

génom d'une cellule, font partie du «virus». Des philosophes qui se sont récemment penchés sur la question, dont John Dupré à l'université d'Exeter, en Grande Bretagne, ou encore Thomas Pradeu, à l'université de Bordeaux, pensent que les virus ne doivent pas être assimilés à des objets physiques bien distincts, comme le virion ou la cellule virale, mais à un processus en développement qui englobe toutes les phases du cycle viral.

Dans cette conception philosophique, tous les organismes sont, en général, assimilables à des processus. Cette idée est donc en accord avec la définition des virus que nous avions proposée en 2008 avec Didier Raoult: des organismes codant des capsides – ou des organismes producteurs de virions (je préfère cette formule aujourd'hui, l'utilisation de virions pour leur propagation étant la marque de fabrique des virus).

Si l'on définit les virus par leur capacité à produire des virions protéiques pour se reproduire, comprendre leur origine revient à comprendre celle de cette production. À mon avis, différents types de virions ont pu apparaître à l'époque des cellules à ARN, bien avant LUCA, permettant à certains

groupes de gènes de se reproduire et de se multiplier en court-circuitant les mécanismes de division cellulaire, qui devaient être très imparfaits à l'époque.

Dans ce scénario, les virus géants ont pu apparaître à partir de virus de type DJR qui infectaient l'ancêtre commun aux archées et aux eucaryotes et qui ont grossi en créant eux-mêmes de nouveaux gènes au fur et à mesure qu'ils infectaient des cellules eucaryotes de plus en plus grosses. En transférant certains de ces gènes aux ancêtres des eucaryotes, ils ont pu jouer un rôle important dans la formation de la cellule eucaryote moderne. En particulier, vu les ressemblances entre les usines des virus géants et le noyau des cellules eucaryotes, il est possible que ces virus aient joué un rôle dans l'origine du noyau de nos cellules (voir l'encadré page 46).

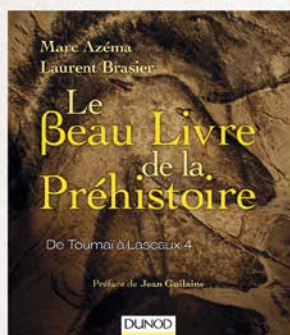
Les virus seraient donc des processus en développement. Soit. La vie elle-même est un processus historique qui se déploie depuis plus de trois milliards et demi d'années sur notre planète et qui produit en permanence d'autres processus emboîtés les uns dans les autres comme des poupées

russe. Lesquels d'entre eux sont vivants? Difficile de répondre, comme l'illustre le cas de la mitochondrie.

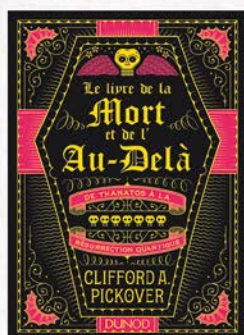
Il y a quelques milliards d'années, une bactérie intracellulaire est peu à peu devenue une mitochondrie, un organite cellulaire présent aujourd'hui chez toutes les cellules eucaryotes et qui leur fournit de l'énergie. Tous les biologistes vous diront qu'une bactérie intracellulaire est bien vivante et les mêmes probablement vous expliqueront qu'une mitochondrie ne l'est pas. Or il est impossible de dire à quel moment, au cours de l'évolution qui l'a conduite à devenir une mitochondrie, cette bactérie a perdu son caractère vivant!

J'ai tendance à penser que le débat sur le caractère vivant ou non de tel ou tel objet biologique traduit en fait des relents de vitalisme, le caractère sacré de la vie ne pouvant être distribué à la légère. Si l'on doit absolument parler de «vivant», je pense qu'il faut attribuer ce caractère à tous les processus «secondaires» qui font partie du processus historique que nous appelons «la vie». Reste à définir ce qui caractérise un processus en biologie... ■

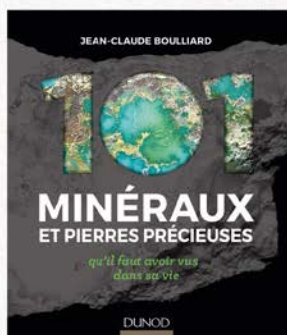
De belles lectures pour la fin d'année



M. AZÉMA, L. BRASIER
9782100730797
420 pages - 27 €
Suivez la passionnante
odyssée de l'évolution
humaine.



C. A. PICKOVER
9782100749942
224 pages - 22 €
Une quête en terre
macabre pour élargir
notre connaissance
de la mort.



J.-C. BOULLIARD
9782100742271
240 pages - 22 €
Découvrez de magnifiques
curiosités minérales.



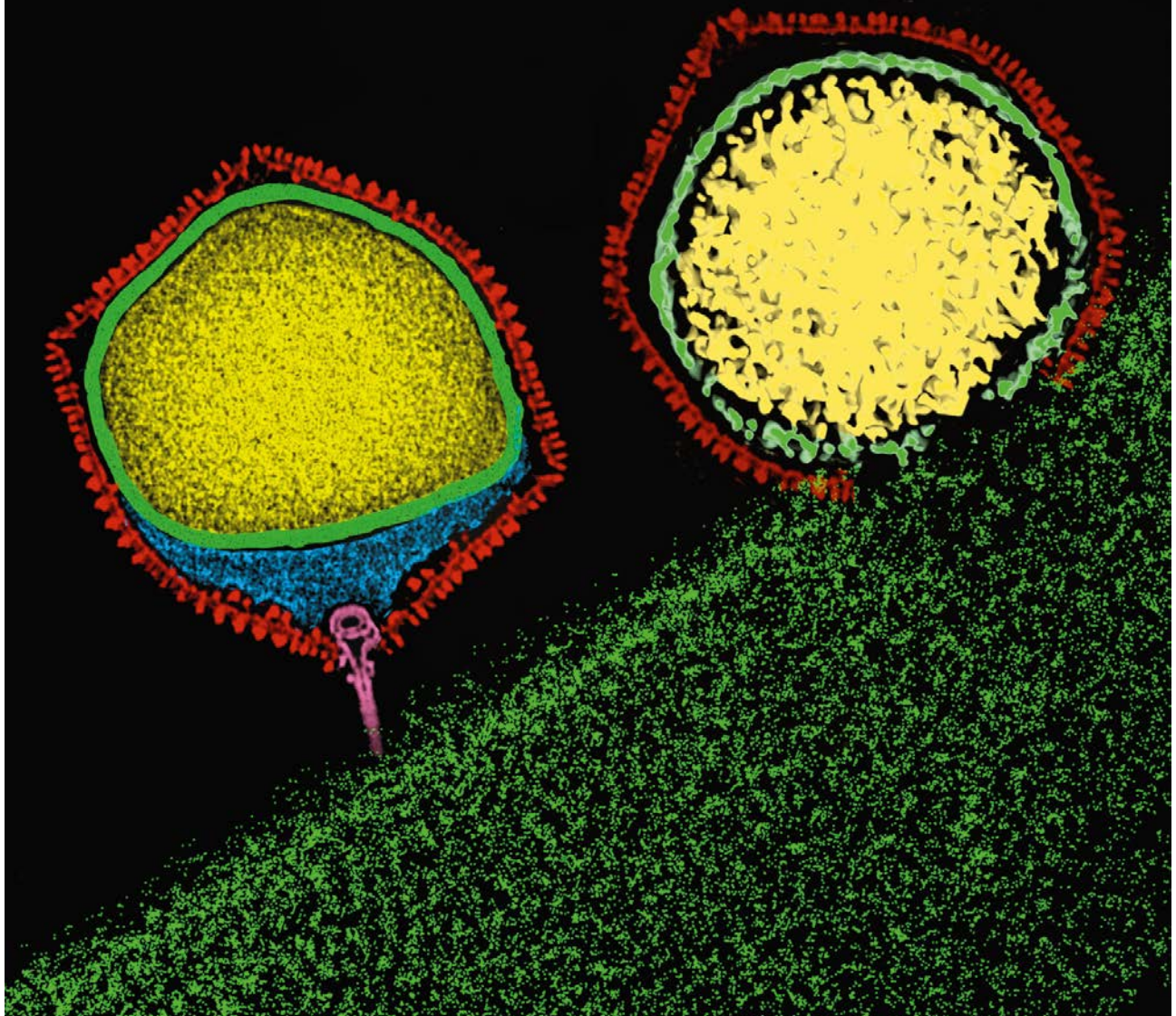
P. BAUD, C. FRANKEL
9782100742257
224 pages - 25 €
Contemplez cent lieux
à la beauté insolite.

Tout le catalogue sur dunod.com



Les **virus géants**

Des fossiles vivants
de cellules primitives ?



Inconnus il y a quinze ans, les virus géants intriguent. Ils ont des caractéristiques de virus, mais aussi de cellules complexes. Et s'il fallait remonter 3,7 milliards d'années pour comprendre leurs particularités ?

Chantal Abergel et Jean-Michel Claverie

En 1992, alors qu'ils étudiaient l'origine d'une épidémie de légionellose, cause de pneumonies, des chercheurs britanniques isolèrent un microorganisme inconnu qui infectait des amibes prélevées dans une tour aéroréfrigérante, à Bradford. Il s'agissait apparemment d'une bactérie parasite, qu'ils baptisèrent *Bradfordcoccus*. Mais en 2003, à la surprise générale, elle fut reclassée parmi les virus par l'équipe de Didier Raoult et la nôtre, toutes deux à Marseille, et renommée mimivirus (*Microbe Mimicking Virus*). Nous avons proposé d'en faire le premier « virus géant », au sein du groupe des « grands virus à ADN ».

Par la suite, son étude approfondie a révélé qu'il s'agissait d'un microorganisme d'une complexité comparable à celle des bactéries parasites, mais sans commune mesure avec celle des virus « classiques ». En particulier, son ADN code un millier de protéines différentes alors que les génomes des virus n'en codent généralement que quelques-unes – celles juste nécessaires à la production de particules virales infectantes, les virions –, au plus quelques centaines chez les virus de bactéries, les bactériophages.

Depuis, une bonne vingtaine d'autres virus géants ont été découverts. Ils intriguent énormément les chercheurs. Pourquoi sont-ils « géants » ? Quelle est leur parenté avec les autres organismes et les autres virus ? Constituent-ils une branche à part dans l'arbre de la vie ? Pourraient-ils être infectieux pour l'homme ? Et d'abord, d'où viennent-ils ? Comment ont-ils évolué ? Le scénario que nous proposons est peu banal : dans la compétition évolutive, les virus géants seraient des « perdants qui ont réussi », les descendants d'anciennes cellules primitives qui sont parvenues à survivre comme parasites de la lignée

cellulaire ancestrale dont le monde vivant actuel est issu.

À quoi ressemblent-ils précisément, ces « géants » ? Aujourd'hui, nous n'en sommes pas encore au jeu des sept familles, mais presque : sur la base de leur parenté génétique et de leur taille, on dénombre quatre grands types de « mégavirus », qui se multiplient tous dans les amibes du genre *Acanthamoeba*. Leurs « chefs de file » sont le mimivirus (famille des Mimiviridae ou des Megaviridae), *Pandoravirus salinus* (famille des Pandoraviridae), *Pithovirus sibericum* (famille des Pithoviridae) et *Mollivirus sibericum* (famille des Molliviridae).

Deux autres types viraux complètent la liste des grands virus infectant des amibes, mais leurs particules plus petites (0,20-0,25 micromètre) ne sont pas visibles au microscope optique, ce qui conduit, selon ce simple critère de taille, à les classer en dehors des virus véritablement « géants » : le marseillevirus, qui infecte également *Acanthamoeba* et dont une dizaine de souches ont été découvertes, et faustovirus, qui infecte une amibe du genre *Vermamoeba*. Ces virus ont néanmoins des génomes d'une taille suffisante (supérieure à 300 kilobases) pour être classés parmi les « géants » par d'autres auteurs.

Mimi, Mama, Moumou et les autres

Chez les Mimiviridae ont été décrits entre autres le mamavirus, un peu plus grand que le mimivirus, *Megavirus chilensis*, plus imposant, découvert dans le Pacifique sur les côtes chiliennes, le moumouvirus, isolé dans des amibes d'une tour de refroidissement dans le sud de la France, Terra 1 et 2, isolés dans des prélèvements de sols,

L'ESSENTIEL

- Le premier virus géant, Mimivirus, a été identifié en 2003 à Marseille.
- Depuis, on a découvert une vingtaine d'organismes comparables, classés au sein de quatre ou six familles selon les auteurs.
- Les virus géants sont caractérisés notamment par la présence d'un grand génome, doté de plusieurs centaines ou milliers de gènes aux fonctions pour la plupart inconnues.
- Selon une hypothèse, ils proviendraient de lignées cellulaires primitives ayant survécu comme parasites de cellules ancestrales dont le monde vivant actuel dérive.

Avec l'aimable autorisation de Xincheng Zhang et Michael RossmannX. Zhang et al., PNAS, vol. 108(36), pp. 14837-14842, 2011

AVANT LE MIMIVIRUS, le virus PBCV-1 (ci-contre sur une compilation de vues réalisées en cryomicroscopie électronique), qui infecte des algues unicellulaires du genre *Chlorella*, était le plus grand virus connu. Il compte plus de 400 gènes et mesure environ 0,2 micromètre.