

particularité de créer des sensations odorantes différentes (caramel, beurre ou fromage) selon sa concentration.

CONTRÔLER LES ODEURS?

Après ces énumérations pas forcément appétissantes, y a-t-il moyen d'atténuer certaines de nos émanations odorantes? Deux pistes sont à l'étude. La première consiste à moduler le microbiote cutané par un transfert de microbiote axillaire, tout comme on transpose le microbiote fécal pour traiter certaines maladies intestinales. Chris Callewaert, à l'université de Gand, en Belgique, et ses collègues mènent un essai clinique dans ce sens, où les participants utilisent pendant un mois un spray contenant des bactéries connues pour être associées à une bonne odeur des aisselles, et pendant un mois un placebo, sans que ni eux ni les chercheurs ne sachent par quel spray ils ont commencé.

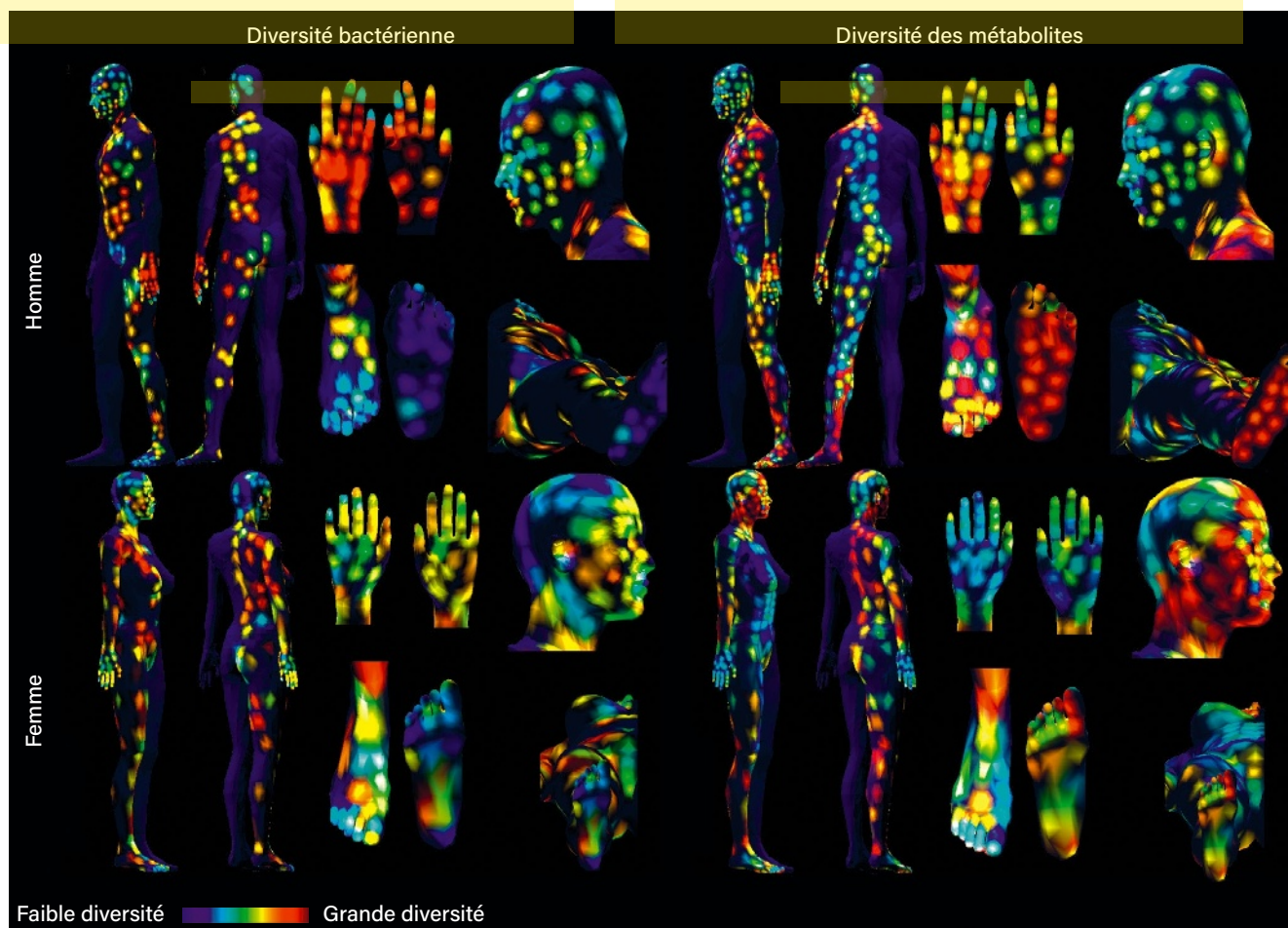
La seconde piste consiste à appliquer localement des probiotiques (bactéries ou levures) et est explorée par l'industrie cosmétique. Ainsi, la connaissance de nos microbiotes (oral, cutané, intestinal, pulmonaire...) permettrait de mieux cerner et, pourquoi pas, de modifier notre personnalité odorante.

Au-delà de l'envie de plaire et de sentir bon, moduler le microbiote cutané pourrait être d'un grand secours pour ceux qui se font dévorer par les moustiques, un désagrément qui se solde par des démangeaisons mais aussi par un risque accru de graves maladies telles que le paludisme, le chikungunya ou la dengue. Là encore, des variations interindividuelles font que l'on attire plus ou moins ces insectes piqueurs. Les femelles de moustiques sont en effet guidées vers leur victime par des signaux physiques, visuels, thermiques, mais aussi olfactifs.

DIVERSITÉ MICROBIENNE

Chez un homme (*en haut*) et une femme (*en bas*) qui ne se sont pas lavés depuis trois jours, à l'aide d'un coton-tige, prélevez environ 400 échantillons à différents endroits de la peau, analysez leur composition bactérienne (par métagénomique) et leur composition en métabolites (par spectrométrie de masse), puis sur chaque corps, représentez la diversité bactérienne (à gauche) et la diversité chimique (à droite) de chaque échantillon.

C'est l'expérience qu'Amina Bouslimani, à l'université de Californie à San Diego, et ses collègues ont menée en 2015 sur deux individus. Résultat : la diversité bactérienne varie d'un individu à l'autre, et aucune corrélation n'est observée entre diversité bactérienne et diversité chimique, signe que la composition moléculaire sur la peau n'est pas seulement définie par le microbiote, mais aussi par nos habitudes de vie, notamment les produits cosmétiques et d'hygiène.



Depuis 2009 et les premiers travaux de Niels Verhulst et ses collaborateurs, à l'université de Wageningen, aux Pays-Bas, on sait que, d'une façon générale, les personnes qui attirent les moustiques présentent une plus forte densité bactérienne sur la peau, doublée d'une diversité plus faible. Cette même équipe a établi en 2011 que les composés organiques volatils que produit *Staphylococcus epidermis* sont très attractifs, alors que ceux de *Pseudomonas aeruginosa* ne le sont pas.

À plus grande échelle, c'est la lutte contre le paludisme qui pourrait bénéficier de ces recherches. Une des pistes étudiées pour éradiquer cette maladie consiste à utiliser des pièges à moustiques pourvus d'appâts à base de composés organiques volatils que produisent les individus présentant une forte attractivité pour ces insectes. Avec l'espoir un jour de mieux contrôler les populations de moustiques sans utiliser d'insecticides. En France, en 2014, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a soutenu un projet (le projet Attractigre) qui a permis d'identifier des bactéries cutanées attractrices du moustique-tigre (*Aedes albopictus*). Il reste néanmoins à démontrer la faisabilité de ces pièges à moustiques odoriférants.

PISTER LES MALADIES À L'ODEUR

En plus de produire des odeurs à partir de sécrétions humaines inodores, certaines bactéries fabriquent, par leur propre métabolisme, des composés organiques volatils aux odeurs caractéristiques. Les bactériologistes expérimentés et dotés d'un bon sens de l'odorat travaillent d'ailleurs toujours beaucoup à l'odeur. C'est la première chose qui frappe en ouvrant une boîte de Petri, le dispositif classique pour cultiver des bactéries en laboratoire. C'est même un jeu non dénué d'humour entre bactériologues de repérer les bactéries à odeur agréable de carambar comme *Streptococcus anginosus*, *S. intermedius* et *S. constellatus*; *Pseudomonas aeruginosa*, qui sent la fleur de seringat, proche du jasmin; *Clostridioides difficile*, qui sent le crottin de cheval (par libération de crésol) ou encore *Staphylococcus lugdunensis*, qui sent la rosette de Lyon. Le problème se corse quand on change de laboratoire car ces référentiels sont très subjectifs: ainsi, d'un laboratoire à un autre, *Haemophilus influenzae* sent le sous-bois... ou la souris.

Il n'en reste pas moins que chaque bactérie pathogène produit une odeur spécifique et que des maladies, infectieuses ou non, peuvent être diagnostiquées sur cette base. Certains médecins s'aident d'ailleurs de leur odorat pour établir leur diagnostic: une haleine aux relents d'œuf pourri peut ainsi trahir un diabète ou une insuffisance

hépatique. Les vaginoses bactériennes dues à la prolifération notamment de *Gardnerella vaginalis*, productrice d'ammoniac, s'accompagnent d'une odeur de poisson pourri. De même, des personnels soignants expérimentés savent reconnaître la colite récidivante à *Clostridioides difficile* en sentant les selles du patient, ou les plaies infectées par *Pseudomonas aeruginosa* à leur odeur fruitée proche de la pomme pourrie. D'autres sont même sensibles à l'odeur de la maladie de Parkinson.

La détection olfactive de bactéries pathogènes est en fait pratiquée depuis l'Antiquité. Dès cette époque, Hippocrate avait mis en évidence la modification des odeurs corporelles par les maladies et préconisait aux médecins de brûler les crachats de leurs patients et de sentir la fumée pour diagnostiquer la tuberculose. Aujourd'hui encore, on diagnostique cette maladie, qui a encore tué 1,4 million de personnes dans le monde en 2019, à partir de l'analyse de crachats. C'est un prélèvement facilement accessible, mais qui ne donne qu'un reflet partiel du microbiote pulmonaire. Il faut parfois explorer des zones profondes et recourir à des méthodes invasives comme la bronchoscopie ou le lavage bronchoalvéolaire pour avoir un diagnostic fiable.

EXPLOITER L'ODORAT DES ANIMAUX

De nombreuses expériences ont été menées, notamment avec des chiens renifleurs, pour tirer parti de leur odorat 100 000 fois plus sensible que celui des humains. On utilise déjà leurs performances impressionnantes pour détecter les personnes, les armes, les bombes, les stupéfiants ou la nourriture. Les chiens dressés figurent aussi en bonne place dans les nombreuses expériences menées pour diagnostiquer des maladies infectieuses. Ils sont par exemple capables d'aider au diagnostic microbiologique des infections intestinales à *Clostridioides difficile*, des infections urinaires à *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ou *Enterococcus faecalis*, ou encore de dépister des cancers du sein.

Ainsi, en 2017, Isabelle Fromantin, à l'Institut Curie, à Paris, et ses collègues ont entraîné deux chiens à reconnaître un cancer du sein parmi quatre échantillons de sueur. Puis ils ont testé les chiens sur 130 échantillons de sueur: les chiens ont détecté 90,3% des cas de cancer du sein. L'équipe a lancé en 2020 la deuxième phase du projet, nommé Kdog: une étude clinique de trois ans sur 450 volontaires présentant une mammographie anormale.

Autre exemple: une étude menée par Jane Davies, à l'Imperial College de Londres, publiée en 2019, a montré que deux à quatre chiens entraînés à reconnaître l'odeur de la



À LIRE

Geneviève Héry-Arnaud
a récemment publié
**Ces microbes qui nous
veulent du bien,**
Humensciences, 2021