

Un mécanisme de diversification particulier: la symbiose

Une symbiose est une association nutritionnelle obligatoire, à bénéfices réciproques entre deux espèces.

Un lichen, par exemple, est une association symbiotique entre un champignon qui protège l'organisme des rayons du soleil, et une algue qui assure l'autotrophie de l'organisme.

Dans les années 1970, Lynn Margulis a développé une théorie sur l'origine endosymbiotique des **mitochondries** et des **chloroplastes**. L'endosymbiose est une association symbiotique où l'un des organismes vit à l'intérieur des cellules de son hôte...

Après avoir rappelé le rôle de ces **organites**, recherchez dans les documents suivants des arguments structuraux, fonctionnels et génétiques en faveur de l'hypothèse de L. Margulis, puis reconstituez un scénario évolutif probable qui a conduit l'apparition d'une cellule **eucaryote autotrophe**.

Remarque: les termes en gras doivent être connus

Document 1: schémas des différents types de cellules

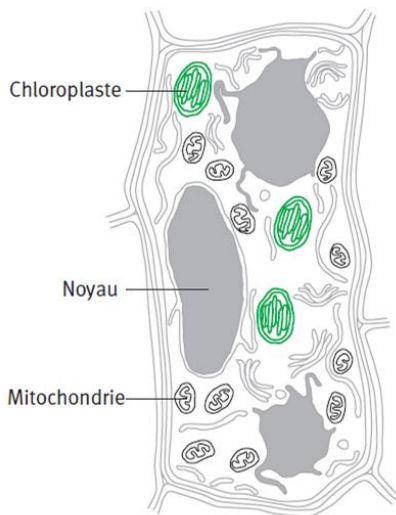


Schéma d'une cellule eucaryote végétale chlorophyllienne

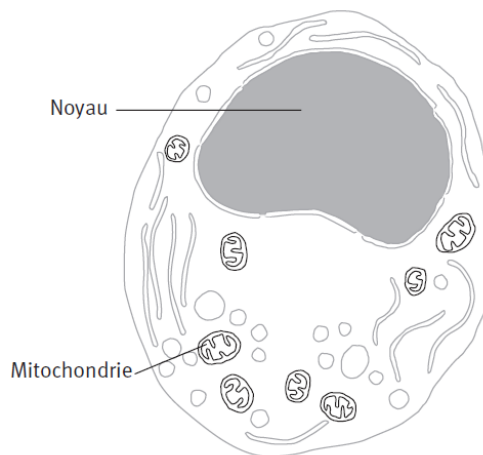
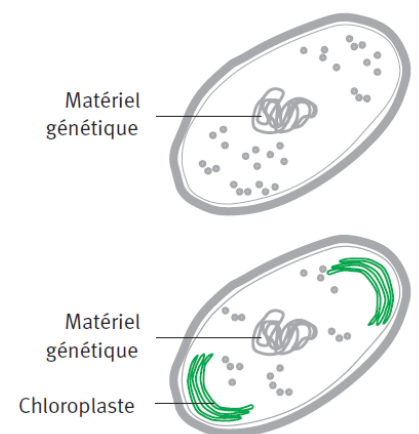


Schéma d'une cellule eucaryote animale

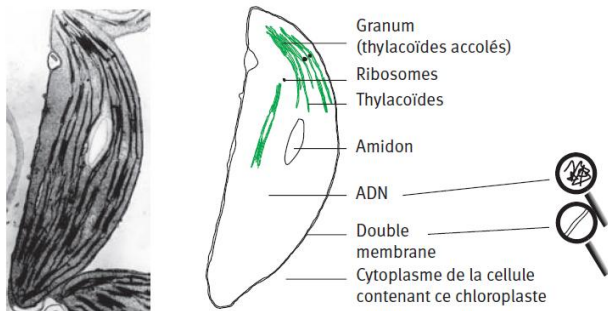


Schémas d'une cellule bactérienne hétérotrophe (haut) et chlorophyllienne (bas)

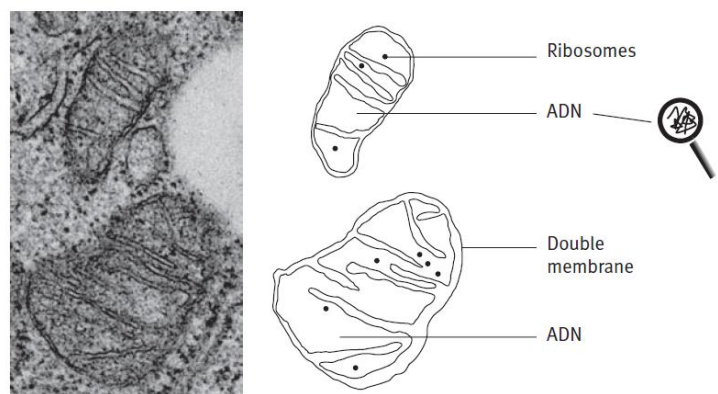
Document 2:

Les cyanobactéries sont des bactéries possédant de la chlorophylle sous forme de lamelles (thylakoïdes), et capables de réaliser la photosynthèse. Elles sont connues sur Terre depuis 3.8 GA

Document 3:



observation microscopique d'un chloroplaste et schéma d'interprétation



observation microscopique de mitochondries et schéma d'interprétation

Document 4:

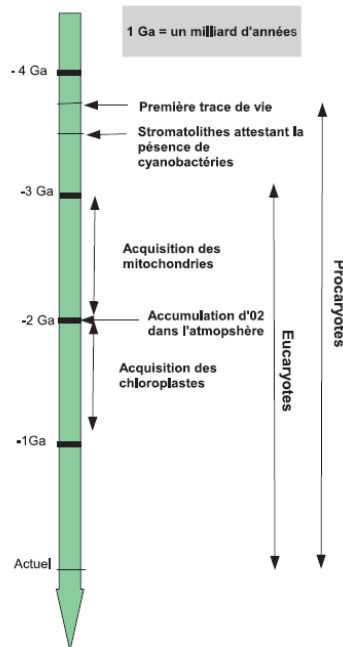
Les chercheurs ont montré que les lipides entrant dans la constitution des membranes des mitochondries se retrouvent chez certaines bactéries alors que l'on ne les retrouve pas ailleurs dans la cellule eucaryote. Certains lipides formant la membrane des plastes se retrouvent également chez les cyanobactéries.

Contrairement au noyau, à l'appareil de Golgi ou au réticulum endoplasmique qui peuvent se reformer lors d'une mitose, les mitochondries et les plastes sont toujours issus de mitochondries et plastes préexistants.

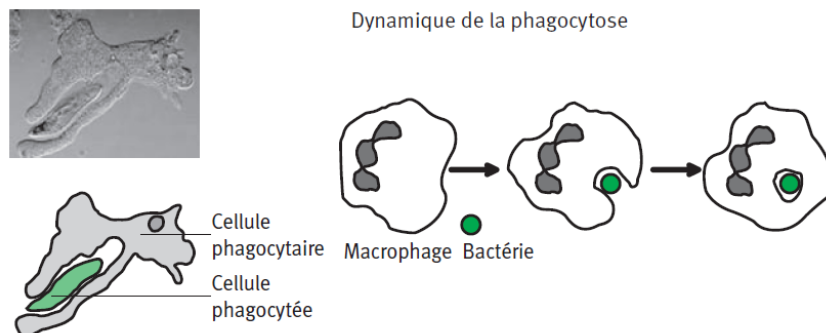
Les chercheurs ont mis en évidence dans le génome des chloroplastes et des mitochondries l'existence de gènes homologues de gènes bactériens.

Dans les mitochondries et les plastes, il existe des ribosomes qui participent à la synthèse des protéines. Ceux-ci ressemblent plus aux ribosomes des bactéries qu'à ceux que l'on trouve dans le cytoplasme des cellules eucaryotes.

Document 5: quelques repères dans l'histoire du vivant



Document 6: Phagocytose d'une bactérie par une cellule phagocytaire



Un mécanisme de diversification particulier: la symbiose

Eléments de correction

L'analyse des documents permet de mettre en évidence des arguments divers en faveur de l'hypothèse de L. Margulis.

Rappels:

- Les chloroplastes sont des organites que l'on trouve dans les cellules végétales chlorophylliennes, permettant la photosynthèse et donc l'autotrophie (production de matière organique à partir de matière minérale)
- Les mitochondries sont des organites présents chez les cellules eucaryotes animales et végétales. Elles permettent la respiration aérobie (en présence d'O₂) qui fournit l'énergie à la cellule.

Arguments structuraux

- ✓ Les mitochondries et les chloroplastes possèdent deux membranes. L'une d'entre elle pourrait être la membrane de la cellule hôte.
- ✓ Les lipides de la membrane des chloroplastes et des mitochondries semblent d'origine bactérienne.
- ✓ Présence de ribosomes de type bactérien

Arguments fonctionnels

- ✓ Les mitochondries se divisent de façon autonome. Les mitochondries proviennent toujours de mitochondries préexistantes ce qui n'est pas sans rappeler la division des bactéries.
- ✓ Les chloroplastes réalisent la photosynthèse comme les cyanobactéries
- ✓ Les mitochondries et les chloroplastes sont issus de structures préexistantes

Arguments génétiques

- ✓ Présence dans les mitochondries et les chloroplastes d'un génome circulaire, non isolé dans un noyau, comme chez les bactéries
- ✓ Présence dans le génome des chloroplastes et des mitochondries de gènes homologues aux gènes bactériens

Tous ces arguments montrent que les caractères de ces organites sont proches de ceux des bactéries. Cette théorie endosymbiotique est aujourd'hui largement acceptée par la communauté scientifique...

Le document 6 montre un macrophage phagocytant une bactérie, dans le but ici de la digérer. On peut penser que ce mécanisme a permis aux cellules eucaryotes d'acquérir des bactéries primitives.

Le scénario probable est le suivant:

Les cellules eucaryotes hétérotrophes primitives consommaient de la matière organique qui vraisemblablement était digérée à l'extérieur de la cellule avant que le produit de la digestion ne soit ingéré par la cellule.

Ces cellules ont certainement acquis la capacité de réaliser la phagocytose et parallèlement à cette acquisition la digestion est devenue intracellulaire.

Des cellules eucaryotes primitives ont phagocyté une bactérie capable d'utiliser l'O₂, il y a 2 à 3 milliards d'années.

Dans un deuxième temps, une cellule eucaryote aurait acquis des bactéries photosynthétiques de type cyanobactérie.

Remarques et compléments:

- ✓ Toutes les cellules eucaryotes actuelles possèdent des mitochondries ce qui prouve que l'acquisition de bactéries primitives à l'origine des mitochondries a constitué un avantage sélectif important à l'origine d'une nouvelle lignée.
- ✓ La même remarque peut s'appliquer pour l'acquisition des bactéries à l'origine des plastides.

=> L'endosymbiose a donc eu des conséquences importantes sur le plan évolutif en permettant à des cellules eucaryotes d'acquérir des fonctions initialement réalisées par des cellules de type procaryote.

Nous savons que les mitochondries sont des organites qui permettent à la cellule d'utiliser l'O₂ à des fins énergétiques. Au cours de ces réactions chimiques l'O₂ est finalement transformé en eau.

Pourtant le document 5 montre que l'O₂ s'est accumulé dans l'atmosphère après l'acquisition des mitochondries. En effet, l'O₂ initialement produit par les cyanobactéries était mobilisé par l'oxydation de différents composés présents à la surface de la planète (le fer par exemple). Ce n'est que vers 2 GA que celui-ci s'est accumulé dans l'atmosphère.

Quel avantage pouvait donc apporter la présence de mitochondries dans une cellule en absence d'O₂ libre ?

L'O₂ est un composé toxique pour les cellules et lorsque l'O₂ s'est accumulé, seuls les organismes pouvant vivre en milieu anoxique et ceux étant capable de résister à la toxicité de l'O₂ (comme celles possédant des bactéries à l'origine des mitochondries) ont survécu.

Il peut sembler curieux d'envisager l'O₂ comme une molécule toxique alors que l'O₂ est associé à une source de vie.

L'O₂ peut se combiner avec des radicaux libres produisant des molécules hautement toxiques comme l'eau oxygénée (utilisée comme désinfectant donc éliminant les microorganismes). La présence de mitochondries a donc dans ce nouvel environnement constitué un avantage sélectif important.

Les chercheurs ont montré qu'au cours de l'évolution des gènes issus de plastes et des mitochondries ont été transférés au génome nucléaire ce qui signifie que dans le génome des eucaryotes il existe des gènes d'origine procaryote .