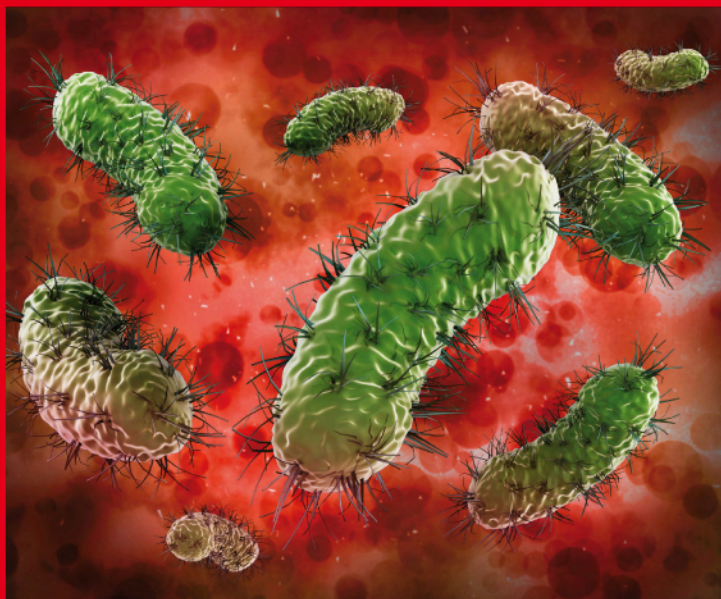


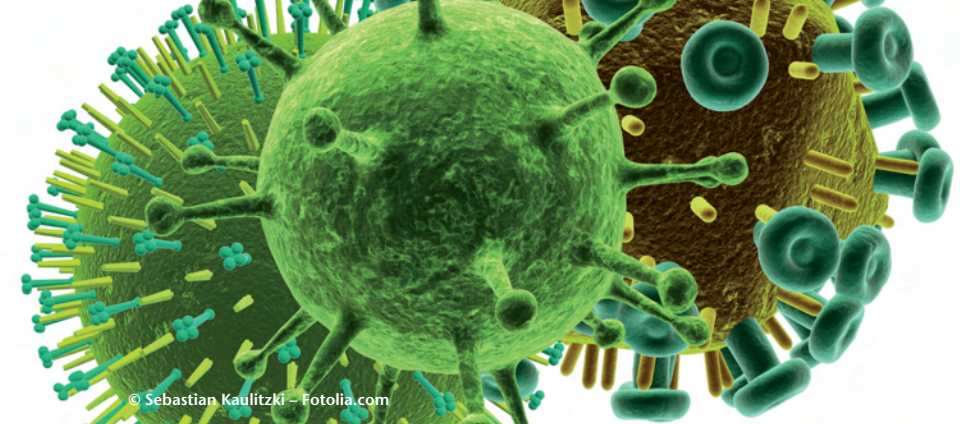
MANUEL DE POCHE DE
**MICROBIOLOGIE
MÉDICALE**

2^e édition

FRITZ H. KAYSER - ERIK C. BÖTTGER
PETER DEPLAZES - OTTO HALLER - AXEL ROERS



Lavoisier
Médecine
SCIENCES



© Sebastian Kaulitzki – Fotolia.com

Chapitre V

Virologie

8	Virologie générale	394
9	Virus et infections	452

8 Virologie générale

O. Haller

8.1 Particularités des virus

Résumé

Les virus sont des agents infectieux possédant les propriétés suivantes :

- Ils sont constitués d'un **acide nucléique**, porteur de l'information génétique, et de protéines virales
- Ils ne contiennent qu'un type d'acide nucléique, soit un **ADN**, soit un **ARN**
- Ils se multiplient **obligatoirement en intracellulaire** et ne sont pas capables, par leurs propres moyens, de produire de l'énergie ou de synthétiser des protéines
- La **multiplication virale** se produit dans les cellules infectées, par élaboration des différents constituants viraux puis assemblage de ces composants, formant ainsi un virus complet. La formation de nouveaux virus vient donc des **capacités de synthèse de la cellule hôte**, qui réalise le programme génétique inscrit dans le patrimoine du virus

Les virus se distinguent fondamentalement des autres micro-organismes. Ils ne possèdent pas de métabolisme propre et ne se multiplient ni par croissance ni par division, mais sont élaborés à partir de l'assemblage de leurs constituants dans la cellule infectée. Les virus mènent pour ainsi dire une double vie, selon leur position, à l'intérieur ou à l'extérieur d'une cellule hôte. Ils apparaissent ainsi sous au moins deux formes. À l'intérieur d'une cellule, le virus réalise son programme génétique ; en dehors de la cellule hôte, le virus existe en tant que particule virale stable aussi dénommée virion (voir Information complémentaire).

Information complémentaire

Que signifie le terme virus ? Qu'est-ce qu'un virion ?

Un **virus** (d'un point de vue fonctionnel) désigne comme terme abstrait un agent infectieux possédant les propriétés typiques généralement attribuées à tous les virus (par analogie à « l'argent » dans le domaine économique). Le terme peut être appliqué à un groupe de virus précis, avec un qualificatif adapté (Influenzavirus, Adenovirus). Le mot latin « virus » signifie « poison » avec en outre le sens de « excrétion nuisible d'un être vivant ». Ce mot latin n'a pas de pluriel ; la même forme est utilisée au singulier et au pluriel. Il est significatif de voir que ce terme est aujourd'hui aussi employé dans le monde de l'informatique pour caractériser un logiciel informatique capable d'autoréplication, qui multiplie ses informations électroniques (par analogie au génome biologique d'un virus) dans un hardware (la cellule hôte) et qui se propage, après cette atteinte initiale, à la manière d'une infection, aux ordinateurs en réseau.

Un **virion** (d'un point de vue fonctionnel) désigne la particule virale physiquement palpable, mature et en règle générale infectieuse. Le virion possède une structure, une grandeur et une extension chimique définie (par analogie à une « pièce de monnaie »). Les virions sont visualisés en microscopie électronique. La structure tridimensionnelle de plusieurs virions est aujourd'hui connue par des méthodes d'analyse structurale aux rayons X, de résonance magnétique et de cryomicroscopie électronique (exemples sur www.virology.net).

Une particule virale est un élément inerte composé d'un acide nucléique, de protéines et pour certains virus, d'une enveloppe et d'autres composés. Cette forme de virus sert à la survie dans le monde extérieur, à la transmission sur d'autres hôtes, et répond plus ou moins à certains principes structurels communs. Après infection d'une cellule hôte, la particule virale se désagrège en ses différents composants et son existence en tant que parasite intracellulaire débute. Cette phase intracellulaire est programmée par les propriétés génétiques du virus et est, pour cette raison, différente d'une espèce de virus à l'autre. L'existence intracellulaire d'un virus est souvent particulièrement dynamique. Le programme génétique se déroule en quelques heures, avec construction de nouveaux composants viraux qui sont montés comme à la chaîne, en virions. Dans d'autres situations, l'information du patrimoine viral est mise en « veilleuse » : elle reste intacte pour pouvoir être réactivée à un autre moment. Dans la cellule infectée, des protéines virales supplémentaires, qui n'apparaissent pas dans le virion, sont souvent formées. Ces protéines dites non structurelles servent au changement d'orientation du métabolisme cellulaire au profit du virus, ou sont directement impliquées dans la préservation du génome viral ou dans la multiplication virale.

Le programme viral n'a qu'un seul objectif, à savoir la survie et la propagation du matériel génétique viral. Ce but est le plus souvent atteint par une surproduction massive de virus infectieux. Les stratégies de multiplication utilisées sont différentes selon le type de virus. De la même manière, le destin des cellules hôtes varie en fonction du virus et peut aboutir, par exemple, à la mort cellulaire, à l'immortalisation ou à une dégénérescence maligne.

Cet intime échange d'activités entre le virus et la cellule hôte, et le fait que l'ensemble des composants du virus sont

produits par la cellule infectée, comme s'ils étaient des éléments propres de cette cellule, expliquent pourquoi l'élaboration de médicaments antiviraux spécifiques (p. 439) est bien plus difficile que celle des antibiotiques qui affectent les capacités métaboliques bactériennes.

Les détails de la multiplication virale ne sont connus que partiellement dans la majorité des cas. Une meilleure compréhension dépend de nouveaux progrès en biologie moléculaire et cellulaire, à laquelle participe la recherche en virologie.

8.2 Structure d'un virus

Résumé



La particule virale infectieuse (virion) est constituée de peu d'éléments de base avec, de temps à autre, des composants supplémentaires. Les éléments de base comprennent un **génome** ADN ou ARN, une **capside** de protéines virales et souvent une **enveloppe**, dérivée des membranes cellulaires

D'un point de vue biochimique, les virus se composent d'acides nucléiques, de protéines, d'hydrates de carbone et, pour les virus avec enveloppe, de lipides (► Tableau 8.1). La formation d'un virus suit des plans de construction simples qui se sont développés au cours de l'évolution (► Fig. 8.1).

► **Génome.** Les virus à ADN sont génétiquement stables et possèdent (comme par exemple les Herpesvirus et le virus de la variole) souvent de grands génomes comprenant une quantité considérable d'informations génétiques. La majorité des virus à ADN sont à double brin (ds, pour *double strand*) et se présentent sous une forme de filament linéaire avec des

Tableau 8.1 Composition d'une particule virale (virion)

Constituants	Composition chimique	Présence
Matériel génétique	<ul style="list-style-type: none"> • Acide nucléique • ADN ou ARN • Mono ou double brin • Un ou plusieurs éléments (segmentés) • Linéaire ou circulaire 	Obligatoire
Éléments structurels	<ul style="list-style-type: none"> • Protéines • Lipides • Hydrates de carbone 	Facultative, le plus souvent présents
Éléments fonctionnels (enzymes)	<ul style="list-style-type: none"> • Protéines • Glycoprotéines 	Facultative

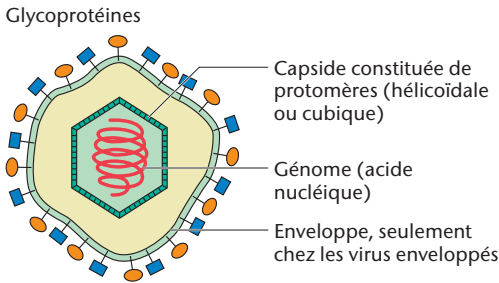


Fig. 8.1 Structure d'une particule virale (virion) avec enveloppe. L'équipement de base comporte l'acide nucléique viral (ADN ou ARN) et la capsid. La capsid est constituée de sous-unités identiques (capsomères), qui dans le cas de figure le plus simple, se composent d'homo-oligomères d'une seule protéine. Le plus souvent, le protéomère contient plusieurs protéines différentes qui, ensemble, forment un complexe hétéro-oligomère. L'enveloppe est constituée d'une double couche lipidique dans laquelle sont intégrées des protéines virales (et cellulaires).

extrémités définies, ou sous forme d'anneau (circulaire). Les virus à ARN possèdent, en règle générale, un génome à un brin (ss, pour *single strand*), sujet à une fréquence de mutation élevée car les ARN polymérases n'ont pas les fonctions de correction d'erreurs des ADN polymérases. La taille du génome et son équipement génétique sont ainsi limités. Par contre, les virus à ARN, grâce à la mutation et à la sélection, ont une grande capacité d'adaptation. Des virus à ARN double brin existent mais restent des exceptions. Les

virus à ARN simple brin sont divisés en deux classes, en fonction de la polarité de leur génome. Les virus à ARN simple brin positif [virus (+) ssARN] possèdent un génome ARN à polarité positive, contenant les séquences codantes et servant directement d'ARN messager (ARNm). Les virus à ARN simple brin négatif [virus (-) ssARN] portent un ARN non codant, de polarité négative. Ce brin négatif doit d'abord être transcrit en ARNm à brin positif complémentaire, dans la cellule infectée, avant qu'ait lieu une synthèse

protéique. Ceci est réalisé par une ARN polymérase dépendante de l'ARN, propre au virus, présente dans la particule virale, et qui est introduite dans la cellule hôte.

► **Capside.** La capside est constituée de protéines virales et englobe l'acide nucléique génomique. La capside se compose de sous-unités appelées capsomères. Les capsomères pour leur part sont constitués d'une ou de plusieurs chaînes polypeptidiques codées par le virus. La capside et l'acide nucléique sont en relation plus ou moins étroite. Chez beaucoup de virus, la capside entoure le génome comme un manteau de protéine. Chez d'autres virus, il existe une liaison intime entre l'acide nucléique et les protéines de la capside. Dans ce cas, les deux entités sont regroupées sous le nom de **nucléocapside**. Les capsides de nucléocapsides sont organisées selon des plans

de construction stricts. L'organisation dans l'espace des composants donne soit une figure en forme de bacille à symétrie hélicoïdale, soit un corps en forme d'icosaèdre avec une symétrie cubique. À côté de ces deux formes, on peut observer des modèles de construction complexes avec des symétries plus complexes (voir Information complémentaire « Structure des virus »). La capside virale remplit des fonctions essentielles. Parmi celles-ci, on trouve la protection de l'acide nucléique génomique contre les influences de l'environnement, et des étapes importantes dans l'infection de la cellule hôte (section 8.4). Les protéines de la capside déterminent, chez les virus sans enveloppe, la spécificité de l'hôte et le tropisme cellulaire. Elles portent des déterminants antigéniques qui sont importants pour la protection immunitaire et la classification antigénique des virus (sérotypes).

Information complémentaire



Structure des virus

Les principes de construction des capsides suivants sont pris en compte pour la classification des virus indépendamment du fait de la présence d'une enveloppe (► Fig. 8.2) :

- **Structure cubique.** La capside de ces virus se compose de 20 faces triangulaires équilatérales (icosaèdre). Un squelette icosaédrique possède une symétrie cubique avec
 - un axe de symétrie quintuple qui intervient au niveau des côtés de l'icosaèdre
 - un axe de symétrie triple qui passe par le milieu d'un triangle et
 - un axe de symétrie double le long des arêtes (► Fig. 8.2a).

Les capsides icosaédriques s'intègrent spontanément dans la cellule infectée comme structures à haute organisation, sont visibles en microscopie électronique

sous forme de « corps d'inclusion ».

La nature cristalline des capsides purifiées permet une représentation tridimensionnelle au moyen de procédés de visualisation en haute résolution (► Fig. 8.2b).

- **Structure hélicoïdale.** La capside de ces virus est en règle générale une nucléocapside (voire sous capside). Les protéines de la capside sont étroitement liées avec le filament d'acide nucléique (le plus souvent ARN), et forment une hélice. Le complexe protéines-acide nucléique, organisé sous forme spiralée, a un axe de symétrie long qui passe par le centre du squelette en forme de cylindre (► Fig. 8.2c). La nucléocapside est aussi désignée comme complexe ribonucléoprotéique ou, en abréviation, vRNP. Chez la plupart des virus à ARN, elle constitue l'unité centrale qui dirige activement toutes les fonctions de transcription et de réplication du génome

viral (p. 409). Chez les virus enveloppés, la nucléocapside filamenteuse est disposée en pelote à l'intérieur de l'enveloppe (► Fig. 8.2d).

- **Structure complexe.** La capside de certains virus est construite de façon complexe et ne peut être décrite par des symétries simples. Par exemple, le

virus de la variole possède une capside biconcave de grande complexité.

Des représentations visuelles sont accessibles sur les sites Internet suivants : www.virology.net, www.virology.wisc.edu/IMV.

8

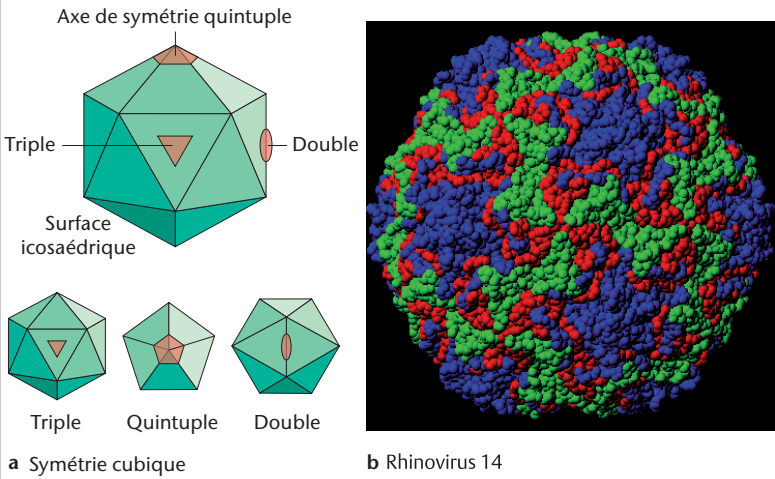


Fig. 8.2 Formes de symétries de la capside virale. a, b Symétrie cubique : icosaèdre avec 20 faces triangulaires identiques.

a Représentation schématique : symétrie cubique.

b Reconstruction d'une capside de Rhinovirus à partir d'une radiographie en 3D. Les différentes protéines virales de la capside sont représentées par des couleurs différentes, à savoir VP1 en bleu, VP2 en vert et VP3 en rouge. VP4 se trouve à l'intérieur et n'est pas visible (Jean-Yves Sgro/Phanie ; www.virology.wisc.edu/virusworld/jys.php).

► **Enveloppe.** La capsidie de certains virus est entourée d'une enveloppe. Elle provient soit de la membrane plasmique de la cellule hôte, soit de membranes intracellulaires, essentiellement de l'appareil de Golgi ou du réticulum endoplasmique. L'enveloppe porte des glycoprotéines virales qui, lors de l'infection, sont sélectivement incorporées dans les membranes cellulaires correspondantes et qui sont responsables, par la suite, de l'amarrage du virus à sa cellule cible et

de la fusion de l'enveloppe virale avec la membrane cellulaire de l'hôte (section 8.4.1). Les glycoprotéines membranaires de l'enveloppe virale servent de point d'attaque aux anticorps neutralisants et sont soumises à une forte pression de sélection de la part du système immunitaire (section 8.10.2). Les virus enveloppés sont sensibles aux influences extérieures comme la dessiccation et la chaleur. Ceci a une influence sur les voies de transmissions.

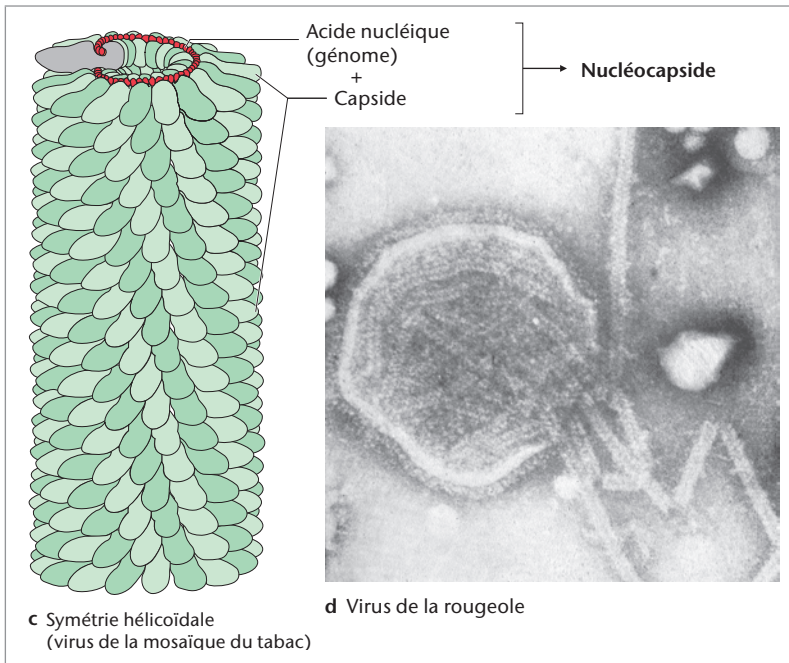


Fig. 8.2 c, d Symétrie hélicoïdale. Le plus souvent, la protéine de la capsidie (souvent appelée nucléoprotéine) est étroitement liée à l'acide nucléique. Ensemble, ils constituent la nucléocapsidie (appelés aussi, chez les virus à ARN, complexe ribonucléoprotéique viral [vRNP]).

c Représentation schématique : symétrie hélicoïdale.

d Vue en microscopie électronique d'une nucléocapsidie de virus de la rougeole. Du fait d'une lésion de l'enveloppe, la nucléocapsidie est en partie sortie du virion, ce qui permet une belle visualisation (Image Thomas Bächli, EMZ, Universität Zürich).

Les virus nus sont, en règle générale, plus résistants que les virus enveloppés.

► **Autres composants.** Selon le type de virus, d'autres structures protéiques sont présentes dans le virion, qui favorisent l'infection de la cellule hôte ou la rendent seulement possible. Des exemples sont constitués par les ARN polymérases ARN dépendantes des virus ARN à simple brin négatif, la transcriptase reverse des rétrovirus ou les protéines de tégument des Herpesvirus. À ceci s'ajoutent, chez certains virus, des éléments supplémentaires de la cellule hôte comme les ARNt des rétrovirus, qui jouent un rôle important dans la rétrotranscription. On ne connaît pas l'importance des ribosomes des Arenavirus ou des protéines membranaires cellulaires qui sont emportées dans l'enveloppe virale.

► **Taille.** Les virus pathogènes chez l'homme sont de tailles variables de 18 nm (Parvovirus) jusqu'à 250 × 350 nm (virus de la variole). Le pouvoir de résolution de la microscopie optique se situe autour de 300 nm. Une comparaison des

tailles de différents virus est rapportée dans la ► Fig. 8.3. Des ADN-virus exceptionnellement grands ont été récemment mis en évidence chez les amibes et classés dans une nouvelle famille (virus géants ou *Megaviridae*). Des représentants de cette famille sont le Mimivirus (*microbe mimicking virus*) et le Megavirus. Avec un diamètre de 400 nm ils atteignent la taille des petites bactéries. Le plus grand virus mis en évidence à ce jour chez les amibes est le Pandoravirus (1 µm × 0,5 µm) qui contient plus de 2 500 séquences codant des protéines et qui semble constituer un stade d'évolution intermédiaire entre un virus et une cellule.

8.3 Classification des virus

La classification des virus suit certaines règles, servant à une meilleure compréhension des relations entre virus. Elle s'appuie sur des propriétés morphologiques, biologiques, biochimiques et de plus en plus aussi génétiques. Les critères principaux sont :

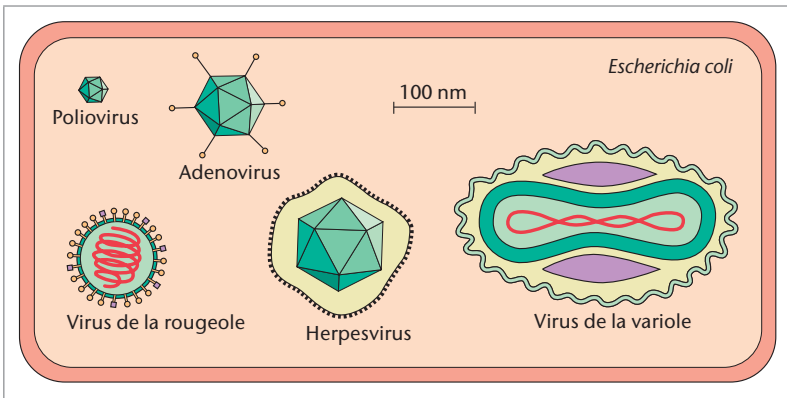


Fig. 8.3 Comparaison de taille entre les virus et les bactéries. Différents virus sont figurés à l'échelle dans une cellule d'*Escherichia coli*.

- **La nature du génome** : le type d'acide nucléique (ADN ou ARN), la forme simple ou double brin, la polarité des virus à ADN (orientation négative ou positive du brin) sont essentiels. Accessoirement, on distingue la présentation du génome en pièces (segmenté) ou en ensemble (non segmenté). On tient aussi compte de la taille du génome et de son organisation.
- **La forme de symétrie de la capsid** : cubique, hélicoïdale ou complexe.
- **La présence d'une enveloppe**.
- **Le site de multiplication** : élaboration de la nucléocapside dans le noyau ou le cytoplasme de la cellule hôte.
- **Le site de l'enveloppement** : membrane du noyau, RE, Golgi, membrane plasmique.
- **La taille du virion** : les diamètres varient entre 18 et 250 nm (► Fig. 8.3). Les plus petits virus pathogènes chez

l'homme sont les Parvovirus (18 nm) et les Picornavirus (30 nm) ; les plus grands sont les virus de la variole (250 × 350 nm).

La classification taxonomique des virus est élaborée par une commission d'experts internationaux (ICTV) et constamment adaptée aux nouvelles connaissances (www.ictvonline.org). La systématisation actuelle reconnaît les domaines hiérarchiques de la **famille** (caractérisée par le suffixe « *-viridae* », par exemple *Paramyxoviridae*), le **genre** (suffixe « *-virus* », par exemple *Morbillivirus*) et l'**espèce**.

Les familles sont en partie subdivisées en **sous-familles** (suffixe « *-virinae* », par exemple *Alphaherpesvirinae*) ou regroupées dans un **ordre** (suffixe « *-virales* », par exemple *Mononegavirales*).

Les virus principaux en médecine sont rapportés dans le ► Tableau 8.2

Tableau 8.2 Les principaux virus pathogènes chez l'homme

Famille (« <i>-viridae</i> ») et sous-famille (« <i>-virinae</i> »)	Genres (« <i>-virus</i> »)	Exemples
A) Virus à ADN		
1. Virus à ADN bicaténaire (à double brin)		
<i>Herpesviridae</i>		
<i>Alphaherpesvirinae</i>	<i>Simplexvirus</i>	Human Herpesvirus 1 (HHV-1) Herpes Simplexvirus de type 1 (HSV-1)
		Human Herpesvirus 2 (HHV-2) Herpes Simplexvirus de type 2 (HSV-2)
	<i>Varicellovirus</i>	Human Herpesvirus 3 (HHV-3) Virus varicelle-zona (VZV)
<i>Betaherpesvirinae</i>	<i>Cytomegalovirus</i>	Human Herpesvirus 5 (HHV-5) Cytomegalovirus (CMV)
	<i>Roseolovirus</i>	Human Herpesvirus 6 (HHV-6) Human Herpesvirus 7 (HHV-7)
<i>Gammapherpesvirinae</i>	<i>Lymphocryptovirus</i>	Human Herpesvirus 4 (HHV-4) Virus d'Epstein-Barr (EBV)
	<i>Rhadinovirus</i>	Human Herpesvirus 8 (HHV-8) Herpesvirus associé au sarcome de Kaposi (KSHV)

Tableau 8.2 (suite)

Famille (« -viridae ») et sous-famille (« -virinae »)	Genres (« -virus »)	Exemples
<i>Hepadnaviridae</i> ²	<i>Orthohepadnavirus</i>	Virus de l'hépatite B (HBV)
Poxviridae		
<i>Chordopoxvirinae</i>	<i>Orthopoxvirus</i>	Virus de la variole Virus de la vaccine Virus de la variole du singe Virus de la variole des bovins
	<i>Parapoxvirus</i>	Orfvirus Pseudocowpoxvirus
	<i>Mullusciopoxvirus</i>	Virus du Molluscum contagiosum
<i>Adenoviridae</i> ¹	<i>Mastadenovirus</i>	Adenovirus humains
<i>Papillomaviridae</i> ¹	<i>Papillomavirus</i>	Virus du papillome humain (HPV)
<i>Polyomaviridae</i> ¹	<i>Polyomavirus</i>	Virus BK (BKPyV, BKV) Virus JC (JCPyV, JCV) Merkel Cell Polyomavirus (MCPyV) Polyomavirus associé à la trichodysplasia spinulosa (TSPyV)
2. Virus à ADN monocaténaire (simple brin)		
Parvoviridae ¹		
<i>Parvovirinae</i>	<i>Erythroparvovirus</i>	Parvovirus humain B19
	<i>Dependoparvovirus</i>	Virus adéno-associés (AAV)
	<i>Bocaparvovirus</i>	Bocavirus humain (HBoV)
<i>Anelloviridae</i> ^{1,3}	<i>Alphatorquevirus</i>	Torque teno virus (TTV) ⁴
B) Virus à ARN		
1. Virus à ARN monocaténaire		
a) Génome ARN à polarité positive		
<i>Togaviridae</i>	<i>Alphavirus</i>	Virus Sindbis
	<i>Rubivirus</i>	Virus de la rubéole
<i>Flaviviridae</i>	<i>Flavivirus</i>	Virus de la fièvre jaune Virus de la dengue Virus West Nile (WNV) Virus TBE
	<i>Hepacivirus</i>	Virus de l'hépatite C (HCV)
<i>Coronaviridae</i>	<i>Alphacoronavirus</i>	Coronavirus humain 229E (HCoV-229E) Coronavirus humain NL63 (HCoV-NL63)

Tableau 8.2 (suite)

Famille (« -viridae ») et sous-famille (« -virinae »)	Genres (« -virus »)	Exemples
	<i>Betacoronavirus</i>	Coronavirus humain OC43 (HCoV-OC43) Coronavirus humain HKU1 (HCoV-HKU1) SARS Coronavirus (SARS-CoV) MERS Coronavirus (MERS-CoV)
<i>Picornaviridae</i> ¹	<i>Enterovirus</i>	Poliovirus 1-3 (PV) Coxsackievirus A et B (CVA, CVB), Echovirus (ECV)
	<i>Rhinovirus</i>	Rhinovirus (> 100 types)
	<i>Hepatovirus</i>	Virus de l'hépatite A (HAV)
<i>Calciviridae</i> ¹	<i>Norovirus</i>	Norovirus
	<i>Sapovirus</i>	Sappovirus
<i>Hepeviridae</i>	<i>Hepevirus</i>	Virus de l'hépatite E (HEV)
b) Génome ARN à polarité négative, non segmenté (Mononegavirales)		
<i>Paramyxoviridae</i>		
<i>Paramyxovirinae</i>	<i>Respirovirus</i>	Virus parainfluenzae types 1 et 3
	<i>Rubulavirus</i>	Virus des oreillons Virus parainfluenzae types 2 et 4 a, b
	<i>Morbillivirus</i>	Virus de la rougeole
<i>Pneumovirinae</i>	<i>Pneumovirus</i>	Virus respiratoire syncytial (RSV)
	<i>Metapneumovirus</i>	Metapneumovirus humain (HMPV)
	<i>Henipavirus</i>	Hendravirus Nipahvirus
<i>Rhabdoviridae</i>	<i>Lyssavirus</i>	Virus de la rage
<i>Filoviridae</i>	<i>Marburgvirus</i>	Virus Marburg (MARV)
	<i>Ebolavirus</i>	Virus Ebola ⁹ (EBOV)
<i>Bornaviridae</i>	<i>Bornavirus</i>	Borna disease virus ⁵ (BDV)
c) Génome ARN monocaténaire à polarité négative, segmenté		
<i>Orthomyxoviridae</i>	<i>Influenzavirus A</i>	Influenzavirus A (FLUAV)
	<i>Influenzavirus B</i>	Influenzavirus B (FLUBV)
	<i>Influenzavirus C</i>	Influenzavirus C (FLUCV)
	<i>Thogotovirus</i>	Thogotovirus (THOV)
<i>Bunyaviridae</i>	<i>Orthobunyavirus</i>	Virus La Crosse (LACV)
	<i>Phlebovirus</i>	Virus de la fièvre des moustiques du sable (SFV) Virus de la fièvre de la vallée du Rift (RVFV)

Tableau 8.2 (suite)

Famille (« -viridae ») et sous-famille (« -virinae »)	Genres (« -virus »)	Exemples
	<i>Nairovirus</i>	Virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo (CCHFV)
	<i>Hantavirus</i>	Virus Hantaan (HTNV) Virus Puumala (PUUV) Virus Sin Nombre (SNV)
<i>Arenaviridae</i>	<i>Arenavirus</i>	Virus de la chorioméningite lymphocytaire (LCMV) Virus Lassa Virus Junin

d) non classés, génome ARN à polarité négative

	<i>Deltavirus</i> ⁶	Virus de l'hépatite D (HDV ; virus delta)
--	--------------------------------	---

2. Virus à ARN bicaténaire

<i>Reoviridae</i> ¹	<i>Orthoreovirus</i>	Reovirus de type 1, 2, 3
	<i>Rotavirus</i>	Rotavirus humains
	<i>Coltivirus</i>	Virus de la fièvre à tiques du Colorado

3. Rétrovirus

***Retroviridae*⁷**

<i>Orthoretrovirinae</i>	γ - <i>Retrovirus</i>	Rétrovirus humains endogènes (HERV)
	δ - <i>Retrovirus</i>	Virus de la leucémie humaine à lymphocytes T de type 1 et 2 (HTLV-1 et HTLV-2)
	<i>Lentivirus</i>	Virus de l'immunodéficience humaine de type 1 et 2 (VIH-1 et VIH-2)
<i>Spumaretrovirinae</i>	<i>Spumavirus</i>	Prototype foamy virus (PFV) ⁸

¹ Sans enveloppe

² Avec pré-génome ARN

³ Petit (3,8 kb) ssADN circulaire fermé

⁴ Virus ubiquitaires avec infection persistante asymptomatique

⁵ Des éléments du génome viral des *Bornavirus* se retrouvent dans le patrimoine humain (EBL, pour *endogenous borna like elements*)

⁶ Analogue à un viroïde, avec un génome ARN circulaire et une enveloppe type HBV (virus auxilliaire)

⁷ Génome ARN à polarité positive avec un ADN provirus (intégré dans le génome de la cellule hôte)

⁸ Aussi dénommé foamy virus humain (HFV), génétiquement il s'agit d'un virus de singe (*simian foamy virus* [SFV]), qui a été isolé d'une culture de cellules humaines ; une infection humaine est possible par contact avec un primate

⁹ Au genre *Ebolavirus* appartient dans la nouvelle nomenclature ICTV : le virus Ebola (EBOV), le virus Soudan (SUDV), le virus Tai Forest (TAFV), le virus Bundibugyo (BDBV) et le virus Reston (RESTV)

8.4 Multiplication des virus



Résumé

La multiplication virale se déroule en plusieurs **étapes** successives bien coordonnées dans le temps, identiques pour tous les virus. Ces étapes sont :

- l'attachement du virus à la cellule hôte
- la pénétration du virus

- la décapsulation
- la réplication des composants viraux
- l'assemblage des composants viraux (encapsulation)
- la libération de la nouvelle génération de virus

Les différentes étapes du cycle de reproduction du virus sont représentées

► Fig. 8.4.

8.4.1 Adsorption, pénétration et décapsulation

► **Attachement ou adsorption.** L'adsorption repose sur une interaction spécifique entre les protéines virales de la surface du virion et les récepteurs de la cellule cible.

8

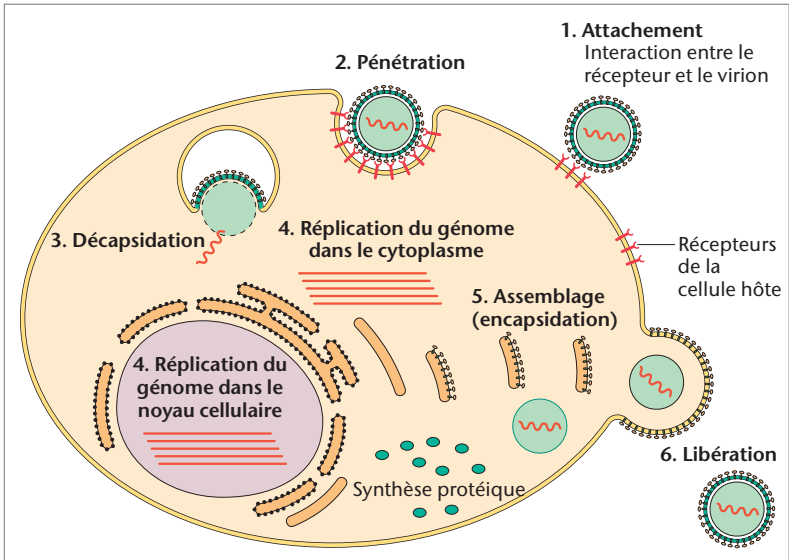
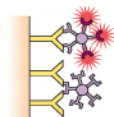


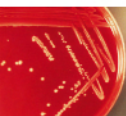
Fig. 8.4 Cycle de reproduction du virus. La reproduction du virus suit des étapes rigoureusement définies se succédant dans le temps (voir texte). Un cycle de reproduction complet dure quelques heures (cycle rapide, par exemple Influenzavirus) à quelques jours (cycle lent, par exemple Cytomegalovirus).

MANUEL DE POCHE DE MICROBIOLOGIE MÉDICALE

2^e édition



SIDA, résistance aux antibiotiques, grippe aviaire... Les infections liées à des micro-organismes jouent toujours un rôle important dans notre vie quotidienne, malgré les progrès de la médecine et de l'hygiène. Dans les pays en développement, elles représentent encore la première cause de décès. La recherche concernant les micro-organismes pathogènes chez l'homme et les nouveaux axes thérapeutiques constitue, pour cette raison, l'un des principaux enjeux de la médecine moderne.



7 thèmes spécialisés :

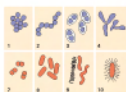
- Immunologie • Hygiène • Infectiologie • Bactériologie • Mycologie
- Virologie • Parasitologie

L'ouvrage offre une vue d'ensemble de **toute la microbiologie médicale**, compréhensible, concise et facile à consulter :

- un texte clairement structuré
- de nombreuses illustrations en couleur et images de microscopie
- un résumé avant chaque thème
- des tableaux regroupant l'infectiologie des différents appareils et les germes en cause
- un système de repérage par couleur
- des sites Internet indispensables en annexe



Dans cette nouvelle édition tous les contenus ont été retravaillés et actualisés. Le **chapitre Immunologie** a été entièrement réécrit pour être axé sur l'infectiologie. Le **chapitre Maladies infectieuses** a été étendu pour fournir plus de données sur le diagnostic microbiologique et le traitement des maladies infectieuses particulièrement importantes. Le **chapitre Hygiène** a été complété par des données sur l'hygiène alimentaire.



Ce manuel a fait ses preuves et est apprécié des **étudiants en médecine et en biologie** pour l'étude et la compréhension de la microbiologie ; pour les **médecins cliniciens** – infectiologues ou non –, c'est un outil de formation continue.

editions.lavoisier.fr



978-2-257-20636-7