

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice des rédactions : Cécile Lestienne

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédactrice en chef adjointe : Marie-Neige Cordonnier

Rédacteurs : François Savatier, Philippe Ribeau-Gésippe,
Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe,
assisté d'Alice Maestracci

Directrice artistique : Céline Lapert

Maquette : Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy,
assistés de Cassandra Vion

Correction et assistance administrative : Anne-Rozenn Jouble

Marketing & diffusion : Laurence Hay et Ophélie Maillat

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Marianne Sigogne et Olivier Lacan

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Anciens directeurs de la rédaction : Françoise Pétry
et Philippe Boulanger

Conseiller scientifique : Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Maud Bruguère, Michel Campillo, Florent Michel et Éric Ragoucy

PRESSE ET COMMUNICATION

Susan Mackie

susan.mackie@pourlascience.fr - 01 55 42 85 05

PUBLICITÉ France

Directeur de la publicité : Jean-François Guillotin

jf.guillotin@pourlascience.fr

Tél. : 01 55 42 84 28 • Fax : 01 43 25 18 29

ABONNEMENTS

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

Courriel : pourlascience@abopress.fr

Téléphone : 03 67 07 98 17

Adresse postale : Service des abonnements - Pour la Science,
19 rue de l'Industrie, BP 90053, 67402 Illkirch Cedex

Tarifs d'abonnement 1 an - 12 numéros

France métropolitaine : 59 euros - Europe : 71 euros

Reste du monde : 85,25 euros

COMMANDES DE LIVRES OU DE MAGAZINES

<http://boutique.pourlascience.fr/>

DIFFUSION

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel. : 04 88 15 12 41

Information/modification de service/réassort :

www.direct-editeurs.fr

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina.

Executive editor : Fred Guteri. Design director : Michael Mrak. Editors :
Ricky Rusting, Philip Yam, Robin Lloyd, Mark Fischetti, Seth Fletcher,
Christine Gorman, Michael Moyer, Gary Stix, Kate Wong.

President : Keith McAllister. 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. », 8 rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de tra-
duction, 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 inter-
dit de reproduire intégralement ou partiellement
la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou
du Centre français de l'exploitation du droit de co-
pie (20 rue des Grands-Augustins - 75006 Paris).



Maurice Mashaal
rédacteur en chef

Si petits, si méconnus

Microbe : ce mot n'a pas bonne réputation, au point d'être parfois employé en guise d'insulte. Mais il est temps de le réhabiliter. Bien sûr, comme on l'a appris depuis la fin du XIX^e siècle, beaucoup de maladies dont souffrent les humains, les animaux et les plantes sont dues à des microorganismes – virus, bactéries, protozoaires, champignons... Mais il est injuste d'associer systématiquement les microbes aux infections et à la saleté.

On savait déjà que certains microorganismes nous sont utiles, pour faire du vin, du fromage, des vaccins ou des antibiotiques, que la plupart des autres sont inoffensifs et que beaucoup, notamment dans le plancton marin, offrent à travers l'objectif d'un microscope un merveilleux spectacle. Aujourd'hui, il y a bien plus : les découvertes

Un rôle essentiel dans les écosystèmes, une remise en cause de la notion d'organisme...

des biologistes bouleversent notre connaissance des microbes et révèlent que leur rôle est essentiel dans l'histoire et l'évolution du vivant, dans les écosystèmes et dans nos corps.

Depuis quelques années, grâce aux techniques de séquençage à haut débit et aux méthodes bio-informatiques associées, on peut analyser le matériel génétique global contenu dans une goutte d'eau, une poignée de sol ou un prélèvement fait dans le système digestif. Un nouveau monde se révèle ainsi : une diversité microbienne insoupçonnée, dont l'exploration n'est qu'à ses débuts, mais aussi des interactions complexes et inattendues avec les grands organismes, à l'instar des liens étonnants trouvés entre la santé et la composition de la flore intestinale. Et à cela s'ajoute un profond renouvellement des réflexions sur les premières formes de vie, sur leur évolution, sur la notion même d'organisme, mise à mal par le rôle des microbes. La microbiologie de ce début de siècle méritait bien que *Pour la Science* lui consacre un numéro spécial ! ■

3 **Édito**

Actualités

6 **Le rayonnement des trous noirs simulé en laboratoire**



7 **La pollution de l'air touche le cerveau**

8 **Un séisme lent aurait déclenché un tremblement de terre violent**

8 **Comment les fourmis retrouvent leur chemin**

10 **Les prix Nobel 2016**

12 **Quand la microglie remodèle le cerveau**

Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

14 **Entretien**
« La connaissance n'est pas réductible à l'information »
Jean-Louis Ermine

16 **Homo sapiens informaticus**
À l'ère du télégraphe portable
Gilles Dowek

18 **Cabinet de curiosités sociologiques**
Pourquoi surestime-t-on le nombre de musulmans ?
Gérald Bronner

page 23

Le nouveau monde des microbes

24 **CHRONOLOGIE**
La microbiologie en quelques dates

26 **ÉVOLUTION**
« L'arbre du vivant cachait une forêt »
Entretien avec Hervé Le Guyader

32 **INFOGRAPHIE**
La matière noire du vivant

34 **ÉVOLUTION**
Microorganismes : une évolution collective
Bianca Sclavi et John Herrick

42 **VIROLOGIE**
La cellule virale, rouage de la vie
Patrick Forterre

50 **VIROLOGIE**
Les virus géants, des fossiles vivants de cellules primitives ?
Chantal Abergel et Jean-Michel Claverie

54 **MÉDECINE**
Microbiote intestinal : les bienfaits de la diversité
J. Doré, K. Clément, S. Ehrlich et H. Blottière

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement
Pour la Science brochés sur la totalité du tirage.
En couverture : © VectorPlotnikoff / shutterstock.com ; Pour la Science

60 NEUROSCIENCES
Autisme : la piste de la flore intestinale
Marion Leboyer et Alexandru Gaman

62 IMMUNOLOGIE
Vers une nouvelle vision de l'immunité
Thomas Pradeu

64 PHILOSOPHIE DE LA BIOLOGIE
D'Homo sapiens à Chosmo sapiens
Éric Baptiste

68 BIOLOGIE MARINE
« Plus du tiers des microorganismes planctoniques repérés par Tara Oceans sont inconnus »
Entretien avec Éric Karsenti

74 BIOLOGIE VÉGÉTALE
Microbiote : les plantes aussi !
S. Uroz, A. Cébron, A. Deveau et F. Martin

80 ÉCOLOGIE
Au-delà de l'organisme, l'holobionte
Marc-André Selosse

86 ÉPIDÉMIOLOGIE
« Une grande partie des maladies émergentes résultent des pressions humaines sur les écosystèmes »
Entretien avec Jean-François Guégan

90 MÉDECINE
Résistance aux antibiotiques : une menace grandissante
Sean Bailly

92 MÉDECINE
La phagothérapie ou soigner avec des virus
Laurent Debarbieux

98 BIOTECHNOLOGIES
Les microbes à notre service
Hélène Gélot et Marine Bollard

Rendez-vous

104 Logique & calcul
Du bitcoin à Ethereum : l'ordinateur-monde
Jean-Paul Delahaye

Les « organisations autonomes décentralisées » sont des programmes indestructibles fonctionnant sans que personne ne puisse en prendre le contrôle. Elles ouvrent des perspectives inattendues.

110 Science & fiction
Interstellar : plongée dans le tesseract
Roland Lehoucq et J. Sébastien Steyer

113 Idées de physique
La punaise d'eau remonte la pente
Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik



116 Question aux experts
Les Normands descendent-ils des Vikings ?
Vincent Carpentier

118 Science & gastronomie
Consistances fibreuses
Hervé This

120 À lire

122 Bloc-notes
Les chroniques de Didier Nordon

POUR LA SCIENCE LETTRE D'INFORMATION

Ne manquez pas la parution de votre magazine grâce à la **NEWSLETTER**

- Notre sélection d'articles
- Des offres préférentielles
- Nos autres magazines en kiosque

Recevez gratuitement la lettre d'information en inscrivant uniquement votre adresse mail sur www.pourlascience.fr