

■ POUR LA

SCIENCE

Mai 2013 - n° 427

www.pourlascience.fr

Édition française de Scientific American

La naissance de la **créativité**

Plus de 100 000 ans
avant Lascaux ?

Le coelacanthe

Rencontre sous-marine
avec un cousin proche

Le béton flexible

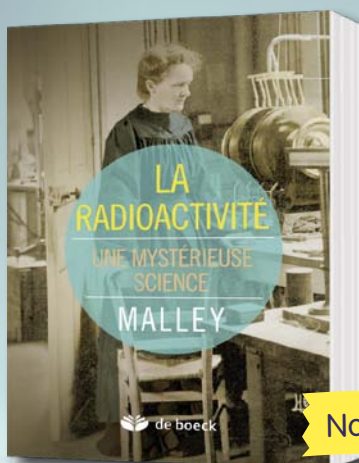
Résistant aux séismes

Les objets complexes

Courts à programmer,
longs à calculer

M 02687 - 427 - F : 6,20 €





Nouveauté

LA RADIOACTIVITÉ

Une mystérieuse science

Marjorie C. Malley 256 p. • 22 €

L'histoire étonnante du phénomène appelé radioactivité. Un récit attrayant des divers événements historiques qui ont abouti à la découverte et à l'interprétation de la radioactivité.



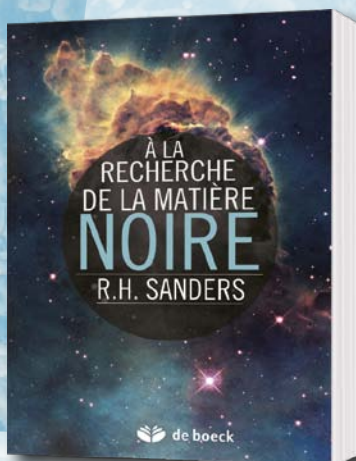
Nouveauté

DE L'ÉLECTRON À LA RÉACTION

Entre forme et déformation

Jérôme Joubert 150 p. • 29 € • *Tout en couleurs*

L'esthétique de la chimie quantique dans une approche qualitative des structures et des phénomènes qui régissent tant notre environnement immédiat que l'univers.

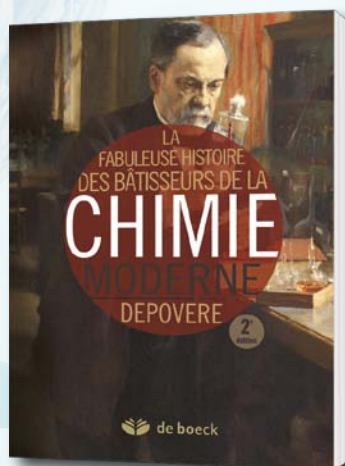


À LA RECHERCHE DE LA MATIÈRE NOIRE

Histoire d'une découverte fondamentale

Robert Sanders 230 p. • 22 €

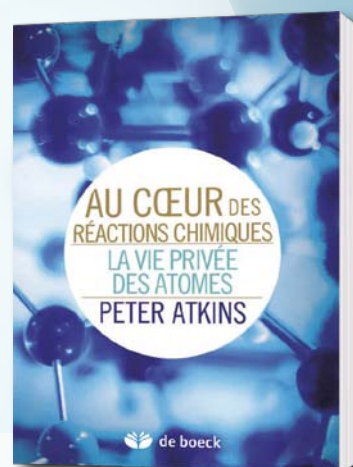
La matière noire permet de trouver une explication à une multitude d'observations astronomiques. Comment et pourquoi cette forme mystérieuse de matière dans l'Univers s'est imposée jusqu'à devenir le paradigme majeur de l'astrophysique.



LA FABULEUSE HISTOIRE DES BÂTISSEURS DE LA CHIMIE MODERNE

Paul Depovere 176 p. • 14 €

Une découverte passionnante de quelques avancées parmi les plus spectaculaires de la chimie dite moderne, ainsi que des circonstances et des acteurs qui ont fait naître cette science.



AU COEUR DES RÉACTIONS CHIMIQUES

La vie privée des atomes

Peter William Atkins 198 p. • 25 €

Tout en couleurs

Les réactions entre atomes constituent l'essence même de la chimie. Peter Atkins propose au lecteur une expérience inédite : être parmi les atomes, en témoin direct des processus déclenchés.

PLAISIRS DES SCIENCES

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

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

Dossiers H.S. Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho H.S.

Rédactrice : Bénédicte Salthun-Lassalle

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacquenet,
Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe

Marketing : Élise Abib assistée de Anaïs Grelet

Direction financière : Anne GUSDORF

Direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Anne-Sylvie André-Mayer, Marcel Berger, Jean-Marie Bourre,

François Boussin, Françoise Combes, Timur Delahaye,

Eitan Haddok, Hugo Mouquet, Marc-André Mouthon,

Christophe Pichon, Anne Pommier, Pierre Salati,

Daniel Tacquenet, Richard Taillet, Paul Van Praag

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guilloin

(j.f.guilloin@pourlascience.fr), assisté de Nada Mellouk-Raja

Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97 • Fax : 01 43 25 18 29

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré. Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

<http://tinyurl.com/abonnements-pourlascience>

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris cedex 06

Commande de livres ou de magazines :

0805 655 255 (numéro vert)

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel : 04 88 15 12 41

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal,

Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina. Editors : Ricky Rusting, Philip Yam, Gary Stix, Davide Castelvecchi, Graham Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong. President : Steven Inchoombe. Vice President : Frances Newburg.

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 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].



Associations libres

Les neurosciences nous livrent régulièrement de nouveaux indices sur le fonctionnement du cerveau et sur les mécanismes qui sous-tendent la cognition, les émotions, le traitement des informations sensorielles, mais aussi la prise de décision ou les causes des maladies mentales. Une des découvertes récentes parmi les plus étonnantes est celle de l'activité de repos du cerveau. Même quand nous n'accomplissons aucune tâche cognitive, que nous ne pensons à rien de précis, notre cerveau « travaille ». Qui plus est, cette activité de repos est presque aussi intense que celle du cerveau pensant.

Or l'esprit vagabond, celui qui correspond à l'activité de repos, facilite les approches inédites des problèmes, les associations d'idées. Ces dernières sont dues en partie au fait que les sens ne sont pas indépendants. Ainsi, l'ouïe est influencée par la vue, l'odorat par le toucher, tous les sens pouvant interagir (voir *La fusion des sens*, page 60). Les associations inédites ou la coloration d'une perception sensorielle par une autre sont sources de créativité.

L'activité du cerveau au repos favorise les associations d'idées et la créativité.

Est-ce parce que le volume de leur cerveau avait augmenté, et que plus un cerveau est volumineux, plus il serait propice aux associations libres, que *Homo sapiens* s'est montré plus créatif que ses ancêtres ? C'est du moins l'hypothèse avancée par certains paléontologues (voir *Les origines de la créativité*, page 22).

La créativité – c'est une évidence – est un moteur des découvertes et de l'innovation. Le satellite *Planck* en est un exemple. Il a été conçu pour établir avec plus de précision que ses prédécesseurs une carte du fond diffus cosmologique, cette image de l'Univers primordial (voir *Planck, géomètre de l'Univers primordial*, page 44). Les données transmises confirment le modèle du Big Bang, mais permettent aussi d'étudier la répartition dans l'Univers de la matière ordinaire et de la matière noire, ainsi que la densité de l'énergie sombre. Or certains neuroscientifiques qualifient l'activité cérébrale de repos d'énergie sombre du cerveau, par analogie avec l'énergie sombre dont on ignore la nature, mais qui est indispensable pour expliquer les propriétés de l'Univers. Peut-on imaginer que les résultats de *Planck* feront progresser l'étude du cerveau ? ■

1 ÉDITO

4 BLOC-NOTES

Didier Nordon

Actualités

6 Des anticorps à large spectre pour neutraliser le VIH

7 Un Néandertalien métis

9 Pierre Deligne, prix Abel 2013



10 Manger de la viande augmente-t-il le risque de décès ?

... et bien d'autres sujets.

Opinions

16 POINT DE VUE

La physique quantique en une minute ? C'est possible !

Joël Chevrier et Julien Bobroff

17 DÉVELOPPEMENT DURABLE

S'aider du vivant pour restaurer les écosystèmes

Thierry Dutoit

21 VRAI OU FAUX

À l'âge adulte, les neurones se renouvellent-ils ?

Alexandra Veyrac



Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement *Pour la Science* brochés sur la totalité du tirage, une offre d'abonnement spéciale *Pour la Science* p. 24 et une sélection de livres *Pour la Science/Belin/Le Pommier* en p. 76.
En couverture : © David Palumbo

À LA UNE

PRÉHISTOIRE 22

Les origines de la créativité

Heather Pringle

De nouvelles preuves archéologiques d'ingéniosité indiquent que la créativité artistique et technique est apparue bien plus tôt qu'on ne le pensait.



30 ZOOLOGIE Dans le monde secret des cœlacanthes

Hugo Dutel, Marc Herbin, Laurent Ballesta et Gaël Clément

Espèce menacée vivant dans les profondeurs marines, le cœlacanthe est un poisson apparenté aux vertébrés terrestres et encore mal connu. Une équipe de plongeurs a réussi à l'observer dans son milieu naturel.



38 SCIENCE ET SOCIÉTÉ L'étonnant retour de la médecine traditionnelle chinoise

Paul Unschuld

La Chine moderne a voulu remplacer son ancienne tradition thérapeutique par la médecine occidentale. Mais l'intérêt occidental pour la médecine traditionnelle chinoise a entraîné une renaissance de cette dernière.

44 COSMOLOGIE **Planck, géomètre de l'Univers primordial**

Alain Riazuelo

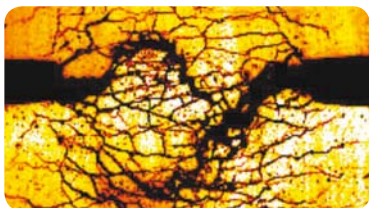
Les données du télescope spatial *Planck* sur le fond diffus cosmologique, le rayonnement le plus ancien de l'Univers, confirment les hypothèses principales du modèle du Big Bang avec une précision notablement supérieure à celle des expériences précédentes.



52 MATÉRIAUX ET STRUCTURES **Du béton flexible**

Victor Li

Les infrastructures en béton se détériorent vite et sont vulnérables aux tremblements de terre. Pour y remédier, les ingénieurs développent des bétons flexibles.



60 NEUROSCIENCES **La fusion des sens**

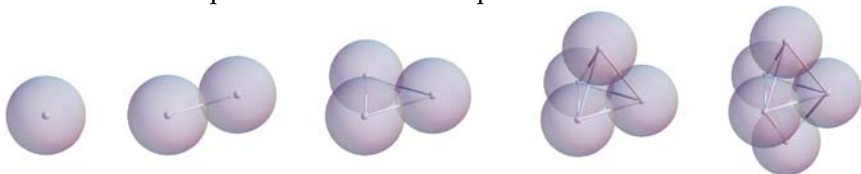
Lawrence Rosenblum

Ce que nous entendons dépend notablement de ce que nous voyons et ressentons. Pourtant, l'intégration de toutes ces perceptions au sein du cerveau livre une version cohérente du monde environnant.

64 MATHÉMATIQUES **Les grappes de sphères collantes**

Brian Hayes

Dans un tas de billes, quel est le nombre maximal de contacts que l'on peut former? On connaît depuis peu la réponse... mais seulement pour moins de 12 billes!



Regards

72 HISTOIRE DES SCIENCES

Guerre des fossiles en Patagonie

Eric Buffetaut

Dans les années 1890, une rivalité scientifique sans merci a été à l'origine des plus grandes collections paléontologiques de l'Argentine.

78 LOGIQUE & CALCUL

Qu'est-ce qu'un objet complexe ?

Jean-Paul Delahaye

La profondeur logique de Bennett, notion proposée il y a 35 ans, nous rapproche d'une compréhension scientifique de l'idée de complexité.

84 SCIENCE & FICTION

Fascinants cousins

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

86 ART & SCIENCE

La crucifixion : un supplice énervant !

Loïc Mangin

88 IDÉES DE PHYSIQUE

Des trains flottant au-dessus des rails

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

93 SCIENCE & GASTRONOMIE

Persillé, votre pseudosteak ?

Hervé This

94 À LIRE

Rendez-vous sur

**POUR LA
SCIENCE.fr**

Le site de référence
de l'actualité scientifique internationale

■ Toutes les sciences en un clic

- Des actualités quotidiennes
- Des articles en libre accès
- Votre magazine numérique en ligne*
- Plus de 8 ans d'archives*

■ Des services exclusifs

- Les réactions aux articles**
- Des offres d'emploi scientifiques
- Des newsletters**
- Un espace abonnement

* Service payant. Si vous êtes abonné(e), les numéros compris dans votre abonnement sont offerts.

** En créant votre compte.

→ ININIMAGINABLE !

A la radio, j'entends le mot « inincroyable ». Ai-je mal compris ? La personne a-t-elle bafouillé ? Ce terme est-il nouveau ? Qu'importe ! Il a de l'allure, adoptons-le, et décidons de ce qu'il signifie. Formellement, il devrait désigner le contraire de l'incroyable, donc le croyable. Mais fabriquer un synonyme au mot « croyable » n'a aucun intérêt. En fait, le « in » du début donne au mot une emphase telle qu'on a l'impression au contraire qu'il renchérit sur « incroyable » : « inincroyable » (fortement accentué sur la première syllabe, prononcée *inn*), c'est encore moins croyable que « incroyable » ! On peut dire quelque chose d'incroyable, mais dire quelque chose d'inincroyable, alors là, non, ce n'est même pas possible.

Le sens des mots naît de leurs sonorités. Cette expérience de pensée le démontre.

→ COMPRENDRE : UNE ILLUSION

Dans la spéculation comme dans la vie quotidienne, nous sommes entourés de réalités inaccessibles – de l'origine du monde ou de la vie jusqu'à ce qui se passe dans la tête d'autrui. Les théories qui tentent de rendre compte de ces réalités nous offrent un plaisir que les réalités nous refusent : nous pouvons les comprendre. Hélas, le plaisir de comprendre

tend un piège à la pensée. En effet, que nous nous initions à des sciences difficiles, ou que nous nous contentions des pseudo-théories soutenues par les magazines à sensation, notre plaisir à nous expliquer quelque phénomène qui nous intriguait ne garantit pas la pertinence de ce que nous avons compris. On peut comprendre des absurdités ! Les Anciens comprenaient sûrement leurs théories, aujourd'hui invalidées. Et le fait que nous comprenons nos propres théories n'assure pas qu'elles ne connaîtront jamais le même sort.

Ne rien comprendre fait souffrir. Pour éviter cette situation, nous ne sommes que trop disposés à nous persuader que nous avons compris telle ou telle théorie pourtant hasardeuse. Ainsi mise au service de notre plaisir à comprendre, la raison ne peut pas mettre l'irrationnel en déroute, parce que celui-ci peut toujours lui répondre : qui es-tu pour me condamner, toi qui cautionnes tant d'erreurs ?

La recherche du vrai serait diablement facilitée, si le fait de comprendre une théorie était un critère fiable de la validité de celle-ci.

→ LE LAID, PLUS PERTINENT QUE LE BEAU ?

Parmi les choses, comme parmi les gens, la beauté est rare. Quels que soient nos goûts, ce que nous voyons nous paraît le plus souvent quelconque. La réaction de chacun face à la fréquente laideur des choses et des gens (y compris la sienne) contribue à l'image que l'humanité se fait du monde et d'elle-même : grand sujet de méditation ! La beauté donne à rêver, la laideur donne à penser.

Cependant, la théorie, fascinée par l'idéal de la perfection, élabore des traités du beau et des canons esthétiques plus volontiers qu'elle ne réfléchit à la laideur. La fiction est plus réaliste à sa façon, elle qui n'a pas peur de mettre en scène des monstres, à côté des princes charmants.

La science ne brille pas non plus par son réalisme. Combien de chercheurs vantent la

beauté de telle ou telle théorie, et y voient un indice de son adéquation au réel ! Eux aussi, idéalisant le monde, oublient que la beauté y est l'exception. La science aura fait un pas vers le réalisme lorsqu'il sera banal d'entendre un chercheur déclarer : « La théorie que je propose est laide, ce qui est un puissant argument en faveur de sa pertinence. »

→ L'ART DU REDOUBLEMENT

C antique des cantiques, vanité des vanités, siècle des siècles, roi des rois... Il y a du mystère dans le redoublement du substantif. Mène-t-il à des formules profondes, ou n'est-il qu'un truc rhétorique ? Est-il poétique, ou bien lourd et insistant ? Trancher est impossible, tant ce procédé est ambigu. D'où sa vigueur : il a une puissance à laquelle le livre des livres qu'est la Bible ne pouvait manquer de recourir.



Notre époque n'y manque pas non plus. Des militants lancent l'appel des appels. Des médecins se réunissent en congrès ayant pour objectif de prendre soin du soin. On écrit le roman du roman. Du temps de sa splendeur, le marxisme prétendait être la science de toutes les sciences. Aujourd'hui, Internet s'affirme comme le réseau des réseaux, et le numérique passe pour la culture des cultures. Champion des champions en matière de redoublement du substantif, Edgard Morin a publié *La nature de la nature*, *La vie de la*



vie, La connaissance de la connaissance,
L'humanité de l'humanité.

Comme souvent, les mathématiciens se distinguent par leurs scrupules. Ayant buté sur des difficultés logiques, ils ont renoncé à manier l'ensemble de tous les ensembles. Ils le regrettent encore : pour eux, ça aurait été le fin du fin.

→ L'AMOUR DES CHIFFRES

Lorsque vous entrez dans un office du tourisme ou visitez une exposition, l'accueil vous demande souvent non pas dans quel département vous habitez, mais quel est votre code postal. Au lieu de mener à la conclusion « X visiteurs viennent de l'Ain, X viennent de l'Aisne, etc. », cette enquête mènera donc à : « X ont pour code 01000, X ont pour code 02000, etc. ». Les codes ont, sur les départements, un bel avantage : ils se prêtent aux calculs. En divisant la somme des codes par le nombre de visiteurs, on trouve le code postal moyen de ces derniers. Par exemple, 59837,666 – qu'il reste à interpréter, à analyser, et à situer géographiquement. Que personne ne s'avise de dire qu'un tel calcul n'a aucun sens ! Il suffit d'inventer une entité *ad hoc*, le Centre de Gravité Numérique des Visiteurs, et de la désigner par un sigle pour que, aussitôt, le code postal moyen prenne un sens : il mesure le CGNV. On est donc en droit de dresser des tableaux statistiques montrant son évolution au cours des années et – bonheur suprême – de prolonger les courbes pour faire des prévisions. ■



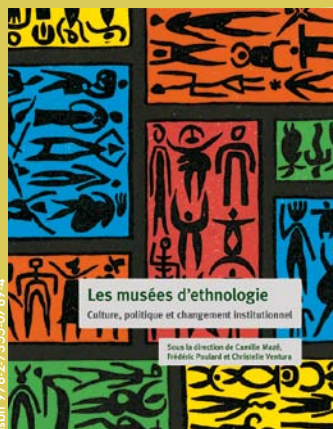
Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

la plus importante collection d'instruments de travail
pour la recherche en sciences humaines



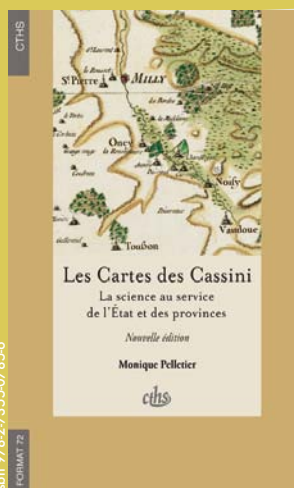
Le lapis-lazuli dans l'Orient ancien
Production et circulation
du Néolithique au II^e millénaire av. J.-C.
Michèle Casanova

284 pages
ill. couleur
21 x 27 cm
45 €



Les musées d'ethnologie
Culture, politique et changement
institutionnel
Camille Mazé, Frédéric Poulard
et Christelle Ventura (dir.)

304 pages
17 x 22 cm
27 €



Les cartes des Cassini
La science au service de l'État et des provinces
Nouvelle édition
Monique Pelletier

384 pages
12 x 18,5 cm
ill. noir et blanc
16 €

ISBN 978-2-7355-0785-6

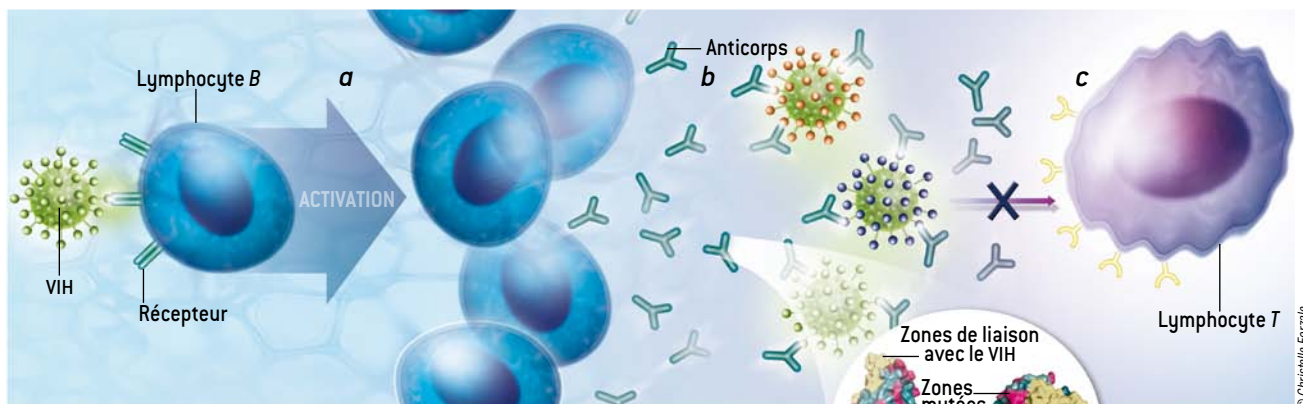
FORMAT 2

* ventes@cths.fr * vente en librairie ou sur notre site : www.cths.fr * Distribution SODIS *

Médecine

Des anticorps à large spectre pour neutraliser le VIH

Des anticorps produits naturellement par certaines personnes contaminées par le virus du sida ouvrent de nouvelles pistes pour l'élaboration d'un vaccin.



Lorsque le VIH infecte un individu, des cellules du système immunitaire, les lymphocytes B, détectent l'agent étranger et sont activées (a). Elles prolifèrent et produisent des anticorps contre le virus (b). Parmi ces anticorps, une famille, produite par 5 à 20 pour cent des individus infectés, est particulièrement efficace, car elle empêche de nombreuses formes du VIH d'envahir leurs cibles, les lymphocytes T (c). Ces anticorps, dits neutralisants à large spectre, sont caractérisés par de nombreuses mutations dans une région inattendue (zoom).

L'un des principaux obstacles à l'élimination du virus du sida (le VIH) par le système immunitaire est sa rapidité à muter, ce qui lui permet d'échapper aux défenses naturelles. Toutefois, un espoir renaît aujourd'hui de l'étude d'une famille de molécules, nommées anticorps neutralisants à large spectre, qui reconnaissent et bloquent de nombreuses souches du VIH. Plusieurs équipes ont précisé les caractéristiques de ces anticorps et explorent les pistes vaccinales qu'ils pourraient offrir.

Les premiers de ces anticorps ont été isolés dans les années 1990 chez certains patients infectés par le VIH. Mais ce n'est que récemment, grâce à une meilleure identification des patients produisant ce type d'anticorps (5 à 20 pour cent des personnes séropositives), qu'une nouvelle génération de ces molécules, neutralisant en laboratoire jusqu'à 95 pour cent des formes du VIH testées, a pu être obtenue. Ces anticorps sont d'autant plus prometteurs qu'ils protègent des singes infectés par le virus simien ou des souris «humanisées» infectées par le VIH.

Les anticorps sont produits par des cellules du système immunitaire, les lymphocytes B. Chaque cellule porte à sa surface un récepteur spécifique qui, lorsqu'il reconnaît une molécule étrangère, déclenche la production d'anticorps contre cette molécule. Pourquoi seuls quelques patients infectés par le VIH produisent-ils des anticorps à large spectre? Quelle spécificité rend ces anticorps efficaces contre le VIH? Comment déclencher leur production?

C'est à ces questions que les biologistes tentent de répondre. En suivant la coévolution du VIH et de l'un de ces anticorps chez un patient récemment infecté, l'équipe de Barton Haynes, de l'Université Duke aux États-Unis, a montré que ce type d'anticorps ne se développe qu'après mutation du virus. Elle a même identifié le récepteur à l'origine de sa production: ce précurseur a une haute affinité pour le virus initial, mais il ne neutralise pas ses formes mutées. Les lymphocytes B qui portent de tels précurseurs doivent donc rencontrer le virus avant sa mutation. Comment faciliter

cette rencontre? En injectant des pseudo-virus – des nanoparticules portant une molécule de l'enveloppe du VIH optimisée pour être reconnue par les pré-curseurs –, proposent deux autres équipes américaines.

La particularité des anticorps à large spectre est qu'ils subissent 40 à 100 mutations (contre seulement 10 à 15 pour un autre anticorps) avant de pouvoir neutraliser les différents VIH. L'équipe de Michel Nussenzweig, de l'Université Rockefeller aux États-Unis, a montré que ces mutations s'accumulent dans une région moléculaire qui n'intervient pas dans le contact direct avec le virus. En revanche, elles rendent les anticorps plus flexibles, et ainsi capables d'interagir avec de nombreuses souches virales et de les inactiver. Pour aboutir à un vaccin, faudra-t-il guider la mutation de ces anticorps en soumettant les lymphocytes B précurseurs aux diverses souches virales par vaccinations successives, ou «suffira-t-il» d'activer ces lymphocytes?

→ Marie-Neige Cordonnier

H.-X. Liao et al., *Nature*, F.I. Klein et al., *Cell*, en ligne les 3 avril et 28 mars 2013