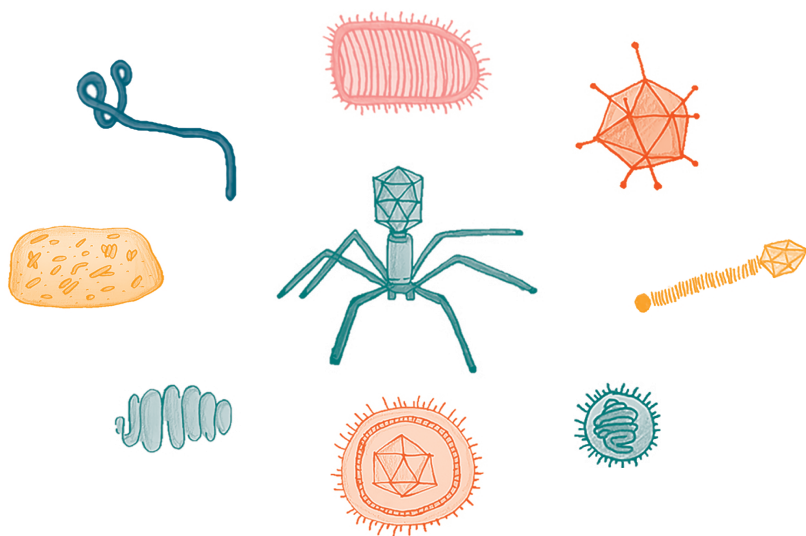


Virus

la menace invisible

Yannick Simonin



Hygée
ÉDITIONS

Controverses

Virus

la menace invisible

Environnements, animaux et humains :
les origines des pandémies

Yannick Simonin

Hygée
ÉDITIONS

Controverses

Essais, manifestes politiques et philosophiques ayant pour point commun une réflexion sur les grands débats actuels qui agitent notre société (euthanasie, conflits d'intérêts, place de l'humain...).

Ouvrage présenté par Madame Nathalie Ferron.

LE PHOTOCOPIAGE MET EN DANGER L'ÉQUILIBRE ÉCONOMIQUE DES CIRCUITS DU LIVRE. Toute reproduction, même partielle, à usage collectif de cet ouvrage est strictement interdite sans autorisation de l'éditeur (loi du 11 mars 1957, code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992).

Ce livre ne peut être reproduit ni utilisé à des fins d'entraînement de systèmes d'intelligence artificielle. La fouille de textes et de données est interdite conformément à l'article 4(3) de la Directive (UE) 2019/790.

© 2026, Hygée Éditions, une marque des Presses de l'EHESP, 2 avenue Gaston-Berger – CS 41119 – 35011 Rennes Cedex

ISBN : 978-2-8109-1248-3

www.hygée-editions.fr

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord Nathalie Ferron, à l'origine de cette belle aventure, pour son accompagnement attentif et ses conseils.

Mes remerciements vont également aux éditions Hygée pour la confiance qu'elles m'ont accordée dans la rédaction de cet ouvrage.

Je suis profondément reconnaissant envers les nombreuses personnalités scientifiques qui ont marqué ma carrière, et tout particulièrement envers mes collègues africains, notamment burkinab , dont l'engagement, la passion et l'enthousiasme me laissent toujours admiratif!

Je remercie ma fille, Clémentine, pour ses dessins utilisés dans plusieurs figures de ce livre. Merci à mon entourage pour son soutien indéfectible, sa patience et sa compréhension face à ma passion, parfois trop dévorante, j'en conviens, pour la recherche.

Finalement, je pourrais presque remercier les virus eux-mêmes ! Par leur complexité et leur capacité à nous surprendre, ils nourrissent chaque jour ma curiosité scientifique. Mieux les comprendre, pour mieux les combattre reste une source de motivation quotidienne.

Introduction

Depuis des millénaires, les virus accompagnent l'humanité, tantôt discrets, tantôt dévastateurs, et bien souvent insaisissables... Microscopiques, mais capables de provoquer d'immenses bouleversements de nos sociétés et de marquer notre histoire. Ils constituent un véritable monde parallèle, invisible à nos yeux, constitué d'interactions complexes entre environnements, animaux et êtres humains.

Longtemps ignorés ou considérés comme de simples virus « exotiques », cantonnés à des régions reculées du globe, les virus émergents représentent une menace croissante pour l'être humain, la pandémie de Covid-19 en étant l'illustration la plus récente.

Cet ouvrage propose de voyager au cœur de cette « menace invisible » pour mieux comprendre comment les virus apparaissent, se transforment, franchissent les barrières d'espèces et parfois déclenchent des pandémies aux répercussions planétaires. Il invite à modifier notre regard sur ces minuscules particules qui, malgré leur simplicité apparente, impactent profondément nos vies, à explorer les origines mystérieuses de ces agents pathogènes et leur capacité à franchir les barrières géographiques et biologiques. Quels sont les virus les plus redoutés ? Comment se propagent-ils ? Comment prévenir et, si possible, contenir ces menaces ?

Pour découvrir cet univers captivant et énigmatique, nous allons voir, au travers de quatre grands chapitres, pourquoi l'ère de l'émergence des virus est arrivée et comment les experts se préparent déjà à y faire face.

Le chapitre 1 dévoile la nature des virus (leur structure, leur diversité, leurs stratégies d'infection) et permet d'explorer les grandes épidémies qui ont marqué l'histoire humaine et façonné des civilisations tout entières.

Dans le chapitre 2, nous porterons notre regard sur les virus qui ont façonné l'époque contemporaine : VIH, Ebola, coronavirus, Dengue... Nous verrons comment ces agents pathogènes émergent, se propagent et mettent à l'épreuve nos systèmes de santé et nos sociétés.

Nous analyserons ensuite les moteurs profonds de l'apparition de nouveaux virus : réservoirs animaux, mutations, franchissements de barrières d'espèces, mais aussi impacts des activités humaines, du changement climatique, de l'urbanisation et plus globalement de la mondialisation.

Dans le dernier chapitre, nous découvrirons les outils actuels et futurs de la lutte antivirale (innovations vaccinales, thérapies émergentes, surveillance environnementale, intelligence artificielle, stratégies de contrôle des vecteurs). Nous découvrirons également l'approche « Une seule santé » combinant santé animale, humaine et environnementale pour mieux anticiper les épidémies à venir.

Chapitre 1

Aux origines des virus...

Les virus, icônes de la culture populaire

Dans l'imaginaire collectif, le mot « virus » est avant tout synonyme de maladie, de contagion, de danger et suscite une peur quasi instinctive. Son usage s'est étendu au fil du temps, pour intégrer le langage courant bien au-delà du cadre médical, notamment dans le numérique ou la communication. Ainsi, un « virus informatique » est un programme malveillant capable de se reproduire et de se propager, à l'instar d'un virus biologique, et une vidéo devient « virale » dès lors qu'elle se diffuse très rapidement sur les réseaux sociaux.

Lorsque l'on parle de virus, on approche le diffus, l'invisible et l'incontrôlable, quelque chose de souvent néfaste et qui se répand insidieusement. Les virus fascinent tout autant qu'ils terrifient. Dans d'innombrables ouvrages de fiction, films, récits apocalyptiques, ils sont présentés comme des ennemis insaisissables, capables d'anéantir l'humanité tout entière.

Régulièrement, l'être humain est le principal responsable de son triste sort, acteur inconscient et irresponsable manipulant des virus en laboratoire et engendrant ainsi une créature échappant à tout contrôle. La manipulation génétique et la recherche sur les virus sont parfois perçues comme des jeux dangereux où les scientifiques apparaissent comme des apprentis sorciers avec la Nature, sans en mesurer pleinement les conséquences. Dans ce type de scénarios, la frontière entre progrès scientifique et danger incontrôlable devient floue, et les virus engendrés symbolisent une quête

éperdue de pouvoir et une arrogance sans limites – l'être humain pensant maîtriser à tort des forces qu'en réalité il ne comprend pas... On ne compte plus les films, séries télé ou livres racontant, de façon dramatique, drôle ou décalée, comment des groupes d'humains tentent de survivre alors qu'un virus inconnu a transformé leurs congénères en zombies affamés de cervelle fraîche.

Des films tels que *Contagion*¹ ou des romans comme *Le Fléau*² illustrent parfaitement les peurs et les enjeux liés à la propagation virale, montrant les réponses humaines, souvent désespérées, face à une menace dévastatrice. À travers des scénarios réalistes ou dystopiques, ces œuvres mettent en lumière la rapidité de la transmission des agents pathogènes et leur imprévisibilité, le chaos qu'ils engendrent. Ces récits soulignent les dilemmes éthiques, la désorganisation des systèmes de santé et les tensions sociétales qui peuvent apparaître face à un mal invisible et terrifiant.

Le virus devient alors un symbole de l'imprévisibilité et de la vulnérabilité humaine, mais aussi un miroir reflétant des préoccupations sociales et politiques du moment. Un révélateur en somme...

Les mille et une formes des virus

On définit un virus souvent par ce qu'il n'est pas : ce n'est pas une bactérie, ce n'est pas un organisme vivant, ce n'est pas

1. Dans ce thriller d'anticipation réalisé par Steven Soderbergh et sorti en 2011, on suit dans une veine assez réaliste la progression d'un virus hautement contagieux et la lutte acharnée des scientifiques pour contenir l'épidémie. Le film est inspiré du roman *Contagion* de Robin Cook, paru en 1995 (traduit de l'anglais par P. Berthon, Paris, Albin Michel, 1996).

2. Dans *Le Fléau*, Stephen King imagine un monde ravagé par un virus mortel échappé d'un laboratoire, où les survivants doivent non seulement affronter la maladie, mais également faire face au côté obscur de l'humanité (*Le Fléau*, 2^{de} édition 1990, traduit de l'anglais par J.-D. Brèque, Paris, J'ai Lu, 1991).

une cellule, il est incapable de se multiplier seul... Cette approche négative ne rend pas justice à l'incroyable complexité et à l'ingéniosité biologique de ces agents infectieux, notamment leur capacité à s'adapter en permanence à leur hôte.

Leur diversité morphologique en est une illustration édifiante : certains ne mesurent que quelques dizaines de nanomètres et d'autres plusieurs centaines de nanomètres (Figure 1). Pour s'en faire une idée, il faut savoir que le regroupement de plusieurs centaines de millions de virus suffirait à peine à former le point terminant cette phrase.

Ils adoptent également des formes extrêmement variées (Figure 2). Certains, comme les bactériophages (virus infectant exclusivement les bactéries), ressemblent à de véritables machines microscopiques, avec une tête icosaédrique (à 20 faces) contenant leur matériel génétique et une queue articulée qui leur permet d'injecter leur génome dans une bactérie. D'autres, comme les virus de la grippe, présentent une structure plus souple et allongée. Les adénovirus, quant à eux, affichent une symétrie quasiment parfaite avec une coque de structure polyédrique³. Enfin, les virus géants défient les classifications traditionnelles avec leur aspect ovoïde et leur taille atteignant plusieurs centaines de nanomètres, rivalisant dans ce domaine avec certaines bactéries !

La variété de formes des virus s'accompagne d'une diversité génétique tout aussi exceptionnelle. En effet, comme l'ont démontré Avery, MacLeod et McCarty en 1944⁴, dans le monde du vivant, l'information génétique (le génome) est

3. Possédant plusieurs faces planes.

4. Ces biologistes américains ont montré que la substance qui transmet les caractères héréditaires d'une cellule à une autre est l'acide désoxyribonucléique (ADN) et non les protéines. L'ADN est une macromolécule présente dans la majorité des cellules des êtres vivants. Cette découverte a été fondamentale pour comprendre que l'ADN est le support de l'information génétique dans tous les organismes vivants et a contribué à développer la biologie moléculaire moderne.

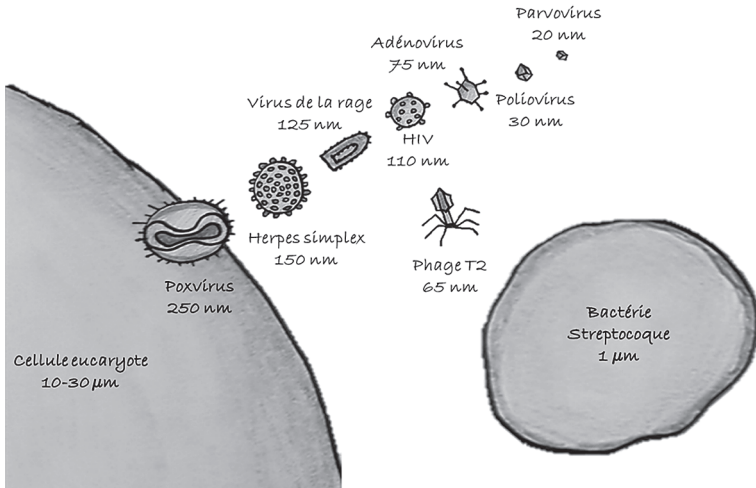
portée par l'ADN, macromolécule présente dans la majorité des cellules des êtres vivants. Cette information génétique correspond un peu à un manuel d'instructions, simple et complexe à la fois, pour construire et faire fonctionner tous les êtres vivants.

Si certains virus respectent cette règle en possédant un génome « classique » constitué d'ADN, une grande partie d'entre eux s'en affranchissent et utilisent une molécule d'acide ribonucléique (ARN) comme matériel génétique. De l'ARN comme matériel génétique ? De quoi profondément modifier notre perception du génome car jusque-là tous les scientifiques s'accordaient pour déclarer que l'ADN était l'unique support de l'information génétique ! Cette particularité est unique dans le monde du vivant et confère aux virus à ARN des capacités d'adaptation remarquables⁵.

Le génome, le cœur même de l'identité du virus, est soigneusement protégé par une structure complexe appelée « capside », constituée d'une multitude de toutes petites protéines agencées de telle façon à former une structure stable et extrêmement résistante. Souvent en forme de spirale ou de coque à plusieurs faces, la capside joue un rôle de carapace : elle protège le matériel génétique viral contre la dégradation, un élément indispensable à la multiplication du virus.

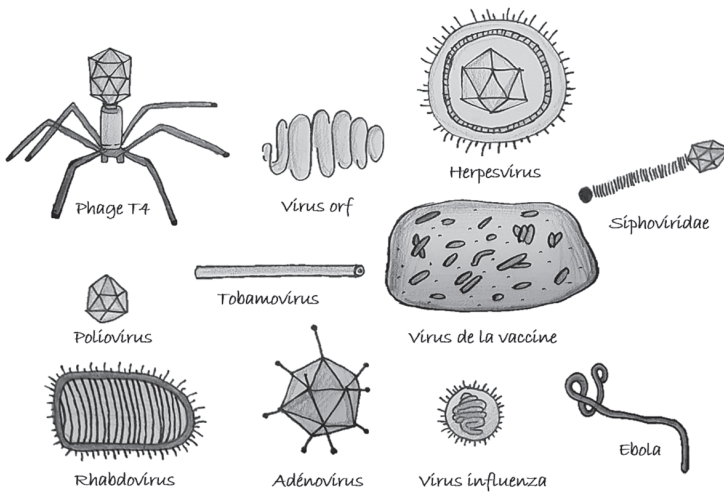
Par ailleurs, certains virus possèdent, en plus de leur capside, une fine couche lipidique appelée « enveloppe virale », qui ressemble à la membrane des cellules. On les désigne alors sous le nom de « virus enveloppés », tandis que les virus qui ne possèdent pas cette enveloppe sont appelés « virus nus », ou virus non enveloppés (Figure 3).

5. Ce point sera abordé plus en détail dans le chapitre 2.



© Clémentine Simonin.

Figure 1. Les virus : l'infiniment petit dans toute sa diversité



© Clémentine Simonin.

Figure 2. Les virus : une grande diversité de formes

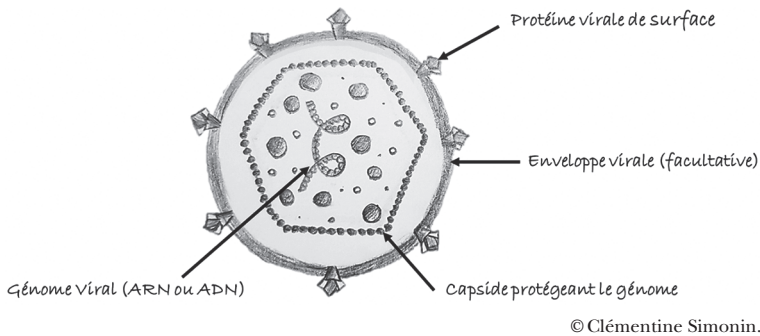


Figure 3. Structure simplifiée d'une particule virale

Les virus possèdent ainsi une identité qui leur est propre, à la croisée du vivant et de l'inerte. En effet, à l'extérieur d'une cellule, les virus, bien que constitués de matériel génétique – comme les autres éléments du vivant –, ne présentent aucune activité. Ils sont aussi inertes qu'une pierre ou qu'un grain de sable, comme figés, incapables de se multiplier, d'avoir une activité métabolique ou de se déplacer. Dans cet état de dormance, totalement dépendant de leur milieu, ils dérivent passivement dans leur environnement, transportés par l'eau, l'air, les fluides biologiques ou un vecteur (comme les moustiques), en attendant de rencontrer l'hôte approprié.

Bon nombre de virus, ne rencontrant jamais cet hôte, sont destinés à disparaître, dégradés par la chaleur ou par les ultraviolets du soleil. Leur résistance dans l'environnement varie considérablement. Ainsi, certains virus comme le virus de la vaccine ou celui de l'hépatite A, peuvent persister plusieurs mois, voire des années, sur des surfaces sèches ou dans des milieux contaminés, surtout en l'absence de lumière et à des températures fraîches.

À l'inverse, des virus comme le VIH ou la grippe sont beaucoup plus fragiles : ils perdent leur infectiosité à l'air libre en quelques minutes à quelques heures seulement, surtout lorsqu'ils sont exposés à la chaleur ou aux UV.

Bactéries et virus, des pathogènes aux rôles bien différents

De prime abord, bactéries et virus semblent revêtir le même costume : minuscules, capables de se multiplier très rapidement et d'altérer notre santé. Dans le grand théâtre de l'invisible, ces deux acteurs majeurs se partagent le devant de la scène, ne laissant souvent que le second rôle à d'autres pathogènes. Mais, en réalité, virus et bactéries jouent des rôles bien différents.

Les bactéries sont des êtres vivants microscopiques, formés d'une seule cellule autonome. Elles sont capables de se reproduire seules, sans dépendre d'un autre organisme, de se nourrir et d'assurer leur propre métabolisme. Leur matériel génétique, formé d'ADN, flotte librement dans la cellule, sans noyau, ce qui les classe dans la grande famille des procaryotes⁶. Bon nombre d'entre elles vivent en parfaite harmonie avec nous, nichées dans notre intestin ou sur notre peau. D'autres déclenchent des infections, que l'on peut combattre à l'aide d'antibiotiques.

Les virus appartiennent à un monde radicalement différent. Tel un acteur incomplet, le virus, à l'extérieur d'une cellule, n'est qu'un figurant en quête de rôle : incapable de se multiplier par lui-même, il doit obligatoirement pénétrer dans une cellule vivante pour jouer sa scène. Ce processus, souvent furtif mais redoutable, peut avoir sur le corps des conséquences graves, voire fatales, selon le déroulé du scénario.

Pour se défendre, inutile de compter sur les antibiotiques, qui n'ont aucun effet sur les virus. Il faut plutôt miser sur la prévention, avec les vaccins en tête, ou sur des antiviraux taillés sur mesure, quand ils existent... Lors d'une infection, il est donc primordial de distinguer le responsable (virus, bactéries ou un autre pathogène) afin d'établir les bonnes stratégies pour s'en protéger et ne pas rester cantonné au rôle de simple spectateur.

Les virus les plus résistants sont en général les virus nus, tandis que les virus enveloppés sont plus fragiles, leur enveloppe se dégradant facilement dans l'environnement.

6. Les cellules de notre corps sont classées dans la catégorie des eucaryotes, car possédant un noyau renfermant notre matériel génétique.