

CARNETS
DE
SCIENCES

Gérard Corthier

Bonnes bactéries
et
bonne
santé

éditions
Quæ

Gérard Corthier

Bonnes bactéries
et
bonne
santé

Éditions Quæ

Collection *Carnets de sciences*

Les secrets des algues
Véronique Leclerc, Jean-Yves Floc'h
2010, 168 pages

La planète fleurs
Gérard Guillot
2010, 208 pages

Les trésors des abysses
Daniel Desbruyères
2010, 184 pages

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2011
eISBN : 978-2-7592-0918-7
ISSN : 2110-2228

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

HOMMAGE À XAVIER LEVERVE

Il était un scientifique exceptionnel, un homme, un ami, un mari, un père passionné. Il n'était pas parfait mais il était bien au-delà de ça.

Katrine Leverve

Xavier était l'homme de l'aventure humaine. C'est le titre qu'il avait donné à sa présentation faite à l'occasion des soixante ans de l'Inra. Il y déployait beaucoup d'empathie. Convaincu par le grand éthologue Frans de Waal que la coopération et l'entraide sont essentielles à la survie des espèces, il s'amusait de ces proximités entre monde animal et sociétés humaines.

Marion Guillou, Présidente directrice générale de l'Inra

Parmi toutes les aventures auxquelles a participé Xavier Leverve, celle de la recherche des fonctions du microbiote intestinal humain l'a particulièrement enthousiasmé et il l'a toujours fortement soutenue. Les auteurs lui dédient donc ce livre et lui expriment ainsi toute leur reconnaissance pour son œuvre.

Gérard Corthier

SOMMAIRE

Introduction.....	7
Les bactéries qui peuplent notre tube digestif.....	13
À quoi ressemblent-elles ?.....	15
Où sont les bactéries dans notre corps ?.....	17
Quelle est la vie d'une bactérie ? Qu'en reste-t-il après sa mort ?.....	20
De quoi les bactéries se nourrissent-elles ? Que produisent-elles ?.....	23
Un écosystème : le microbiote.....	26
Un microbiote unique, et pourtant.....	29
Comment se produit le peuplement de notre naissance à notre mort ?	33
Quand les bactéries colonisent-elles le nourrisson ?.....	35
Le mode d'accouchement influence-t-il le peuplement ?.....	37
L'allaitement maternel influe-t-il sur le microbiote ?	39
Pourquoi parle-t-on de bifidobactéries à propos de bébés ?.....	43
Le sevrage et l'alimentation mixte influencent-ils le microbiote ?.....	43
Des bactéries en nous, c'est grave ?.....	47
Une association séculaire.....	49
Pourquoi le microbiote produit des mauvaises odeurs ?.....	52
Peut-on vivre sans microbiote ?	56
Le microbiote produit des vitamines.....	59
Un microbiote perturbé peut-il rendre obèse ?.....	62
Mon microbiote se protège des intrus.....	64
Mon microbiote déteste les antibiotiques	66
Est-ce que mon microbiote m'aide à prévenir le cancer ?.....	69
Le microbiote pourrait-il changer mon comportement ?	71
Quelles maladies sont liées à une perturbation de l'équilibre du microbiote ?.....	74

Les bactéries dialoguent avec le système immunitaire	81
Sans microbiote notre système immunitaire est atrophié.....	83
Défenses naturelles et microbiote.....	85
Les formes du dialogue entre le microbiote et notre système immunitaire.....	89
Des bactéries ajoutées dans nos aliments.....	91
Quels produits courants contiennent des bactéries ?	93
La longue histoire du yaourt et de l'humanité.....	95
Le lait, le lactose et les bactéries du yaourt.....	99
Les bactéries du yaourt ne font pas grossir	102
Dialogue entre microbiotes « de passage » et nous.....	105
Les bactéries de passage.....	107
Qu'est-ce qu'un probiotique ?.....	108
Comment améliorer la santé de l'homme « sain » avec un aliment ?.....	109
Peut-on croire aux effets probiotiques d'aliments destinés à l'homme sain ?	111
Ajouter un bifide dans une préparation infantile est-il bénéfique pour la santé de l'enfant ?.....	113
Ajouter un bifide dans un yaourt est-il utile pour notre confort digestif ?	114
Les probiotiques de demain ?.....	115
Conclusion.....	121

INTRODUCTION

Ce livre raconte l'histoire d'un important organe mystérieux que nous portons en nous et qui nous permet de vivre comme nous le faisons. C'est notre ami, mais nous ne le connaissons que très peu. C'est un ami si discret que le plus souvent nous l'ignorons alors que son rôle est essentiel au maintien de notre bonne santé. Les chercheurs l'appellent aujourd'hui le microbiote, ce qui veut dire littéralement le « petit vivant ». Dans un passé récent, ce fut la microflore (« petite fleur »). Le nom était plus poétique, il évoquait des odeurs sans rapport avec le sujet et prêtait à confusion. Pour désigner notre discret ami, nous opterons donc pour le mot microbiote. Qu'est-ce au juste que ce microbiote ?

Nous sommes habités par une très importante population de bactéries. Pour donner au moins un chiffre, il y a 100 milliards de bactéries dans un gramme de selles humaines, autant que le nombre de cellules qui constituent notre cerveau. Il est vrai que les neurones sont beaucoup plus gros, mais tout de même. Près de la moitié de la masse d'une selle humaine correspond à des bactéries. Ne croyez pas que celles-ci sont toutes identiques. Chez une seule personne cohabitent au moins un millier d'espèces, nous verrons plus loin ce que ce mot veut dire. Selon les moments, les bactéries se battent pour la nourriture, coopèrent pour se la procurer ou, plus simplement encore, vivent leur vie sans s'occuper des autres. Leur habitat est notre tube digestif de la bouche à l'anus. C'est dans ce long « tuyau » (digestif) comprenant une entrée et une sortie que vit cette importante population bactérienne qui s'appelle le microbiote.

Mais tout d'abord, qu'est-ce qu'une bactérie ? On admet généralement que revient à Louis Pasteur (1822-1895) le mérite de les avoir découvertes. En réalité, il avait été précédé par Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) deux siècles plus tôt qui avait décrit dans « L'écume des dents » (original comme titre, n'est-ce pas ?) la première observation de bactéries du microbiote digestif. Mais il avait seulement vu des petits bâtonnets gigotant sous un des premiers microscopes. Louis Pasteur a par la suite brillamment montré que ces organismes étaient vivants, qu'ils se nourrissaient du bouillon de viande où on les avait plongés et qu'il n'y avait pas de génération spontanée. La voie étant ouverte, Louis Pasteur et son équipe, puis ses élèves, ont identifié la plupart des bactéries conduisant à des maladies chez l'homme. Dans cette tradition pasteurienne s'est développée l'idée de nous protéger des bactéries qui nous entourent et qui, sans doute, nous veulent du mal. L'hygiène et toutes les précautions qui en découlent viennent de là. À ce titre, c'est un bienfait pour l'humanité qui a pu ainsi augmenter sa survie et en



particulier celle des nouveau-nés. Si le bébé rencontre très vite après sa naissance une bactérie responsable de maladie (on dit pathogène), ce contact peut être dramatique voire fatal. Dans cette tradition, beaucoup parmi nous ont associé la présence de bactéries à un danger et caressent le rêve d'un monde « tout stérile ». La réalité est plus complexe. Sans méconnaître le danger de quelques bactéries pathogènes ayant à juste titre très mauvaise réputation, il faut savoir que le monde qui nous entoure est principalement peuplé de bactéries qui ne nous font aucun mal et qui peuvent nous apporter des éléments que nous ne savons pas synthétiser, comme certaines vitamines. Nous sommes habités par cette très grande et diverse population bactérienne que nous appelons le microbiote et qui nous protège, le plus souvent, des bactéries extérieures qu'elles soient inoffensives ou dangereuses.

Une bactérie est le plus petit organisme vivant. Qu'est-ce que veut dire au juste « vivant » ? C'est la capacité de la bactérie à se reproduire toute seule à condition qu'on mette dans le milieu qui l'entoure des aliments pour la nourrir.

Un virus ne peut pas faire cela. Il a besoin d'un hôte, nous par exemple, et il utilise les cellules de notre corps pour y introduire son programme génétique (de l'ADN ou de l'ARN) et reprogrammer nos cellules pour se multiplier. Dans la plupart des cas, tout se finit très mal et nous tombons malades. Il est à considérer comme un parasite dangereux.

Dans le monde des « vivants visibles au microscope », nous avons encore les levures. Quelques rares levures peuvent donner des maladies mais celles qui nous sont le mieux connues servent à fabriquer des aliments très populaires comme le pain, la bière et le vin.

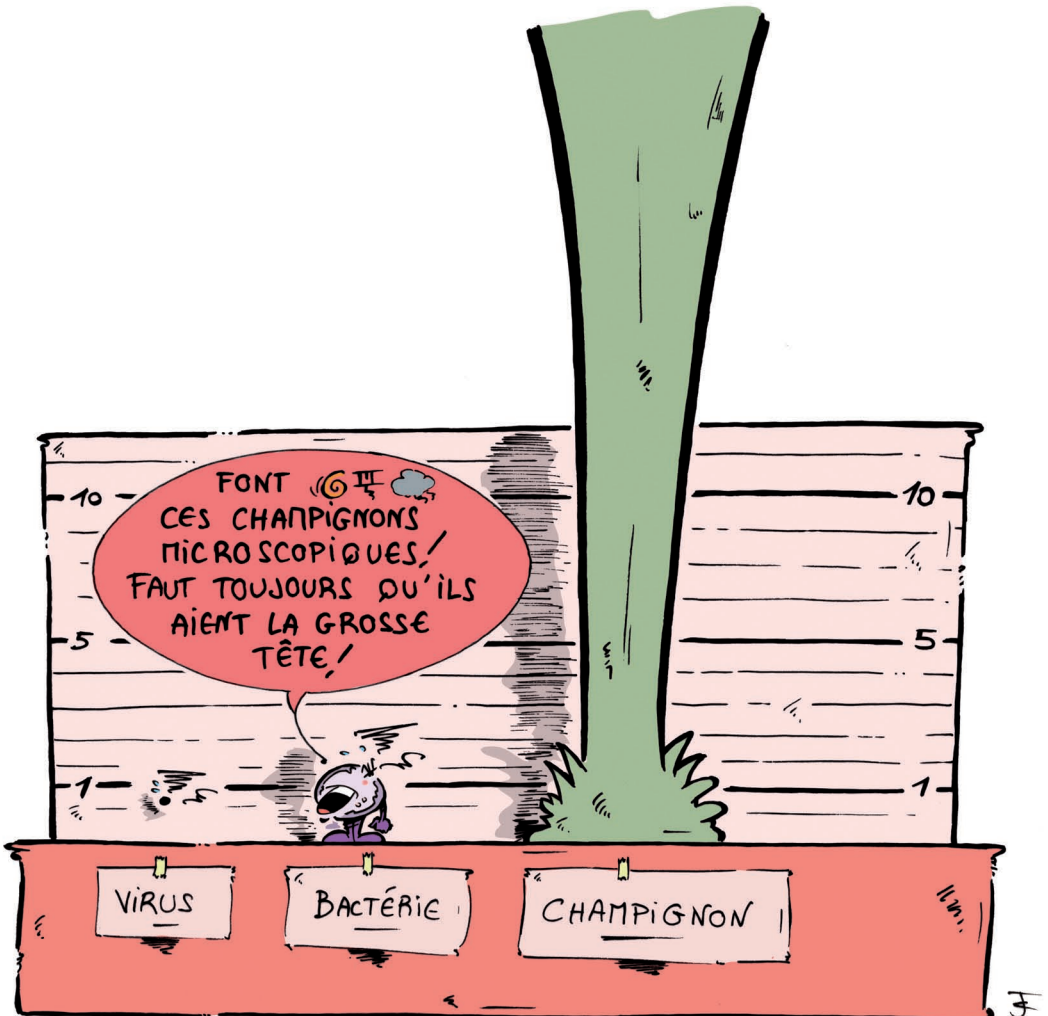
Dans la farine et le jus de raisin, les levures se nourrissent, se multiplient et



Lactobacilles thermophiles dans de l'emmental.

produisent du gaz, ce qui explique par exemple les trous du pain (on dit qu'il y a fermentation). Le produit transformé est bien plus agréable à boire et à manger. Il en est de même des champignons microscopiques qu'on voit dans la couleur bleue du roquefort ou dans la croûte colorée des fromages.

Tout est une affaire de taille entre les virus, les bactéries, les levures et les champignons microscopiques. Si on pouvait grossir une bactérie à la taille d'une mouche, un virus serait comme une tête d'épingle, une levure aussi grosse qu'une vache et un champignon microscopique entre la vache et l'éléphant.



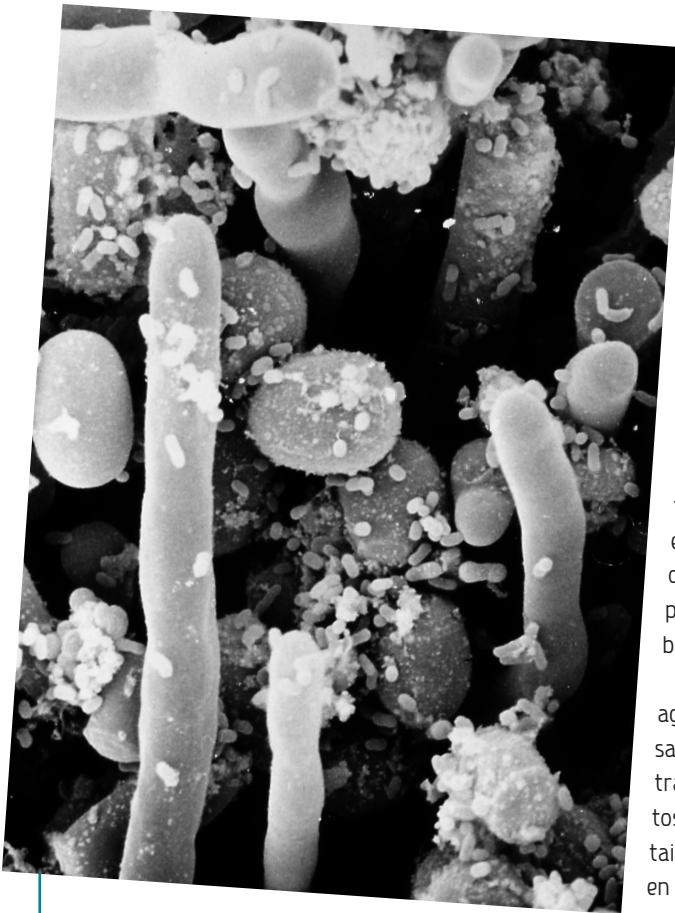
Tout comme nous, chaque bactérie a un nom. Les auteurs qui travaillent à ce livre, tout comme les lecteurs, ont un nom propre qui les rend unique. Les écrivains et les lecteurs (tant que les singes ne savent pas écrire et lire) appartiennent

tous à l'espèce *Homo sapiens*.

Le mot *Homo* caractérise le genre humain et *sapiens* l'espèce qui peuple la terre de nos jours. Avant, d'autres espèces du genre *Homo* nous ont précédé dont nous connaissons des représentants comme l'homme de Cro-Magnon, celui de Neandertal, Lucy et même Toumaï. Tous ces personnages appartenaient au genre *Homo* mais à des espèces différentes de l'espèce *sapiens*. Personne ne dira que le genre *Homo* a marché sur la lune et a chassé le mammouth laineux ou le rhinocéros. C'est beaucoup trop flou. On nommera les espèces humaines et dans le cas des marcheurs sur la lune, on peut identifier les personnes l'ayant fait par leurs noms. Il en est de même pour les bactéries mais on l'oublie souvent.

Prenons l'exemple du yaourt, produit agréable et nutritionnellement intéressant. Il contient deux espèces bactériennes travaillant ensemble pour digérer le lactose, acidifier le lait, faire précipiter certains ingrédients, et ainsi le transformer en aliment semi-solide et donner l'arôme au yaourt. Ces deux espèces sont appe-

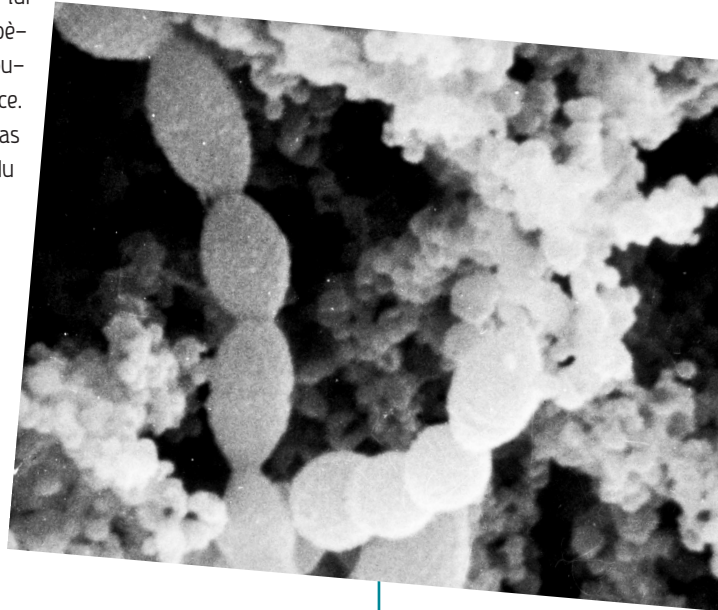
lées *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Les industriels qui utilisent ces bactéries choisissent des souches spécifiques en fonction du goût ou de la consistance qu'ils veulent donner aux yaourts. C'est pourquoi tous les yaourts se ressemblent mais sont différents, comme nous. Par contre, il est faux de dire que tous les *Streptococcus* servent à faire des yaourts car parmi eux il y a de très dangereuses espèces responsables d'angines, d'endocardites et autres maladies antipathiques. Mais l'espèce *Streptococcus thermophilus* du yaourt ne présente aucun danger.



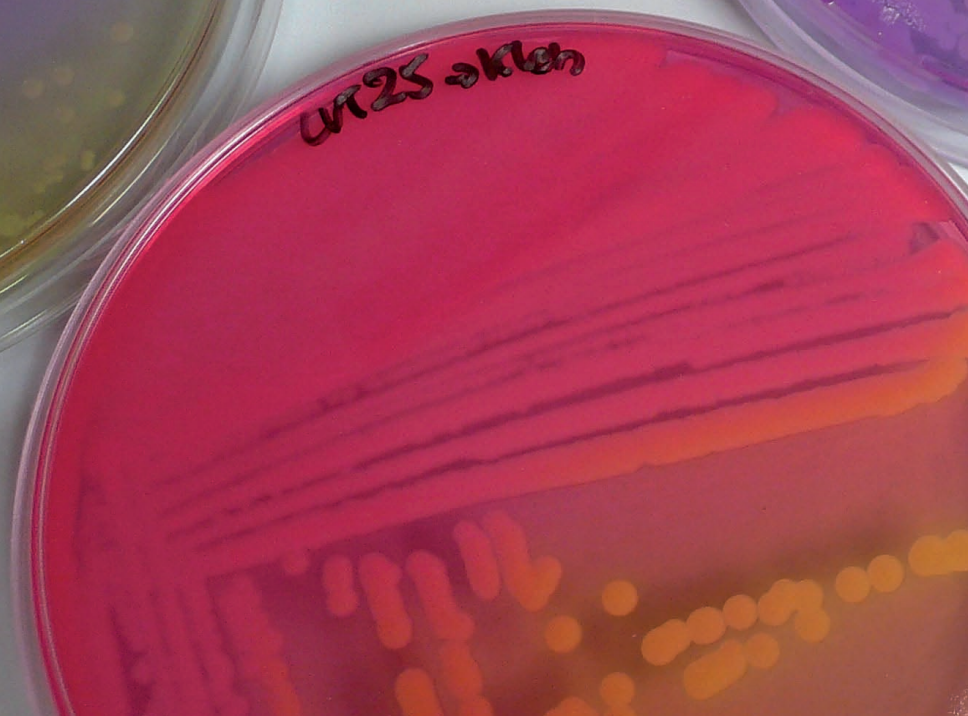
Geotrichum candidum, levure participant à l'élaboration de l'arôme et de la texture des fromages. Sont également visibles des bactéries lactiques, beaucoup plus petites que les levures.




Comme pour les humains, chaque bactérie a un nom propre, son nom de souche. Chaque souche a des propriétés différentes et, comme chaque humain, selon le milieu où elle se trouve elle ne fait pas la même chose. Pour le microbiote, chaque individu humain a un microbiote qui lui est propre constitué d'au moins un millier d'espèces différentes. Il faudrait aller plus loin et pouvoir nommer chaque souche de chaque espèce. Pour le moment, les chercheurs ne savent pas le faire et se limitent au nom des espèces du microbiote, ce qui n'est déjà pas si facile !



Structure du yaourt
avec streptocoque.



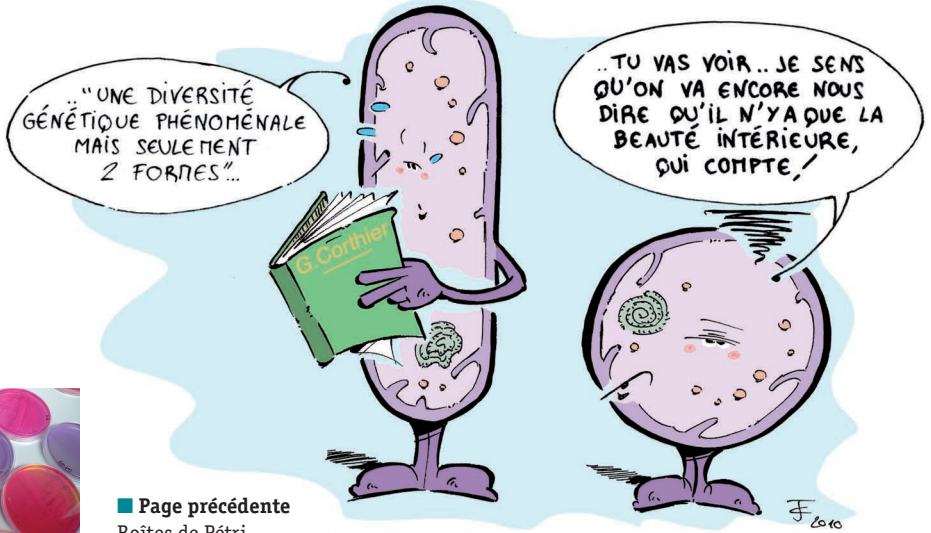
The image shows several petri dishes containing bacterial cultures. The media are various colors: purple, pink, red, and orange. Some dishes show streaked bacterial growth, while others show more diffuse or spotted growth. Handwritten labels are visible on some dishes, such as 'S.C.' on a pink dish and 'LST 109' on a purple dish. A teal text box is overlaid on the bottom right.

**Les bactéries
qui peuplent
notre tube
digestif**



Les bactéries qui peuplent notre tube digestif

Les bactéries, comme toutes les cellules vivantes, disposent d'un patrimoine génétique fait d'ADN (génome). Mais, à la différence des cellules humaines, les bactéries n'ont pas de noyau ; leur molécule d'ADN ne forme qu'un seul chromosome circulaire contenu dans la cellule. Malgré cela, la diversité des informations génétiques contenues dans les bactéries de notre microbiote est phénoménale. Leurs génomes rassemblés représentent plus de 100 fois le génome humain. On pourrait s'attendre à ce que ces bactéries si diverses aient une multitude de formes. Il n'en est rien.



■ Page précédente
Boîtes de Pétri.

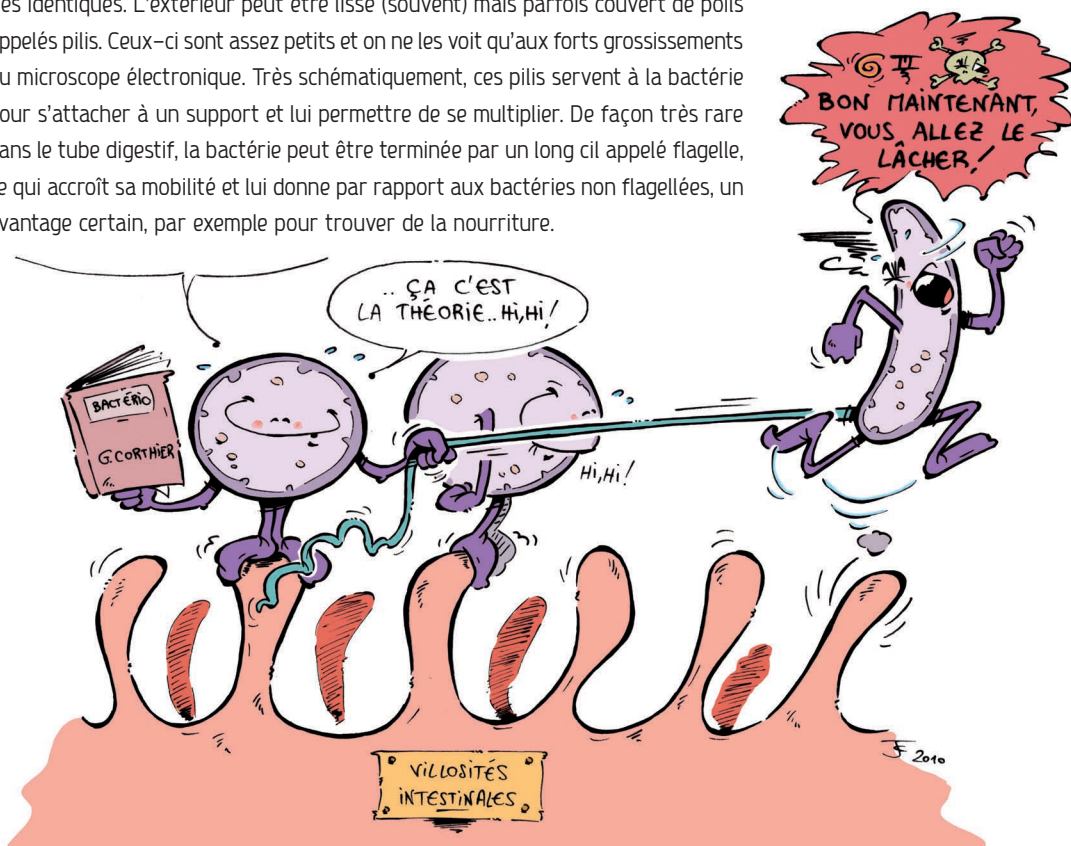


■ À quoi ressemblent-elles ?

Deux formes dominent largement dans les bactéries du microbiote : les bâtonnets et les coques.

La forme bâtonnet

Selon les bactéries, les bouts du bâtonnet peuvent être carrés, ronds ou pointus. Ce type de classification a bien sûr été abandonné au profit de l'étude des génomes. La longueur du bâtonnet importe peu car dans la vie d'une bactérie, au moment où elle se réplique, elle s'allonge puis se coupe pour donner deux bactéries identiques. L'extérieur peut être lisse (souvent) mais parfois couvert de poils appelés pilis. Ceux-ci sont assez petits et on ne les voit qu'aux forts grossissements du microscope électronique. Très schématiquement, ces pilis servent à la bactérie pour s'attacher à un support et lui permettre de se multiplier. De façon très rare dans le tube digestif, la bactérie peut être terminée par un long cil appelé flagelle, ce qui accroît sa mobilité et lui donne par rapport aux bactéries non flagellées, un avantage certain, par exemple pour trouver de la nourriture.



Pour quelques bactéries le bâtonnet se divise naturellement en deux formant une sorte de « Y », ce sont les bifides qui représentent environ 1 % de notre microbiote. Dans le tube digestif cette forme en « Y » visible au laboratoire est peu fréquente et nos bifides ressemblent aux autres bactéries en forme de bâtonnets.

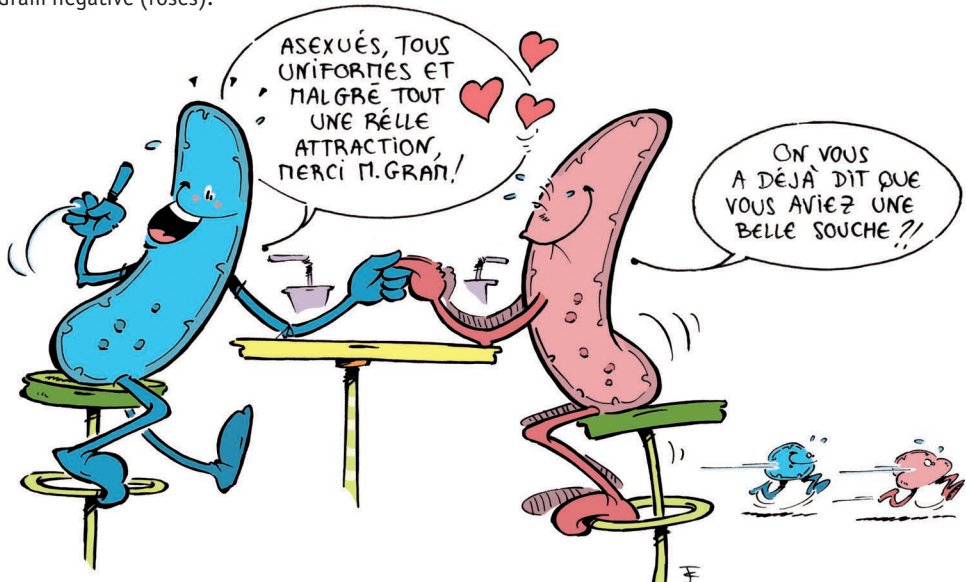
La forme « coque »

Elle est arrondie comme une bille. La taille peut être variable et parfois la forme est plutôt celle d'un ballon de rugby. Si les coques restent attachées, elles peuvent former des chaînettes. Dans nos yaourts, l'espèce *Streptococcus thermophilus* peut former des chaînettes de seize individus ou plus. Les coques du microbiote n'ont pas cette prétention.

Parmi les formes plus anecdotiques, signalons le « haricot » (on dit vibron, comme le vibron responsable du choléra) souvent terminé par un flagelle très long qui lui permet de se déplacer très vite dans son environnement, et plus rare encore et associée à des maladies spécifiques, une forme en spirale (comme par exemple *Helicobacter pylori* dont certaines souches sont responsables d'ulcères de l'estomac).

Les couleurs de M. Gram

Devant une telle monotonie de formes, M. Gram, microbiologiste, a inventé une coloration qui porte son nom et qui teinte la paroi des bactéries en rose ou en bleu selon la structure chimique de cette paroi. Par chance, cette coloration correspond à des différences majeures au niveau de la paroi bactérienne. Un des critères de la classification repose sur les bactéries à coloration de Gram positive (bleues) et à coloration de Gram négative (roses).





■ Où sont les bactéries dans notre corps ?

