

L'ATLAS DES MICROBIOTES

POUMON

10^5

bactéries par millilitre de liquide bronchoalvéolaire chez l'adulte (une densité de 1 à 10 millions de fois inférieure à celle de l'intestin).

140

familles distinctes.

PLACENTA ET UTÉRUS

Longtemps supposés exempts de microbes, ces organes abriteraient une petite flore bactérienne. Mais cette hypothèse reste à confirmer.

INTESTIN

$3,9 \times 10^{13}$

bactéries, soit à peu près autant que de cellules humaines.

1000

espèces.

95% du microbiote intestinal est représenté par 5 phyla bactériens: Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria et Verrucomicrobia.

Le microbiote intestinal compte aussi des levures, des archées, des virus...

ŒIL

La conjonctive, la membrane la plus externe de l'œil abrite quelques bactéries (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Haemophilus*, *Neisseria*...) et des levures.

BOUCHE

10^9

bactéries par milligramme de plaque dentaire.

700

espèces.

PEAU

10^{12}

bactéries, soit 10^6 par centimètre carré.

500

espèces.

VAGIN

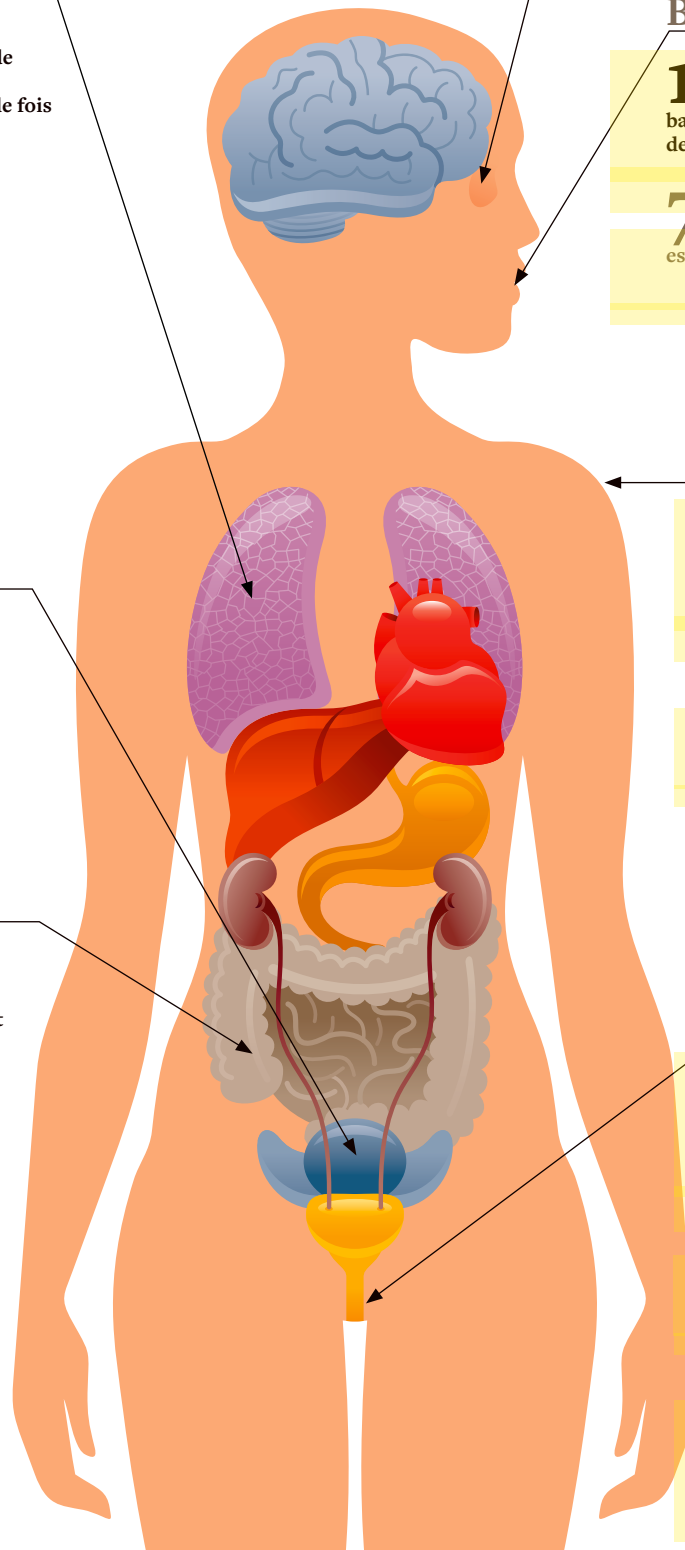
De **10^8 à 10^9**

bactéries par millilitre de sécrétion.

300

espèces.

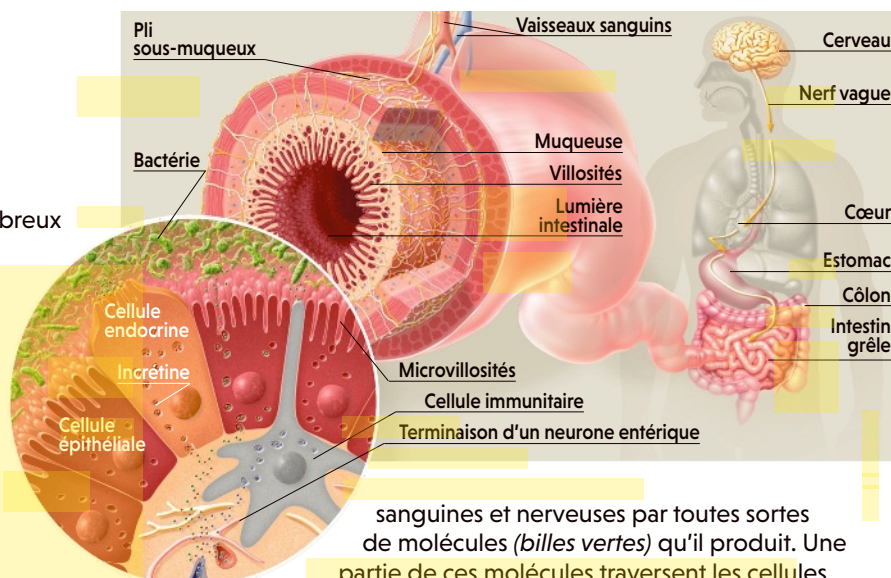
Les plus nombreuses appartiennent au genre *Lactobacillus*. Elles produisent de l'acide lactique qui empêche les infections par d'autres microorganismes.



L'INTESTIN À LA LOUPE

La surface de l'intestin atteint 300 à 400 mètres carrés grâce à de nombreux replis : ceux de la muqueuse intestinale qui tapisse l'intérieur de l'organe (ce sont les villosités) et ceux de la surface externe des cellules épithéliales (les microvillosités), qui constituent cette muqueuse. Dans les villosités se nichent des cellules endocrines. La couche sous-épithéliale est truffée de terminaisons nerveuses et de vaisseaux sanguins (*zoom ci-contre*). On trouve aussi des cellules immunitaires (*en gris*).

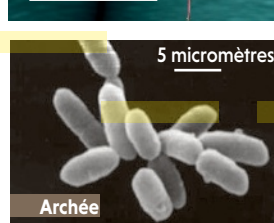
L'organe est innervé par un « système nerveux entérique » (*en jaune*) de 600 millions de neurones : on parle d'un deuxième cerveau, relié au premier notamment par le nerf vague. Il est stimulé par les « incrétones » (*billes rouges*), des molécules libérées par les cellules endocrines lorsqu'elles détectent les aliments. Le microbiote (*en vert*), c'est-à-dire l'ensemble des microorganismes que notre intestin héberge, agit sur l'ensemble du corps, y compris le cerveau, par les voies



sanguines et nerveuses par toutes sortes de molécules (*billes vertes*) qu'il produit. Une partie de ces molécules traversent les cellules épithéliales, tandis que d'autres se fixent sur les cellules immunitaires et endocrines : les premières réagissent en produisant des cytokines (*billes bleues*) et les secondes des neuropeptides (*billes rouges*). Dans certains cas, par exemple lors d'un stress, la perméabilité augmente et des fragments de bactéries en décomposition passent entre les cellules épithéliales pour atteindre également la couche sous-épithéliale. Là, les produits bactériens peuvent passer dans le sang, activer les neurones, déclencher une inflammation de bas niveau...

© Sylvie Dessert

TROMBINOSCOPE



©Schutterstock.com/Kateryna Kon et Center for Disease Control and Prevention

GLOSSAIRE

Anaérobie

Un organisme, comme une bactérie, n'ayant pas besoin d'oxygène pour se développer. Ces conditions sont facultatives pour certaines espèces et obligatoires pour d'autres, l'oxygène pouvant les tuer.

Archées

Elles constituent le troisième domaine du vivant, les autres étant les bactéries, dont elles sont proches, et les eucaryotes, c'est-à-dire les organismes, comme l'être humain, dont les cellules sont dotées d'un noyau.

Axe

intestin-cerveau

Influence du fonctionnement cérébral par des voies humorales et neuronales mettant en jeu des molécules produites par les bactéries ou constituant des bactéries elles-mêmes.

Souris axénique

Rongeur dépourvu de microbiote, car né et élevé en milieu stérile.

Bactériophage (ou phage)

Virus ayant pour cible des bactéries.

Dysbiose

Déséquilibre de la flore associée à un organe, comme l'intestin, les poumons, la bouche, la peau... La plupart des antibiotiques provoquent une dysbiose.

Entérotype

À l'instar des groupes sanguins, il caractérise un type de composition bactérienne d'un microbiote sur la base du genre dominant : aujourd'hui, on distingue trois entérotypes.

Génome

Ensemble des gènes d'un organisme particulier.

Holobionte

La réunion d'un organisme, animal ou végétal, et des microorganismes qu'il héberge.

Maladie de Crohn

Cette maladie inflammatoire chronique de l'intestin, qui peut aussi toucher par exemple la peau ou les yeux, a une composante génétique et une autre environnementale, notamment *via* le microbiote intestinal.

Métagénome

L'ensemble des génomes, pris comme un tout, de toutes les espèces occupant une niche écologique spécifique, par exemple les bactéries du microbiote intestinal. Ce dernier réunit de plus de 3 millions de gènes, soit 130 fois plus que le génome humain.

Microbiome

Caractéristiques spécifiques d'un environnement microbien. Un microbiome comprend un microbiote et la niche écologique associée. Pour cette raison on a tendance à utiliser les deux mots «microbiote» et «microbiome» indifféremment. Par «Microbiome», on entend également l'ensemble des génomes des microbes colonisant un organisme ou un organe. Plutôt que de séquencer un à un les génomes des espèces, on utilise la métagénomique, applicable à un écosystème entier.

Microbiote

Communauté des microbes associés à une niche écologique particulière. Les organismes concernés appartiennent aux trois domaines de l'arbre du vivant (eucaryotes, bactéries et archées). On trouve également des virus, dont des bactériophages.

Prébiotiques

Composés alimentaires que nous ne digérons pas, mais qui améliorent notre santé en stimulant la multiplication ou l'activité de certaines bactéries intestinales.

Probiotiques

Bactéries (souvent *Lactobacillus* ou *Bifidus*) ou levures vivantes qui, consommées régulièrement et en quantité suffisante, améliorent notre santé. Elles ne s'installent pas durablement dans l'intestin, mais influent sur le microbiote intestinal et régulent le système immunitaire.

Transplantation de microbiote fécal

Introduction des selles d'un donneur sain dans le tube digestif d'un patient receveur afin de rééquilibrer la flore intestinale altérée de l'hôte.