

# 7<sup>es</sup> Journées de microbiologie

## 17-18 septembre 2014

Centre médical universitaire  
1 rue Michel Servet  
[www.unige.ch/public](http://www.unige.ch/public)

# VIRUS SANS FRONTIÈRES



FACULTÉ DE MÉDECINE  
FACULTÉ DES SCIENCES



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

## **Remerciements :**

Sophie Hulo Vesely, La Passerelle (Université de Genève)  
Bénédicte Magnenat, graphiste de l'abécédaire de microbiologie  
Alexandra Mandofia-Gati, Faculté de médecine (Université de Genève)  
Lara Pizurki, Section de biologie (Université de Genève)

Textes de l'abécédaire de microbiologie rédigés par Vérona Ducret, Manuel Gonzalez et Aurélia Weber. Brochure réalisée dans le cadre des 7<sup>èmes</sup> Journées de microbiologie, Université de Genève, septembre 2014.

# Introduction

Pourquoi devrait-on se sentir concernés par la microbiologie, cette science qui étudie des organismes que l'on ne peut même pas voir? Sans même le réaliser, la microbiologie est partout autour de nous: dans les médias lorsqu'ils parlent du virus Ebola, à l'hôpital lorsque l'on rend visite à un malade et que l'on doit se désinfecter les mains, ou alors simplement au supermarché lorsque l'on achète un yogourt... Nous vivons dans un monde entouré de microbes (bons ou mauvais) et la science qui les étudie, la microbiologie, ne doit pas rester inaccessible au grand public.

C'est de cette volonté qu'est née l'idée d'organiser chaque année les Journées de Microbiologie à l'Université de Genève et c'est également pour cela que cette brochure a été réalisée: pour accompagner les visiteurs tout au long de l'événement et même après.

Vous découvrirez dans cette brochure:

## **Virus sans frontières: résumé des conférences et explications**

A travers deux conférences sur les virus et les parasites d'aujourd'hui et de demain, cette 7<sup>e</sup> édition des Journées de microbiologie invite à poser un regard nouveau sur ces maladies dites «lointaines» qui pourraient nous concerner autant que celles de nos contrées.

## **La microbiologie de A à Z!**

Découvrez les concepts fondamentaux de cette science qui nous touche quotidiennement, au travers d'anecdotes insolites, d'illustrations amusantes et d'explications claires.



## PARASITES, HÔTES ET MÉNAGE À TROIS

Professeur Nicolas Fasel

Directeur du Département de biochimie, Faculté de biologie et médecine, Université de Lausanne



Depuis quelques années, certaines infections dues à des parasites sont en recrudescence, principalement à cause de l'apparition de résistances aux traitements, de co-infections, du réchauffement climatique et des migrations de populations dans des régions endémiques. Parmi ces parasitoses, on peut observer un spectre de pathologies qui ne sont pas explicables par la simple présence d'un parasite. La virulence de l'agent infectieux et la réponse de l'hôte sont des facteurs importants pour le contrôle de l'infection. A ces deux facteurs peuvent s'ajouter de nouveaux paramètres: des associations de malfaiteurs, telles que des parasites infectés par des virus. Ces alliances sont intéressantes, non seulement au niveau de l'évolution et de la diversité virale, mais aussi pour en déterminer les approches thérapeutiques.

### Qu'est-ce que c'est un parasite?

C'est un organisme qui vit dans ou sur un autre organisme, qui se reproduit et se nourrit au détriment de son hôte. Les parasites peuvent être **multicellulaires** ou **unicellulaires**, comme par exemple les protistes.

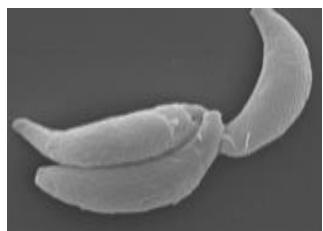
### Qu'est-ce que c'est un Protiste?

Les protistes (du grec *prôtistas*, le premier de tous) sont des **organismes unicellulaires avec un noyau**. Ce sont donc des eucaryotes, ce qui les différencie - entre autres - des bactéries qui sont des procaryotes (elles n'ont pas de noyau). Les Protozoaires sont un type de protistes qui se nourrissent par phagocytose, c'est-à-dire par capture et ingestion de particules du milieu.

### Est-ce que les infections par des Protozoaires sont importantes ?

Il y a une multitude de maladies causées par des Protozoaires, dont les plus connues sont:

**La Malaria** causée par *Plasmodium*,  
**La Toxoplasmose** causée par *Toxoplasma*,  
**La maladie du sommeil** causée par *Trypanosoma*,  
**La Leishmaniose** causée par *Leishmania*,  
**La Trichomonose** uro-génitale causée par *Trichomonas vaginalis*.



*Toxoplasma gondii*

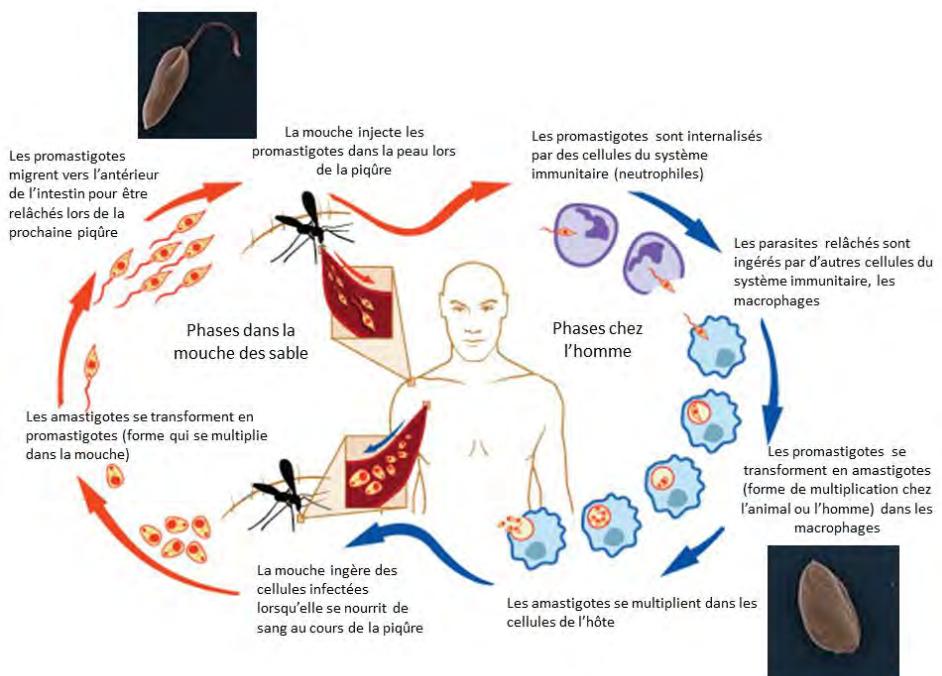
A part **la Trichomonose**, les pathogènes mentionnés ici ont besoin d'un **vecteur pour la transmission** de la maladie, comme les moustiques du genre Anophèle pour *Plasmodium* ou le Phlébotome (la mouche des sables) pour *Leishmania*.

La Malaria, causée par différents types de *Plasmodium*, est une des maladies les plus répandues sur terre. Selon l'OMS (rapport de 2013), en Afrique environ un enfant meurt chaque minute de cette maladie.



Mouche des sables, vecteur de la Leishmaniose

### Exemple de cycle d'infection: le parasite *Leishmania*



## ÉMERGENCE DE NOUVEAUX VIRUS:

### FAUT-IL EN AVOIR PEUR?

Professeur Laurent Kaiser

Département de médecine interne des spécialités,

Faculté de médecine, Université de Genève

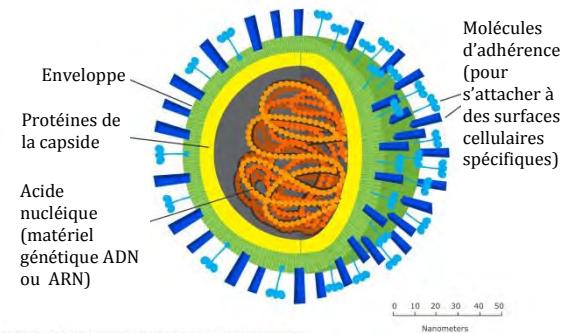
Médecin-chef du Service des maladies infectieuses, HUG



Des virus dit émergents font régulièrement la une des médias. En 2009, la grippe porcine fait son apparition au Mexique et sa propagation est si rapide que, quelques mois après, l'OMS déclare l'état de pandémie. En 2012, c'est le coronavirus qui fait parler de lui au Moyen-Orient. En 2014, le virus Chikungunya s'étend en Amérique centrale, tandis qu'Ebola fait des ravages en Afrique et la Dengue en Asie et ailleurs. Les exemples sont nombreux et ces nouveaux virus sont souvent décrits comme dangereux et incontrôlables. Représentent-ils une véritable menace? Faut-il craindre des virus qui voyageraient en quelques jours d'un continent à l'autre? Cette conférence propose de décrire les bases biologiques et scientifiques pouvant mener à l'apparition de ces nouveaux virus, potentiellement responsables d'épidémies humaines.

### Qu'est-ce que c'est un virus?

Un virus est une entité biologique qui a besoin d'une cellule hôte pour pouvoir se multiplier. Il est composé de matériel génétique (une ou plusieurs molécules d'ADN ou d'ARN) entouré de protéines et/ou de lipides, qui servent à le protéger et permettent l'adhésion et l'entrée dans une nouvelle cellule. En général les virus sont beaucoup plus petits que des cellules ou des bactéries (entre 20 et 300 nanomètres environ), même si des exceptions ont été découvertes ces dernières années.



© 2007-2010 The University of Waikato | [www.sciencelearn.org.nz](http://www.sciencelearn.org.nz)

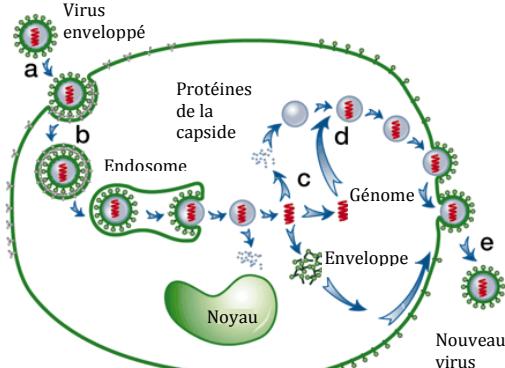
### Comment est-ce qu'un virus se multiplie ?

Les virus interagissent par des molécules de surface avec des récepteurs situés sur les cellules à infecter. Ainsi, un virus ne peut pas infecter n'importe quelle cellule, parce que sans ces molécules d'adhésion, il n'y a pas d'infection. Après l'entrée dans la cellule, la machinerie cellulaire est utilisée pour produire des protéines virales et

pour copier le matériel génétique du virus. Les stratégies de sortie de la cellule varient en fonction du type de virus. Dans certains cas, le matériel génétique viral peut aussi rester présent de manière silencieuse dans une cellule et produire des virus plus tard.

## Est-ce que les antibiotiques sont utiles contre les virus ?

NON ! En effet les antibiotiques sont dirigés contre les bactéries, qui sont des organismes procaryotes (sans noyau), suffisamment différents de nos cellules eucaryotes (qui ont un noyau). Comme les virus infectent et utilisent la machinerie eucaryote, les antibiotiques n'ont pas d'effet sur les virus, si ce n'est pour éviter des surinfections.



## Pourquoi n'est-il pas possible de vacciner contre tous les virus ?

La vaccination a permis de réduire considérablement l'incidence de certaines maladies virales, voire d'en éliminer ! Par exemple, grâce à la vaccination la variole a été éradiquée et la poliomyélite est également en voie d'éradication. Cependant, dans des cas comme la grippe, la variabilité du matériel génétique et l'existence de réservoirs animaux obligent les chercheurs à réadapter chaque année le vaccin. Dans d'autres cas, comme le VIH, c'est la grande variabilité du génome et la difficulté à identifier des antigènes conservés (les molécules du virus reconnues par le système immunitaire) qui empêchent pour l'instant de développer un vaccin, malgré tous les efforts.

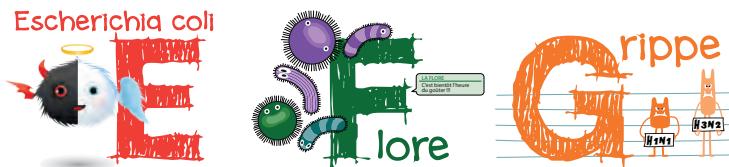
## Quelques exemples de virus:

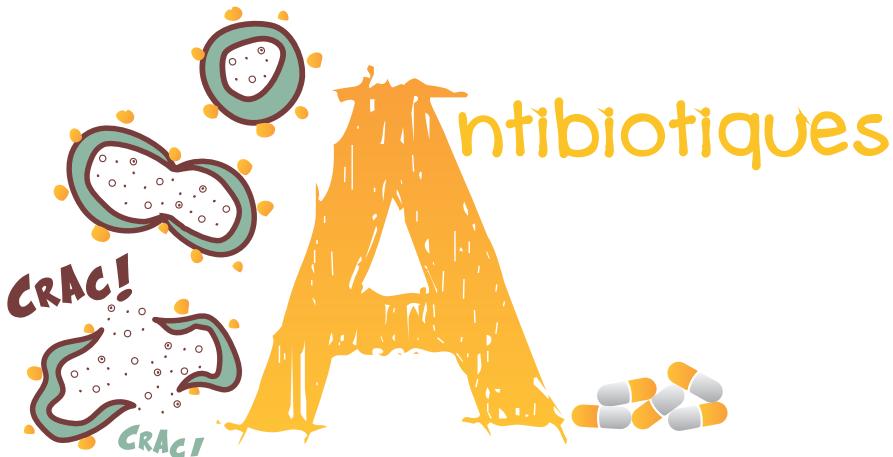


Virus Ebola



VIH, Virus de l'Immunodéficience Humaine





En 1928, Fleming découvre le premier antibiotique, la pénicilline. Dans les années 50, ces molécules capables de tuer spécifiquement les bactéries ont connu un véritable essor, l'homme voit alors son espérance de vie augmentée de 15 ans.

Cependant, l'utilisation abusive de ces substances a sélectionné des germes résistants. En 2001, une première campagne est menée "**les antibiotiques, c'est pas automatique**". Les prescriptions diminuent, les lois sur l'agriculture se durcissent, mais en vain. En avril 2014, l'OMS tire à nouveau la sonnette d'alarme. Le monde entier est concerné. Rien qu'en Europe, on estime qu'environ 25'000 personnes sont tuées chaque année par des germes devenus résistants aux antibiotiques.

Les infections autrefois bénignes et désormais mortelles ne sont pas la seule préoccupation. Toute la médecine moderne repose sur l'utilisation des antibiotiques. Médecins et chercheurs s'allient, il s'agit de trouver au plus vite de nouvelles molécules, mais également des thérapies alternatives.



Le Botox est le nom donné à la toxine botulique produite par *Clostridium botulinum*, une bactérie qui se développe dans l'environnement en absence d'oxygène et qui est responsable du botulisme. Cette intoxication est généralement contractée lors de la consommation de conserves ou d'aliments mis sous vides sans respect des règles d'hygiène.

La toxine botulique est l'un des poisons les plus violents connus à ce jour (40 millions de fois plus toxique que le cyanure). Elle agit en paralysant les muscles, en particulier respiratoires, ce qui peut conduire au décès.

Depuis les années 90, la toxine botulique est plus connue pour son utilisation en esthétique. Utilisée à très faibles doses sur des zones ciblées, elle contribue à atténuer temporairement les rides en paralysant certains muscles du visage ou du cou.

En diminuant les fortes contractures musculaires associées à certains types de handicap, le botox offre également un intérêt thérapeutique pour soigner les personnes souffrant de strabisme ou d'une paralysie suite à un accident vasculaire cérébral.



Les champignons microscopiques, ou moisissures, sont présents partout dans l'environnement et sont connus avant tout pour leur rôle de décomposeurs naturels de la matière.

La moisissure *Penicillium notatum* est en outre responsable d'**une des plus grandes découvertes médicales de tous les temps: la pénicilline**. Cet antibiotique a été découvert de manière fortuite par le Dr. Alexander Fleming en 1928, suite à une contamination de ses boîtes de culture bactériennes par le champignon. La zone d'inhibition de croissance des bactéries observée autour du *Penicillium* lui a en effet permis de constater l'effet antibiotique de cette moisissure.

Certains champignons microscopiques peuvent être **pathogènes pour l'homme** et provoquer des mycoses. Parmi ces espèces, les *Candida* sont les plus connus. Ces champignons unicellulaires (appelés levures) sont présents naturellement dans l'organisme humain, mais peuvent causer des infections lors d'un déséquilibre de la flore normale ou en cas d'affaiblissement du système immunitaire. On parle alors de pathogène opportuniste.

Cependant, les levures sont surtout connues pour leur utilité, car elles permettent de fabriquer des **produits très appréciés comme le vin, la bière ou le pain**.



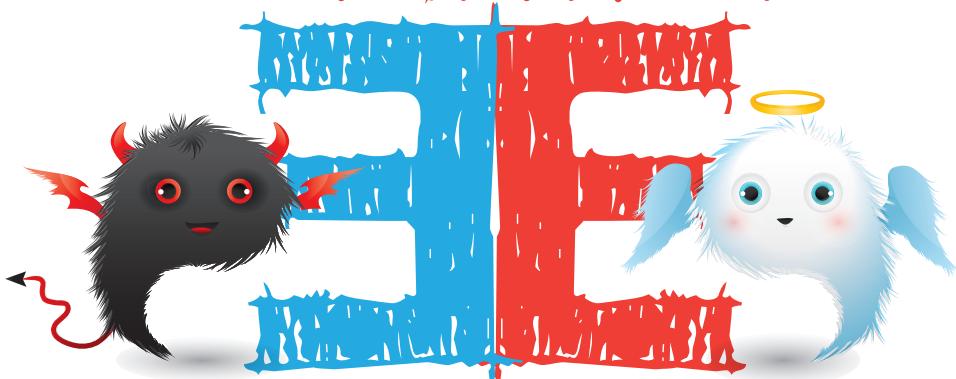
## Deinococcus radiodurans

La fascination pour les bactéries tient en grande partie à la capacité extraordinaire qu'ont ces micro-organismes à survivre et à **coloniser toutes sortes de milieux extrêmes**. Parmi ces bactéries, l'espèce *Deinococcus radiodurans*, découverte dans des boîtes de conserve stérilisées par irradiation, est emblématique.

Soumis à de très hautes doses de **radiations ionisantes**, le génome de *D. radiodurans* est cassé en petits fragments d'ADN, comme tout autre organisme dans de pareilles conditions. Toutefois, *D. radiodurans* possède l'incroyable capacité d'assembler à nouveau l'intégralité de son génome en 4h. Ce n'est pas une insensibilité aux conséquences des radiations, mais la combinaison de diverses stratégies de réparation qui confèrent à *D. radiodurans* son **extrême résistance**.

Les recherches sur cette bactérie ont mis en évidence des mécanismes comprenant la prévention des dégâts cellulaires, la réparation des cassures dans l'ADN génomique et l'expulsion des molécules toxiques produites par les radiations. Cet équipement complet et efficace a contribué à rendre *D. radiodurans* célèbre sous le nom de **Conan la bactérie**!

# Escherichia coli



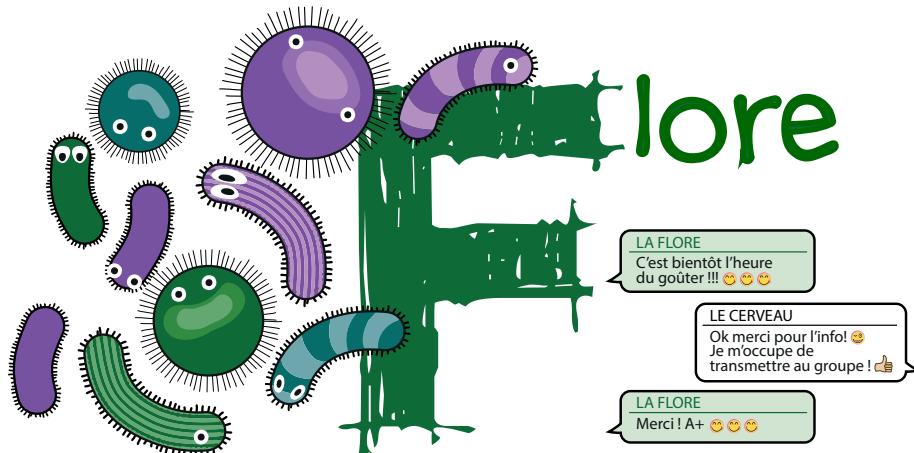
*Escherichia coli* est probablement l'organisme vivant **le plus étudié au monde !**

Cette bactérie est un fabuleux organisme modèle utilisé par presque tous les chercheurs. Son étude est à la base des découvertes de la biologie moléculaire, qui a révolutionné la recherche en biologie et en médecine. Sa facilité de culture, de manipulation, ainsi que la rapidité avec laquelle elle se multiplie font d'*Escherichia coli* un fabuleux outil de laboratoire permettant aussi de produire de **nombreuses substances d'intérêts**.

L'insuline humaine est, par exemple, produite par cette bactérie.

Vivant naturellement dans les intestins des animaux à sang chaud, certaines souches peuvent cependant causer des infections graves. D'autres souches sont capables de produire des toxines dangereuses et des désordres intestinaux pouvant être fatals. Des aliments (fromage, viandes) contaminés avec des souches dangereuses d'*Escherichia coli* et causant de graves épidémies défraient souvent la chronique. La bactérie dite « du concombre » était, par exemple, une souche potentiellement mortelle d'*Escherichia coli*.

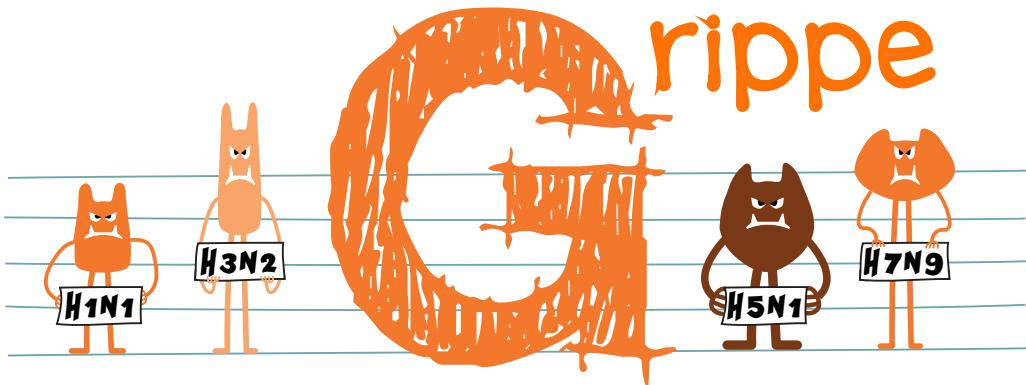
**Amie du chercheur** mais... **ennemie du consommateur**, telle est la fameuse E. coli !



$10^{14}$ , soit **environ 1.5 kg de micro-organismes bienveillants**, peulent notre corps. En effet, nous sommes constitués de 10 fois plus de bactéries que de cellules humaines. En tout, cela représente 100 fois plus de gènes bactériens que de gènes humains.

La majorité de nos microbes est logée dans le gros intestin et compose le microbiote intestinal, considéré aujourd'hui comme un véritable organe. Celui-ci joue un rôle clé dans la vie et la santé de son hôte. De nombreuses fonctions lui sont désormais attribuées. Il constitue la première barrière contre d'éventuels envahisseurs pathogènes, facilite la digestion et l'absorption des aliments et produit certaines vitamines que nous sommes incapables de synthétiser nous-mêmes.

**Le microbiote joue un rôle crucial** dans le développement et la maintenance des systèmes immunitaires, nerveux et digestifs. De nombreux troubles métaboliques, digestifs et cérébraux seraient dus à une perturbation dans l'étroite relation qu'entretiennent le microbiote et son hôte. Ces résultats offrent de nouvelles perspectives de traitement pour certaines maladies, telles que **l'autisme, la schizophrénie, l'obésité, le diabète et l'Alzheimer**.



La grippe est le nom commun donné aux **symptômes causés par le virus Influenza**, qui est responsable chaque année d'une épidémie saisonnière atteignant un pic pendant l'hiver. Ces symptômes (fièvre, fatigue, douleurs musculaires, maux de tête, toux, etc.) disparaissent généralement en une semaine sans traitement médical. L'antibiothérapie est inutile, puisqu'il s'agit d'une infection virale ! La maladie peut toutefois entraîner des complications graves, voire le décès chez les personnes à risque comme les jeunes enfants, les personnes âgées ou immunodéprimées.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) considère cette maladie comme un **problème majeur de santé publique**, responsable de 250'000 à 500'000 décès par an. La vaccination des sujets à risque et du personnel hospitalier, ainsi que le lavage des mains et la protection de la bouche lors de projections, sont des mesures recommandées pour limiter la progression de l'épidémie.

### La grippe à la Une !

Certaines souches grippales sont propres à d'autres espèces animales comme les oiseaux (grippe aviaire) et le porc (grippe porcine). Lorsque ces différentes souches se recombinent et se transmettent à l'homme, elles peuvent être à l'origine de graves pandémies, comme la grippe H1N1 qui avait fait la Une de tous les médias en 2009.



Mise en évidence au début des années 80, *Helicobacter pylori* est une bactérie pathogène de la muqueuse gastrique. Elle est donc capable de survivre dans un milieu très acide, longtemps considéré comme stérilisant. On doit la découverte d'*H. pylori* à un chercheur Australien, Barry Marshall, qui ingurgita une culture de ce germe afin de démontrer son implication dans les ulcères gastriques. Cette découverte lui vaudra, ainsi qu'à son collègue Robin Warren, **le prix Nobel de médecine**.

Présente en moyenne chez 1 personne sur 5, *H. pylori* peut infecter plus de 90% de la population dans certains pays où l'hygiène fait défaut. Première cause **d'ulcères et de cancers de l'estomac**, ce germe serait également associé à des pathologies autres que digestives, telles que certaines maladies neurologiques, cardiovasculaires et mentales, dont la maladie de Parkinson.

L'augmentation du nombre de souches résistantes aux antibiotiques rend les traitements de plus en plus difficiles. Si le développement d'un vaccin comme thérapie alternative présente un grand intérêt, un cocktail de molécules antimicrobiennes et anti-acides reste à ce jour le seul remède contre ce fléau. Le seul ? Peut-être pas. Le *Lactobacillus reuteri*, bactérie retrouvée dans certains aliments fermentés comme la choucroute, sécrète un composé capable d'**éradiquer *H. pylori* de manière définitive**.

# Infection



L'infection correspond à l'invasion d'un organisme vivant par des micro-organismes pathogènes tels que des **bactéries, champignons, parasites ou virus**. Durant le processus infectieux, les pathogènes se multiplient dans l'hôte et produisent éventuellement des substances toxiques.

Généralement, l'infection se développe lorsque le rapport entre la qualité des défenses immunitaires et le pouvoir pathogène du germe ou son nombre est modifié. L'apparition ou non de la maladie infectieuse dépend donc directement de l'**état des défenses naturelles de l'organisme**. Une infection est dite opportuniste si elle est due à un microorganisme ne provoquant pas de maladie chez le sujet sain, mais devenant pathogène suite à l'altération des défenses immunitaires.

**La prévention des infections** repose principalement sur une bonne hygiène de vie et, dans certains cas, sur le recours à la vaccination. Si toutefois une infection se développe, il est nécessaire de combiner un traitement spécifique contre le micro-organisme pathogène et un traitement des symptômes provoqués par l'infection.



# Tournées de microbiologie

**Les Journées de microbiologie** ont été mises en place en 2007 par 3 chercheurs de l'Université de Genève (UNIGE) passionnés de microbiologie : le Professeur Patrick Linder, le Professeur Jacques Schrenzel et le Docteur Karl Perron.

Le but de ces Journées est de présenter et d'expliquer au grand public et aux écoles **le monde passionnant de l'infiniment petit**. Des microbes utiles aux dangereux pathogènes, tout y passe ! Souvent intégrées à cet événement, diverses activités de découverte, des manipulations ou des visites sont organisées et des conférences sur des thèmes d'actualité sont données par des conférenciers de renom.

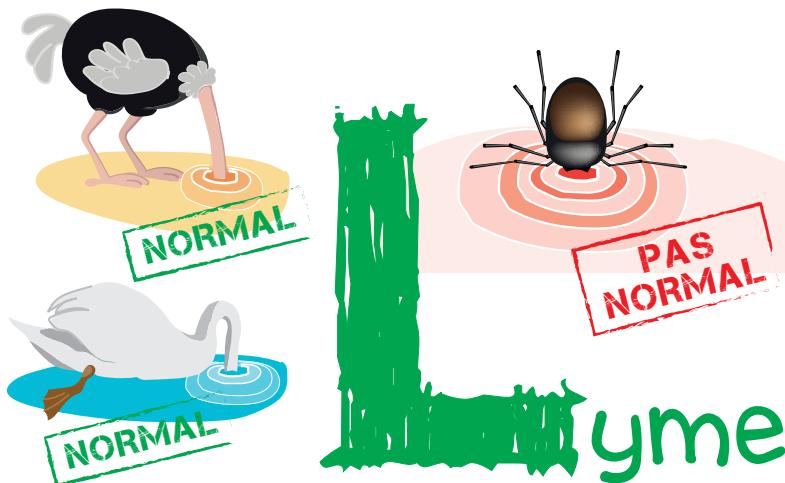
Evénement phare de la rentrée de l'UNIGE, les Journées de Microbiologie ont créé un fort lien entre la population genevoise et les chercheurs de l'université... **Un événement à suivre chaque année !**



Les travaux de bactériologie du médecin allemand Robert Koch ont permis l'**identification du bacille de la tuberculose**, *Mycobacterium tuberculosis* ou bacille de Koch. Par ses recherches, le médecin a démontré les modes de transmission des mycobactéries par l'intermédiaire de gouttelettes de salive propulsées lorsque le malade parle, tousse ou éternue.

**Les bacilles de Koch** pénètrent dans l'organisme au niveau des voies respiratoires. Une croissance lente et sa capacité à se mettre dans un état de dormance à l'intérieur des cellules confèrent à *M. tuberculosis* une grande résistance à de nombreux antibiotiques. Ceci débouche fréquemment sur une réactivation de la maladie chez des sujets guéris en apparence.

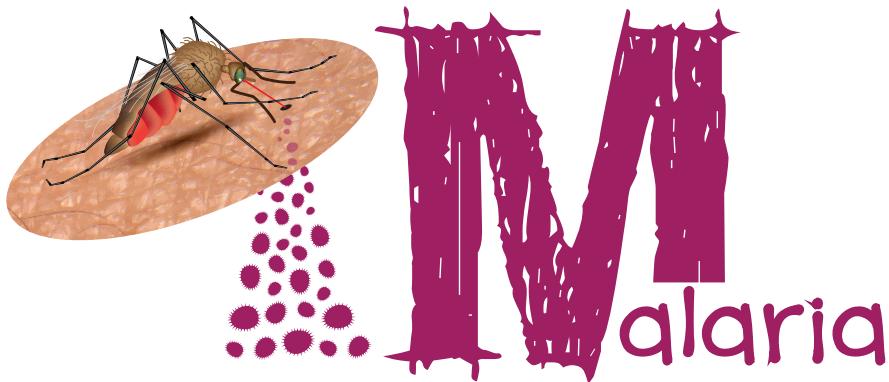
Avec 1.3 million de morts chaque année, la tuberculose est considérée par l'OMS comme une **maladie en pleine recrudescence dans le monde**.



La maladie de Lyme ou borréliose est une infection touchant les hommes et les animaux, causée par des bactéries du genre *Borrelia*. Elle est transmise presque exclusivement par les **morsures de tiques**, lors de promenades en forêt ou dans les hautes herbes des régions tempérées.

La maladie est difficile à diagnostiquer, car les symptômes sont très variables et peu spécifiques. Toutefois, l'infection initiale est souvent suivie par l'apparition d'une rougeur cutanée de forme circulaire caractéristique (ou « érythème migrant ») qui grandit autour de la morsure de tique, le point d'entrée du pathogène. Si la maladie n'est pas traitée rapidement par antibiothérapie elle peut **évoluer vers des formes plus graves** avec problèmes articulaires, cardiaques et/ou neurologiques parfois difficiles à traiter.

L'incidence de la maladie est en constante augmentation, particulièrement dans le Nord de l'Amérique, mais également en Europe ! Afin de prévenir l'infection, il est recommandé de **porter des habits couvrants et d'inspecter la peau** après chaque promenade dans des zones à risque.



La malaria, ou paludisme, est la maladie infectieuse la plus répandue dans le monde, avec près de 300 millions de nouveaux cas et un million de décès par an selon l'OMS.

La maladie est causée par des protozoaires du genre *Plasmodium*, dont la transmission d'un individu infecté à un autre est principalement réalisée par l'intermédiaire de moustiques du genre *Anopheles*. Lors d'une piqûre, les parasites présents dans les glandes salivaires du moustique pénètrent dans le corps et envahissent le foie et les globules rouges. C'est la destruction des globules par les parasites qui provoque l'anémie et les accès de fièvre caractéristiques des crises de paludisme.

Touchant principalement les **populations pauvres** ayant un accès restreint aux systèmes de soins, la malaria constitue un frein important au développement des sociétés affectées. Pour enrayer la propagation de la maladie, l'OMS recommande l'utilisation de **moustiques imprégnés d'insecticide**, qui représentent actuellement le moyen de lutte le plus efficace. D'autres approches, comme la mise au point d'un vaccin ou le développement de stratégies pour lutter contre les moustiques, sont à l'étude.

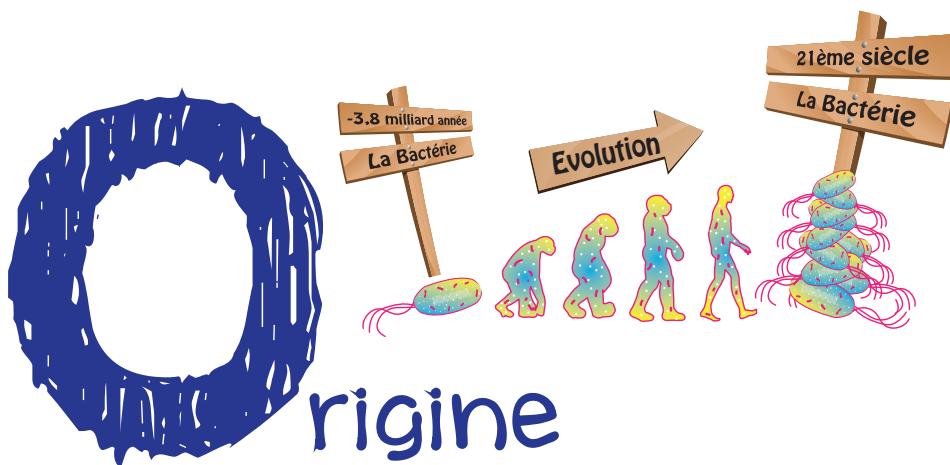


La médecine moderne a apporté des progrès inestimables à l'homme, mais ces développements ne sont pas toujours sans conséquences.

L'accueil de patients de plus en plus fragiles, l'utilisation d'immuno-supresseurs et des opérations de plus en plus invasives font que, chaque année en Suisse, 70'000 personnes contractent une **infection lors d'un séjour à l'hôpital**. Ces infections survenues dans un établissement de santé sont appelées maladies nosocomiales. Elles sont à l'origine d'au moins 37'000 décès par an rien qu'en Europe. Les germes responsables sont transmis entre malades, par des personnes extérieures, par l'appareillage ou le corps médical, mais peuvent également provenir du patient lui-même.

**L'augmentation des résistances aux antibiotiques** ainsi que des maladies émergentes provoquent une forte hausse des infections nosocomiales. On estime qu'un tiers d'entre elles pourraient être évitées. Ainsi, la prévention est la principale lutte contre ce fléau.

A Genève, la distribution d'une solution hydro-alcoolique au personnel soignant **pour la désinfection des mains** a permis de réduire de moitié l'apparition de ces maladies.



La Terre est apparue il y a quelque 4.5 milliards d'années... puis la vie a suivi. Mais pas n'importe quelle forme de vie ! **Les premières cellules vivantes**, ou du moins les plus anciens fossiles retrouvés, datent d'il y a 3.8 milliards d'années.

Bien que des formes bactériennes aient été observées dans les roches les plus anciennes, ce sont surtout des manifestations macroscopiques qui démontrent une **origine bactérienne de la vie sur Terre**. Les stromatolithes, par exemple, sont des amas calcaires produits par certaines bactéries photosynthétiques : des cyanobactéries. Ces bactéries ont d'ailleurs modifié la planète de manière irrémédiable, en produisant suffisamment d'oxygène pour permettre la formation du bouclier protecteur d'ozone, la sortie des organismes de l'eau et la respiration. Toute l'évolution des organismes vivants s'est faite avec et grâce aux bactéries. Pas étonnant alors qu'on les retrouve partout, et qu'on ne puisse vivre sans elles !

Alors, merci à qui ? Merci à ce monde invisible sans lequel la vie sur Terre ne serait pas possible.



La phagothérapie est l'utilisation de **virus bactériophages** (qui infectent et détruisent les bactéries) pour traiter les infections d'origine bactérienne. Cette approche thérapeutique, connue et **utilisée bien avant la découverte des antibiotiques**, a été mise de côté dans le monde occidental avec le développement de l'antibiothérapie, mais conservée dans les pays de l'ancienne Union soviétique.

Toutefois, avec l'apparition inquiétante de nombreuses souches bactériennes multi-résistantes aux antibiotiques et l'absence de nouveaux traitements efficaces, l'intérêt pour la phagothérapie connaît un regain d'intérêt et représente une alternative séduisante pour **traiter des infections complexes**.

Les bactériophages ont une activité beaucoup plus spécifique que les antibiotiques, ce qui réduit considérablement les effets secondaires sur la flore intestinale et les muqueuses de la peau. Ces virus agissent de manière presque immédiate en tuant les bactéries cibles sans nuire à nos cellules ni aux autres souches bactériennes bénéfiques, réduisant par là même le développement d'infections opportunistes. La phagothérapie représente un **exemple fascinant d'utilisation de virus dans un but thérapeutique** et un espoir pour le traitement des infections bactériennes graves.



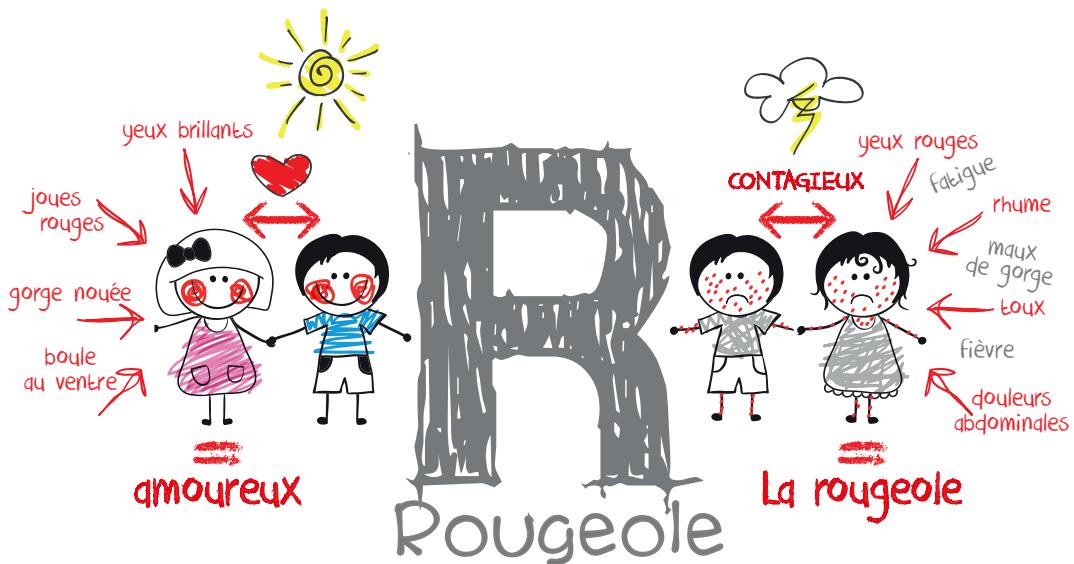
1'000'000'000'000'000'000'000'000'000'000'000 de bactéries, et moi et moi et moi...

Q comme Quantité ! Le nombre de bactéries sur Terre est estimé à  $10^{30}$ , soit un quintillion ! Les bactéries représentent de loin la plus grande partie du vivant sur notre planète. Voici quelques chiffres parlants :

- **Un être humain est colonisé par 100'000 milliards de bactéries** en moyenne, soit environ 1.5 kg ! Mises bout à bout, cela représenterait environ 4 fois la distance Terre-Lune.
- 1 ml d'eau de mer contient env. 1 million de bactéries et 1 gr. de terre contient en moyenne autant de bactéries qu'il y a d'êtres humains sur notre planète.

Et ce n'est pas tout :

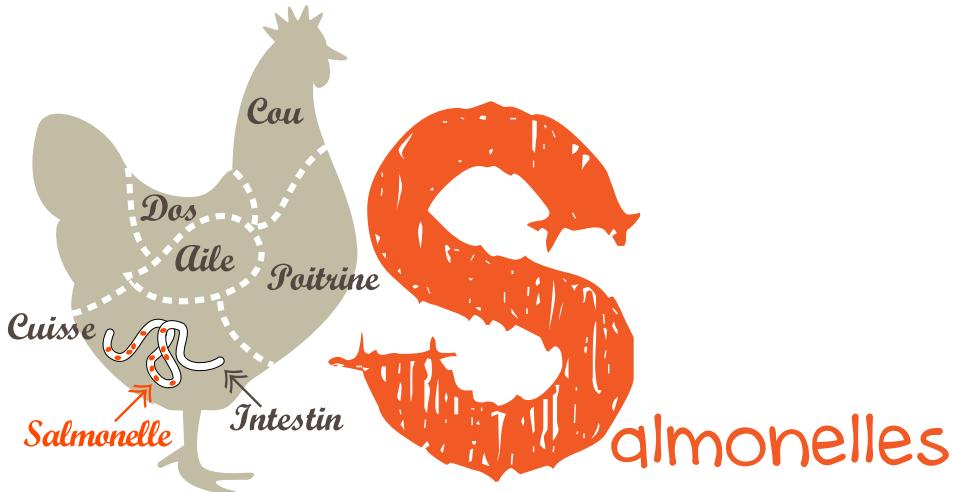
- A chaque cuillère de yogourt que nous mangeons, nous ingérons **10 millions de bactéries bien vivantes et bénéfiques**.
- Une dizaine de milliards de bactéries sont présentes dans notre bouche : Big bisous !
- Et pourtant, **seulement 0.1 à 1 % du monde bactérien est connu** ! Un immense champ de découverte s'ouvre au chercheur de demain.



La rougeole est une maladie infectieuse extrêmement contagieuse causée par un virus. Elle peut survenir à tout âge, mais elle touche plus particulièrement les jeunes enfants. Elle se transmet par la projection de gouttelettes contenant le virus, lorsqu'une personne atteinte éternue ou tousse.

La maladie se déroule en deux phases consécutives : les premiers symptômes s'apparentent à ceux d'une grippe (fièvre, fatigue, toux, rhume, yeux rouges, etc.) puis sont suivis par une **éruption cutanée caractéristique** qui se manifeste par l'apparition de plaques rouges, d'abord sur le visage puis sur tout le corps. Il n'existe pas de traitement antiviral spécifique contre la rougeole, seuls les symptômes peuvent être traités. Les sujets qui ne présentent pas de complications guérissent généralement après quelques jours.

Les complications de la rougeole – comme l'encéphalite aiguë qui survient dans environ 1 cas sur 1'000 – peuvent parfois s'avérer très graves, **causer des séquelles irréversibles, voire le décès du patient**. La rougeole reste encore l'une des causes importantes de mortalité du jeune enfant, c'est pourquoi la vaccination est fortement recommandée. A l'échelle mondiale, l'accélération des activités de vaccination a permis de faire baisser considérablement le nombre de décès dus à cette maladie, qui a ainsi diminué de 78%, passant de 562'000 en 2000 à 122'000 en 2012. Au vu des conséquences possibles d'une infection au virus de la rougeole, la vaccination devient un devoir civique. En Suisse par exemple, l'Office fédéral de la santé publique **recommande la vaccination anti-rougeoleuse** en association avec celle contre la rubéole et les oreillons (vaccin ROR).



**Les salmonelles... aïe, aïe, aïe !** On en entend souvent parler, mais finalement, que sont ces bactéries et pourquoi défraient-elles la chronique ? Les salmonelles sont présentes naturellement dans les intestins de **nombreux animaux, dont les volailles**. Elles sont capables de causer des problèmes gastro-intestinaux chez l'humain. Ces troubles, que l'on nomme salmonelloses, ne nécessitent pas forcément de traitement particulier, si ce n'est d'éviter la déshydratation.

D'autres souches de Salmonelle sont en revanche beaucoup plus problématiques. Elles sont invasives, capables de traverser la barrière intestinale et de proliférer dans les ganglions lymphatiques. Une infection généralisée peut rapidement se produire. Il s'agit dans ce cas de **fièvre typhoïde** avec une mortalité élevée en absence de traitement antibiotique.

Certaines personnes sont naturellement porteuses saines de l'agent de la fièvre typhoïde. Elles ne sont pas malades, mais peuvent contaminer d'autres personnes. Mary Mallon, dans les années 1900, fut la première personne diagnostiquée comme **porteuse saine** de la fièvre typhoïde. Malheureusement, cette femme était cuisinière et causa involontairement la mort de plusieurs personnes. On la dénomma alors Mary Typhoïde.



**La toxoplasmose** est une maladie infectieuse causée par un parasite microscopique appelé *Toxoplasma gondii*. Le parasite est généralement transmis à l'homme par les animaux domestiques, **en particulier les chats** (qui sont l'hôte final de ce parasite), ou par l'ingestion de viande mal cuite.

On estime qu'environ un tiers de la population mondiale sera infecté dans le courant de sa vie, la plupart du temps sans aucun symptôme associé. Il s'agit en effet d'une maladie bénigne, voire asymptomatique dans l'immense majorité des cas, mais elle peut être dangereuse pour les personnes dont le système immunitaire est affaibli ou **pour les femmes enceintes**. Lorsque la mère n'est pas immunisée contre le parasite (c'est à dire qu'elle n'a jamais été infectée par ce pathogène ou vaccinée préalablement), elle peut occasionnellement **transmettre la maladie au fœtus**, ce qui peut entraîner dans de rares cas des lésions oculaires et cérébrales.

# Au bon marché des bonnes Bactéries

microbe - biodégradable - microscopique - fermentation



Souvent considérés comme néfastes, les **micro-organismes sont pourtant indispensables à notre planète**. Les bactéries présentes dans le sol sont responsables de la biodégradation. Sans elles, les matières organiques formeraient une accumulation de déchets qui atteindrait la lune !

Animaux et végétaux cohabitent et évoluent avec les microbes depuis toujours. **Présents partout dans l'environnement**, ils colonisent également d'autres organismes, leur procurant de nombreux avantages. En plus d'être indispensables à la vie, ces microbes offrent beaucoup d'intérêts. L'homme utilise ces êtres microscopiques pour la transformation d'aliments depuis des millénaires, avant même leur découverte. Leur capacité à fermenter certaines substances permettent entre autres la **fabrication du pain, du vinaigre** et des dérivés de produits laitiers tels que le **yogourt et le fromage**.

Aujourd'hui, de nombreuses études sont entreprises pour tenter d'exploiter ces ressources inépuisables. En médecine, ils sont utilisés pour la recherche de **nouvelles molécules thérapeutiques**. Ils fournissent également de grandes perspectives dans le domaine de l'écologie, notamment dans le développement de biocarburants, mais également dans le traitement des rejets polluants tels que les hydrocarbures.



## *Vibrio cholerae*

Le choléra est une maladie entérique provoquée par une bactérie, le *Vibrio cholerae*. Elle se manifeste sous forme de diarrhées aiguës pouvant entraîner une perte de 10 à 20 litres d'eau par jour.

Au 19ème siècle, le choléra s'est répandu du delta du Gange en Inde (son réservoir d'origine) au monde entier, **tuant des millions de personnes**. Le bacille responsable de cette maladie a été identifié par le médecin allemand Robert Koch. Cette bactérie **vivant dans l'eau** se multiplie très rapidement et possède un flagelle qui lui permet de se déplacer à très grande vitesse.

Désormais endémique dans certains pays où les besoins en eau propre et assainissement ne sont pas assurés, le choléra cause encore 3 à 5 millions de victimes chaque année, dont 100'000 à 120'000 décès. Il  **touche principalement les enfants souffrant de malnutrition** ainsi que les personnes immunodéficientes.



## [www.google.com](http://www.google.com) : l'épidémiologiste moderne !

L'étude des facteurs qui influencent la santé, la propagation des maladies et le suivi des épidémies s'appelle l'épidémiologie. En 1850 lors d'un début d'épidémie de choléra à Londres, John Snow, un médecin anglais, décida de répertorier sur une carte de la ville les logements de toutes les personnes atteintes. Il remarqua que tous les cas se concentraient autour d'une fontaine. Il venait de trouver l'origine de l'infection, et cela sans même pouvoir observer le germe microscopique qui en était responsable. Il fit fermer la source... et l'épidémie s'arrêta. On considère ainsi **John Snow comme un des pères de l'épidémiologie**.

Actuellement, les médecins enregistrent les cas de patients en consultation et transmettent les informations aux structures de santé publique, ce qui permet de suivre les éventuelles épidémies... mais il y a mieux ! Quand une personne présente des symptômes particuliers, **elle consulte plus souvent Google que son médecin**. Résultat, si l'on analyse les mots clés entrés dans ce moteur de recherche, on obtient un suivi de l'épidémie presque en temps réel et extrêmement précis. C'est ce qu'une étude publiée dans la revue Nature en 2009 a ainsi montré avec les épidémies de grippe aux USA.



**Les Maladies Sexuellement Transmissibles (M.S.T.)** sont des infections qui se transmettent lors des rapports sexuels et qui sont causées par différents types de germes (virus, bactéries, parasites ou champignons). Ces maladies ou infections sont souvent asymptomatiques ; le porteur ne présente donc pas de symptômes, mais peut tout de même transmettre l'agent infectieux.

La majorité des cas sont causés par huit agents pathogènes : **la chlamydirose** (causée par les bactéries du genre *Chlamydia*), **la gonorrhée** (causée par la bactérie *Neisseria gonorrhoeae*), **la syphilis** (causée par une bactérie spiralée appelée *Treponema pallidum*), **la trichomonase** (causée par *Trichomonas vaginalis*, un protozoaire flagellé), **le VIH** (ou Virus de l'Immunodéficience Humaine), **l'hépatite B** (causée par le virus VHB), **l'herpès** (causé par le virus HSV2) et **le Papillomavirus** (virus HPV qui serait notamment à l'origine de certains cancers du col de l'utérus).

Les infections bactériennes et parasitaires peuvent être traitées par antibiothérapie et antiparasitaires. Les infections virales ne peuvent par contre pas être éliminées, mais certains antiviraux permettent de diminuer les symptômes et de moduler l'évolution de la maladie, voire même d'en éviter la transmission.

**L'utilisation du préservatif** reste à l'heure actuelle la meilleure méthode de protection contre ces infections. La mise en œuvre de campagnes de prévention est également capitale, notamment pour faire changer les mentalités au sujet des MST, qui sont encore très stigmatisées.



**La peste** représente dans l'imaginaire collectif la peur des grandes épidémies meurtrières qui ont jalonné l'histoire des sociétés humaines. Le germe responsable de cette terrible maladie a été isolé à Hong Kong par le **médecin et explorateur suisse Alexandre Yersin**, originaire de la région de Morges, alors engagé en Indochine pour des missions scientifiques.

Après la découverte de la bactérie *Yersinia pestis* – ou bacille de Yersin – le savant oriente ses recherches vers la mise en place d'un **vaccin contre la peste**. Il fonde à Nha Trang un Institut Pasteur dans lequel il travaille sur des sera antipesteux capables de soigner la peste dite bubonique. Pour financer ses travaux de recherches, Alexandre Yersin se lance dans la culture de l'*Hevea* – ou arbre à caoutchouc – et dans l'élevage pour la production de sérum. Les contributions d'Alexandre Yersin dépassent largement le cadre de ses recherches scientifiques, puisqu'il a été reconnu comme ayant grandement contribué au **développement économique** de l'actuel Viêt Nam.



Comme tout organisme biologique, les agents pathogènes tels que les bactéries, virus et parasites évoluent. Ainsi, un microbe qui infecte spécifiquement un animal peut ponctuellement ou fréquemment contaminer l'homme et vice versa. **Ces maladies qui peuvent être transmises de l'animal à l'homme sont dénommées zoonoses.** Elles concernent 60% des pathogènes infectieux et représentent 70% des maladies émergentes.

En Suisse, on assiste également à une recrudescence des zoonoses. En tête de liste vient la **campylobactérose**, une maladie provoquée par une bactérie, le *Campylobacter*, retrouvée essentiellement **dans la viande de poulet et de porc**. Ces animaux sont également porteurs de la deuxième zoonose la plus fréquente dans nos pays, la **salmonellose**. Ces deux espèces animales sont par ailleurs de véritables réservoirs de germes résistants. Par exemple, dans la viande de porc, le nombre de staphylocoques dorés résistants à la méthicilin est passé de 2% à 6% en 2 ans !

Les maladies les plus graves nécessitent un suivi au niveau mondial. Pour ce faire, l'OIE (Organisation mondiale de la santé animale) collabore étroitement avec l'OMS afin de **surveiller, combattre, voire éradiquer les zoonoses**.

## Source des images:

Page 3, photo de microscopie électronique de *Toxoplasma gondii* : Dr. François Barja (microscopie), Arnault Graindorge (préparation)

Page 4, photo de la mouche des sables : <http://en.wikipedia.org/wiki/Phlebotominae>  
Cycle infectieux de la Leishmaniose adapté de:  
<http://www.niaid.nih.gov/topics/leishmaniasis/pages/lifecycle.aspx>

Page 5, illustration de virus :  
[www.sciencelearn.org.nz/Contexts/Fighting-Infection/Sci-Media/Images/Virus](http://www.sciencelearn.org.nz/Contexts/Fighting-Infection/Sci-Media/Images/Virus)

Page 6, cycle de multiplication d'un virus : Gao H et al. PNAS 2005;102:9469-9474  
Photo du virus Ebola: Frederick Murphy/DPA, <http://www.itv.com/news/2014-07-07/could-the-deadly-ebola-virus-spread-to-britain/>  
Photo du VIH : <http://education.denniskunkel.com/catalog/home.php>

Illustrations de l'abécédaire de microbiologie réalisées par Bénédicte Magnenat, graphiste Bénégraph (<http://benegraph.ultra-book.com/book>)

## Contacts :

Patrick Linder

Département de microbiologie et médecine moléculaire

Centre médical universitaire

1, rue Michel Servet

1211 Genève 4

[partick.linder@unige.ch](mailto:partick.linder@unige.ch)

Karl Perron

Département de biologie végétale

Unité de microbiologie/Section de biologie

Sciences III

30, Quai Ernest Ansermet

1211 Genève 4

[karl.perron@unige.ch](mailto:karl.perron@unige.ch)

Jacques Schrenzel

Laboratoire central de Bactériologie

Laboratoire de Recherche Génomique

Hôpitaux Universitaires de Genève

Rue Gabrielle-Perret-Gentil 4

1211 Genève 14

[jacques.schrenzel@hcuge.ch](mailto:jacques.schrenzel@hcuge.ch)

BiOutils : [www.bioutils.ch](http://www.bioutils.ch)

