

ATTAQUE VIRALE

NO. 1



Étonnant Système de Défense du Corps Humain

Table des Matières

Prologue 1

Attaque Virale: Bande Dessinée 2

Les Articles Informations

Les Virus 10

Les Cellules Épithéliales 13

Les Macrophages..... 15

Les Cellules T Cytotoxiques..... 17

Les Cytotoxines 20

Les Cellules B..... 20

Les Cellules Mémoire 22

Mots à Connaître 24

Crédits 25

Sholly Fisch

Texte original

Kelly Dolezal

Les articles Informations

Sabine Deviche

Illustrations

James Baxter & Sabine Deviche

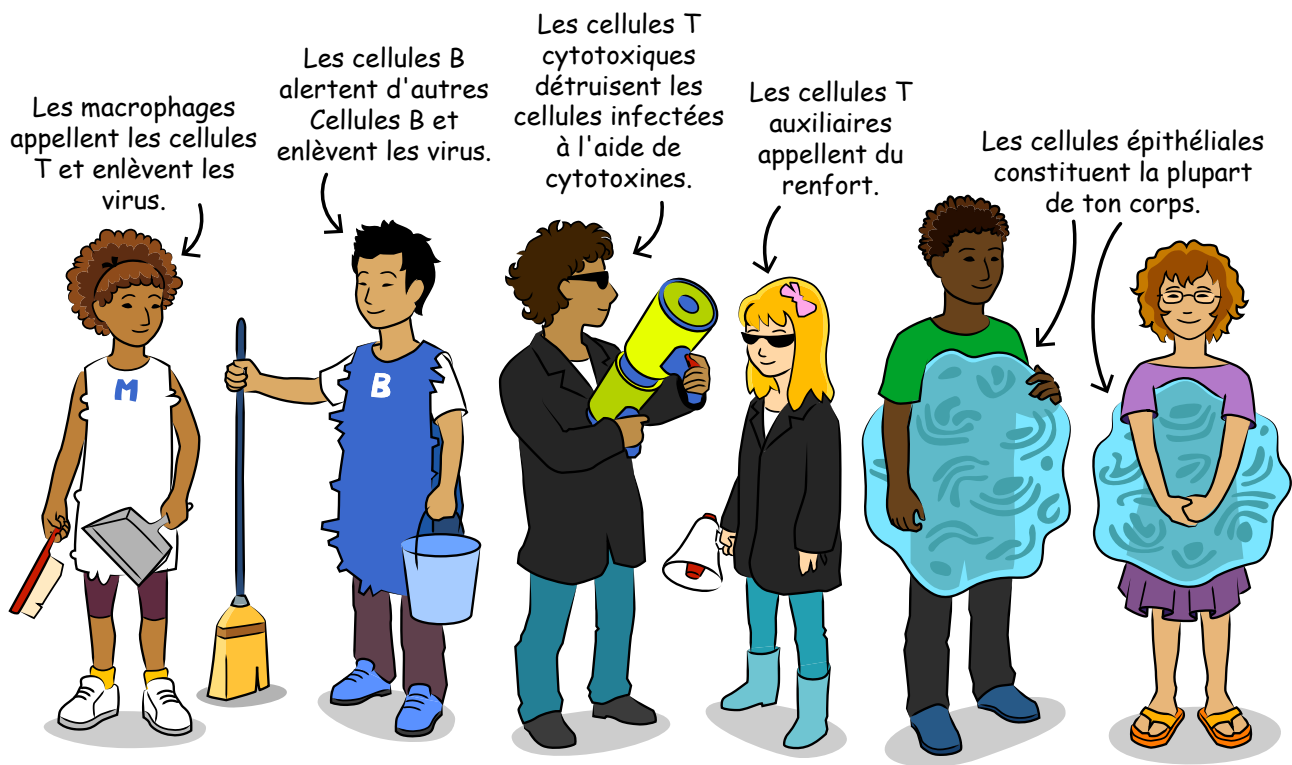
Couleurs

Dany Pierard-Deviche

Traduction

Version Internet

<http://askbiologist.asu.edu/attaque-virale>



Prologue

Sur Terre, on lutte continuellement contre les maladies. Les envahisseurs dangereux qui attaquent sont des virus et des bactéries. Si on les laissait faire, ils infecteraient et détruiraient toutes les cellules!

Combattre et détruire ces envahisseurs dépend de systèmes de défense importants. Notre [système immunitaire](#) en est un. Ses différentes sortes de cellules spécialisées savent combattre les microbes indésirables. Elles savent repérer et détruire les pathogènes et remettre notre corps en bon état.

Les personnages

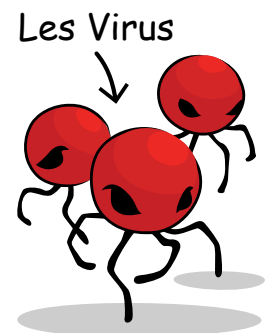
Les personnages de l'histoire représentent différentes cellules de notre corps. Chacune de ces cellules joue un rôle particulier pour que notre corps fonctionne bien et pour combattre les infections. Tu verras comment plusieurs sortes de cellules interviennent et travaillent ensemble pour combattre les virus.

Plus d'informations

L'icône Information te signale qu'il y a un article sur ce sujet.

Mots à Connaître

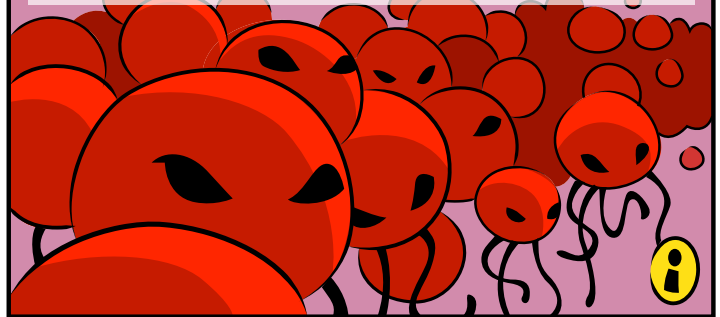
Les mots en [bleu](#) sont expliqués dans la section Mots à Connaître, page 24.



Notre histoire débute par un mal de gorge, une gorge rouge qui fait mal si on avale.



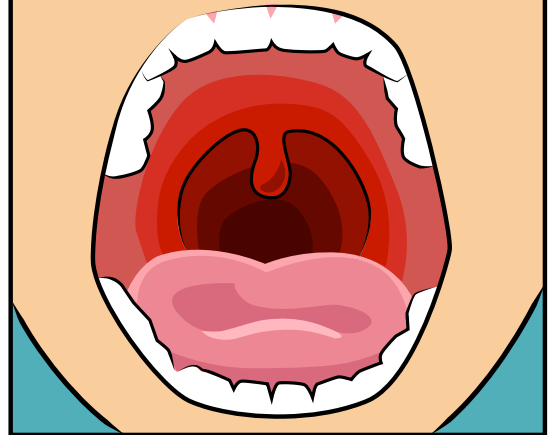
La cause de ce mal est un virus qui a formé une armée envahissante de virus. Si on ne les arrête pas, ils vont conquérir et détruire toutes les cellules.



Différentes cellules spécialisées vont passer à l'action pour combattre et vaincre les virus.



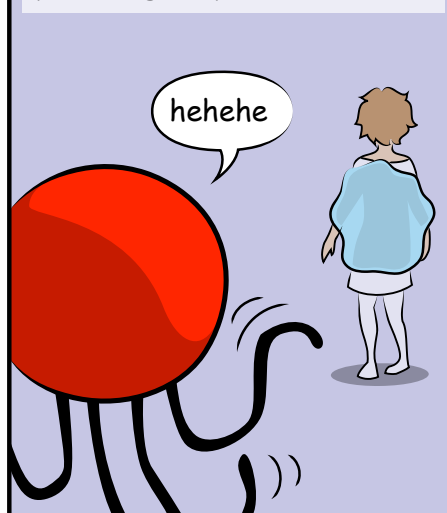
Examinons comment les cellules spécialisées du système immunitaire travaillent ensemble pour remettre notre corps en bon état.

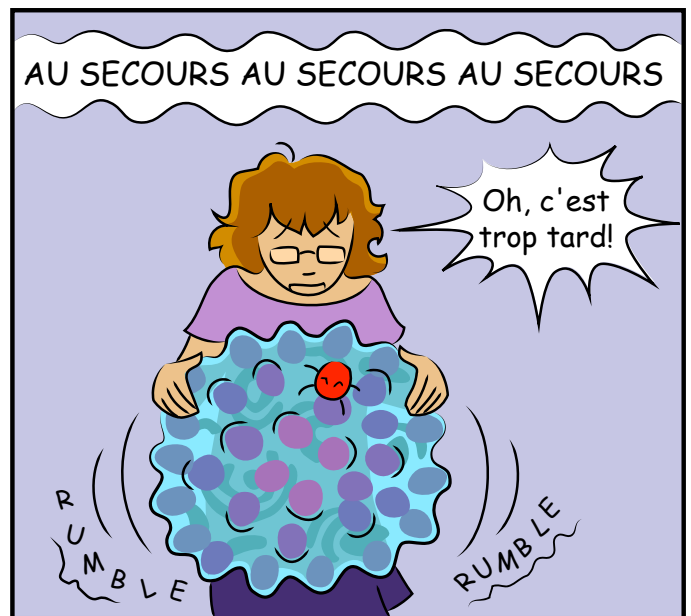
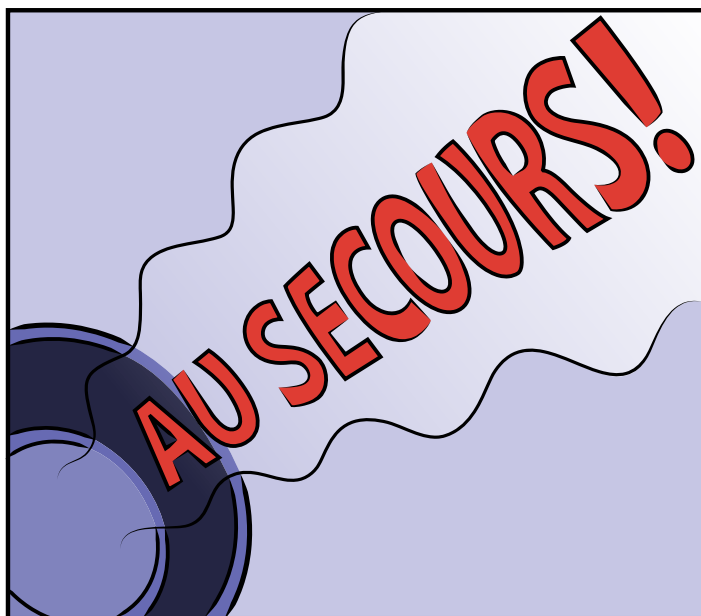
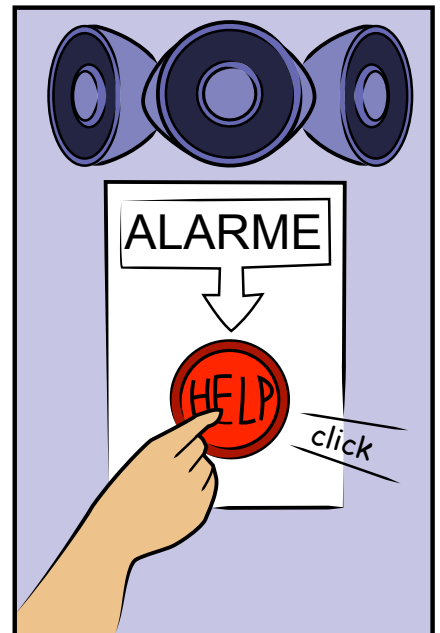
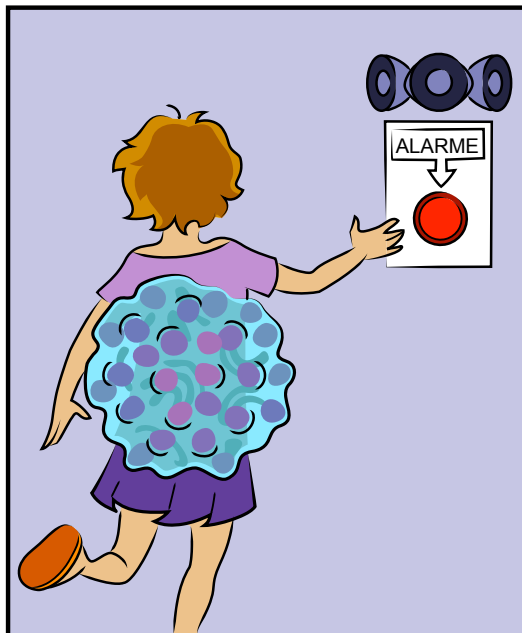


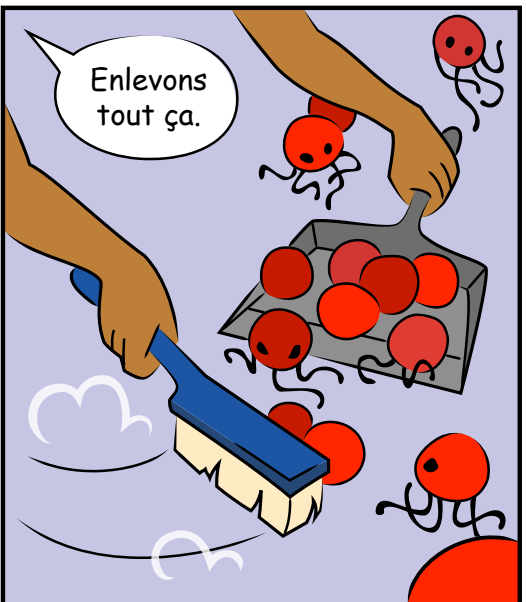
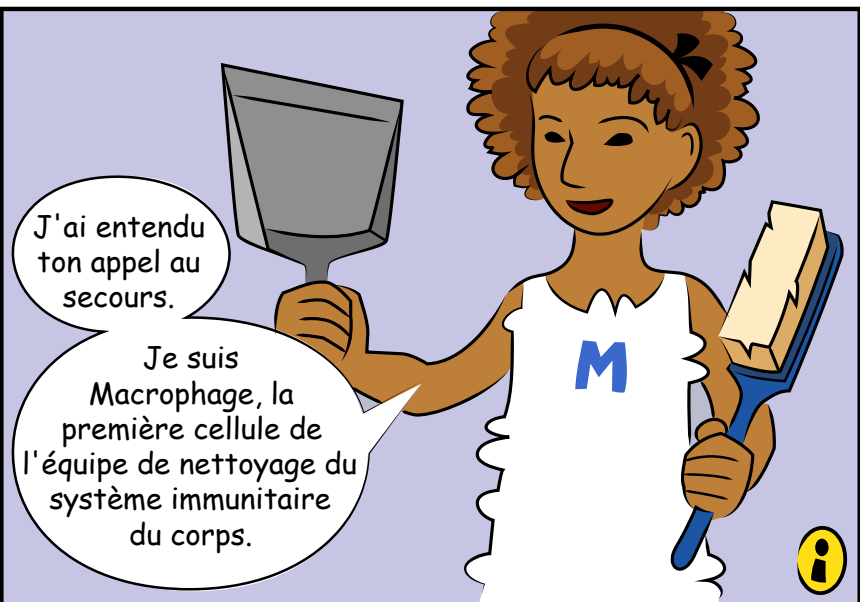
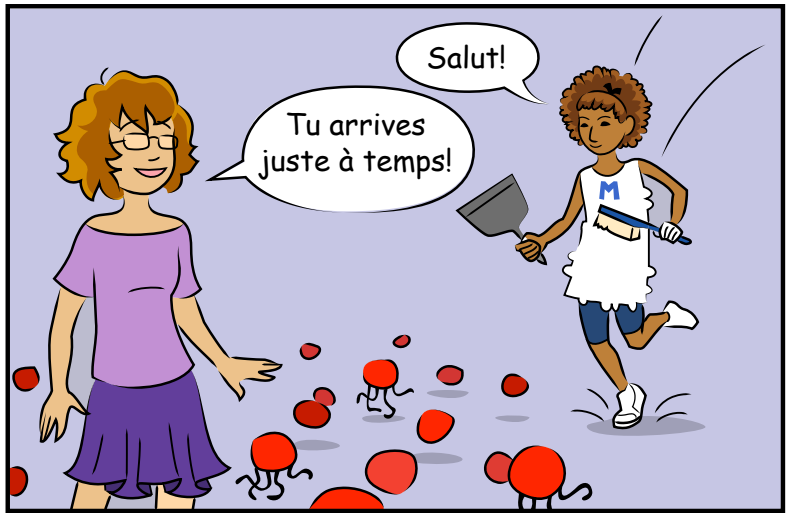
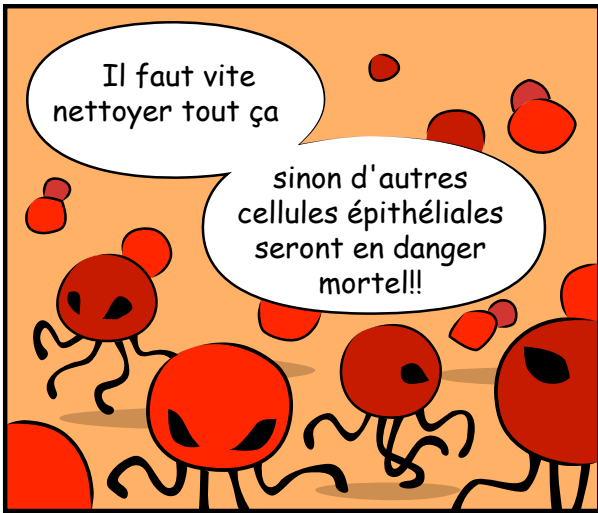
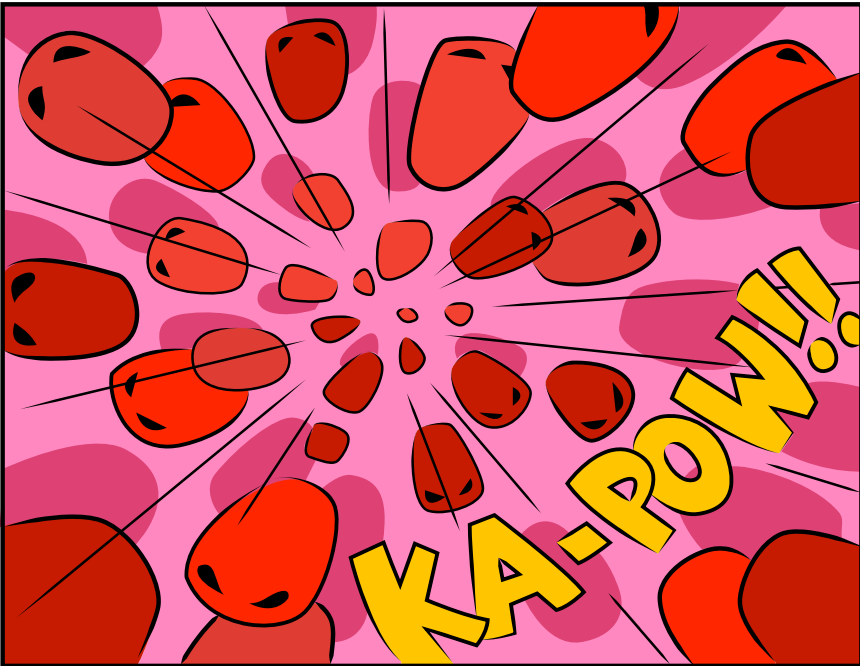
Dans notre gorge, comme dans d'autres parties de notre corps, il y a des cellules épithéliales.

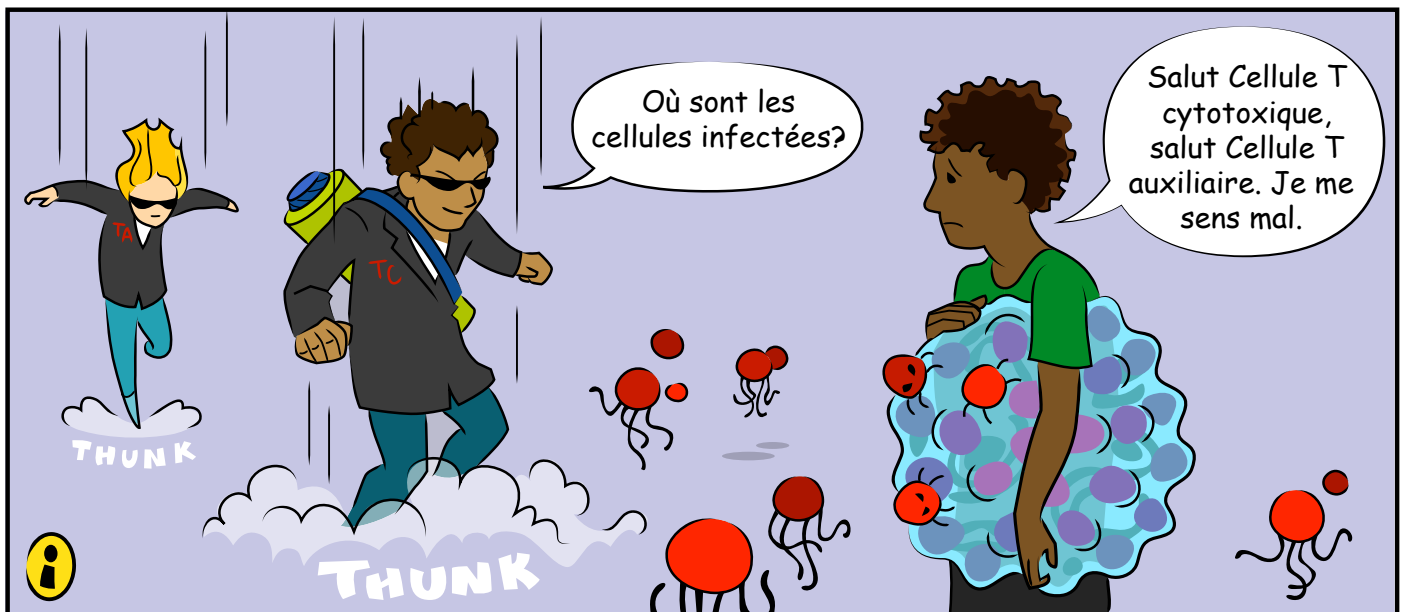
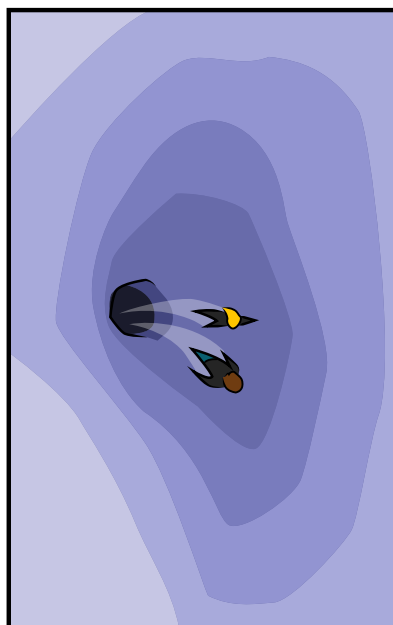
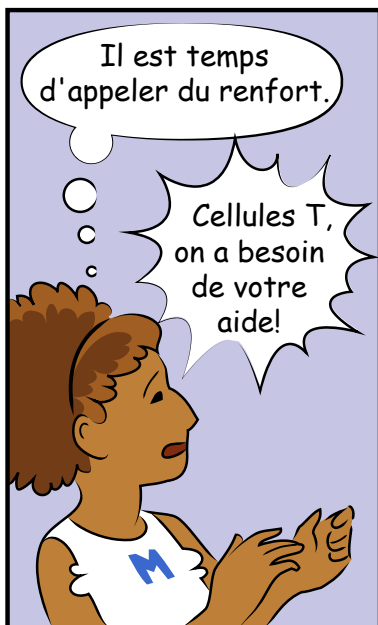
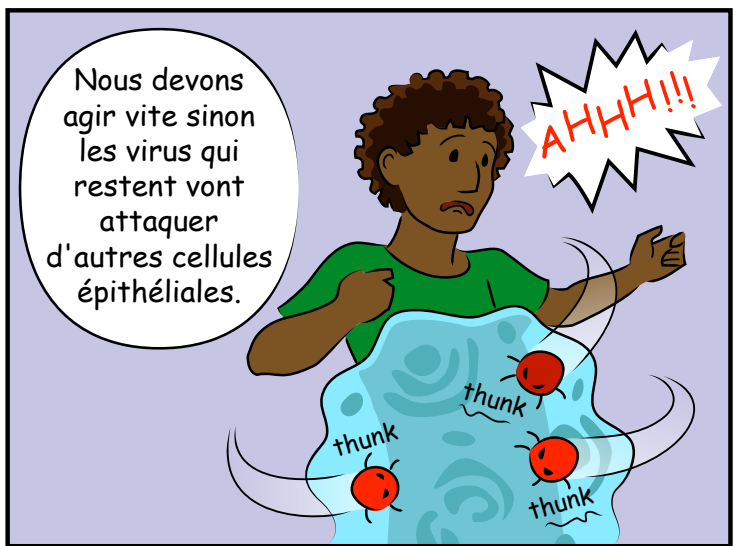
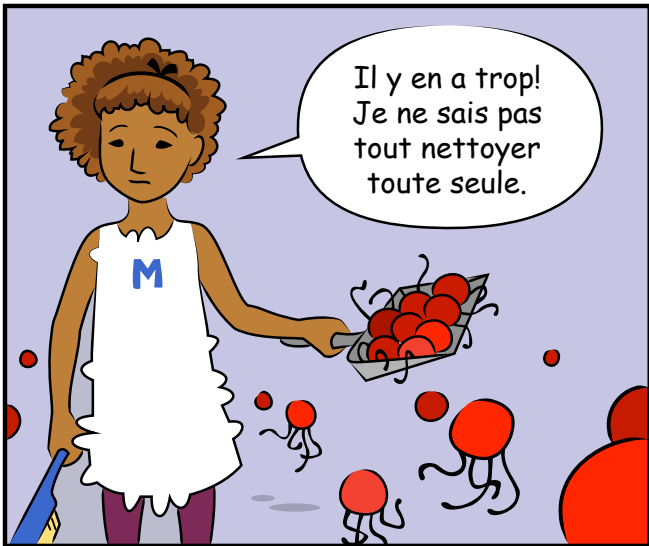


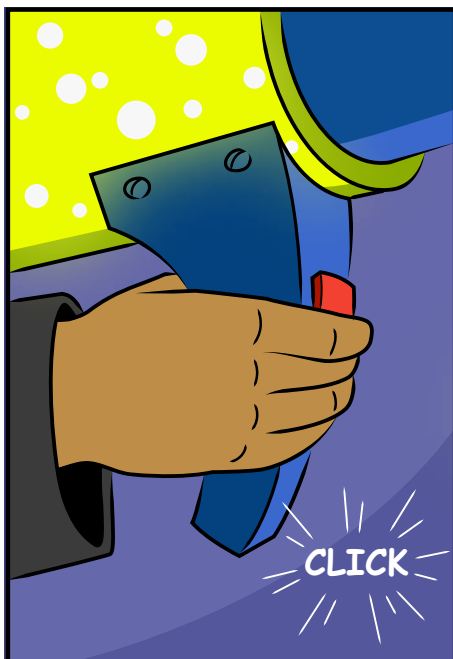
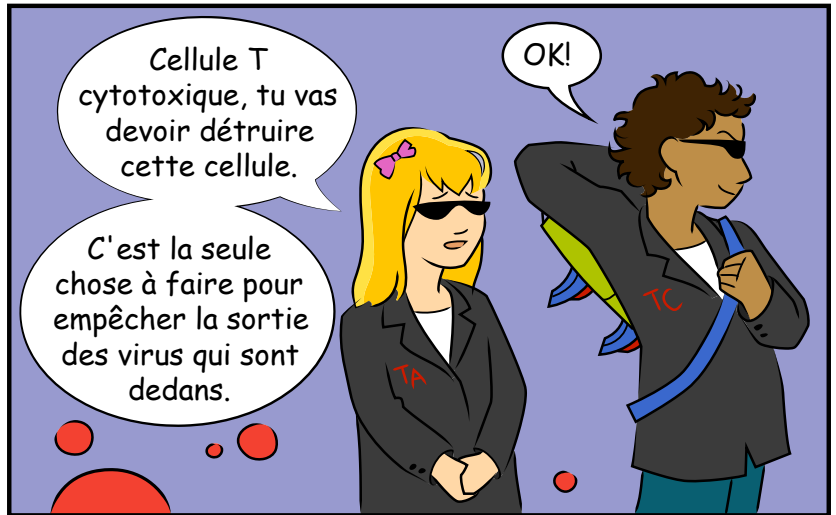
Cette cellule épithéliale est jolie et contente, mais plus pour longtemps...

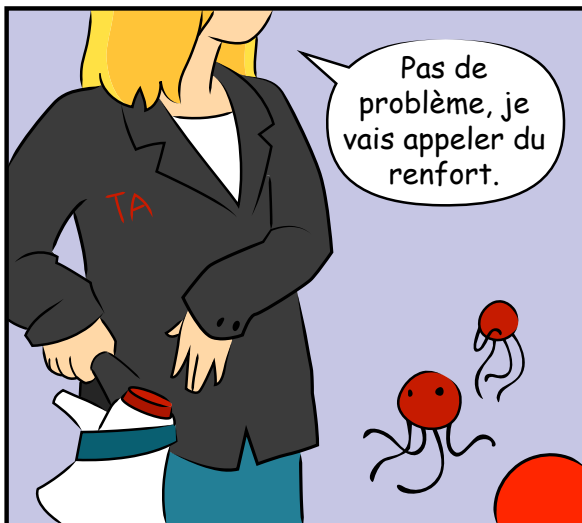
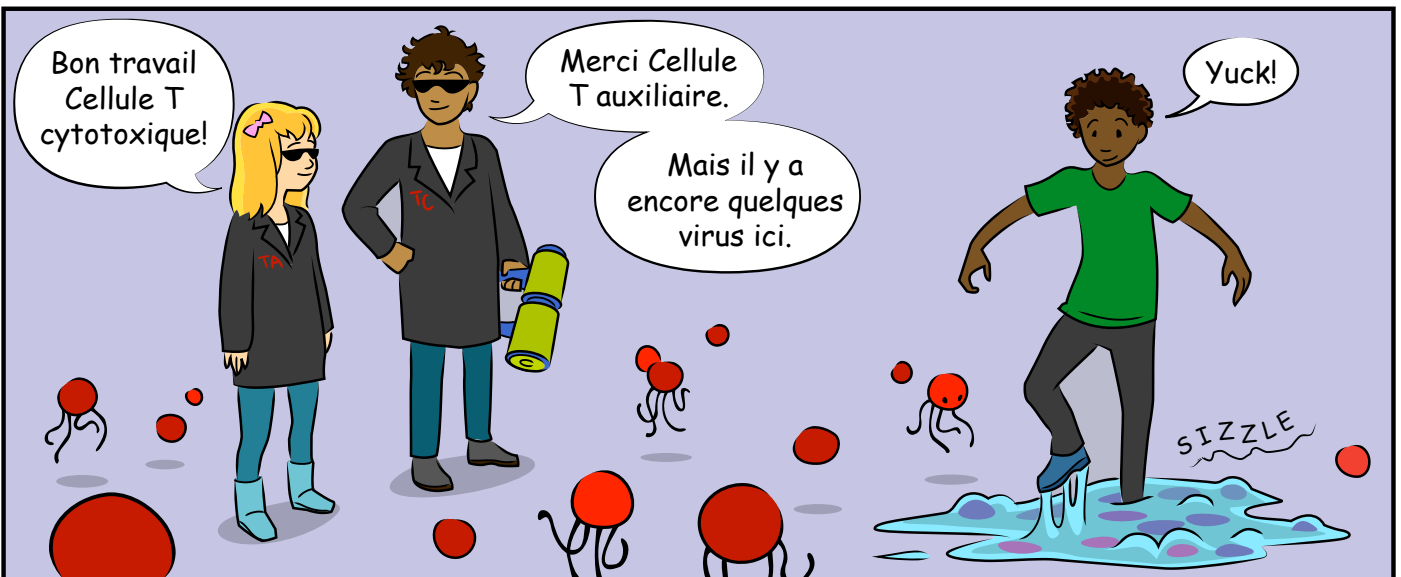
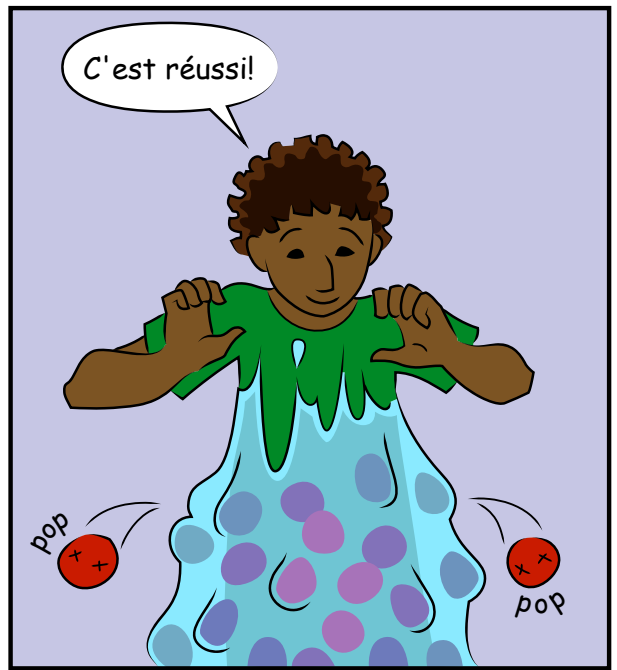


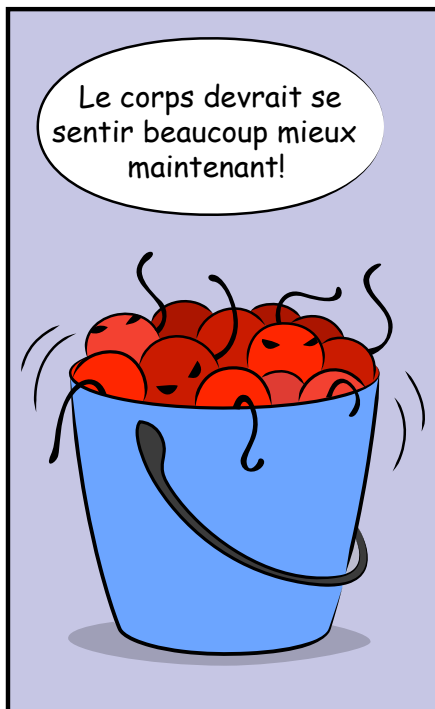
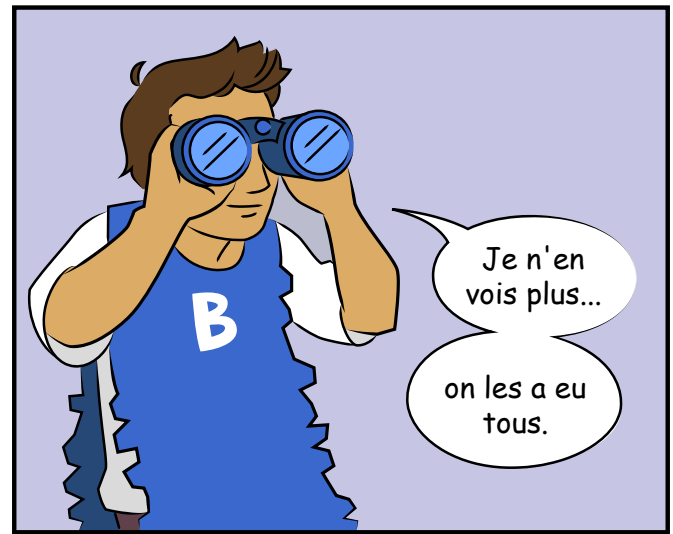
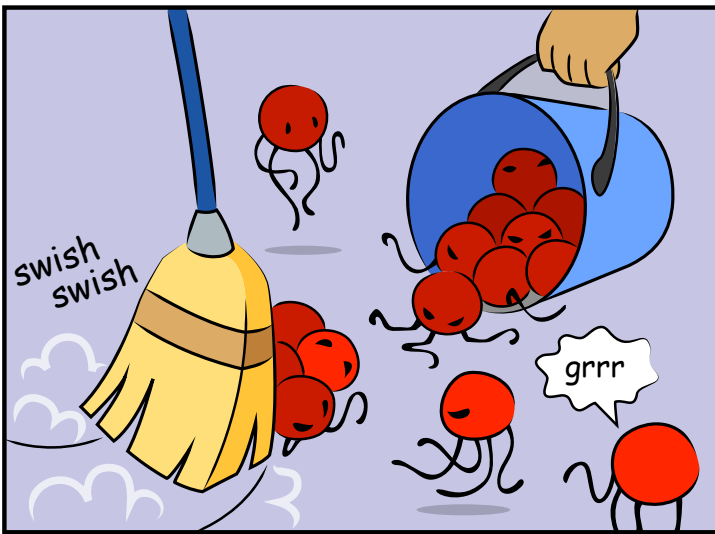
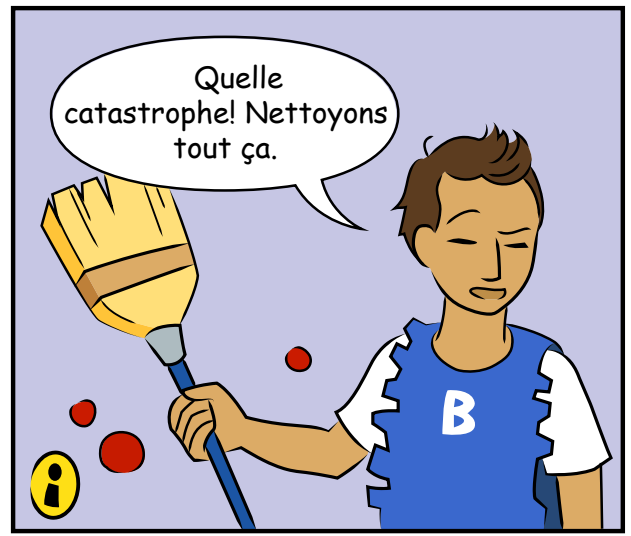
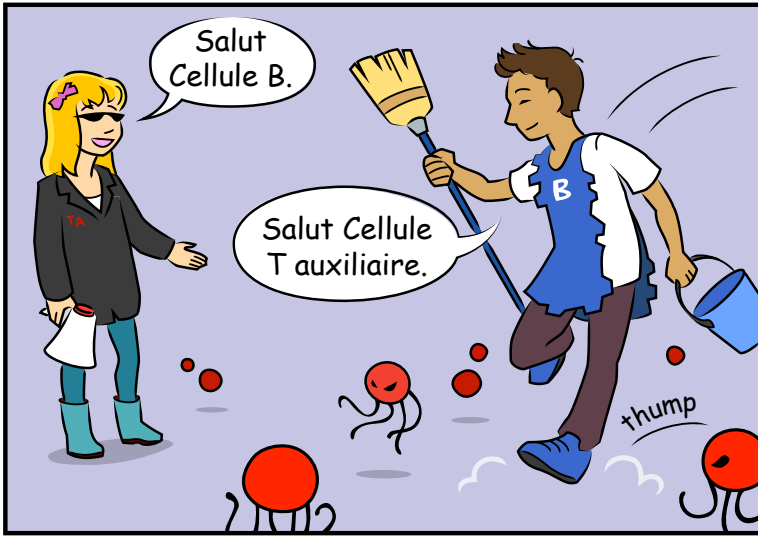






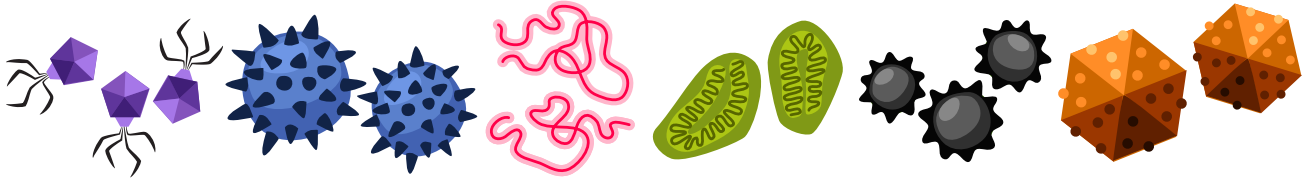








Les Articles Informations



Les virus

Te souviens-tu avoir eu un mal de gorge, de la fièvre, une toux? Il est fort probable que tu te sentais malade à cause d'un virus, un petit envahisseur qui utilisait les cellules de ton corps pour se multiplier. Les virus sont capables d'infecter tous les organisme vivants que nous connaissons. Les animaux, les plantes et même les bactéries peuvent être infectés par des virus. Les virus, bactéries, moisissures qui rendent malades sont appelés **pathogènes**.

Les gens essaient de ne pas entrer en contact avec des pathogènes. Mais il y a aussi des virus et des bactéries qui sont utiles. Les bactéries qui vivent dans le sol et les océans sont nécessaires au cycle des nutriments dans l'environnement. D'autres bactéries bénéfiques sont celles qui transforment le lait en yaourts et fromages que les gens aiment!

Et dans ton corps aussi, il y a des bactéries et des virus qui te sont utiles! On les appellent les **mutualistes**. Certaines des bactéries et virus qui sont utiles dans ton corps te protègent contre certaines infections très dangereuses. Et dans ton intestin, il y a des bactéries qui t'aident à digérer la nourriture et qui produisent des vitamines que tu ne sais pas fabriquer toi-même. Chez les plantes, certains virus mutualistes les aident à survivre en périodes de froid ou de sécheresse.

Si nous pouvions voir les virus à l'œil nu, on verrait qu'ils sont partout autour de nous. Heureusement, notre **système immunitaire** sait nous débarrasser de la plupart des virus qui nous rendent malades. Mais parfois on doit appeler le docteur pour avoir un médicament qui est toxique pour les virus, ou un médicament qui aidera notre système immunitaire à bien lutter.



✗ Pas Ainsi



✗ Pas Ainsi

Comment devient-on infecté?

Il y a plusieurs façons de devenir infecté par un virus. Par piqûres d'insectes, par exemple. Les moustiques notamment sont capables de transmettre des virus aux gens en les piquant. Mais la plupart des virus qui nous donnent un rhume nous arrivent d'une personne infectée, qui les a expulsés en toussant ou éternuant. Ces virus peuvent alors entrer dans notre corps si on les inhale directement de l'air ou si on touche l'endroit où ils ont atterri.

Il y a plusieurs précautions à prendre pour rester en bonne santé et aussi pour ne pas contaminer d'autres personnes si on est malade. La précaution principale est de se laver les mains très souvent. Le savon ne tue pas les virus, mais il les fait partir de ta peau. Si tu es malade, tu protégeras les autres en couvrant ta bouche et ton nez quand tu tousses. Pour cela, n'utilise pas tes mains, utilise un mouchoir à jeter ou ton coude



✓ Ainsi

Comment sont les virus?

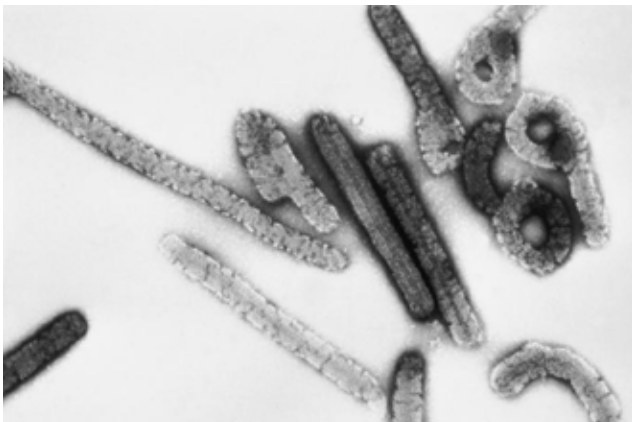
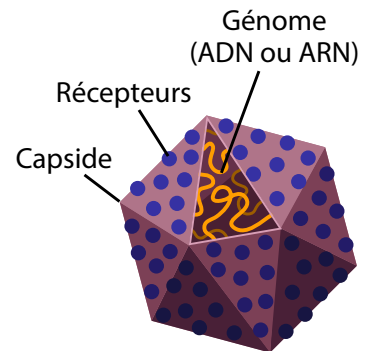
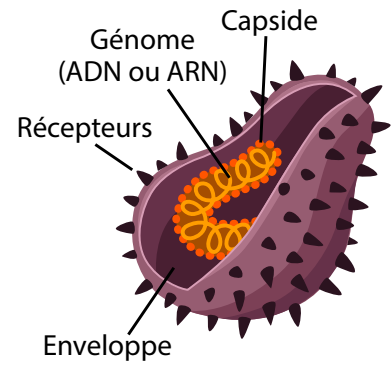
Quelle grosseur ont les virus?

Imagine qu'une cellule de ton corps est aussi grosse qu'un ballon de basket. Et bien alors, un virus serait aussi gros que le point imprimé au bout de cette phrase.

Quelles sont les différentes parties des virus?

Les virus les plus simples n'ont que deux parties: 1) un **génom**e, fait d'ADN ou d'ARN, qui contient toute l'information qu'il faut aux virus pour se multiplier, et 2) une **capside**. C'est une coque de protéines dans laquelle se trouve le génome viral. Il y a souvent des protéines spéciales dessus, appelées **récepteurs**. Les récepteurs servent aux virus pour entrer dans les cellules.

Certains des virus qui infectent les gens et les animaux ont en plus une autre **membrane**, appelée **l'enveloppe**, autour de leur capsid. Voilà des photos faites au microscope et qui montrent quelques sortes de virus et leurs formes.



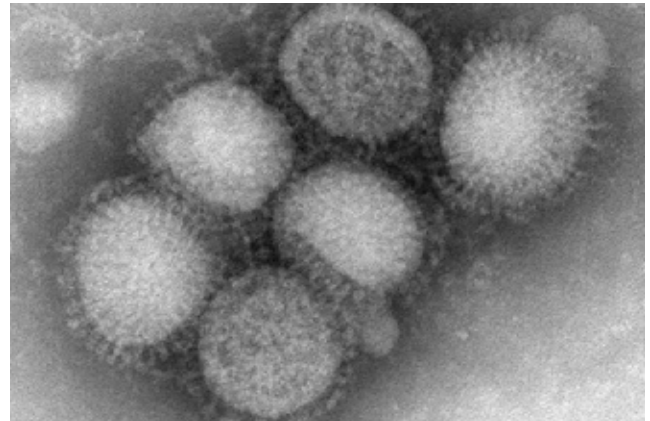
Virus de Marburg
CDC, E. Palmer, R. Regnery



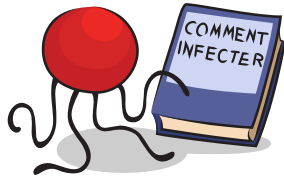
Virus Ébola
CDC, F. Murphy



Virus de la stomatite vésiculaire
CDC, Public Health Image Library

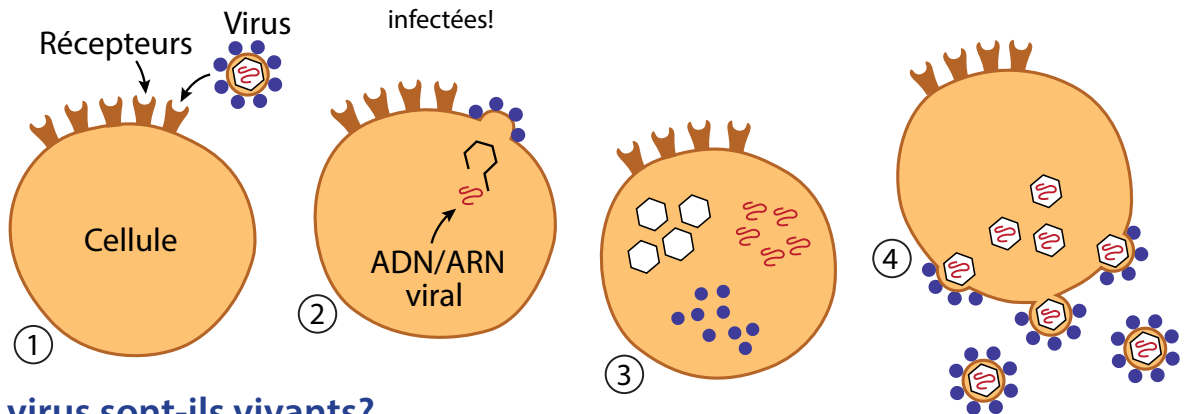


Virus de la grippe porcine
CDC, C. S. Goldsmith, A. Balish



Comment fonctionnent les virus?

Tu ne sais sans doute pas facilement imaginer que des virus minuscules et simples sont capables de détruire les cellules complexes de ton corps. Et pourtant ils le font! Les virus n'ont pas en eux-mêmes tout ce qu'il leur faut pour se multiplier. Mais ils savent entrer dans les cellules complexes des gens et y utiliser ce qu'il leur faut pour fabriquer des copies d'eux-mêmes. C'est ainsi que tes cellules complexes deviennent des usines de production de virus.



Les virus infectent

D'abord les virus doivent entrer dans une cellule. Pour cela ils trompent la cellule. Ils lui font croire qu'ils sont des choses dont elle a besoin, des nutriments. Chaque cellule attrape les nutriments à l'aide des récepteurs de sa membrane cellulaire. Quand un nutriment arrive sur le **récepteur** spécial qui sait le reconnaître, il s'y emboîte. Ensuite la cellule les tirent tous deux dans son milieu intérieur.

Les virus utilisent des **camouflages** pour tromper les cellules. Ils ont sur leur **capside** des récepteurs qui ressemblent aux nutriments qu'elles savent attraper (1). Les récepteurs des virus s'emboîtent aux récepteurs des cellules. Elles les tirent donc à l'intérieur d'elles et sont ainsi infectées!

Les virus se multiplient

Quand un virus est dans une cellule, il libère son génome (ADN ou ARN) dans les machines de la cellule, qui ne remarque pas qu'il vient d'un virus. Elle suit les instructions du **génom**e viral et fabrique des parties de virus (2). La cellule est devenue une usine de virus (3). Les parties produites s'assemblent en virus complets qui sortent de la cellule(4). Chaque nouveau virus sait aller infecter un autre cellule et répéter le cycle d'infection.

Les virus sont-ils vivants?

Les virus ont l'air futés puisqu'ils trompent nos cellules, mais sont-ils vivants? Définir la vie, c'est difficile, mais les scientifiques sont d'accord sur les caractéristiques qu'ont tous les êtres vivants. Les virus les ont-ils?

Premièrement, tout être vivant sait se reproduire. Les virus ont un génome mais ils doivent utiliser la machinerie de cellules complexes afin de produire des copies de virus. Donc, les virus ne savent pas se reproduire seuls.

De plus, tout être vivant a un **métabolisme**. Avoir un métabolisme c'est faire des réactions chimiques pour récolter et utiliser de l'énergie. Les réactions chimiques qui se font

constamment dans nos cellules transforment les **molécules** de nourriture en énergie qu'elles utilisent pour fonctionner ou mettent en réserve. Les virus n'ont pas de métabolisme. Ils ne récoltent pas et ne transforment pas les molécules de nutriments en énergie, ils volent celle des cellules qu'ils infectent. Ils ont besoin d'énergie pour faire des copies de virus, mais ils n'utilisent pas d'énergie quand ils sont hors d'une cellule.

Enfin, tout être vivant a une homéostasie. Avoir une **homéostasie** c'est savoir stabiliser les conditions de son corps. La température de ton corps est stabilisée par ta transpiration (s'il fait chaud) et par

des frissons (s'il fait froid). Ainsi ton corps reste toujours à 37° C. Au cours d'une journée, il se fait des millions d'ajustements dans ton corps afin qu'il maintienne sa température et garde ses composés chimiques en bon équilibre. Les virus n'ont pas de moyens pour régulariser leurs composition et température intérieures, ils n'ont pas d'homéostasie.

Comme les virus ne savent pas se reproduire seuls et n'ont ni métabolisme ni homéostasie, ils ne sont pas vraiment vivants. Ils ont cependant un grand impact sur les êtres vivants, lors d'infections!

Les cellules épithéliales

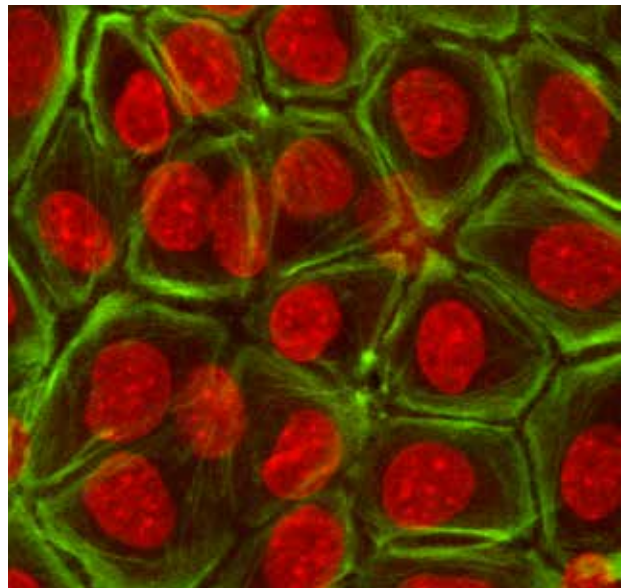
Où sont les cellules épithéliales?

Regarde ta peau. Sa surface est lisse et continue, mais en fait elle est constituée de millions de cellules épithéliales placées les unes à côté des autres.

Il y a des cellules épithéliales presque partout dans notre corps. Par exemple, elles tapissent l'intérieur de la bouche, du tube digestif, des vaisseaux sanguins, des poumons, de la vessie. En fait, tous nos organes sont constitués de cellules épithéliales. Les cellules épithéliales forment une paroi entre le monde extérieur et l'intérieur de notre corps, et elles sont souvent les premières à être attaquées lors d'une attaque virale.

Que font les cellules épithéliales?

Elles constituent des parois protectrices qui isolent l'intérieur de ton corps des poussières et des microbes néfastes. Elles savent se déformer et s'étirer. C'est pourquoi tu sais plier tes doigts et tes bras sans déchirer ta peau. C'est aussi leur travail de sécréter de la sueur pour rafraîchir ton corps quand tu as chaud. Pour plus d'information sur la peau, consulte ce podcast (en anglais).



Cellules épithéliales colorées par Page Baluch

Certaines cellules épithéliales ont des récepteurs spéciaux sur leur surface. Ils te servent à détecter ce qu'il y a autour de toi. Par exemple, dans ton nez, il y a des récepteurs qui te permettent d'identifier les odeurs. Et dans ta bouche, il y a des récepteurs qui te permettent d'identifier les goûts. Les différents récepteurs de tes cellules épithéliales envoient différents signaux à ton cerveau, et ainsi tu sais identifier les odeurs qui sont autour de toi et ce que tu manges.

Les cellules épithéliales du tube digestif ont beaucoup de fonctions différentes. Quand tu as avalé de la nourriture, elle descend dans ton œsophage, qui est tapissé de cellules épithéliales. Dans ton estomac, il y a des cellules épithéliales spéciales qui **secrètent** une **hormone** et des **enzymes** de digestion. Dans tes intestins, il y a plusieurs sortes de cellules épithéliales spécialisées pour absorber les nutriments et les liquides. Par réactions biochimiques activées par des enzymes, les cellules épithéliales des intestins convertissent les nutriments en molécules énergétiques que ton corps sait utiliser pour fonctionner ou mettre en réserve.

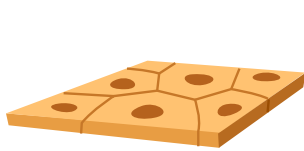
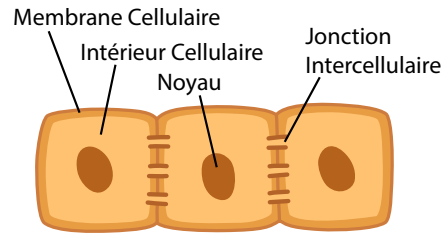
Les cellules épithéliales de certaines glandes libèrent des hormones dans les vaisseaux sanguins. Certaines secrètent du mucus, comme dans le nez, les poumons, l'intestin. Chez les mères, c'est aussi des cellules épithéliales qui secrètent le lait qui sert à nourrir les jeunes.

Comment sont les cellules épithéliales?

Quand on regarde de la peau au microscope, on voit que ses cellules sont serrées les unes contre les autres. Ainsi, elles forment une paroi protectrice autour de notre corps. Elles sont connectées les unes aux autres grâce à des charnières spéciales: les jonctions cellulaires, qui laissent passer les nutriments. Hélas, si une cellule est infectée par des

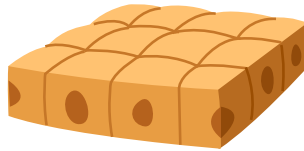
virus, ils savent aussi passer d'une cellule à l'autre par ces jonctions, et cela propage l'infection!

Les cellules épithéliales n'ont pas toutes la même forme. Il y a des cellules pavimenteuses, des cubiques, des prismatiques (ou cylindriques), et des prismatiques ciliées.



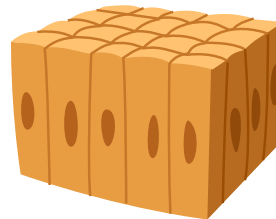
Cellules épithéliales pavimenteuses

Ce sont généralement celles qui tapissent les endroits du corps où il faut une surface bien lisse pour que des liquides s'écoulent bien (comme à l'intérieur des vaisseaux sanguins). Elles sont aussi où il faut une surface fine pour que des molécules puissent passer à travers (comme l'air dans les poumons). Elles sont fines et plates.



Cellules épithéliales cubiques

Ce sont généralement celles qu'on trouve aux endroits qui absorbent ou **secrètent** des substances (comme dans les reins et les glandes). Elles ont la forme de cubes.



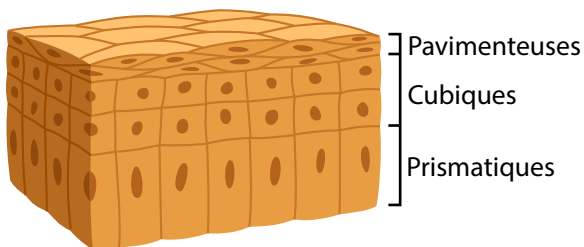
Cellules épithéliales prismatiques (ou cylindriques)

Ce sont généralement celles qui tapissent les endroits qui secrètent du mucus (comme dans le tube digestif). Certaines cellules prismatiques sont spécialisées pour identifier certains éléments de l'environnement (comme dans les papilles gustatives de la bouche, et dans le nez). Elles ont la forme de colonnes.



Cellules épithéliales prismatiques ciliées

Elles ont des petits cils sur leur surface apicale. Ils battent ensemble et servent à faire avancer mucus et particules dans une direction donnée.



Les cellules épithéliales sont arrangées à côté l'une de l'autre, soit en une seule couche, soit en plusieurs couches pour former un tissu stratifié. On trouve les tissus stratifiés dans les endroits du corps qui sont vite abîmés.

La peau est un exemple de tissu stratifié. Les cellules de la couche supérieure, en contact avec l'environnement, s'usent, se dessèchent et tombent, mais elles sont remplacées par de nouvelles cellules, cellules, qui ont été fabriquées dans les couches du dessous et arrivent en surface à leur tour.

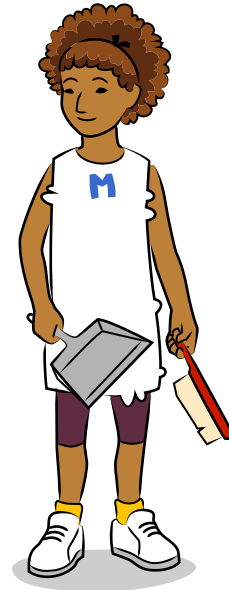
Les macrophages

Les premiers qui arrivent

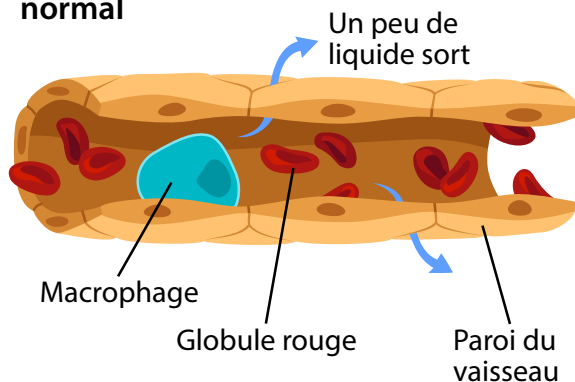
Les macrophages font partie des globules blancs du sang, et ils sont les premiers à arriver quand une cellule est infectée. Il y a beaucoup de sortes de cellules dans le sang. Les globules blancs servent à lutter contre les infections, et les globules rouges servent à transporter l'oxygène partout dans le corps.

Quand des cellules appellent à l'aide

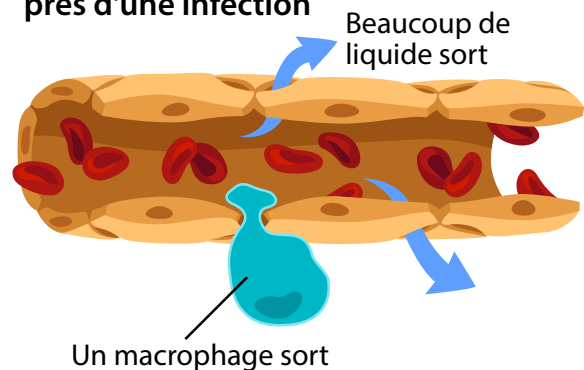
Quand des cellules (des épithéliales, par exemple) sont abîmées ou infectées, elles appellent à l'aide en libérant des substances chimiques particulières. Ces substances attirent les macrophages et font s'écarter les cellules des parois des vaisseaux sanguins. Les macrophages savent ainsi sortir des vaisseaux sanguins pour aller phagocyter.



Vaisseau sanguin normal



Vaisseau sanguin près d'une infection

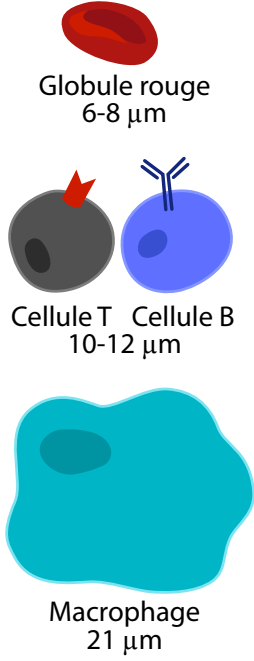


Inflammation!

Tu as certainement déjà eu une épine quelque part dans ta peau, si petite que tu n'as pas su la retirer. Après un jour ou deux, l'endroit autour de l'épine est devenu rouge, gonflé, douloureux: tu as une

inflammation. Tes cellules de peau abîmées ont appelé des macrophages à l'aide. Ta peau est gonflée car du liquide est sorti de tes veines par les espaces qui ont servi à faire sortir les macrophages.

Ce liquide et les substances et débris cellulaires qui sont dedans causent une inflammation. L'inflammation fait mal, mais en fait elle aide ton corps à bien lutter contre les infections!



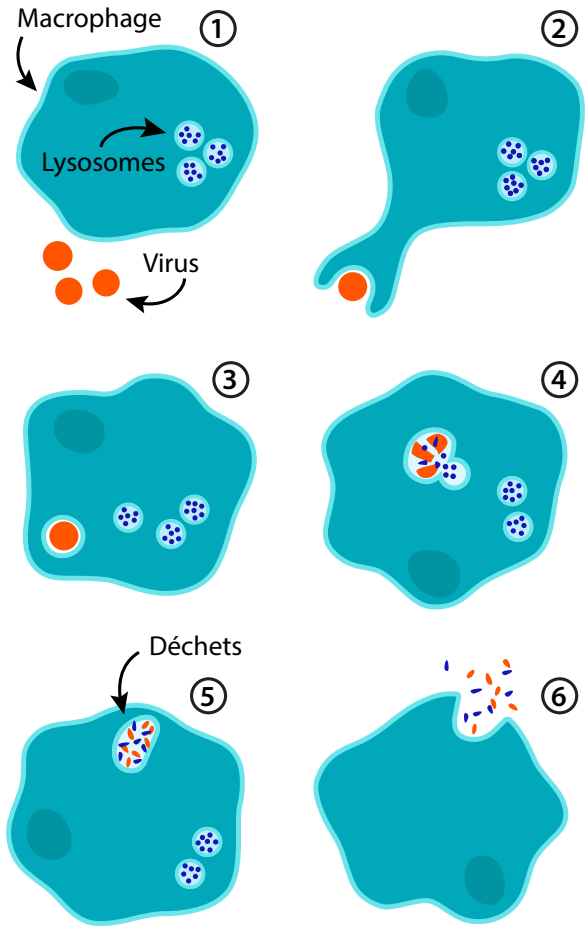
Les macrophages sont de gros mangeurs

Macrophages veut dire "gros mangeurs" en grec. Les macrophages sont les plus gros globules blancs du sang. Mais on ne sait pas les voir à l'œil nu car ils ne mesurent chacun que 21 micromètres (=0,0021mm). Ils font un travail très important dans notre corps car ils nous débarrassent des virus, bactéries, et morceaux de cellules mortes non nécessaires, par phagocytose.

Les macrophages savent avaler mais ils n'ont pas une bouche! Pour enlever virus, bactéries, ou autres déchets, ils les entourent d'une partie ou l'autre de leurs cellules et se referment autour. C'est la **phagocytose**. Ensuite ils les démolissent grâce aux enzymes de leurs lysosomes. Enfin, ils poussent les déchets hors de leurs cellules.

Les macrophages appellent à l'aide

Les macrophages servent à éliminer les intrus qui entrent dans notre corps. Mais si les intrus sont trop nombreux, ils doivent appeler de l'aide. Pour cela ils libèrent des substances biochimiques qui alertent les autres cellules du système immunitaire, comme les cellules T et les cellules B.

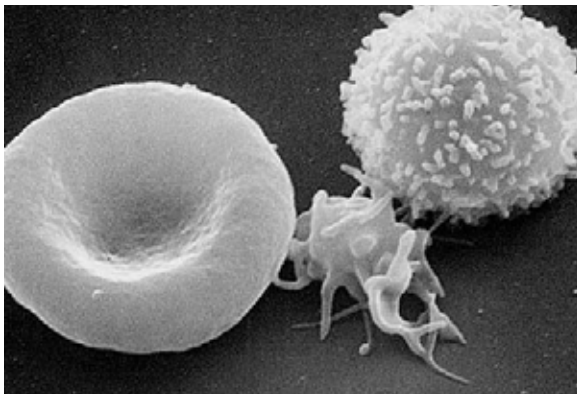
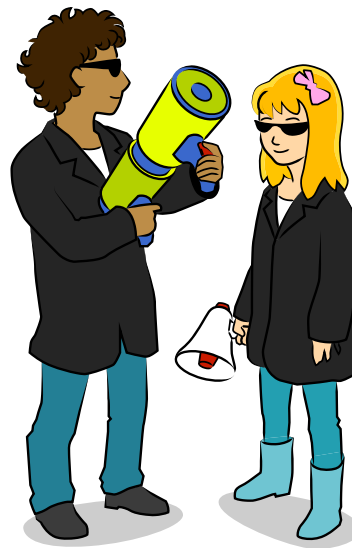


Les cellules T

Les cellules T sont des globules blancs qui luttent contre les infections avec les macrophages. Contrairement aux macrophages qui savent chacun détruire n'importe quels virus ou cellules dangereuses, chaque cellule T ne sait lutter que contre une seule sorte de virus. Est-ce que cela veut dire que les macrophages sont plus puissants que les cellules T? Non, car chaque cellule T est très spécialisée et puissante, et il y en a beaucoup de différentes pour bien nous protéger contre les différentes sortes de virus.

Il y a 2 types de cellules T

Il y a des cellules T auxiliaires (qui coordonnent les réactions de défenses) et des cellules T cytotoxiques (qui libèrent des toxines pour détruire les cellules infectées).



Vues par microscope électronique à balayage: Cellule T (à droite), plaquettes (agents de coagulation, au centre), globule rouge (à gauche). Les protubérances de la cellule T sont des récepteurs spécialisés pour lutter contre les infections. (CDC-Wikimedia).

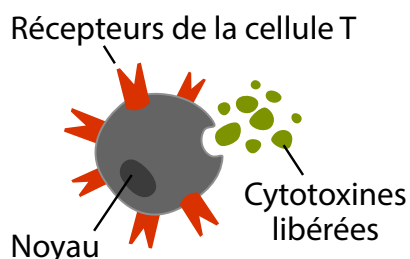
Les cellules T cytotoxiques, leurs récepteurs et les antigènes

Les cellules T cytotoxiques savent reconnaître et détruire les cellules de notre corps infectées par des virus. Pour les reconnaître, nos cellules T cytotoxiques ont des récepteurs spécialisés qui accrochent les antigènes des virus qui sont sur nos cellules infectées.

Les **antigènes** sont comme des cartes d'identité qui informent notre système immunitaire ! Les cellules de notre corps ont des antigènes particuliers (auto-antigènes) sur leurs membranes cellulaires. Ils indiquent à nos cellules T que c'est des cellules de notre corps et qu'elles ne sont pas infectées. Les virus et bactéries ont sur leurs parois des antigènes différents de ceux de nos cellules, et nos cellules T savent les reconnaître! Donc, quand il y a des antigènes de virus sur une de nos cellules cela indique à nos cellules T cytotoxiques qu'elle est infectée de virus néfastes et qu'il faut la détruire.

Anatomie des cellules T cytotoxiques

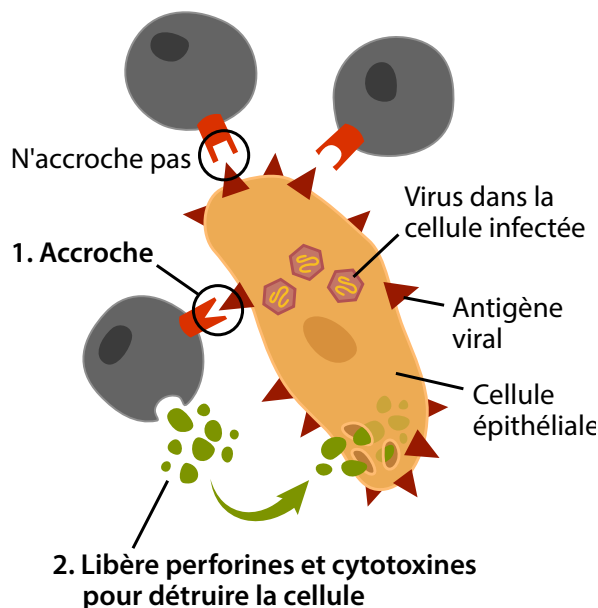
Chaque cellule T cytotoxique a plusieurs récepteurs identiques sur sa membrane. Quand un de ces récepteurs rencontre l'antigène qui sait s'y emboîter, il l'accroche. Cela induit la cellule T cytotoxique à relâcher ses **cytotoxines**. Quand des cellules de notre corps (comme les cellules épithéliales de l'histoire) sont infectées par des virus, il y a des antigènes de virus dessus, et donc les cytotoxines détruisent ces cellules pour arrêter la multiplication des virus.



Comment les cellules T trouvent-elles les cellules infectées?

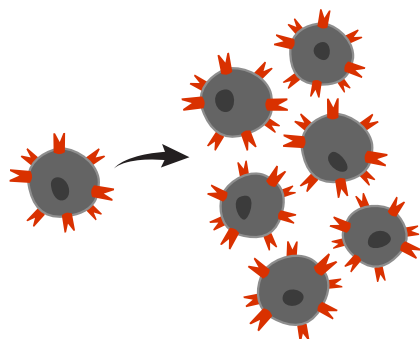
Il y a entre 25 millions-un billion de différentes cellules T dans ton corps. Chacune a sur elle plusieurs récepteurs de la même sorte, qui savent chacun accrocher la même sorte d'antigènes. Tu peux imaginer que les récepteurs sont des serrures, et les antigènes sont leurs clefs. Chaque serrure sait reconnaître une seule clef! Il y a beaucoup d'antigènes différents dans le monde, c'est pourquoi, il y a beaucoup de cellules T différentes dans ton corps, pour te protéger.

Quand une cellule T cytotoxique a accroché un antigène sur un de ses récepteurs, elle libère des cytotoxines et aussi de la perforine. Les molécules de perforine percent des trous dans la membrane des cellules infectées et ainsi les **cytotoxines** peuvent entrer dans cette cellule et la détruire ainsi que les virus dedans. Ensuite, des macrophages arrivent et ils enlèvent par phagocytoses les débris de cellules et virus!



Les cellules T auxiliaires

Les cellules T auxiliaires ne produisent pas de cytotoxines, mais elles produisent des messages chimiques spéciaux et elles coordonnent les réactions de nos différentes cellules de défense. En cas d'attaque virale ou bactérienne, les cellules T auxiliaires produisent des molécules spéciales qui induisent les cellules T cytotoxiques et les cellules B à se multiplier pour devenir nombreuses à lutter contre l'infection.



Pour faire une armée spécifique de l'ennemi

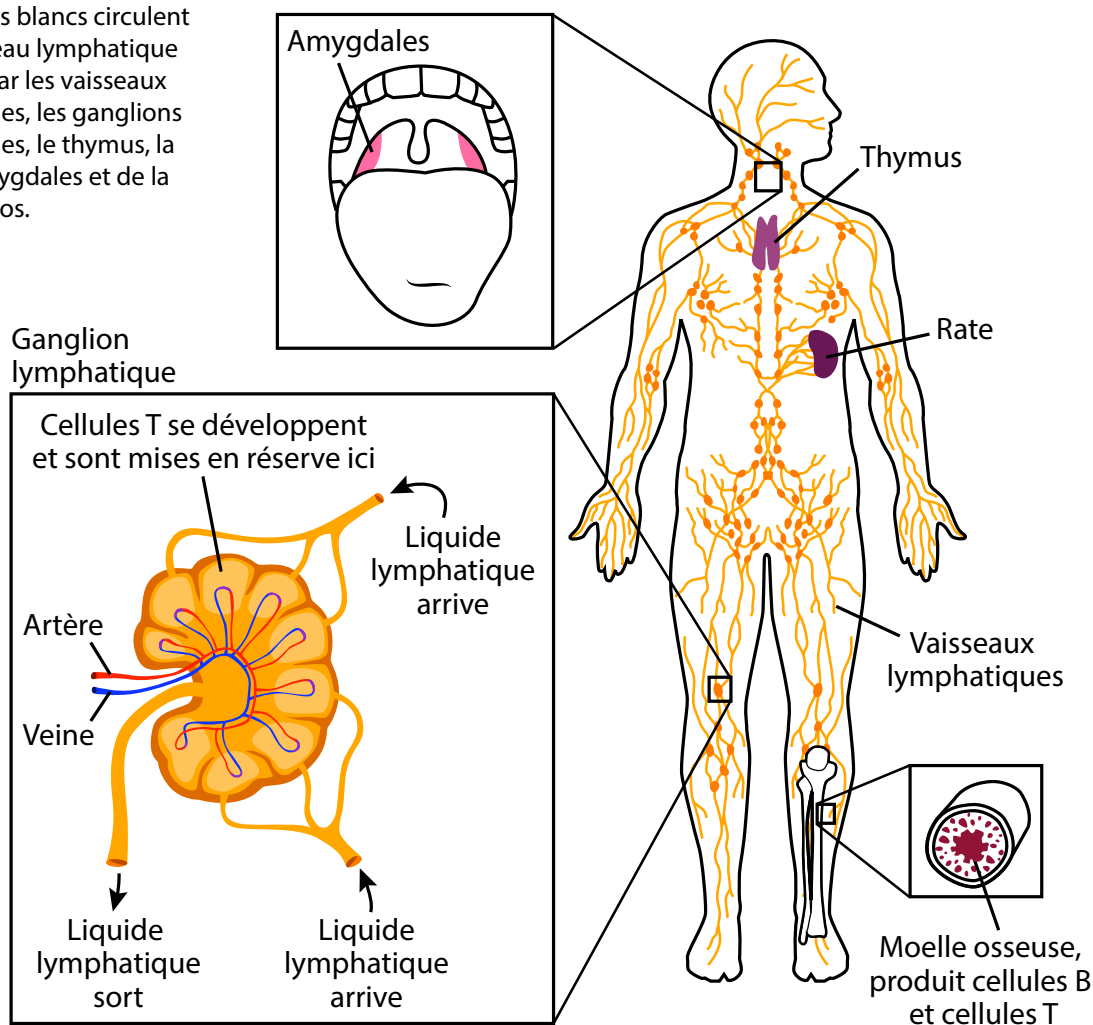
Quand les cellules T auxiliaires rencontrent un virus, elle envoient des messages qui alertent les cellules T cytotoxiques spécialisées pour accrocher les antigènes de ce virus. Ces messages provoquent leur multiplication. Mais comme uniquement celles qui savent accrocher les antigènes de ce virus sont nécessaires pour lutter, seulement celles-là sont prévenues et se mettent à se multiplier (et notre corps ne gaspille pas son énergie!). Cela est possible car les cellules T auxiliaires aussi sont spécialisées chacune pour reconnaître un antigène de virus particulier.

Quand une cellule T cytotoxique a rencontré l'antigène qu'elle sait accrocher, les messages de la cellule T auxiliaire l'induisent à se multiplier en plusieurs copies d'elle-même.

Production et sélection des cellules T

Les cellules T sont produites par la moelle des os, comme tous autres les globules blancs et les globules rouges du sang. On les appelle les cellules T car c'est dans le thymus qu'elles achèvent leur développement et arrivent à maturité. Le thymus est situé au dessus du cœur, et il a la taille d'un paquet de cartes. Comme la plupart des cellules T sont fabriquées quand on est jeune, le thymus des enfants est plus gros que celui des adultes. C'est aussi dans le thymus que les cellules T sont sélectionnées pour ne pas garder celles qui pourraient détruire les bonnes cellules de notre corps.

Les globules blancs circulent dans le réseau lymphatique constitué par les vaisseaux lymphatiques, les ganglions lymphatiques, le thymus, la rate, les amygdales et de la moelle des os.



Elles circulent dans le corps

Les cellules T, comme tous les globules blancs, ont 2 moyens pour circuler dans notre corps: par les vaisseaux sanguins et par les vaisseaux lymphatiques.

Le sang de nos vaisseaux sanguins (nos artères et veines) est mis en circulation par notre cœur, qui est une pompe. Par contre, le liquide laiteux de nos vaisseaux lymphatiques circule grâce aux mouvements de notre corps. C'est pourquoi faire de l'exercice, bouger est bon pour les gens.

Elles passent d'un réseau de transport à l'autre

La plupart de nos cellules de défense (de nos globules blancs) sont gardées en réserve dans nos ganglions lymphatiques jusqu'au moment où elles sont nécessaires pour lutter contre une infection. En cas d'attaque virale, elles passent dans notre réseau sanguin pour vite se rendre au lieu de l'infection. C'est dans les ganglions lymphatiques que les cellules de défense passent dans le sang.

On a des ganglions lymphatiques à beaucoup d'endroits de notre corps: dans notre cou, sous nos bras, dans nos jambes. Quand tu as un mal de gorge, tu sens des boules gonflées de chaque côté de ton cou: c'est des ganglions lymphatiques. Ils sont gonflés car ils travaillent bien à produire beaucoup de cellules immunitaires pour arrêter ton infection.

D'autres organes importants de notre **système lymphatique** sont la moelle de nos os, le thymus, la rate, et les amygdales, car ils servent à la production, développement, spécialisation, et multiplication de nos cellules immunitaires

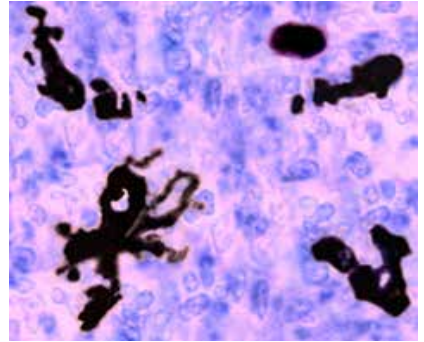
Les cytotoxines



Les **cytotoxines** sont des molécules toxiques, que les cellules T cytotoxiques libèrent pour tuer les cellules infectées. Les virus savent entrer dans nos cellules et les utiliser pour se multiplier dedans. Ensuite ils en sortent pour aller infecter d'autres cellules. Mais, grâce à leurs cytotoxines, nos cellules T cytotoxiques savent détruire les cellules infectées avant que plein de virus en sortent! Ainsi l'infection ne se propage pas.

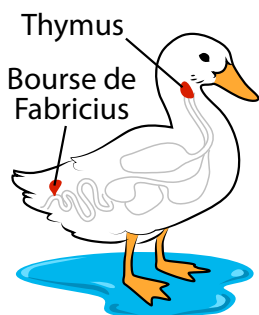
Il y a différentes sortes de cytotoxines. Certaines détruisent les **membranes cellulaires** en faisant des trous mortels dedans, ce qui fait que l'intérieur des cellules se disperse partout et que rien ne fonctionne plus: c'est la mort cellulaire par **lyse**. D'autres cytotoxines provoquent la

mise en marche de l'autodestruction des cellules infectées: c'est la mort cellulaire par **apoptose**. Dans la photo ci-contre, il y a des régions noires. Ce sont des cellules mortes par apoptose. Les macrophages, les premières cellules de nettoyage du système immunitaire, vont les enlever.



Les cellules B

Les cellules B sont une des sortes de globules blancs produits dans la moelle des os. On les appelle cellules "B" car c'est dans la bourse de Fabricius (un organe des oiseaux) qu'on les a découvertes.



Contrairement aux cellules T et aux macrophages, les cellules B ne détruisent pas directement les virus, mais elles sont aussi importantes. Dans notre histoire la cellule B arrive en renfort car la cellule T auxiliaire l'a appelée. Sans les cellules B notre corps ne saurait pas avoir victoire totale sur les infections. Les cellules B sont responsables de la production d'anticorps qui neutralisent les virus.



Différences entre cellules B et cellules T

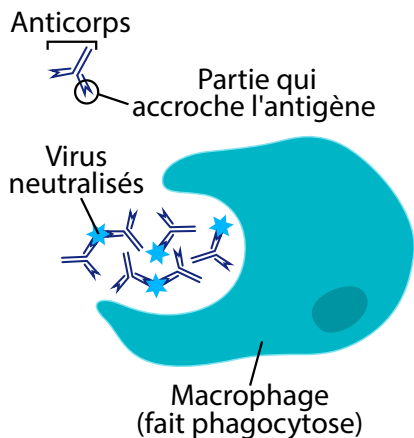
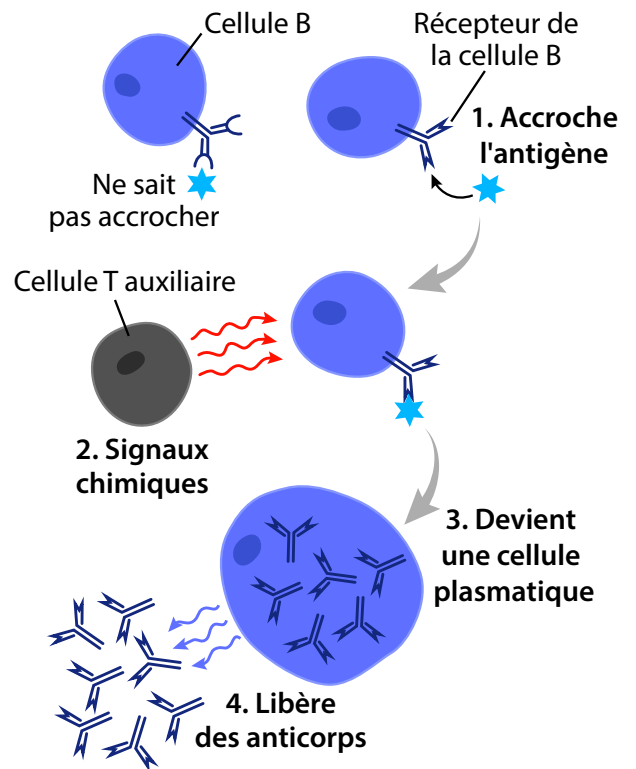
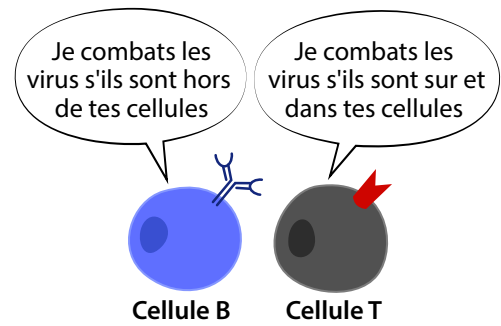
Comme chaque cellule T, chaque cellule B est spécialisée pour accrocher une seule sorte d'antigènes grâce à ses récepteurs particuliers. Et comme pour les cellules T, notre corps ne garde pas les cellules B qui prendraient en cible nos auto-antigènes et nos cellules en bonne santé.

Une différence importante est que les cellules B accrochent les antigènes directement sur la surface des virus. Par contre, les cellules T n'accrochent les antigènes viraux que s'ils sont posés sur la membrane de nos cellules ou sont déjà dedans.

Il y a près de 10 billions de cellules B spécialisées dans notre corps. Elles sont trop petites que pour les voir à l'œil nu. Mais si on les mettait toutes en file, elles feraient la longueur de 100 terrains de football. Avec autant de cellules de défense, ton corps est bien équipé pour résister à presque tous les envahisseurs!

Les cellules B deviennent des cellules plasmatisques

Quand un des récepteurs d'une cellule B attrape un antigène, une cellule T auxiliaire relâche des substances chimiques qui provoquent sa multiplication. Par plusieurs divisions cellulaires successives, il se forme un grand groupe de cellules identiques à la cellule B de départ. Ensuite, beaucoup de ces cellules B deviennent vite des **cellules plasmatisques** qui produisent et libèrent beaucoup d'anticorps (les mêmes que ceux faits par la cellule B de départ). Les cellules plasmatisques produisent de milliers d'anticorps par seconde, qui se répandent dans ton corps pour neutraliser tous les virus qu'ils rencontrent.



Que font les anticorps?

Les anticorps attrapent en masses les virus et autres pathogènes qui nous ont infectés. Ainsi ils peuvent être phagocytés par les macrophages. On dit que les virus couverts d'anticorps sont "neutralisés", car ainsi ils ne savent pas infecter nos cellules.

Quand ton infection est vaincue et que tu es guéri, des anticorps restent quand même dans ton corps. Et donc, si des virus de la même sorte reviennent essayer de t'infecter, ton corps est déjà prêt à les neutraliser, et ainsi tu ne redeviens pas malade!

Les cellules mémoire

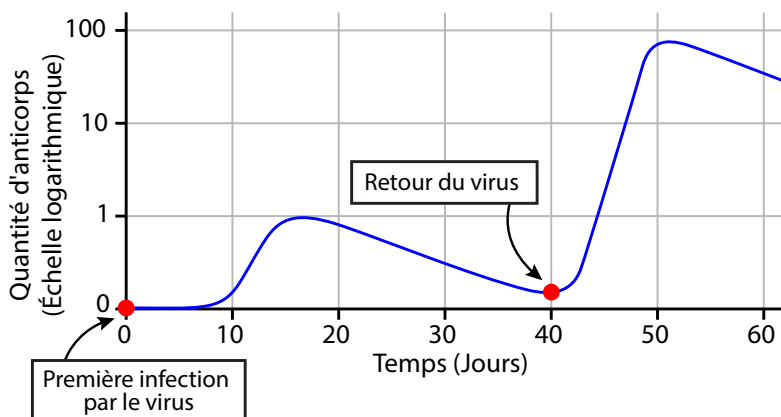
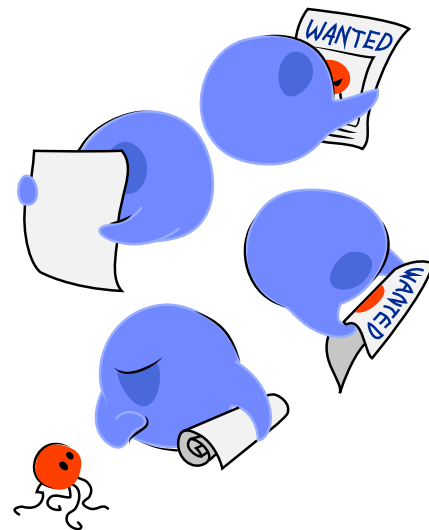


Quand tu es malade à cause d'un virus ou bactérie qui se multiplie dans ton corps, ton **système immunitaire** fabrique des cellules immunitaires et des anticorps spéciaux pour les vaincre. Quand l'infection est arrêtée, certaines cellules mémoire spécifiques restent dans ton corps pour te protéger au cas où le même pathogène reviendrait essayer de t'infecter.

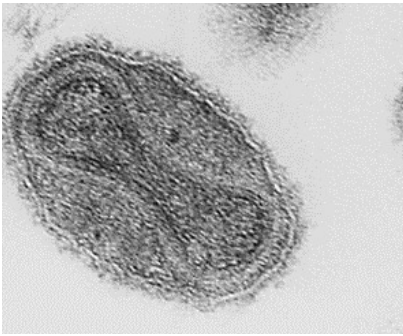
Une cellule mémoire n'oublie jamais

Quand tu es malade, ton système de défense immunitaire produit des cellules T et des cellules B pour détruire les pathogènes qui sont en train de se multiplier dans ton corps. Et bien, une partie de ces cellules vont se transformer en cellules mémoire! Il y a des cellules T mémoire et des cellules B mémoire. Elles sont appelées ainsi car elles se souviennent longtemps des pathogènes qui t'ont infectés. Elles restent longtemps dans ton corps, même quand es guéri. Elles attendent et sont prêtes à lutter en cas d'une nouvelle attaque par les pathogènes dont elles se souviennent.

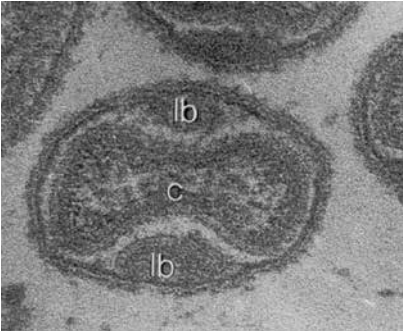
Grâce aux cellules B mémoire, il ne faut que 5 jours à ton corps pour produire la quantité **d'anticorps** nécessaire pour vaincre un virus, tandis qu'il lui a fallu 15 jours la première fois que tu fus malade à cause de ce pathogène. De plus, ton système immunitaire produit beaucoup plus d'anticorps la seconde fois qu'il rencontre un pathogène dont il se souvient, 100 fois plus! C'est ainsi que beaucoup d'infections sont vite arrêtées dans ton corps, parfois même sans que tu te sentes malade. Tes cellules mémoire te donnent une **immunité** contre les différents pathogènes dont elles se souviennent.



Ce graphique montre l'effet des cellules mémoire. Jour 0: une personne reçoit un virus. Jour 10: ses cellules B produisent des anticorps en faible quantité. Jour 15: quantité d'anticorps est suffisante pour éliminer tous les virus. Jours 15 à 40: le corps ne produit plus d'anticorps, leur quantité diminue donc. Jour 40: retour du virus dans cette personne. Jour 45: quantité d'anticorps est suffisante pour éliminer tous les virus. Jour 50: il y a 100 fois plus d'anticorps que lors de la 1ère infection.



Virus de la variole humaine
CDC, F. Murphy, Sylvia



Virus de la variole des vaches
Cornelia Büchen-Osmond

Construire son immunité

Durant une maladie, ton immunité se construit car ton corps fabrique et garde des cellules mémoire contre le pathogène qui t'infecte. Une autre façon de se construire une immunité est par vaccination. Les **vaccins** sont fabriqués en laboratoires. C'est des mélanges qui contiennent des parties (antigènes) de virus ou de bactéries que les scientifiques ont rendus non-pathogènes (c'est-à-dire qu'ils ont été transformés, affaiblis/tués pour ne pas te rendre malade). Les vaccins servent à protéger les gens contre des virus/bactéries très dangereuses en leur faisant faire des réserves de cellules mémoire sans les rendre malades.

Petite histoire de la vaccination

Le premier vaccin fabriqué est celui contre la variole, en 1796. La **variole** humaine est causée par un virus contagieux, l'infection est souvent mortelle. Les épidémies de variole étaient très effrayantes jadis, surtout que les gens n'avaient pas de médicaments contre elle et connaissaient mal les virus et le système immunitaire.

Dr. Edward Jenner inventa la vaccination. Il avait remarqué que les jeunes filles qui avaient attrapé la variole des vaches ne devenaient jamais malades de la variole humaine. Il a donc eu l'idée de protéger les gens contre la variole humaine en leur administrant des virus de la variole des vaches. Ce fut le premier vaccin réussi! Comme "vacca" veut dire vache en latin, Dr Jenner appela son invention la vaccination.

Les gens que Dr. Jenner avait vaccinés ne sont donc pas devenus malades quand ensuite ils ont été mis en contact avec la variole humaine. Le Dr. Jenner ne connaissait pas tous les mécanismes du système immunitaire agissant lors de sa vaccination, mais on sait maintenant que les 2 virus ont des antigènes semblables. Donc, les cellules mémoire qui sont produites pour détruire les virus de variole de vache sont capables de détruire les virus de variole humaine.

Depuis l'invention du vaccin contre la variole, on vaccine les gens, et cette maladie n'a donc plus créé d'infections dans le monde depuis 1979.

On a maintenant beaucoup de différents vaccins pour nous protéger des bactéries et virus **contagieux**. La plupart sont des liquides qu'on reçoit par injection, certains sont à avaler. Mais les scientifiques travaillent à fabriquer des vaccins dans des plantes comestibles. Cela veut dire qu'un jour peut-être, au lieu d'une injection tu recevras une délicieuse boisson de jus de légumes ou fruits comme vaccin!



Mots à Connaître

Entre parenthèses: mots en anglais.

Anticorps (*antibodies*): molécules produites par les cellules B et les plasmocytes de notre corps pour détruire les pathogènes qui l'infectent.

Antigènes (*antigens*): molécules que les cellules de défense de notre système immunitaire savent reconnaître et accrocher grâce à leur récepteurs.

Apoptose (*apoptosis*): mort cellulaire par autodestruction (la cellule se détruit elle-même).

Camouflage (*camouflage*): ensemble de couleurs et motifs semblables à ceux de l'environnement où on se trouve et qu'on utilise pour passer inaperçu.

Capside (*capsid*): coque protectrice qui contient le génome des virus.

Cellule plasmotique (*plasma cell*): cellule B transformée et spécialisée pour vite libérer de grandes quantités d'anticorps.

Contagieux (*contagious*): qui se transmet d'une personne ou animal à une/un autre.

Cytotoxines (*cytotoxins*): substances toxiques qui tuent les cellules.

Enveloppe (*envelope*): morceau de membrane cellulaire qu'un virus a volé à la cellule infectée et qui devient sa couche externe.

Enzyme (*enzyme*): molécule de protéine qui active les réactions chimiques qui se font dans les êtres vivants.

Génome (*genome*): l'ensemble de l'information génétique d'un organisme vivant.

Homéostasie (*homeostasis*): il y a homéostasie quand les conditions à l'intérieur d'un organisme vivant sont stables.

Hormones (*hormones*): molécules secrétées par certaines cellules ou glandes et qui servent de messagers dans le corps.

Immunité (*immunity*): résistance à l'infection qui nous est fournie par notre système immunitaire. Après contact avec un pathogène, des cellules mémoire restent dans notre corps et sont prêtes à combattre les pathogènes qui essaient ensuite de nous infecter une seconde fois.

Inflammation (*inflammation*): réaction spéciale causée par des cellules endommagées ou infectées pour faire venir des macrophages.

Lyse (*lysis*): destruction de la membrane cellulaire et mort de la cellule.

Macrophage (*macrophage*): cellule du système immunitaire qui ingère les substances indésirables et les cellules mortes, et les détruit.

Membrane cellulaire (*cell membrane*): la couche extérieure d'une cellule, qui l'enveloppe et la sépare de son environnement extérieur.

Métabolisme (*metabolism*): ensemble des transformations biochimiques que font les êtres vivants pour rester en vie, comme récolter et utiliser de l'énergie, respirer, éliminer les déchets.

Molécule (*molecule*): particule de matière faite d'atomes maintenus ensemble par des liens chimiques. Chaque molécule d'eau est faite d'un atome d'hydrogène et deux atomes d'oxygène (H₂O).

Mutualiste (*mutualist*): virus, bactérie ou moisissure qui vit et se multiplie dans un être vivant (son hôte) en association bénéfique.

Pathogènes (*pathogens*): virus, bactéries, moisissures, ou parasites qui infectent et sont néfastes pour les organismes vivants qu'ils envahissent.

Phagocytose (*phagocytosis*): le processus par lequel certaines cellules (comme les macrophages) ingèrent des débris ou des virus.

Prologue (*prologue*): texte au début d'un roman ou film pour présenter les personnages de l'histoire et des informations importantes.

Récepteurs (*receptors*): molécules de la surface d'une cellule ou d'un virus et qui savent accrocher certaines autres molécules qui viennent s'y emboîter.

Secréter (*secrete*): émettre, libérer une substance ou un liquide.

Système immunitaire (*immune system*): l'ensemble des organes, tissus et cellules de notre corps qui fonctionnent pour combattre les pathogènes.

Système lymphatique (*lymph system*): réseau d'organes, tissus et vaisseaux lymphatiques que les cellules immunitaires utilisent pour circuler dans le corps.

Vaccins (*vaccines*): produits qui servent à immuniser les gens contre certains virus et bactéries par administration d'antigènes de virus/bactéries rendus non-pathogéniques en laboratoire.

Variole (*smallpox*): maladie contagieuse, souvent mortelle, qui donne des pustules rouges sur la peau des gens. Aussi appelée petite vérole.

Crédits

Support Financier



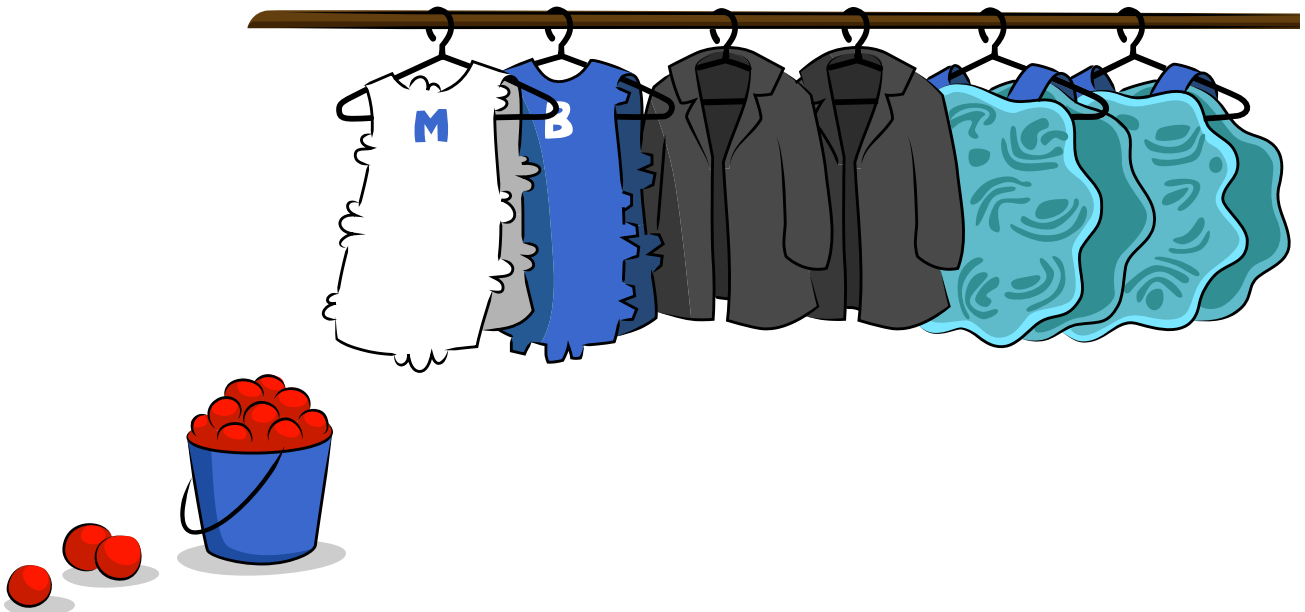
Collaborations



Remerciements

Le site Attaque Virale fut réalisé avec l'aide de Arizona Science Center Pathways Design Team. Le graphisme et le site web furent réalisés par l'équipe du laboratoire Visualization de l'Arizona State University School of Life Sciences. Certaines photos furent obtenues de wikimedia.com.

Visite le Arizona Science Center et, sur scène, joue le rôle de ton personnage préféré de "Attaque Virale".



BODY DEPOT

Le Arizona Science Center et Ask A Biologist ont collaboré pour réaliser Body Depot, un site internet qui te permet d'apprendre plein de choses au sujet du corps humain. Visite Body Depot en ligne à askabiologist.asu.edu/body-depot



MANUEL MONSTRE

Lis une vraie histoire monstre au sujet du plus petit manuel de construction que tu transportes toujours avec toi dans tes cellules. Puis va à Construction de Monstres, un jeu qui te permet de décoder et construire des monstres. Le tout est au site internet askabiologist.asu.edu/monster-manual



askabiologist.asu.edu/body-depot