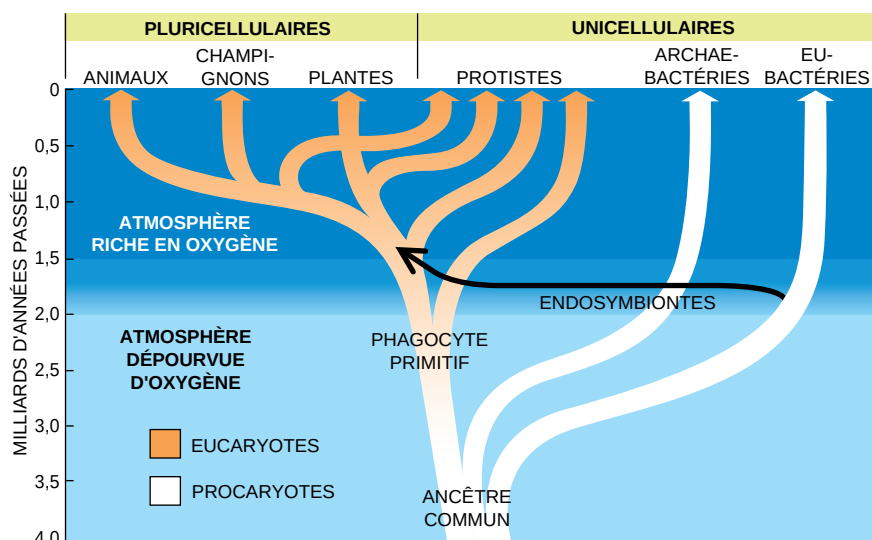




2. CET ARBRE PHYLOGÉNIQUE retrace les principaux événements de l'histoire de la vie. Cette chronologie, bien acceptée par la communauté scientifique, a été récemment remise en cause par Russell Doolittle et ses collègues de l'Université de Californie à San Diego, qui affirment que le dernier ancêtre commun de tous les organismes vivants existait il y a à peine plus de deux milliards d'années.

spécialisées, formant le système cytomembranaire, caractéristique des cellules eucaryotes modernes. Le fait qu'on trouve dans le système cytomembranaire des cellules eucaryotes de nombreux éléments qui appartiennent à la membrane cellulaire chez les procaryotes constitue un argument puissant en faveur du modèle proposé.

Fait intéressant, la genèse du noyau – apanage des cellules eucaryotes – peut aussi s'expliquer, du moins schématiquement, comme liée à l'intériorisation d'une partie de la membrane cellulaire externe. Dans les procaryotes, le chromosome d'ADN circulaire est fixé à la membrane cellulaire. Le repliement de cette portion de la membrane aurait créé un sac intracellulaire portant le chromosome à sa surface. Une telle structure pourrait avoir été à l'origine du noyau eucaryote, qu'entoure une double membrane issue d'éléments aplatis du système cytomembranaire intracellulaire, qui ont fusionné pour donner une enveloppe sphérique.

Ce scénario explique comment un petit procaryote pourrait avoir évolué en une cellule géante dotée de quelques-unes des caractéristiques des cellules eucaryotes, notamment un noyau bien délimité, un vaste réseau de membranes internes et la capacité d'ingérer de la nourriture et de la digérer intérieurement. Une telle progression aurait pu se faire par un très grand nombre d'étapes presque imperceptibles, dont chacune augmentait

l'autonomie de la cellule et lui conférait un avantage sélectif. Toutefois, il y avait une condition : ayant perdu la protection de son enveloppe externe rigide, la cellule avait besoin de supports internes suffisants pour sa taille croissante.

Les cellules eucaryotes modernes sont consolidées par des structures fibreuses et tubulaires, souvent associées à de minuscules dispositifs propulseurs qui permettent aux cellules de se déplacer et animent leur trafic intérieur. Chez les procaryotes, on ne trouve aucune des nombreuses protéines qui assurent ces fonctions. Ainsi, la mise en place du cytosquelette a dû nécessiter un grand nombre d'authentiques innovations. On ignore tout de ces événements évolutifs fondamentaux, sinon qu'ils ont vraisemblablement accompagné, souvent en en fixant l'allure, l'accroissement de la cellule et l'expansion de sa membrane.

Au terme de ce long parcours se trouvait le phagocyte primitif : une cellule organisée efficacement pour se nourrir de bactéries, un chasseur puissant qui n'était plus condamné à résider au sein de sa source alimentaire, mais qui était libre de parcourir le monde et de poursuivre activement ses proies, une cellule prête, le moment venu, à héberger des endosymbiontes.

On peut imaginer que de telles cellules, encore dépourvues de mitochondries et autres organites caractéristiques des eucaryotes d'au-

jourd'hui, aient pu coloniser des niches variées, les peuplant d'une descendance diversement adaptée. Et, cependant, la totalité – ou la quasi-totalité – de ces lignées évolutives ont disparu. On connaît quelques eucaryotes unicellulaires dépourvus de mitochondries, mais on ne peut exclure que leurs ancêtres en aient eues autrefois, puis qu'ils les aient perdues. Tous les eucaryotes pourraient donc être issus de phagocytes primitifs qui adoptèrent des précurseurs de mitochondries. Encore que la question reste sujette à discussion, on admet généralement que toutes les mitochondries ont la même origine. Il semble que l'acquisition de mitochondries ait empêché une lignée eucaryote de disparaître, ou lui ait conféré un avantage sélectif tel qu'il aurait entraîné l'extinction de presque tous les autres eucaryotes. Pourquoi les mitochondries ont-elles eu une telle importance ?

Extermination par l'oxygène

Aujourd'hui, la principale fonction des mitochondries est d'assurer la combustion des substances nutritives à l'aide d'oxygène, avec l'assemblage simultané de molécules d'adénosine triphosphate (ATP), riches en énergie. La vie est suspendue à ce mécanisme : c'est la principale source d'énergie de la grande majorité des organismes vivants, ceux dits aérobies, c'est-à-dire qui ont besoin d'air pour vivre. Pourtant, lorsque les premières cellules sont apparues sur la Terre, l'atmosphère ne contenait pas d'oxygène. L'oxygène moléculaire libre est un sous-produit de la vie et n'apparut qu'avec les cyanobactéries, des micro-organismes photosynthétiques qui utilisent l'énergie solaire pour extraire de molécules d'eau l'hydrogène qui leur est nécessaire pour l'élaboration de leur propre substance, libérant ainsi de l'oxygène moléculaire. La concentration en oxygène de l'atmosphère commença à être appréciable il y a environ deux milliards d'années, puis augmenta progressivement pour se stabiliser il y a à peu près 1,5 milliard d'années.

Avant l'apparition de l'oxygène atmosphérique, toutes les formes de vie devaient être adaptées à un milieu dépourvu d'oxygène (anaérobie) et étaient sans doute très sensibles à l'oxygène, comme le sont les organismes

anaérobies modernes. Au sein des cellules, l'oxygène donne facilement naissance à plusieurs groupes chimiques toxiques, dont l'ion superoxyde, le radical hydroxyle et le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée).

Lorsque la concentration en oxygène s'est élevée, il y a deux milliards d'années, de nombreux organismes primitifs ont vraisemblablement été victimes d'une extermination par l'oxygène. Les cellules qui ont survécu sont celles qui ont trouvé refuge dans des zones privées d'oxygène ou qui avaient acquis un moyen de résister à sa toxicité.

D'après une hypothèse attrayante, peut-être le précurseur phagocytaire des eucaryotes était-il anaérobie et dut-il son salut aux ancêtres aérobies des mitochondries, qui, non seulement pouvaient transformer l'oxygène nocif en eau inoffensive, mais en faisaient même un allié indispensable. Cette théorie expliquerait élégamment l'effet salvateur apparent des mitochondries.

Toutefois, elle soulève une question. Selon toute vraisemblance, l'adaptation à l'oxygène a dû être progressive et commencer avec des systèmes primitifs de détoxification. Elle doit avoir exigé un temps considérable pour atteindre l'efficacité des mitochondries actuelles. Cela étant, comment les phagocytes anaérobies ont-ils survécu pendant toute la période d'évolution des ancêtres des mitochondries ?

Les peroxyosomes pourraient être une réponse à cette question : ce sont des organites utilisateurs d'oxygène caractéristiques des cellules eucaryotes et aussi répandus dans le monde animal et végétal que les mitochondries, mais dont la structure et la composition sont beaucoup plus rudimentaires. Comme les mitochondries, les peroxyosomes assurent de nombreuses réactions métaboliques oxydatives, mais, contrairement aux mitochondries, ils n'utilisent pas l'énergie libérée par ces réactions pour former de l'ATP, mais la dissipent en chaleur. Pour ce faire, ils transforment l'oxygène en eau oxygénée, qui est détruite ensuite par une enzyme, la catalase. Les peroxyosomes contiennent également une enzyme qui élimine les ions superoxyde. Ce sont là des qualités qui conviennent parfaitement aux premiers défenseurs contre la toxicité de l'oxygène.

J'ai fait cette suggestion pour la première fois en 1969, alors que l'on considérait encore les peroxyosomes comme faisant partie du système cytomembranaire. J'ai donc inclus les peroxyosomes dans le modèle d'expansion membranaire que j'avais proposé pour le développement du phagocyte primitif. Ultérieurement, des expériences réalisées par mes collègues de l'Université Rockefeller, Brian Poole (aujourd'hui décédé) et Paul Lazarow, démontrèrent que les peroxyosomes sont totalement indépendants du système cytomembranaire : ils acquièrent leurs protéines par un mécanisme identique à celui qui fonctionne dans les mitochondries et les plastides. Dès lors, on pouvait imaginer que les trois types d'organites avaient d'abord été des endosymbiontes. C'est pourquoi, en 1982, j'ai modifié ma première hypothèse et proposé que les peroxyosomes proviendraient de bactéries aérobies primitives qui auraient été adoptées avant les mitochondries. Ces défenseurs primitifs auraient protégé leurs cellules hôtes contre l'oxygène toxique pendant toute la période qui a été nécessaire aux ancêtres des mitochondries pour acquérir l'efficacité qu'ils possédaient à l'époque où ils ont été adoptés.

Jusqu'à présent, aucune preuve n'est venue confirmer ni infirmer cette hypothèse. Contrairement aux mitochondries et aux plastides, les peroxyosomes ne contiennent pas de vestiges d'un génome indépendant. Toutefois, cela n'est pas incompatible avec la théorie stipulant que les peroxyosomes sont issus d'un endosymbionte : les mitochondries et les plastides ont perdu la plupart de leurs gènes au profit du noyau, et les peroxyosomes, encore plus anciens, pourraient les avoir tous perdus.

Quelle que soit leur origine, les peroxyosomes peuvent fort bien avoir permis aux premiers eucaryotes de résister à l'oxygène, ce qui expliquerait leur omniprésence. L'adoption ultérieure des mitochondries s'expliquerait par le gain d'énergie utilisable assuré par le couplage de la consommation d'oxygène à la formation d'ATP. Les mitochondries ont en outre l'avantage de maintenir la concentration environnante en oxygène très inférieure à celle qu'assurent les peroxyosomes.

Pourquoi les peroxyosomes n'ont-ils pas disparu après la mise en place

LA FIN DU MONDE ANTÉDILUVIEN

*Livre de F. R. Trestournel
de 216 pages, 29 figures
et 8 hiéroglyphes en couleurs.
Où il est montré et démontré qu'à l'extrême fin du Tertiaire, une planète a fracassé la Terre primitive (l'Éden) :*

- *la dérive des continents*
- *la surrection du grand Plissement alpin*
- *la formation des océans, de l'océan Pacifique et des guirlandes d'îles circumpacifiques*
- *l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre...*
- *le déluge ; l'origine des sentiments religieux et des religions monothéistes : juive, chrétienne et islamique.*

*Commandez ce livre
à votre libraire ou aux
Éditions Charles Corlet
14110 Condé-sur-Noireau
Prix : 100F*