



6<sup>èmes</sup> Journées de microbiologie

18-19 septembre 2013

Centre médical universitaire

1 rue Michel-Servet

[www.unige.ch/public](http://www.unige.ch/public)

# Microbes rebelles

FACULTÉ DE MÉDECINE  
FACULTÉ DES SCIENCES



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

## **Remerciements :**

François Barja, Unité de Microbiologie

Lara Pizurki, Section de biologie

Alexandra Mandofia-Gati, Faculté de médecine

Sophie Hulo, La Passerelle

Brochure réalisée par Véréna Ducret et Aurélia Weber (BiOutils) dans le cadre des 6<sup>èmes</sup> Journées de microbiologie, septembre 2013.

# Microbes rebelles

Cette brochure propose de développer et d'expliquer les différents thèmes qui sont abordés lors des 6èmes Journées de microbiologie à l'Université de Genève. Ces journées sont organisées chaque année afin de familiariser le public avec certaines notions essentielles de bactériologie. Il s'agit surtout de faire connaître les microbes, de faire tomber certaines idées reçues à leur sujet et d'informer le public afin qu'il soit à même de comprendre les informations qui lui sont transmises, à travers les médias ou lors de traitements médicaux.

Microbes amis ou rebelles : apprenez à les connaître maintenant !

## Les thèmes abordés :

Les bactéries – introduction	p. 2
Zoom sur : le vinaigre	p. 3
Des bactéries dans notre intimité	p. 5
Quand une minorité fait parler d'elle	p. 6
La communication bactérienne : une arme redoutable	p. 7
Plasticité du génome et infections	p. 7
Les antibiotiques	p. 8
Le phénomène de résistance	p. 8
Les mécanismes d'action et de résistance en un coup d'œil	p. 10
Les défis de la recherche	p. 11
Alternative aux antibiotiques : zoom sur les bactériophages	p. 11
Mieux vaut prévenir que guérir : les vaccins	p. 13
La technologie au service du diagnostic	p. 13
Des bactéries au menu	p. 14
Le service de la consommation et des affaires vétérinaires de Genève	p. 14
Et vous, quel rôle pouvez-vous jouer ?	p. 15

## Introduction

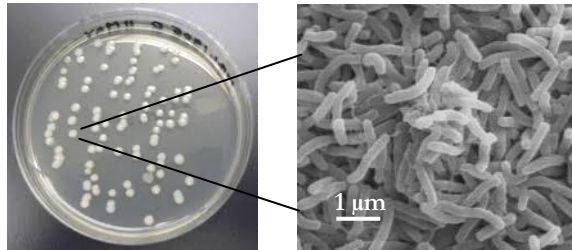
Apparues il y a 3,5 milliards d'années, les bactéries sont les organismes vivants les plus diversifiés et les plus répandus sur Terre. Ces microorganismes ont la capacité de se multiplier et de survivre dans des environnements très variés voire parfois même hostiles. Actuellement, on estime à environ  $10^{30}$  le nombre de bactéries sur Terre, formant une biomasse qui dépasse celle de toutes les plantes et des animaux. Appartenant au monde des microbes, elles mesurent en moyenne un millième de millimètre et doivent donc être observées au microscope. Si ces bactéries étaient mises bout à bout, cela représenterait 1'000 fois la largeur de notre Galaxie.

Les bactéries présentent de nombreuses formes (bâtonnets, arrondies, spiralées ou de structure non définie) et elles produisent également des pigments, ce qui leur confère une grande variété de couleurs.

Ces microorganismes sont présents partout autour de nous et jouent un rôle crucial dans le maintien de l'équilibre de nombreux processus biologiques. Contrairement à l'image qu'on leur donne, seule une petite minorité de bactéries provoque des maladies. La plupart sont indispensables à la vie.

### L'invasion des clones !

Les bactéries, des organismes unicellulaires microscopiques, utilisent un mode de reproduction dit par « scissiparité » : une cellule mère donne, après division, deux cellules filles identiques. Ces cellules sont donc appelées « clones » car elles possèdent le même matériel génétique. Ce mode de multiplication est extrêmement rapide et permet même, dans certains cas, d'observer les bactéries à l'œil nu ! En effet, l'accumulation de ces microorganismes les uns sur les autres fini par créer une « montagne », appelée colonie, que l'on peut observer sans microscope.



Cette propriété permet aux bactéries de coloniser rapidement un milieu. Les scientifiques utilisent également cette caractéristique pour les cultiver dans des boîtes de Pétri et les étudier.

Elles ont également de nombreuses applications dans notre vie quotidienne : elles permettent par exemple de recycler la matière, de produire des aliments (comme le fromage, le yogourt, le vinaigre, etc.), elles sont également très utilisées dans le domaine de la biotechnologie et la fabrication de médicaments.

### Zoom sur : le vinaigre

Le mot « vinaigre » provient du mot composé « vin aigre ». En effet, lorsque le vin (ou toute autre boisson alcoolisée) est laissé à l'air libre, celui-ci se transforme rapidement en vinaigre. Les premières références à l'utilisation de ce liquide acide remontent à l'époque des babyloniens, environ 5000 av. J.-C., avec l'apparition des premières boissons alcoolisées.

Bien qu'il soit aujourd'hui principalement utilisé comme ingrédient de cuisine, historiquement le vinaigre était connu pour avoir de nombreux bienfaits et était couramment utilisé à des fins thérapeutiques (comme désinfectant) ou domestiques (comme nettoyeur, désodorisant, conservateur d'aliments, etc.). Ces vertus sont d'ailleurs toujours promues aujourd'hui et le vinaigre est considéré comme un véritable allié pour la santé.

Mais le vinaigre est-il uniquement le produit de l'alcool au contact de l'oxygène ?

En 1864, Louis Pasteur met en évidence un élément indispensable à la fabrication du vinaigre : les bactéries acétiques. Ces dernières ont toutes en commun la capacité de puiser leur énergie en oxydant l'éthanol en acide acétique. Aujourd'hui des chercheurs étudient ces bactéries pour optimiser la fabrication du vinaigre, mais également pour comprendre comment ces microorganismes peuvent résister à des acidités parfois extrêmes.

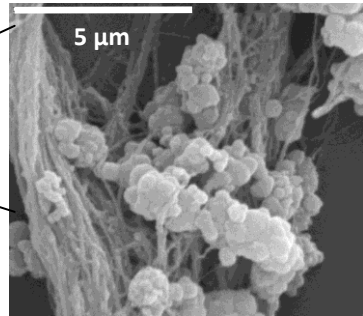


Il existe plusieurs procédés de fabrication de vinaigre. Les méthodes lentes, ou traditionnelles, se déroulent sur plusieurs semaines ou mois à l'intérieur de vinaigriers traditionnels (fûts de bois) qui offrent au vinaigre une grande richesse d'arômes. Dans ces vinaigriers, les bactéries se développent en surface et forment une « mère de vinaigre » afin d'être en contact avec l'oxygène de l'air (voir encadré page suivante).

Les méthodes rapides de fabrication utilisent des systèmes dits immergés, c'est-à-dire que les bactéries sont présentes dans tout le volume du vinaigre et l'oxygène est injecté sous forme de microbulles par des turbines. Grâce à cette technique, les bactéries sont en contact avec des millions de bulles ce qui accélère l'acétification et réduit le temps de production (entre 20 heures et 3 jours). Les vinaigres obtenus sont très acides et moins aromatisés.

### **La mère de vinaigre : la solution pour sauver nos forêts !**

La mère de vinaigre est une masse gélatineuse qui se forme à la surface du vinaigre produit en fût (vinaigriers traditionnels) et qui est constituée de cellulose. Cette cellulose n'est pas d'origine végétale, mais est produite par les bactéries acétiques elles-mêmes. Cette matrice de cellulose permet aux bactéries de flotter à la surface afin de rester en contact avec l'oxygène. A l'origine, Louis Pasteur pensait qu'il s'agissait d'un champignon à cause de la structure gélatineuse de la mère de vinaigre. Il a ensuite découvert la présence des bactéries acétiques!



*Zoom sur une mère de vinaigre (à gauche). Bactéries acétiques et filaments de cellulose (à droite).*

Cette cellulose bactérienne est très intéressante, car elle est d'une grande pureté et pourrait être produite industriellement afin de remplacer la cellulose végétale et réduire ainsi le phénomène de déforestation.

## Des bactéries dans notre intimité

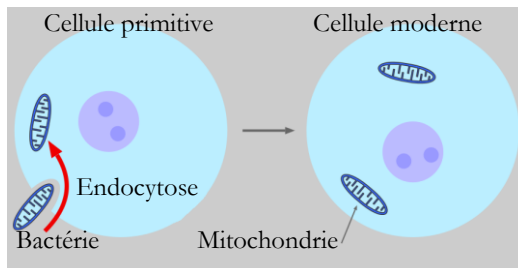
Sans nous en rendre compte, nous vivons en symbiose avec des milliards de bactéries qui jouent un rôle crucial pour nous maintenir en bonne santé. Le corps humain contient environ 10 fois plus de bactéries que de nos propres cellules. Cette « flore » bactérienne, située sur notre peau, dans notre bouche, dans nos muqueuses, mais surtout dans nos intestins, est appelée microbiote. Aujourd'hui, les chercheurs considèrent le microbiote intestinal, constitué de centaines d'espèces bactériennes différentes, comme un véritable organe qui assurerait plusieurs rôles clés nécessaires à notre survie :

- Renouvellement de notre tube digestif
- Digestion de certains composés et synthèse de vitamines essentielles
- Protection contre les organismes pathogènes en soutenant le système immunitaire et en agissant comme une « barrière » (en occupant le terrain, les bactéries empêchent que d'autres viennent s'implanter).

Des études récentes ont même montré que le microbiote pourrait influencer le comportement des animaux et jouer un rôle dans l'obésité.

### Des bactéries dans nos cellules ?

L'importance des bactéries dans le développement et l'évolution du corps humain n'est pas une théorie nouvelle. En effet, dans les années 60, les scientifiques ont découvert que nos propres cellules étaient habitées par d'anciennes bactéries. Selon cette théorie – qui est depuis largement acceptée dans les milieux scientifiques – les mitochondries (organelles impliquées dans la respiration cellulaire), seraient à l'origine des bactéries « endo-symbiotiques ». Celles-ci auraient été ingérées (on parle d'endocytose) par des cellules primitives et auraient ensuite été conservées afin de profiter de l'énergie fournie. On parle alors de symbiose, car les deux organismes profitent l'un de l'autre. Ces bactéries ont ensuite évolué pour devenir des organelles spécialisées dans la production d'énergie, que l'on appelle mitochondries.



## Quand une minorité fait parler d'elle

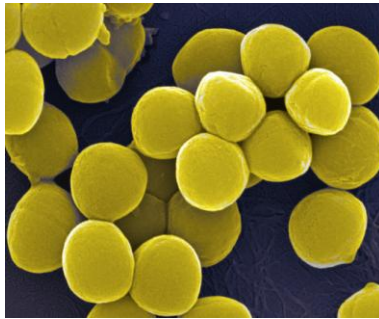
Même si la majorité des bactéries est inoffensive voire même bénéfique pour l'homme et la nature, certaines espèces sont pathogènes et font l'objet d'intenses recherches. Chaque année, 14 millions de décès dans le monde – dont environ 25'000 en Europe – sont dus à des infections bactériennes.

Deux types de germes peuvent être à l'origine de ces infections:

- Les bactéries pathogènes : ces microbes sont très dangereux car lorsqu'ils pénètrent dans l'organisme, ils causent systématiquement une maladie.
- Les bactéries pathogènes opportunistes : il s'agit de bactéries que l'on peut retrouver dans l'environnement, qui sont déjà présentes sur notre peau ou dans notre corps. Elles font souvent même partie de notre flore normale. Ces bactéries sont normalement tenues sous contrôle par notre système immunitaire. Lorsque celui-ci est fragilisé (par un traitement antibiotique, une maladie ou un état physique dégradé), ces bactéries en profitent pour créer une infection.

### Les infections nosocomiales

Ces infections sont contractées par les patients fragilisés lors de séjours hospitaliers. Leur augmentation est en partie liée aux progrès diagnostiques et thérapeutiques de la médecine (prise en charge de patients de plus en plus fragiles ou immunodéprimés, méthodes invasives qui ouvrent des portes à l'infection comme les sondes urinaires, perfusions, etc.).



*Staphylococcus aureus*

Une grande majorité des infections nosocomiales peut être prévenue par des moyens simples, comme le lavage et la désinfection des mains.



## La communication bactérienne : une arme redoutable

Il existe entre les bactéries une méthode de communication très efficace qui leur permet de détecter la présence d'autres individus présents dans l'environnement. Cette communication se fait par le biais de petites molécules qui sont sécrétées dans le milieu. Les bactéries sont capables de détecter ces molécules, ce qui leur permet de connaître la densité de leur population afin de coordonner des comportements particuliers. Cette méthode de communication est nommée le « quorum sensing ». Elle est de plus en plus étudiée par les chercheurs, car elle permet de réguler différents mécanismes tels que le déclenchement de la virulence d'un pathogène. Par exemple, les bactéries opportunistes comme *Pseudomonas aeruginosa* peuvent croître dans l'organisme hôte sans effet pathogène. Lorsqu'elles atteignent une certaine densité (le quorum), elles deviennent virulentes et leur nombre suffit à attaquer l'hôte, ce qui constitue le début de la maladie.

## Plasticité du génome et infections

Les bactéries évoluent très rapidement. Divers mécanismes permettent l'acquisition de nouveaux gènes et donc de nouvelles caractéristiques, telles que les facteurs de virulence, les toxines ou les mécanismes de résistance. C'est ainsi qu'au sein d'une même espèce on peut retrouver une grande diversité de bactéries, certaines bénéfiques et d'autres dangereuses voir mortelles.

On se souvient par exemple de l'épisode dramatique de 2011, durant lequel une souche variante de la bactérie *Escherichia coli* (bactérie faisant partie de la flore intestinale des mammifères) a infecté des milliers de personnes et causé la mort de dizaines d'entre eux.

Cette bactérie avait accumulé un certain nombre de gènes d'autres microorganismes, ce qui lui a conféré entre autre la propriété de sécréter une toxine créant un dysfonctionnement des reins, mais également la possibilité de résister au traitement antibiotique.

Un autre exemple est celui du *Vibrio cholerae*, une bactérie environnementale totalement inoffensive qui, lorsqu'elle est infectée par un certain virus, acquiert le gène de la toxine cholérique. La bactérie devient alors très virulente et est responsable de nombreuses épidémies.

## Les Antibiotiques

Les antibiotiques sont des substances d'origine biologique capables de tuer spécifiquement les bactéries. Le premier antibiotique, la pénicilline, a été mis en évidence par Fleming en 1928.

Entre les années 1940 et 1960, de nombreuses molécules ont été découvertes ce qui a permis d'augmenter l'espérance de vie humaine de 15 ans. Aujourd'hui, 10 familles différentes – qui regroupent une centaine d'antibiotiques – sont disponibles, dont la plupart sont des molécules de synthèse.

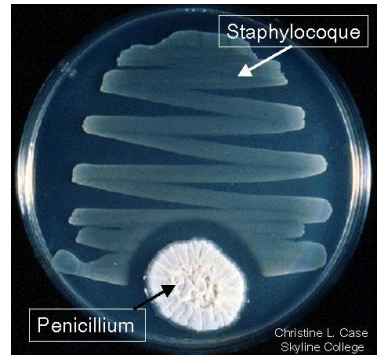
La recherche de nouveaux composés capables de tuer les bactéries est de plus en plus difficile. Les nouvelles molécules sont de plus en plus rares et leur mise sur le marché de plus en plus coûteuse. Il faut compter 15 à 20 ans entre les premiers tests sur un composé et sa commercialisation ! De ce fait, les entreprises pharmaceutiques investissent de moins en moins dans ce secteur. De plus, les phénomènes de résistance réduisent la durée de vie des antibiotiques.

Comment ça marche ?

Les antibiotiques ont la capacité d'inhiber la croissance ou même de tuer les bactéries. Ils agissent spécifiquement sur ces organismes et ne détruisent donc pas nos cellules ni les autres microbes, comme par exemple les virus. Le mode d'action diffère selon le type de molécule : certains agissent sur la paroi, d'autres ciblent l'ADN ou le métabolisme bactérien. Beaucoup inhibent la synthèse de protéines bactériennes.

### Le phénomène de résistance

L'utilisation des antibiotiques dans le traitement des infections a révolutionné la médecine. Pourtant, même si de nombreuses batailles ont pu être remportées grâce à eux, la guerre est loin d'être finie. En effet, l'utilisation abusive des antibiotiques a sélectionné des germes résistants. Aujourd'hui, la situation est telle qu'on parle de multi-résistance, voire de pan-résistance. Dans ce dernier cas, aucun antibiotique n'est efficace contre la bactérie. Les médecins font alors face à



une impasse thérapeutique et doivent user de moyens alternatifs pour tenter de combattre l'infection.

L'utilisation des antibiotiques comme traitement des infections n'est pas la seule cause de sélection des bactéries résistantes. Dans la nature, de nombreux microorganismes produisent des substances antibiotiques. Les bactéries qui entrent en compétition avec ces organismes et qui sont capables de résister seront donc sélectionnées. Certaines espèces étaient donc résistantes aux antibiotiques avant même qu'ils apparaissent sur le marché.

### « Les antibiotiques, c'est pas automatique »

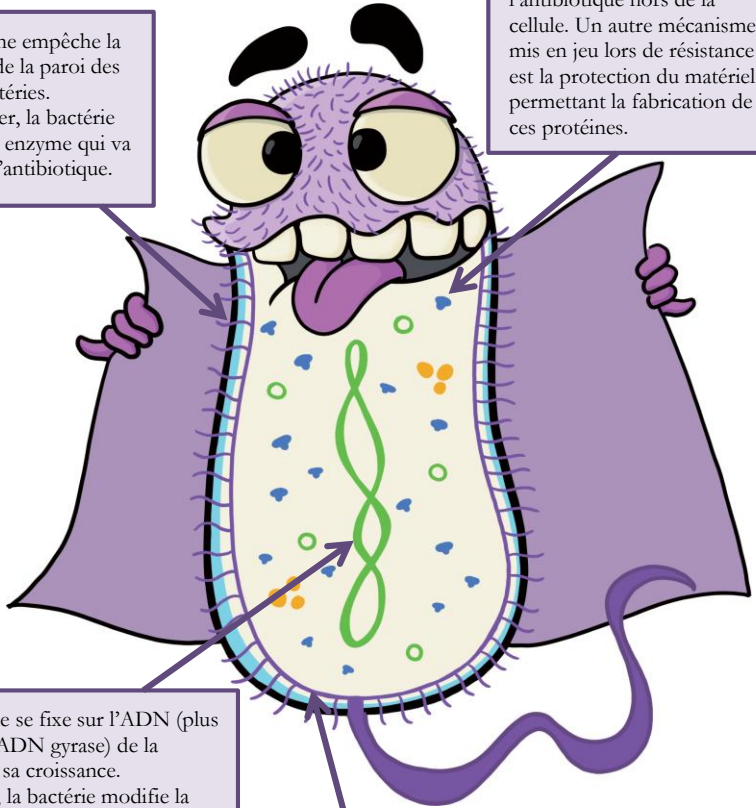
En 2001, l'OMS tire la sonnette d'alarme et lance la fameuse campagne « les antibiotiques, c'est pas automatique ». Depuis, d'autres ont suivi dont cette dernière « si on les utilise à tort, ils deviendront moins forts ». On assiste à une réelle prise de conscience et grâce aux différentes campagnes, une chute de plus de 26% des prescriptions est observée. En agriculture également, de nouvelles réglementations sont apparues. Mais le mal est fait... Face à l'urgence de la situation, médecins et chercheurs s'associent afin de trouver des solutions. A l'hôpital il s'agit de trouver des traitements personnalisés, comme par exemple l'association de plusieurs antibiotiques, pour vaincre la maladie. Au laboratoire on tente de comprendre les mécanismes de résistance et surtout de trouver des voies alternatives.



## Les mécanismes d'action et de résistance en un coup d'œil

La Pénicilline empêche la formation de la paroi des bactéries.  
Pour résister, la bactérie fabrique une enzyme qui va inactiver l'antibiotique.

La tetracycline stoppe la synthèse des protéines, bloquant ainsi le métabolisme de la bactérie. Certains germes résistants possèdent des « pompes » qui vont expulser l'antibiotique hors de la cellule. Un autre mécanisme mis en jeu lors de résistance est la protection du matériel permettant la fabrication de ces protéines.



L'acide nalidixique se fixe sur l'ADN (plus exactement sur l'ADN gyrase) de la bactérie et inhibe sa croissance. Pour se défendre, la bactérie modifie la cible de l'antibiotique. Celui-ci ne peut donc plus reconnaître sa cible et reste inactif.  
L'antibiotique pénètre dans la cellule par une « porine ». La bactérie peut également devenir résistante en fermant cette porte d'entrée.

La Polymyxine déstabilise la membrane des bactéries en formant des pores à travers lesquels les composés cellulaires peuvent s'échapper. Cependant il arrive que la bactérie devienne imperméable à l'antibiotique, celui-ci ne peut alors plus effectuer son activité.

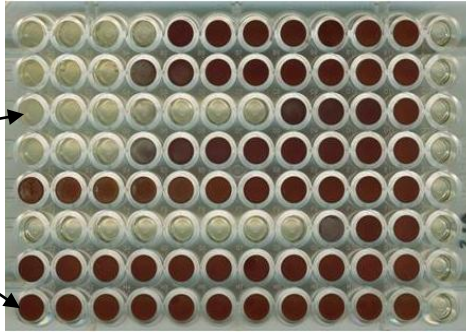
## Les défis de la recherche

Face à l'augmentation des cas de résistance, médecins et chercheurs s'allient pour trouver de nouvelles alternatives.

La recherche de molécules antimicrobiennes prend une nouvelle tournure. Désormais on ne cherche plus seulement des molécules capables de tuer les bactéries mais également des composés capables d'inhiber leur virulence, ceci afin de limiter le phénomène de sélection de souches résistantes. A l'Université de Genève, le laboratoire de bactériologie de la Faculté des sciences est en train de développer le PAM (Plateforme d'Analyses Microbiologiques), en collaboration avec les sciences pharmaceutiques, afin d'assurer une recherche active de nouveaux antibiotiques.

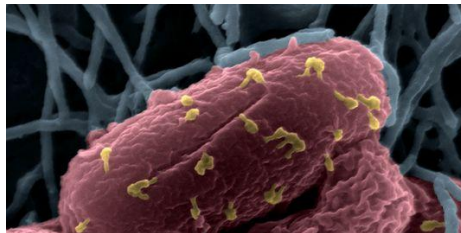
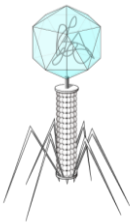
*Pas de croissance  
bactérienne: la souche  
est sensible à  
l'antibiotique*

*Croissance  
bactérienne: la  
souche est résistante  
à l'antibiotique*



*Tests de croissance du *S. aureus* en présence de différents composés supposés antimicrobiens.*

## Alternative aux antibiotiques : zoom sur les bactériophages



Il existe des virus, les bactériophages, qui infectent et tuent spécifiquement les bactéries. On retrouve ces phages partout dans l'environnement.

Les premiers essais de guérison par les phages datent de 1919, avec Félix d'Hérelle. Après avoir décrit cette nouvelle entité biologique, il propose la phagothérapie pour soigner certaines maladies comme le choléra et la dysenterie. Cette technique, dont l'efficacité est très élevée, est ensuite couramment utilisée jusque dans les années 30. L'arrivée des antibiotiques marque la fin des phagothérapies, excepté dans certains pays de l'Europe de l'Est, principalement la Géorgie. De nombreux témoignages permettent d'attester de l'efficacité de ces thérapies, notamment contre des bactéries devenues intraitables dans nos pays. A l'heure où les antibiotiques faiblissent, cette thérapie connaît un regain d'enthousiasme auprès des médecins et chercheurs désireux d'instaurer la phagothérapie comme traitement de dernier recours dans nos hôpitaux. Toutefois, des recherches cliniques doivent encore être menées afin d'obtenir les données nécessaires.

### Le programme Phagoburn : nouvel espoir pour les grands brûlés

Le programme Phagoburn, qui a été lancé le 1er juin 2013, est le premier projet de recherche clinique européen visant à étudier l'utilisation thérapeutique de bactériophages pour traiter les infections cutanées provoquées par les bactéries *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* chez les patients brûlés.



### Mélange de phages à but thérapeutique

Ce programme va peut-être permettre à la phagothérapie d'être reconnue comme solution alternative dans le traitement des infections par l'ensemble de la communauté scientifique.

## Mieux vaut prévenir que guérir : les vaccins

En 1885, Pasteur met au point le premier vaccin humain contre la rage. De 1921 à 1954 sont introduits les vaccins BCG contre la tuberculose, DT contre la diphtérie et le tétanos, ainsi que le vaccin contre la poliomyélite. La vaccination est certainement l'une des plus importantes découvertes en médecine. Elle a permis d'éradiquer certaines maladies telles que la variole et de grands efforts sont actuellement mis en œuvre afin de venir à bout des derniers foyers de poliomyélite. Toutefois, certaines maladies graves comme la rougeole causent encore des décès à cause d'une couverture vaccinale insuffisante.

Aujourd'hui des recherches pour de nouveaux vaccins sont en cours. On cible d'autres germes, mais également de nouvelles stratégies d'immunisation, afin de limiter les risques et les effets secondaires.

## La technologie au service du diagnostic

Des automates de plus en plus perfectionnés prennent place dans nos hôpitaux. Ces nouvelles technologies permettent non seulement d'identifier le germe infectieux plus rapidement, mais donnent également de plus en plus d'informations sur son profil de résistance.



*Spectromètre de masse : une machine qui révolutionne le diagnostic microbiologique*

## Des bactéries au menu

On le sait, les bactéries sont partout, même dans nos assiettes. Mais sont-elles toutes bonnes à manger?

Certaines espèces pathogènes peuvent s'avérer dangereuses pour le consommateur. Il n'est d'ailleurs pas rare que ces bactéries indésirables retrouvées dans nos aliments fassent la Une des journaux.



BERLIN/BERNE

### La bactérie EHEC cause 10 morts en Allemagne

Par ats le 29.05.2011 à 17:42

*Une dame de 86 ans est décédée samedi en Allemagne portant le bilan à dix morts et trois cents personnes touchées par la bactérie E.coli imputée à des concombres importés d'Espagne. L'hôpital universitaire de Lübeck, au nord du pays, a annoncé dimanche ce dixième décès.*

En fonction du type de souche et de contamination, différents effets peuvent avoir lieu. Si la maladie est due aux toxines produites par l'agent pathogène, on parle alors d'intoxication alimentaire. Parfois, certaines toxines sont résistantes à la chaleur et ne peuvent donc pas être éliminées à la cuisson (comme l'entérotoxine produite par certaines souches de Staphylocoque doré). Si la bactérie est présente sur l'aliment et produit une toxine lorsqu'elle colonise le tube digestif, on parle alors de toxi-infection. Enfin, si la bactérie ne produit pas de toxine mais colonise le tube digestif on parle alors d'infection alimentaire. Dans la plupart des cas, une cuisson appropriée contribue à éliminer la bactérie et permet d'éviter la maladie.

Quel que soit le type de trouble alimentaire provoqué par un agent pathogène, les conséquences peuvent être graves et mener parfois à l'hospitalisation voire à la mort. Il est donc nécessaire de respecter des normes strictes d'hygiène tout au long du processus, depuis le producteur jusqu'au consommateur.



## Le service de la consommation et des affaires vétérinaires de Genève

A Genève, l'une des missions des laboratoires du **SCAV** (service de la consommation et des affaires vétérinaires) consiste à contrôler que les normes de sécurité en matière d'hygiène alimentaire sont bien respectées. C'est l'inspecteurat du SCAV qui se charge de prélever des échantillons dans tout établissement qui transforme, cède ou vend des denrées alimentaires. Chaque année 4'500 prélèvements sont effectués. Les échantillons sont ensuite transmis aux laboratoires de chimie et de microbiologie pour analyse.



Le laboratoire de microbiologie effectue des analyses afin de détecter la présence de souches bactériennes dans les aliments. Les bactéries recherchées sont celles qui sont dangereuses pour l'homme bien évidemment (*Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, etc.), mais le laboratoire recherche également la présence « d'indicateurs ». Il s'agit de bactéries qui peuvent être inoffensives, mais qui indiquent la présence potentielle d'espèces indésirables. Par exemple, la présence d'*Escherichia coli* dans un aliment indique une contamination par des matières fécales et donc une présence potentielle de germes dangereux tels que des salmonelles.

En cas de non-respect de la législation alimentaire, le SCAV peut exiger que des mesures soient prises immédiatement (destruction des denrées alimentaires, séquestration de locaux ou d'appareils, etc.). En 2011, 30% des échantillons analysés se sont avérés non conformes.

## Et vous, quel rôle pouvez-vous jouer ?

Face aux problèmes d'hygiène et de résistance tout le monde est concerné.

Alors, quel rôle pouvez-vous jouer ?

Des gestes simples permettent d'éviter les contaminations, comme par exemple un lavage adéquat des mains, une désinfection soignée des blessures et une conservation appropriée des denrées alimentaires. Concernant les problèmes de résistance, il est recommandé de suivre scrupuleusement les prescriptions des professionnels de santé, comme par exemple ne pas arrêter la prise d'un antibiotique en cours de traitement même si les symptômes ont disparu. Afin de prévenir certaines maladies graves, assurez-vous que vos vaccinations sont à jour.

Enfin, comme vous avez pu le constater, il est important de soutenir la recherche qui permettra de découvrir de nouvelles méthodes pour venir à bout des pathogènes résistants. A Genève, de nombreuses équipes effectuent des recherches de pointe afin d'apporter les solutions de demain.

Venez les découvrir !

Rendez-vous sur le site : <http://www.cebug.unige.ch/>



### Source des images :

Page 1 : Image de microscopie électronique à balayage, Dartmouth College Electron microscope facility (Wikimedia commons)

Page 4 : <http://www.boisepoterie.com/tonneau-vinaigrier-fut-en-bois,fr,4,tonneau-15l.cfm>

Page 5 : photo et image de microscopie électronique, François Barja Université de Genève (Unige)

Page 7 : image de microscopie électronique, Fanny Cavat Unige

Page 9 : <http://www.dijon-sante.fr/reportage/la-penicilline-une-decouverte-fortuite-une-revolution-inesperce/>

Page 10 : [http://www.santenews.eu/wp-content/uploads/2010/05/campagne\\_antibiotique2010.jpg](http://www.santenews.eu/wp-content/uploads/2010/05/campagne_antibiotique2010.jpg)

Page 11 : Dessin de Evelyne Cerutti, Magenta design

Page 12 : Image du test de croissance, Karl Perron Unité de microbiologie (Unige)

Image de bactériophage, Database Center for Life Science (Wikimedia commons)

Image de microscopie électronique de phages sur une cellule,

[http://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/06/14/les-phages-des-virus-guerisseurs\\_1718745\\_1650684.html](http://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/06/14/les-phages-des-virus-guerisseurs_1718745_1650684.html)

Page 13 : <http://www.programme-tv.net/programme/culture-infos/3203365-virus-contre-bacteries/>

Page 14 : [http://img.medicaexpo.fr/images\\_me/photo-g/spectrometre-de-masse-maldi-tof-70644-140751.jpg](http://img.medicaexpo.fr/images_me/photo-g/spectrometre-de-masse-maldi-tof-70644-140751.jpg)

Page 16 : [http://ge.ch/dares/service-consommation-affaires-veterinaires/laboratoires\\_scav-625-3593-8599.html](http://ge.ch/dares/service-consommation-affaires-veterinaires/laboratoires_scav-625-3593-8599.html)

Page 17 : [www.cebug.ch](http://www.cebug.ch)

## 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)

