

GROUPE POUR LA SCIENCE

Directrice des rédactions: Cécile Lestienne

HORS-SÉRIE POUR LA SCIENCE

Rédacteur en chef adjoint: Loïc Mangin

Maquettiste: Ghislaine Salmon-Legagneur

Révisseuses: Maud Bruguère, Anne-Rozenn Jouble

POUR LA SCIENCE

Rédacteur en chef: Maurice Mashaal

Rédactrice en chef adjointe: Marie-Neige Cordonnier

Rédacteurs: François Savatier, Sean Bailly

Développement numérique: Philippe Ribeau-Gésippe

Community manager: Aëla Keryhuel

Conception graphique: William Londiche

Directrice artistique: Céline Lapert

Maquette: Pauline Bilbault, Ingrid Leroy, Charlotte Calament

Révisseuse: Anne-Rozenn Jouble

Marketing & diffusion: Charline Buché

Cheffe de produit: Eléna Delanne

Direction du personnel: Olivia Le Prévost

Secrétariat général: Nicolas Bréon

Fabrication: Marianne Sigogne et Zoé Farré-Vilalta

Directeur de la publication et gérant: Frédéric Mériot

Anciens directeurs de la rédaction: Françoise Pétry
et Philippe Boulanger

Conseiller scientifique: Hervé This

PRESSE ET COMMUNICATION

Susan Mackie

susan.mackie@pourlascience.fr • Tél. 01 55 42 85 05

PUBLICITÉ France

stephanie.jullien@pourlascience.fr

ABONNEMENTS

Abonnement en ligne: <http://boutique.pourlascience.fr>

Courriel: pourlascience@abopress.fr

Tél.: 03 67 07 98 17

Adresse postale:

Next2C - Service abonnements Pour La Science

26 bd du Président Wilson

CS 40032

67085 Strasbourg Cedex

Tarifs d'abonnement 1 an (16 numéros)

France métropolitaine: 79 euros - Europe: 95 euros

Reste du monde: 114 euros

DIFFUSION

Contact kiosques: À Juste Titres; Stéphanie Troyard

Tél. 04 88 15 12 48

Information/modification de service/réassort:

www.direct-editeurs.fr

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor in chief: Laura Helmuth

President: Dean Sanderson

Executive Vice President: Michael Florek

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou les documents contenus dans la revue « Pour la Science », dans la revue « Scientific American », dans les livres édités par « Pour la Science » doivent être adressées par écrit à « Pour la Science S.A.R.L. », 162 rue du Faubourg Saint-Denis, 75010 Paris.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le nom commercial « Scientific American » sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence accordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

Origine du papier: Italie

Taux de fibres recyclées: 0%

« Eutrophisation » ou « Impact sur l'eau »: P_{tot} 0,008 kg/tonne

Ce produit est issu de forêts gérées durablement et de sources contrôlées.



10-32-2813

/ Certifié PEFC / pefc-france.org



LOÏC MANGIN
Rédacteur
en chef adjoint

Les maîtres du monde

Le 28 août 2020, à Tokyo, Shinzo Abe, le premier ministre du Japon, a annoncé sa démission pour des raisons de santé. La cause? L'aggravation d'une rectocolite hémorragique, une maladie inflammatoire chronique des intestins (une Mici), dont il souffre depuis l'adolescence. Or pour expliquer cette maladie, on incrimine, avec d'autres facteurs, une perturbation du microbiote intestinal: ainsi, des bactéries font de la politique et décident de la marche du monde!

Ce n'est pas nouveau. Toutes les formes de vie sans exception, végétales et animales, et donc humaines, cohabitent depuis leur apparition avec les microorganismes qu'ils hébergent ou rencontrent. S'est alors tissé un dense réseau inextricable d'interactions, d'interdépendances dont on commence seulement à entrevoir l'importance et la portée.

Concernant notre espèce, les chercheurs découvrent tout ce que nous devons aux microbiotes, celui de l'intestin, mais aussi ceux de la peau, de la bouche... et même celui récemment découvert des poumons. Et ce numéro le montre, leurs bienfaits sur notre organisme sont considérables!

Il est donc urgent d'intégrer les microorganismes dans une nouvelle vision de la vie sur Terre et de repenser les rapports entre humains et environnement. Philippe Descola, du Collège de France, y voit un nécessaire tournant anthropologique, vers une pratique paradoxale-ment moins anthropocentrique, car elle cesserait de ravalier les non-humains à une fonction d'entourage. Selon lui, c'est « un exercice qui va à rebours de plusieurs siècles d'exceptionnalisme humaniste ».

Il s'agit pour nous de retrouver notre juste place: la Terre n'est pas au centre de l'Univers; notre espèce n'est pas au sommet de l'évolution; et nos organismes sont le jouet de microbes. ■

LES VRAIS POUVOIRS des microbiotes

Constituez
votre collection
de *Hors-Séries*
Pour la science
Tous les numéros
depuis 1996

pouirlascience.fr



P. 6

Repères

Glossaire, atlas, schémas, photos...
l'indispensable pour apprécier ce numéro.

P. 10

Avant-propos

ÉRIC BAPTESTE

« Les microbes sont
passés du statut d'ennemi
à celui d'allié potentiel et,
plus encore, de coarchitecte
de notre monde »



UN MICROBIOTE, DES MICROBIOTES

P. 16

L'intestin, un monde de bactéries

Hervé Blottière et Joël Doré

Notre flore intestinale est un pilier
de notre organisme dont il faut prendre soin.

P. 20

Des microbes à fleur de peau

Marc-André Selosse et Véronique Delvigne

On leur doit des odeurs déplorables, mais
les microbes de notre peau sont aussi nos alliés.

P. 28 Portfolio

Autoportraits au microbiome

François-Joseph Lapointe

P. 32

Des bactéries à pleins poumons

Geneviève Héry-Arnaud

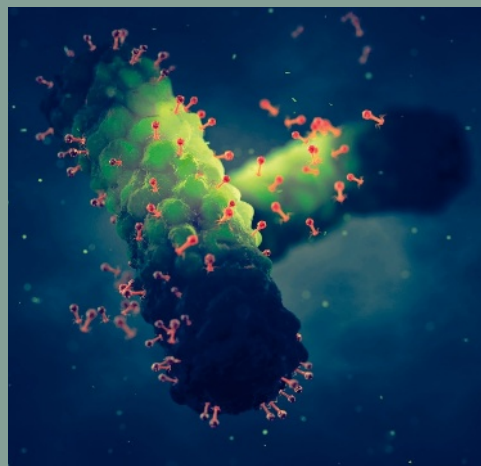
Longtemps ignoré, le microbiote pulmonaire
n'est connu que depuis une dizaine d'années.

P. 40

Le microbiote fait la fine bouche

*Émile Boyer, Martine Bonnaure-Mallet
et Vincent Meuric*

Les bactéries de notre bouche sont réparties
en plusieurs écosystèmes.



DES COMPAGNONS DE LONGUE DATE

P.48 *Entretien*

« La notion d'organisme véhicule une vision du monde qui dissimule les interactions avec les microbes »

Marc-André Selosse

P.54

Je est un autre, pluriel

Éric Baptiste

La théorie de l'évolution doit tenir compte des microbes avec lesquels nous interagissons.

P.58

Le feu sacré de la vie

Antoine Danchin

Grâce au microbiote, la domestication du feu a allongé la longévité humaine.

P.64

Cache-cache dans l'intestin

Lorenzo Chaffringeon, Laurent Debarbieux et Luisa de Sordi

Comment les bactéries du microbiote intestinal échappent-elles aux virus qui les ciblent?



INDISPENSABLES À NOTRE SANTÉ

P.70

Soigner par le microbiote : où en est-on ?

Nathalie Rollion et Harry Sokol

Les premiers soins fondés sur le microbiote apparaissent, mais il reste beaucoup à apprendre.

P.78

Les microbes, des alliés contre le cancer

Meriem Messaoudene, Bertrand Routy et Myriam Benlaïfaoui

On peut modifier le microbiote intestinal pour mieux lutter contre les tumeurs.

P.86 *Entretien*

« Ces bactéries qui luttent contre le stress et l'anxiété... »

Anne-Judith Waligora-Dupriet et Marie-José Butel

P.92

Le maître de la faim

Christine Heberden

Envie d'un deuxième dessert? C'est peut-être votre microbiote qui vous joue des tours...

P.100

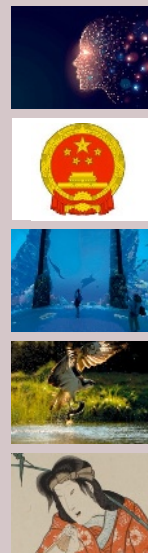
Bien dans son ventre, bien dans sa tête

V. Daugé, M. Jaglin, L. Naudon et S. Rabot

Pourrait-on soigner les maladies mentales par le ventre plutôt que par le cerveau?

P.108

À lire en plus



RENDEZ-VOUS

par Loïc Mangin

P.110

Rebondissements

Sortir de l'inconscience •

Éditer le génome mitochondrial •

La traversée du tunnel •

Une énergie sombre plus précoce que prévu? •

P.114

Données à voir

Et le gagnant est...

P.116

Les incontournables

Des livres, des expositions, des sites internet, des vidéos, des podcasts...

à ne pas manquer.

P.118

Spécimen

Si, par hasard, le balbuzard...

P.120

Art & Science

Le charme discret des dents noires

L'ATLAS DES MICROBIOTES

POUMON

10^5

bactéries par millilitre de liquide bronchoalvéolaire chez l'adulte (une densité de 1 à 10 millions de fois inférieure à celle de l'intestin).

140

familles distinctes.

PLACENTA ET UTÉRUS

Longtemps supposés exempts de microbes, ces organes abriteraient une petite flore bactérienne. Mais cette hypothèse reste à confirmer.

INTESTIN

$3,9 \times 10^{13}$

bactéries, soit à peu près autant que de cellules humaines.

1000

espèces.

95% du microbiote intestinal est représenté par 5 phyla bactériens: Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria et Verrucomicrobia.

Le microbiote intestinal compte aussi des levures, des archées, des virus...

ŒIL

La conjonctive, la membrane la plus externe de l'œil abrite quelques bactéries (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Haemophilus*, *Neisseria*...) et des levures.

BOUCHE

10^9

bactéries par milligramme de plaque dentaire.

700

espèces.

PEAU

10^{12}

bactéries, soit 10^6 par centimètre carré.

500

espèces.

VAGIN

De **10^8** à **10^9**

bactéries par millilitre de sécrétion.

300

espèces.

Les plus nombreuses appartiennent au genre *Lactobacillus*. Elles produisent de l'acide lactique qui empêche les infections par d'autres microorganismes.

