

organisme se multiplient. Et certaines sont déjà opérationnelles.

DES ODEURS ET DES BACTÉRIES

Pour partie, notre odeur corporelle dépend de notre sexe, de notre âge, de nos émotions, de notre alimentation ainsi que des produits d'hygiène que nous utilisons. Elle varie aussi selon nos activités physiques et les parties de notre corps. Mais là n'est pas le principal ! Ce sont les 30000 milliards de bactéries commensales avec lesquelles nous vivons en symbiose (« commensal » signifie « qui partage la même table ») qui se rappellent à nous, entre autres, par l'odorat. Et de deux façons. D'une part, en fermentant nos sécrétions inodores qu'elles transforment en substances volatiles caractéristiques, pour la plupart odorantes, d'où résulte la variété d'odeurs des différentes parties de notre corps (bouche, vagin, intestin, pieds ou aisselles...). D'autre part, en produisant des composés organiques volatils odorants par leur propre métabolisme.

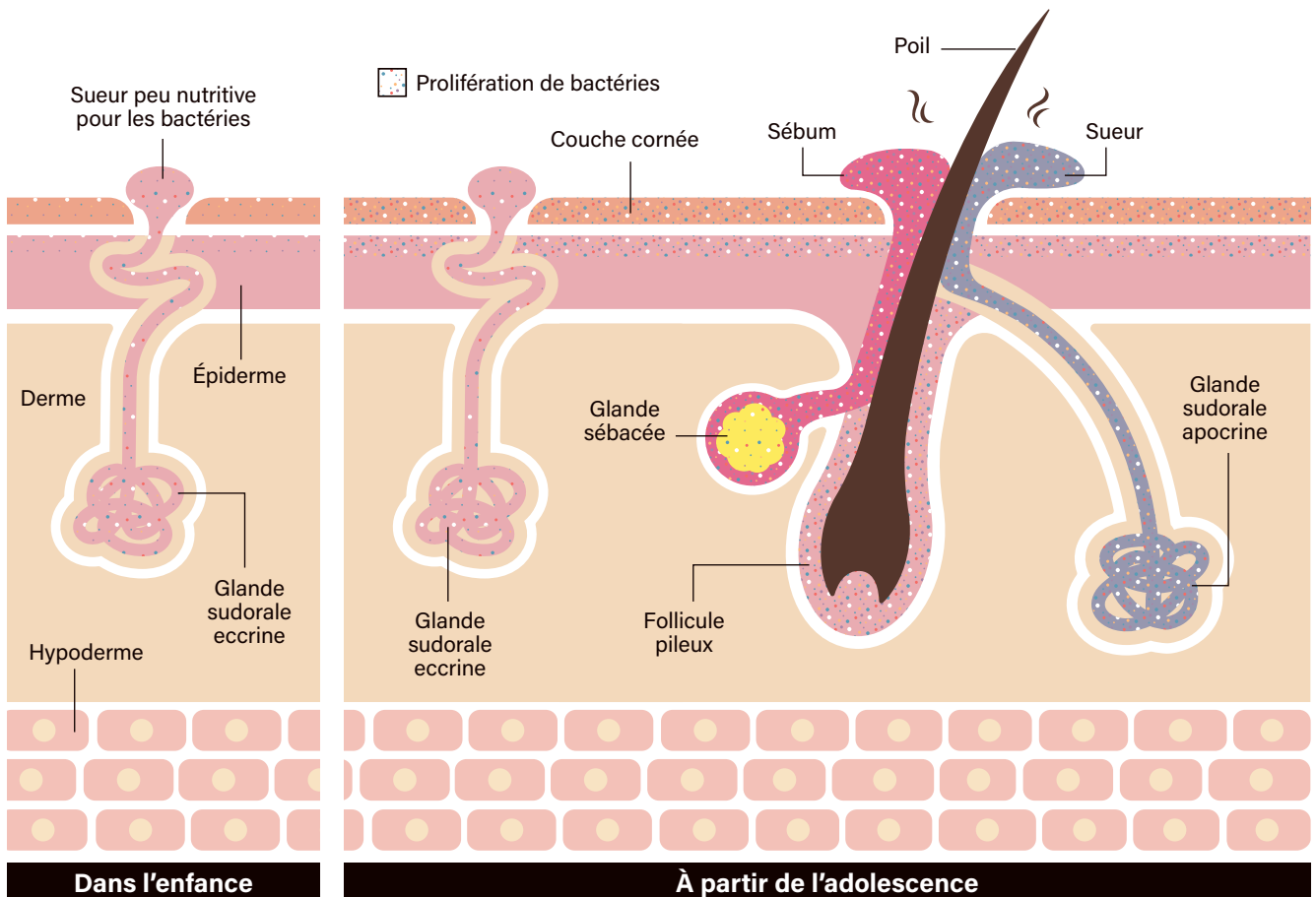
Faisons d'abord le tour de nos fermentations et sécrétions. Les milieux nourriciers que notre corps offre aux bactéries sont nombreux : débris alimentaires de la bouche, contenu intestinal et pulmonaire, cellules mortes de la peau, sécrétions vaginales et

cutanées, etc. Prenons l'exemple de la peau, une surface de 1,5 à 2 mètres carrés chez l'adulte : sur ce terrain hétérogène sont produites en permanence des sécrétions de composition variable, toutes inodores.

Certaines sécrétions cutanées sont gazeuses et assurent la thermorégulation de notre corps : elles sont liées à l'évaporation de l'eau par les pores de la peau sans sudation apparente (on parle de « perspiration insensible »). D'autres sont liquides : selon le système glandulaire en jeu, il s'agit de sueur qui s'évacue par les pores de la peau lorsque nous transpirons, ou de sébum. Certaines bactéries utilisent les composés contenus dans ces sécrétions comme nutriments. En les dégradant par voie enzymatique, elles produisent d'autres composés – des composés organiques volatils – capables de s'évaporer très facilement. Ce sont eux qui sont responsables des odeurs corporelles.

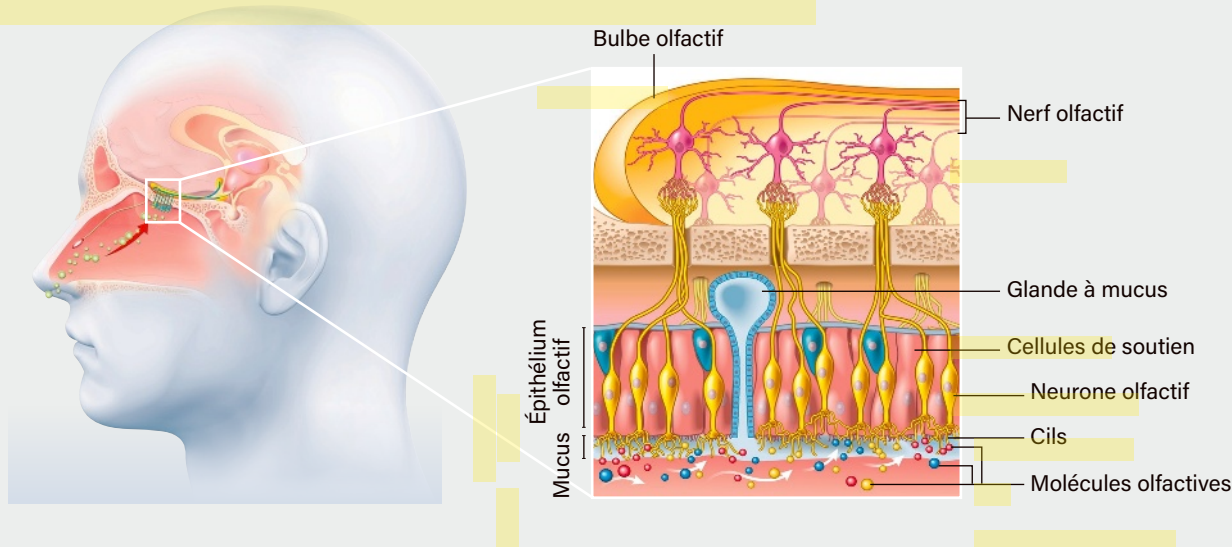
Il existe trois systèmes glandulaires : les glandes eccrines, apocrines et sébacées (voir la figure ci-dessous). Les glandes eccrines, actives dès la naissance et réparties sur tout le corps, produisent une sueur limpide, de pH 4 à 6,5, composée d'eau et d'ions à 99%, d'urée et de traces de composés organiques (cette sudation joue un rôle clé dans la thermorégulation du corps en cas d'effort physique).

À partir de l'adolescence, les glandes sébacées et apocrines entrent en action, produisant respectivement du sébum et de la sueur, qui contiennent des composés inodores propices aux bactéries. Celles-ci s'en nourrissent et produisent des molécules (mal)odorantes.



DES ODEURS À LEUR PERCEPTION

Si la surface réceptrice des molécules odorantes dans la cavité nasale ne mesure que 2 à 3 centimètres carrés, notre système olfactif est capable de distinguer plus de 1 000 milliards d'odeurs.



L'odeur est avant tout une sensation émotionnelle, très personnelle. Chacun a pu en faire l'expérience. Sa perception passe par notre odorat, un sens chimique, au même titre que le goût. Si, depuis les travaux d'Andreas Keller, à l'université Rockefeller, à New York, et son équipe, en 2014, l'on sait que le nez d'un humain entraîné peut distinguer au moins 1 000 milliards d'odeurs environ (le développement ancestral de l'art de la parfumerie et de l'art culinaire l'atteste), notre système olfactif est sans doute le système sensoriel le moins connu.

Il a fallu attendre l'avènement de technologies d'analyse comme la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse, dans les années 1970, pour que des chimistes parviennent à établir des liens entre structure moléculaire et type d'odeur. L'essor de la neurobiologie, à la fin des années 1980, a ensuite permis d'entrevoir les liens entre ces molécules et la sensation d'odeur. Enfin, la découverte en 1991 par les chercheurs américains Linda Buck et Richard Axel d'une nouvelle famille de plusieurs centaines de gènes correspondant aux récepteurs olfactifs a permis de mieux comprendre le système olfactif. Leurs travaux ont été récompensés par le prix Nobel de physiologie ou de médecine en 2004.

Voyons comment se déroule notre perception olfactive. Les préalables pour qu'une molécule soit odorante sont qu'elle soit en quantité suffisante dans l'air inspiré et qu'elle puisse s'évaporer facilement (se transformer en substances volatiles). Pour qu'elle soit perçue, il faut ensuite qu'elle rencontre notre cerveau en se fixant

à au moins un de nos récepteurs olfactifs. Ces protéines se situent sur les cils terminaux de nos neurones olfactifs, baignant dans notre mucus nasal, un milieu protecteur et hydrophile de 2 à 3 centimètres carrés dans la partie supérieure de notre cavité nasale. Cette rencontre n'est possible que si la molécule est suffisamment hydrophile pour traverser la couche de mucus, ou si elle se lie à des protéines de transport du mucus, qui l'acheminent alors aux récepteurs olfactifs.

Un humain produit environ 300 à 400 types de récepteurs olfactifs

Grâce aux travaux de Linda Buck et Richard Axel, on sait qu'il existe, chez l'humain, environ 300 à 400 types de récepteurs olfactifs et qu'un neurone olfactif ne porte qu'un seul type de récepteur. Quand une molécule volatile se fixe sur un de ces récepteurs, cela déclenche, via un type de protéines (les protéines G), une cascade moléculaire qui crée un influx nerveux. Tous les neurones olfactifs qui portent ce même type de récepteur convergent et apportent au cerveau un signal « pur » qui correspond à l'interaction chimique de la molécule et de ces

récepteurs. Comme un instrument produirait une note précise. Mais un type de récepteur peut fixer différentes molécules, et une molécule peut activer plusieurs récepteurs. On comprend vite la complexité des combinaisons possibles qui se traduisent par une variété d'accords olfactifs, pour reprendre l'analogie musicale.

La perception olfactive est particulièrement complexe. Ainsi, des molécules de structures proches ont parfois des odeurs très différentes. Y compris quand il s'agit d'énantiomères, c'est-à-dire de deux molécules identiques mais non superposables, comme le sont nos deux mains. Cet apparent paradoxe témoigne de l'importance fondamentale de la complémentarité de forme entre le site de liaison du récepteur olfactif et la molécule, tout comme il est impossible de placer sa main gauche dans l'empreinte moulée de sa main droite. De même, une molécule ne donne pas la même sensation odorante selon sa concentration : à faible concentration, elle se fixe en priorité sur les récepteurs olfactifs de plus forte affinité, puis, quand ceux-ci sont saturés, sur des récepteurs de moindre affinité, créant un signal neuronal différent.

C. Bushdid *et al.*, Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli, *Science*, vol. 343, pp. 1370-1372, 2014

Les glandes apocrines et sébacées ne deviennent actives, quant à elles, qu'après la puberté, ce qui explique que l'odeur corporelle d'un jeune enfant soit si différente de celle d'un adolescent ou d'un adulte. Elles se situent à l'intérieur des follicules pileux des zones génitales, des aréoles mammaires, du pourtour du nombril et des aisselles. Les glandes apocrines produisent une sueur laiteuse de pH 6 à 7,5, riche en matière organique (protéines, sucres et lipides), dont le rôle thermorégulateur est auxiliaire par rapport à celui des glandes eccrines. Les glandes sébacées sécrètent également du sébum, de pH 4,5 à 5,5, riche en matière grasse.

UN MICROBIOTE VARIÉ

Côté bactéries, la variété est également de mise. Grâce aux techniques de métagénomique, de nombreuses équipes de recherche se sont attelées à caractériser l'ensemble de nos bactéries, ou microbiote bactérien, *via* l'étude de leur génome, dans la foulée du programme de recherche américain Human Microbiome Project lancé en 2008. Cela a révélé l'existence de microbiotes divers et variés selon les sites anatomiques et les individus.

Reprenons l'exemple du microbiote cutané : il est abondant et diversifié, avec parfois plus

Notre corps héberge différents microbiotes bactériens, certains aérobies (qui ont besoin d'oxygène), d'autres anaérobies. Selon leurs bactéries spécifiques, ils produisent des molécules aux odeurs caractéristiques : ail, oignon, poireau, œuf ou chou pourris, beurre rance, vinaigre, fromage, fruit exotique...

de 1000 espèces bactériennes commensales. Assez stable chez un individu, il présente une grande variabilité interindividuelle. Par ailleurs, il n'est pas réparti de façon uniforme et différentes espèces bactériennes occupent des zones anatomiques distinctes (voir les figures pages 29 et 30). Certaines colonisent les zones grasses ou séborrhéiques (visage, occiput, intérieur des oreilles, haut du torse et dos), d'autres préfèrent les zones humides (fosse nasale, aisselles, espaces interdigitaux, sillon fessier, nombril...), d'autres encore, seulement les zones sèches comme les bras ou les fesses.

En outre, certaines bactéries sont anaérobies : leur métabolisme suppose l'absence d'oxygène. Elles vivent dans nos intestins, notre bouche, ou encore dans nos poumons ou les couches profondes de notre microbiote cutané que sont l'épiderme et le derme. Tous ces microbiotes exercent une double action bénéfique pour notre santé : ils participent à l'éducation du système immunitaire et créent un effet barrière contre les bactéries pathogènes, en occupant le terrain et en consommant les nutriments disponibles. Mais cette belle médaille a son revers : la production de molécules dont nous considérons certaines comme malodorantes, une notion surtout personnelle et culturelle (voir l'article page 34).

Bouche

Bactéries anaérobies

Aisselles

Staphylococcus

Corynebacterium

Cutibacterium

Intestin

Pieds

Staphylococcus

Brevibacterium

Disulfure d'hydrogène $\text{H}-\text{S}-\text{H}$

Méthanethiol $\text{HS}-\text{CH}_3$

Diméthylsulfure $\text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_3$

2-méthyl-3-mercaptoéthanol $\text{HS}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{OH}$

3-mercapto-hexanol-1 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$

3-mercapto-3-méthyl-hexanol-1 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{SH})(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{OH}$

Acide propanoïque/acétique $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$

Acide isovalérique $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$

Acide butyrique $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$