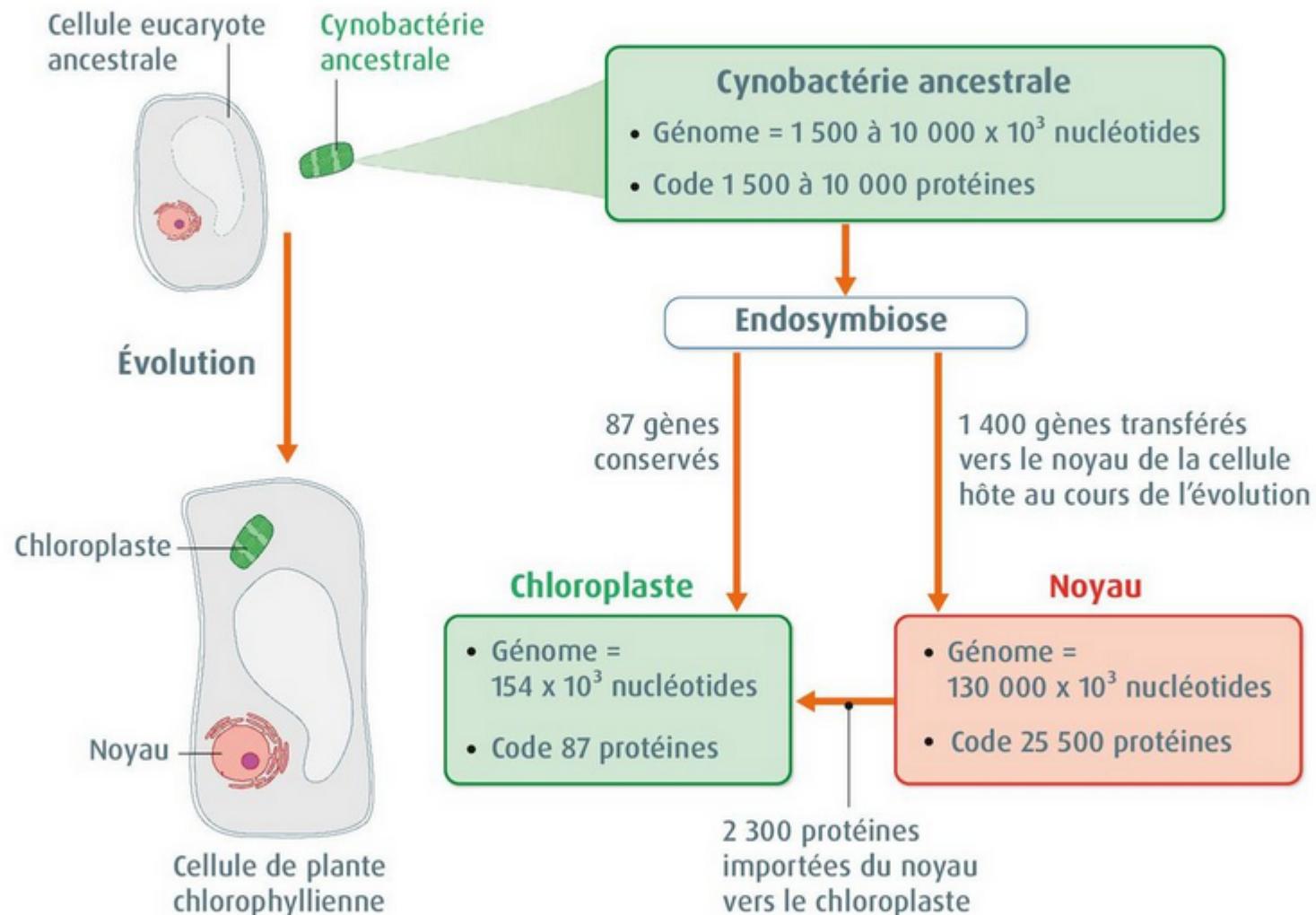
B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !



Position du génome des mitochondries et des chloroplastes au sein de l'arbre phylogénétique du vivant

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

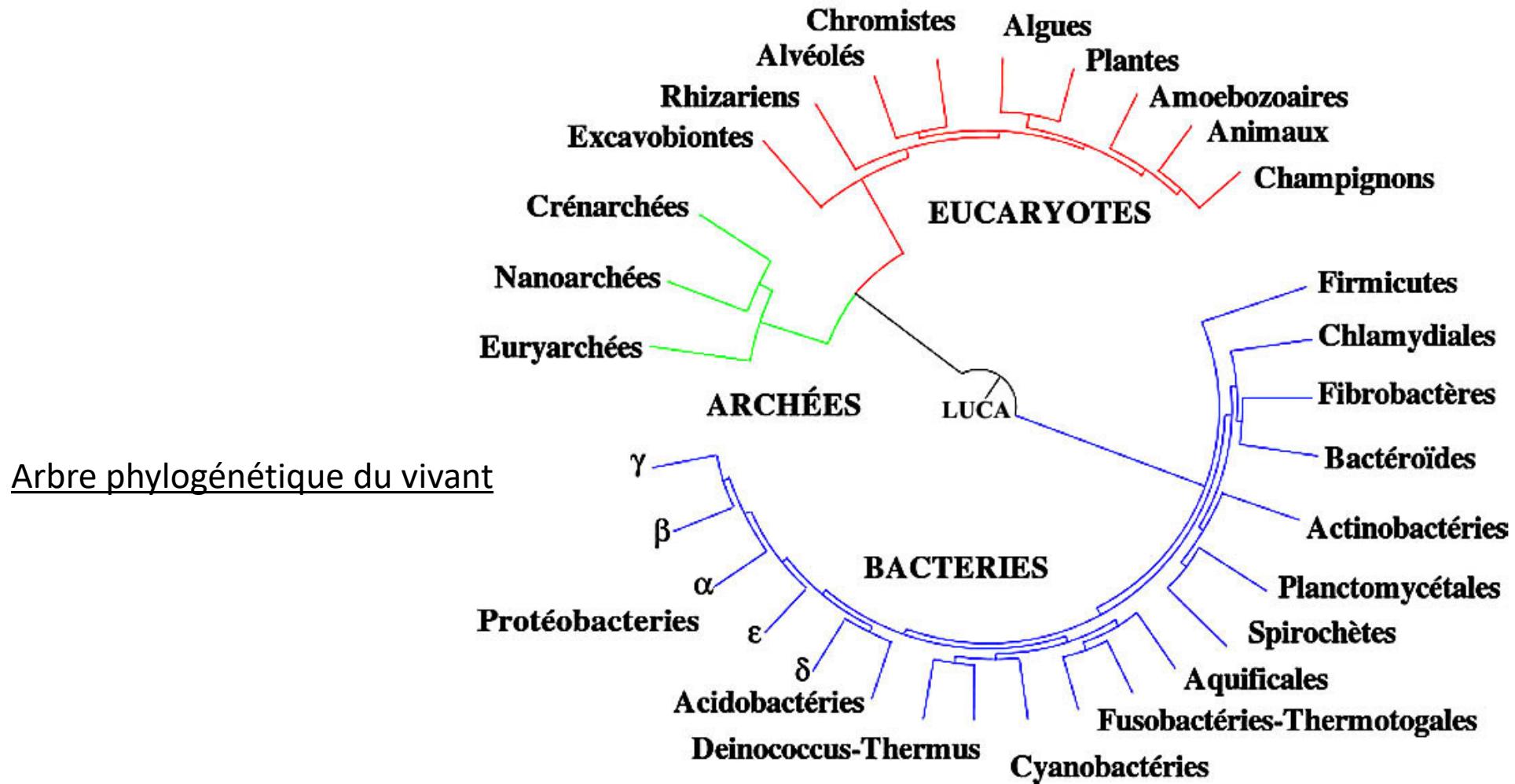
B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !



Échanges génétiques entre le génome nucléaire d'une plante verte (l'arabette des dames) et le génome de ses chloroplastes

II) Les transferts par capture d'une cellule par une autre : les endosymbioses

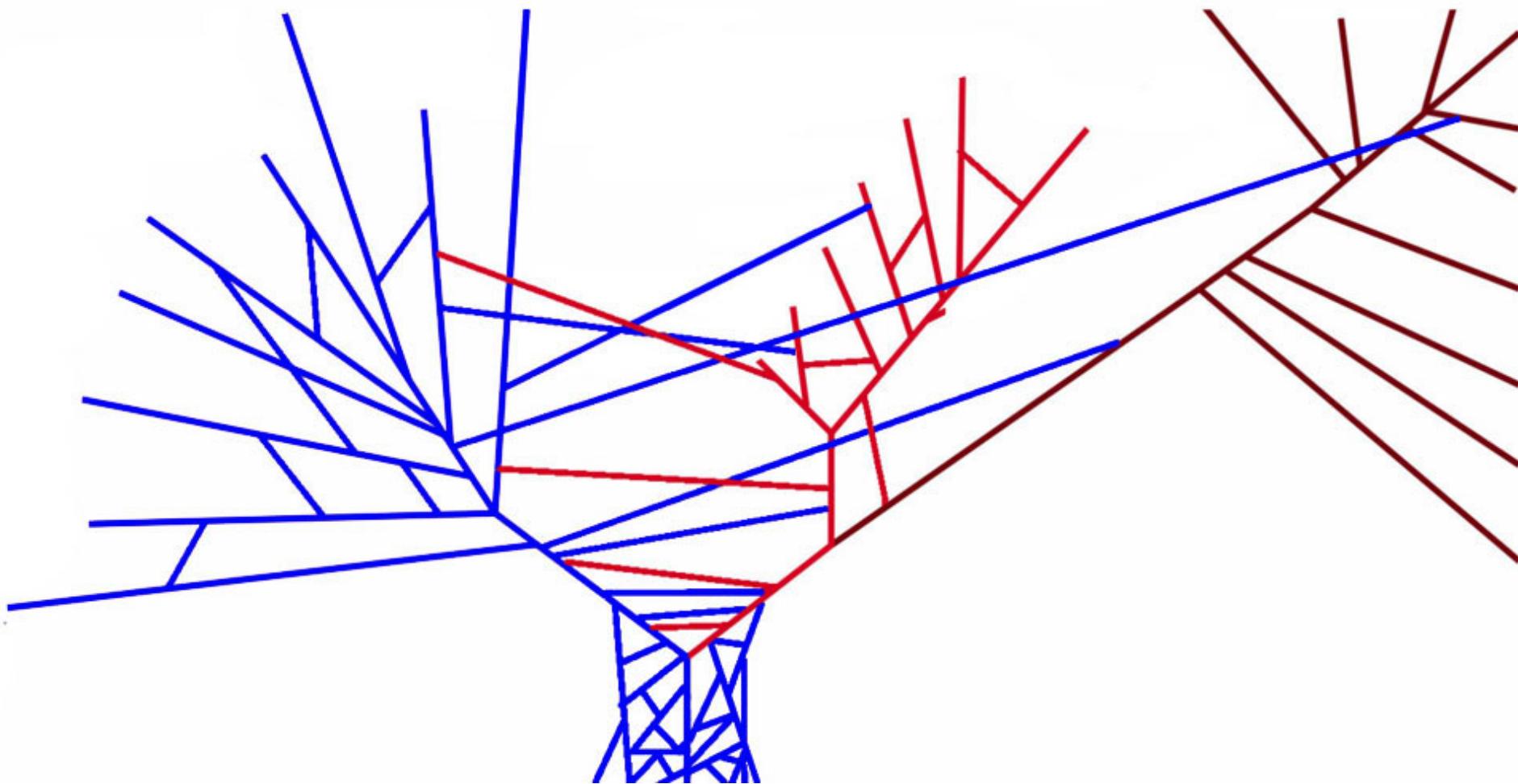
B) Les mitochondries et les chloroplastes, une histoire qui dure !



Bacteria

Archaea

Eucarya

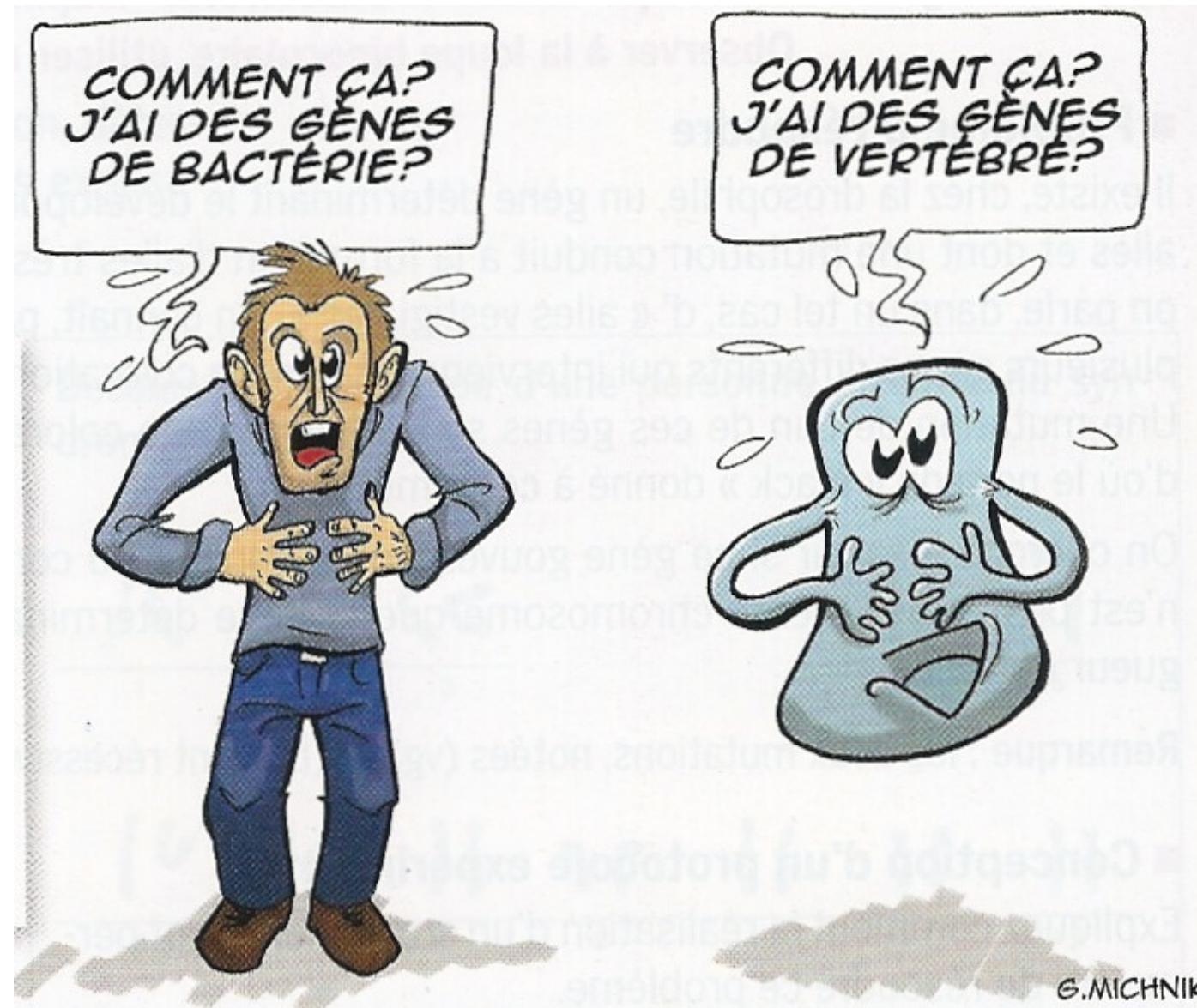


Conclusion :

L'universalité de la molécule d'ADN et l'unicité de sa structure dans le monde vivant permettent des échanges entre organismes non apparentés. Cette souplesse d'échange a permis de transférer des fonctions entre des cellules, notamment entre cellules procaryotes et cellules eucaryotes (photosynthèse, respiration).

Ainsi, le génome d'une cellule ressemble à une **mosaïque génétique**, issue certes des cellules parentales, mais enrichi par des gènes provenant d'autres êtres vivants, bactéries, virus, ...L'évolution n'est donc pas un processus linéaire, mais plutôt « en tresse », avec des branches qui s'éloignent, et d'autres qui fusionnent...

Les organismes actuels : des patchworks génétiques



Annexe :

<http://www.chups.jussieu.fr/polys/bacterio/bacterio/POLY.Chp.2.2.html>