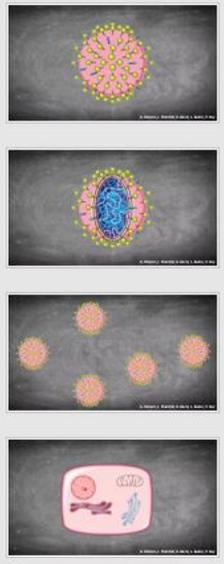
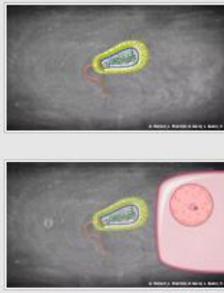


1ere partie : Mémoire immunitaire et vaccination chez les vertébrés

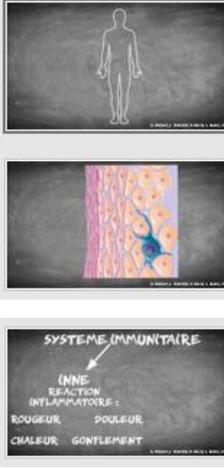
Les virus

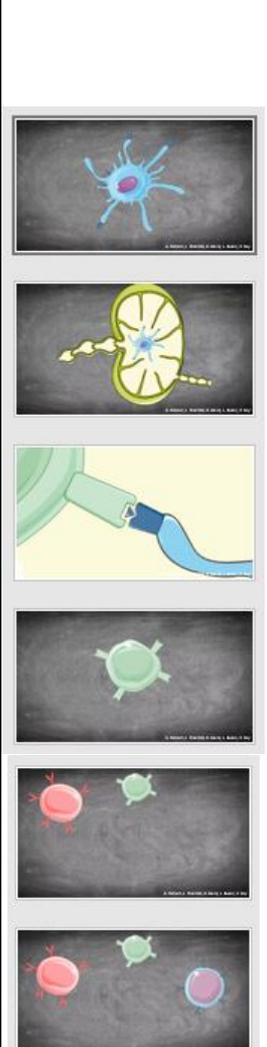
	<p>Un virus est un organisme microscopique, une sorte de petite coque qui renferme un programme : son information génétique.</p> <p>L'information génétique du virus n'est, le plus souvent, dédiée qu'à une seule chose : la multiplication du virus !</p> <p>Seulement voilà, pour se multiplier, le virus a besoin d'une machinerie moléculaire, machinerie dont il est dépourvu.</p> <p>Au contraire, une cellule est beaucoup plus grosse qu'un virus et possède une énorme machinerie moléculaire !</p> <p>Ainsi une cellule est une véritable usine qui va produire des protéines, consommer des sucres ou des graisses, et lui donner de l'énergie.</p> <p>Lorsqu'un virus pénètre dans le corps humain, (par les voies respiratoires pour le virus de la grippe, ou par une plaie pour le virus de la rage par exemple), il va s'attaquer aux cellules du corps humain et détourner leurs machineries moléculaires pour se multiplier !</p> <p>C'est alors l'infection virale.</p>
---	---

Les bactéries

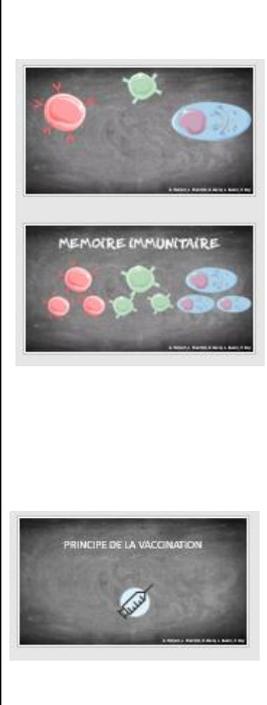
	<p>Les bactéries sont des cellules, qui, contrairement à celles des animaux, des plantes et des champignons, n'ont pas d'enveloppe nucléaire englobant leur ADN. De plus, elles sont en général beaucoup plus petites. Mais, elles restent toujours beaucoup plus grandes que la plupart des virus.</p> <p>Les bactéries sont, par rapport au virus, le plus souvent autonomes, c'est à dire qu'elles sont capables de se multiplier en dehors d'une cellule de l'hôte.</p> <p>Cependant, lorsqu'une bactérie pathogène pénètre dans l'organisme, au niveau des voies respiratoires ou au niveau d'une coupure, elle va, elle-aussi, se multiplier en puisant dans les ressources de l'organisme : c'est l'infection bactérienne.</p>
--	---

Le corps humain

	<p>Le corps humain possède plusieurs lignes de défenses pour lutter contre les envahisseurs.</p> <p>→ Les surfaces du corps, comme la peau, sont en première ligne !</p> <p>→ Lorsqu'un microbe réussit à les traverser et à rentrer dans l'organisme, il va être détecté et combattu par des patrouilleurs : des phagocytes par exemple. C'est ce qu'on appelle le système immunitaire inné, et c'est la première ligne de défense rapide du corps.</p> <p>C'est aussi le début de la réaction inflammatoire dont les quatre symptômes caractéristiques sont : rougeur, douleur, chaleur, et gonflement.</p>
--	--

	<p>→ Dans le cas où cette première ligne de défense ne suffit pas, il se met en place, plus tardivement, une seconde ligne de défense : la réponse immunitaire adaptative !</p> <p>Lors du combat contre les pathogènes, certaines cellules, les cellules dendritiques, vont arborer au niveau de leur surface de petits morceaux d'intrus qu'elles ont combattu, un peu comme des trophées. Ces petits morceaux d'intrus s'appellent les antigènes. Les cellules dendritiques qui portent les antigènes à leur surface vont aller prévenir le quartier général du système immunitaire. Pour ce faire elles vont par exemple migrer jusqu'aux ganglions lymphatiques, des organes présents un peu partout dans le corps. Lorsque vous avez mal quand vous avez une angine, et bien vous avez tout simplement mal au niveau des ganglions lymphatiques de la gorge.</p> <p>Une fois arrivées dans les ganglions lymphatiques, ces cellules dendritiques vont présenter les antigènes qu'elles arborent, aux lymphocytes T4. Parmi les millions de lymphocytes T4 présents dans les ganglions, seuls ceux possédant un récepteur spécifique des antigènes du microbe, vont s'activer. Une fois activés, ces lymphocytes T4 agissent tels les chefs d'orchestre du système immunitaire adaptatif et donnent l'alerte.</p> <p>À ce signal, deux autres types de lymphocytes passent à l'action. → D'une part, les lymphocytes T8. Les lymphocytes T8 sont de véritables tueurs : quand un microbe rentre à l'intérieur des cellules, les lymphocytes T8 vont détruire toutes les cellules infectées, sans s'attaquer aux cellules saines.</p> <p>→ D'autre part, les lymphocytes B. Les lymphocytes B vont se différencier en cellules qui produisent des anticorps. Ces anticorps vont alors se fixer spécifiquement à l'intrus en question. Par conséquent, ils vont s'agglutiner autour des virus ou des bactéries, ce qui les neutralise. L'élimination des derniers microbes met alors fin à l'infection.</p>
---	--

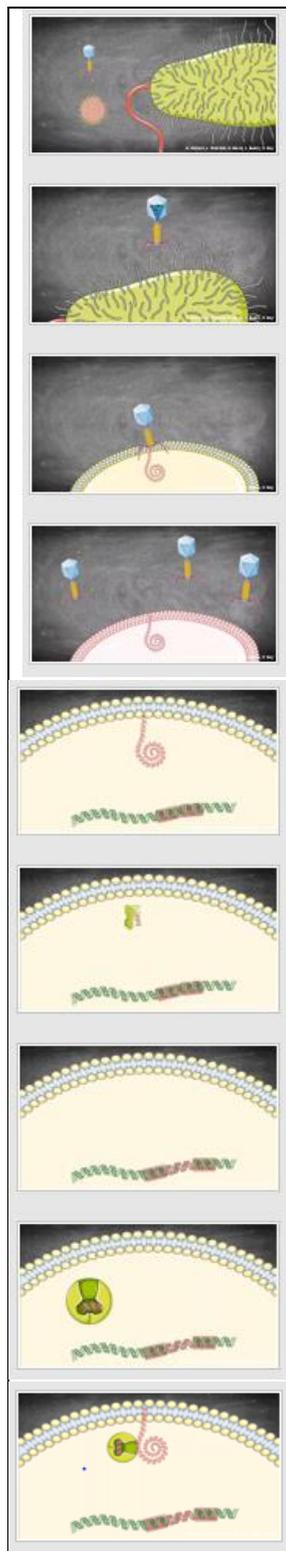
Le principe du vaccin

	<p>Le principe du vaccin est d'exploiter la mémoire immunitaire.</p> <p>Lorsque notre organisme a réussi à vaincre l'invasion de microbes, certains lymphocytes B, T4, et T8 activés lors de la bataille, et qui sont donc spécifiques à l'intrus vaincu, deviennent ce qu'on appelle des lymphocytes mémoires.</p> <p>Ces lymphocytes mémoires ont 2 caractéristiques essentielles. → Premièrement, ils sont extrêmement réactifs vis à vis du microbe dont ils sont spécifiques. → Deuxièmement, ils ont une durée de vie très longue, de l'ordre de la dizaine d'années.</p> <p>Ils circulent partout dans le corps. De ce fait, lors d'une nouvelle rencontre avec ce même microbe, ces lymphocytes mémoires s'activent très rapidement et prolifèrent pour former une armada de lymphocytes prêts à en découdre avec l'intrus. La réponse sera donc plus rapide, plus intense, et par conséquent plus efficace.</p> <p>Un vaccin consiste à introduire les antigènes d'un microbe dans l'organisme afin d'initier la production de lymphocytes mémoires spécifiques de ce microbe. En effet, l'organisme va réagir comme dans le cas d'une infection normale, ce qui va activer les lymphocytes spécifiques des antigènes et donc produire des lymphocytes mémoires, comme on vient juste de le voir. Ainsi, après s'être fait vacciner, si on rencontre le microbe, il sera combattu beaucoup plus efficacement que s'il n'y avait pas eu vaccination.</p>
--	--

2ème partie : Mémoire immunitaire chez les plantes

	<p>Les plantes, et les végétaux au sens large, sont des organismes immobiles, tout comme leurs cellules ! Il n'y a donc pas de lymphocytes ou de patrouilleurs capables de sonder l'organisme à la recherche de microbes pathogènes comme chez nous. Chaque cellule doit ainsi être capable de se défendre toute seule quand un pathogène l'atteint, en le détectant et en le combattant directement !</p> <p>Alors comment ça se passe ? Comme au cours de la réponse innée chez les vertébrés, la reconnaissance des pathogènes par les cellules se fait via des récepteurs spécialisés. Ceux-ci peuvent reconnaître des molécules propres aux pathogènes en question. Les cellules vont alors déclencher une batterie de manœuvres défensives.</p> <p>Les cellules infectées et leurs voisines sécrètent donc toute une ribambelle de molécules toxiques contre les pathogènes qui l'agressent, ce qui mène à leur élimination...</p> <p>La zone attaquée peut, en plus, prévenir d'autres régions de la plante via des signaux moléculaires ou électriques (comme pour la communication entre nos neurones !).</p> <p>Les cellules prévenues vont ainsi pouvoir réagir face à l'intrus en épaississant leur paroi ou en produisant à leur tour des molécules toxiques.</p> <p>Dans certains cas, toutes les cellules de la plante seront prévenues : on parle alors de Résistance Systémique Acquise.</p> <p>Enfin, si jamais les pathogènes ne s'attaquent qu'à une région précise de la plante, les cellules aux alentours peuvent se suicider, ce qui isole le pathogène du reste de l'organisme et protège les autres cellules. On parle de Réponse Hypersensible.</p> <p>Les tomates sont connues pour être une espèce capable de signaler la présence de pathogène à d'autres plantes voisines. Les voisines prévenues vont alors sécréter des molécules défensives en prévention de ce pathogène.</p>
---	---

3ème partie : Mémoire immunitaire chez les bactéries



Les virus et bactéries se font la guerre depuis des temps immémoriaux.

Rappelons que les virus sont entre 10 et 100 fois plus petits que les bactéries (en règle générale bien sûr).

Certains virus s'attaquent exclusivement à des bactéries : on les appelle **des bactériophages**.

Lorsqu'un bactériophage atteint une bactérie, il injecte son matériel génétique à l'intérieur de la bactérie. Ainsi, la bactérie se retrouve forcée à lire et traduire le contenu génétique du bactériophage.

Elle commence alors à produire un grand nombre de nouveaux bactériophages, ce qui permet la propagation du virus et peut mener, à terme, à la mort de la bactérie.

Un des mécanismes principaux de défense et de mémoire des bactéries ne fonctionne pas du tout comme le nôtre. En effet, elles possèdent un arsenal très sophistiqué appelé **CRISPR-Cas** inscrit au plus profond de leur ADN.

Dans le cas d'une infection d'une bactérie par un bactériophage, une fois l'ADN de virus injecté dans la bactérie, cet ADN est alors repéré par des « intégrateurs » de la famille des protéines Cas.

Ces derniers prennent un petit morceau du matériel génétique du virus et **l'intègrent au sein même de l'ADN de la bactérie**. Mais attention, pas n'importe où, entre des séquences appelées CRISPR.

Ces séquences sont **des palindromes de nucléotides** : A,T,C ou G (un palindrome est une suite de lettres qu'on peut lire dans les 2 sens : comme les mots kayak).

Les séquences comprises entre les CRISPR permettent, en fait, à la bactérie de **mémoriser l'ADN des bactériophages** et vont donc servir de sorte d'avis de recherche. En effet, il existe d'autres enzymes de la famille Cas, qui sont, elles, plutôt des chasseurs de primes au sein de la cellule : elles emportent avec elles des empreintes des avis de recherches et se baladent dans la cellule à la recherche de cible virale. De ce fait, si un virus déjà rencontré par la bactérie injecte son matériel génétique à l'intérieur de la cellule, alors les protéines Cas munies de leur avis de recherche reconnaissent illico presto l'intrus. Une fois ceci effectué, les protéines Cas se fixent sur le matériel génétique intrus et agissent telles **des ciseaux moléculaires** en le coupant en 2. Une fois sectionné, l'ADN viral ne peut plus fonctionner, et la bactérie s'en sort indemne. La bactérie s'est donc défendue grâce à une sorte de mémoire immunitaire.