

- changements de couleur avec perte des cheveux (les teignes). Cependant, la plupart des habitants sont ordinaires, et ne déclenchent aucune maladie, soit qu'ils ne soient pas en grande quantité, soit qu'ils appartiennent à des espèces non pathogènes. Certains se rendent même utiles...

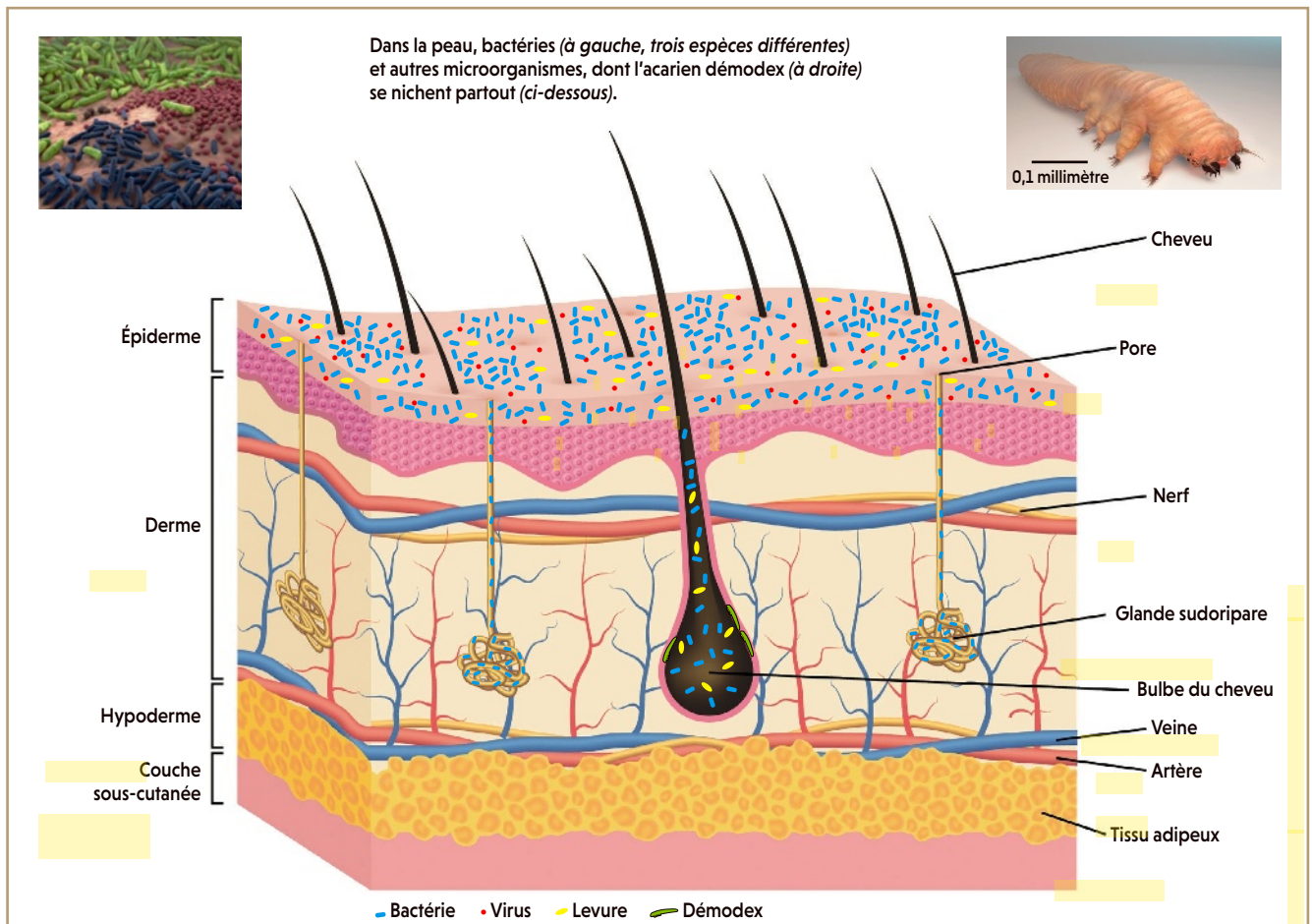
UNE QUESTION DE MESURE

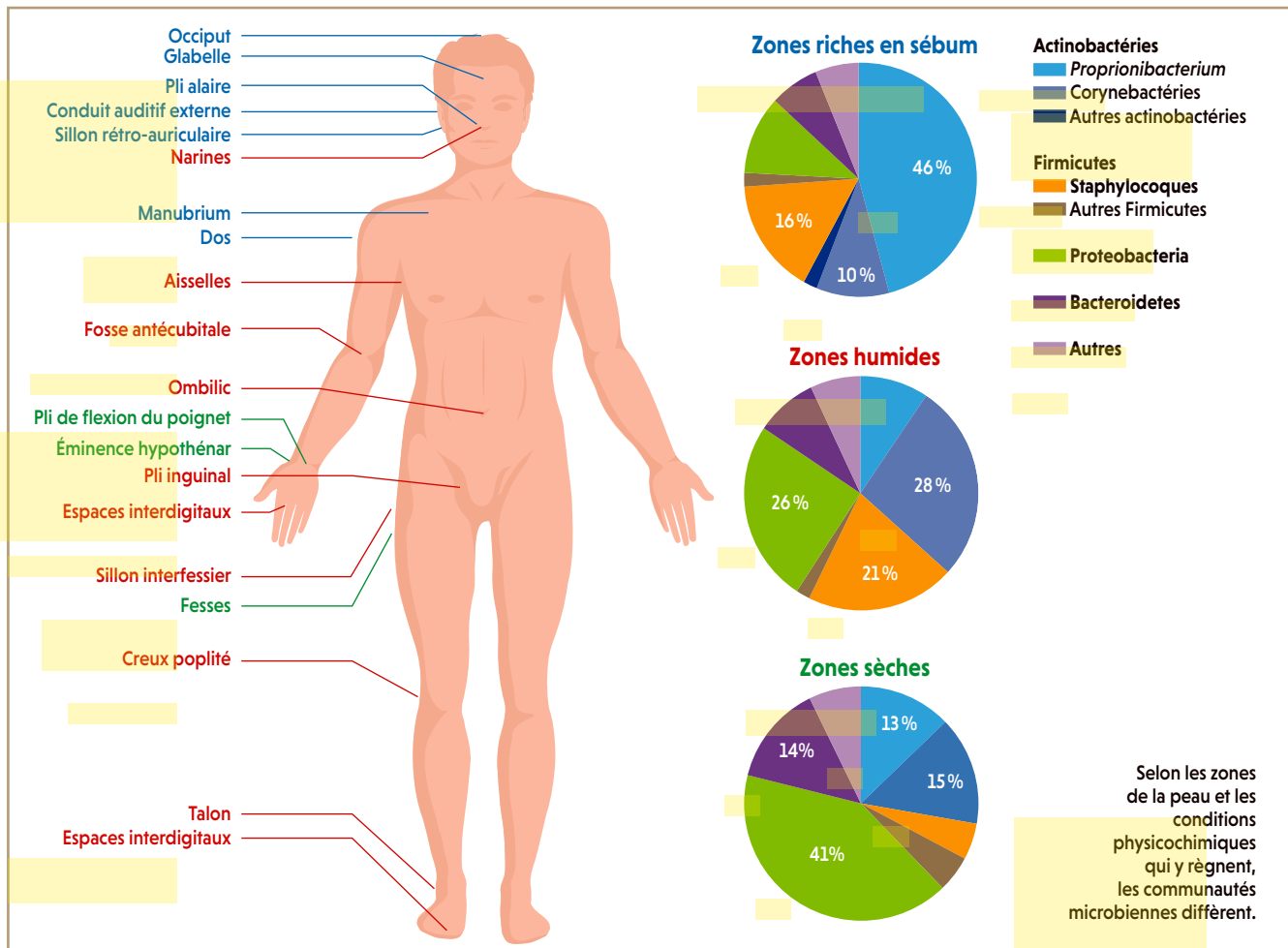
La plus grande diversité est bactérienne, issue de cinq grands groupes: les Actinobactéries, les Firmicutes, les Bactéroidetes, les Protéobactéries et les Cyanobactéries. Le dernier groupe est assez insolite, car ce sont des bactéries... photosynthétiques, pour lesquelles nous sommes surtout un support! Les autres se nourrissent, comme les levures, de débris de peau et de sécrétions de nos glandes. Parfois, là encore comme les levures, elles peuvent causer des désagréments quand elles prolifèrent. *Propionibacterium acnes* est une bactérie présente pourtant sur toutes les peaux et dont l'excès de certains sous-groupes contribue à l'acné, ce qui explique l'efficacité des traitements antibiotiques cutanés contre les formes aiguës d'acné. Le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*), lui aussi présent sur toutes les peaux, est également surreprésenté dans l'acné, qui peut devenir un pathogène grave

quand il entre dans l'organisme, mais c'est une situation rare, nous le verrons. La grande majorité des bactéries, en revanche, n'est pas pathogène et se révèle au contraire bienfaisante!

Les espèces de tous ces groupes vivent habituellement en harmonie, sans déclencher de maladie et chacun de nous possède sa propre diversité, qui constitue une identité microbiotique aussi unique que notre empreinte digitale. Il existe néanmoins une forte hétérogénéité entre parties du corps (voir la figure page ci-contre), selon l'humidité, la quantité de sébum, la densité de glandes, la présence de poils... Les parties les plus protégées, comme le pli des fesses ou du sein, les aisselles ou le nombril sont humides. Leur microbiote, qui varie peu au cours du temps, est pauvre en espèces qui chacune sont représentées par de nombreux individus. Là, corynébactéries et staphylocoques dominent un microbiote rendu très actif par l'humidité.

À ces parties humides s'opposent les zones exposées et sèches de la peau: avant-bras, fesses, peau de la main... colonisées par un microbiote moins abondant en nombre de cellules, car le milieu est sec et pauvre en débris à cause de l'abrasion par les contacts. Cependant, ces microbiotes sont plus diversifiés en espèces que les précédents car plus en contact avec le monde extérieur; pour





cette même raison, ils présentent de plus grandes variations temporelles de composition, avec des espèces souvent de passage suite à un contact.

DE MAIN EN MAIN

Le microbiote de la main, avec 10 millions de cellules bactériennes par centimètre carré et plus de 150 espèces par main, est un exemple de cette variabilité. Une étude de Noah Fierer, de l'université du Colorado sur des étudiants américains montre que la main dominante (la droite chez les droitiers par exemple) a une diversité microbienne différente de l'autre, souvent plus élevée, qui reflète des contacts différents avec l'environnement. De plus, dans ces travaux, la main féminine diffère de la main masculine: globalement, la diversité des espèces est plus grande chez les femmes! Cet écart résulte peut-être d'une utilisation différente des savons et des cosmétiques, car, bien sûr, le temps écoulé depuis le dernier savonnage et la nature des produits utilisés jouent sur la diversité... Mais dans ce cas, les

DANS UNE CHAMBRE D'HÔPITAL, UN NOUVEL ARRIVANT EST AUSSITÔT COLONISÉ PAR DES ESPÈCES DU MICROBIOTE DU PRÉCÉDENT PATIENT

femmes se lavaient les mains plus souvent, ce qui aurait dû réduire leur diversité microbienne: tout cela suggère que le sexe modifie la peau jusque dans son microbiote.

Les surfaces de peau exposées sont colonisées par le milieu, mais elles l'ensemencent aussi: entre dépôt de bactéries et chute de morceaux de peau et de cheveux, nous relâchons chaque heure 37 millions de bactéries et plusieurs millions de levures! Dans une chambre d'hôpital, on peut observer qu'un nouvel arrivant est un peu colonisé, au départ, par des espèces du microbiote du précédent patient, que celui-ci avait laissé sur les surfaces alentour. Mais en 24 heures, les bactéries du nouveau venu prennent le dessus et remplacent sur les surfaces de la chambre celles du précédent!

Pareillement, quand une famille emménage dans une maison, sa signature microbienne cutanée remplace celle des occupants précédents.

Dans le cas de la main, François-Joseph Lapointe, microbiologiste de l'université de

➤ Montréal, s'est livré à une performance mi-artistique, mi-scientifique: son « 1000 handshakes » visait à serrer la main d'un millier de personnes (voir le portfolio, page 28). Toutes les 50 poignées de main, un prélèvement du microbiote de sa paume a été réalisé, montrant que sous l'effet des contacts, des espèces disparaissent, emmenées sur d'autres mains, tandis qu'en permanence de nouvelles espèces arrivent!

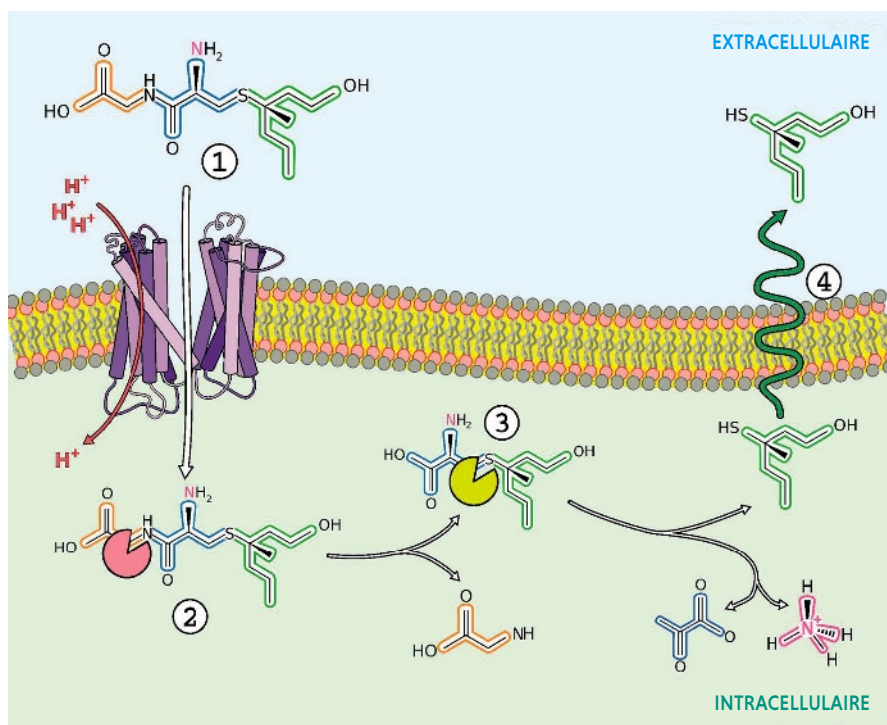
DE LA NOISETTE AU GRUYÈRE

Au-delà du sexe et de l'environnement, l'âge et ses changements des sécrétions cutanées modifient le microbiote cutané: ces évolutions sont trahies par celle des odeurs corporelles, qui deviennent plus soufrées à la puberté, puis dominés par des molécules à neuf carbones (comme le nonène) chez les personnes âgées. Car nous devons nos odeurs corporelles au microbiote, le fait qu'un corps fraîchement lavé ne sent guère en atteste. Les molécules gazeuses produites par notre microbiote cutané font l'essentiel de notre odeur, tout comme pour les flatulences produites par le microbiote digestif.

L'odeur de noisette de notre peau, qui sans lavage évolue en odeur de gruyère, est due à la production d'acide propionique par les... propionibactéries. En effet, faute d'oxygène, ces microbes logés dans les plis de la peau fermentent et produisent cet acide gras à trois atomes de carbone qui explique ces odeurs, variable selon sa concentration: il est produit à partir des lipides, soit ceux de la crème de lait pour le gruyère, soit ceux du sébum sur notre peau. Ce n'est qu'un exemple des déchets volatils des bactéries, dont l'intérêt est de passer dans l'air sans s'accumuler et donc sans intoxiquer les cellules productrices.

D'autres fermentations produisent des acides lactique et butyrique. Simon Newstead, de l'université d'Oxford, et ses collègues ont découvert que *Staphylococcus hominis* ingère un peptide inodore du sébum des aisselles et le transforme en 3-méthyl-3-sulfanyl-hexane-1-ol, le composé responsable de l'odeur de la sueur, avant de le relâcher (voir la figure ci-dessus).

D'autres bactéries se nourrissent des protéines des débris de peau, majoritairement des kératines riches en acides aminés soufrés. Vivre de telles protéines entraîne la production de déchets azotés (c'est l'odeur ammoniaquée que dégagent les peaux très mal lavées), mais surtout soufrés, souvent odorant. Un exemple soufré, rendu extrême dans nos civilisations par le port de chaussettes et de chaussures qui favorisent l'humidité cutanée, est l'odeur des pieds mal lavés. Elle évoque celle, fétide, des fromages à



L'odeur de la sueur est le fait de la bactérie *Staphylococcus hominis*. Elle incorpore un peptide inodore du sébum des aisselles (1), le Cys-Gly-(S)-3-méthyl-3-sulfanyl-hexane-1-ol, et en décroche enzymatiquement (2 et 3) les parties nourrissantes avant de relâcher (4) un déchet, le 3-méthyl-3-sulfanyl-hexane-1-ol, responsable de l'odeur de sueur.

croûte orange comme le munster ou le vieux-Lille. D'ailleurs la peau de nos pieds a souvent un reflet plus orange que celle du reste du corps. Dans les deux cas, des bactéries productrices de carotènes, et donc de la couleur orange, les brévibactéries, attaquent les protéines du lait ou de la peau et éliminent l'excès de soufre sous forme de méthane-thiol (CH_3SH), une molécule volatile qui sent... les pieds.

UN ANTIMOUSTIQUE AU MUNSTER

Ces odeurs cutanées sont d'ailleurs mises à profit par nos parasites: les moustiques nous localisent grâce au CO_2 émis par notre respiration, mais aussi par les produits de nos microbes cutanés, comme les acides butyrique et lactique, ou le méthyl-phénol et... le méthane-thiol. En 1996, Bart Knols et Ruurd de Jong, de l'université de Wageningen, aux Pays-Bas, avaient démontré qu'un fromage à croûte orange, le vieux Limburg, attirait efficacement les moustiques: les ressemblances des microbiotes et de leurs produits volatils expliquent l'efficacité de cet antimoustique inattendu.

La peau humaine émet, par comparaison à celle des autres mammifères, 10 à 100 fois plus d'acide lactique, qui attire aussi les moustiques. Ceux-ci sont plus attirés par les individus dont le microbiote cutané est à la fois dense en quantité et peu varié en espèces. Les peaux hébergeant plus de bactéries des genres *Variovorax* et *Pseudomonas* sont moins attractives pour les anophèles. Les «peaux à moustiques» sont donc en partie... des microbiotes à moustiques, tandis que d'autres microbiotes sont protecteurs!