

MURIELLE NAÏTALI

QUE SERIONS-NOUS SANS EUX ?

Les microbes de notre quotidien



éditions
Quæ

Murielle Naïtali

QUE SERIONS-NOUS SANS EUX ?

Les microbes de notre quotidien

Éditions Quæ

Ce livre est le deuxième d'une collection de culture scientifique qui s'attache à synthétiser, de façon très accessible, les connaissances contemporaines dans un large champ thématique. Elle s'adresse à un public d'adultes comme de jeunes pour satisfaire et prolonger leur curiosité.

En s'appuyant sur l'actualité, le quotidien et l'environnement, les auteurs transmettent leur goût de l'observation, racontent leurs expériences, partagent leurs émotions. L'occasion de découvrir comment la science avance, une science vivante, avec ses tâtonnements, ses fulgurances, ses anecdotes et ses controverses.

Laissez-vous emmener par cette collection qui pratique l'étonnement !

© Éditions Quæ, 2018
ISBN : 978-2-7592-2747-1

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex, France
www.quae.com

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.

SOMMAIRE

Prologue	5
1 Louise, l'adolescente coquette	7
2 Valérie, la mère, ménagère du week-end	19
3 Antoine, le père policier	31
4 Eugénie, la grand-mère cuisinière	43
5 Jean-Michel, le grand-père jardinier	57
6 Flore, la petite sœur, artiste en herbe	67
7 Julie, la jeune mère de famille	79
8 Valentin, le bébé	89
9 Thomas, l'oncle écologiste	103
10 Pierre, le grand-père philosophe	117
Pour en savoir plus sur les microbes	126
Remerciements	127

PROLOGUE

Une fête de famille se prépare, où dix personnes seront réunies. Dix, comme dans un célèbre roman d'Agatha Christie. Mais ici, pas de disparition, pas de meurtre, juste un moment comme on en a tous vécu. Ces dix membres d'une même famille se retrouvent pour fêter les 16 ans de Louise.

Nous sommes samedi, à la veille de cette fête. Chacun s'active de son côté et va nous faire partager un moment de sa journée. Avec ses propres préoccupations, liées à son âge, à son caractère. Mais vous et moi, observateurs omniscients, nous allons décrypter leurs faits et gestes avec les yeux de microbiologistes passionnés.

Retrouvons donc nos protagonistes à 10 heures du matin...



1

LOUISE, L'ADOLESCENTE COQUETTE

Où l'on fait connaissance avec les microbiotes intestinal, buccal et cutané du corps humain. Une initiation qui met en scène des biofilms, chamboule certaines idées reçues sur l'hygiène et permet de recueillir quelques conseils pour choyer son microbiote cutané.



Louise, 16 ans moins un jour, est une adolescente bien dans sa peau. Elle a ses petits tracas et ses grands enthousiasmes. Avec ses longs cheveux et ses yeux bleu-gris, elle se trouve physiquement correcte. Sa petite sœur l'admire et s'est aperçue que Louise plaît à plusieurs garçons.

À 10 heures, Louise ouvre la porte de sa chambre et se faufile dans la salle de bains. Sait-elle qu'elle emporte avec elle des tas de compagnons invisibles, ses microbiotes ?

D'invisibles compagnons

Louise, 48 kg toute mouillée pour 1 m 60. Ces 48 kg ne sont pas que des cellules humaines. Par exemple, le microbiote intestinal représente en moyenne 2 kg chez chacun d'entre nous. Eh oui, nous cohabitons tous avec notre microbiote intestinal, mais aussi avec nos microbiotes cutané, buccal, vaginal (pour les femmes), pulmonaire (car même les poumons sains ne sont pas stériles, contrairement à ce que l'on a longtemps cru)... Tous ces microbiotes sont différents. Ils sont tous personnels.

Le microbiote est l'ensemble des microbes vivant avec un hôte. On lui donne parfois le nom de « flore » et l'on précise souvent l'environnement : flore intestinale bovine, flore cutanée humaine, etc. Chez un individu, les microbiotes totalisent entre 10^{13} et 10^{14} bactéries (à comparer à nos 10^{13} cellules humaines). Ils comprennent toutes sortes de microbes (y compris des virus) qui coexistent, s'excluent, s'entraident, se neutralisent entre eux. Et interagissent avec notre corps, même si nous ne les voyons pas.

Lorsque j'ai commencé mes études, il y a une trentaine d'années, les microbes étaient étudiés comme au temps de Pasteur, en les cultivant. Puis vinrent la génétique (l'étude de gènes ciblés) et la génomique (l'étude du génome, l'ensemble des gènes d'un individu), qui ont permis de s'intéresser aux bactéries non cultivables. Nous en

sommes maintenant à la métagénomique, qui étudie les microbiomes, c'est-à-dire l'ensemble des génomes d'un milieu donné et les interactions entre ces génomes. Les microbiomes humains ont ainsi révélé la diversité des microbiotes et une partie des fonctions qu'ils remplissent. Notre microbiome intestinal contient plus de 600 000 gènes bactériens. Notre ADN en a 23 000. Par ailleurs, les gènes microbiens peuvent évoluer rapidement, faisant de nos microbiotes des champions de l'adaptabilité.

Toujours au début de mes études, les microbes ne semblaient vivre qu'en suspension dans des milieux liquides. Mais, à la même époque, on s'est aperçu qu'ils passaient la majeure partie de leur vie fixés à des surfaces. Ces agglomérats ont été nommés « biofilms », et l'on a découvert qu'ils présentaient des caractéristiques particulières

Une grande biodiversité

Les microbes constituent la majorité de la biomasse vivante sur Terre. Ils participent à l'équilibre de notre planète. Ainsi qu'à notre propre équilibre. Bien que très divers, les microbes ont en commun :

- leur petite taille (environ 0,01 μm pour les virus, 1 μm pour les bactéries, et 10 μm pour les levures — l'ordre de grandeur des cellules sanguines),
- leur invisibilité à l'œil nu à l'état individuel,
- des possibilités de dissémination importantes,
- et des capacités d'échanges (de composés, de gènes) élevées leur permettant de se multiplier et d'évoluer rapidement.

Bactéries, champignons (moisissures, levures) et acariens font partie de nos microbiotes. Mais les plus abondants sont les virus, qui ont pour particularité l'incapacité à se reproduire seuls. Ils injectent leur matériel génétique (ARN ou ADN) dans une cellule hôte, détournent la machinerie cellulaire à leur profit, et se multiplient. Ils seraient au nombre de 10^{35} à notre surface et à l'intérieur de nous.

Tout reste à découvrir sur les virus de nos microbiotes. Et s'ils luttent contre les microbes pathogènes ? Probablement. Nombre de ces virus sont des bactériophages. Leurs cellules cibles sont donc des bactéries, qu'ils peuvent détruire. Mais ils font sûrement bien plus. Et s'ils étaient nos maîtres bienveillants ? L'avenir nous le dira...

par rapport aux microbes libres en milieu liquide. Parmi les caractéristiques les plus remarquables : leur structuration spatiale et leur résistance aux conditions environnementales néfastes (antibiotiques, désinfectants). Les microbes en biofilm sont aussi capables de dialoguer entre eux par des signaux moléculaires qui déclenchent une réponse microbienne coordonnée, à partir d'un certain seuil. Cela porte le nom de « détection du haut nombre », ou *quorum sensing*. Les microbiotes sont des biofilms (de l'épithélium intestinal, des particules du bol alimentaire, de la couche cornée de la peau, de la muqueuse buccale...). L'étude des microbiotes bénéficie ainsi de la somme de connaissances en cours d'accumulation sur les biofilms.

Dans la vie de tous les jours, on parle assez peu des rôles de nos microbiotes. Néanmoins, des publicités sur des laits fermentés nous promettent un « confort intestinal ». Elles nous proposent implicitement de choyer et de « booster » notre microbiote intestinal avec des microorganismes ingérés vivants. Le microbiote intestinal est impliqué dans la digestion, mais pas seulement (voir chapitre 8). Certaines de ses fonctions sont identiques à celles du microbiote cutané, par exemple faire barrière à l'implantation de microbes pathogènes.

À chaque peau ses microbes

Ce week-end, Louise est la reine : pas question d'apparaître négligée. Un coup d'œil au miroir la rassure. Ouf ! Aucun bouton n'est apparu cette nuit.

Ces boutons redoutés proviennent d'une altération — ou dysbiose — du microbiote cutané, qui se met à rougir, gratter ou « fleurir ». Pour une fois, parlons de microbiote cutané sain ! La peau saine héberge une flore cutanée installée, non pathogène, appelée « flore résidente commensale ». D'autres microbes peuvent tempo-

rairement la rejoindre, sans s'implanter durablement. La peau abrite en moyenne 1 000 milliards (10^{12}) de bactéries, qui se trouvent en surface (couche cornée), dans les recoins (glandes sudoripares et follicules pilo-sébacés), et même « infiltrées » (derme et hypoderme, longtemps supposés stériles). Comme tous les microbiotes, le microbiote cutané est sélectionné : il résulte d'un équilibre entre les conditions de son environnement et les propriétés métaboliques de ses microbes.

Le microbiote de Louise n'est pas le même que celui d'Antoine, son père. Différence homme-femme ? Les hommes ont un microbiote quantitativement plus important que les femmes. Mais n'allons pas en déduire qu'ils se lavent moins, cela n'a que peu de rapport. Le microbiote est aussi moins diversifié chez les hommes. L'acidité plus importante de leur peau serait un facteur de sélection. Louise n'a pas non plus le même microbiote que sa mère ou que sa petite sœur Flore. Question d'âge ? Cela joue, évidemment. Chaque individu vit quatre grandes périodes : l'enfance, l'adolescence, l'âge adulte et la vieillesse. Son microbiote cutané évolue avec ces périodes. À chaque fois, il forme une empreinte microbienne qui lui est propre.

La composition du microbiote cutané varie en fonction de l'âge, de facteurs génétiques, alimentaires, géographiques... C'est une question de sueur, d'hormones, de sébum, d'épaisseur de peau et, peut-être, de produits cosmétiques. Malgré tout, c'est un de nos caractères, tout comme la couleur de nos cheveux.

Choyer ses microbes cutanés

Sous la douche, Louise chante et s'empare de son shampooing. Elle se prépare à perturber la microflore de son cuir chevelu...

Notre microbiote cutané est une communauté à l'équilibre. Mais attention, à l'équilibre ne signifie pas statique. Le microbiote se renouvelle constamment pour s'adapter à la desquamation de la

peau, ainsi qu'aux pratiques d'hygiène corporelle. Lorsque Louise se lave la tête, c'est une tempête qui s'abat sur le microbiote de son cuir chevelu. Il subit non seulement l'action mécanique du lavage, mais également celle, chimique, des tensio-actifs dégraissants et des conservateurs du shampooing. Rappelons d'ailleurs l'importance de bien se rincer pour laisser le moins de traces possible de ces produits sur nos cheveux. Toutes les composantes microbiennes sont touchées par le lavage, certaines plus que d'autres. Il faudra 4 à 7 jours pour que le microbiote du cuir chevelu de Louise se rétablisse. Juste à temps pour un nouveau shampooing. Les microbiotes sont dans un équilibre en constant rééquilibrage !

La capacité d'une population de microbes — ou d'animaux, de plantes — à assurer son retour à l'état initial se nomme « homéo-

Désinfecter à bon escient

Lingettes désinfectantes, gels hydroalcooliques désinfectants, savons liquides désinfectants, etc., se sont multipliés ces dernières années. Certains sont peu efficaces. Utiliser les autres trop souvent peut se révéler néfaste et conduire au développement de mycoses.

Après un lavage, le microbiote cutané se rétablit par homéostasie. Néanmoins, une fréquence excessive de lavage ou un lavage trop agressif ont un effet négatif sur la peau et entraînent une desquamation exagérée. Des changements dans la flore microbienne cutanée peuvent également se produire, l'empêchant d'accomplir son rôle de barrière. Par exemple, des doigts désinfectés sont facilement colonisables par des streptocoques pathogènes ; mais, si une autre population microbienne s'installe en premier, les streptocoques n'y parviennent plus.

Avant de cuisiner ou de toucher un bébé, il reste vivement conseillé de se laver les mains (avec un savon classique) en incluant les espaces entre les doigts, les poignets, voire les avant-bras. La désinfection des mains, avec un savon désinfectant liquide par exemple, est utile dans certains cas particuliers : avant de cuisiner si l'on est malade, ou si l'on cuisine pour des personnes au système immunitaire altéré (personnes immuno-déprimées). Après une blessure, la désinfection cutanée reste bien entendu primordiale.

stasie ». Elle est importante, car le microbiote cutané remplit des fonctions capitales, et son déséquilibre peut entraîner des maladies, dont certaines chroniques.

La peau maintient un équilibre délicat entre les microbes commensaux qui l'habitent, tout en repoussant les envahisseurs potentiellement dangereux. Elle a ses propres mécanismes de défense. Et le microbiote cutané l'aide. Déjà, il occupe le terrain et consomme les nutriments disponibles. Premier arrivé, premier servi. Ensuite, il modifie ce terrain : *Propionibacterium acnes*, en hydrolysant le sébum, acidifie la peau. Si ça ne suffit pas, le microbiote cutané produit, par exemple, des bactériocines ou des peptides antimicrobiens qui peuvent être fatals aux envahisseurs. Enfin, plus subtil, il participe au déclenchement, chez l'hôte, de réactions de défense (immunité, voir chapitre 8).

Le microbiote cutané s'illustre aussi dans des domaines autres que la protection contre les pathogènes. Par exemple, *Propionibacterium acnes* produit la protéine antioxydante RoxP qui limite le stress oxydatif, lequel est responsable de nombreuses maladies inflammatoires, et parfois de cancers cutanés.

Le microbiote cutané de Louise ne se fait pas uniquement transporter et nourrir par elle. Il lui rend de multiples services. D'ailleurs, son appellation de « flore résidente commensale » ne reflète pas l'actualité de nos connaissances : commensal vient de *cum* (avec) *mensa* (table) et signifie « qui est avec, à table ». Une relation commensale indique donc une relation qui profite à l'invité — ici le microbiote cutané —, tandis qu'elle est neutre pour l'hôte — vous et moi. Or la relation microbiote/homme est très positive pour l'hôte. On devrait donc parler ici de mutualisme, voire de symbiose (qui implique une relation nécessaire), et renommer le microbiote cutané « flore résidente symbiotique ».

En attendant, quel que soit son nom, Louise doit choyer son microbiote pour préserver sa peau. Voici cinq conseils pour le

visage : commencer le matin par une lotion non agressive, sans alcool, pour garder le microbiote régénéré de la nuit ; le soir, nettoyer les impuretés (traces de maquillage, poussières, squames de peau morte) sans produit agressif ; utiliser uniquement de l'eau tiède (30-35 °C), car la chaleur détruirait le microbiote ; choisir des produits avec le minimum de conservateurs, ceux-ci tuant les microbiotes ; supprimer les produits trop alcalins, la peau a un pH de 5 que le microbiote cutané aime.

L'industrie cosmétique commence à percevoir l'importance de ce microbiote. Des eaux thermales cosmétiques contiennent naturellement la bactérie *Vitreoscilla filiformis*, qui participe à leurs propriétés. Certains soins ou lotions sont enrichis en composés favorisant le développement du microbiote (comme le sucre mannose), voire en bactéries (*Lactobacillus*, *Vitreoscilla filiformis*).

Quand l'équilibre microbien est perturbé

Louise termine sa douche et se sèche. En tant qu'adolescente, elle a la chance de n'avoir que quelques légers boutons sur le front, masqués par une mèche judicieusement arrangée. Ce n'est pas le cas de tout le monde. Au moment où les hormones s'affolent, la production de sébum augmente et le microbiote varie. De l'acné peut apparaître.

Une des bactéries responsables de l'acné est *Propionibacterium acnes*. La même que celle qui nous rend des services ? Non, pas tout à fait. Des souches pathologiques s'implantent chez les sujets acnéiques. De plus, les lésions d'acné peuvent aussi contenir des *Staphylococcus epidermidis* et des *Corynebacterium*, alors pathogènes. C'est ennuyeux : les biofilms pluriespèces sont plus difficiles à éradiquer que ceux monoespèces. Heureusement, de nouvelles pistes de traitement sont prometteuses. L'ingestion de probiotiques, notamment, donne des effets bénéfiques sur l'acné. Le microbiote

cutané est impliqué dans l'acné. Il semblerait donc que le microbiote intestinal le soit aussi.

Le déséquilibre du microbiote cutané peut aller dans le sens de l'augmentation de la diversité microbienne (cas de l'acné), ou au contraire d'une perte de cette diversité. Par exemple, dans la dermatite atopique (un type d'eczéma), *Staphylococcus aureus* devient dominant, et l'application d'une crème « à *Vitreoscilla filiformis* » a un effet positif sur cette maladie. On connaît l'expression « soigner le mal par le mal ». Ici on pourrait dire « soigner le microbiote par le microbiote ».

Une « aura » microbienne

Louise se sèche les cheveux, saute dans son jean et son tee-shirt préféré. Elle se lave les dents. Une légère crème. Un peu de mascara. Un pschitt de parfum. La star est prête.

On l'aura compris : pour choyer son microbiote cutané, crème et fond de teint sont à utiliser avec modération. Du mascara ? C'est possible. Mais le sien. Les acariens des cils se régalent de résidus de peau et de sébum dans ou à proximité des follicules pileux ; ils peuvent se transférer au mascara, tout comme les autres microbes présents. D'ailleurs, dans la salle de bains, peu de choses s'échangent : ni la serviette, ni la brosse à dents, ni le gant de toilette (que l'on évite), ni le baume ou le rouge à lèvres, ni le mascara... On se doit d'être égoïste et de garder son microbiote. Précautions supplémentaires : on jette le rouge à lèvres en cas d'herpès, et le mascara en cas de conjonctivite.

À noter : les produits cosmétiques affichent une date de péremption s'ils se conservent jusqu'à trente mois, ou une période après ouverture (indiquée par un nombre de mois à côté d'un pot ouvert) pour les autres. Passé cette date ou cette période, les produits ne sont plus garantis.

La plaque dentaire, un biofilm modèle

De même que Pasteur, découvreur des microbes au XIX^e siècle, est le père de la microbiologie, Costerton est le pape des biofilms. Grâce à ce chercheur américain, ils ont été abondamment étudiés à partir des années 1990. Pourtant, dès le XVII^e siècle, Antoni van Leeuwenhoek avait observé les premiers microbes, déjà organisés en biofilms, sur sa propre plaque dentaire. Ce commerçant qui aimait les pierres précieuses avait conçu des loupes très puissantes pour les admirer... ce qui lui a permis de décrire des « animalcules ».

La plaque dentaire est idéale pour présenter toutes les étapes de la vie en biofilm. D'abord, la surface de la dent est conditionnée par des protéines contenues dans la salive. Ensuite, les premières bactéries, en provenance du microbiote buccal, adhèrent de manière réversible, puis irréversible. Des microcolonies se forment. D'autres microbes sont recrutés. Certains excrètent une matrice protectrice. Le biofilm se structure, jusqu'à ce qu'il soit perturbé par le brossage dentaire. Non éliminée, la plaque dentaire se minéralise à partir des sels de phosphate et de calcium de la salive. Le tartre s'installe.

Streptococcus mutans et *Lactobacillus* sont des germes commensaux de la plaque dentaire, mais, lorsqu'un déséquilibre pathologique s'installe, ils participent à l'apparition de gingivites et de caries dentaires. Certains bains de bouche antiseptiques nous sont vendus comme antitartre, anticaries, anti-mauvaises odeurs. Personnellement, je me méfie de tout ce qui déséquilibre le microbiote buccal. Par exemple, si les bactéries régressent, elles peuvent laisser le champ libre à la levure *Candida albicans*, responsable du muguet.

Louise emprunte parfois le parfum de sa mère. Pourquoi pas ? Nous sommes nombreux à utiliser parfums et déodorants pour masquer notre odeur. L'odeur corporelle est effectivement propre à chacun d'entre nous. Elle est liée à notre alimentation, notre santé, mais aussi à notre génome et... à notre microbiote cutané. Cette odeur est modifiée par notre environnement direct (notre savon, nos produits cosmétiques, notre parfum) et indirect (l'air ambiant).

Louise l'a noté : lorsqu'elle fait du sport, elle transpire, et l'odeur qui se dégage n'est pas très agréable. Sa petite sœur, Flore, transpire

aussi, mais sans odeur. Quelle chance ! Non, ce n'est pas une question de chance, mais d'âge. Avant l'adolescence, seules certaines glandes sudoripares sont actives, celles dites « eccrines ». On en a partout sur le corps, et en particulier sur le front et la paume des mains ; leur rôle majeur : réguler la température. Les glandes eccrines émettent principalement de l'eau salée, qui ne permet pas le développement des bactéries. À l'adolescence, d'autres glandes sudoripares se mettent en route : les glandes apocrines, situées notamment sous les aisselles. Elles font partie des caractères sexuels secondaires. Les protéines et lipides inodores sécrétés par ces dernières sont dégradés en acides volatils — malheureusement malodorants — par des *Corynebacterium* sous les aisselles et par des *Brevibacterium epidermidis* sous les pieds. Les microbes se régalent et se multiplient. Nous avons ainsi environ 10^7 bactéries par cm^2 au niveau des aisselles, contre 100 par cm^2 sur le tronc.

Des solutions contre les odeurs sont vantées tous les jours sur nos écrans de télé. 24 h, 48 h, 72 h de fraîcheur. Qui dit mieux ? Les antitranspirants sont de plus en plus efficaces. Mais quel est le degré de toxicité de leurs composés ? Et quel impact ont-ils sur le microbiote ? Des études récentes répondent à cette dernière question : l'utilisation d'antitranspirants réduit dramatiquement le microbiote, qui ne se rétablit que profondément modifié, à l'arrêt de cette utilisation. Des staphylocoques remplacent alors les corynébactéries. Les antitranspirants engendrent donc une dysbiose.

Louise est prête et libère la salle de bains. Elle y laisse une trace odorante, mais aussi microbienne. Nous transférons des microbes aux surfaces que nous touchons et nous en libérons également dans l'air. Nous vivons ainsi entourés d'un nuage de microbes qui nous est propre, et qui subsiste au moins transitoirement après notre passage. Une sorte d'aura microbienne invisible... sauf pour quelque miroir magique.

