POUMON ARTIFICIEL LUNA 9 CLOUD EXTINCTION ADN PRÉS SALÉS MÉDUSES
FUSÉE RÉUTILISABLE CITERNE ROULANTE CORDES VOCALES CHAMPAGNE

SCIENCE&VIE

FÉVRIER 2016 N° 1181 MONDADORI FRANCE



LE BONHEUR

DANS L'ADN, LES CELLULES, LE CERVEAU…

MAIS OÙ SE CACHE-T-IL ?

TOUTANKHAMON
LE MYSTÈRE DE LA CHAMBRE SECRÈTE

ALIMENTATION
EXCÈS DE SEL : ENQUÊTE SUR UN SCANDALE

PLANÈTES GÉANTES
ON A COMPRIS COMMENT ELLES NAISSENT

D: 6,90 € - BEL: 4,80 € - ESP: 4,90 €
GR: 4,90 € - DOM S: 4,90 € - DOM A: 6,90 €
ITA: 4,90 € - LUX: 4,80 € - PORT CONT: 4,90 €
CAN: 6,75 $CAN - MAR: 50 DH - TOM S: 750 CFP
TOM A: 1400 CFP - CH: 8,5 FS - TUN: 9 DTU

M 02578 - 1181 - F: 4,50 € - RD

BMW xDrive

www.bmw.fr

Le plaisir de conduire



L'ADHÉRENCE PARFAITE EN MOINS D'1/10ème DE SECONDE.

BMW xDRIVE. LA TECHNOLOGIE 4 ROUES MOTRICES INTELLIGENTE.

Moins d'1/10ème de seconde*, c'est le temps qu'il faut à la technologie BMW xDrive pour agir sur la motricité et anticiper toute perte d'adhérence. Cette gestion électronique de la force motrice veille en permanence sur le comportement des BMW pour offrir au conducteur et à ses passagers le meilleur de la sécurité. Partout, tout le temps et par tous les temps.



BMW xDRIVE EST DISPONIBLE SUR 110 MODÈLES. EN CE MOMENT, TECHNOLOGIE OFFERTE SUR UNE LARGE SÉLECTION**.

* Transfert de la force motrice à l'essieu présentant la meilleure adhérence en moins d'1/10ème de seconde (moins d'1/4 de seconde sur BMW Série 2 Active Tourer / Gran Tourer et BMW X1).
** Offre valable pour toute commande d'une BMW neuve équipée en option de BMW xDrive à motorisation équivalente, sauf sur BMW X1, BMW X3, BMW X4, BMW X5 et BMW X6, **du 01/01/2016 au 31/03/2016** dans les Concessions participantes. Consommations des BMW Série 1 équipées de BMW xDrive en cycle mixte selon dimension des jantes : **4,3 à 7,8 l/100 km.** CO_2 : **113 à 182 g/km** selon la norme européenne NEDC. BMW France, S.A. au capital de 2 805 000 € - 722 000 965 RCS Versailles - 3 avenue Ampère, 78180 Montigny-le-Bretonneux.

J'AI CHOISI LA BANQUE QUI M'AIDE AUJOURD'HUI À RESTER PLUS AUTONOME DEMAIN.



LE TROPHÉE DE L'ASSURÉ
Produit 2015
*Décerné par les Français**

Assurance Autonomie de La Banque Postale

ASSURANCE AUTONOMIE DE LA BANQUE POSTALE (1)

UNE RENTE MENSUELLE GARANTIE ADAPTÉE À VOTRE SITUATION

LE VERSEMENT D'UN CAPITAL POUR CONTRIBUER À L'AMÉNAGEMENT DE VOTRE LOGEMENT

DES GARANTIES D'ASSISTANCE UTILES POUR VOUS ET VOS PROCHES

DES VISITES QUOTIDIENNES DU FACTEUR POUR FAVORISER LE MAINTIEN À DOMICILE

RENSEIGNEZ-VOUS AUPRÈS D'UN CONSEILLER.

LA BANQUE POSTALE

3639 Service 0,15 € / min + prix appel

BUREAUX DE POSTE

LABANQUEPOSTALE.FR (2)

BANQUE ET CITOYENNE

*Le « Trophée de l'Assuré » est décerné chaque année par des particuliers qui jugent les produits d'assurance toutes catégories confondues sur leur dimension innovante, originale et attractive. Il récompense un produit présélectionné par un jury composé de professionnels et de journalistes. (1) Dans les limites et conditions précisées dans la Notice d'Information du contrat Assurance Autonomie de La Banque Postale disponible en bureau de poste. Assurance Autonomie de La Banque Postale est un contrat d'assurance de groupe à adhésion facultative souscrit par La Banque Postale auprès de La Banque Postale Prévoyance, qui inclut des garanties d'assistance assurées par Filassistance International. (2) Coût de connexion selon fournisseur d'accès. LA BANQUE POSTALE PRÉVOYANCE - S.A. au capital de 5 202 000 € entièrement libéré - Siège social : 10 place de Catalogne 75014 Paris - RCS Paris 419 901 269 - FILASSISTANCE INTERNATIONAL - S.A au capital de 3 500 000 € entièrement libéré. Siège social : 108 Bureaux de la Colline 92213 Saint-Cloud CEDEX. RCS Nanterre 433 012 689 - Entreprises régies par le Code des assurances. LA BANQUE POSTALE - S.A. à Directoire et Conseil de Surveillance au capital de 4 046 407 595 €. Siège social : 115 rue de Sèvres - 75275 Paris CEDEX 06. RCS Paris 421 100 645. Code APE 6419 Z. Intermédiaire d'assurance immatriculé à l'ORIAS sous le n° 07 023 424.

M&C SAATCHI.GAD

Avant-propos



Emilie Rauscher
e.rauscher@mondadori.fr

Une tombe peut en cacher une autre

Toutankhamon n'en finit pas de fasciner : sa malédiction, sa famille, sa mort, son fabuleux trésor… même en l'absence de découverte. Mais là, l'effervescence est venue d'un égyptologue porteur d'une multitude d'indices. De quoi être intriguée… d'autant qu'il y a controverse : et si le tombeau de Toutankhamon était, en fait, celui de Néfertiti ? Quels arguments sont avancés ? Comment un tombeau si connu pourrait-il avoir caché un secret aussi gros ?



Emmanuel Monnier
e.monnier@mondadori.fr

Bonheur : pourquoi lui et pas moi ?

Les gens toujours heureux, qu'ont-ils de plus que moi ? Ont-ils eu plus de chance ? Sont-ils plus doués ? Disons-le d'emblée, c'est un peu par jalousie que j'ai voulu enquêter sur le bonheur. Un peu par empathie, aussi, piqué par l'acharnement que mettent certains à essayer d'être, sans y parvenir, plus heureux. Pourquoi le bonheur semble s'incruster chez les uns et glisser sur les autres comme l'eau sur les plumes d'un canard ? J'ai voulu savoir s'il n'y avait là qu'affaire de volonté, ou si des raisons plus profondes, inscrites dans notre cerveau, voire dans nos gènes, pouvaient l'expliquer.



DR

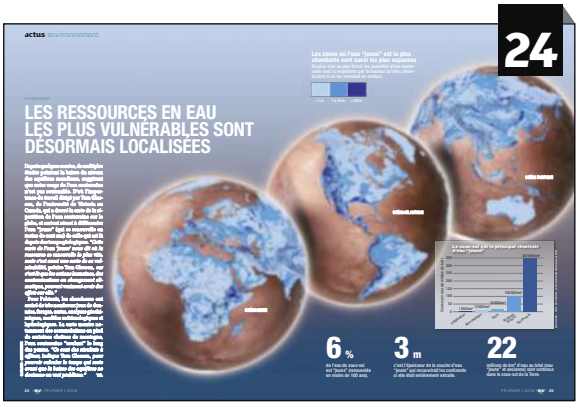
Coralie Hancok
c.hancok@mondadori.fr

Une addition salée… pour notre santé

Comme beaucoup de Français soucieux de leur santé, j'évite de manger trop calorique, trop gras ou trop sucré. C'est oublier qu'un autre ennemi, dont je ne soupçonnais presque rien jusqu'à mon enquête, se cache dans mon assiette : le sel. Chaque année, il provoquerait près de 12 000 décès en France. Presque 3 fois plus que le nombre de tués sur les routes, sans qu'aucun état d'urgence ne soit déclaré. Certes, les autorités sanitaires française et mondiale ont émis des recommandations. En vain : la plupart d'entre nous continuent de consommer 2 fois trop de sel. Il faut dire que l'industrie agro-alimentaire ne nous aide pas, bien au contraire.

Sommaire

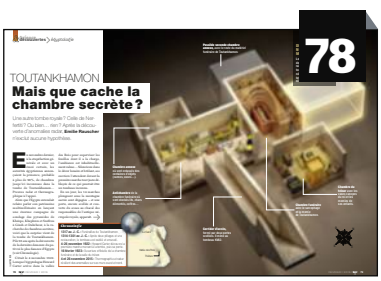
février 2016 **N° 1181**







COUVERTURE : D.SAUVEUR/VU - JOHNER/PLAINPICTURE - AGE PHOTOSTOCK - GETTY IMAGES





SCIENCE_VIE 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr
Recevez *Science & Vie* chez vous. **Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 125**. Pour commander d'anciens numéros, rendez-vous sur www.kiosquemag.com. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquemag.com.
Un encart abonnement est jeté sur les exemplaires de la vente au numéro France Métropolitaine / Suisse / Belgique.

Un encart Boutique Science&Vie est jeté sur la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Science&Vie Voyages "multi-croisières" est jeté sur la diff. abonnés France Métropolitaine. Un encart Société Française des Monnaies est jeté sur la diff. abonnés France Métropolitaine. Un encart Conseil Général 92 est jeté sur une partie de la diff. abonnés France Métropolitaine.

10 **Forum**

Actus

16 **Labos**
Une particule d'un genre nouveau aurait été détectée ; le mystère du bleu des mygales ; des lois simples régissent la toile neuronale…

24 **Environnement**
Les ressources en eau les plus vulnérables sont désormais localisées ; les prés salés seront sauvés par l'excès de CO_2…

30 **Médecine**
La résistance de l'os dépend du sens de ses fibres ; on sait cultiver des cordes vocales pour les greffer…

34 **Technos**
Les tourbillons dans les tuyaux sont enfin modélisés…

Evénement

38 **12000 décès par an en France**
Mais pourquoi mange-t-on trop salé ?

A la Une

46 **LE BONHEUR**
Mais où se cache-t-il ?
50 Dans l'ADN, des gènes y prédisposent
54 Dans le cerveau, des circuits spécifiques l'activent
58 Dans le corps, des processus biologiques lui sont dédiés
60 Le bonheur, un avantage évolutif ?

Science & découvertes

64 Evolution
Quand les espèces régressent : le cas extrême de la méduse

67 Paléobiologie
Il y a 542 millions d'années... le vivant exterminait la vie !

70 Astrophysique
Planètes géantes : leur genèse enfin élucidée

78 Egyptologie
Toutankhamon : le mystère de la chambre secrète

Science & techniques

86 Kit génétique
Maladies chroniques, performances physiques... : "J'ai testé mon ADN"

92 Maladies respiratoires
Après le cœur... l'exploit du poumon artificiel ?

96 Vie privée
Données personnelles : elles peuvent être dépersonnalisées !

Science & futur

100 Atterrissage réussi pour la première fusée réutilisable ; un robot agricole permettra de désherber sans pesticide ; une citerne roulante facilite déjà l'accès à l'eau de 300000 Africains ; le premier brevet d'avion à cabine amovible a été approuvé ; la moindre brise pourra être captée par une éolienne horizontale…

La science & la vie

Science & société
108 Le prix des médicaments flambe : combien vaut la vie d'un malade ?
111 Manger comme les hommes préhistoriques ? Le régime paléo ne se justifie pas…
112 Images chocs : le cerveau des fumeurs n'y serait pas sensible

Science & vie pratique
114 Bon à savoir
116 Technofolies
120 Questions/Réponses

Science & culture
126 A voir / à lire
128 Il y a… 50 ans : Luna 9 réussit le premier alunissage


L'INSPIRATION PEUT VOUS
CONDUIRE ENCORE PLUS LOIN.
DS 4 CROSSBACK
Né pour l'évasion, DS 4 Crossback vous
permet d'explorer de nouveaux territoires.
Grâce à son Contrôle de Traction Intelligent et ses
motorisations efficientes, votre plaisir est garanti
aussi bien en ville que lors de vos envies d'aventures.
CROSSBACK
DS 4 CROSSBACK
DS préfère TOTAL
Spirit of avant-garde = L'esprit d'avant-garde.
CONSOMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE CO_2 DE DS 4 CROSSBACK : DE 3,8 À 5,6 L/100 KM ET DE 100 À 130 G/KM. AUTOMOBILES CITROËN RCS PARIS 642 050 199.


DS AUTOMOBILES
SPIRIT OF
AVANT-GARDE
DS4
www.driveDS.fr

Forum

Merci d'adresser vos courriers à : sev.lecteurs@mondadori.fr

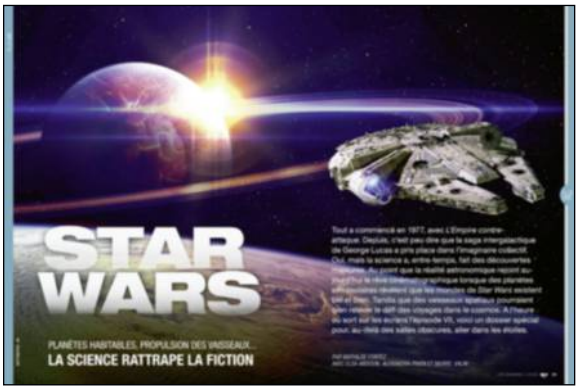
Les calculs de *Star Wars*

Dans tous vos calculs vous oubliez une donnée incontournable : l'accélération. L'organisme humain peut au mieux supporter 9 g dans un temps très court et une optimisation de la position et du soutien du corps. Un vaisseau spatial ne passera pas de 0 à 30 000 km/s instantanément. S'il est habité, les astronautes devront subir l'accélération nécessaire à l'atteindre pendant des années.

Gabriel Mauvais, internet

Vous évoquez l'énergie qu'il faut à l'accélération ; mais passez sous silence le fait que la même quantité d'énergie est nécessaire pour ralentir avant d'arriver à destination…

Pascal Mauron, Wallisellen (Suisse)



S&V Si l'accélération est une donnée importante pour voyager dans le système solaire, elle devient négligeable dans le cas des voyages interstellaires, du fait de leur durée. Le vaisseau à fusion Daedalus, que nous présentons, devrait mettre seulement 4 ans à atteindre sa vitesse de croisière (36 000 km/s)… sur 50 ans de voyage au total, en accélérant modérément (à 0,2 m/s², presque 5 fois moins que la gravité terrestre). L'homme s'en accommoderait-il…?

Quant à la décélération… quelques idées sont à l'étude ; par exemple, freiner grâce à l'interaction entre un champ magnétique et les particules chargées du milieu interstellaire. Mais pour l'instant, les vaisseaux imaginés sont voués à n'effectuer qu'un simple survol et à larguer des sondes à destination.

> La théorie de l'esprit de Spinoza rendait déjà compte, avec ses "fluctuations de l'âme", des superpositions d'état de nos "pensées quantiques", présentées dans votre dossier d'octobre dernier.
>
> ***Christian Debroize**, Rennes*



La "viande transformée", c'est quoi exactement ?

Dans votre n°1179, il est écrit que la viande transformée a été classée cancérogène. De quoi s'agit-il ?

Hélène Barbry, Paris 11e

S&V Selon l'OMS, c'est *"la viande qui a été transformée par salaison, maturation, fermentation, fumaison ou d'autres processus mis en œuvre pour rehausser sa saveur ou améliorer sa conservation"*. Elle peut contenir de la viande rouge, de la volaille, des abats, du sang : par exemple, le jambon, les saucisses, les préparations à base de viande, les viandes en conserve…

Géo-ingénierie : il faut diffuser l'information !

Votre article "COP21 : réduire les émissions ne suffira pas !" (S&V n°1179) m'a particulièrement interpellé. J'avais déjà entendu parler très furtivement de géo-ingénierie… Mais je pense que très peu de gens savent qu'il va falloir retirer le CO_2 déjà émis dans l'atmosphère. J'ai été choqué quand j'ai compris que le succès total rencontré par les accords de la COP21 ne suffira pas à éviter un très mauvais scénario pour la planète. Il faudrait faire partager votre article au plus grand nombre.

Julien Ribeaud, internet

Mais quelles sont vos sources ?

Dans les parties de votre magazine où vous rapportez des nouvelles scientifiques, seule la rubrique "Bon à savoir" présente vos sources d'informations. Comment puis-je être sûr que vous n'avez pas inventé vos articles ? L'esprit de la science repose sur la transparence…

Alexander Harcourt, Californie

S&V Votre remarque est on ne peut plus légitime. Et nous n'avons rien à cacher. Bien au contraire : vous trouverez, chaque mois, sur notre site internet (http://www.science-et-vie.com/, rubrique "En savoir +") les principales références scientifiques qui nous ont aidés à construire nos différents articles. Il est vrai que pour des raisons pratiques (les références peuvent être longues), la partie des actualités ne comporte pas de sources explicites ; néanmoins, les auteurs des études dont nous rendons compte sont cités nommément, et on peut ainsi retrouver sans mal la trace de leurs travaux sur le web.

On en reparle



UNE PANACÉE CONTRE LE VIEILLISSEMENT À L'ESSAI

En décembre 2012, nous consacrions un dossier aux vieux médicaments, déjà sur le marché pour traiter des maladies bien précises, et dont les chercheurs soupçonnaient un potentiel extraordinaire pour prévenir plusieurs des maladies (cancers, troubles cardio-vasculaires, démences…) les plus couramment liées au vieillissement (S&V n°1143, p. 58).
Trois ans plus tard, la Food and Drug Administration (FDA) américaine vient d'autoriser le lancement du tout premier essai clinique visant à mesurer cette efficacité préventive pour l'un des trois médicaments que nous avions repérés : la metformine, un antidiabétique déjà utilisé par plus de 120 millions de personnes à travers le monde. Jusqu'à présent, seules des études épidémiologiques avaient mis en avant son potentiel ; celui-ci semblait corroboré à la fois par des études sur l'animal montrant une augmentation de l'espérance de vie et par la découverte de plusieurs mécanismes d'action possibles sur le vieillissement (inhibition de la production de molécules oxydantes et du cholestérol, limitation de la prolifération tumorale, etc.). Appelé TAME (pour Targeting Aging with Metformine), l'essai impliquera 3 000 personnes âgées de 70 à 80 ans, non diabétiques, ayant souffert ou à risque de souffrir d'un cancer, d'une maladie cardio-vasculaire ou de démence. Les résultats sont attendus dans six ans. **Coralie Hancok**

La boutique
SCIENCE&VIE
Plus de
400
Livres
Objets scientifiques
Idées cadeaux
www.laboutique scienceetvie.com

Idée neuve… idée folle ?

Votre “idée neuve” dans l’édition de décembre est en fait une idée folle de la technoscience, qui refuse de remettre en cause le système agricole catastrophique qu’elle a bâti. Nourrir les abeilles avec des probiotiques pour les rendre résistantes aux néonicotinoïdes est une grave erreur ! L’usage massif de ces insecticides obligera les apiculteurs à acheter un sirop contenant des probiotiques pour sauver leurs colonies, les rendant ainsi dépendants à ce produit.

K. Jousse, apiculteur amateur



S&V C’est vrai : les apiculteurs devraient, pour protéger leurs abeilles contre les néonicotinoïdes, se procurer des probiotiques de synthèse. Mais comme nous l’indiquions, il s’agit d’un moyen de protection complémentaire à l’interdiction, à l’échelle européenne notamment, des pesticides néfastes aux pollinisateurs. Cette interdiction se faisant attendre, une solution technique, fût-elle imparfaite (car elle ne protège pas les autres pollinisateurs), aurait le mérite d’offrir un peu de répit aux abeilles.

SCIENCE&VIE

Une publication du groupe
MONDADORI FRANCE

PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

RÉDACTION
8, rue François-Ory
92543 Montrouge CEDEX.
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION
Matthieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF
Hervé Poirier

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS
Grégoire Bouillier (chef d’édition),
François Lassagne

DIRECTRICE ARTISTIQUE
Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE
Valérie Greffoz (actualités, société),
Caroline Tourbe (médecine)

CHEF DE RUBRIQUE
Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS
Elsa Abdoun, Mathilde Fontez,
Vincent Nouyrigat, Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION
Florence Roucolle

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION
Anne Riera, Clara Baudel

MAQUETTISTES
Valérie Samuel-Charrier (1re maquettiste),
Elisabeth de Garrigues

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE
Anne Levy (chef de service photo),
Stéphane Aubin, Boris Bellanger
(chef de service infographie)

DOCUMENTATION
Marie-Anne Guffroy, Frédéric Vladyslav

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO
S. Aquindo, L. Barnéoud, K. Bettayeb,
L. Blancard, F. Cadu, O. Capronnier,
G. Cirade, A. Dagan, A. Debroise, S. Devos,
O. Donnars, S. Fay, F. Gracci, M. Grousson,
E. Haentjens, C. Hancok, R. Ikonicoff,
M. Kontente, O. Lapirot, J.-M. Manach,
C. Martin, E. Monnier, N. Picard, E. Picaud,
A. Pihen, A. Rambaud, H. Rambert, B. Rey,
M. Saemann, Y. Sciama, M. Spée,
L. Tessier, E. Thierry-Aymé

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE
Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ
Vincent Cousin

DIFFUSION
Jean-Charles Guérault (directeur diffusion),
Siham Daassa (responsable diffusion marché)

MARKETING/INTERNATIONAL
Sandra Boixel (responsable marketing),
Mathilde Janier-Bonnichon (chef de produit)

PUBLICITÉ
Valérie Camy (directrice exécutive),
Caroline Soret (directrice de groupe commercial titres Automobile et Science),
Virginie Commun (directrice de publicité adjointe), Lionel Dufour (directeur de clientèle), Christine Chesse (assistante),
Stéphanie Guillard, Angélique Consoli,
Sabrina Rossi-Djenidi (planning), Stéphane Durand (trafic), Jean-Jacques Benezech,
Grégory Gounse, Anne-Sophie Chauvière
(opérations spéciales)

Grande-Bretagne : Publieurope LTD
(infolodon@publieurope.com –
44 (0)20 7927 9800) ;
Allemagne : Publieurope Munich
(infomunich@publieurope.com
0049 89 2908150) ;
Suisse : Publieurope Lausanne
(infolausanne@publieurope.com
0041 21 323 3110) ;
Espagne : Publimedia Madrid
(infomadrid@publim-gestion.es
0034 91 212 83 00)

FABRICATION
Gérard-Laurent Greck,
Marie-Hélène Michon

FINANCE MANAGER
Guillaume Zaneskis

ÉDITEUR
MONDADORI MAGAZINES FRANCE
Siège social : 8, rue François-Ory
92543 Montrouge Cedex
DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Carmine Perna
ACTIONNAIRE PRINCIPAL
Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : ELCOGRAF – ITALIE
N° ISSN : 0036-8 369
N° DE COMMISSION PARITAIRE :
1020 K 79977. Tarif d’abonnement légal :
1 an, 12 numéros : 44,80 € ;
1 an, 12 numéros + 6 HS : 64,80 €.
Dépôt légal : février 2016

ABONNEMENTS
Christophe Ruet (directeur),
Catherine Grimaud (directrice marketing direct)
Johanne Gavarini (responsable marketing direct)
Clara Billand (chef de produit marketing direct)

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS
Par téléphone : 01 46 48 48 96
Par courrier :
SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE,
CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9
Pour vous abonner par internet :
www.kiosquemag.com
Etats-Unis et Canada : Express Mag,
Tél. : 1 800 363-1310 (français)
et 1 877 363-1310 (anglais).
Suisse : Edigroup, 022 860 84 50
mondadori-suisse@edigroup.ch.
Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304
mondadori-belgique@edigroup.be
Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, merci d’indiquer votre numéro d’abonné présent sur le film ainsi que vos coordonnées. Les noms, prénoms et adresses sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec S&V sauf opposition motivée. Les informations pourront faire l’objet d’un droit d’accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits envoyés ne sont pas rendus.

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS
Par courrier :
8, rue François-Ory,
92543 Montrouge Cedex
Par mail : sev.lecteurs@mondadori.fr

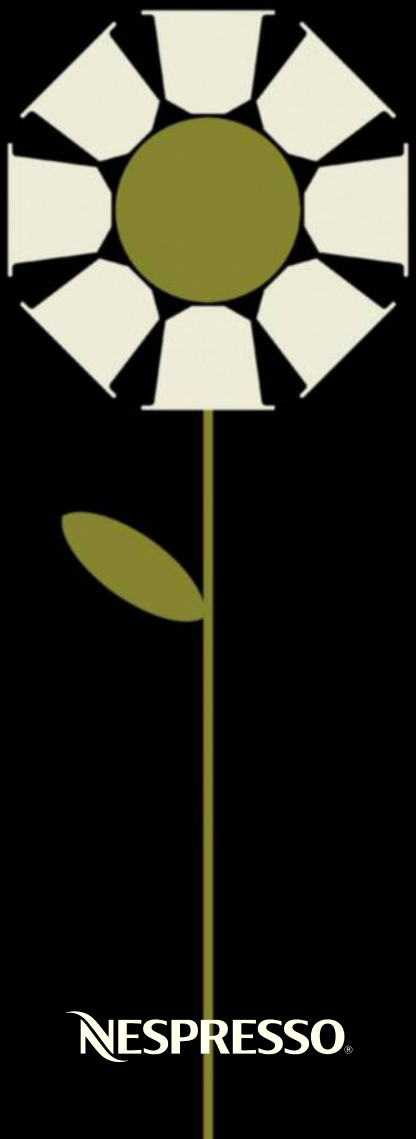
COMMANDE D’ANCIENS NUMÉROS, RELIURES ET VPC
Tel : 01 46 48 48 83
Contact@laboutiquescienceetvie.com

PEFC 10-31-2149 Hors encarts

OJD PRESSE PAYANTE Diffusion Certifiée 2014

C’est en préservant la biodiversité que l’on produit davantage de café de meilleure qualité.

La qualité du café étant liée à la qualité des terroirs, nous avons signé un partenariat en 2003 avec Rainforest Alliance qui nous accompagne depuis dans le développement de la biodiversité de nos fermes. En effet, seulement 2 % de la production mondiale de café répondant à nos standards, la seule façon de répondre à notre croissance a été de développer le nombre d’exploitations produisant du café de grande qualité. Pour en savoir plus sur les démarches de notre entreprise rendez-vous sur **www.nespresso.com/entreprise**



NESPRESSO®

TOYOTA FRANCE - 20 bd de la République, 92420 Vaucresson - SAS au capital de 2 123 127 € - RCS Nanterre B 712 034 040 - SAATCHI & SAATCHI + duke



Consommations mixtes (L/100 km) : de 4,9 à 5,1 et émissions de CO_2 (g/km) : de 115 à 118 (B). Données homologuées CE.

Nouveau design et motorisation Hybride inédite. Toyota redéfinit enfin l'univers des SUV. Découvrez de nouvelles sensations de conduite grâce à ses 197 ch et à sa douceur incomparable, notamment en ville. Vivez ainsi de nouvelles émotions en 2 ou 4 roues motrices. Les temps changent, les SUV aussi.

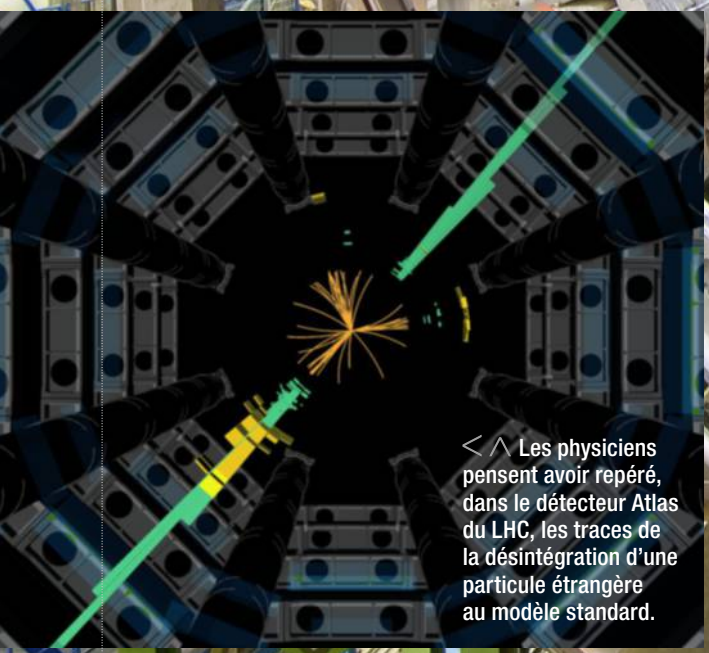
HYBRIDE TOYOTA ⊖ ESSENCE ⊕ ÉLECTRIQUE

Pas besoin de le brancher · Se recharge en roulant · Conduite fluide et silencieuse

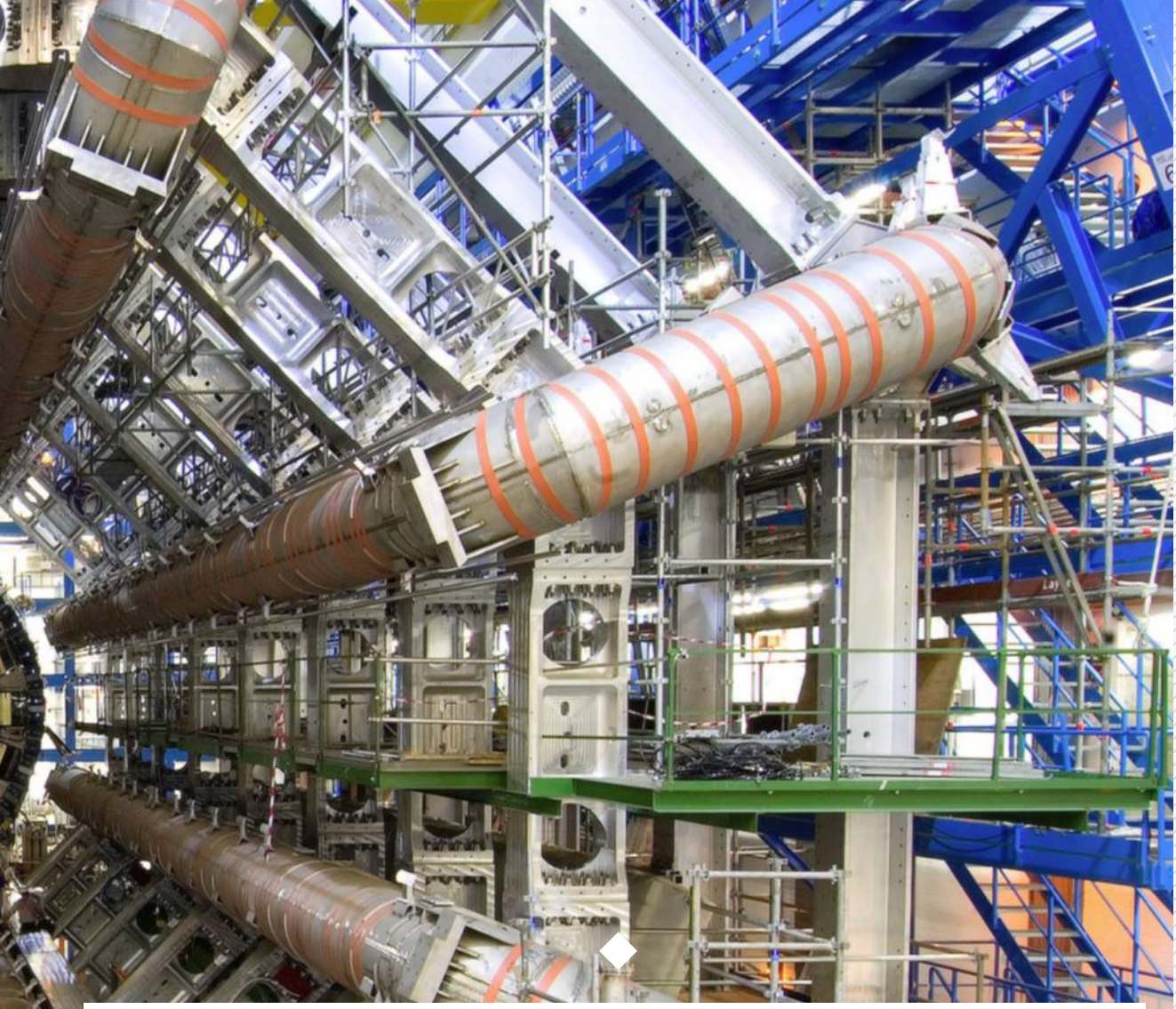


Encore une bonne raison de passer à l'HYBRIDE TOYOTA

actus



< ^ Les physiciens pensent avoir repéré, dans le détecteur Atlas du LHC, les traces de la désintégration d'une particule étrangère au modèle standard.



PHYSIQUE

UNE PARTICULE D'UN GENRE NOUVEAU AURAIT ÉTÉ DÉTECTÉE

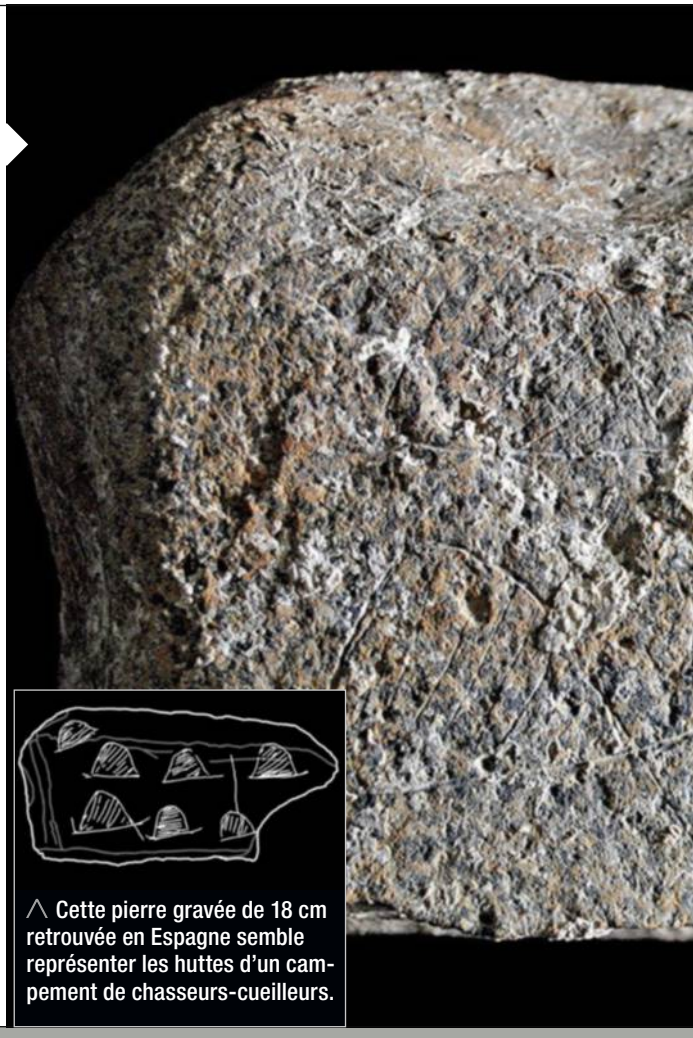
Pour l'heure, ce ne sont que de petites bosses sur les graphiques résumant les résultats présentés le 15 décembre par les physiciens des expériences CMS et Atlas au LHC, l'accélérateur géant de particules du Cern (Genève). Peut-être une simple fluctuation statistique. Mais à l'évidence, une intense effervescence règne à nouveau dans le petit monde de la physique des particules. Car pour les spécialistes, le signal enregistré pourrait bien être le premier signe tangible d'une physique radicalement nouvelle, qui prendrait ici la forme d'une particule inconnue, dont la désintégration se serait matérialisée dans leurs détecteurs. Une particule qui, selon Yves Sirois, au Laboratoire Leprince-Ringuet (Palaiseau), *"pourrait ouvrir la voie à la résolution de l'énigme de la masse manquante de l'Univers, ou expliquer la stupéfiante stabilité du cosmos"*. En un mot, si la découverte était confirmée, elle marquerait *"le début d'un nouvel âge d'or en physique des particules"*, s'est enthousiasmé Adam Falkowski, du Laboratoire de physique théorique d'Orsay, sur son blog. Réponse sans doute avant l'été. **M.G.**

CERN

ARCHÉOLOGIE

LE PLUS VIEUX DESSIN DE VILLAGE A 13 800 ANS

Jusqu'ici, l'art paléolithique connu faisait la part belle aux animaux ou au symbolisme… mais jamais les artistes ne semblaient avoir représenté leur cadre de vie. C'était sans compter l'étrange schiste, daté de 13 800 ans, retrouvé en 2013 à Moli del Salt, un abri rocheux dans le nord-est de l'Espagne. L'archéologue Marcos García-Diez (université du Pays basque) et l'historien Manuel Vaquero (université de Tarragone) ont tout de suite été intrigués par cette pierre longue de 18 cm, sur laquelle on distingue sept demi-cercles remplis de rayures. Le site avait déjà fourni des milliers d'artefacts, prouvant son occupation entre 13 000 et 7 000 ans avant J.-C., mais ce dessin est unique. *"L'analyse des motifs, la composition de l'ensemble et le contexte archéologique suggèrent que cette gravure est la représentation réaliste d'un campement de chasseurs-cueilleurs"*, notent les auteurs, qui soulignent que ce camp pouvait avoir bordé la rivière située en contrebas de l'abri. Ces tout premiers dessins de huttes, qui présentent des proportions cohérentes avec les rares vestiges retrouvés (en Israël, notamment), aident les chercheurs à mieux comprendre l'architecture de ces habitats et, surtout, l'organisation du camp lui-même. **E.R.**



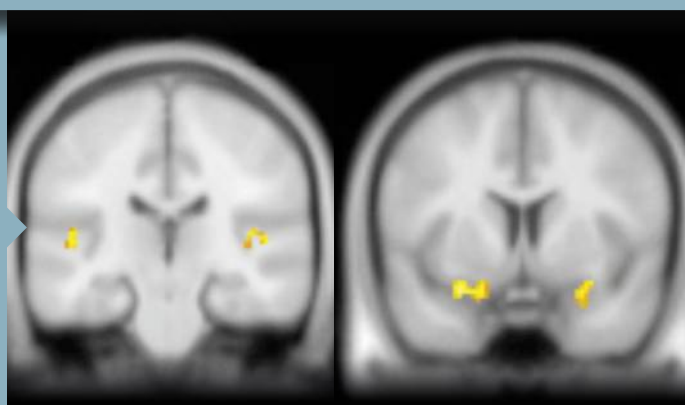
∧ Cette pierre gravée de 18 cm retrouvée en Espagne semble représenter les huttes d'un campement de chasseurs-cueilleurs.

M.GARCÍA-DIEZ/M.VAQUERO – L.H.ARNAL ET AL. – M.D.KERN/NP

NEUROLOGIE

Les cris cibleraient la zone de la peur dans le cerveau

Tous les bruits n'activent pas les mêmes zones de notre cerveau: les sons perçus comme effrayants court-circuiteraient la voie habituelle pour déclencher une réaction plus rapide. Des neuroscientifiques français, suisses et américains ont observé, par imagerie, le cerveau de volontaires exposés à des sons dans différentes gammes de fréquence: si les sons neutres sont traités en priorité par le cortex auditif (en jaune, à g.), ceux dont l'amplitude varie rapidement entre 30 et 150 Hz (cris et alarmes) cibleraient directement l'amygdale (à dr.), la région cérébrale associée à la peur. **E.H.**



Son neutre Son effrayant



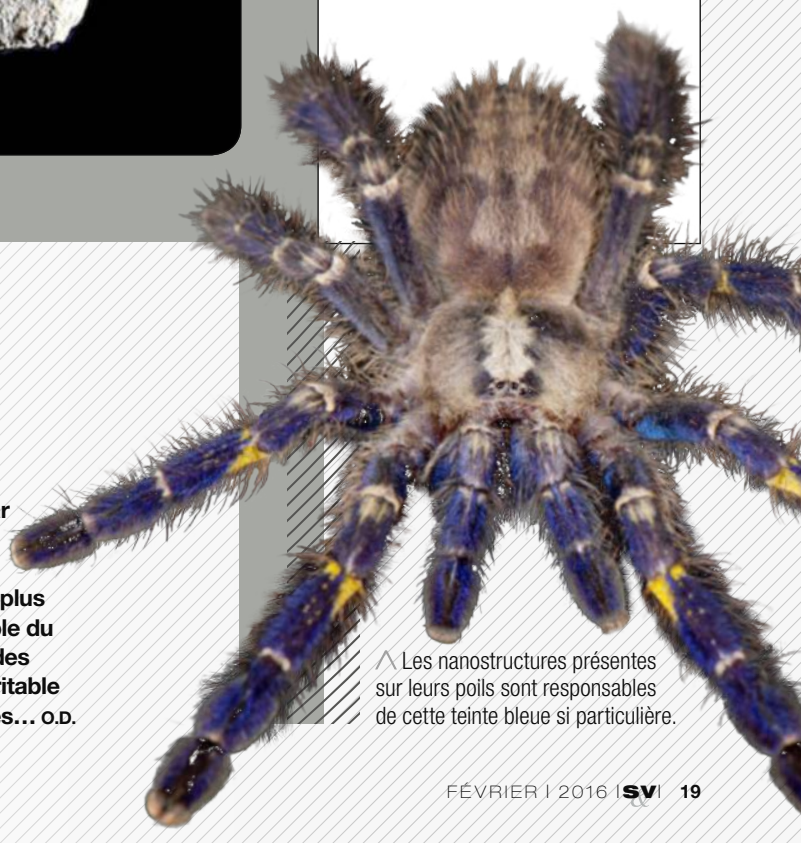
ÉVOLUTION

Le mystère du bleu des mygales reste entier

Le bleu intense des pattes de nombreuses mygales ne provient pas d'un pigment, mais de la dispersion de la lumière à travers des structures nanométriques sur leurs poils. Selon des chercheurs américains et taïwanais, qui ont étudié huit espèces, ce bleu est apparu indépendamment au moins huit fois au cours de l'évolution ! Les images en microscopie électronique indiquent par ailleurs que cette couleur est produite par au moins trois nanostructures différentes selon les espèces. Pourtant, chaque fois, il s'agit très précisément du même bleu ! Ce résultat laisse les chercheurs perplexes : il suggère que cette couleur constitue un avantage important pour la survie de l'espèce. Pourtant, les mygales elles-mêmes la perçoivent mal… **A.D.**

5 %

C'est le pourcentage de virus hébergés par notre peau aujourd'hui connus, estiment des chercheurs américains qui ont séquencé l'ADN viral sur notre épiderme. Le plus abondant est le papillomavirus, responsable du cancer du col de l'utérus ; les autres sont des tueurs de bactéries. Les 95 % restants, véritable "matière noire" virale, devront être explorés… O.D.



Les nanostructures présentes sur leurs poils sont responsables de cette teinte bleue si particulière.

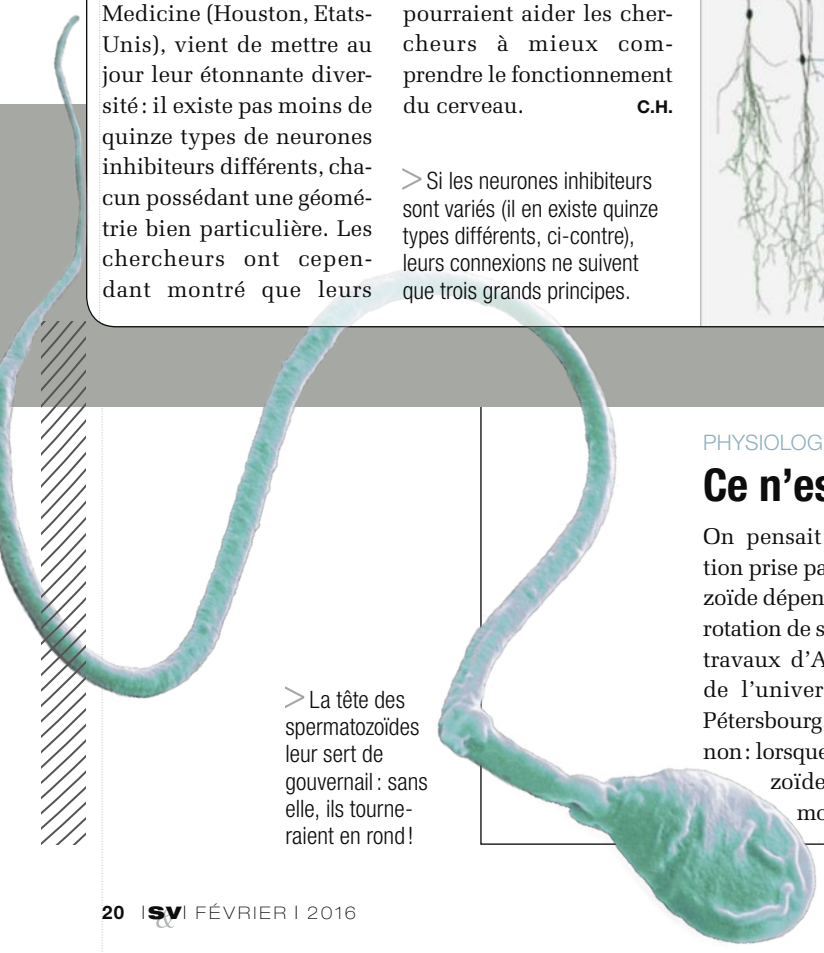
NEUROLOGIE

DES LOIS SIMPLES RÉGISSENT LA TOILE NEURONALE

On savait déjà que notre néocortex (la couche externe de notre cerveau, responsable des fonctions cognitives supérieures) contenait deux types différents de neurones : les neurones dits excitateurs, qui provoquent la production d'un signal, et les neurones inhibiteurs, qui la bloquent. Or, si les seconds sont nettement moins nombreux que les premiers, l'équipe d'Andreas Tolias, au Baylor College of Medicine (Houston, Etats-Unis), vient de mettre au jour leur étonnante diversité : il existe pas moins de quinze types de neurones inhibiteurs différents, chacun possédant une géométrie bien particulière. Les chercheurs ont cependant montré que leurs connexions sont régies par seulement trois grands principes, ce qui permet de répartir ces quinze types de cellules nerveuses en trois grands groupes : le premier contient celles capables d'interagir avec n'importe quels autres neurones situés dans leur environnement proche, tandis que les deux autres groupes ne communiquent qu'avec certains types de neurones. Des règles de connexion simples qui pourraient aider les chercheurs à mieux comprendre le fonctionnement du cerveau. **C.H.**



> Si les neurones inhibiteurs sont variés (il en existe quinze types différents, ci-contre), leurs connexions ne suivent que trois grands principes.

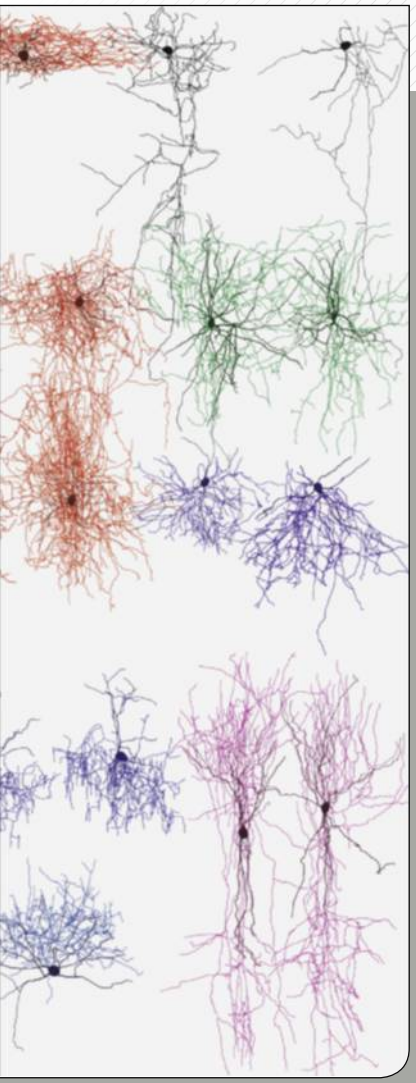


> La tête des spermatozoïdes leur sert de gouvernail : sans elle, ils tourneraient en rond !

PHYSIOLOGIE

Ce n'est pas la queue du spermato

On pensait que la direction prise par un spermatozoïde dépendait du sens de rotation de son flagelle. Les travaux d'Anton Bukatin, de l'université de Saint-Pétersbourg, prouvent que non : lorsque des spermatozoïdes humains remontent un fluide à contre-courant, leur queue tourne presque toujours dans le sens opposé des aiguilles d'une montre. Un mouvement qui devrait tous les entraîner vers la gauche. Pourtant, la moitié d'entre eux virent à droite… Le chercheur a identifié l'origine de ce comportement :



zoïde qui le dirige

ceux qui se dirigent vers la droite présentent une courbure au niveau de leur partie intermédiaire, qui a pour effet d'incliner leur tête et de contrer la force les entraînant vers la gauche. Voilà comment ils avancent… au lieu de tourner en rond. **E.L.-T.**

L'ODEUR DE LA MORT A ÉTÉ DÉCRYPTÉE

L'odeur particulière d'un cadavre humain ne tient qu'à 5 composés (esters), qu'on ne retrouve pas sur les dépouilles animales, révèle une chercheuse belge. Une découverte utile pour la formation des chiens détecteurs de cadavres. **E.L.-T.**

LE DESTIN D'UNE COLONIE NE TIENT QU'À UNE FOURMI

Quand le parasite *Anomotaenia brevis* infecte une fourmi, il modifie son odeur. Ce qui brouille, chez les autres, la détection des intrus… qui attaquent plus facilement. Toute la colonie est alors fragilisée. **M.S.**

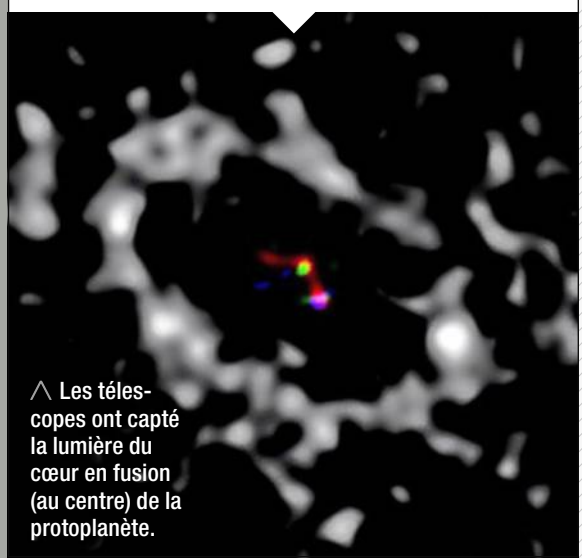
LE CHEVAL IAKOUTE S'EST VITE ADAPTÉ AU FROID

Poils longs, frissons… Plusieurs adaptations ont permis aux chevaux iakoutes de survivre à – 70 °C. Le séquençage de leur génome révèle qu'ils descendent de chevaux mongols arrivés en Sibérie orientale au xiii^{e} s. **A.D.**

ASTROPHYSIQUE

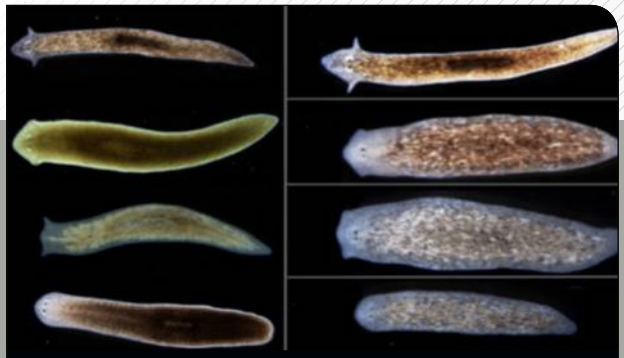
Une planète est en train de naître sous nos yeux

Elle s'appelle LkCa 15b, niche à 2,4 milliards de kilomètres de son étoile (un peu plus près qu'Uranus ne l'est de notre Soleil)… et c'est la première planète naissante qu'un télescope ait jamais détectée ! Bien sûr, il y avait des candidats : scrutant les cocons de poussières qui entourent les jeunes étoiles, les astronomes avaient déjà décelé des sillons probablement tracés par des planètes en formation. Ils avaient même distingué des silhouettes… Mais cette fois, Stéphanie Sallum, de l'université d'Arizona (Etats-Unis), et son équipe sont sûrs de tenir une protoplanète. La preuve : ils l'ont vue grossir ! *"C'est la première fois qu'on obtient une mesure directe"*, se félicite la chercheuse. En pointant le télescope Magellan (Chili) et le télescope binoculaire géant du Mont Graham (Arizona) sur LkCa 15b durant plusieurs campagnes d'observation entre 2009 et 2015, l'équipe a détecté une lumière particulière, émise seulement lorsque de la matière surchauffe. Cela ne peut signifier qu'une chose : LkCa 15b recèle un cœur en fusion qui produit un puissant champ magnétique (20 fois plus intense que celui de Jupiter) et attire les roches et les gaz alentour jusqu'à ce qu'ils s'écrasent sur son sol. Autrement dit, elle est en train d'accréter la matière autour d'elle… Une planète est en train de se former, sous nos yeux. **M.F.**



⋀ Les télescopes ont capté la lumière du cœur en fusion (au centre) de la protoplanète.

XIALONG JIANG - S.GSCHMEISSNER/SPL/PHANIE - S.SALLUM



∧ Le ver du haut (tacheté) a été manipulé pour développer la tête des trois autres espèces (à dr., après la "repousse").

M. EMMONS-BELL ET AL. - S. AQUINDO - SHUTTERSTOCK

BIOLOGIE

SUR CE VER POUSSE LA TÊTE… D'UN AUTRE VER

Des chercheurs de l'université Tufts (Etats-Unis) ont accompli une drôle de prouesse : après avoir décapité un plathelminthe, ver plat connu pour ses capacités de régénération, ils ont réussi à faire repousser sur son corps la tête (et le cerveau)… d'autres espèces de ver ! Pour cela, ils ont manipulé certaines chaînes de protéines intervenant dans l'échange d'informations bioélectriques entre les cellules. Et ce, sans modifier l'ADN des animaux. *"Cela confirme ce que l'on pensait : connaître la génétique d'un organisme n'est pas suffisant pour déterminer sa forme physique. Il faut également étudier ses circuits bioélectriques"*, note Michael Levin, l'un des chercheurs. **S.D.**

ENDOCRINOLOGIE

Chez les femmes, le pouvoir accroît la testostérone

Adopter un comportement souvent jugé "masculin" peut stimuler la production de testostérone chez les femmes (qui en sécrètent naturellement moins). Des chercheurs américains ont analysé la salive de 15 actrices avant et après leur avoir fait simuler une démonstration d'autorité (le licenciement d'un salarié) : leur taux de testostérone avait augmenté de plus de 10 %. Nos comportements stéréotypés renforceraient donc nos différences biologiques ! **E.A.**

Drôle de science



Le cas étrange de la fontaine à chocolat est résolu

C'est lors d'une promenade dans la campagne anglaise qu'Helen Wilson, physicienne à l'University College London, a eu l'idée de se pencher sur une question peu académique mais néanmoins fondamentale : pourquoi, dans les fontaines à chocolat, le rideau liquide se rabat-il vers l'intérieur au lieu de tomber tout droit, comme dans n'importe quelle autre fontaine ? Muni de bonnes quantités de chocolat (belge, cela va sans dire), l'un de ses étudiants, Adam Townsend, s'est attaqué aux expériences et aux calculs. *"Le cas de la fontaine à chocolat ne fait appel à aucun nouveau phénomène de dynamique des fluides, mais il nous a obligés à réunir différents phénomènes pour obtenir une description complète"*, relate le chercheur. Le modèle a fini par donner la réponse : ce n'est ni la forme de la structure en plastique de la fontaine, ni la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur qui tord le rideau de chocolat… mais sa tension de surface. Cette force qui domine la surface des fluides se révèle prédominante dans le cas du chocolat fondu, jusqu'à déformer sa chute. *"Cela marche aussi pour les fontaines de mayonnaise ou de ketchup"*, précise Adam Townsend. Miam ! **M.F.**

RTL

#RTLBOUGE



PHOTO : ROMAIN BOÉ / ABACAPRESS

LA CURIOSITÉ EST UN VILAIN DÉFAUT

SIDONIE BONNEC ET **THOMAS HUGUES** LUNDI-JEUDI 20H-22H

MARDI 26 JANVIER

CE QUE LA SCIENCE SAIT DU BONHEUR

Avec Caroline Tourbe, journaliste.

SCIENCE&VIE

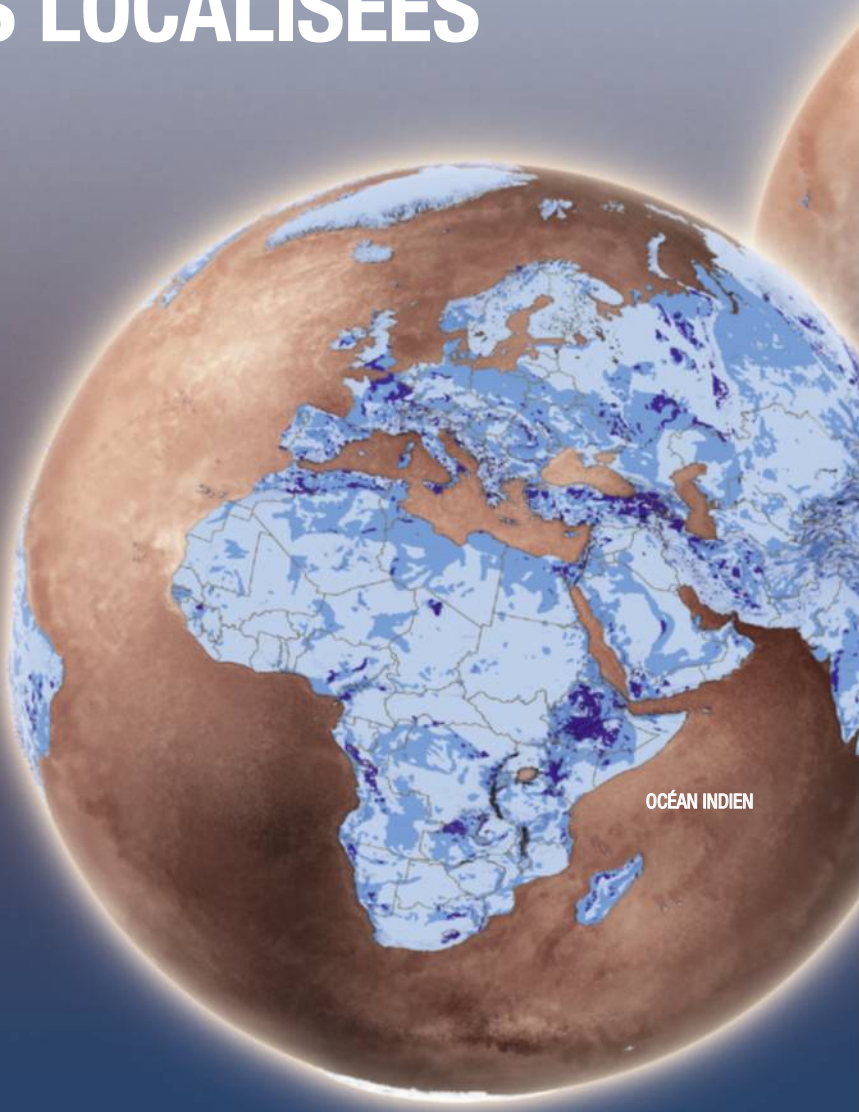
RTL.fr

HYDROLOGIE

LES RESSOURCES EN EAU LES PLUS VULNÉRABLES SONT DÉSORMAIS LOCALISÉES

Depuis quelques années, de multiples études pointent la baisse du niveau des aquifères mondiaux, suggérant que notre usage de l'eau souterraine n'est pas soutenable. D'où l'importance du travail dirigé par Tom Gleeson, de l'université de Victoria au Canada, qui a dressé la carte de la répartition de l'eau souterraine sur le globe, et surtout réussi à différencier l'eau "jeune" (qui se renouvelle en moins de cent ans) de celle qui est là depuis des temps géologiques. *"Cette carte de l'eau 'jeune' nous dit où la ressource se renouvelle le plus vite, mais c'est aussi une carte de sa vulnérabilité,* précise Tom Gleeson, *car c'est là que les actions humaines, des contaminations au changement climatique, peuvent vraiment avoir des effets sur elle."*

Pour l'obtenir, les chercheurs ont croisé de très nombreux jeux de données, forages, cartes, analyses géochimiques, modèles météorologiques et hydrologiques. La carte montre notamment des accumulations au pied de certaines chaînes de montagne, l'eau souterraine "coulant" le long des pentes. *"Ce sont des résultats à affiner,* indique Tom Gleeson, *pour pouvoir calculer le temps qui reste avant que la baisse des aquifères ne devienne un vrai problème."* **Y.S.**

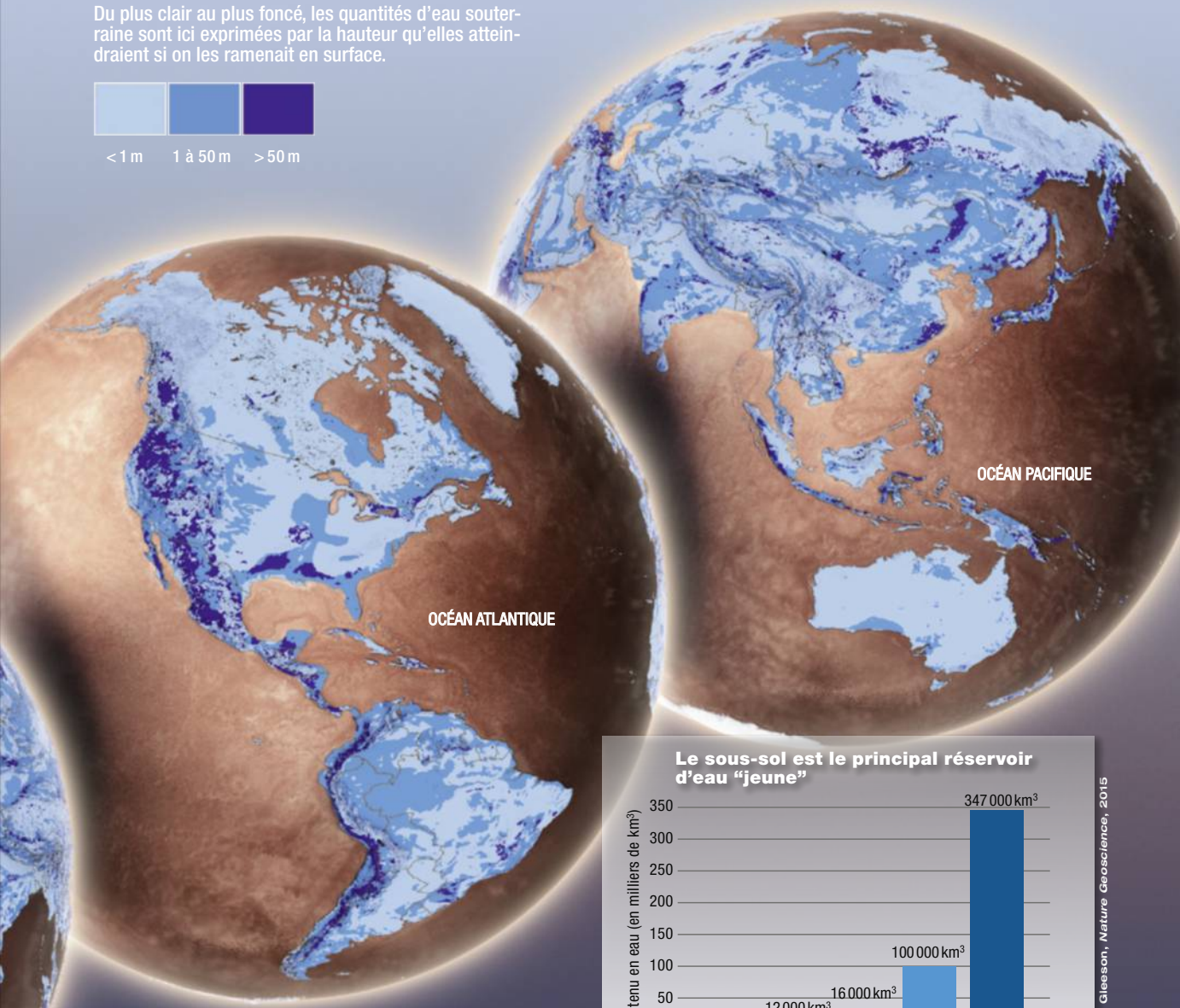


G.CIRADE - M.KONTENTE

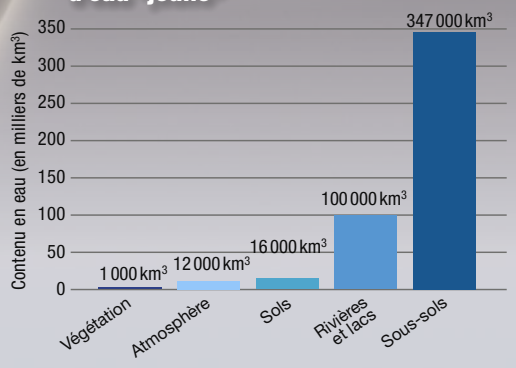
Les zones où l'eau "jeune" est la plus abondante sont aussi les plus exposées

Du plus clair au plus foncé, les quantités d'eau souterraine sont ici exprimées par la hauteur qu'elles atteindraient si on les ramenait en surface.

< 1 m 1 à 50 m > 50 m



Le sous-sol est le principal réservoir d'eau "jeune"



Sources : Tom Gleeson, *Nature Geoscience*, 2015

6 %

de l'eau du sous-sol est "jeune" (renouvelée en moins de 100 ans).

3 m

c'est l'épaisseur de la couche d'eau "jeune" qui recouvrirait les continents si elle était entièrement extraite.

22

millions de km³ d'eau au total (eau "jeune" et ancienne) sont contenus dans le sous-sol de la Terre.

ÉCOLOGIE

LES PRÉS SALÉS SERONT SAUVÉS PAR L'EXCÈS DE CO_2

En France, les prés salés les plus connus sont ceux qui entourent le Mont-Saint-Michel. Ces grandes étendues d'herbes halophiles (qui poussent dans les sols salés), recouvertes par la mer lors des grandes marées, sont précieuses écologiquement : leur capacité à stocker le carbone dépasse, au mètre carré, celle des forêts tropicales ! *"Lorsque les herbes meurent, elles s'empilent sur le fond vaseux, où la présence de sel empêche pour l'essentiel leur décomposition, et la nouvelle génération pousse par-dessus*, décrit Linda Deegan, du Laboratoire de biologie marine de Woods Hole (Etats-Unis). *Il peut ainsi y avoir des dizaines de mètres de matière organique empilée, mélangée à des particules minérales, d'où l'énorme stockage de carbone."* Les scientifiques craignent depuis des années que l'accélération de la montée des océans submerge complètement ces zones et les fasse disparaître. Mais une équipe américaine vient d'établir que l'excès de CO_2 va tellement doper la croissance de ces herbes halophiles qu'elles pourront s'accommoder d'une hausse du niveau de la mer supérieure à 10 mm/an, bien au-dessus des 3,2 mm/an observés actuellement. Laissant ainsi aux prés salés un répit de plusieurs décennies au moins. **Y.S.**



> Menacés par la montée des eaux, les prés salés, véritables puits de carbone, verront leur croissance accélérée par le CO_2.

AGRONOMIE

Les herbicides n'agissent pas que sur les champs traités

Quand on épand des pesticides dans un champ, des projections atterrissent alentour. Leur impact a été évalué par l'Agence de l'environnement américaine dans le cas d'un désherbant, le dicamba. Résultats : exposées à des doses de 0,1 à 1 % de celle utilisée en champ, une luzerne (non ciblée par l'herbicide) et une plante sauvage commune (l'eupatoire perfoliée, en photo) ont présenté une floraison moins longue et moins importante. En outre, les pollinisateurs ont visité moins souvent chaque fleur, suggérant une possible réduction de leur population. Y.S.



< Sur les terrains proches du champ traité, les visites des pollinisateurs se raréfient.

GETTY IMAGES/NATIONAL GEOGRAPHIC - SHUTTERSTOCK



ÉCOTOXICOLOGIE

La pollution aux métaux lourds change la couleur des mésanges

La quantité de métaux lourds assimilés par les mésanges charbonnières influe sur leur plumage… or, celui-ci joue un rôle essentiel dans leur reproduction. Des chercheurs espagnols ont mesuré, chez cette espèce, les concentrations de huit métaux associés à la pollution humaine (pesticides, produits chimiques, résidus de combustion). Ils ont constaté que la présence de mercure est associée à un plumage plus pâle, donc moins attractif, tandis que le chrome réduit la taille de la "cravate" noire, signe de dominance chez ces oiseaux. Certains contaminants ont l'effet inverse : ainsi, le cuivre agrandit ladite cravate… au risque de favoriser la reproduction d'individus qui, sinon, auraient été écartés par la sélection naturelle. **Y.S.**



Le chrome et le cuivre agissent sur la taille de la cravate noire de l'oiseau, et donc sur son attractivité.

11,9 millions

C'est, en hectares, la surface de forêts dont la destruction est planifiée par les projets de mines de charbon en cours, recensés par l'ONG Fern – soit plus que la superficie du Portugal… Et c'est sans compter la Chine, le plus grand producteur de charbon au monde (46 %), qui n'a pas fourni de données ! La déforestation associée à la production de charbon n'est jamais prise en compte dans le calcul des émissions de CO_2 de ce combustible. Mais même minorées, ces dernières restent largement supérieures à celles de toute autre source d'énergie.



Nouvelle

Renault MEGANE

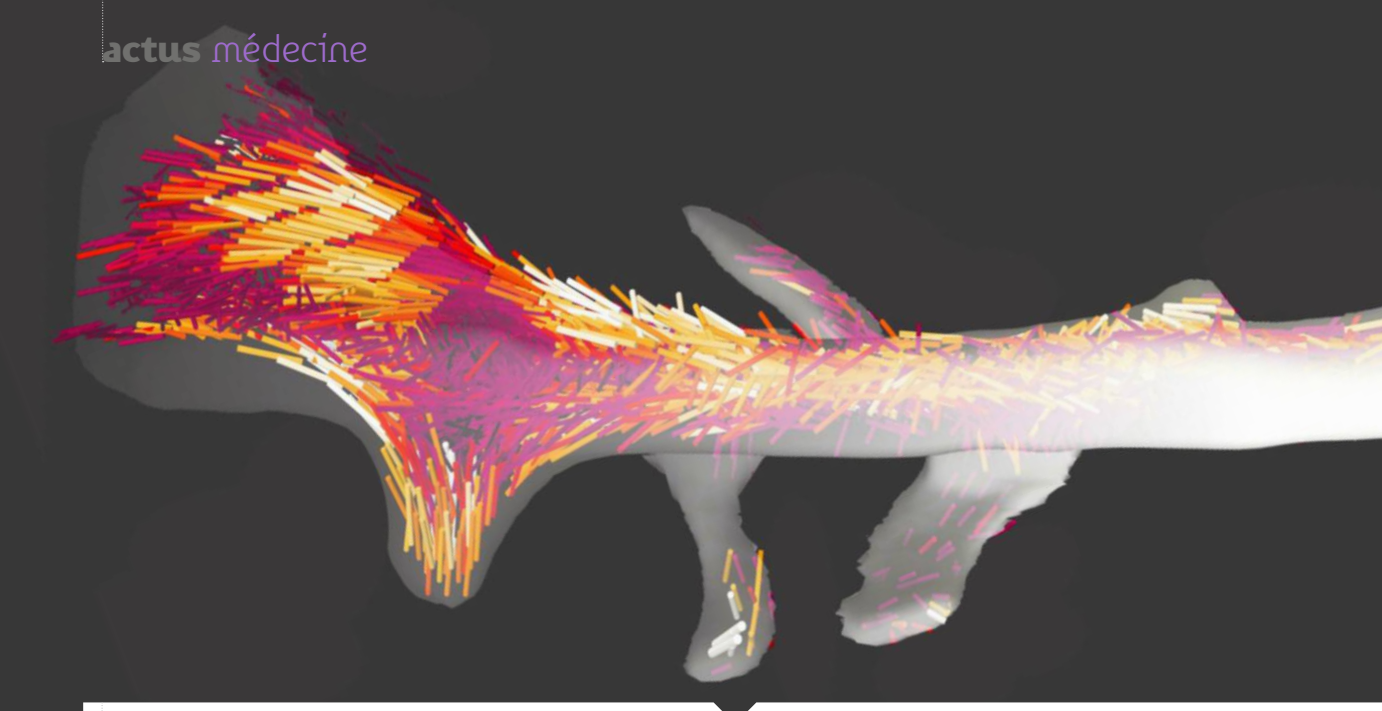
Activez vos sensations

Design sportif et signature lumineuse identitaire.
Poste de conduite high-tech, avec tablette tactile R-Link 2* de 8,7".
Plaisir de conduite inédit grâce à la boîte automatique EDC à double embrayage*.

* Disponible selon version. **Consommations mixtes min/max (l/100 km) : 3,3/6. Émissions CO_2 min/max (g/km) : 86/134. Consommations et émissions homologuées selon réglementation applicable.**

Renault recommande elf

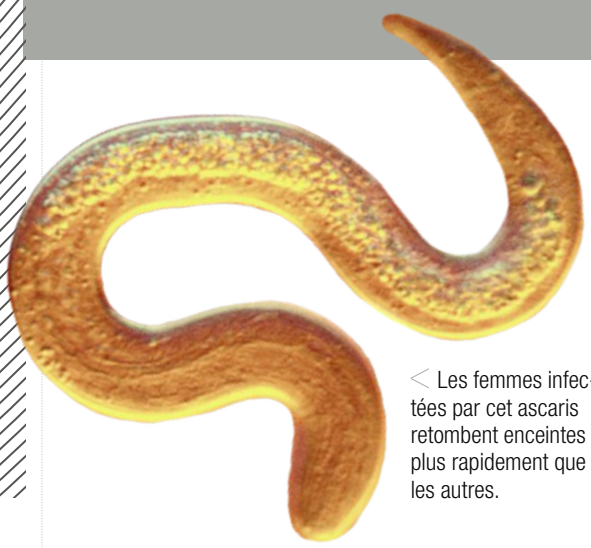

RENAULT
La vie, avec passion
MEGANE
Crédit photo : John Higginson.
renault.fr



RADIOLOGIE

LA RÉSISTANCE DE L'OS DÉPEND DU SENS DE

L'un des éléments constitutifs de l'os est le collagène. Organisé en fibres, il joue un rôle dans la résistance de notre squelette aux chocs et au vieillissement. Mais pourquoi certains os résistent-ils mieux que d'autres ? Des chercheurs de l'Institut Paul-Scherrer (Suisse) tentent de clarifier la question en cartographiant l'orientation et la solidité des fibres de ce collagène. Pour ce faire, ils ont d'abord dû développer une technique permettant d'observer l'intégralité de ces fibres dans un échantillon d'os intact. Une tâche d'une complexité inouïe qui a nécessité des milliers de mesures. Ils ont soumis un morceau de vertèbre aux rayons X et analysé leurs déviations, qui dépendent de la structure interne de l'os, à leur sortie. Mais pour obtenir une image en 3D, il a fallu étudier l'objet dans six positions différentes, sur 40 faces espacées de 4,5°, et sur 6710 points séparés de 25 µm ! Et enfin, développer un algorithme pour analyser ce fouillis de données. Le résultat est là, et l'image est magnifique. *"Nous allons maintenant corréler la position, l'alignement ou le désordre des fibres à*

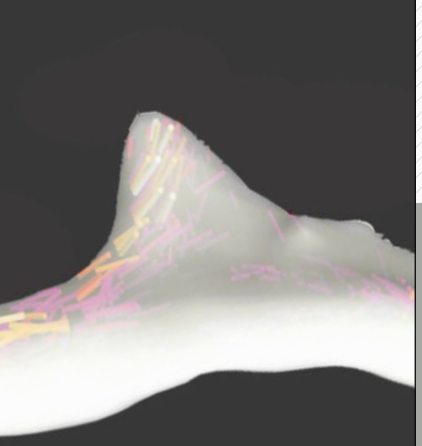


< Les femmes infectées par cet ascaris retombent enceintes plus rapidement que les autres.

GYNÉCOLOGIE

Un ver parasite stimule la fécondité

Comportement, humeur, morphologie… on savait déjà que les parasites pouvaient influencer leurs hôtes de très nombreuses manières. Mais voilà qu'ils peuvent aussi stimuler la fécondité des femmes ! En utilisant des données recueillies pendant neuf ans auprès de 986 Boliviennes, des chercheurs américains ont découvert que celles qui étaient infectées par un ver appelé ascaris retombaient enceintes plus vite que les femmes ayant échappé à ce parasite. L'écart entre les deux groupes est d'environ six mois. Les chercheurs



∧ C'est la première fois que les fibres de collagène qui constituent l'os ont été cartographiées aussi précisément.

SES FIBRES

la résistance osseuse pour mieux comprendre ce lien et étudier son impact chez les personnes âgées ou souffrant de maladies dégénératives de l'os. Cela permettra aussi de développer de nouveaux biomatériaux", conclut Manuel Guizar-Sicairos, qui a dirigé les travaux. **A.R.**

des femmes

ont calculé que l'infection entraînerait la naissance, en moyenne, de deux enfants de plus. Un effet qui pourrait s'expliquer par l'action légèrement anti-inflammatoire de ce parasite, puisqu'un excès d'inflammation, justement, semble diminuer les chances de grossesse. **EA**

en bref

UN MATELAS RÉGULE L'APNÉE DU SOMMEIL

Vibrant et générant un subtil bruit de fond, un matelas préviendrait les apnées. C'est ce qu'ont montré les tests menés sur 36 nourrissons : leur respiration était plus stable, la fréquence des apnées réduite de moitié, le sang mieux oxygéné et leur rythme cardiaque plus régulier. **O.C.**

MISE EN VENTE D'UN VACCIN CONTRE LA DENGUE

Le Mexique est le premier, fin 2015, à avoir autorisé le Dengvaxia. Si son efficacité est partielle, Sanofi Pasteur espère pourtant, avec un taux de vaccination de 20 %, diviser par deux en cinq ans l'incidence de la maladie dans les pays très touchés. **E.A.**

60 GREFFES DE PÉNIS PRÉVUES

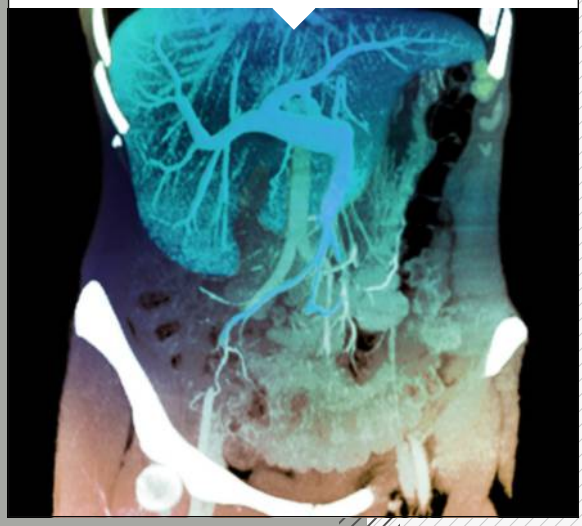
C'est la première série de greffes de cette ampleur : les chirurgiens espèrent rétablir les fonctions urinaires et sexuelles de 60 militaires américains amputés. **C.T.**

BACTÉRIOLOGIE

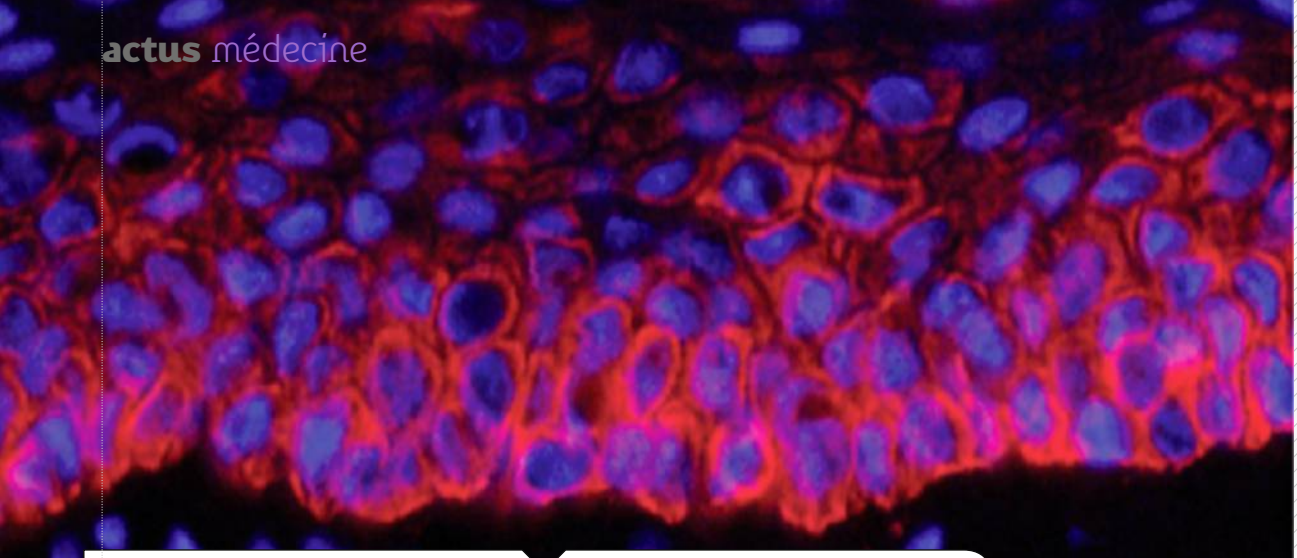
Certaines bactéries intestinales protégeraient le foie des effets de l'alcool

Pourquoi certains alcooliques développent-ils des maladies du foie (cirrhose, cancer…) et d'autres non ? Une partie de la réponse se cache dans leurs intestins. Des chercheurs français ont en effet démontré que les effets de l'alcool sur le foie dépendent de la composition du microbiote intestinal. Ils ont pour cela transféré les bactéries de patients alcooliques, ayant développé ou non une hépatite liée à l'alcool, dans les intestins de souris, puis ils ont donné à ces dernières de fortes quantités d'éthanol pendant cinq semaines. Résultat : celles qui avaient reçu les bactéries de patients atteints d'hépatite développaient elles-mêmes beaucoup plus de troubles associés à cette maladie (inflammation et nécrose du foie, hyperperméabilité intestinale…) que celles qui avaient reçu les bactéries de patients non atteints. *"Certaines 'bonnes' bactéries pourraient protéger de la toxicité de l'alcool en restreignant la perméabilité des intestins et en favorisant la production d'une bile qui digère mieux l'alcool*, affirme Gabriel Perlemuter, qui a dirigé les travaux. *Nous espérons, en les identifiant, pouvoir à l'avenir prévenir l'apparition de maladies du foie chez des patients alcooliques, avec des probiotiques par exemple."* **E.A.**

∨ Chez les alcooliques, le risque de développer une maladie du foie (en bleu) dépendrait du microbiote intestinal.



P.SCHERRER INSTITUTE/M.LIEBI - D.SPEARS/CORBIS - ZEPHYR/SPL/COSMOS



Deux types de cellules (en bleu) se réorganisent naturellement pour former des cordes vocales.

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE

ON SAIT CULTIVER DES CORDES VOCALES POUR LES GREFFER

Faire pousser des cordes vocales en laboratoire avant de les greffer sur des patients ayant perdu leur voix après de graves lésions : voilà le défi que tentent de relever des chercheurs américains de l'université du Wisconsin. Certains cancers ou maladies virales peuvent en effet abîmer la muqueuse qui compose les cordes vocales et entraîner une limitation, voire une perte de la parole. Les biologistes ont développé leur méthode à partir de deux types de cellules qui peuvent être prélevées sur les cordes vocales de donneurs : les fibroblastes et les cellules épithéliales. En les cultivant sur des supports en trois dimensions, ils ont eu l'heureuse surprise de constater que ces cellules se réorganisaient naturellement pour former de nouvelles cordes vocales présentant la même structure et les mêmes propriétés élastiques et vibratoires que la version naturelle. Reste à expérimenter la greffe sur des animaux, puis chez l'homme. *"Une telle opération est aujourd'hui tout à fait possible techniquement"*, rappelle Nathan Welham, coauteur de ces travaux. A terme, *"l'idée est de constituer des banques de fibroblastes et de cellules épithéliales, conservés par congélation, et de se lancer dans la culture de cordes vocales à la demande pour obtenir la surface désirée"*, clarifie-t-il. **A.R.**

PHARMACOLOGIE

Un antidouleur est distillé par infrarouges

Des chercheurs américains viennent de démontrer qu'il était possible de soulager sa propre douleur post-opératoire en libérant des anesthésiques en quantité et au moment souhaités à l'aide d'une simple ampoule infrarouge. Leur secret : injecter, tout près du nerf douloureux, un médicament protégé par une membrane lipidique, qui ne se dégrade qu'en présence d'infrarouges. Ceux-ci pénètrent jusqu'à 10 cm dans les tissus… où ils ont pu activer l'antidouleur et anesthésier à deux reprises le nerf sciatique de rats, dans la journée suivant l'injection. **E.A.**

MICROBIOLOGIE

La résistance à un antibiotique très courant serait devenue mondiale

Découvert en novembre 2015, le gène bactérien mcr-1 porte une nouvelle résistance à un antibiotique, la colistine : ce traitement est utilisé dans les élevages et à l'hôpital, lorsqu'une infection résiste à tous les autres antibiotiques. Des bactéries résistantes ont été décelées en Chine (chez 21% des animaux d'élevage et 16 patients), et au Danemark. *"Si d'autres pays étaient touchés, il faudrait limiter la colistine chez les vétérinaires"*, indique Jean-Yves Madec (Anses). F.Q.



E.coli résiste à la colistine, très utilisée dans les hôpitaux et les élevages.

UNIV. OF WISCONSIN SMPH - S.FLEGLER/CORBIS

SCIENCE&VIE vous présente



LA NOUVELLE CROISIÈRE

LES CAPITALES de la Baltique

du 18 au 25 juin 2016

SCIENCES & GÉOPOLITIQUE

avec **Cédric Villani** & **Alexandre Adler**

8 jours / 7 nuits à partir de

1490€

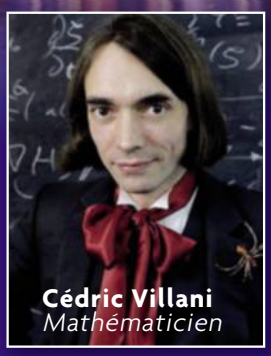
EN PENSION COMPLÈTE
boissons incluses aux repas
Au départ de PARIS

Prix TTC/pers. en cabine double cat. IC. forfait sejour inclus.

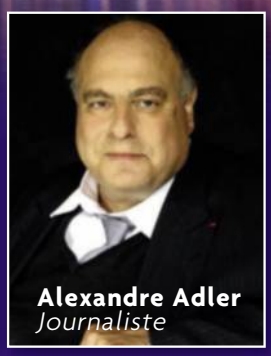


SUÈDE
Stockholm

EN PRÉSENCE DE :



Cédric Villani
Mathématicien



Alexandre Adler
Journaliste

A BORD DU COSTA LUMINOSA EN PARTENARIAT AVEC Costa

ÉVÉNEMENT

Les points forts de votre croisière Science&Vie

- ✓ Un programme exclusif de conférences « **Sciences, Géopolitique et Société** »
- ✓ Des invités prestigieux : **Cédric Villani** récompensé par la médaille Fields et **Alexandre Adler** spécialiste des relations internationales
- ✓ Un itinéraire spectaculaire de **8 jours à la découverte des splendeurs du Nord** : Saint Pétersbourg, Stockholm, Helsinki et Tallin

Sauf cas de force majeur. Ce programme est susceptible d'évoluer.

Appelez-nous ! c'est rapide, facile et cela n'engage à rien.

RENSEIGNEMENTS & RESERVATION AU :
01 41 33 57 06
Du lundi au samedi de 9h à 19h (prix d'un appel local)
EN PRÉCISANT SCIENCE&VIE

OU SUR LE SITE :
www.croisieres-lecteurs.com/sv

Complétez, découpez et envoyez ce coupon à SCIENCE&VIE CROISIÈRES - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

SCIENCE&VIE

C16SV1P

☐ **OUI,** JE SOUHAITE RECEVOIR GRATUITEMENT ET SANS ENGAGEMENT LA DOCUMENTATION COMPLÈTE de la croisière BALTIQUE proposée par Science&Vie.

☐ Mme ☐ M Nom : ..... Prénom : .....

Adresse : .....

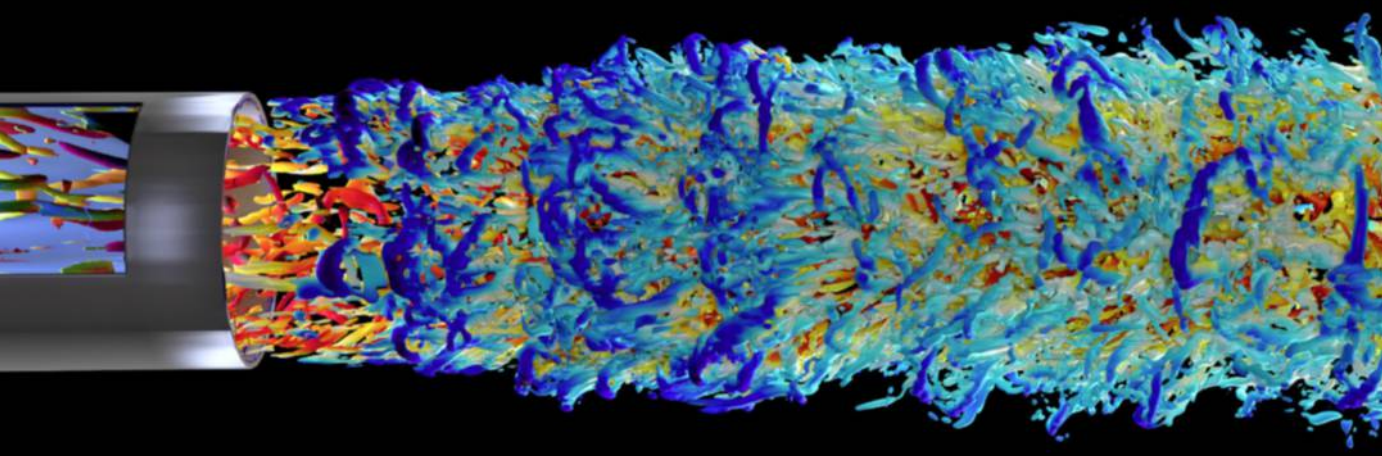
Code postal : ..... Ville : ..... Date de naissance : .....

Tél. : ..... Email : .....

☐ *Oui je souhaite bénéficier des offres de Science&Vie et de ses partenaires.* Avez-vous déja effectué une croisière (maritime ou fluviale) ☐ OUI ☐ NON

Conformément à la loi " Informatique et Liberté " du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification des données vous concernant. Cette croisière est organisée en partenariat avec Costa Croisières : Costa Crociere S.p.A. France - Atout France 092100081. Science&Vie est une publication du groupe Mondadori France Siège Social : 8 rue François Ory - 92 543 Montrouge Cedex. Création, réalisation aymptude C M D. Crédits photos : © IStock. © Costa Croisières.

Costa



MÉCANIQUE DES FLUIDES

LA FORMATION DE TOURBILLONS DANS LES

Tous les tuyaux se heurtent au même problème quand ils sont remplis de liquide : la turbulence. Inévitablement, des tourbillons se forment qui obligent à augmenter la puissance de pompage et occasionnent des pertes d'énergie. Pour s'attaquer à cet enjeu industriel, Dwight Barkley et son équipe de l'université de Warwick (Royaume-Uni) ont ciblé la naissance même des tourbillons : les premiers remous qui viennent perturber l'écoulement d'un liquide dans un tuyau, avant de se propager et de rendre le flot totalement turbulent. *"La plupart des études s'intéressaient jusqu'ici à la turbulence pleinement développée"*, précise Grégoire Lemoult, membre de l'équipe. En s'attachant à décrire les trois principales caractéristiques physiques



Row-bot contient des bactéries qui désagrègent les polluants… tout en l'alimentant en énergie.

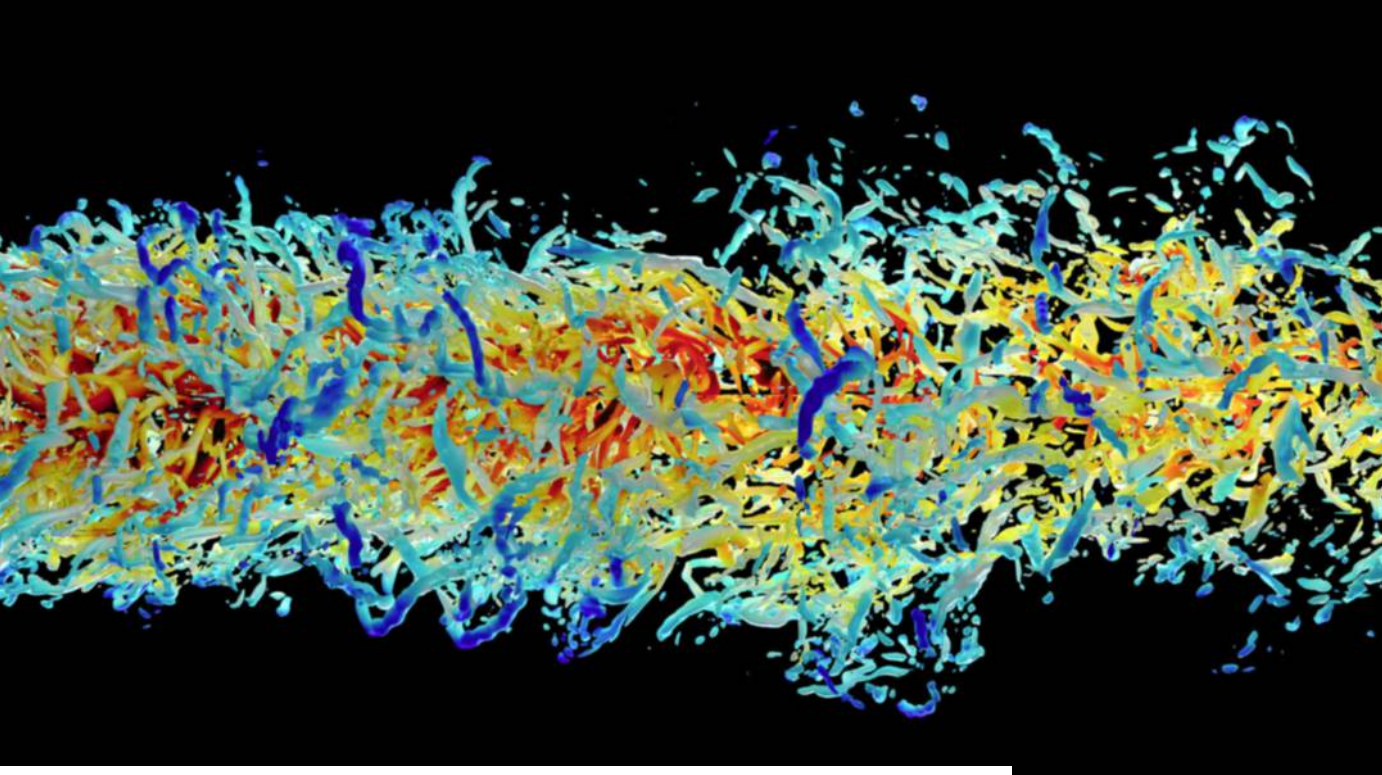
ROBOTIQUE

Un robot autonome va "digérer" les polluants présents dans l'eau

S'inspirant de la nage des punaises d'eau, une équipe de l'université de Bristol (Royaume-Uni) a conçu Row-bot, un véritable "intestin sur rames". La particularité de ce robot aquatique : il contient des bactéries qui désagrègent tous les polluants organiques rencontrés dans l'eau. Mieux : au cours de cette "digestion" (une opération d'oxydoréduction), le robot produit des charges électriques qui servent à alimenter son système motorisé. Les chercheurs imaginent déjà de futures colonies autopropulsées, qui pourront aller dépolluer les eaux de notre planète. **R.I.**

20°C

C'est la température à laquelle des chercheurs américains ont réussi à synthétiser des diamants. Ces nanoéchantillons ont pu être obtenus grâce à l'énergie d'un laser, alors qu'il fallait jusqu'ici déployer des conditions de pression et de température extrêmes (plus de 1 400 °C). **R.I.**



TUYAUX EST ENFIN MODÉLISÉE

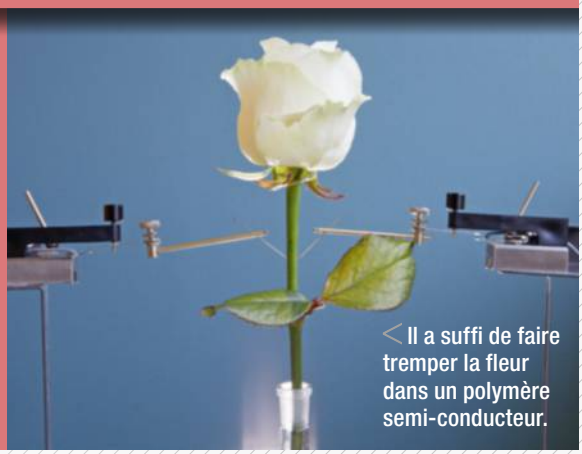
du fluide – son mouvement dans le tuyau, les liens entre les tourbillons et le reste du flux, et l'effet de seuil au-delà duquel les tourbillons s'amplifient tellement qu'ils deviennent explosifs –, les chercheurs sont parvenus à reproduire en détail la dynamique du front turbulent dans le tuyau. Mieux, ils ont découvert une stratégie pour le supprimer ! *"Notre modèle montre que si l'on parvient à modifier certains paramètres de l'écoulement, on peut faire disparaître totalement la turbulence*, explique Dwight Barkley. *Cette approche est déjà en phase de test."* **M.F.**

∧ Mieux compris, le phénomène de turbulence dans un tuyau rempli de liquide, qui perturbe nombre de processus industriels, pourrait être contenu.

ÉLECTRONIQUE

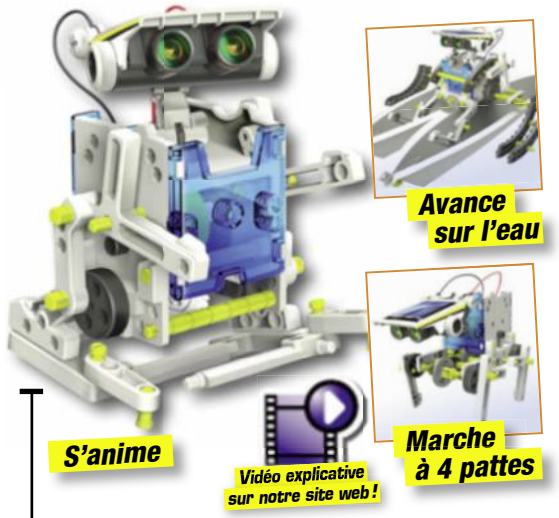
Une rose a été transformée en circuit électronique

Une équipe de l'université de Linköping (Suède) a eu la drôle d'idée de faire tremper une rose pendant 48 heures dans un vase rempli d'un polymère semi-conducteur. Le réseau de vaisseaux qui assurent le transport des nutriments dans la tige et les feuilles est alors devenu un véritable circuit électronique, dont les chercheurs ont pu exploiter les propriétés localement. A l'avenir, *"nous pourrons capter l'énergie de la photosynthèse pour produire de l'électricité, ou utiliser du courant pour contrôler la croissance des plantes"*, se félicite Magnus Berggren. R.I.



< Il a suffi de faire tremper la fleur dans un polymère semi-conducteur.

P.BECHLARS/WWW.BECHLARS.ORG - H.PHILAMORE/UNIVERSITY OF BRISTOL - E.GOMEZ/LINKÖPING UNIV.



14 robots solaires à construire !

Avec 2 niveaux de difficulté, ce kit ultra-complet permet de créer 14 robots différents, tous animés avec un moteur fonctionnant à l'énergie solaire.

Robot solaire Roll-E 14 en 1 - 29,90 €

195 pièces à assembler. Batterie solaire. Dim approx. Robot : 15 x 12 x 12 cm.



Protégez vos données bancaires !

Véritables barrières contre le vol des données bancaires, les étuis SECVEL® empêchent la lecture et le piratage des données à distance, évitent la démagnétisation, le pliage, la chaleur et les rayures. Chaque porte-cartes permettent de ranger jusqu'à 4 cartes de 90 x 61 mm, tout en leur offrant une protection optimale !

OFFRE SPÉCIALE DEUX PORTE-CARTES

LOT DE 2 14,90 € au lieu de ~~19,80 €~~ seulement !

Porte-cartes sécurisé SECVEL - 9,90 €

Dim. 9 x 6,1 x 0,3 cm Technologie brevetée SECVEL®. Matière : PVC, plastique sans phtalates. Fabrication européenne.

Visuels non contractuels

TECHNOFOLIES : LA PILE À COMBUSTIBLE !

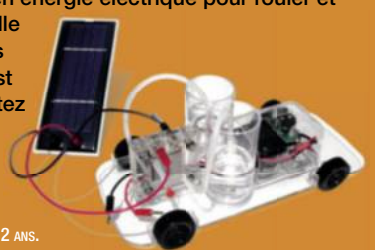
69,90 € seulement !

FRAIS D'ENVOI OFFERTS



Construisez une voiture intelligente et écologique !

Issue des dernières découvertes, cette voiture à monter soi-même permet de découvrir une source d'énergie du futur ! Equipée d'une pile PEM (membrane à échange de protons) réversible, elle produit de l'hydrogène et la transforme en énergie électrique pour rouler et éclairer ses 2 LED. Intelligente, elle évite même automatiquement les obstacles ! Un panneau solaire est également inclus, si vous souhaitez accélérer l'électrolyse.



Kit de construction voiture hydrogène

Kit complet de montage. Dim. env. : 23 x 9,5 x 8 cm. Nécessite 2 piles AA et ciseaux (non fournis). Dès 12 ans. CD-Rom : manuel et expériences à réaliser.



CASIO

Bien plus qu'une montre !

Adoptez cette montre multifonction équipée d'une boussole, d'un thermomètre et d'un chrono. Elle indique les heures de coucher et de lever du soleil, les phases de la lune et elle est dotée d'un calendrier automatique en plus des alarmes.

Montre *Casio Compass*
99 € ou 3 x 33 €

Diamètre du boîtier : 47 mm. Épaisseur du boîtier : 14 mm. Largeur du bracelet : 26 mm. Étanchéité : 100 m (10 bars). Mouvement : Quartz. Fonctions : rétro éclairage, boussole, thermomètre (-10° C / +60° C), affichage des phases de la lune, lever et coucher du soleil, heure universelle, 1/100 s - 24 heures, compte à rebours - 1/1 sec - 100 minutes, alarme quotidienne, bip horaire, marche/arrêt bip sonore des touches, calendrier automatique, format de l'heure 12/24 heures. Boîtier et bracelet en résine. Garantie 2 ans. 1 pile. Éco-participation incluse.

La Boutique SCIENCE & VIE

Chaque mois, La Boutique *Science & Vie* sélectionne pour vous des livres, idées cadeaux et des objets scientifiques ou insolites.

PAIEMENT 3 x SANS FRAIS

Son d'une qualité exceptionnelle !

Réécoutez tous vos disques vinyles, CD ou K7 !

Grâce à cette élégante chaîne hifi Roadstar au style rétro, réécoutez tous vos titres préférés sur vos anciens disques vinyles, vos CD et vos cassettes audio ! Elle est dotée d'une radio AM/FM, d'une platine vinyle (33, 45 et 78 tours), d'un lecteur K7, d'un lecteur CD et d'une prise USB pour écouter votre musique et enregistrer vos disques et cassettes sur Clé USB. Sa haute technologie vous offre un son d'une qualité exceptionnelle.



199 € seulement !

ou 3 x 66,33 €

LIVRAISON RAPIDE COLISSIMO OFFERTE

Chaîne Hifi Rétro « Luxe » Roadstar

Lecteur CD, CD-R, CD-RW, Lecteur K7 et MP3. Platine Vinyle (33, 45 et 78 tours) Radio AM/FM. Prise USB. Entrée/Sortie AUX. Affichage LCD avec rétroéclairage. Possibilité d'enregistrer vos vinyles, CD et K7 sur Clé USB. 2 hauts parleurs. Livrée avec 1 télécommande. Poids : 7,8 kg. Dim. : 21 x 34 x 50 cm. Garantie 1 an. Éco-participation incluse.

Protégez et rangez vos magazines !

La reliure *Science & Vie* - 15 €

Couverture toilée.
Contient 12 numéros.



POUR COMMANDER ET S'INFORMER

www.laboutiquescienceetvie.com
Exclusivité Internet : Livraison en Points Relais®, PayPal®

Renvoyez le bon de commande avec votre règlement à
La Boutique SCIENCE & VIE - CS 30 271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9

01 46 48 48 83 (6 jours/7 paiement CB uniquement)

BON DE COMMANDE

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Kit de construction **voiture à combustible**	387.159	x	**69,90 €**	= €
Robot solaire 14 en 1 ***Roll-E***	374.843	x	**29,90 €**	= €
Montre ***Casio Compass***	391.045	x	**99 €**	= €
Porte-cartes sécurisé ***SECVEL®***	393.694	x	**9,90 €**	= €
Lot de 2 Porte-cartes sécurisés ***SECVEL®***	393.702	x	**14,90 €**	= €
Chaîne Hifi **Rétro « Luxe » Roadstar**	384.461	x	**199 €**	= €
Reliure *Science & Vie*	353.458	x	**15 €**	= €
			SOUS-TOTAL	€

FRAIS D'ENVOI (cocher la case de votre choix)		
	❑ Envoi normal	**6,90 €**
	❑ **Ma commande atteint 49 €** Envoi Coliéco	**GRATUIT**
	❑ Livraison rapide Colissimo	**7,90 €**
	❑ **Ma commande atteint 75 € Livraison rapide Colissimo**	**GRATUIT**
	TOTAL	**€**

Frais d'envoi offerts dès 49 € de commande !

Offres valables en France métropolitaine uniquement dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 29/02/2016. Délai de livraison des produits : maximum 2 semaines après l'enregistrement de votre commande sauf si envoi par Colissimo (5 jours max.). Selon l'article L121-21 du code de la consommation, vous disposez d'un délai de 14 jours pour changer d'avis et nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Le droit de retour ne peut être exercé pour les enregistrements vidéo descellés. Les frais d'envoi et de retour sont à votre charge. En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Mondadori. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. Cochez la case si refus ☐.

À RENVOYER DANS UNE ENVELOPPE AFFRANCHIE AVEC VOTRE RÈGLEMENT À : LA BOUTIQUE SCIENCE & VIE - CS 30 271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9

> Mes coordonnées

CODE AVANTAGE : 351.924

❑ M. ❑ Mme ❑ Mlle

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Complèment d'adresse (résidence, lieu-dit, bâtiment) _____

CP |_|_|_|_|_| Ville _____

Tél. _____

Grâce à votre N° de téléphone (portable) nous pourrons vous contacter si besoin pour le suivi de votre commande.

E-mail _____

❑ Je souhaite bénéficier des offres promotionnelles des partenaires de *Science & Vie* (groupe Mondadori)

> Mode de paiement

❑ Je joins mon chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE

Je règle par carte bancaire

PAIEMENT 3 x SANS FRAIS

❑ Je règle en 1 fois la totalité de ma commande

❑ Je règle en 3 fois sans frais (à partir de 99€ d'achat)

Carte bancaire N° |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_|

Expire fin : |_|_| / |_|_|

Cryptogramme |_|_|_|
Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

12 000 DÉCÈS PAR AN EN FRANCE

MAIS POURQUOI MANGE-T-ON TROP SALÉ ?

Malgré les alertes sanitaires et les seuils fixés par l'OMS, les Français continuent de manger trop salé. Or, ce n'est pas de leur faute ! Et pour cause : à notre insu, l'industrie agro-alimentaire met dans nos assiettes des aliments beaucoup trop salés. Jusqu'à quand ? L'enquête de **Coralie Hancok**.

C'était en février 2000. Pierre Meneton, chercheur à l'Inserm, transmettait son rapport à l'agence qui s'appelait encore l'Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments). A l'époque, il était le premier à pointer en France les conséquences sanitaires dramatiques liées à un ingrédient des plus banal… le chlorure de sodium, plus communément appelé le sel.

Quinze ans plus tard, le bilan est amer. Les preuves se sont accumulées sur la responsabilité du sel dans l'apparition de l'hypertension et son action délétère sur nos artères (voir pages suivantes).

En 2003, l'Organisation mondiale de la santé, consciente des enjeux de santé publique, a clairement recommandé que les apports de sodium n'excèdent pas un seuil de 2 g, soit l'équivalent de 5 g de sel (une petite cuillère à café), par jour et par personne.

Mais en août 2014, une équipe internationale a pourtant montré que près de 12 000 Français décèdent toujours d'accidents cardio-vasculaires chaque année, directement liés au non-respect du seuil recommandé par l'OMS. *"Seuls 1 % des Français et 5 % des Françaises ont une consommation inférieure ou égale à ces recommandations"*, regrette Serge

EYES OF SCIENCE/SPL/COSMOS - SHUTTERSTOCK - F.LELAN/RÉA SHUTTERSTOCK - C.PEDRAZZINI/SPL/COSMOS - B.BELLANGER



Les Français consomment 2 fois trop de sel

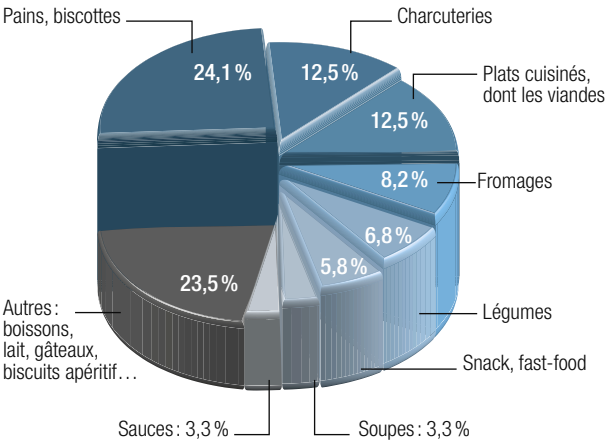
Alors que le seuil recommandé par l'Organisation mondiale de la santé est de 5 g/jour (ligne rouge), les Français consomment, en moyenne, plus de 9 g/jour.



L'excès de sel issu des produits industriels...

Les Français ajoutent 1 à 2 g de sel par jour et par personne quand ils mangent, ce qui représente 25 % de leur consommation (estimée de 8 à 10 g). L'étude de leurs habitudes alimentaires montre en revanche que 75 % du sel qu'ils ingèrent proviennent des produits industriels, pains et charcuteries en tête.

75 % **du sel que l'on mange est caché dans les aliments issus de l'industrie agroalimentaire**



Source : Anses

Hercberg, épidémiologiste, spécialiste de la nutrition et directeur du Programme national nutrition santé. *"Les études nutritionnelles révèlent que jusqu'à 40 % d'entre nous font attention à leur consommation de graisses et de sucre, alors que nous sommes à peine 10 % à en faire de même pour la consommation de sel"*, déplore aussi Pierre Meneton.

ON N'A PAS LE CHOIX !

Force est de reconnaître que les quantités de sel absorbées par les Français peinent à vraiment diminuer. Selon les dernières estimations de l'étude INCA2 de l'Anses, notre consommation avoisine les 8,7 g quotidiens pour les hommes, et 6,7 g pour les femmes, soit à peine 5 % en dessous des chiffres de 1999. Pire : la grande étude internationale Nutricode montre même une légère tendance à la hausse !

Et l'Europe est à l'unisson : *"Avec une moyenne située entre 7 et 18 g par jour, aucun Etat membre ne respecte les recommandations"*, s'énervait d'ailleurs Margaret Chan, la directrice de l'OMS, lors d'une conférence en 2013. A l'échelle de la planète, ce sont 1,65 million de personnes qui décéderaient chaque année d'une maladie cardio-vasculaire liée à ces excès.

Cela signifie-t-il que nous aurions tendance à trop forcer sur la salière ?

En fait, pas vraiment. Les apports mesurés par l'étude INCA2 sont uniquement ceux liés aux aliments transformés, auxquels il faut encore ajouter 1 ou 2 g dus au salage des plats et de l'eau de cuisson par les consommateurs eux-mêmes (ce qui peut nous mener, en tout, à 10,7 g pour les hommes et 8,7 g pour les femmes !). Autrement dit, nos habitudes ne seraient responsables que d'un tout petit quart de nos excès. Le reste ? Il est lié aux aliments produits par l'industrie !

Tant de sel ! Y compris dans des produits dont la saveur n'est pas du tout associée au goût salé, comme les biscuits, les céréales… A *Science & Vie*, on s'est demandé pourquoi le "sans sel" et des "édulcorants salés" n'avaient toujours pas envahi les rayons. En résumé, pourquoi, la plupart du temps, le consommateur continue-t-il de manger trop salé, sans avoir le choix.

Enfin, si, biologiquement, le choix existe… à la naissance. Car la plupart l'ignorent, mais le goût du sel n'est pas inné : c'est une saveur culturelle, que nous transmettons de génération en génération à nos enfants. Comme un cadeau empoisonné ?

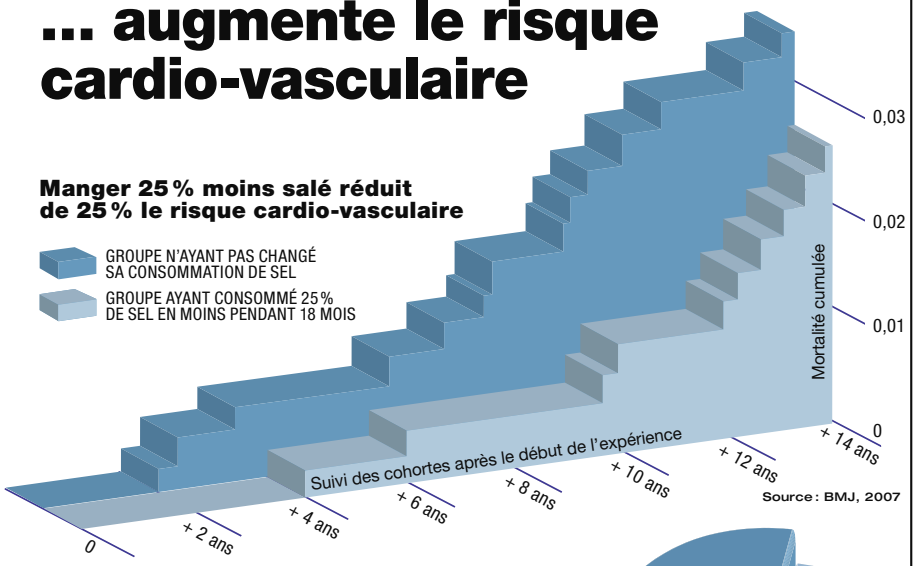
A la différence du sucré, le goût pour le salé trouve son origine dans l'alimentation familiale. *"On le sait, à la naissance, un petit d'homme ne réagira pas, ou même rejettera une mixture salée, alors qu'il réagira déjà positivement à une solution sucrée*, indique Gary Beauchamp, directeur émérite du Monell Chemical Senses Center, un centre de recherche améri-

L'excès de sel est aussi mis en cause dans les maladies auto-immunes

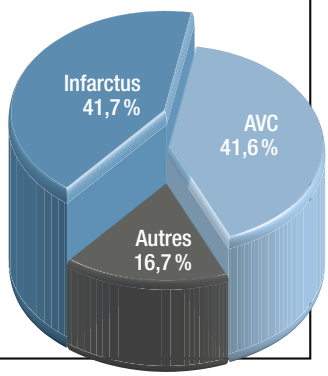
L'hypothèse est encore controversée, mais des indices pointent un lien entre l'excès de sel et des maladies auto-immunes telles que la sclérose en plaques, la maladie de Crohn ou le diabète de type 1… En 2013, trois équipes de chercheurs américains et allemands démontraient, *in vivo* et *in vitro*, qu'une concentration élevée de sel induit la production de lymphocytes Th17, des cellules immunitaires que l'on sait impliquées dans les maladies auto-immunes. Dans leurs expériences, les souris ayant bénéficié d'un régime riche en sel avaient d'ailleurs développé une forme plus sévère d'encéphalomyélite auto-immune, un modèle murin de sclérose en plaques.



… augmente le risque cardio-vasculaire



Le sel est directement impliqué dans la survenue d'accidents cardio-vasculaires
Une étude de 2007 (en haut) a montré qu'une diminution de la consommation de sel de 25 % suffisait à réduire la mortalité. Le sel augmente en effet la tension artérielle, et donc le risque cardio-vasculaire. Sa surconsommation serait responsable de 12 000 décès en France : 41,7 % infarctus et 41,6 % AVC (ci-contre).



Source : NEJM, 2014

cain exclusivement consacré à la compréhension des mécanismes du goût et de l'odorat. *C'est l'introduction dans l'alimentation du jeune enfant des aliments salés qui va développer son appétence future."* En 2012, le chercheur montrait d'ailleurs déjà très bien que les enfants familiarisés plus tôt avec le sel en conservaient un goût plus prononcé.

UN CONSERVATEUR NATUREL

Il faut d'ailleurs se souvenir que si le sel et l'alimentation humaine partagent une si longue histoire commune depuis la préhistoire, c'est en partie parce que cet ingrédient a longtemps été l'unique mode de conservation de denrées périssables (viandes, poissons…) pendant plusieurs mois. Voilà pour l'origine culturelle.

Sauf que depuis le XIXe siècle, d'autres modes de conservation (réfrigération, congélation, conserves…) sont apparus. Alors, à quoi riment encore les montagnes de sel utilisées par le secteur agroalimentaire ?

Du côté des fabricants, Cécile Rauzy, de l'Association nationale des industries alimentaires (Ania), invoque son *"rôle toujours important dans la conservation par son action antibactérienne, surtout dans l'élaboration des charcuteries"*. Anne-Emmanuelle Le Minous, d'ADRIA Développement, un centre technique chargé du transfert de technologies vers l'industrie agroalimentaire, ajoute que *"le sel régule la fermentation des fromages, des saucisses ou de la pâte à pain, contribue à la formation de la croûte du pain et de certains fromages, et améliore la texture de la viande en formant des liaisons entre ses protéines. Un jambon dans lequel la teneur en sel est trop réduite devient impossible à trancher. Autant de propriétés qui rendent difficile la réduction de sel en deçà d'une certaine limite"*. A les écouter, les industriels disposeraient donc d'une marge de manœuvre relativement faible pour réduire la teneur en sel.

Problème : si cette marge de manœuvre est si étroite, comment se fait-il que pour un produit en apparence identique, les teneurs en sel varient "salement" d'une marque à l'autre ?

UNE HISTOIRE DE COÛTS

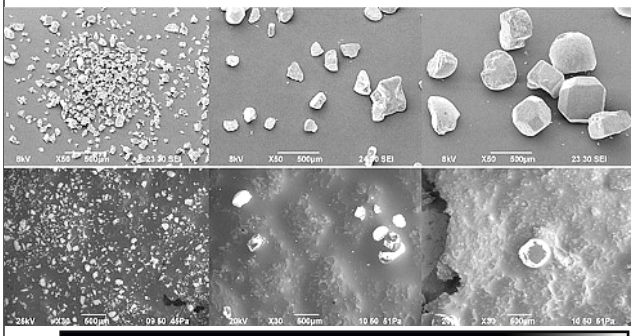
Stylo en main dans une grande surface, nous avons relevé des écarts de 0,62 g à 0,9 g de sel (pour 100 g) dans des lasagnes à la bolognaise surgelées ; de 4,6 g à 6 g de sel dans du jambon cru ; ou encore de 0,85 g à 1,1 g dans des conserves de petit salé aux lentilles. Soit des différences supérieures à 20, et parfois 30 %. Plus étonnant encore, au sein d'une même marque, des produits en apparence très semblables affichent parfois des écarts encore plus marqués. Ainsi, entre deux références de céréales au blé soufflé chocolatées, l'une affiche près de sept fois plus de sel que l'autre !

Pour Pierre Meneton, pourfendeur historique du sel, ces montagnes russes dans les taux affichés sont liées aux coûts de fabrication : *"Le sel, qui est un nutriment très bon marché, permet d'augmenter la capacité de rétention d'eau des aliments transformés, et donc d'augmen-*

M.KONTENTE - B.BELLANGER

3 pistes pour limiter le sel

Même s'il est plus difficile d'imiter le goût du sel que celui du sucre, chercheurs et industriels ont identifié différentes solutions qui permettraient de limiter la teneur en sel de nos aliments.



1. Utiliser des grains plus petits et/ou les disposer plus en surface

Une partie du sel des aliments est avalée avant même d'avoir pu provoquer une sensation salée sur notre palais. En utilisant des grains plus petits, ou en salant préférentiellement la surface des aliments plutôt que l'intérieur, les industriels pourraient obtenir la même sensation avec moins de sel.



ter leur poids. Autrement dit, réduire la quantité de sel, c'est diminuer le poids et, selon les communications orales qu'ont bien voulu me faire certains professionnels du secteur, cela représenterait une perte de chiffre d'affaires de 10 à 15 % !" Pour ne pas réduire leurs marges, les fabricants rechigneraient donc à avoir la main moins lourde sur le sel.

Un argument que rejette Brigitte Laurent-Langevin, directrice du service nutrition chez Nestlé France : *"En ce qui concerne le sel, le gain en poids est très minime."* En revanche, reconnaît-elle, *"la diminution de la teneur en sel dans certains aliments, comme nos jambons (– 21 % depuis 2005) a nécessité de sélectionner des viandes plus fermes pour que l'on puisse continuer à les trancher sans difficulté, et cela a un impact financier non négligeable"*. C'est donc bien une histoire de coûts !

Les fabricants ne sont d'ailleurs pas les seuls à avoir beaucoup à perdre dans une stratégie globale de réduction de la consommation de sel. Chacun en a fait l'expérience : manger saler donne soif. Plus exactement, l'apport moyen en sel observé dans la quasi-totalité des pays industrialisés (8 à 9 g/jour) induit une consommation de boissons supérieure de 350 ml à celle que nous aurions si nous nous conformions aux 5 g de sel recommandés par l'OMS. Et en 2008, Feng J. He et ses collègues de l'université de Londres ont montré que, chez les enfants, chaque gramme supplémentaire de sel avait pour effet d'augmenter de 100 ml leur consommation quotidienne de boissons. Or, plus du quart de ce surplus (27 ml exactement) était constitué de sodas… au point que les chercheurs allaient jusqu'à pointer un rôle possible de la surconsommation de sel dans l'épidémie d'obésité qui frappe nos enfants !

Des produits industriels moins salés entraîneraient une perte de chiffre d'affaires de 15 %

Là où un doute surgit, c'est lorsqu'on sait que les mêmes multinationales commercialisent parfois les deux. Le géant Pepsico, par exemple (qui n'a pas souhaité répondre à nos questions), vend le fameux soda,





2. Ajouter des épices ou des exhausteurs de sel

C'est la solution la plus simple : il s'agit de rendre tout simplement l'aliment plus goûteux, en modifiant la recette et en y ajoutant des épices. On peut aussi utiliser des ingrédients dit "exhausteurs de sel" qui évoquent un goût salé, tels que l'arôme de sardine ou des extraits d'algues par exemple.

3. Remplacer le sodium par d'autres minéraux

Dans certains aliments allégés en sel, le chlorure de sodium a été en partie remplacé par du chlorure de potassium (KCl). Celui-ci représente également la majorité des "sels" dits de régime qui sont vendus en pharmacie.

mais aussi des chips. Même chose pour Unilever (dont, là encore, nous n'avons reçu aucune réponse malgré nos relances). Quant à Nestlé France, qui ne commercialise certes pas de sodas mais plusieurs marques d'eau minérale (Contrex, Vittel, Hépar…), sa directrice nutrition rejette l'accusation : *"Si celle-ci était valable, Nestlé, et de manière plus générale l'ensemble du secteur agroalimentaire, n'aurait pas joué le jeu comme il l'a fait depuis une quinzaine d'années."*

Reste à estimer à quel point l'industrie agroalimentaire a vraiment "joué le jeu" de la réduction de sel. Comme aucune mesure contraignante n'a réglementé les seuils depuis quinze ans, tout dépend du "bon vouloir" des industriels. Et si des efforts ont été consentis, c'est sur des produits précis. *"Les soupes industrielles contiennent par exemple entre 5 et 20 % moins de sel qu'il y a dix ans"*, reconnaît Serge Hercberg.

Dans le cadre du Plan national nutrition santé, une trentaine de chartes, par lesquelles les industriels s'engageaient, entre autres, à réduire la teneur en sel de leurs produits, ont bien été signées depuis dix ans. *"Des accords collectifs ont également été mis en place. A titre d'exemple, celui signé en février 2014 par le secteur de la boulangerie-pâtisserie, soit 32 000 points de vente, stipule qu'à partir de la fin de l'année 2014, 80 % des pains devaient être confectionnés avec moins de 18 g de sel par kilo de farine, et 100 % avec moins de 19 g"*, indique Cécile Rauzy.

DES MESURES COERCITIVES ?

Mais pour Serge Hercberg, *"dans le cadre de mesures uniquement incitatives, on a épuisé le vivier d'entreprises vertueuses. Il faut désormais passer à des mesures plus contraignantes"*. Dit plus frontalement, ce n'est plus la peine de compter sur le bon vouloir de l'industrie agroalimentaire !

De fait, il est grand temps d'emboîter le pas d'autres pays qui, confrontés comme nous aux limites ou même à l'échec de la réduction volontaire, se sont dotés de moyens de coercition. Seuils réglementaires, système de taxation plus importante des produits non vertueux, organismes de contrôle ou d'information indépendants… A des degrés divers, le Portugal, la Belgique, les Pays-Bas, le Brésil, ou dernièrement les Etats-Unis se sont dotés de moyens législatifs afin d'inverser les tendances.

I.FISK ET AL - J.C.MOSCHETTI/REA - P.BESSARD/REA



Et en France ? Calme plat sur le front du sel. Aucune mesure contraignante n'est à l'ordre du jour. Même la dernière proposition de loi sur un étiquetage simplifié (code couleurs de rouge à vert) pour repérer les aliments d'une meilleure qualité nutritionnelle a perdu son caractère obligatoire. Alors que son efficacité vient d'être solidement démontrée (lire ci-contre). Chez nous, les industriels risquent donc de garder encore longtemps la main sur la présentation de leurs étiquettes. Mais au moins, ne pourraient-ils pas troquer ce nutriment pour un autre ? Sans doute l'avez-vous déjà constaté, les rayons des supermarchés croulent sous les produits à base d'aspartame ou de stevia, pour ne citer que ces deux célèbres, et parfois controversés, édulcorants du sucre. Mais quid des "édulcorants salés" ?

Malheureusement, ce n'est pas si simple pour le sel. Physiologiquement, il est bien plus difficile de berner nos papilles avec de faux sels qu'avec de faux sucres. *"La perception du goût sucré repose sur une liaison entre un capteur sensoriel, qui constitue une sorte de serrure, et une molécule qui joue le rôle de clé,* explique Gary Beauchamp. *Or, il s'avère que plusieurs sortes de clés, des sucres mais aussi des acides aminés ou des protéines, peuvent ouvrir cette serrure. A l'inverse, le goût salé est le fait de canaux ioniques qui ne laissent passer que des ions très similaires à ceux du sodium."*

Parmi ceux-ci, le plus proche est le lithium. Problème, il est hautement toxique. Arrive en deuxième position le potassium. Mais avec là un autre inconvénient : outre un goût salé, le chlorure de potassium (KCl) laisse également en bouche un goût amer, voire métallique. Pour y remédier, de nombreuses recettes ont été mises au point par les industriels du secteur, certains effectuant un mélange sodium-potassium, d'autres ajoutant du magnésium ou du calcium. Résultat : le chlorure de potassium constitue aujourd'hui 60 % du marché des substituts au sel (estimé à 1,24 milliard de dollars à l'horizon 2020). On le trouve ainsi dans les sels de régime vendus en pharmacie. *"En Finlande, seul pays où une diminution drastique du sel a été réalisée,* indique Pierre Meneton, *le chlorure de potassium a joué un rôle décisif."*

L'efficacité du code couleurs sur les étiquettes démontrée

Une occasion ratée ! La loi de santé – définitivement adoptée en décembre dernier – ne rend pas obligatoire le système d'étiquetage nutritionnel avec un code de 5 couleurs (du vert au rouge). Même si la composition des aliments est bien indiquée, cette décision apparaît regrettable alors qu'une équipe de huit chercheurs français (dont Serge Hercberg) confirmait, quelques jours avant le vote définitif de la loi, la redoutable efficacité de ce type d'étiquetage. Leur étude a été menée sur près de 12 000 personnes qui réalisaient leurs courses hebdomadaires dans un supermarché en ligne en ayant accès, ou non, à différents logos nutritionnels. Parmi ceux-ci, le code à 5 couleurs (du vert pour les aliments les plus sains, au rouge pour les moins sains) s'est révélé de loin le plus efficace pour diminuer à la fois l'apport calorique et les apports en acides gras saturés et en sel.

RIEN NE DEVRAIT CHANGER

Pour les industriels, il existe également des techniques simples à base d'"exhausteurs de sel". En 2009, l'équipe de Thierry Thomas-Danguin, chercheur au Centre des sciences du goût et de l'alimentation (Inra/CNRS/université de Bourgogne), a ainsi montré que lorsque des arômes évoquant un goût salé (sardine, arachide ou bacon, par exemple) étaient ajoutés à des solutions salées, celles-ci étaient perçues comme plus salées que les solutions contenant la même quantité de sel mais aucun arôme.

Une autre possibilité repose sur des principes physiques. Ceux de la granulométrie : plus les grains de sel sont petits, plus ils offrent une surface importante relativement à leur volume, et plus ils se dissolvent vite, donnant ainsi l'impression à notre palais que le mets est plus salé. La répartition hétérogène du sel compte également beaucoup. *"Lorsque le sel est emprisonné au cœur de l'aliment, il est ingéré avant d'avoir pu provoquer l'effet sensoriel. L'idée consiste donc à mettre un peu plus de sel à la surface mais beaucoup moins à l'intérieur"*, explique Thierry Thomas-Danguin. Une approche qui, selon une étude publiée par des chercheurs néerlandais, a montré qu'elle permettait de compenser une réduction de sel de 28 % dans le pain.

Mais si de telles solutions existent, pourquoi sont-elles encore si peu utilisées par l'industrie ? Encore une fois pour des histoires de surcoût. Comparé au sel, l'addition des épices et autres exhausteurs s'avère bien trop "salée" au goût de nombreux industriels.

Manque de volonté, intérêts financiers énormes et relative indifférence… Les Français vont continuer de surconsommer et de s'empoisonner. Le nombre de victimes risque de ne pas diminuer, et, pire, d'augmenter… quand bien même chacun déciderait de se passer de salière : en matière de chlorure de sodium, il n'y a pas vraiment de choix…

SCIENCE&VIE

en version NUMÉRIQUE

Téléchargez SCIENCE & VIE sur KiosqueMag.com



Lisez SCIENCE & VIE où vous voulez, quand vous voulez
sur ordinateur, tablette ou smartphone !

KIOSQUE mag **Téléchargez sur KiosqueMag.com**

Plus rapide : flashez moi !

Le site officiel des magazines Mondadori France



LE BONH

DANS L'ADN, LES CELLULES, LE CERVEAU…

D.SAUVEUR/VU - JOHNER/PLAINPICTURE - AGE PHOTOSTOCK - GETTY IMAGES

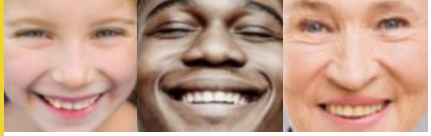


A quoi tient le bonheur ? Tout le monde le cherche, mais où se cache-t-il ? Dans la famille, l'argent, l'amour… comme la plupart d'entre nous en semblons convaincus. Sauf que ces "joies" de l'existence ne durent pas… Par ailleurs, certains semblent plus facilement heureux que d'autres. Alors quoi ? Une certitude : la quête du bonheur est câblée en nous. Où exactement ? Dans notre cerveau ? Dans nos gènes ? Dans les rouages de notre corps ? Dans l'évolution de notre espèce, qui a fait du bonheur une aptitude à part entière ? Les scientifiques ont mené l'enquête. Et ce qu'ils ont découvert est surprenant. Oui, le bonheur existe.

PAR EMMANUEL MONNIER

EUR

MAIS OÙ SE CACHE-T-IL ?



Tout le monde veut être heureux. Tout le monde veut ressentir cette plénitude, cette joie sereine d'une vie réussie ou d'un avenir meilleur. Mais ce bonheur, que tout le monde cherche, où le trouver ? Dans les honneurs ? Le mariage ? L'achat d'un pavillon au bord de la mer ? Chacun a sa petite idée sur ce qui le rendra heureux. Or chacun, le plus souvent, se trompe.

Gagner au Loto ? Les enquêtes réalisées auprès de gagnants indiquent que cela rend plus heureux… quelques mois seulement. Ceux qui étaient déjà contents de leur sort avant de remporter le gros lot vont doucement revenir à leur niveau de bonheur antérieur. Et les autres, moins heureux au départ, seront rattrapés par leur humeur maussade.

Se marier ? Même constat. Cela n'apporte qu'un surcroît de bonheur momentané. Chacun retombe ensuite à son niveau antérieur. Tel est le constat établi par des scientifiques allemands qui ont interrogé des milliers de couples, avant et après le jour J, et calculé que l'effet des noces sur le niveau de bonheur se mesure en moyenne pendant… deux ans. Les études s'accumulent, montrant l'une après l'autre que les événements de la vie n'ont finalement qu'un impact modeste et passager sur le bien-être ressenti.

Ce qui se vérifie aussi pour les événements négatifs (divorce, licenciement…). Voilà de quoi rassurer : notre bonheur ne se fracassera donc pas forcément sur les accidents de la vie. *"Les variables de l'existence qu'on étudie dans nos enquêtes expliquent 10 % au maximum des variations de bonheur entre les gens"*, reconnaît modestement Claudia Senik, à l'Ecole d'économie de Paris, qui étudie l'impact des conditions de vie sur le bonheur ressenti.

"Tout se passe comme si chacun avait un niveau fixé de bonheur vers lequel il retourne plus ou moins, quoi qu'il fasse", écrit Daniel Nettle, comportementaliste à l'université de Newcastle (Royaume-Uni). Comme si le bonheur n'était pas dans ce qui fait la réalité de nos vies, mais devait être cherché ailleurs, au plus profond de nous-mêmes.

UN BONHEUR QUI SE CACHE… EN NOUS

Il serait donc d'abord en nous – mais où ? Pour éclairer ce mystère, il faut certes étudier les comportements, mais aussi interroger les neurobiologistes, les généticiens, les biologistes. C'est ce que nous avons fait, pour découvrir qu'il se cache, selon eux, au croisement des mécanismes cérébraux du plaisir, du désir et de la représentation du futur. Et s'il semble, comme le suggèrent les enquêtes déclaratives, ne jamais s'éloigner d'un niveau moyen, c'est par exemple parce que le cerveau humain n'est sensible qu'aux comparaisons. Ce qui s'explique par le fonctionnement même de notre système nerveux, qui ne remarque plus, au bout de quelques minutes, la bonne odeur de croissant qui nous avait pourtant réjouis en entrant dans la boulangerie. *"Le circuit des récompenses, dans le cerveau, est un système qui s'habitue très vite. Il calcule une différence au cours du temps, et en particulier par rapport à ce qui était attendu. Donc, si les choses vont mieux, mais moins bien que ce qui était attendu, ce sera vécu comme une punition"*, explique Jean-Philippe Lachaux, neurobiologiste au Centre de recherche en neurosciences de Lyon. Résultat : rien ne peut augmenter au-delà de quelques années le bonheur d'un individu.

Reste que si personne ne peut atteindre indéfiniment le nirvana – le bonheur ne s'accumulant pas comme la richesse –, les individus possèdent incontestablement des aptitudes plus ou moins grandes à ressentir ce bonheur, certains élevant leur "niveau de base" à des hauteurs inaccessibles à d'autres.

Ces différences d'aptitude sont influencées par notre hérédité, autant qu'elles se donnent à voir dans l'anatomie de certaines régions et connexions cérébrales signant la capacité de se focaliser et de s'approprier plus facilement les événements positifs de la vie (p. 54). Un don qui n'est heureusement pas définitif. Les gènes mêmes qui l'influencent peuvent, en retour, être modifiés par le vécu de chacun (lire p. 50). Au point que notre corps, en modifiant la chimie cérébrale, aide à se sentir heureux (p. 58).

Nous cherchions le bonheur comme un trésor enfoui. Il se révèle finalement, à de nombreux niveaux, indissociable de notre être et évoluant avec lui. Et s'il reste encore à déterminer à quel moment le bonheur est une cause ou un effet des circuits génétiques, cérébraux ou physiologiques dans lesquels il est impliqué, une chose est sûre : nous en avons trouvé la trace. Preuve qu'il ne se cache pas au fond d'une boîte qu'il suffirait d'ouvrir, et qu'il n'est pas non plus une simple illusion.

Qu'est-ce que le bonheur ?

On peut définir et mesurer scientifiquement le bonheur en distinguant les quantités d'émotions positives et négatives déclarées ressenties dans une journée (bonheur affectif) sur une échelle quantifiée. Mais le bonheur a aussi une dimension cognitive, que l'on mesure par des questions comme "Considérant tous les aspects de votre vie, vous sentez-vous heureux ?" ou "Dans quelle mesure êtes-vous satisfait de votre vie ?", et que l'on décompose en plusieurs dimensions : autonomie de la personnalité, contrôle de son environnement, sens donné à sa vie. L'échelle de Cantril, elle, demande à la personne de noter sa vie par rapport à la meilleure vie possible pour soi.

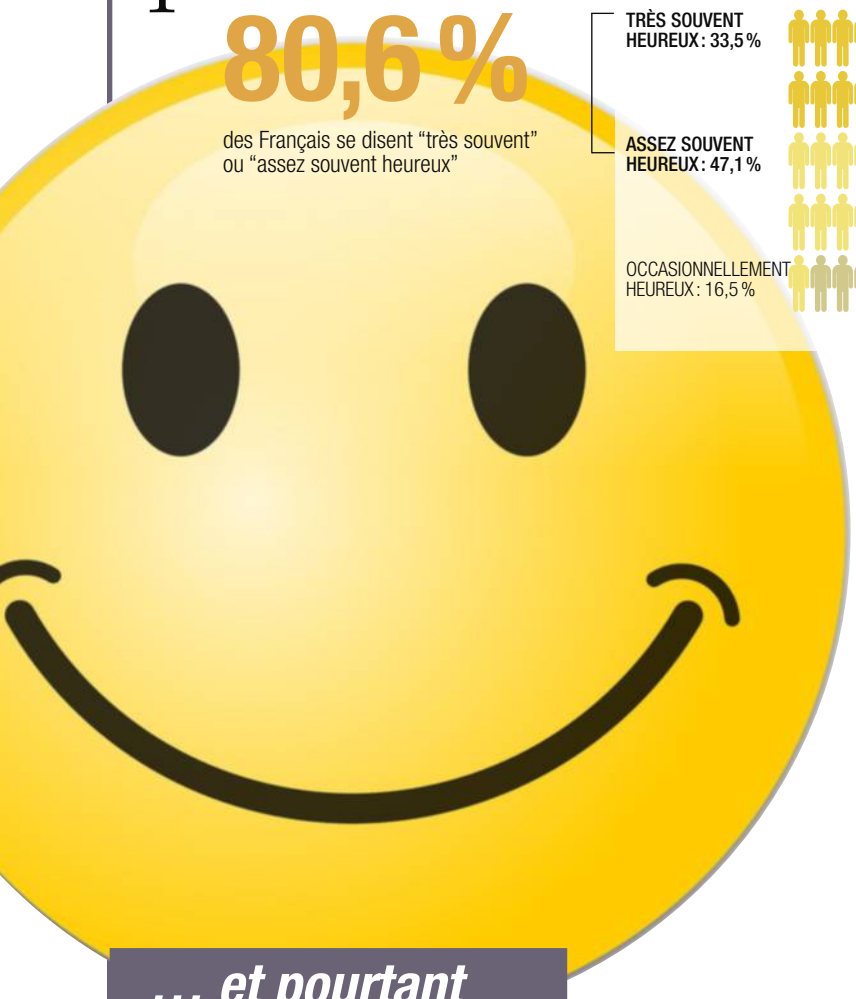
FOTOLIA

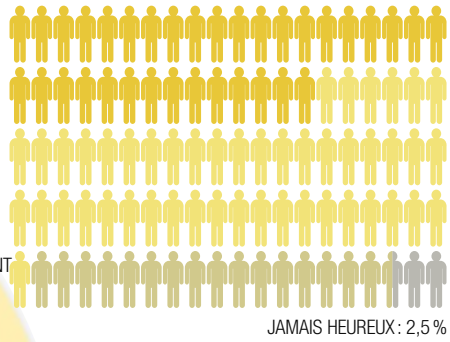
LE BONHEUR *Ce qu'en disent les Français…*

1 Les Français se déclarent majoritairement heureux…

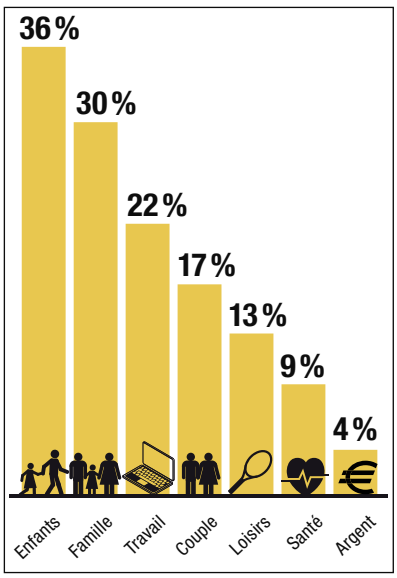
80,6 %

des Français se disent "très souvent" ou "assez souvent heureux"



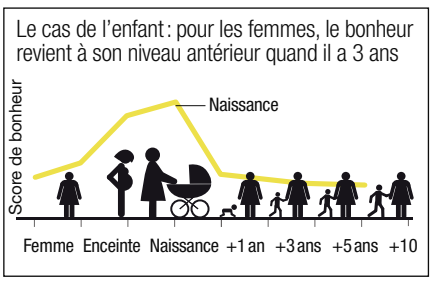


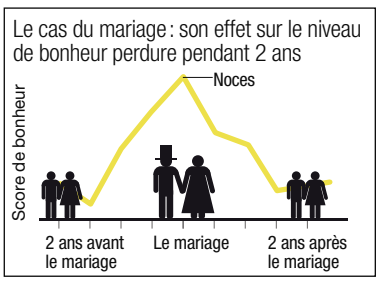
2 … surtout grâce à leurs enfants et à leur famille



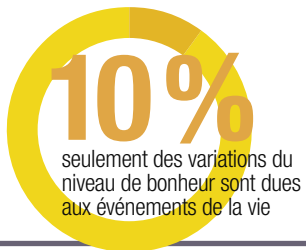
… et pourtant

1 Les événements positifs vécus n'entraînent qu'une augmentation temporaire du bonheur…

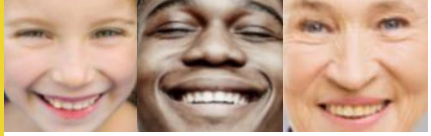




2 … et ne suffisent pas à expliquer que certains soient plus heureux que d'autres



sources : credoc 2012, clark 2003, myrskylä 2014



Où se cache le bonheur ?

Dans l'**ADN**, des gènes y prédisposent

Jusqu'où le bonheur est-il enfoui en nous ? Se peut-il qu'il soit inscrit au cœur même de nos cellules, dans notre ADN ? Que nous naissions, déjà, avec une tendance innée à être heureux ou malheureux ? Comme un joueur de poker hérite de bonnes ou de mauvaises cartes ?

Difficile à accepter, tant cela semble injuste. Pourtant, les études réalisées auprès de vrais jumeaux, qui partagent donc le même patrimoine génétique, sont troublantes. Quel que soit leur parcours personnel, ils ont tendance à déclarer un niveau de bonheur identique, obtenant les mêmes "scores", fixés un peu à la manière des échelles de douleur. Comme si le niveau de leur bien-être avait été plus ou moins établi dès la naissance.

Scandaleux ? Les généticiens du comportement ne sont pas si choqués. *"En gros, près d'un tiers de ce qui explique la variabilité d'à peu près n'importe quel trait humain est dû à des facteurs génétiques"*, rappelle avec un zeste de fatalité Philip Gorwood, qui dirige l'unité Vulnérabilité aux troubles psychiatriques et addictifs de l'hôpital Sainte-Anne de Paris.

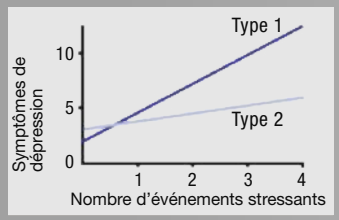
UNE NOUVELLE GÉNÉTIQUE DU BONHEUR

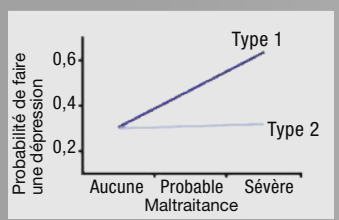
Certains enfants sont doués dès le berceau pour le langage, le sport ou la géométrie dans l'espace. Pourquoi l'aptitude au bonheur échapperait-elle à un certain déterminisme génétique ? Le psychiatre généticien précise pourtant qu'il serait vain de chercher LE gène du bonheur, car ce dernier dépend d'une multitude de facteurs. De notre goût pour la nouveauté, modulé dans le cerveau par la dopamine ; de notre tendance à fuir le danger, régulée par la sérotonine ; de notre dépendance à la récompense, sous le contrôle de la noradrénaline, etc. Autant de systèmes gérés par des gènes différents.

Certes, les joueurs de poker savent bien que piocher de mauvaises cartes ne signifie pas que la partie sera forcément perdue. Mais certaines combinaisons rendent des parties plus faciles à jouer que d'autres.

Lesquelles ? Autant le dire d'emblée : les

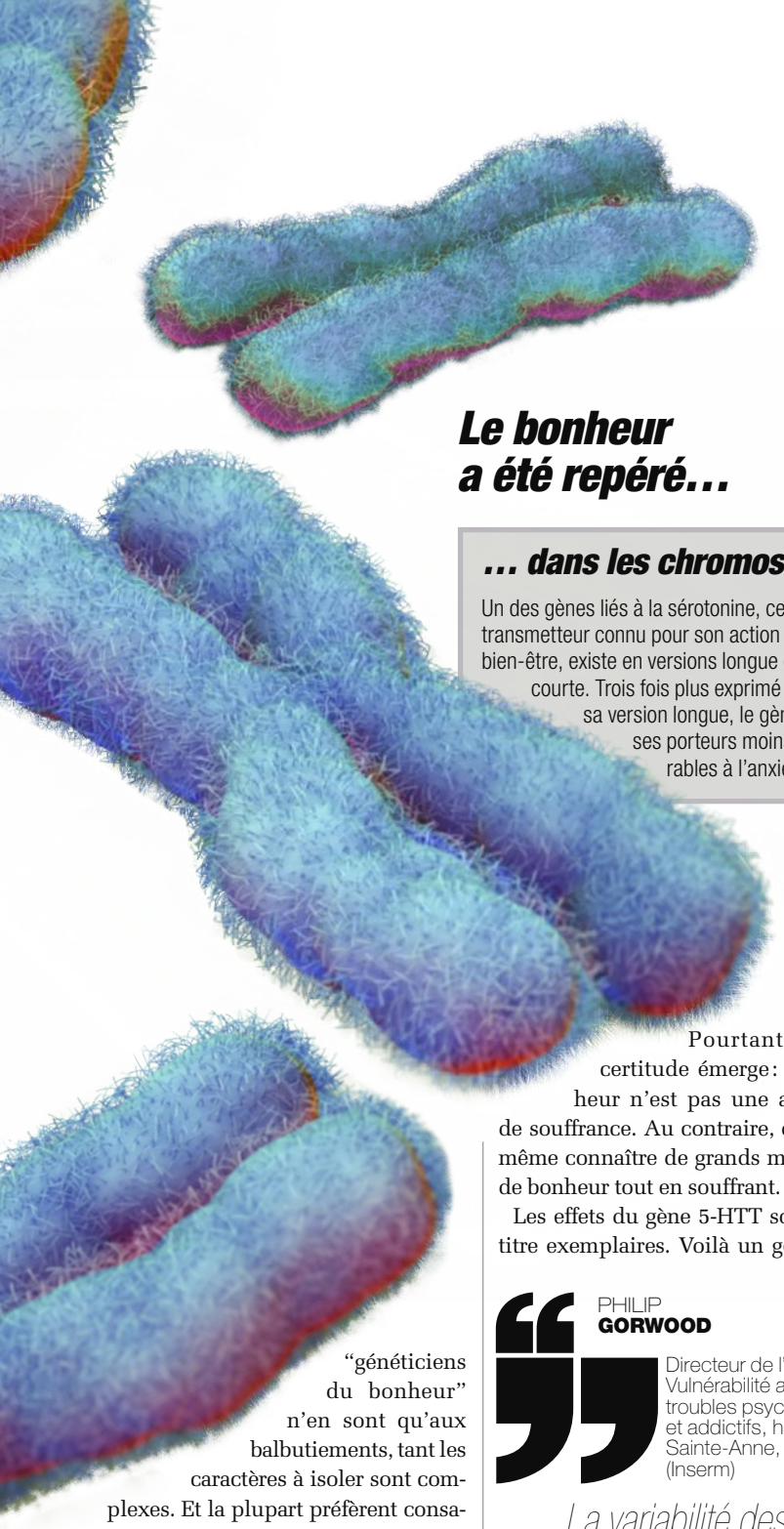
LE CAS DU GÈNE 5-HTT





Soumis à un stress majeur, symptômes dépressifs et risques de faire une dépression seront plus importants chez les individus porteurs d'une version courte de 5-HTT (type 1) que chez les porteurs de la version longue (type 2).

CORBIS - C.BANG - B.BELLANGER



Le bonheur a été repéré…

… dans les chromosomes

Un des gènes liés à la sérotonine, ce neurotransmetteur connu pour son action sur notre bien-être, existe en versions longue et courte. Trois fois plus exprimé dans sa version longue, le gène rend ses porteurs moins vulnérables à l'anxiété.

Pourtant, une certitude émerge: le bonheur n'est pas une absence de souffrance. Au contraire, on peut même connaître de grands moments de bonheur tout en souffrant.

Les effets du gène 5-HTT sont à ce titre exemplaires. Voilà un gène qui code pour un transporteur de la sérotonine, un neurotransmetteur qui participe à la sensation de bien-être. Il existe en deux versions (allèles): une longue et une courte. L'allèle long entraîne un niveau d'expression du gène environ trois fois supérieure à celle du court. Or, différentes études montrent que les porteurs de l'allèle court présentent des risques plus élevés de dépression ou de troubles anxieux. Sans pour autant être forcément condamnés au malheur, comme l'ont montré en 2003 des chercheurs du King's College de Londres, de l'université du Wisconsin, aux Etats-Unis, et de l'université d'Otago, en Nouvelle-Zélande.

RIEN DE DÉFINITIF POUR LA VIE

Ces chercheurs ont suivi 1037 Néo-Zélandais, à tous les âges de leur vie, et recensé plus particulièrement les événements stressants qui leur sont arrivés entre leurs vingt-et-unième et vingt-sixième anniversaires: licenciement, problèmes financiers, deuils, etc. A première vue, pas de quoi se réjouir pour ceux qui possèdent une version courte du gène: 33 % d'entre eux étaient entrés en dépression à partir du moment où ils avaient vécu au moins quatre événements stressants, contre 17 % chez ceux possédant une version longue. Mais on peut aussi considérer le verre à moitié plein: en l'absence d'événement particulièrement stressant, les porteurs du gène court sont aussi heureux que les autres!

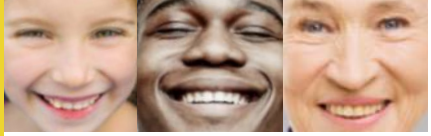
"généticiens du bonheur" n'en sont qu'aux balbutiements, tant les caractères à isoler sont complexes. Et la plupart préfèrent consacrer leurs efforts à identifier des gènes responsables de pathologies, comme la dépression ou les troubles anxieux. Le bonheur n'étant pas une maladie, il n'a longtemps suscité que peu d'intérêt pour la recherche médicale.

PHILIP **GORWOOD**

Directeur de l'unité Vulnérabilité aux troubles psychiatriques et addictifs, hôpital Sainte-Anne, Paris (Inserm)

La variabilité des traits humains, dont l'aptitude au bonheur, s'explique pour un tiers par la génétique!





"L'allèle court entraîne une vulnérabilité qui ne s'exprime qu'en présence d'événements délétères", insiste donc Philip Gorwood. Avouant posséder lui-même, dans son ADN, cette version apparemment peu favorable. Et s'en accommoder fort bien. Car ce gène peut aussi être, au contraire, un atout. *"Porter l'allèle court signifierait qu'on est plus sensible, mais on est plus sensible parce qu'on se concentre davantage sur les sources de danger ; on analyse son environnement en recueillant peut-être plus d'informations que les autres, y compris des informations qui permettront, dans certains cas, d'aller mieux"*, ajoute-t-il. Des études récentes révèlent en effet que les porteurs de l'allèle court, lorsqu'ils sont en dépression, réagissent beaucoup mieux aux psychothérapies que les porteurs de l'allèle long.

L'IMPORTANCE DE L'ENVIRONNEMENT

Rien n'est donc jamais définitivement joué. Les psychologues sont très attentifs à ce qui nous rend plus sensibles aux facteurs positifs de l'environnement. Et plutôt que de parler de prédisposition au malheur, ils préfèrent parler de personnalités plastiques, sensibles à leur environnement. Vite malheureuses quand l'environnement est défavorable, mais particulièrement heureuses quand celui-ci est plus propice. Le gène DRD4, codant pour un récepteur de la dopamine, favorise une telle plasticité. D'autres profils seraient au contraire beaucoup plus indifférents aux conditions externes. Jamais malheureux, mais jamais vraiment heureux non plus. On ne peut pas tout avoir…

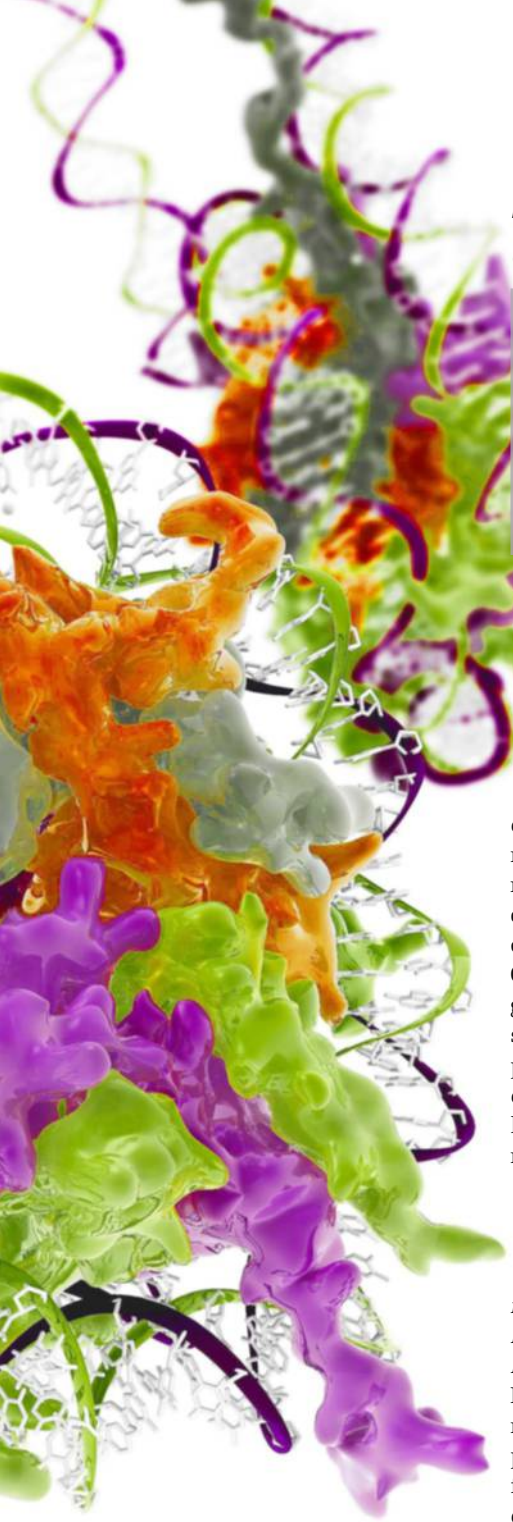
Pour les personnalités plastiques, l'environnement, aux stades précoces du développement, aura un impact majeur sur la capacité future de l'enfant à être heureux. *"Les travaux montrent combien l'attachement parent-enfant, base d'une sécurité solide, permet d'avoir un développement harmonieux qui est le seul garant d'une capacité à éprouver du bonheur"*, souligne Philip Gorwood. Que cet environnement sécurisant fasse défaut, et l'enfant aura du mal, une fois adulte, à se sentir bien. *"Pour nous, cela évoque énormément*



R. ANDRADE 3D CIENCA/SPL/COSMOS

L'absence totale de plaisir est aussi inscrite dans l'ADN

Aussi cruel que cela puisse paraître, on peut être biologiquement incapable d'éprouver le moindre bonheur. Un état qualifié d'anhédonie (du grec *an* : privé et *hedonia* : plaisir), dans lequel le plaisir est totalement "anesthésié". C'est le cas, bien sûr, dans les dépressions sévères ou certaines pathologies psychiatriques comme la schizophrénie, mais aussi, parfois, chez des personnes qui ne présentent aucun autre trouble. Elles n'expriment plus d'émotions positives, sans éprouver forcément d'émotions négatives. Deux études, publiées en 2009 et 2013, suggèrent que le gène DISC1 pourrait réguler le plaisir que l'on prend aux interactions avec les autres. Or, différentes mutations identifiées de ce gène prédisposeraient à l'anhédonie sociale.



Il a aussi été repéré…

… autour du génome

Rien n'est définitif : notre génome peut être modifié par ce que nous vivons à travers des mécanismes épigénétiques. L'hélice de l'ADN qui s'enroule ici autour de cette grosse protéine multicolore (histone) bloque l'accès à un gène qui régule notre sensibilité au stress.

les modifications épigénétiques", explique le psychiatre.

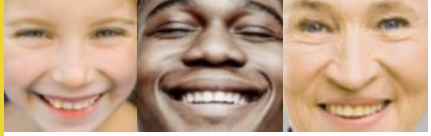
Epigénétiques ? Les généticiens entendent par là un certain nombre de mécanismes capables de transformer partiellement le jeu héréditaire reçu à la naissance, notre génome conservant la mémoire de ce qui a été vécu jusqu'à s'en trouver modifié. Comment ? Non pas en modifiant les gènes eux-mêmes, mais leur expression. L'un de ces mécanismes s'appuie sur l'enroulement de la molécule d'ADN autour de grandes protéines, les histones, pour bloquer, physiquement, l'accès au gène à la machinerie cellulaire. Un autre est de le bloquer chimiquement par l'ajout d'un radical méthyl. *"De plus en plus de travaux montrent combien l'environnement précoce peut modifier à long terme, parfois de manière stable, l'expression du génome"*, observe Philip Gorwood. Des expériences montrent que des petits rats délaissés par leur mère présentent des taux inférieurs de sérotonine. Cette carence déclenche une cascade de réactions chimiques. En fin de chaîne, elles libèrent dans l'hippocampe des enzymes qui créent des méthylations et agissent sur les histones. Résultat : des gènes qui permettent de diminuer la réactivité au stress ne sont plus exprimés. Les petits rats sont plus stressés.

Ces marquages sont-ils indélébiles ? Sommes-nous condamnés à porter toute notre vie le poids et de nos gènes et de notre enfance ? Est-il possible de rebattre les cartes ?

FAIRE SOI-MÊME SON BONHEUR ?

Des expériences suggèrent que oui. Moshe Szyf, au département de pharmacologie de l'université McGill à Montréal, et Michael Pluess, au département de biologie et de psychologie expérimentale de l'université Queen Mary de Londres, ont injecté dans le cerveau de rats adultes des molécules connues pour modifier les marquages épigénétiques. Résultat ? *"Nous avons montré que nous pouvions renverser l'hyper-réactivité au stress chez la descendance de rats qui apportaient peu de soins à leurs petits, et augmenter au contraire cette réactivité chez la progéniture de ceux qui les soignaient beaucoup, ce qui prouve que malgré la stabilité à long terme de la programmation épigénétique dans les premiers stades de la vie, elle peut être renversée durant l'âge adulte à l'aide de substances pharmacologiques"*, expliquent les deux chercheurs.

Reste à savoir si ces modifications peuvent aussi se faire par des moyens psychologiques. Les chercheurs en sont convaincus, bien que de telles méthylations "positives" n'aient pas encore été expérimentalement observées. *"Néanmoins, vu que les mécanismes épigénétiques ont pour fonction de s'adapter à l'environnement, on peut s'attendre à ce que l'épigénome soit façonné à part égale par des expositions positives"*, déclarent-ils. En clair, se façonner des conditions propices au bonheur, adopter un état d'esprit plus "positif" pourrait modifier notre génome de façon à rendre ce bonheur chimiquement plus accessible. Le sport, dont les effets sur le bien-être sont solidement établis, pourrait être un de ces moyens d'action épigénique. Autant de raisons de croire que, quels que soient ses gènes, chacun garde une chance de trouver sa voie vers le bonheur.



Où se cache le bonheur ?

Dans le **cerveau**, des circuits spécifiques l'activent

Que cache le cerveau des gens heureux ? Imaginons que l'on installe l'un d'eux dans une machine d'imagerie à résonance magnétique (IRM), montrant l'activité cérébrale. Certaines régions seraient assurément plus actives que d'autres. Mais comment savoir lesquelles contribuent à son bonheur ? Et si les "circuits cérébraux" éventuellement découverts seront ceux du bonheur, ou ceux des seules personnes qui se disent heureuses ?

"Le bonheur n'est pas un concept qu'on utilise tel quel", prévient Mathias Pessiglione (Institut du cerveau et de la moelle épinière). Les biologistes préfèrent le décortiquer et raisonner en termes d'humeurs positives ou négatives, de coûts et de bénéfices, d'émotions et de motivation, de récompenses et de punitions.

En 2007, une équipe de l'université de New York a réalisé une expérience aussi simple que pertinente : ils ont demandé à des volontaires au hasard de s'imaginer un événement positif, issu du passé ou à venir – un anniversaire, une remise de diplôme… Résultat, convoquer le souvenir du bonheur ou sa promesse "allume" sur l'écran de l'appareil les mêmes zones du cerveau : hippocampe, amygdale, cortex préfrontal ventromédian, cortex préfrontal dorsomédian…

SE RÉJOUIR DE CE QUE L'ON VA VIVRE

Cette première étape, déterminante, fait aussi naître une nouvelle énigme : quelle partition peuvent bien jouer toutes ces régions pour "fabriquer du bonheur" ? Là encore, il faut confronter le terme "bonheur" à sa définition. *"Pour les neurosciences comportementales, il s'agit d'une définition 'opérationnelle'"*, complète Sébastien Bouret, spécialiste des circuits de la motivation chez les primates (CNRS, Paris). *Nous nous demandons, 'à quoi sert le bonheur ?'"* Et les neurobiologistes répondent : *"Peut-être à motiver et à guider l'action."* Plus précisément : à fournir tous les efforts pour obtenir quelque chose qui, le plus souvent, n'existe pas encore. Le bonheur, pour ces spécialistes, s'apparenterait à l'état dans lequel se trouve quiconque se réjouit à l'avance de ce qu'il va vivre. Et vu ainsi… sa partition cérébrale s'éclaire un peu.

Tout d'abord, l'hippocampe assemble une représentation mentale d'une situation, en puisant dans les souvenirs, car ce sont les mêmes neurones, dans cette zone, qui permettent de rappeler un souvenir ou de créer une représentation du futur.

Intervient également le cortex préfrontal ventromédian, auquel l'hippocampe est richement connecté. Les neurobiologistes sont aujourd'hui convaincus que cette région du cerveau est celle qui accorde une valeur – j'aime ou je n'aime pas – à une représentation abstraite et complexe.



SÉBASTIEN **BOURET**

Neurobiologiste spécialiste des circuits de la motivation chez les primates (CNRS, Paris)

Pour les neurobiologistes, le bonheur sert peut-être à motiver et à guider l'action

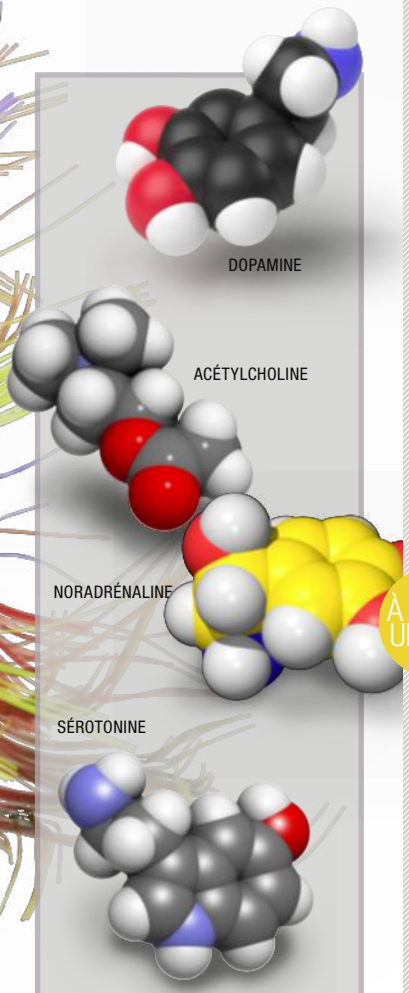
S.PICARD/VU - PASIEKA/SPL/CORBIS - SHUTTERSTOCK - SPL/PHANIE

Le bonheur a été repéré…

… dans des connexions neuronales

Les personnes les plus positives présentent un motif de connexions particulièrement riche entre certaines régions cérébrales, impliquées dans le ressenti des émotions et la perception de soi.



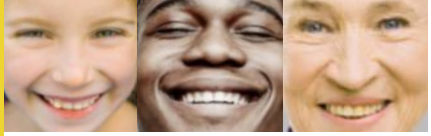


… dans quatre neurotransmetteurs

La chimie du bonheur est une question d'équilibre : la dopamine module le désir, la sérotonine la sensation de bien-être…

En effet, une équipe londonienne, dirigée par Timothy Behrens, a observé que cette région est toujours activée lorsqu'une personne se livre à un petit jeu mental : dire si elle apprécie telle ou telle chose complètement abstraite ; plus elle déclare l'aimer, plus cette région s'active. Mieux : l'équipe de Sébastien Bouret a observé que l'état d'activation de cette région a une forte inertie. *"Ce ne serait donc pas tant un système qui étiquette directement ce que les sujets aiment, mais qui déterminerait plus généralement si le sujet se sent bien ou pas à l'évocation d'une situation"*, suggère le neurobiologiste. Cette région cérébrale déclencherait une sensation de bien-être… et le cerveau en déduirait que la représentation qui en est à l'origine a une grande valeur.

Mais il ne faudrait pas voir là un processus neuronal déconnecté



de notre environnement. En effet, l'activation de notre cortex préfrontal ventromédian n'est pas sans lien avec le contexte – diffuser des musiques tristes ou gaies change son état d'activation. La valeur accordée à une représentation se fera donc aussi en fonction de l'ambiance dans laquelle nous baignons au moment de la faire évaluer par notre cortex.

CIRCUITS PRIMITIFS DU DÉSIR

"L'avantage qu'a cette région ventromédiane, c'est qu'elle parle avec tous les systèmes anciens [les régions profondes du cerveau]*, qui sont plus directement impliqués dans les sensations de plaisir"*, précise Sébastien Bouret. Elle est aussi en relation avec les systèmes cérébraux impliqués dans les sensations de désir, notamment le striatum ventral et la dopamine. Une communication qui ferait également intervenir d'autres neuromédiateurs comme l'acétylcholine, la noradrénaline ou la sérotonine…

Il y aurait donc communication, via ce cortex préfrontal ventromédian, entre les régions qui créent des représentations abstraites complexes et des circuits primitifs du désir et du plaisir mobilisés à la vue de nourriture ou de partenaires sexuels. Plus largement, cette partie du cortex semble faire partie d'un réseau plus vaste particulièrement développé et connecté chez des personnes présentant un certain nombre de caractéristiques "positives", comme une forte satisfaction dans leur vie, mais aussi une sociabilité élevée, un fort QI, un niveau d'éducation important, etc. Le bonheur entraîne-t-il le développement cérébral ? Ou les gens heureux ont-ils la chance de posséder un cerveau qui favorise, entre autres traits positifs, la félicité ? Mystère…

Mais à se pencher sur ceux que les tests psychologiques désignent comme heureux (parce qu'ils ont le sentiment d'être épanouis, de contrôler leur vie, de s'accepter tels qu'ils sont, ont des contacts positifs avec les autres…), il semble qu'ils possèdent plus de matière grise dans deux régions cérébrales – sans savoir, là non plus, si le bonheur précède le développement cérébral ou en est le fruit.

En 2013 et 2015, il a été démontré que les meilleurs "scores" de bonheur étaient corrélés à une quantité de neurones plus grande dans le cortex insulaire et le précuneus droit. La première de ces deux régions est impliquée dans la conscience de soi, la modulation des états du corps et leur intégration dans la prise de décision. La seconde… également dans la conscience de soi. Le chercheur japonais Wataru Sato, à l'origine de l'étude menée sur le précuneus, estime que cette zone cérébrale participerait au bonheur subjectif en intégrant les composantes émotionnelles et cognitives du bonheur.

La clé du bonheur ? Elle dépendrait donc d'une aptitude à se projeter positivement dans le futur, mais aussi de la capacité à intégrer ces sentiments positifs à l'image qu'on a de soi.

Mais il est une autre une forme de bonheur, conditionnée au contraire par l'aptitude du cerveau à un lâcher-prise de l'attention. Certains éprouvent en effet un bonheur fort quand ils se trouvent dans cet état extrême que Mihaly Csikszentmihalyi, l'un des fondateurs de la psychologie positive, appelle le "flow" : un état de concentration intense, où l'attention est accaparée par l'action en cours,



Le bonheur est le fruit d'une représentation positive du futur

Le bonheur peut se définir comme l'état de quiconque se réjouit de ce qu'il va vivre. Des expériences en imagerie cérébrale montrent que cette représentation positive du futur met en jeu trois régions cérébrales.

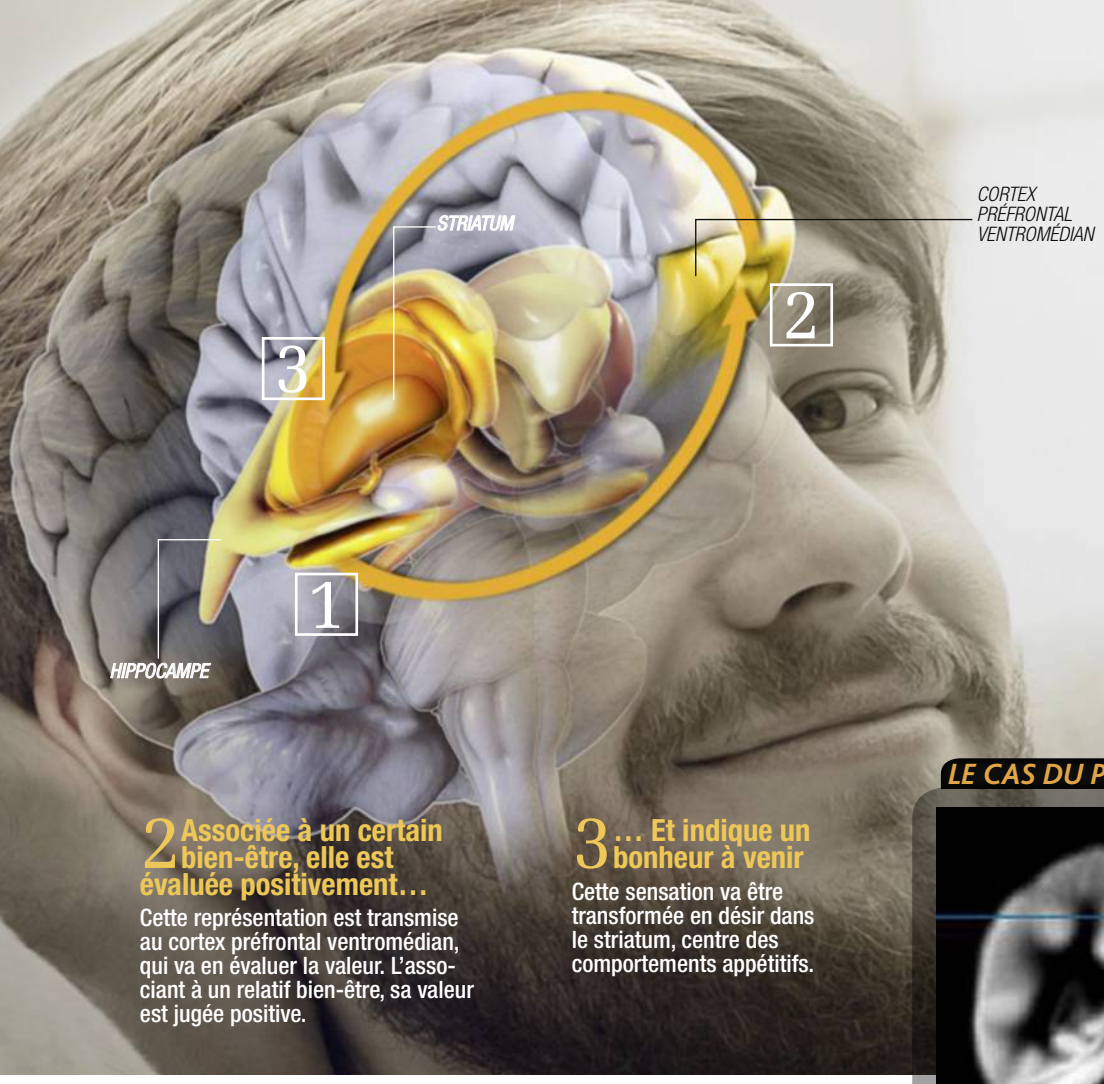
1 Le cerveau élabore une projection

Les souvenirs enregistrés dans l'hippocampe sont utilisés pour construire une représentation des situations futures.

M.SAEMANN - WESTEND 61/PLAINPICTURE - W.SATO ET AL.

La pilule du bonheur est une illusion

Aldous Huxley, dans *Le Meilleur des mondes*, a montré toutes les contradictions d'une société forçant chimiquement chacun à être heureux. Une pilule du bonheur est-elle vraiment impossible ? Pour l'heure, la psychiatrie dispose, avec les antidépresseurs, de molécules "anesthésiant" le malheur. Mais de là à faire basculer le cerveau vers le bonheur… *"Fondamentalement, le système nerveux est un système de détection de changements"*, rappelle le neurobiologiste Sébastien Bouret. Le cerveau n'est donc sensible qu'aux différences et non aux valeurs absolues. Une pilule peut aider à se sentir mieux temporairement, mais pour une sensation durable de bonheur il faut stimuler toujours plus haut. Or les systèmes de plaisir ont tendance à se désensibiliser, obligeant à augmenter les doses pour obtenir le même effet, créant ainsi de l'addiction plus que du bonheur.



2 Associée à un certain bien-être, elle est évaluée positivement…

Cette représentation est transmise au cortex préfrontal ventromédian, qui va en évaluer la valeur. L'associant à un relatif bien-être, sa valeur est jugée positive.

3 … Et indique un bonheur à venir

Cette sensation va être transformée en désir dans le striatum, centre des comportements appétitifs.

tout le reste – perception de l'environnement, pensées… – s'effaçant.

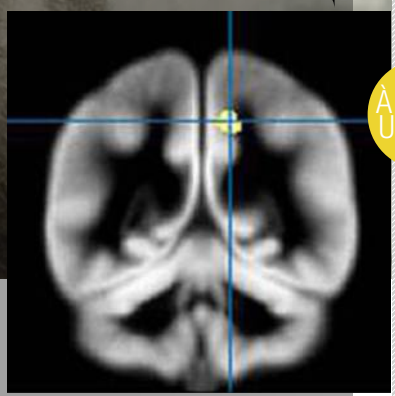
Pourquoi une maîtrise totale proche de l'état de grâce serait-elle source de bonheur ? *"Une mauvaise maîtrise de l'attention cause une sorte de compétition entre des processus cognitifs inconciliables, ce qui est générateur d'inconfort et de mal-être"*, répond Jean-Philippe Lachaux, spécialiste des processus attentionnels au Centre de recherche en neurosciences de Lyon.

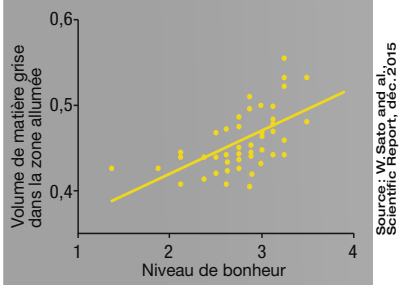
L'ACTION SANS LE JUGEMENT

Supprimer tout ce qui peut perturber notre attention favoriserait donc naturellement notre bien-être. *"Les personnes décrites en état de* flow *restent connectées à une activité, une personne, un groupe, sans faire mille choses en même temps. Et surtout sans jugement sur leur propre performance"*, constate-t-il. Un réseau dans le cerveau, dont une structure-clé est le gyrus cingulaire antérieur, évalue en effet constamment ce que l'on est en train de faire, et réagit dès qu'il détecte un écart par rapport à la situation idéale. Lorsque le cerveau est en état de *flow*, ce système serait désactivé, annihilant tout doute. *"Vous êtes juste en train d'agir, sans vous demander si vous agissez bien"*, décrit le neurobiologiste.

Qu'il s'agisse de diriger son attention, de se construire une représentation positive de l'avenir, ou de savoir "regarder en soi", voilà une chose que les neurosciences confirment : le bonheur est d'abord entre les mains de chaque individu, et l'on ne peut faire – n'en déplaise aux marchands d'utopie – le bonheur de quelqu'un à sa place.

LE CAS DU PRÉCUNEUS

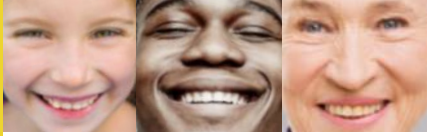




Source : W. Sato and al., Scientific Report, déc. 2015

Une anatomie variable

Le niveau de bonheur ressenti est lié au volume de matière grise dans certaines régions. Le précuneus droit, impliqué dans la conscience de soi, intégrerait les composantes émotionnelles et cognitives du bonheur.



Où se cache le bonheur ?

Dans le **corps**, des signaux biologiques lui sont dédiés

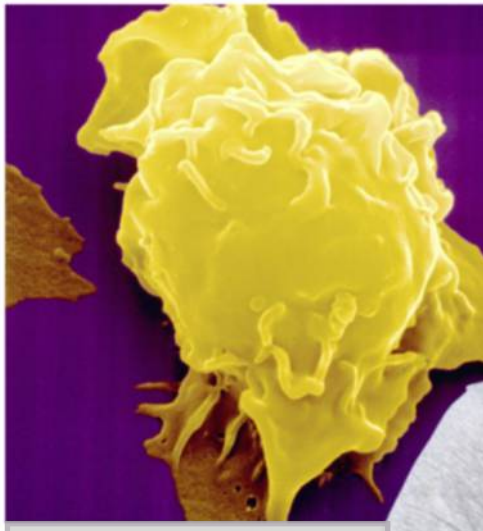
C'est un fait que la science établit peu à peu : le corps d'une personne heureuse n'est pas tout à fait le même que celui d'une personne qui ne l'est pas. Des modifications subtiles trahissent, à moins qu'elles n'en soient la cause, cette sérénité ressentie. Ce constat n'a rien de choquant, tant les systèmes nerveux, hormonal et immunitaire entretiennent des connexions intimes. Mais quelles empreintes le bonheur laisse-t-il précisément dans notre corps ?

UNE QUESTION D'HORMONES… MAIS PAS SEULEMENT

Pour le savoir, des chercheurs de l'université du Wisconsin (Etats-Unis) ont observé un groupe de 135 femmes de plus de 60 ans – un âge aidant à tirer le bilan d'une vie – qui avaient subi une batterie de tests, dont des analyses sanguines. Ils ont cherché les particularités biologiques qui permettraient de distinguer, parmi ces femmes, celles dont le score de bonheur serait le plus élevé. Et ils en ont trouvé plusieurs !

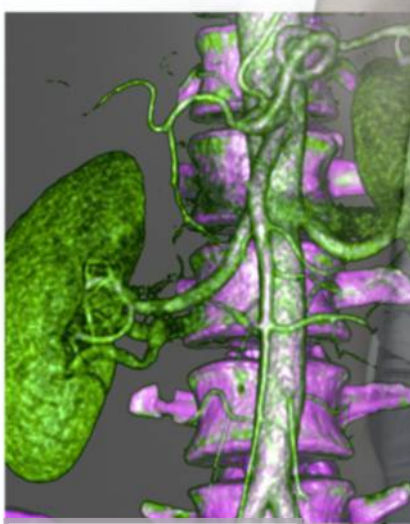
Ainsi, le cortisol, "l'hormone du stress" sécrétée par les glandes surrénales (au-dessus des reins), présente des taux particulièrement bas chez les femmes les plus épanouies. Plus étonnant : leurs taux de "bon" cholestérol, celui qui protège le système cardiovasculaire, sont plus élevés. Confrontées à une situation stressante, ces femmes ont aussi moins de fibrinogènes – un facteur de coagulation responsable de la formation de caillots – dans le sang que les autres.

Un résultat confirmé par une autre étude réalisée en 2005 à l'University College (Londres), qui montrait que des quinquagénaires se disant particulièrement heureux présentaient une diminution du rythme cardiaque et de la pression systolique (pression artérielle maximale). Le bonheur se vivrait donc, au sens propre, avec le cœur.



… dans le système immunitaire

Le bonheur influerait sur notre résistance aux infections : dans une étude, ceux qui se disaient le plus heureux risquaient moins de tomber malades en présence d'un virus ; ils produisaient aussi plus d'anticorps après un vaccin.



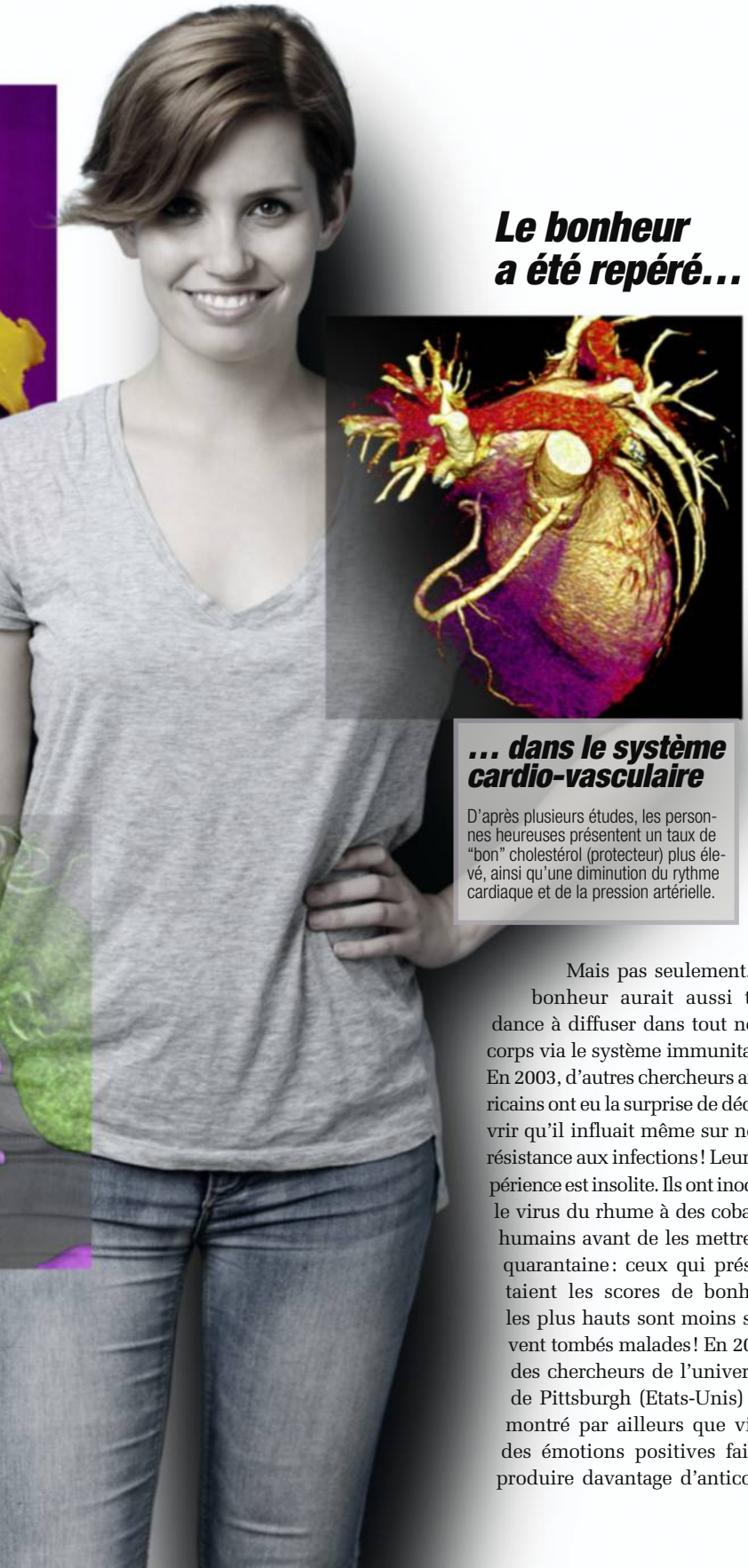
… dans le système hormonal

Sécrété par les glandes surrénales, le cortisol ("l'hormone du stress") est présent en plus faibles quantités chez les personnes "épanouies" ; tandis que l'ocytocine, "l'hormone de l'empathie", réduit l'anxiété.

Etre heureux fait vraiment voir la vie en rose !

L'expression populaire n'est pas dénuée de fondement. Deux chercheurs de l'université de Rochester (Etats-Unis) ont en effet montré en 2015 que les émotions influencent la façon dont on perçoit les couleurs. A l'aide de clips vidéo suggérant différentes émotions, positives ou négatives, ils ont découvert que la tristesse, en contractant les pupilles et en réduisant la production de dopamine dans le cerveau, altérait la perception des contrastes selon l'axe bleu-jaune, laissant inchangée la perception selon l'axe rouge-vert, ce qui modifie la détermination des couleurs. La vie n'a donc pas tout à fait la même couleur selon qu'on est joyeux ou triste.

EYE OF SCIENCE/SPL/COSMOS - A.ROSSET/SPL/COSMOS - FOTOLIA - A.PERSSON/CMIV/SPL/COSMOS



Le bonheur a été repéré…

… dans le système cardio-vasculaire

D'après plusieurs études, les personnes heureuses présentent un taux de "bon" cholestérol (protecteur) plus élevé, ainsi qu'une diminution du rythme cardiaque et de la pression artérielle.

Mais pas seulement. Le bonheur aurait aussi tendance à diffuser dans tout notre corps via le système immunitaire. En 2003, d'autres chercheurs américains ont eu la surprise de découvrir qu'il influait même sur notre résistance aux infections ! Leur expérience est insolite. Ils ont inoculé le virus du rhume à des cobayes humains avant de les mettre en quarantaine : ceux qui présentaient les scores de bonheur les plus hauts sont moins souvent tombés malades ! En 2006, des chercheurs de l'université de Pittsburgh (Etats-Unis) ont montré par ailleurs que vivre des émotions positives faisait produire davantage d'anticorps cinq mois après une seconde injection du vaccin contre l'hépatite B !

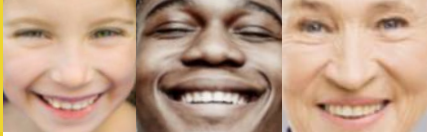
Les ressorts biologiques du bonheur procurent-ils une sorte de "totem d'immunité" ? Les chercheurs de Pittsburgh nuancent : *"Il reste possible que le trait d'humeur positive soit une conséquence de la réponse immunitaire à la vaccination ou à une augmentation de la compétence immunitaire."* En clair, le bonheur pourrait être la conséquence, et non la cause, de ces transformations. Car les médecins savent qu'une réponse immunitaire peut influencer l'humeur. Certains globules blancs envoient des signaux au cerveau, qui entraînent parfois un syndrome de déprime. A l'inverse, lorsque la réaction immunitaire est particulièrement efficace, il n'est pas exclu que des signaux soutenant le "bonheur" remontent jusqu'à l'encéphale.

ON PEUT AGIR SUR NOTRE BIEN-ÊTRE

L'idée que le corps puisse agir sur notre sensation de bonheur ne nous est d'ailleurs pas étrangère. De nombreuses techniques de relaxation (massage, respiration par le ventre…) sont utilisées pour éliminer l'anxiété. Comme si la sérénité du corps entraînait celle de l'esprit, et vice versa.

Une hormone est à ce titre emblématique : l'ocytocine, sécrétée par l'hypothalamus et libérée durant l'orgasme, ou par la mère qui accouche ou allaite son bébé. Elle augmente l'empathie et l'attachement aux autres, tout en étant sécrétée dans les situations qui les favorisent. Une fois libérée, elle réduit le stress et favorise le bien-être… Des hommes qui, avant une situation stressante et en présence d'un ami, ont reçu de l'ocytocine par spray nasal, ont plus facilement gardé leur calme et maîtrisé leur anxiété que les autres !

Une bonne séance de massage (dont il a été prouvé qu'elle a un effet sur les gènes, lire *S&V* n° 1135, p. 80) ou de relaxation et une bouffée d'ocytocine : il semble que l'on n'ait rien inventé de mieux pour que notre corps nous rende plus heureux.



LE BONHEUR, UN AVANTAGE ÉVOLUTIF ?

Pourquoi sommes-nous capables d'être heureux – nous, et si peu d'autres animaux ? Pour une raison originelle triviale, pensent les neurobiologistes : motiver la quête de nourriture et, ainsi, assurer la survie de notre espèce.

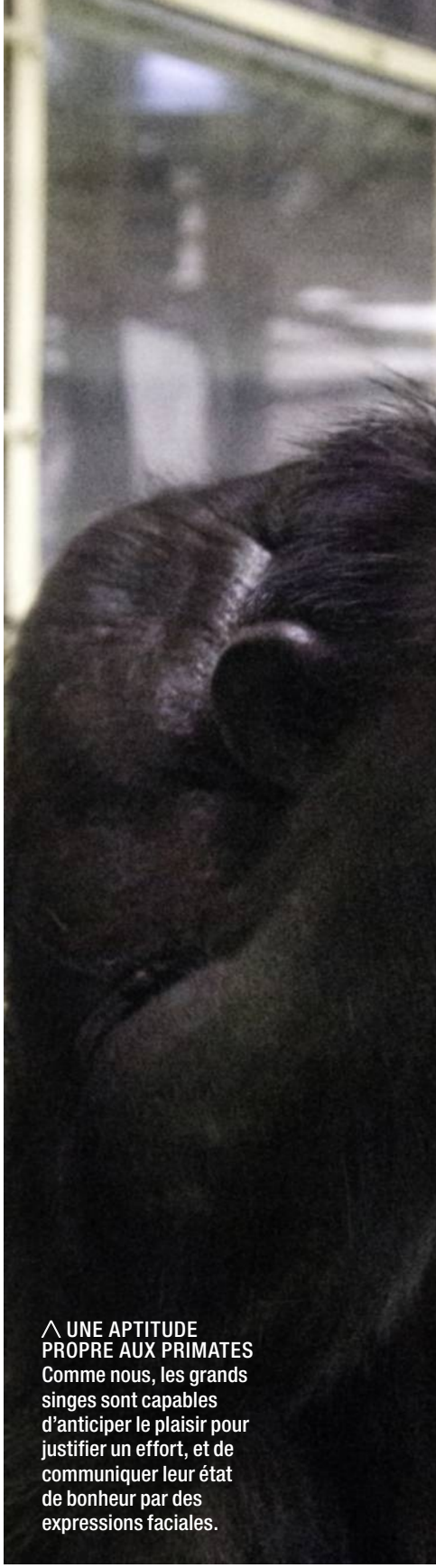
La nature n'a jamais voulu notre bonheur. Elle n'a jamais voulu quoi que ce soit, d'ailleurs. Elle se contente de sélectionner, une génération après l'autre, ceux qui survivent et se reproduisent le mieux. Partant de ce principe, les neurobiologistes revendiquent une approche pragmatique du bonheur : *"Pour comprendre le bonheur, on va d'abord en chercher une définition opérationnelle : quelle est sa fonction ?"*, explique Sébastien Bouret, neurobiologiste spécialiste des circuits de la motivation chez les primates (CNRS, Paris). Si elle est à ce point ancrée en nous, la capacité à être heureux doit donner aux primates que nous sommes un avantage reproductif. Mais lequel ?

UNE VISION UTILITAIRE DU BONHEUR

Sachant que le bonheur, ce n'est pas pour tous les êtres vivants. En tout cas, pas de la façon dont l'homme l'éprouve : non comme la simple satisfaction d'un besoin, mais comme un état qui pousse à chercher ce qu'on n'a pas encore mais dont on attend la plus grande joie. Sur Terre, il semble que l'homme soit l'un des rares animaux capables d'être heureux – peut-être même le seul. Quelle fonction originelle cache pour notre espèce cette étrange aptitude au bonheur ?

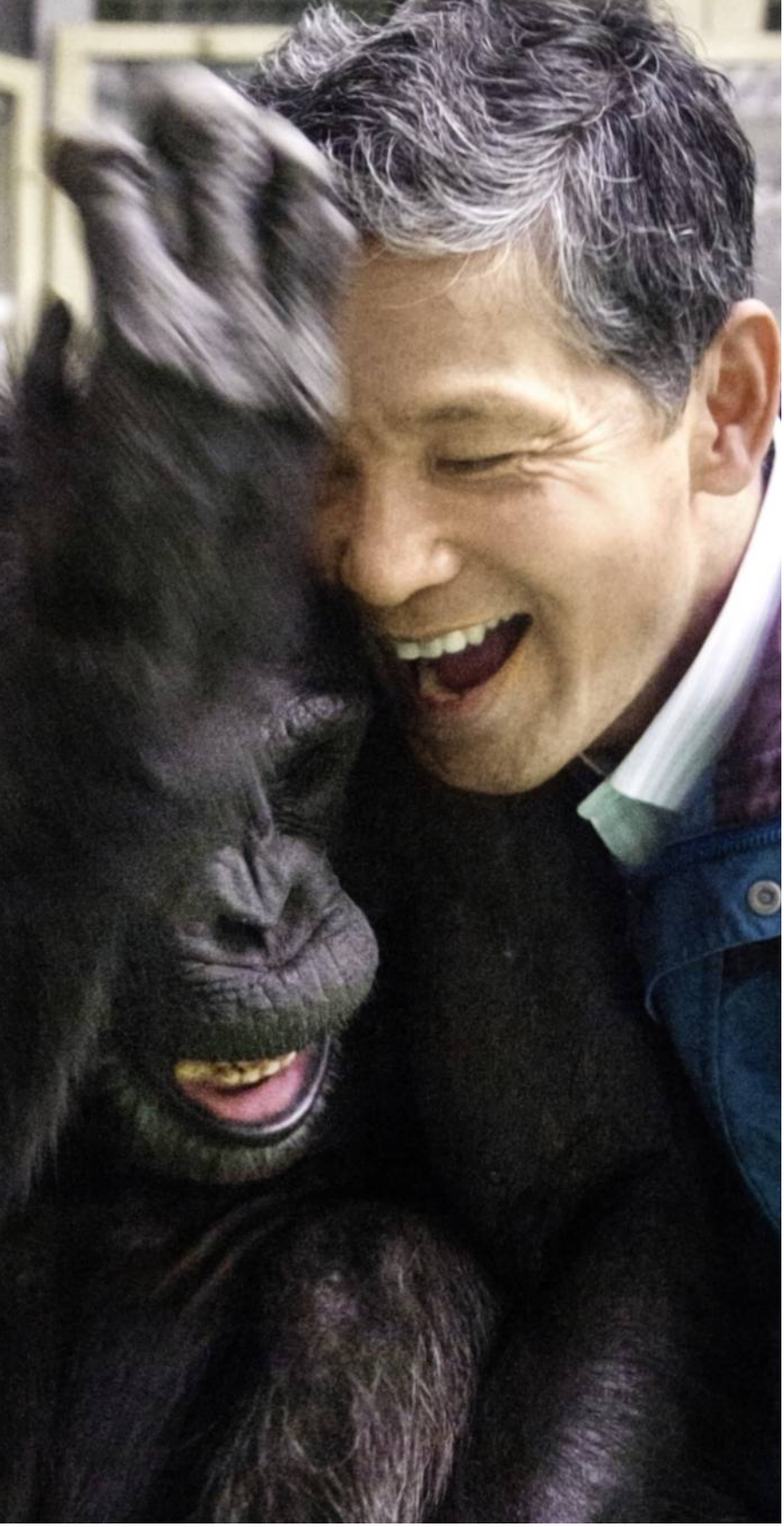
Ici, il faut plonger dans la satisfaction de nos besoins essentiels et, plus précisément, la recherche de nourriture. *"La plupart des primates sont frugivores*, rappelle Sébastien Bouret. *Or, les fruits savoureux ne se trouvent pas partout dans la forêt."* Quand un singe a faim, il ne lui suffit pas, comme la vache, de tendre le cou pour brouter l'herbe. Ni de s'en remettre au hasard : différents fruits poussent sur différents arbres bien précis, à des saisons bien déterminées. *"Quand on est un primate, on a donc besoin d'une représentation mentale qui indique où et quand je peux trouver tel ou tel fruit"*, en déduit le chercheur. Et cette représentation mentale doit être suffisamment motivante pour convaincre le singe de parcourir, d'arbre en arbre, plusieurs kilomètres épuisants avant de profiter du festin.

Pour survivre, le primate doit donc, avant même d'avoir réellement faim, mobiliser un ensemble de souvenirs (il y avait des fruits sur tel arbre), en déduire la projection d'une action future (si je parcours les 5 km qui me séparent de cet arbre, je vais être fatigué mais je vais trouver des fruits) et en ressentir un plaisir fort, motivant, alors même que ces fruits n'ont encore



⋀ UNE APTITUDE PROPRE AUX PRIMATES
Comme nous, les grands singes sont capables d'anticiper le plaisir pour justifier un effort, et de communiquer leur état de bonheur par des expressions faciales.

J. SOUTEYRAT



pour le singe aucune existence réelle, puisqu'il ne les voit pas. Visualiser un ensemble de souvenirs ou un projet d'avenir, l'évaluer et en tirer un plaisir si puissant qu'il justifie une action et permet de supporter une multitude d'efforts : n'est-ce pas, au fond, ce que nous faisons chaque fois que nous nous sentons "heureux" ?

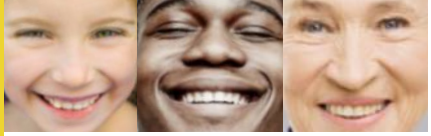
UNE ÉMOTION COMMUNICATIVE

Le bonheur pourrait donc avoir, selon les lois de l'évolution, une lointaine origine que d'aucuns pourraient trouver triviale : créer une motivation suffisamment forte pour que nos ancêtres primates n'attendent pas d'avoir faim avant de se mettre en quête des fruits savoureux, mais difficiles à trouver, qui composaient leur ordinaire.

Une théorie cohérente avec ce que les paléoanthropologues savent par ailleurs du développement cérébral : si le cerveau du primate *Homo* a triplé de volume en quelques millions d'années, c'est surtout au profit des régions frontales, et en particulier du cortex préfrontal. Or, quelle est sa fonction principale ? Créer des simulations et les évaluer. Là est sans doute la distinction la plus fondamentale entre l'homme et les autres animaux : le premier est capable de s'imaginer quelque chose qui n'existe pas, plus, ou pas encore, et d'en retirer un plaisir intense, comparable à celui que lui procure le fumet d'un bon festin.

Une telle approche, utilitaire, résout quantité d'énigmes. Elle explique pourquoi le bonheur est si communicatif, pourquoi les primates ont développé une telle habileté à montrer, par des expressions faciales, qu'ils sont heureux. *"En déclenchant des expressions faciales de bonheur, j'incite mes congénères à se mettre eux aussi dans un état de bonheur, ce qui les motive à aller chercher de la nourriture avec moi"*, suppose Sébastien Bouret. On retrouve cette même fonction du bonheur : assurer notre survie.

Elle explique également pourquoi le bonheur est si intimement



lié à la confiance en soi. *"Plus j'ai confiance en ma simulation, plus elle est efficace pour motiver l'action"*, note Sébastien Bouret, qui rappelle une évidence : ne rien faire, quand on a faim dans la forêt, c'est mourir à coup sûr. Mieux vaut se motiver, y compris si cela semble perdu d'avance. Il est donc logique que la sélection naturelle ait favorisé une capacité à surestimer ses chances de succès, à croire que l'on va réussir même lorsque tout suggère l'inverse.

D'où le biais d'optimisme qui, d'une enquête à l'autre, fait dire à la plupart des personnes interrogées que leur vie est plus réussie, leurs chances de trouver un emploi ou de garder leur conjoint plus élevées que la moyenne (ce qui est, bien sûr, statistiquement impossible). *"Notre cerveau n'est pas taillé pour faire des calculs rationnels, il n'a pas évolué pour produire des statistiques exactes. Il a évolué pour survivre"*, insiste Sébastien Bouret.

PROGRAMMÉ POUR ÊTRE INSATISFAIT !

Taillé pour survivre. D'où ce paradoxe : s'il est en général un indécrottable optimiste, le cerveau humain est en même temps une redoutable machine à broyer du noir. Pourquoi ? Alors que les psychologues ont depuis longtemps mis au jour toute une palette d'émotions négatives universelles (peur, mépris, colère, dégoût), qu'un Papou, un Français ou un Inuit sont capables de distinguer sur le visage de n'importe qui, la liste des émotions positives universellement reconnues est des plus réduites : elle ne comporte que la joie. L'hypothèse est que le signal des émotions positives indique qu'il ne faut rien changer, tandis que les émotions négatives alertent en général d'un danger, ce qui implique une réaction immédiate. *"L'héritage évolutif de cette asymétrie est la puissance des systèmes d'émotions négatives pour capturer toute notre attention et nous envahir"*, écrit Daniel Nettle, comportementaliste à l'université de Newcastle (Royaume-Uni).

Un héritage ancestral que l'homme peut seul faire fructifier

Les anthropologues ont longtemps pensé que le propre de l'homme était de parler ou de créer des outils, avant de se rendre à l'évidence : d'autres animaux – les primates, certains oiseaux… – en étaient capables. Dès lors, qu'est-ce qui caractérise l'homme sinon… sa capacité à choisir d'être heureux ? Car c'est bien la perspective du bonheur qui fait de lui ce qu'il est : un créateur d'utopies. Bien sûr, son "organe du bonheur" est encore imparfait. Il repose sur des mécanismes qui le trompent et le font courir derrière des chimères. Mais parce qu'il est produit par la conscience, le bonheur reste un choix. Il ne vient pas par accident. *"Si vous n'êtes pas heureux aujourd'hui, alors vous ne le serez pas demain, à moins que vous ne preniez les choses en main"*, prévient Sonja Lyubomirsky, psychologue à l'université de Californie. Rappelant ainsi que si l'évolution nous a donné la capacité d'être heureux, c'est à nous qu'il revient de la faire fructifier.

Ces pensées négatives ont sans doute amélioré notre survie pendant des centaines de milliers d'années, mais aujourd'hui, la plupart d'entre elles sont devenues irrationnelles. *"Les choses qui, dans nos vies modernes, nous causent de la peur, de la honte ou de la tristesse ne sont vraiment pas aussi effrayantes, tout bien considéré, que de se retrouver en face d'un grand carnivore"*, poursuit Daniel Nettle. Mais chassez le naturel, il revient au galop… Laissez un cerveau libre de vagabonder à sa guise et il sera vite envahi par des pensées négatives, comme l'ont montré les travaux de Matthew Killingsworth et Daniel Gilbert à l'université Harvard.

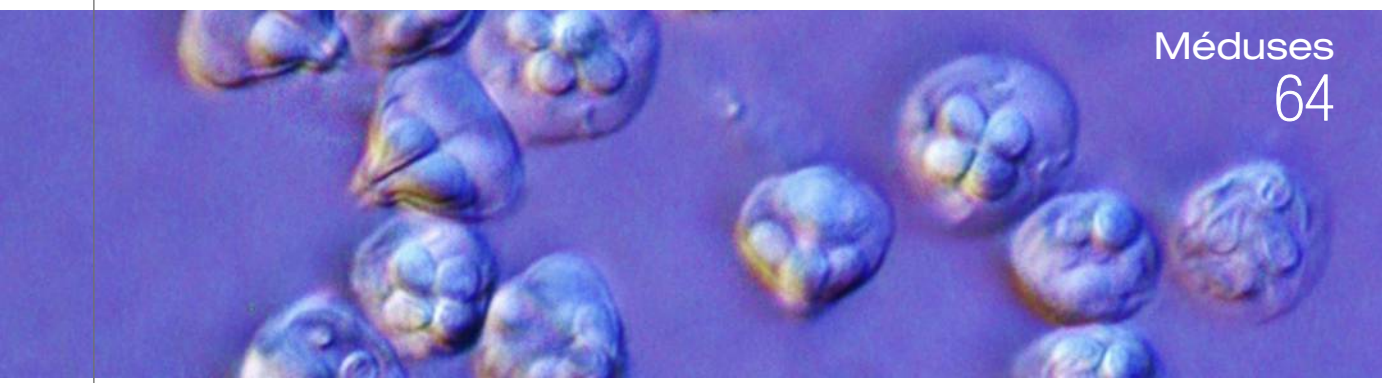
Mais comment persuader notre cerveau de ne pas se laisser trop souvent envahir ? Comment le convaincre, aussi, que ce qu'il possède peut largement lui suffire ? *"Si la fonction du bonheur est de nous inciter à aller chercher les choses qui sont les meilleures pour nous, alors il est normal qu'il se concentre sur la possibilité qu'elles soient moins bien là où nous sommes et forcément mieux ailleurs"*, écrit Daniel Nettle. Peu importe, donc, ce que nous possédons déjà : notre cerveau a été modelé par des millénaires d'évolution pour ne pas s'en satisfaire et chercher mieux. Toujours plus haut, plus riche, plus beau…

Faut-il s'en affliger ? L'on doit sans doute à cette insatisfaction chronique les pyramides d'Egypte ou les premiers pas sur la Lune. Mieux vaut donc, plus modestement, ne pas en être dupe. *"Même si, une fois qu'ils ont atteint leur objectif, les gens finissent toujours par s'y habituer, sur le chemin ils auront néanmoins été heureux"*, souligne Claudia Senik, spécialiste du bonheur à l'Ecole d'économie de Paris. Une conclusion qui fait écho à celle formulée au XIXe siècle par le philosophe britannique John Stuart Mill : *"Sont heureux ceux qui ont leur esprit focalisé sur autre chose que leur propre bonheur. Ayant d'autres objectifs en tête, ils trouvent le bonheur sur leur chemin."* Pour trouver le bonheur, il faut donc plutôt le comprendre… que le chercher.

A lire : *Le Cerveau funambule : comprendre et apprivoiser son attention grâce aux neurosciences*, J.-P. Lachaux (Odile Jacob, 2015).
A voir : une conférence en français de Philip Gorwood sur la génétique des comportements.

EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

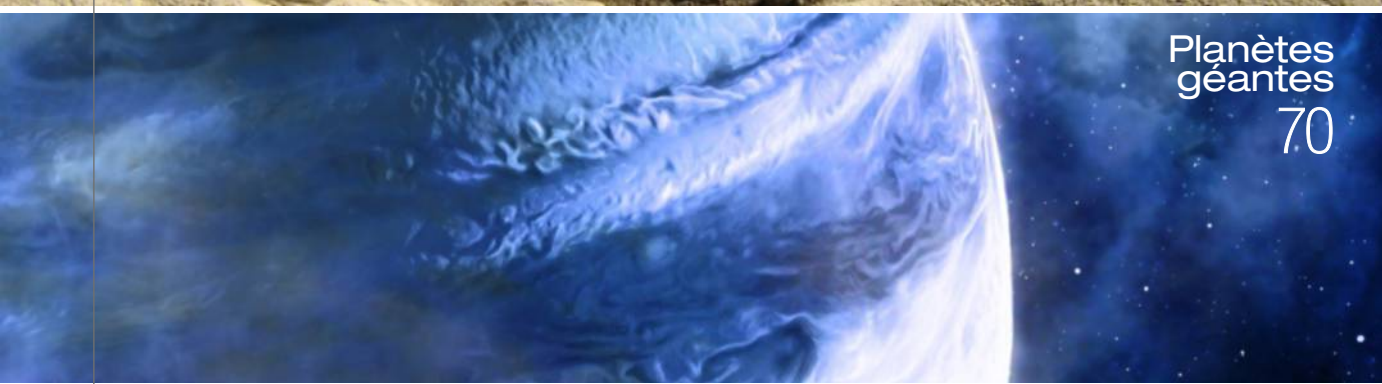
& Science découvertes



Méduses
64



Grande extinction
67

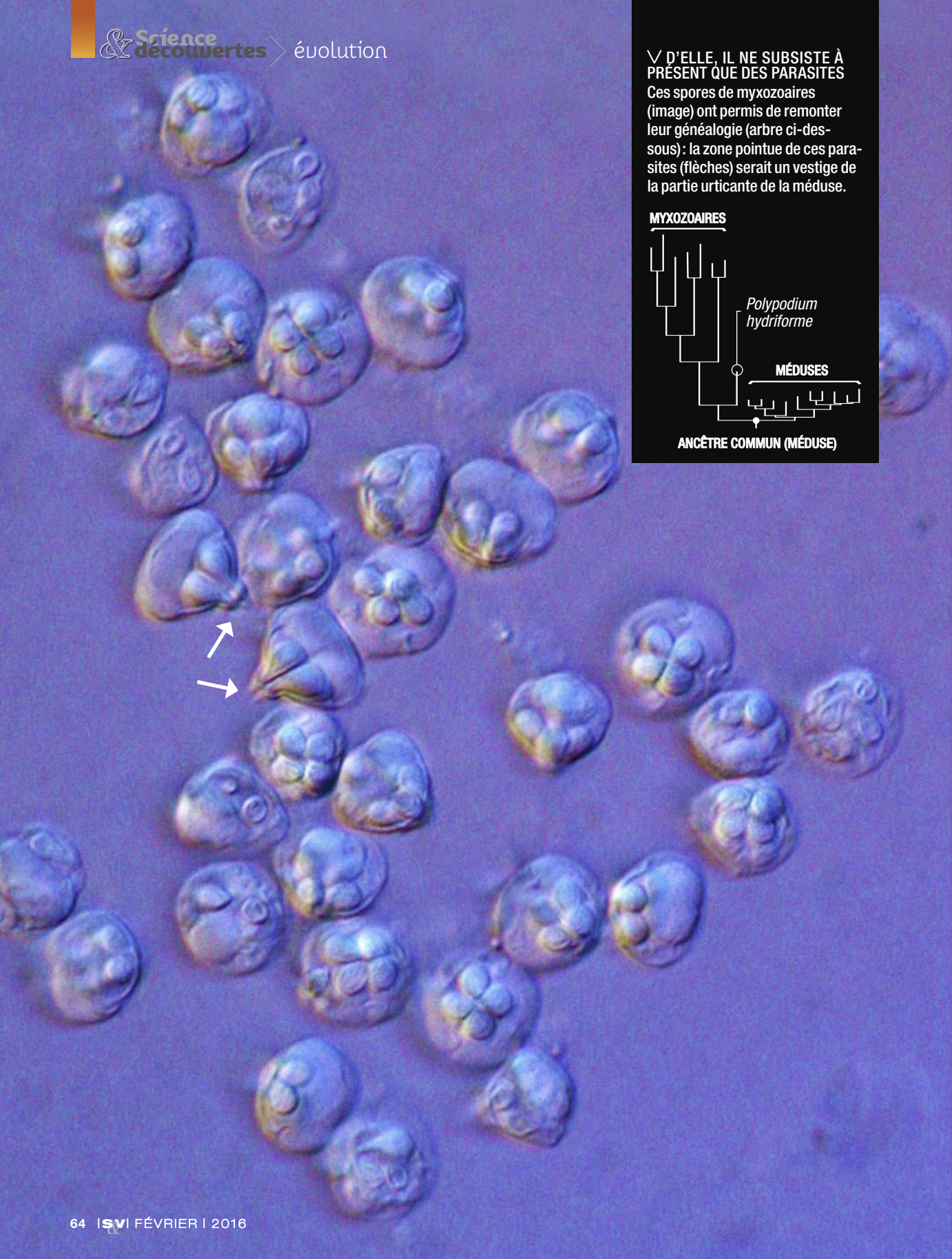


Planètes géantes
70



Toutankhamon
78

A.DIAMANT - M.LAFLAMME - ILLUSTRER.FR



V D'ELLE, IL NE SUBSISTE À PRÉSENT QUE DES PARASITES

Ces spores de myxozoaires (image) ont permis de remonter leur généalogie (arbre ci-dessous) : la zone pointue de ces parasites (flèches) serait un vestige de la partie urticante de la méduse.

Quand les espèces régressent…

Le cas extrême de la méduse

C'est un cas fascinant de simplification évolutive qui a interpelé **Simon Devos** : celui d'une méduse qui a régressé jusqu'à devenir un simple microbe unicellulaire ! Preuve que l'évolution n'a pas de sens.

"Petit poisson deviendra grand", écrivait Jean de La Fontaine… Une métaphore qui semble aujourd'hui parfaitement illustrer le fonctionnement de l'évolution des espèces. Car, de la bactérie unicellulaire aux grands animaux terrestres, la vie semble aller en grandissant et en se complexifiant sans cesse.

La découverte d'une méduse ayant petit à petit régressé pour se retrouver à l'état d'organisme unicellulaire nous rappelle qu'il n'en est rien. Et nous raconte une histoire de la vie beaucoup moins linéaire qu'on l'imagine.

Les héros de l'histoire sont les myxozoaires, un groupe comprenant plus de 2 000 espèces de parasites microscopiques, dont le lointain ancêtre, plusieurs millions d'années auparavant, serait une sorte de méduse. Une méduse qui se serait donc simplifiée au fil des générations pour finalement devenir ces microbes unicellulaires qui parasitent aujourd'hui les vers et les poissons.

"Nous connaissons des cas similaires de simplification, chez les microsporidies par exemple. Mais là c'est un cas extrême !, reconnaît Mark Siddall, du Muséum américain d'histoire naturelle. *Imaginez : il y a à peu près la même différence de taille entre un myxozoaire et une méduse qu'entre un être humain et le mont Everest !"*

La reconstruction de cette étrange lignée "à rebours" met fin à une controverse scientifique de plus d'un siècle et demi. En effet, au moment de la découverte des myxozoaires au xix^{e} siècle, les biologistes les voyaient plutôt comme des protistes, un groupe hétérogène qui rassemble tout ce qui n'est pas champignon, plante ou animal (voir repères).

C'est l'étude de leur cycle de vie, plutôt complexe pour des parasites, qui a mis la puce à l'oreille des scientifiques. Les myxozoaires alternent sans cesse entre deux hôtes au sein desquels ils se reproduisent : un poisson et un ver pour la plupart des espèces. Or, pour passer d'un hôte à l'autre, ils fabriquent des spores

Repères

La classification phylogénétique reconnaît aujourd'hui six règnes du vivant. Deux procaryotes (les cellules n'ont pas de noyau) : les archées et les bactéries. Et quatre eucaryotes (les cellules possèdent un noyau) : les protistes, les champignons, les végétaux et les métazoaires (animaux). Les protistes sont les seuls eucaryotes à être exclusivement unicellulaires.

A. DIAMANT

pluricellulaires étranges. *"Ces spores contiennent des cellules qu'on appelle des capsules polaires, et qui se déploient en forme de piques pour s'accrocher à l'hôte,* explique Dorothée Huchon, zoologue à l'université de Tel Aviv et coauteure de l'étude. *Déployées, ces capsules polaires font étrangement penser au cnidocyste des méduses, la partie urticante qui leur sert de moyen de défense."*

Or, cette évolution rapide complique énormément les études phylogénétiques : les nombreuses recherches effectuées entre 1990 et 2000 ont presque toutes abouti à des conclusions différentes sur l'origine des myxozoaires.

UN ADN ULTRASIMPLIFIÉ

"Pour pallier ce problème, il existe une solution : multiplier le nombre de gènes que l'on étudie", précise Hervé Philippe. C'est ce à quoi le chercheur s'est employé avec Dorothée Huchon et des spécialistes de l'université du Kansas. Leur équipe a ainsi réussi à séquencer le génome complet de plusieurs espèces de myxozoaires, chose impossible il y a encore une dizaine d'années en l'absence des moyens techniques nécessaires. Ils ont ensuite comparé une partie de ces gènes avec une autre espèce de parasite pluricellulaire, connue pour posséder des liens étroits avec la famille des méduses : le *Polypodium hydriforme*, qui infecte les œufs d'esturgeon, ceux-là mêmes qui composent le caviar. Et bingo : les résultats confirment l'hypothèse d'un lien de parenté fort entre les myxozoaires et le *Polypodium*.

Ces deux familles forment donc une nouvelle branche de l'évolution, cousine de celle des méduses. *"Myxozoaire et* Polypodium *descendraient tous deux d'un même ancêtre commun qui ressemblait à une méduse, et qui s'est simplifié petit à petit,* explique Dorothée Huchon. *La branche s'est ensuite séparée et les myxozoaires, notamment les espèces unicellulaires, ont continué de se simplifier à l'extrême."*

Jusqu'à établir un record en la matière. *"Au passage, ces organismes ont perdu une partie importante de leur génome, qui est aujourd'hui l'un des plus courts du règne animal,* note Beth Okamura, du Musée d'histoire naturelle de Londres. *Les espèces étudiées ont pu se débarrasser de certains gènes dont elles n'avaient plus besoin."*

"L'histoire de la méduse qui voulait devenir un microbe." Jean de La Fontaine n'a jamais écrit cette fable. Mais s'il avait eu vent de cette découverte, le poète s'en serait assurément délecté. Car, comme dans toute bonne fable, se cache derrière l'histoire une morale édifiante : l'évolution ne choisit jamais entre simplicité et complexité, mais erre toujours sans but précis, sans direction donnée.

Eux aussi ont évolué vers le moins plutôt que vers le plus

Si le phénomène de simplification est poussé à l'extrême quand il transforme un être aussi complexe qu'une méduse en un microscopique organisme unicellulaire, il n'est en réalité pas exceptionnel. Chez les parasites, il est même assez courant. En témoignent les microsporidies, des parasites unicellulaires qui peuvent infecter presque tous les animaux, et même parfois d'autres parasites protistes. Plusieurs études ont montré qu'ils auraient pour ancêtre un champignon, organisme assez complexe qui se serait beaucoup simplifié. Plus proches de nous, les mitochondries, présentes dans nos cellules, où elles remplissent de nombreuses fonctions vitales, proviennent d'une bactérie. Celle-ci aurait perdu une grande partie de son génome en s'installant dans une cellule eucaryote.

* **EN SAVOIR PLUS**

A consulter : un article sur l'histoire de la phylogénie des myxozoaires ; l'étude des chercheurs, etc.

science-et-vie.com



Le petit ver *Priapulus caudatus* serait un descendant des premiers exterminateurs terrestres.

Il y a 542 millions d'années

Le vivant exterminait la vie

Les grandes extinctions ne furent pas toutes dues à un cataclysme. Il existe une exception : la faune d'Ediacara. **Anne Debroise** est partie sur ses traces.

La Terre a conservé les cicatrices des glaciations qui figèrent une grande partie du globe. De ces éruptions qui recouvrirent de magma des millions de km². De ces météorites qui pulvérisèrent dans l'atmosphère assez de poussières pour obscurcir le ciel pendant des années… faisant chaque fois drastiquement chuter le nombre d'espèces vivantes. Ce qu'on appelle les extinctions massives ont un point commun : la vie a été décimée par un événement soudain provoquant une catastrophe planétaire. Chaque fois ?

Non, répondent aujourd'hui des scientifiques canadiens. Il existerait une curieuse exception à ce scénario. Il y a 542 millions d'années, la toute première extinction généralisée de l'Histoire s'est déroulée sans fracas. Ni météorite ni volcan… C'est le paléontologue Marc Laflamme, de l'université de Toronto, à Mississauga (Canada), qui l'affirme : au terme de près de dix ans passés à chercher les indices d'une catastrophe géologique, ses travaux révèlent… qu'il n'y en a pas eu.

Pour comprendre, il faut revenir 550 millions d'années en arrière. A l'époque, ce que l'on considère peut-être comme les premières populations d'êtres multicellulaires atteignent leur apogée. Les spécialistes les ont baptisées la "faune d'Ediacara" : des corps mous, semblables à des feuilles, des tubes ou des sacs molletonnés, qui ont imprimé leurs formes géométriques fractales dans les sédiments de tous les océans. Une forme de vie primitive et étonnante, sans lien apparent avec les lignées actuelles. De quelques millimètres pour les plus petits à plus d'un mètre pour les plus grands, ces organismes reposaient sur les fonds marins ou s'enracinaient dans les sédiments, y trouvant les nutriments nécessaires à leur vie.

Or, si les sédiments montrent que cette faune d'Ediacara a colonisé la planète en seulement

Enjeux

Si l'on en croit les projections annonçant la perte de 25 % des espèces animales et végétales d'ici à 2050, nous serions à l'aube d'une nouvelle extinction de masse… causée par l'homme. D'où l'intérêt de découvrir que la Terre a déjà connu, par le passé, une extinction provoquée par la vie elle-même, et non une grande catastrophe (volcanisme, météorite, etc.).

J.VANNIER







La “faune d’Ediacara”

Ces fossiles d’organismes multicellulaires témoignent d’une vie primitive brusquement disparue il y a 542 millions d’années… une disparition qui n’était jusqu’ici pas considérée comme une grande extinction (voir tableau) faute de bien la connaître.

30 millions d’années, tous les gisements, au Canada, en Russie, en Australie ou en Namibie, enregistrent sa disparition brutale et quasi totale, il y a 542 millions d’années. Un effondrement qui ouvre “l’explosion cambrienne”, quand les premiers animaux émergent, préfigurant les grands groupes actuels. *“Sur la centaine d’espèces de la faune d’Ediacara identifiées, seules une ou deux ont survécu au Cambrien”*, raconte Marc Laflamme.

Or, aucune catastrophe majeure ne semble s’être produite à l’époque. Alors, pourquoi cette disparition ? Les paléontologues considèrent que la faune d’Ediacara s’apparenterait à une “expérience ratée” de la vie multicellulaire… Et ne l’ont jamais rangée parmi les 5 grandes extinctions (voir tableau). Certains ont même estimé que cette disparition n’aurait été qu’apparente : seules les conditions favorables à la fossilisation des organismes édiacariens auraient disparu, mais pas les organismes eux-mêmes. En d’autres termes, ils auraient continué à vivre, mais sans laisser de trace.

Il est vrai que les fossiles d’organismes sans squelette sont très rares et nécessitent des conditions exceptionnelles pour se former. Dans le cas des espèces d’Ediacara, ce sont les films bactériens qui les entouraient qui ont préservé leur forme. D’où l’hypothèse que seuls ces films bactériens auraient disparu, et non la faune.

Sauf qu’en 2014, une équipe dirigée par Guy Narbonne (université Queen’s, Canada) a retrouvé, dans des sédiments du Cambrien, les traces caractéristiques, en forme de tissu froissé, de ces biofilms seuls. La disparition de la faune édiacarienne n’a donc pas été qu’une illusion.

Marc Laflamme a alors organisé plusieurs missions en Namibie, où l’on trouve les assemblages de faune d’Ediacara les plus récents (545-542 millions d’années). Or, ses analyses des



MARC **LAFLAMME**
Paléontologue, université de Toronto, Mississauga (Canada)

Les galeries creusées par les premiers vers ont déstabilisé les fonds marins, minant tout l’écosystème d’Ediacara

S.STAMMERS/SPL/COSMOS - DR - O.LOUIS MORRATENTA/NATURAL GEOGRAPHIC - M.LAFLAMME



La toute première des grandes extinctions?

Date (en Ma)	Eres géologiques	Pertes estimées	Causes avancées
–542	**Fin de l'Ediacarien**	**98 % des espèces**	**Arrivée des premiers animaux**
–445	Fin de l'Ordovicien	85 % des espèces	Grande glaciation
–380	Fin du Dévonien	75 % des espèces	Variations climatiques et anoxie des océans
–252	Limite Permien/ Trias	90 % des espèces	Eruptions massives en Sibérie
–200	Limite Trias/ Jurassique	75 % des espèces marines	Changement climatique progressif, éruptions volcaniques, météorites
–66	Limite Crétacé/ Tertiaire	50 % des espèces (dont les dinosaures)	Volcanisme et météorite

éléments chimiques témoignant de l'état d'oxydation, de la salinité et du pH de cette période n'ont révélé aucun signe de perturbation environnementale. Le fer, par exemple, s'y trouve bien sous forme oxydée: les océans étaient bien oxygénés, et leur surface d'échange avec l'atmosphère n'était pas obstruée par des dépôts d'éruptions volcaniques. RAS, donc. Le calme plat.

UNE ESPÈCE PEUT CRÉER UN CATACLYSME POUR LES AUTRES

Comment expliquer l'anéantissement de tout un écosystème planétaire, alors que ses conditions de vie n'ont pas changé? Marc Laflamme a bien une petite idée. Qui rallie de plus en plus les suffrages. Car un changement, il y en a eu un, minuscule en apparence, dans la dernière période d'Ediacara, avec l'apparition de trous dans le sol: les tout premiers terriers creusés par les tout premiers êtres vivants capables de se déplacer, pionniers de la faune du Cambrien qui s'apprête à envahir la planète. Alors que la faune d'Ediacara était essentiellement immobile, des nouveaux venus, des vers, peuvent, eux, se déplacer. Et cela change tout.

"Les espèces cambriennes ont été des ingénieurs de l'environnement, expose Marc Laflamme. *Les galeries de ces vers ont déstabilisé le sol sur lequel reposait la faune d'Ediacara."* Sur un sol devenu friable, les nutriments se seraient faits plus rares, une partie s'enfonçant dedans, l'autre étant subtilisée par les premiers organismes filtreurs, capables de les concentrer. Sans compter la prédation, inventée par les organismes du Cambrien, contre laquelle les édiacariens étaient sans arme ni protection.

Ces ingénieurs du Cambrien ont-ils modifié la physique et la chimie de leur environnement au point d'y rendre la vie impossible à la faune édiacarienne? *"C'est aujourd'hui l'hypothèse la plus vraisemblable"*, estime Jean Vannier, paléontologue à l'université de Lyon.

Le vivant peut donc lui-même provoquer des extinctions massives. Pas besoin de cause extérieure: la menace peut venir de l'intérieur! Une espèce devenue dominante peut ainsi bouleverser les conditions de vie d'écosystèmes déjà implantés, jusqu'à provoquer leur extinction. Une leçon à méditer pour l'homme? Lui qui semble ouvrir une nouvelle ère géologique (l'anthropocène) et serait en train, selon certains spécialistes, de provoquer la 6e extinction de l'Histoire? Voire la 7e, si l'on compte celle d'Ediacara… Simon Darroch, le géologue américain qui a mené les analyses, n'hésite pas à tirer un parallèle avec notre époque: *"Nous sommes les ingénieurs de l'environnement les plus puissants que la Terre ait connus."* En détruisant les habitats naturels et en introduisant des espèces invasives, nous avons profondément modifié les écosystèmes. Toute ressemblance avec des événements actuels est donc à méditer…

A consulter : les études des chercheurs canadiens et un site retraçant l'évolution de la diversité.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



Repère

Ces vingt dernières années, les chasseurs de mondes extrasolaires ont acquis la certitude que, dans la Voie lactée, les planètes géantes (telles Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune) se compteraient par milliards : 15 % des étoiles en posséderaient. Mais leur formation restait jusqu'ici un mystère.

PLANÈTES GÉANTES

Leur genèse enfin élucidée !

En mobilisant un incroyable arsenal de mécanismes physiques, les astrophysiciens ont finalement réussi à comprendre la formation des planètes géantes. Un exploit que **Mathieu Grousson** a décrypté pas à pas.

C'était la dernière grande énigme du système solaire. *"Tout s'explique !"* annoncions-nous il y a quatre ans, lorsque Alessandro Morbidelli, à l'Observatoire de la Côte d'Azur, proposa le premier scénario capable d'élucider quasiment tous les casse-tête qu'imposait encore le système solaire aux astronomes : nombre de cratères de la Lune, petite taille de Mars, composition des astéroïdes (voir *S&V* n°1128)… Mais il restait un dernier mystère. Et de taille : la formation des planètes, en particulier des géantes, lesquelles concentrent toutes les difficultés.

Comment se fabriquent Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, ces colosses qui représentent 99 % de la masse des astres orbitant autour du Soleil ?

Les ingrédients de base sont connus : au départ, il n'y a que de minuscules poussières de taille micrométrique qui gravitent dans un disque autour de la toute jeune étoile. – les télescopes en détectent aujourd'hui dans les nébuleuses protoplanétaires. Le résultat final également : des monstres planétaires composés d'un noyau solide de plusieurs milliers de kilomètres chapeauté par une faramineuse atmosphère gazeuse. Entre les deux ? Deux gros points d'interrogation…

Sachant que le *timing* est crucial. Le gaz de la nébuleuse

ILLUSTRER.FR

Les 5 étapes de la naissance des géantes

protoplanétaire s'évapore sous l'effet du rayonnement de l'étoile centrale en quelques millions d'années seulement ; il s'agit donc de fabriquer le noyau des planètes géantes assez rapidement pour lui laisser le temps de se parer de sa gigantesque enveloppe de gaz.

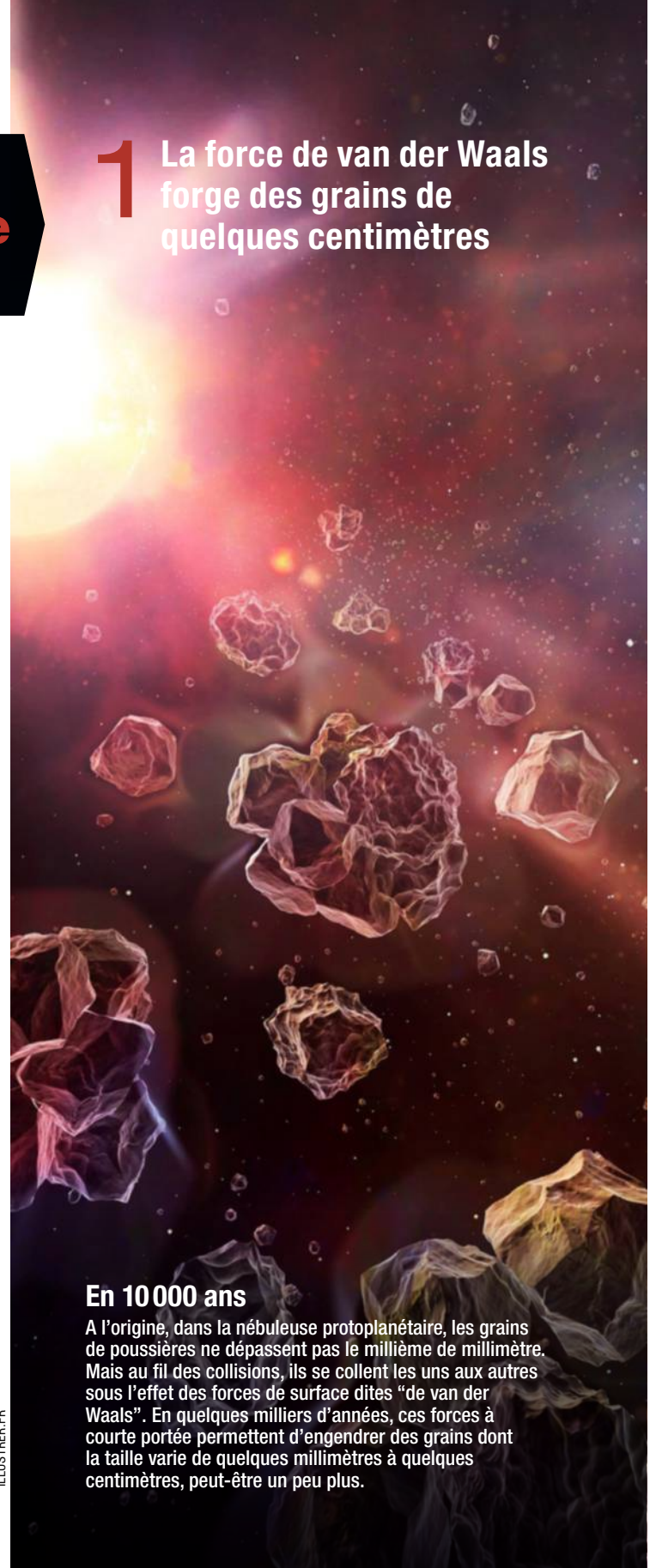
14 ÉCHELLES DE GRANDEUR

Sauf que, rien à faire : malgré des simulations numériques de plus en plus raffinées, les spécialistes ne parvenaient toujours pas à proposer une recette qui, du micromètre à la centaine de milliers de kilomètres, permet d'assembler la matière à travers ces 14 échelles de grandeur.

Jusqu'à ce que, ces derniers mois, le puzzle s'assemble enfin. *"Dans ses grandes lignes, le scénario de formation des noyaux des planètes géantes est désormais réglé !"*, s'enthousiasme Anders Johansen, à l'université de Lund, en Suède, l'un des artisans de cette prouesse. *"Il va falloir affiner, mais qualitativement l'énigme est résolue"*, confirme Alessandro Morbidelli.

Comment ? Grâce à deux avancées majeures, publiées il y a quelques mois à peine, qui permettent enfin de donner corps aux milliards de Jupiter qui peuplent notre galaxie. Et qui laissent estomaqué devant l'incroyable débauche de moyens techniques nécessaires pour fabriquer ces géantes.

1 La force de van der Waals forge des grains de quelques centimètres



En 10 000 ans

A l'origine, dans la nébuleuse protoplanétaire, les grains de poussières ne dépassent pas le millième de millimètre. Mais au fil des collisions, ils se collent les uns aux autres sous l'effet des forces de surface dites "de van der Waals". En quelques milliers d'années, ces forces à courte portée permettent d'engendrer des grains dont la taille varie de quelques millimètres à quelques centimètres, peut-être un peu plus.

ILLUSTRER.FR



2 Les forces électriques agrègent des cailloux de quelques mètres

En 100 000 ans

Les collisions et les frottements entre grains ont accumulé des charges électriques à leur surface. Générant entre elles une attraction à longue portée, elles permettent à des grains centimétriques de poursuivre leur croissance en agrégeant des morceaux plus petits. Jusqu'à ce qu'ils atteignent, en quelques dizaines de milliers d'années, une taille de l'ordre du mètre.



3 La turbulence condense des blocs de quelques centaines de kilomètres

En 1 million d'années

Dans le disque protoplanétaire, des différentiels de température, ou des phénomènes magnétiques, engendrent des tourbillons de matière à toutes les échelles. En un million d'années, la matière en cours d'accrétion s'y condense en amas dits "autogravitants", qui s'effondrent sur eux-mêmes et forment des embryons planétaires dont le diamètre varie entre 100 et 1 000 km.

4 La gravité ne laisse que quelques noyaux géants, de quelques dizaines de milliers de kilomètres

En 5 millions d'années

Toujours baignés dans un environnement de gaz et de poussières, les embryons planétaires continuent d'agréger par gravitation les nombreux grains de matière en fabrication permanente. Sous l'effet de leurs interactions gravitationnelles, la plupart de ces embryons finissent sur des orbites excentriques et inclinées, où ils cessent leur croissance. Au bout de quelques millions d'années, les rescapés atteignent une dizaine de masses terrestres, voire plus.

5 Les noyaux s'entourent d'une enveloppe de gaz de quelques centaines de milliers de kilomètres. Une géante est née !

En 10 000 ans

Au fil de leur trajectoire, les corps planétaires aspirent par gravité le gaz qui reste dans le disque. Une fois la masse de gaz équivalente à celle du noyau, celle-ci se condense et la croissance de la planète se poursuit à vitesse exponentielle. Au bout de quelques milliers d'années seulement, leur croissance s'arrête, faute de gaz. Au final, il aura fallu moins de dix millions d'années pour que naisse une géante !

La première étape de cette genèse – assembler des poussières d'un millième de millimètre en des grains de quelques millimètres à quelques centimètres – n'était pas un souci. Calculs théoriques et expériences en laboratoire le montrent : de telles poussières s'agrègent facilement lorsqu'elles entrent en collision, formant des particules millimétriques (roches), ou centimétriques (glace). Le principal acteur étant ici la force de van der Waals, celle-là même qui donne sa forme arrondie à la surface d'un liquide dans un récipient étroit – et qui résulte du fait que deux surfaces s'attirent spontanément du fait que les molécules à la surface d'un corps sont en partie privées de leur voisinage.

Le premier gros problème survenait à l'étape suivante : calculs et expériences montraient qu'au-delà de quelques centimètres, les grains cessent de grossir. Comme l'explique Victor Lee, à l'université de Chicago, *"plus les grains grossissent, plus leur énergie cinétique augmente. Ainsi, au-delà d'un diamètre d'une dizaine de centimètres, le bilan d'une collision entre deux grains n'est plus leur accrétion mais leur fragmentation."* Ce que les spécialistes appellent la *"barrière du mètre"*.

CHARGÉES ÉLECTRIQUEMENT

Jusqu'à ce que Victor Lee et ses collègues étudient en détail l'effet des forces électrostatiques sur l'agrégation de particules. Le lien avec la formation planétaire ? *"Ces dernières années, plusieurs mécanismes ont été invoqués suggérant que les disques protoplanétaires contiennent des poussières chargées électriquement"*, explique Jean-François Gonzalez, au Centre de recherche astrophysique de Lyon.

Les expérimentateurs de Chicago ont publié leurs résultats il y a quelques mois. Ils démontrent que lorsque les grains chargés d'électricité statique chutent librement dans un tube à vide, ils s'attirent avec une intensité bien plus importante que des grains neutres. *"Sous l'effet des forces électriques, les grains s'attirent à longue distance,* résume Victor Lee. *Et lorsqu'ils entrent en collision, plusieurs rebonds dissipent leur énergie cinétique avant qu'ils ne se collent."* En clair : les astrophysiciens disposent enfin d'un mécanisme permettant aux grains interstellaires de continuer à s'accréter au lieu de se fragmenter.



Jean-François Gonzalez applaudit : *"S'il est trop tôt pour dire comment extrapoler ces résultats à des grains plus gros, ils offrent enfin une possibilité sérieuse de franchir la barrière du mètre."* Ces expériences n'ont en effet été réalisées qu'avec des grains de taille inférieure au millimètre. Mais ce mécanisme permet de gagner trois ordres de grandeur dans l'énergie cinétique au-delà de laquelle une collision s'accompagne d'une destruction des impacteurs. Ce qui pourrait faire croître les blocs jusqu'à une taille de quelques mètres. Et permettrait de franchir une étape décisive dans la formation des planètes, en particulier les telluriques. *"Si ces résultats expérimentaux sont confirmés par d'autres équipes, c'est la révolution !"*, lâche Alessandro Morbidelli.

Le problème, c'est que pour les géantes, ce n'était pas la seule barrière. Tout se passe bien à l'étape suivante. Le mécanisme permettant de faire évoluer des blocs de quelques mètres en embryons planétaires de quelques centaines de kilomètres de diamètre a été mis en évidence par Anders Johansen en 2007. L'acteur clé est, cette fois, la turbulence à l'œuvre dans le disque protoplanétaire, qui engendre des tourbillons de matière à toutes les échelles : les amas de roches liées par la gravité se condensent peu à peu, au point de faire de ces vortex de véritables creusets d'où émergent une myriade d'embryons de quelques centaines de kilomètres de diamètre.

> ALESSANDRO **MORBIDELLI**
> Astronome à l'Observatoire de la Côte d'Azur
>
> *Si ces résultats sont confirmés par d'autres équipes, c'est la révolution !*

Oui, mais comment transformer ensuite ces embryons en quelques rares noyaux de planètes géantes ? *"Toutes les simulations montraient que les*

ILLUSTRER.FR - O.MONGE/NYOP

interactions gravitationnelles entre ces embryons, plutôt que de les faire grossir, les envoient sur des orbites excentriques où ils cessent de croître", détaille Sean Raymond, au Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux.

Les planétologues en étaient là lorsqu'en 2012, le même Anders Johansen eut une idée de génie : continuer à faire grossir les embryons sans les faire fusionner entre eux, mais plutôt par l'accrétion de fragments millimétriques ou centimétriques, ceux formés lors de la première étape et qui n'ont pas tous disparu lors des suivantes. *"Les observations ont révélé que de nombreux disques contenant des planètes en formation contiennent encore ce type de fragments"*, souligne le physicien.

Les simulations numériques ne tardent pas à le confirmer : à cause de leur petite taille, les grains sont freinés par le gaz dans lequel ils baignent et tombent rapidement sur les embryons, engendrant un noyau de géante avec une efficacité redoutable.

A ceci près que lorsque Harold Levison, à l'Institut de recherche du Sud-Ouest, à Boulder (Colorado), teste le nouveau mécanisme sur ses ordinateurs à l'échelle d'un système planétaire complet, c'est la catastrophe ! *"L'effet de compétition entre les différents embryons a donné une centaine de noyaux de la taille de la Terre, et non quelques noyaux de 10 masses terrestres comme on s'y attendait"*, raconte Katherine Kretke, membre de l'équipe.

Il manquait en fait un dernier ingrédient… que les astrophysiciens ont découvert il y a seulement quelques mois. L'idée est toute simple : il suffit d'imaginer que la première étape continue de former des grains à partir de poussières. Autrement dit, plutôt que de mettre leurs embryons en présence de la totalité de leurs cailloux, ils les plongent dans un réservoir en renouvellement permanent. Résultat des simulations : le processus d'accrétion est plus lent, mais cela laisse le temps aux embryons de se perturber gravitationnellement les uns les autres, au point que la majorité des corps terminent sur des orbites excentriques et inclinées, privés de ressources.

MATIÈRE HYPERCONCENTRÉE

Ceux qui restent peuvent alors atteindre la taille adéquate, rassemblant généralement dans un seul corps solide de quelques milliers de kilomètres de diamètre dix fois plus de matière que notre Terre. Et ce en quelques millions d'années seulement : assez rapidement pour qu'il y ait encore du gaz à aspirer.

Ne reste plus qu'à admirer la cinquième et dernière étape, lorsque ces quelques monstres planétaires qui gravitent autour de leur étoile aspirent tout le gaz alentour. Les modèles montrent qu'il suffit de quelques milliers d'années seulement. Le processus est si rapide que leurs géantes numériques finissent par devenir obèses (lire l'encadré) !

Ainsi, pour tous les spécialistes interrogés, l'énigme de la formation des planètes géantes est résolue, dans ses grandes lignes. Tels des démiurges, grâce à un savant mélange de force de van der Waals, de force électrostatique, de turbulences et d'interactions gravitationnelles à travers 14 échelles de grandeur, ils savent désormais créer, dans le creuset de leurs ordinateurs, des géantes gazeuses. Mais quel casse-tête ! Même les Grecs n'avaient imaginé que la naissance de Jupiter pût être si mouvementée…

L'énigme des supergéantes

Pourquoi ne voit-on pas, dans la Voie lactée, davantage de planètes 10 fois plus massives que Jupiter ? Les simulations montrent qu'il est facile d'en fabriquer : tant qu'il y a du gaz autour de l'étoile, aucun mécanisme ne s'oppose à son intégration dans l'enveloppe des géantes en formation. Or, la norme observée dans la Voie lactée se trouve autour de la masse de Jupiter. Pour les spécialistes, il y aurait une sorte de coïncidence entre le moment où les géantes atteignent cette taille et celui où le gaz de la nébuleuse protoplanétaire s'évapore définitivement sous l'effet du rayonnement de l'étoile centrale. *"C'est assez* ad hoc, confesse Alessandro Morbidelli, à l'Observatoire de la Côte d'Azur. *En tout cas, pour l'instant, on n'a pas trouvé mieux."*

A lire : les publications des chercheurs ; l'Encyclopédie des planètes extrasolaires.
A voir : le site de la mission Cassini d'observation de Saturne.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

ÉVÉNEMENT !

MON SCIENCE&VIE JUNIOR

La Chaîne Smart 2.0

CHEZ VOUS EN FÉVRIER

TOUTANKHAMON
Mais que cache la chambre secrète ?

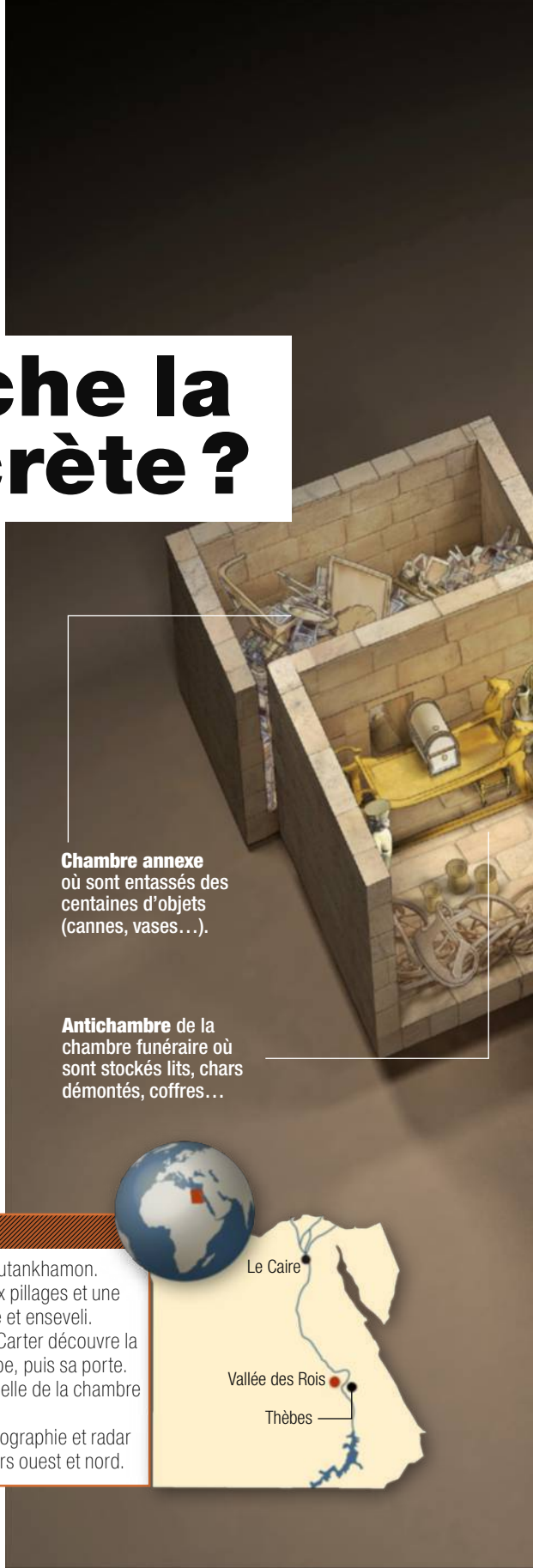
Une autre tombe royale ? Celle de Nefertiti ? Ou bien… rien ? Après la découverte d'anomalies radar, **Emilie Rauscher** n'exclut aucune hypothèse.

En novembre dernier, à la stupéfaction générale et avec un émoi certain, les autorités égyptiennes annonçaient la présence, probable à plus de 90 %, de chambres jusqu'ici inconnues dans la tombe de Toutankhamon… Preuves radar et thermographique à l'appui.

Alors que l'Egypte entendait refaire parler son patrimoine multimillénaire en lançant une énorme campagne de sondage des pyramides de Khéops, Khephren et Snéfrou à Gizeh et Dahchour, à la recherche de chambres secrètes, voici que la surprise vient de la tombe de Toutankhamon. Pile 93 ans après la découverte de la dernière demeure du petit roi le plus fameux d'Egypte (voir Chronologie).

C'était le 4 novembre 1922. Lorsque l'égyptologue Howard Carter arrive dans la vallée des Rois pour superviser les fouilles dont il a la charge, l'ambiance est inhabituellement calme… Silencieux dans le décor lunaire et brûlant, ses ouvriers l'attendent devant la première marche tout juste déblayée de ce qui pourrait être un tombeau inconnu.

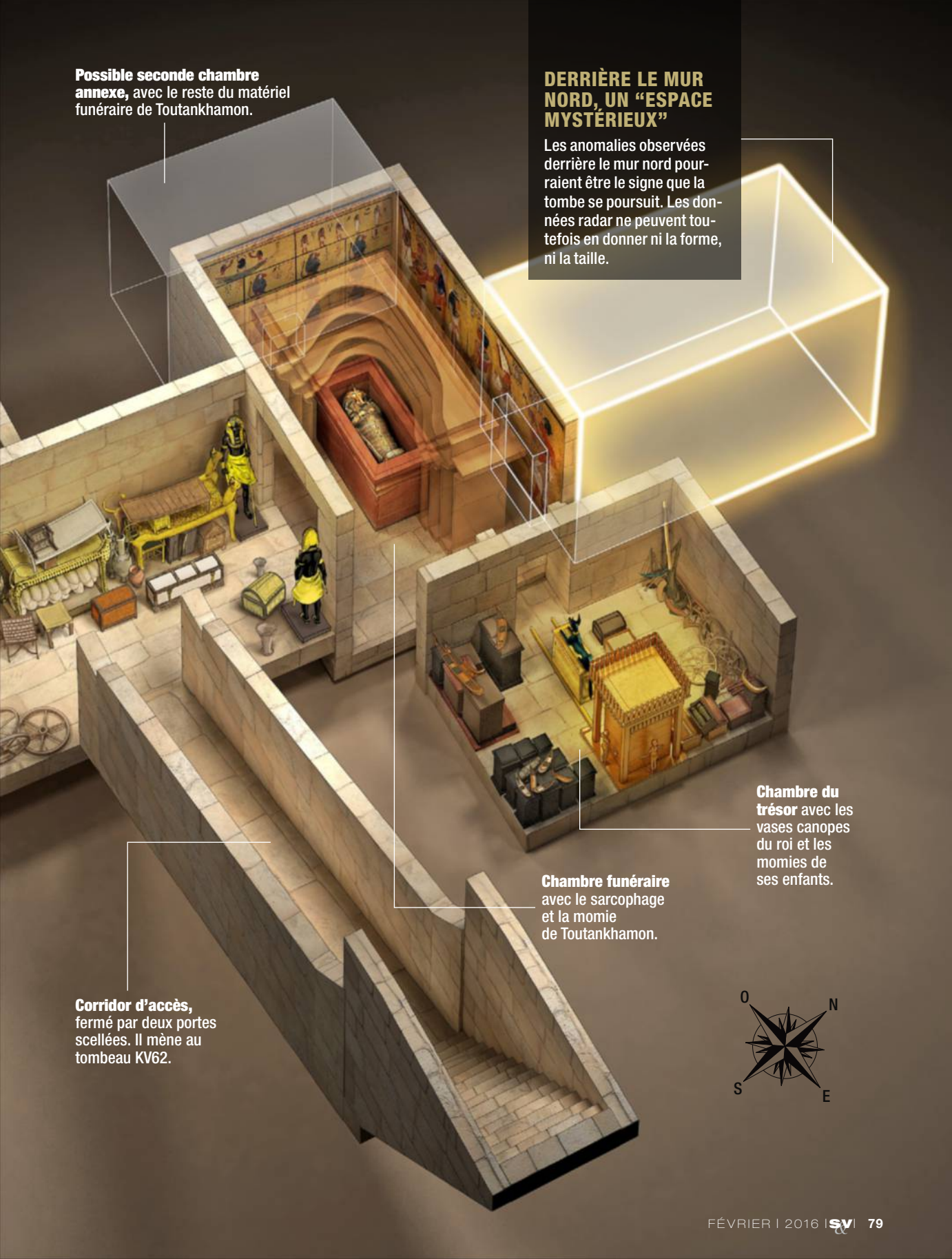
En un jour, les 14 marches plongeant sous la montagne sacrée sont dégagées – et une porte, encore scellée et couverte du sceau au chacal des responsables de l'antique nécropole royale, apparaît.



Chronologie

1317 av. J.-C. : Funérailles de Toutankhamon.
1314-1301 av. J.-C. : Après deux pillages et une restauration, le tombeau est oublié et enseveli.
4-26 novembre 1922 : Howard Carter découvre la première marche menant à la tombe, puis sa porte.
16 février 1923 : Ouverture officielle de la chambre funéraire et de la salle du trésor.
4 et 26 novembre 2015 : Thermographie et radar révèlent des anomalies sur ses murs ouest et nord.

ILLUSTRER.FR


Possible seconde chambre annexe, avec le reste du matériel funéraire de Toutankhamon.
DERRIÈRE LE MUR NORD, UN "ESPACE MYSTÉRIEUX"
Les anomalies observées derrière le mur nord pourraient être le signe que la tombe se poursuit. Les données radar ne peuvent toutefois en donner ni la forme, ni la taille.
Chambre du trésor avec les vases canopes du roi et les momies de ses enfants.
Chambre funéraire avec le sarcophage et la momie de Toutankhamon.
Corridor d'accès, fermé par deux portes scellées. Il mène au tombeau KV62.
O
N
S
E

3 indices suggèrent l'existence d'une chambre secrète



L'indice de la thermographie

L'examen détaillé des images haute résolution obtenues par scanner des parois de la chambre funéraire a révélé des fissures ; puis la thermographie a montré des anomalies de température au niveau du mur nord ; des anomalies confirmées et étendues au mur ouest par géoradar, qui semblent signaler un vide derrière.





L'indice du scanner

Fébrile, l'égyptologue britannique fait prévenir son mécène, Lord Carnarvon, d'une *"merveilleuse découverte"*.

Les 25 et 26 novembre, la porte est ouverte, le corridor qui lui fait suite est dégagé… jusqu'à une seconde porte scellée, marquée cette fois du sceau d'un pharaon méconnu : Toutankhamon.

Derrière la porte, le plus incroyable trésor jamais dévoilé ! L'ensemble funéraire d'un roi de la fascinante Egypte antique se révélait au monde dans toute sa splendeur dorée : sarcophages, trônes, chapelles, bijoux et autres armes finement ciselées.

LE GRAND PUBLIC EN HALEINE

Pour Carter, commençaient dix ans de fouilles compliquées, de déblayages, de dessins et d'annotations millimétrées, de photographies et de restaurations… De la momie aux moindres gravats, tout est noté méthodiquement. Tant et si bien que la petite tombe nommée "KV62" (voir Jargon, p. 82), longue d'à peine 30 m pour une superficie de 109 m², pouvait être considérée comme la plus connue, notamment du grand public, qui suivait fiévreusement l'avancée des recherches.

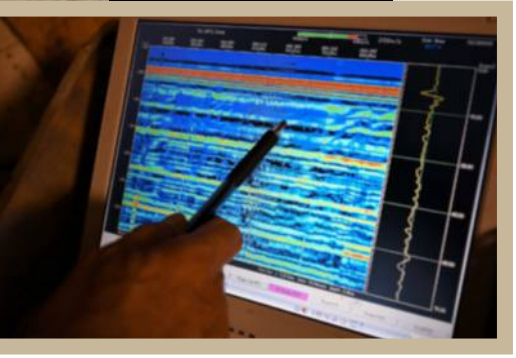
Après l'exploration minutieuse d'Howard Carter, quelles surprises pouvait encore cacher Toutankhamon ? L'idée même paraissait insensée il y a seulement quelques mois. C'était avant ces anomalies repérées derrière le mur ouest de la chambre funéraire par la thermographie, confirmées et étendues au mur nord par les données radar. Ces résultats, quoique préliminaires, ont instantanément ravivé le souvenir de novembre 1922 et fait naître l'espoir d'un nouveau miracle…

A l'origine de cette effervescence, la publication, en juillet 2015, par l'égyptologue britannique Nicolas Reeves (université d'Arizona), d'un article au titre intriguant : *The Burial of Nefertiti ?* (*L'Enterrement de Néfertiti ?*). Car au long de ses 39 pages, il allait déployer une batterie d'arguments pour démontrer que ce que nous connaissons du tombeau de Toutankhamon pourrait ne correspondre qu'au début d'un autre caveau bien plus vaste et prestigieux : celui de la reine Néfertiti – une tombe dans une tombe ! A l'excitation de salles inconnues liées à l'enfant-roi, il ajoutait le fantasme de découvrir la

P. BOURSEILLER/HIP INSTITUTE - FACTUM ARTE - NATIONAL GEOGRAPHIC CHANNELS - JEMOLO/LEEMAGE



L'indice du géoradar



dépouille et le trésor inviolé de l'épouse à la beauté légendaire du pharaon hérétique Akhenaton (lire l'encadré ci-contre)…

Difficile de faire annonce plus provocante ! Il fallait avoir les reins solides pour oser, et surtout les connaissances pour l'étayer. Nicolas Reeves possède les deux, en plus d'une longue histoire sulfureuse avec la vallée des Rois. L'égyptologue s'était en effet brouillé avec l'ancien et tout-puissant ministre égyptien des Antiquités Zahi Hawass, suite à des annonces non officielles et des querelles d'ego… Mais il est aussi un spécialiste reconnu de la XVIII[e] dynastie (qui réunit tant les Amenhotep et les Thoutmosis qu'Akhenaton et Toutankhamon). D'où l'intérêt qui a été porté, jusqu'aux plus hautes autorités égyptiennes, à une déclaration qui pouvait a priori sembler plus sensationnaliste qu'érudite.

L'élément déclencheur de l'étude polémique de Nicolas Reeves fut la mise à disposition, en 2014, des photographies et scans haute définition des fresques et surfaces brutes des parois de la tombe, réalisés par l'entreprise italienne Factum Arte (pour la création du fac-similé de la tombe). L'égyptologue est aussitôt fasciné par le niveau de détail et les possibilités inédites d'observation des textures et des peintures ; il s'y abîmera les yeux pendant des mois (voir Indices, ci-contre). Jusqu'à distinguer, sur la restitution des parois ouest et nord ce qui lui paraît être de fines fissures camouflées par des peintures. Elles ont certes toutes les chances d'être naturelles, mais l'archéologue pousse l'analyse, les compare avec d'autres dont l'origine est bien établie. Il en élimine ainsi la plupart, mais pas toutes…

DES FISSURES TROP PARFAITES

Par exemple, sur le mur ouest, derrière la tête du sarcophage, deux fissures sont étrangement verticales, s'arrêtent brutalement – au point qu'elles semblent dessiner les contours d'un passage consciencieusement rebouché, d'une taille comparable à celui, connu, qui relie l'antichambre de Toutankhamon à la salle annexe (voir plan, p. 79).

Sur le mur nord, les anomalies sont encore plus nombreuses. Trois fissures, au tracé à nouveau rectiligne et qui se recoupent quasi perpendiculairement, lui évoquent ici aussi une porte au niveau →



Un trésor aux multiples propriétaires

Profitant de la restauration du masque de Toutankhamon, cette année, l'égyptologue Nicolas Reeves a réalisé plusieurs observations et publié une autre annonce fracassante : le prestigieux masque du petit roi… ne serait pas le sien ! Les experts savaient, depuis Howard Carter, que plusieurs pièces du fabuleux trésor ne lui étaient pas destinées : certaines ont été conçues pour Akhenaton (dont peut-être le trône d'or), mais surtout, beaucoup portent le nom de l'énigmatique pharaon Ankh-Kheperouré Neferneferouaton – tels un des sarcophages, les vases canopes… et, vraisemblablement, le masque ! Car sous le cartouche identifiant Toutankhamon, c'est le nom d'Ankh-Kheperouré qui apparaît.
Si Mérytaton, sœur ainée de Toutankhamon, est souvent identifiée à ce roi, pour Nicolas Reeves il s'agirait plutôt de Néfertiti : le masque aurait été créé pour la reine lorsqu'elle partageait le trône avec son époux Akhenaton. Au décès de celui-ci, elle aurait pris le pouvoir, seule ; elle se serait alors fait préparer un nouveau trousseau funéraire, et le masque, inutilisé mais gardé en réserve, aurait été réadapté pour son fils au moment de son décès.

de la fresque représentant la momie du jeune roi défunt ; d'autres pourraient témoigner d'un changement de configuration du tombeau, et de l'élargissement de la chambre funéraire pour accueillir les sarcophages et chapelles gigognes les abritant.

L'existence de chambres secrètes, refermées par les anciens artisans égyptiens et camouflées de plâtre soigneusement peint, est connue dans d'autres tombes – même si elles ont toujours été découvertes et forcées dès l'Antiquité. C'est notamment le cas dans la tombe d'Horemheb, un successeur de Toutankhamon. Mais pour appuyer cette thèse inédite dans la petite tombe KV62, Nicolas Reeves devait pointer d'autres arguments.

Plusieurs hypothèses rivalisent pour percer le mystère

Les données historiques (autour de la succession d'Akhenaton) et archéologiques (plan de la tombe, etc.) pointées par différents égyptologues pour faire parler les indices donnent lieu à des interprétations très différentes.



IL MANQUE UNE PIÈCE

Ils allaient venir de l'analyse des plans des caveaux royaux. Avec seulement quatre petites chambres organisées plutôt comme dans un tombeau non royal, la dernière demeure de Toutankhamon est atypique… Certes, *"avec une rotation de 90°, dans le sens horaire, de l'ensemble antichambre / annexe / chambre funéraire / salle du trésor, Howard Carter a montré que KV62 comportait bien tous les éléments constitutifs d'une tombe royale de la XVIIIe dynastie"*, note Nicolas Reeves dans son étude. Mais une différence notable apparaît dans le nombre de chambres de stockage : *"Elles sont traditionnellement quatre pour cette dynastie, disposées à '2h', '4h', '8h' et '10h'* [si l'on prend le cadran d'une montre pour repère] *; ici, nous n'avons que celles placées à '2h' (trésor) et '8h' (annexe)"*, poursuit l'égyptologue britannique. Qui souligne que l'escalier est lui-même situé à "4h" ; seule la position "10h" resterait ainsi "orpheline"… Or, constate l'archéologue, *"elle correspond précisément au passage discerné sous les peintures murales du mur ouest de la chambre funéraire"*. Mais il le reconnaît lui-même : sans confirmation par une étude sur place, ses travaux restent purement virtuels…

L'ensemble raconte une histoire inédite et assez folle, mais assez solide aussi, pour pousser le ministre égyptien des Antiquités, Mamdhou El-Damaty, par ailleurs égyptologue respecté, à lui donner une chance sur le terrain. Un examen des murs de la tombe est programmé dès septembre, destiné à vérifier la réalité des fissures revendiquées par Reeves. Plusieurs égyptologues, dont le ministre et le Britannique, scrutent à la lumière rasante les différentes parois, mais aussi le plafond pour confirmer – ou infirmer – la possibilité théorique de la présence de portes cachées.

L'existence des fissures sera confirmée, et la paroi au niveau des portes présomptives se révélera d'une texture différente, plus granuleuse ! Nicolas Reeves, ému, tenait là les premiers éléments physiques venant appuyer son idée… Le ministre, lui, allait être assez convaincu pour vouloir approfondir la recherche et demander l'emploi de techniques de prospection non invasives pour recueillir d'autres anomalies. Elles seront autorisées début octobre par un panel d'experts égyptiens, sous la forme de thermographie infrarouge et de géoradar (radar à pénétration de sol, ou GPR).

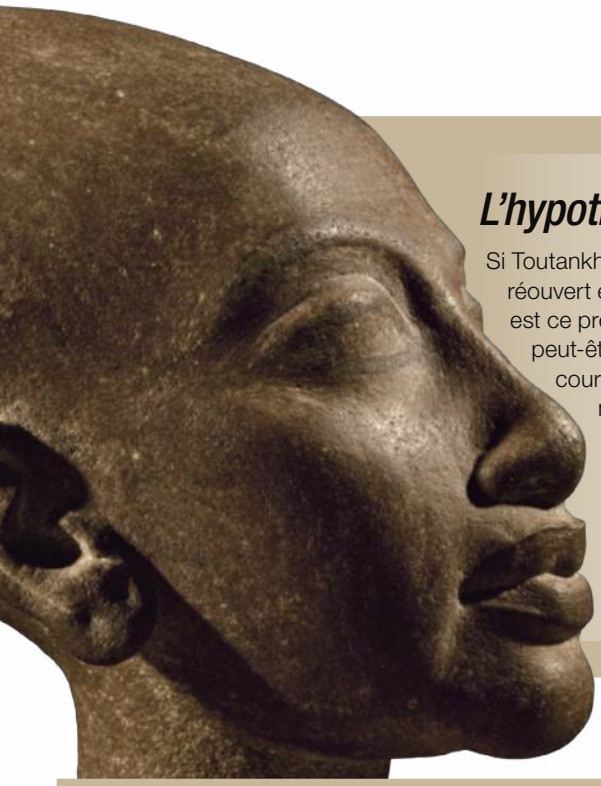
L'Institut franco-égyptien HIP, déjà chargé d'une étude sur les pyramides, est sollicité pour mener une analyse thermographique des parois de la chambre funéraire – à la date symbolique du 4 novembre… Si les résultats ne sont pas rendus publics, leur conclusion, elle, l'est : *"Les analyses préliminaires indiquent la présence d'une zone* [correspondant à la porte de Reeves] *dont la température est différente du reste du mur nord"*, annonce Mamdhou El-Damaty.

Le géoradar, encore plus précis, confirme la présence d'anomalies sur les murs nord et ouest. Hirokatsu Watanabe, l'expert responsable du radar, qui connaît bien la vallée des Rois pour y

Jargon

La **numérotation** des tombes dépend de leur découverte. Celle de Toutankhamon est la **KV62, pour "King Valley 62"**, la 62e tombe retrouvée dans la nécropole, sur les 63 connues. D'autres tombes sont liées au jeune pharaon : la KV54 contenait une partie de son matériel d'embaumement et la KV55 aurait abrité son père. Les momies de ses grands-parents ont été retrouvées dans la KV35.

E.LESSING/AKG - AGF/LEEMAGE



L'hypothèse Mérytaton

Si Toutankhamon a été inhumé dans le tombeau de son prédécesseur réouvert et adapté pour lui, comme le soutient Nicolas Reeves, qui est ce prédécesseur ? Pour beaucoup d'égyptologues, il s'agirait peut-être de Mérytaton, sœur aînée du pharaon, qui aurait pris la couronne à la mort de leur mère, Néfertiti, et de leur père, Akhenaton. Après "l'hérésie" de ces derniers, la jeune reine pharaon aurait organisé le retour à la religion traditionnelle et dans la région de Thèbes. Aussi, contrairement à ses parents qui s'étaient fait préparer des tombes dans leur capitale éphémère, Akhetaton (Amarna), au centre du pays, la vallée des Rois toute proche pourrait logiquement abriter son tombeau – qui n'a pour l'heure pas été retrouvé.

L'hypothèse Néfertiti

Pour Nicolas Reeves, la tombe a été creusée pour une reine, avant d'être modifiée lors de la montée en puissance de cette dernière – puis transformée une ultime fois, après sa mort, pour recevoir Toutankhamon. Et cette reine ne peut être que Néfertiti, mère probable du jeune roi (lire l'encadré "Une parenté difficile à établir"), qui aurait succédé à son époux. En s'appuyant sur l'étude de 2013 du Getty Institute sur les peintures de la tombe, et les traits des personnages sur le mur nord, il estime que c'est en fait la reine momifiée et Toutankhamon qui sont représentés, et non Toutankhamon momifié et son successeur Ay, malgré ce que disent les cartouches.



Les autres hypothèses

Pour certains experts, les possibles chambres derrière le mur nord de la tombe de Toutankhamon pourraient être, notamment, celles de Kiya, épouse secondaire d'Akhenaton, parfois évoquée comme la mère du petit pharaon. D'autres rappellent qu'il n'y a peut-être… rien ! Les ouvriers auraient pu cacher une cavité naturelle, ou commencer une salle sans la finir ; tout comme il pourrait y avoir une pièce, mais vide.

être déjà intervenu, note clairement une différence dans les matériaux employés au niveau du mur : *"Il y a manifestement un passage vers quelque chose,* souligne-t-il. *C'est très clair, et c'est quelque chose de profond."* Pile là où Nicolas Reeves place ses portes dérobées… Le spécialiste japonais devait livrer ses résultats définitifs fin décembre, mais pour lui les données sont bonnes.

Une parenté difficile à établir

L'identité des parents de Toutankhamon est toujours discutée. Parmi les indices potentiellement décisifs : les momies royales… Plusieurs d'entre elles, sans nom, ont été étudiées et leur ADN analysé en 2010. Le candidat le plus probable à la paternité du jeune roi semble être Akhenaton, le pharaon hérétique, dont la momie serait celle de la tombe KV55 ; pour sa mère, identifiée à la momie KV21A, la discussion s'est enfiévrée quand son ADN a révélé une forte parenté avec Akhenaton. Père et mère étaient-ils frère et sœur ? Exit, alors, la belle Néfertiti… Mais l'égyptologue Marc Gabolde a souligné en 2011 que Néfertiti pourrait avoir été sa cousine, issue de plusieurs mariages consanguins – les rendant ainsi aussi proches qu'un frère et une sœur… On aurait dans ce cas déjà la momie de la reine !

Un tel faisceau d'indices est plus que significatif pour les experts. *"Il y a 90 % de chances qu'existe une autre chambre, une autre tombe derrière celle de Toutankhamon"*, annonce donc, solennel, Mamdhou El-Damaty. Prudent, le ministre attend toutefois les conclusions officielles des données radar avant d'envisager une suite… Ce qui n'empêche pas les hypothèses d'aller bon train sur "ce qu'il y aurait derrière" !

Le mur ouest, peu ou prou situé à l'emplacement d'une possible chambre de stockage, est la moins débattue des deux caches surprises. *"La fonction traditionnelle de ces chambres était le stockage,* note Nicolas Reeves dans son étude. *Elles pouvaient toutefois être adaptées, voire élargies pour assumer différents rôles. Par exemple, la situation de la nouvelle chambre proposée, près de la tête du sarcophage de Toutankhamon, est identique à celle de la suite d'une reine secondaire dans la tombe d'Amenhotep III* [grand-père de Toutankhamon] *; initialement creusée pour être une simple réserve, elle a été agrandie pour accueillir Satamon, sa dernière fille et dernière grande épouse royale. Chez Toutankhamon, en théorie, elle aurait donc pu aussi être modifiée pour recevoir un membre de la famille royale…"* Vu le peu de momies retrouvées correspondant à des membres de la famille proche du petit roi, cette perspective a de quoi enthousiasmer. Une "simple" salle de stockage inviolée serait néanmoins déjà une découverte majeure…

Pourtant, c'est l'autre anomalie, celle du mur nord, qui déchaîne les passions… Car elle ne correspond à rien de connu ailleurs, et parce que Nicolas Reeves veut y voir le passage vers la tombe de la fameuse Néfertiti (voir les hypothèses, p. 82) ! Il avance pour cela des arguments tant historiques qu'iconographiques.

Dans la communauté des égyptologues, les argumentaires se fourbissent et les contre-hypothèses – notamment celle de Mérytaton, sœur aînée de Toutankhamon – mûrissent… Mais comme le souligne le Britannique, si beaucoup de ses collègues ont accueilli sa publication avec scepticisme et ne sont toujours pas d'accord avec son hypothèse faisant de la belle Néfertiti la véritable propriétaire du tombeau, il y a désormais des arguments physiques indiscutables plaidant pour qu'il y ait "quelque chose" derrière les parois !

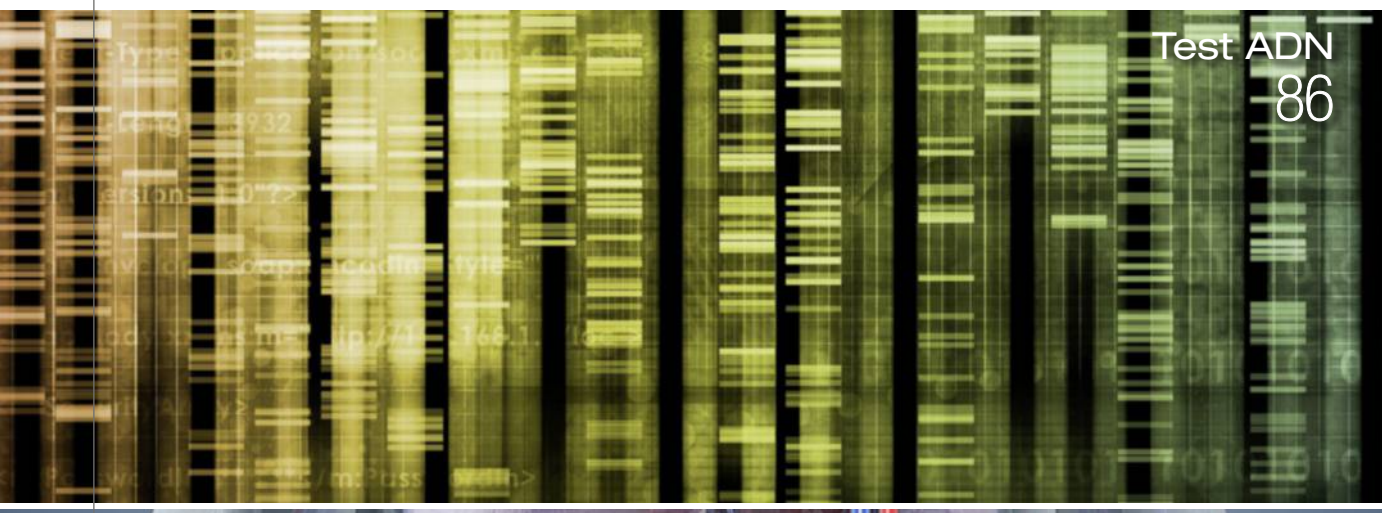
UN DISCRET FORAGE… ?

Experts et grand public attendent donc de concert, comme il y a 93 ans, les prochaines analyses et déclarations officielles. Selon le rapport que transmettra Hirokatsu Watanabe, le ministère des Antiquités avisera. Mamdhou El-Damaty ne rejette pas la possibilité d'un discret forage depuis la salle du trésor, dont les parois ne portent aucune peinture, et qui pourrait donner directement sur la chambre mystère…

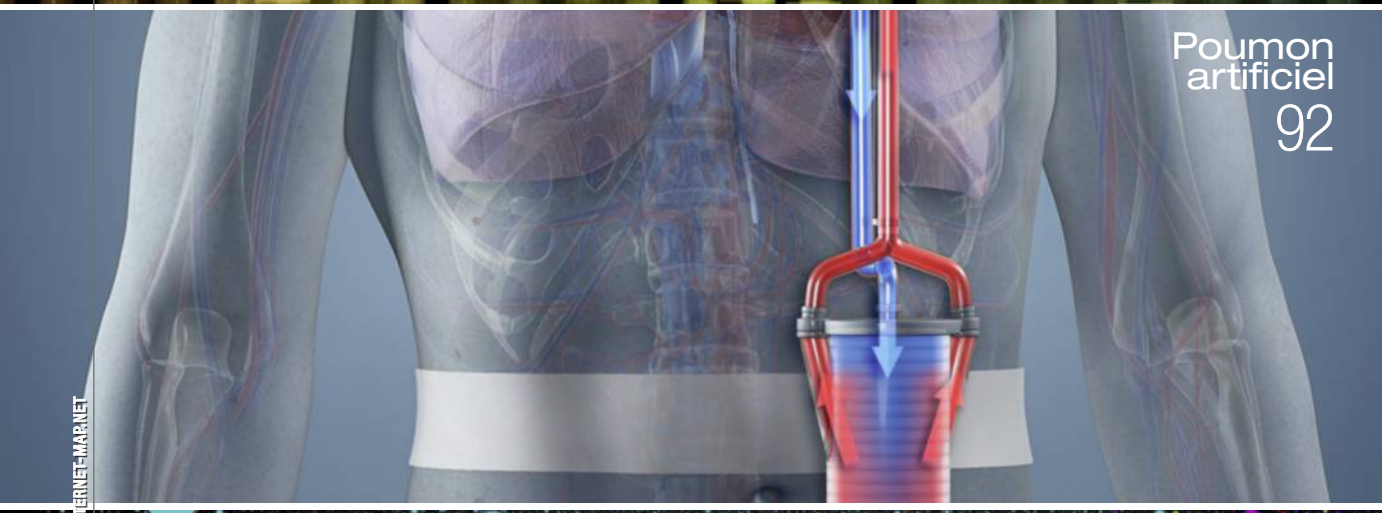
* A voir : des présentations de la vallée des Rois.
A lire : les articles de N. Reeves ; divers ouvrages sur les pharaons.

EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

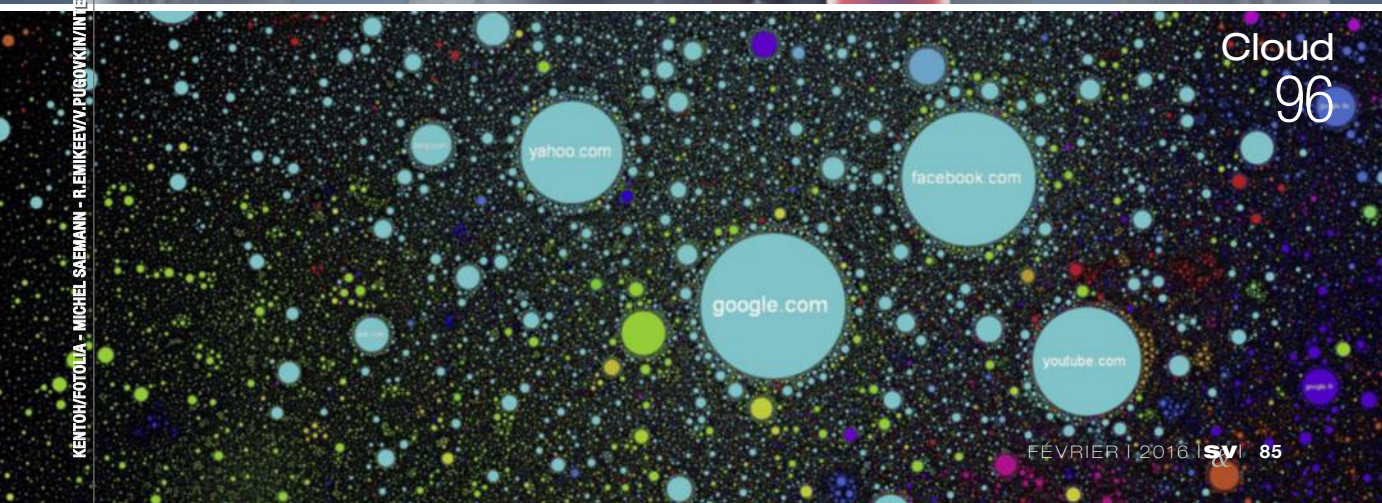
& Science techniques



Test ADN
86



Poumon artificiel
92



Cloud
96

KENTOH/FOTOLIA - MICHEL SAEMANN - R.EMIKEEV/V.PUGOVKIN/INTERNET-MAP.NET



Maladies chroniques, performances physiques….

J'ai testé

A l'heure où, sur le Net, des sociétés proposent d'analyser pour 500 € l'ADN de qui le souhaite, **Lise Barnéoud** a fait le test. Mais pas si simple de découvrir ce que cache son génome et d'apprendre, par exemple, que l'on a le profil génétique pour tel ou tel cancer. Que faire de cette information ? Récit.

Contexte

Depuis 2007, des entreprises vendent des tests génétiques sur internet. Face à des résultats parfois peu fiables et des conséquences qui peuvent être lourdes, plusieurs pays (Allemagne, France, Suisse…) tentent de les interdire et imposent l'intervention d'un médecin.

mon ADN

Jusqu'ici, tout va bien. Il ne me reste plus qu'à signer l'avis de réception du transporteur, avant d'ouvrir mon paquet en provenance de Slovénie. Dans mes mains, un livre d'une centaine de pages. LE livre censé me *"révéler ce qui est écrit dans mes gènes afin de m'aider à comprendre comment ils influencent ma vie"*. Rien que ça ! Jusqu'ici, tout va bien. Mais demain ? J'ai quelques secondes d'hésitation. Ce livre pourrait-il réellement changer ma vie, comme le prétend l'entreprise de tests génétiques en ligne auprès de laquelle j'ai passé commande ?

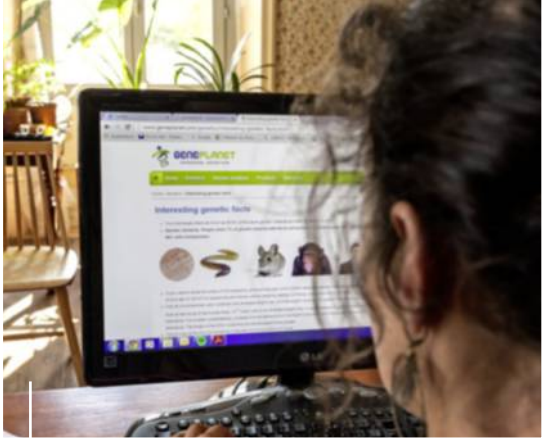
A force d'entendre parler de cette nouvelle médecine prédictive et personnalisée, capable de prévoir nos risques de développer telle ou telle maladie et de nous livrer des conseils sur mesure et des traitements adaptés à notre profil génétique, j'ai voulu tenter une expérience : faire déchiffrer mon propre génome. Cette révolution médicale, vantée par tant d'experts et de laboratoires pharmaceutiques, est-elle déjà là ? Accessible et efficace ? Mes gènes vont-ils m'apprendre les maladies qui me guettent ? Quoi d'autre ? Parmi la centaine d'entreprises qui offrent ce service, mon choix se porte sur une compagnie slovène, Geneplanet, qui propose de tester mon risque pour 19 maladies, mes réponses à 6 médicaments, mais aussi tout un tas de particularités amusantes comme ma disposition à éliminer le café ou mes capacités sportives.

Pour la somme de 500 € (tout de même !), je passe commande. Deux semaines plus tard, me voilà à cracher dans un tube. S'ensuit un mois d'attente, durant lequel je m'efforce de ne pas trop songer aux résultats : et si mes gènes révèlent un risque élevé pour une maladie gravissime, je fais quoi ? Je vis comment avec cette information ?

Voyons les choses positivement : je suis en bonne santé et ce test m'aidera à le rester, me promettent les défenseurs de cette nouvelle médecine. Imaginons un instant que l'on puisse empêcher la survenue de toutes ces affections qui mettent des années avant d'apparaître (maladies cardio-vasculaires, diabète, maladies pulmonaires, cancers, etc.) ou encore ne pas prendre certains médicaments dont les effets indésirables pourraient s'avérer graves… Que de maladies et de soins évités !

Le livre arrive, cartonné, en couleurs, et m'invite à *"partir à la découverte de moi-même"*. Que sont ces gènes qui animent chacune de mes cellules ?

NOAK/LE BAR FLORÉAL - KENTOH/FOTOLIA



Ma commande du test sur internet

Nul besoin d'ordonnance ni de consultation spécialisée pour commander ces tests auprès d'une entreprise de biotechnologies en ligne : seule ma carte bancaire est nécessaire (coût : 500 €) !



Je reçois le kit de prélèvement

Quelques semaines plus tard, je reçois une boîte dans laquelle se trouve mon kit de prélèvement et plusieurs pages d'explications ; mon analyse sera effectuée en Italie de façon anonyme.

L'introduction calme vite mes ardeurs. En fait de découverte de soi, il s'agit en réalité d'une analyse d'environ 140 minuscules points sur les… 3,5 milliards que compte notre ADN ! Déçue, je le suis encore plus lorsque je découvre l'énorme bourde que cette analyse plus que restreinte provoque : je suis devenue un homme, muni d'une prostate qui a 23 % de risque de dégénérer en cancer !

Ça commence bien. J'appelle la compagnie : malgré leur haut niveau d'exigence, une erreur s'est glissée dans mon dossier, mais cela ne remet absolument pas en question le reste de mon analyse, m'explique-t-on. Et pour cause : aucun des 140 marqueurs analysés ne se trouve sur les chromosomes sexuels (ce qui aurait permis de découvrir l'absence de chromosome Y). Nouvelle analyse, nouveau livre quelques semaines plus tard. Exit les marqueurs du cancer de la prostate, bonjour ceux… du cancer du sein !

J'ai soudain l'impression de retourner à l'école primaire : une double page remplie de pastilles rouges (risque accru) et vertes (risque moindre) fait office de résumé. Rapide balayage : zut, j'ai récolté plus de rouges que de vertes ! A l'époque, mes parents m'auraient demandé des comptes… A présent, je pourrais inverser les rôles et m'en prendre à mes géniteurs : ce sont bien eux qui portent l'entière responsabilité de ces mauvais points ! Etrange sentiment… qui pointe du doigt une complication juridique majeure de ces tests génétiques en libre accès : au-delà de la santé de l'individu, ils engagent également ses proches. Une loi m'impose même de tenir informés les membres de ma famille potentiellement concernés par mes résultats dès lors que des mesures de prévention ou de soins peuvent être proposées ! Mais entre une sœur qui ne veut rien connaître, ma mère qui veut tout savoir et mon père qui paniquerait à la vue de toutes ces pastilles rouges, je suis bien lotie…

> Complication : cette démarche individuelle engage forcément la famille

Et je vous passe les réactions de mes amis qui me déconseillent non seulement de faire le test mais surtout d'en écrire un article, par crainte d'une utilisation détournée de la part de mon assureur, de mes employeurs ou de ma banque (je profite d'ailleurs de cet article pour rassurer ma banquière qui peine à m'accorder un prêt : ne bloquez pas sur mes pastilles rouges, lisez mon article jusqu'au bout !).

Légèrement refroidie par ces avertissements d'hypocondriaques et de paranoïaques, je décide de m'intéresser d'abord aux résultats sans conséquence, à la génétique "récréative". Bien m'en prend, car je découvre que je suis une perle rare. Absolument ! Je porte une mutation rarissime sur les deux copies du gène HERC2, situé sur mon chromosome 15. Seuls 4 % des "Caucasiens" – les personnes de type européen, dans le langage des généticiens – portent cette combinaison génétique. Ce gène influence la couleur des yeux et, en l'occurrence, on me dit que j'ai 85 % de chances d'avoir les yeux marron. Dans le mille. Je découvre également qu'au regard de deux marqueurs génétiques situés sur le chromosome 11 et sur le chromosome 15, je suis censée

NOAK/LE BAR FLORÉAL - KENTOH/FOTOLIA





Un petit échantillon de salive

Je me retrouve à cracher dans un tube, sous l'objectif du photographe… Je dois fournir 2 ml de salive, dans laquelle quelques cellules permettront au laboratoire d'en extraire mon ADN.

Un consentement… éclairé !

Avant d'envoyer mon échantillon, je dois signer un document où je déclare notamment que l'entreprise ne peut être tenue responsable de l'inexactitude des résultats. De quoi mettre en confiance !

bénéficier d'une bonne capacité d'endurance. Encore dans le mille. Je vous passe les détails de ma digestion du café et de mon type de cire d'oreille, mais là aussi, les résultats collent à ma réalité.

Voyons maintenant comment je suis censée réagir aux médicaments. C'est l'une des applications les plus prometteuses de la médecine prédictive : cibler le bon traitement ou éviter à la personne de prendre un traitement auquel elle réagirait mal. Parmi les médicaments listés (metformine, warfarine…), une pastille rouge vif me saute aux yeux. Elle concerne les statines, des pilules contre le cholestérol qui font l'objet d'une vive polémique pour leurs prescriptions abusives et les risques d'effets indésirables. Plusieurs études ont démontré qu'environ 25 % de la population possédait des variations génétiques qui augmentaient significativement le risque que ces statines génèrent des douleurs et une destruction musculaire. Eh bien voilà, c'est mon cas. On m'annonce un risque 4 fois plus élevé que la population générale de développer une forme de myopathie en cas de traitement par statines, sachant que cette réaction reste rare (entre 1 et 10 % des patients). Il n'empêche, il faudra tout de même que je m'en souvienne si un jour un médecin souhaite me prescrire ces molécules !

CANCER DU SEIN, MALADIE PORTE-DRAPEAU

Passons aux maladies. Je repère immédiatement celles pour lesquelles mon sur-risque est le plus important : elles sont estampillées rouge foncé. Parmi elles, le diabète de type 2 m'interpelle. D'après l'analyse de 9 marqueurs génétiques, j'ai 40 % de risque de développer cette maladie durant ma vie, contre une moyenne de 25 % dans la population générale. Ce n'est pas rien ! *"Ce serait vraiment surprenant que vous développiez un diabète,* me rassure quelques jours plus tard mon médecin traitant. *Vous n'avez aucun facteur de risque habituel : surpoids, sédentarité, diabète gestationnel, antécédents familiaux…"*

J'épluche ces 9 marqueurs choisis pour l'analyse et découvre qu'ils sont effectivement cités par différentes études comme augmentant le risque de développer un diabète de type 2. Mais je découvre aussi qu'il existe plus de 50 marqueurs génétiques impliqués dans cette maladie et que chacun n'augmente que de 1,1 à 1,3 le risque de la déclarer par rapport aux non-porteurs de ces variations génétiques. Pour me donner une augmentation de risque de 1,6 par rapport à la population générale, l'entreprise a additionné les effets de chacun de ces 9 marqueurs. Interloquée par cette démarche, j'interroge Françoise Clerget-Darpoux, généticienne et mathématicienne (Inserm, hôpital Paul-Brousse à Paris) : *"Le problème, c'est que nous ne possédons pas de modèle explicatif pour cette maladie, ni pour aucune autre maladie multifactorielle. Ces firmes commerciales supposent que l'effet de chaque marqueur s'additionne de façon indépendante aux autres. Mais c'est bien plus complexe que cela !"*

Entre cette simplification de calcul et mon histoire personnelle, voilà deux bonnes raisons de ne pas trop m'angoisser au sujet de cette pastille rouge foncé. Voyons la suivante. Moment d'effroi : on entre dans la catégorie "cancer du sein". C'est l'une des maladies porte-drapeaux de la médecine prédictive, notamment depuis qu'Angelina Jolie a expliqué s'être fait retirer seins et ovaires après avoir



Enfin, mes résultats !

Quasi deux mois s'écoulent avant que je reçoive mes premiers résultats, qui s'avéreront contenir une erreur de taille : à leurs yeux, je suis un homme, au risque accru de cancer de la prostate !



appris qu'elle était prédisposée à la forme "familiale" du cancer du sein. L'actrice américaine possède en effet des mutations sur les gènes BRCA1 et BRCA2 qui lui donnent environ 80 % de risque de développer ce cancer avant 70 ans. Suite à cette annonce, le nombre de rendez-vous pour des dépistages génétiques de prédisposition au cancer du sein a doublé en France.

On m'annonce un risque de 18,32 % (admirez la précision !) contre un risque moyen de 12 %. Surprise : parmi les 8 marqueurs génétiques analysés, aucun ne concerne les fameuses mutations BRCA. *"Nous n'avons pas le droit de les analyser,* m'explique la compagnie slovène au téléphone. *Les experts estiment que nous ne pouvons pas annoncer des risques de 80 % pour une maladie si grave sans conseiller génétique."* En France, la loi impose d'ailleurs un accompagnement psychologique pour tous les tests génétiques portant sur la santé.

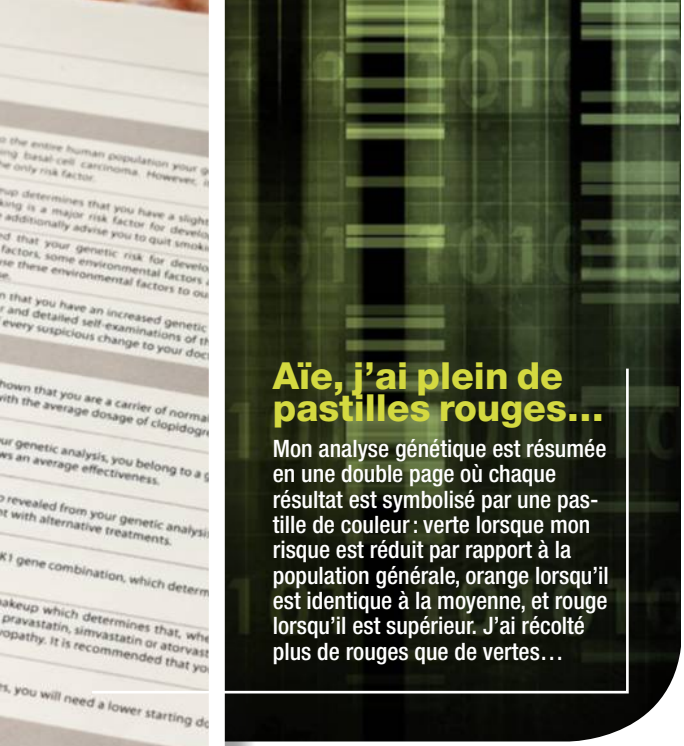
UN ÉNORME NIVEAU D'INCERTITUDE

En réalité, ces 8 marqueurs ont été identifiés comme augmentant très légèrement le risque de cancer du sein, en dehors de toute mutation sur les gènes BRCA (plus de 90 % des cancers du sein surviennent sans ces mutations BRCA). Sollicitée, l'une des grandes spécialistes d'oncogénétique, Dominique Stoppa-Lyonnet (Institut Curie), m'explique : *"Ces marqueurs ont une grande validité scientifique, mais une très faible utilité clinique."* De fait, aucun n'augmente le risque de plus de 1,2. Pis : on m'annonce un risque de 18 % ; mais si je possède les mêmes mutations qu'Angelina Jolie, non analysées ici, mon risque pourrait être 4 fois plus élevé ! Or, nulle part mon livre ne mentionne cet énorme niveau d'incertitude… *"Cela illustre parfaitement l'insuffisance de ces tests en libre accès"*, tranche Dominique Stoppa-Lyonnet.

Passons à ma dernière pastille rouge. Rouge très foncé, puisque j'ai ici 3,3 fois plus de risque que la population générale de développer la maladie cœliaque, aussi appelée "intolérance au gluten". Sur les 19 maladies testées, c'est ma plus forte augmentation de risque. Le calcul s'appuie ici sur 8 marqueurs, identifiés comme parmi les plus influents par une étude signée par 67 auteurs et portant sur plus de 15 000 personnes. Parmi ces marqueurs, l'un joue un rôle clé : 90 % des malades le portent. Et moi également ! Ce génotype est toutefois relativement présent dans la population générale : environ 1 personne sur 4 est porteuse de cette variation, alors que seul 1 % de la population est concerné par cette maladie.

"Votre résultat suggère que vous êtes génétiquement compatible avec la maladie cœliaque, mais il ne vous donne aucune certitude concernant votre risque de la développer", m'écrit l'un des spécialistes de cette maladie, le professeur américain Alessio Fasano. Et pour cause : on m'annonce un risque de déclencher cette maladie d'à peine 2,98 % ! Si je regarde la bouteille à moitié pleine, cela me donne 97,02 % de chances de ne jamais l'avoir ! Tout cela est vrai. Et pourtant… me

NOAK/LE BAR FLORÉAL - KENTOH/FOTOLIA



Aïe, j'ai plein de pastilles rouges…

Mon analyse génétique est résumée en une double page où chaque résultat est symbolisé par une pastille de couleur : verte lorsque mon risque est réduit par rapport à la population générale, orange lorsqu'il est identique à la moyenne, et rouge lorsqu'il est supérieur. J'ai récolté plus de rouges que de vertes…

voilà avec ce sentiment d'avoir pioché la mauvaise carte.

Google étant le meilleur ami des hypocondriaques, je file en savoir plus sur cette maladie auto-immune et je fais immédiatement miens les symptômes décrits : fatigue, problèmes digestifs, douleurs abdominales… J'ai bien conscience que ces symptômes s'appliquent en réalité à tous, mais maintenant, je suis "génétiquement compatible", n'oubliez pas…

Je décide de mener plus loin mes investigations : à savoir, réaliser un dosage de plusieurs anticorps (molécules liées au système immunitaire) spécifiques de la maladie cœliaque, tout en diminuant drastiquement mon apport en gluten. Mais la prise de sang s'avérera négative : aucune trace de la maladie cœliaque. Et après deux semaines sans gluten, je finis par baisser les bras : trop complexe, trop cher.

Mon abandon donne raison à de nombreuses études montrant que ces tests génétiques ne parviennent pas à faire changer les comportements. Pis : les chercheurs notent même des attitudes fatalistes, découlant d'un sentiment de mauvais capital génétique. Sans parler des chanceux qui récoltent plus de pastilles vertes que de rouges et adoptent des comportements à risque, se croyant protégés.

"L'objectif conscient ou inconscient de cette médecine prédictive est de prendre dans les mailles de son filet la totalité de l'humanité : les bien-portants comme les malades. Or, quoi de plus extraordinaire, pour un marché, que d'avoir un territoire infini ? C'est le marché, et non la science, qui a pris en main la médecine prédictive", critique Didier Sicard, médecin et ancien président du Comité consultatif national d'éthique.

Un marché qui s'est constitué à la fin des années 2000 aux Etats-Unis et qui s'étend depuis peu en Europe. Son avenir ne se lit pas dans ses gènes, mais dans son coût : là où il fallait des années et plusieurs équipes de chercheurs pour séquencer quelques minuscules bouts d'ADN il y a quinze ans, désormais trois jours et 1 000 $ suffisent pour déchiffrer l'ensemble du génome ! Aujourd'hui, ces tests coûtent entre 200 et 500 €, selon l'entreprise et le nombre de marqueurs recherchés. Un prix qui continue à décroître.

DES RÉSULTATS VARIABLES SELON LES ENTREPRISES !

On imagine forcément le business en plein essor. Mais je découvre qu'en réalité, ce jeune marché traverse sa première crise outre-Atlantique. Dépassées par le succès de ces tests à domicile, différentes instances publiques ont alerté le consommateur sur ces "prédictions non médicalement prouvées". Plus gênant : certaines études ont montré que les résultats d'un même échantillon pouvaient différer d'une compagnie à l'autre ! L'agence américaine du médicament a ainsi suspendu, de fin 2013 à octobre 2015, les ventes de la plus grande entreprise de tests génétiques en ligne, 23andMe, faute de preuves suffisantes de la fiabilité et de l'utilité de ses tests. Toutefois, cette décision américaine n'a nullement empêché 23andMe de poursuivre ailleurs ses activités, notamment au Canada et au Royaume-Uni.

Alors, révolution médicale ou scandaleux marché ? Si je me fie à mon test, j'ai surtout compris que l'on ne connaissait pas assez le déterminisme des maladies multifactorielles pour espérer les prédire grâce à quelques variations génétiques. Et dans les rares cas où des marqueurs génétiques ont été associés à un surrisque significatif de développer une maladie, comme pour certains cancers (du sein ou colorectal), les résultats sont jugés trop angoissants pour être communiqués sans accompagnement. Certes, les progrès fulgurants des techniques de séquençage ADN ont permis de démocratiser ce nouvel outil médical prometteur. Mais la route semble encore longue avant de pouvoir en bénéficier en médecine générale.

> Ces tests n'incitent pas les personnes à adopter un autre mode de vie

A lire : *Médecine, tout prédire ?* par Lise Barnéoud, éd. Belin, 2015. Expertise collective (2008), "Tests génétiques, questions scientifiques, médicales et sociétales". *Médecine/Sciences*, HS n°2, vol. 30, 2014.

* EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

Les 4 défis du poumon artificiel

Les chercheurs travaillent sur un “poumon extracorporel portable” relié au cœur, qui prendrait le relais des poumons malades du patient en oxygénant le sang et en évacuant le dioxyde de carbone. Pour cela, quatre difficultés majeures doivent être surmontées.

1 Préserver les cellules sanguines

La membrane qui assure les échanges gazeux (voir schéma ci-dessous) doit être biocompatible pour éviter que le sang soit dégradé par son passage dans le poumon artificiel.

2 Eviter les infections

Des matériaux limitant la formation d’amas de bactéries seront utilisés afin d’éviter les infections au niveau des canules (les tubes reliant l’appareil aux vaisseaux).

3 Fonctionner sur la durée

Pour pouvoir être utilisée plusieurs mois d’affilée, la membrane doit éviter au maximum la coagulation du sang ; sinon, des dépôts risqueraient de l’obstruer.

4 Etre facilement transportable

Le poumon artificiel ne doit pas peser plus de quelques centaines de grammes et doit tenir dans un étui porté à la ceinture ou dans un sac à dos.

Cœur

Sang enrichi en O_2

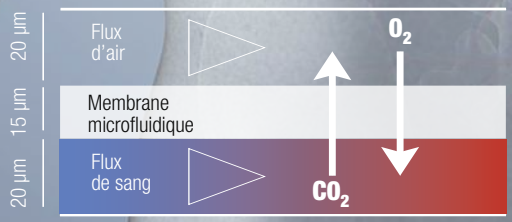
Sang chargé en CO_2

Ceinture

Membrane

Arrivée d’air

L’appareil cache une membrane qui filtre les échanges gazeux entre l’air et le sang



Après le cœur…

L'exploit du poumon artificiel ?

Inspirer de l'air et expulser du CO_2 : voilà le prodige que réalisent de petits boîtiers qui, à terme, pourraient sauver nombre de malades des poumons. Une vraie révolution médicale, nous dit **Kheira Bettayeb.**

Fabriquer un poumon biomécanique, autonome et suffisamment miniaturisé pour permettre aux patients nécessitant une greffe et à ceux non éligibles à une greffe de vivre normalement en dehors de l'hôpital : l'exploit semble aujourd'hui à la portée du savoir-faire humain.

Contexte

Alors que la broncho-pneumopathie chronique obstructive (principalement due au tabagisme) devrait devenir la troisième cause de décès dans le monde en 2030, les besoins en greffes pulmonaires vont augmenter. La mise au point d'un poumon artificiel portatif est donc très attendue, d'autant que d'autres malades pourraient en bénéficier temporairement.

M.SAEMANN

Les premiers résultats commencent à arriver, même s'ils sont le plus souvent couverts par le secret industriel – énormes enjeux obligent. De plus, les premières tentatives d'implantation d'un cœur totalement artificiel ont eu lieu en 2013. De quoi redonner espoir à ceux, toujours plus nombreux (lire l'encadré contexte), dont le système pulmonaire est gravement endommagé par la maladie.

"C'est un projet très ambitieux, reconnaît d'emblée le chirurgien thoracique Marco Sirois (CHU de Sherbrooke, Canada), qui travaille sur la technologie Novalung (lire l'encadré p. 95). *Pour le cœur artificiel, la difficulté majeure était de mettre au point une pompe faisant circuler le sang dans le corps ; pour le poumon, il faut développer non seulement une pompe, mais aussi un système d'échange gazeux capable de convertir l'oxygène en dioxyde de carbone, qui soit à la fois efficace et sûr pour le patient."*

L'ingénierie industrielle n'est d'aucun secours : dans l'automobile comme dans la production d'énergie, les fabricants n'utilisent pas de mécanisme comparable. Assurer des échanges gazeux à sens unique dans un liquide reste une particularité toute biologique.

UN ORGANE TRÈS COMPLEXE

Inspirer et expirer. Sans le travail incessant des poumons, impossible d'oxygéner notre sang et de le débarrasser du dioxyde de carbone (CO_2). Ils abritent à l'intérieur de notre cage thoracique 600 millions à 800 millions d'alvéoles (soit une surface, une fois dépliée, de 130 m^2), chargées d'assurer ces échanges gazeux vitaux.

Difficile, donc, de recréer en laboratoire un organe aussi compact et ingénieux.

D'ailleurs, le développement d'un appareil implantable dans la poitrine du patient n'est, pour l'heure, pas du tout envisagé. Les chercheurs se concentrent en effet sur la conception d'un "poumon extracorporel portable" (à la ceinture, autour du cou ou dans un sac à dos), destiné à faire "respirer" le patient en dehors de son corps.

Pour de tels appareils, de premiers essais pourraient être mis en œuvre d'ici cinq ans, car plusieurs équipes développent déjà – ou aident à améliorer – des prototypes : celle de Marco Sirois, donc, mais également certains groupes américains, dont des chercheurs de l'université de Pittsburgh et, depuis quelques mois, des Français du Centre chirurgical Marie-Lannelongue, au Plessis-Robinson (projet Bioart-Lung 2020, lire l'encadré ci-contre).

OBJECTIF : MINIATURISER

En réalité, il existe déjà un poumon artificiel extracorporel : l'ECMO (pour "oxygénation par membrane extracorporelle"), un appareil utilisé depuis plus de quarante ans en soins intensifs chez les déficients respiratoires et cardiaques sévères. Sauf que l'ECMO a la taille d'un congélateur et pèse près de 40 kg, et que s'il arrive à pomper le sang du patient, à l'oxygéner et à en retirer le CO_2 avant de le réinjecter, c'est grâce à un oxygénateur : les échanges gazeux entre le sang et de l'air enrichi en oxygène se font au niveau d'une membrane, constituée de plusieurs couches de fibres creuses en polyméthylpentène (une sorte de plastique) entrecroisées. De quoi reproduire partiellement le travail des alvéoles pulmonaires…

Mais tout n'est pas médicalement parfait. L'énorme encombrement de ce type d'appareil implique, pour le patient, de rester hospitalisé. En outre, cette machine détériore les cellules sanguines et favorise la coagulation, d'où un risque accru de formation de caillots sanguins et l'apparition d'éléments

Trois prototypes de poumon artificiel parmi les plus attendus

Plusieurs projets visent à mettre au point un poumon biomécanique portable, destiné à faire "respirer" le patient hors de son corps. En voici trois parmi les plus prometteurs.



BIOART-LUNG 2020

Le poumon français

OÙ
Centre chirurgical Marie-Lannelongue

DEPUIS QUAND
Fin 2015

STADE
Mise au point des plans du prototype

LE PRINCIPE
Ce système oxygénera le sang et en éliminera le CO_2 à l'aide d'une membrane. Il doit intégrer une pompe mécanique pour faire circuler le sang, et sera relié au patient par deux canules (tubes en plastique) introduites dans deux vaisseaux du cou. L'équipe n'a pas fourni de données sur la durée d'utilisation.

PAAL

L'un des plus avancés

OÙ
Université de Pittsburgh (Etats-Unis)

DEPUIS QUAND
2013

STADE
Essais sur l'animal

LE PRINCIPE
Pesant moins de 2,3 kg, ce système doit lui aussi oxygéner le sang et en éliminer le dioxyde de carbone. Il intègre une pompe mécanique pour assurer la circulation sanguine, et sera relié aux vaisseaux pulmonaires près du cœur, pour une durée d'utilisation maximum de trois mois.

Des poumons cultivés en laboratoire ?

Pour mettre au point un poumon artificiel, certaines équipes misent sur la culture de cellules : c'est le domaine de la médecine régénérative. L'idée est ici de prélever les poumons de personnes décédées puis de les débarrasser de toutes leurs cellules grâce à un liquide "détergent", pour ne garder que les protéines qui forment la matrice des poumons. Placée dans un incubateur, la matrice est peu à peu recouverte des différents types de cellules pulmonaires humaines. En 2010, des chercheurs du Massachusetts General Hospital et de la Harvard Medical School (Boston) avaient réussi une prouesse similaire chez des rats. Toutefois, la technique reste à améliorer : chez l'animal, ce type de poumon reconstitué n'a fonctionné que deux heures…



NOVALUNG

Un demi-poumon pour commencer

OÙ

Laboratoire privé Novalung GmbH (Allemagne), associé à des équipes chirurgicales en Europe et au Canada

DEPUIS QUAND

Milieu des années 2000

STADE

Premiers tests sur l'humain

LE PRINCIPE

Ce n'est encore qu'un "demi-poumon", qui n'oxygène pas le sang mais en élimine le CO_2 grâce à une membrane à microtubes en polyméthylène, et qui exploite le pouvoir de pompe du cœur pour faire circuler le sang. Pesant 300 g et aussi grande qu'un boîtier de CD audio, cette machine a une durée d'utilisation moyenne de 29 jours. Ses acquis servent de base à la mise au point d'un "poumon intégral" plus pérenne.

encrassant la membrane (fibrine, etc.), qui font diminuer ses performances au bout d'une vingtaine de jours seulement.

UNE IMITATION PLUS PRÉCISE

Pour les chercheurs, les deux premiers défis sont donc de miniaturiser le système et d'éviter les principales complications de l'ECMO. Et pour réaliser l'exploit, la plupart des équipes misent sur la microfluidique, la science de la manipulation des fluides à l'échelle micrométrique. L'idée est d'utiliser les connaissances et les techniques de ce domaine de recherche en plein essor pour tenter de développer une membrane d'un nouveau genre, constituée de réseaux de microcanaux empilés : une membrane "microfluidique". Et les premiers résultats sont très encourageants !

"Comparés aux oxygénateurs à fibres actuels, les systèmes microfluidiques permettent de mimer plus précisément l'architecture du système vasculaire sanguin humain, avec des conduits plus fins – de quelques micromètres, contre un quart de millimètre – et des membranes de transfert de gaz plus minces, souligne Jeffrey Borenstein, physicien spécialiste des microsystèmes au Laboratoire Charles Stark Draper de Cambridge (Etats-Unis). *Cela permet de concevoir des appareils plus petits, de réduire la tendance à la coagulation et d'améliorer les rendements de transfert de gaz."*

L'une des membranes microfluidiques les plus efficaces à ce jour est celle développée par l'équipe de l'ingénieur Joseph Potkay, à l'université du Michigan. Le prototype – qui ne pèse que 20 g ! – est constitué de vaisseaux sanguins artificiels en silicone perméable aux gaz, d'un diamètre inférieur à 12 µm – un quart du diamètre d'un cheveu. Testé avec du sang de porc, ce système présente un taux d'échange d'oxygène trois à cinq fois supérieur à celui de l'ECMO. Ce qui permet d'utiliser de l'air ordinaire à la place d'oxygène pur, et donc de s'affranchir des lourdes bouteilles d'oxygène compressé nécessaires jusqu'ici !

Premier problème en voie de résolution, donc. Mais un autre défi concerne les canules, ces tubes qui relieront l'appareil au patient. *"Il faudra éviter leur déplacement lorsque le patient bougera et limiter les risques d'infection"*, précise Marco Sirois.

Enfin, il faudra aussi s'assurer de la sûreté et de la durabilité du système. *"Nous venons tout juste de commencer à tester le nôtre sur des animaux"*, annonce William Federspiel, à l'université de Pittsburgh, qui développe depuis trois ans un poumon artificiel (PAAL, lire l'encadré ci-dessus) tenant dans la main et pesant moins de 2,3 kg, pour une durée d'utilisation de trois mois.

Difficile d'en savoir beaucoup plus pour l'instant, tant la compétition fait rage entre les équipes ! Aucune d'entre elles ne souhaite dévoiler son jeu trop en avance… et risquer de se faire voler la vedette pour ce qui s'annonce comme une avancée considérable de la médecine du xxie siècle.

A consulter : plus d'informations sur l'ECMO ; des liens sur les différents projets cités dans l'article.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

UNIVERSITY OF PITTSBURGH - NOVALUNG



Données personnelles **Elles peuvent être dépersonnalisées !**

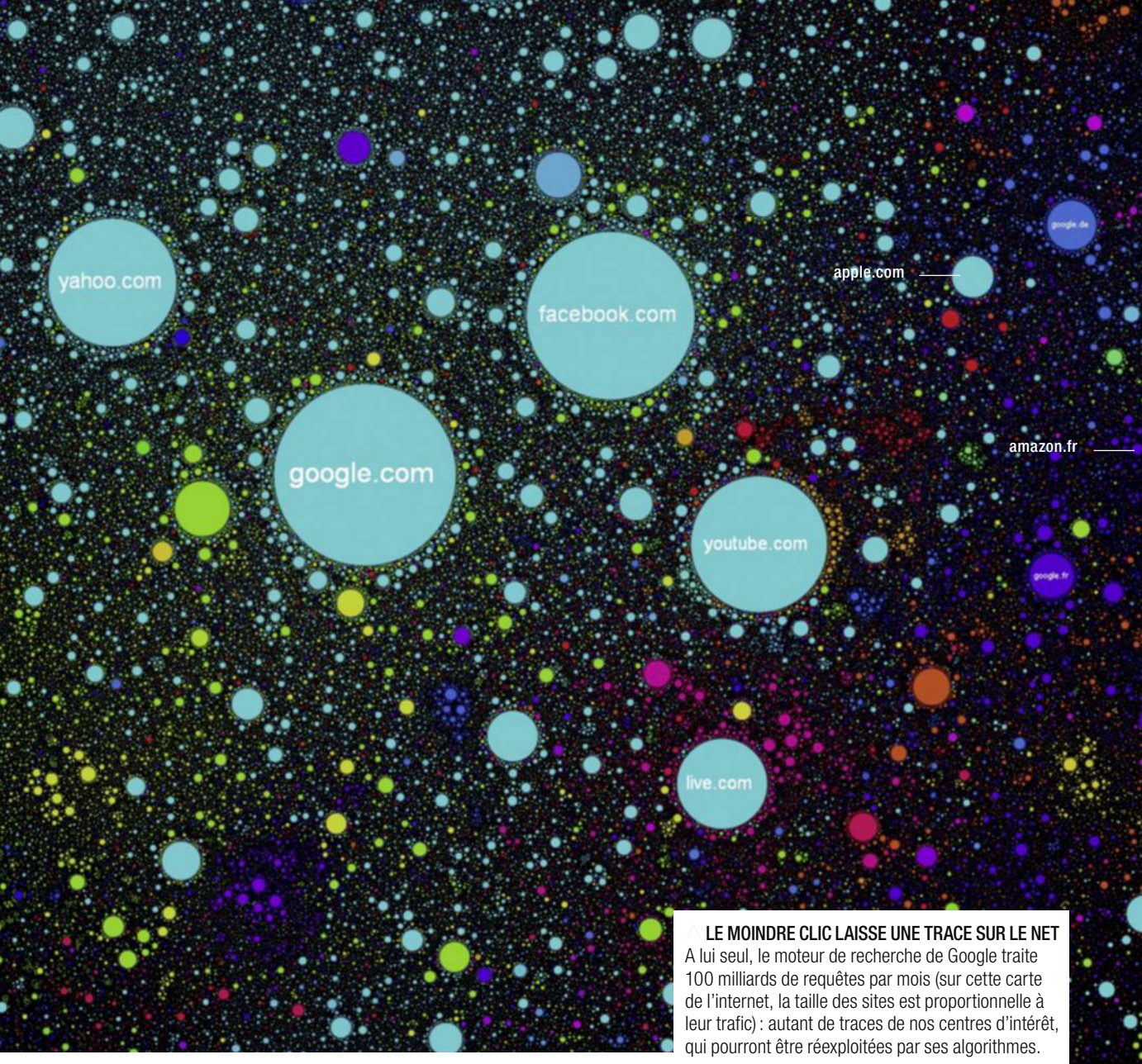
Si les géants du web répondent si bien à nos attentes, c'est parce qu'ils exploitent nos données personnelles. Une fatalité ? Non, selon **Jean-Marc Manach**. Des programmes de cryptage sécurisés sont à l'étude, capables d'offrir les mêmes services, tout en protégeant notre vie privée.

Contexte

Il a suffi à Yves-Alexandre de Montjoye, chercheur au MIT, de 4 couples de données (le prix payé à la caisse associé au type de magasin visité) pour identifier 95 % du 1,5 million de personnes figurant dans une base de données de téléphonie mobile, et 90 % du million répertoriées dans un fichier bancaire. Une preuve décisive, publiée il y a un an dans la revue *Science*, que les données liées à nos activités numériques révèlent facilement les détails de nos vies privées.

Le slogan court l'internet : *"Si c'est gratuit, c'est que vous êtes le produit."* Vraiment ? Pour que chaque internaute puisse profiter sans bourse délier des innombrables services internet, faut-il que les grandes entreprises du web (les "Gafam" : Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft) disposent, en contrepartie, de la moindre trace de ses activités numériques et que leurs programmes d'analyse statistique s'emparent de sa vie privée ?

Actuellement, oui. Car les Gafam collectent ce que nous écrivons dans nos e-mails et ce que nous postons sur les réseaux sociaux ; toutes les recherches que nous confions aux moteurs ; notre position géographique ; les photos stockées dans nos smartphones ;



LE MOINDRE CLIC LAISSE UNE TRACE SUR LE NET A lui seul, le moteur de recherche de Google traite 100 milliards de requêtes par mois (sur cette carte de l'internet, la taille des sites est proportionnelle à leur trafic) : autant de traces de nos centres d'intérêt, qui pourront être réexploitées par ses algorithmes.

R.EMIKEEV/V.PUGOVKIN/INTERNET-MAP.NET

les sites que nous visitons ; les achats que nous effectuons en ligne…

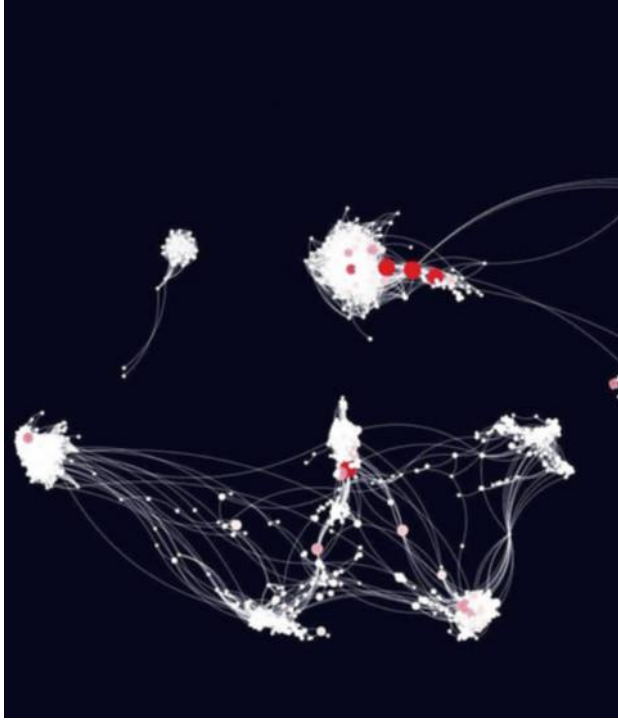
Cette manne leur est nécessaire car, non seulement, en l'analysant, ces entreprises peuvent satisfaire au plus près les désirs de leurs clients ; mais elles vendent aussi aux annonceurs publicitaires des "profils" de consommateurs les plus précis possible. Au prix de la vie privée des internautes, qui n'a plus de secret pour elles.

Mais voilà qui pourrait changer prochainement…

DES DONNÉES "ABSTRAITES"

La technologie informatique offre désormais la possibilité aux plateformes de services internet de tenir compte des goûts, des habitudes, des préférences d'un utilisateur, mais sans stocker ses données personnelles dans ses serveurs. Premiers bénéficiaires : les internautes, qui n'auraient plus à révéler le moindre détail de leur vie pour profiter de services personnalisés. Mais aussi, si elles le veulent bien, les Gafam elles-mêmes, qui pourraient gagner en confiance ce qu'elles perdraient en pouvoir de surveillance.

C'est notamment sous l'égide du célèbre Massachusetts



ALGOPOL - GOOGLE MAPS - G.SCHUSTER/CORBI

Institute of Technology (MIT) et de son Internet Trust Consortium, que sont en train d'être assemblées les "briques" informatiques qui rendent possible cette paradoxale aptitude à préserver la vie privée tout en servant l'utilisateur au plus près de sa personnalité.

Les développeurs ont notamment eu l'idée de remplacer les données personnelles par d'autres données, impersonnelles celles-ci, qui les résument. C'est la logique à l'œuvre derrière le projet OpenPDS/SafeAnswers (pour Open Personal Data Store), l'une des briques élémentaires du nouvel "écosystème des données personnelles" proposé par le MIT.

EMPÊCHER VOLS ET FUITES

Dans l'espace de stockage personnel de l'utilisateur (sur son smartphone ou dans un serveur), auquel il est le seul à accéder, ses données personnelles (par exemple : René Dupont, 61 ans, habitant 25, boulevard Pasteur, à Paris) sont stockées sous forme chiffrée. Et ne sont déchiffrées qu'avec sa seule autorisation, le temps d'être analysées pour construire des réponses précises, mais anonymes, aux seules questions que l'utilisateur acceptera de se voir poser par les applications et les sites. Ses données deviennent alors : homme, dans la soixantaine, habitant dans le xv^{e} arrondissement de Paris. Seul ce "résumé" pourra être stocké et utilisé par les services de messagerie, les moteurs de recherche…

OpenPDS a d'ores et déjà été testé, au MIT, avec Telecom Italia et Telefonica. Yves-Alexandre de Montjoye, à l'origine du projet, entend l'expérimenter à grande échelle, afin de *"permettre à des opérateurs téléphoniques de partager les données de millions d'utilisateurs avec des offices de statistiques nationaux, en France ou dans des pays en voie de développement, de manière sécurisée, en matière de santé publique ou d'analyse de la mobilité"*.

Et les chercheurs du MIT veulent aller plus loin. Ils ont élaboré, dans le cadre du projet Enigma, des programmes qui substituent par chiffrement des données parfaitement abstraites aux données personnelles, empêchant ceux qui les possèdent de remonter jusqu'à la personne dont elles sont issues. Ces programmes, dits de calcul sécurisé multipartite, s'inspirent de l'une des méthodes de cryptographie les plus prometteuses : le chiffrement "totalement homomorphe".

En pratique, Enigma est un réseau d'ordinateurs au sein duquel les données personnelles, une fois découpées et chiffrées, sont réparties de manière aléatoire. Chaque ordinateur d'Enigma ignore ainsi à quoi correspondent les paquets de données qu'il héberge. Mais la technique du calcul multipartite permet néanmoins d'effectuer des calculs sur ces données, et d'en extraire des informations utiles. S'ils utilisaient Enigma, les programmes de recommandation de livres d'Amazon, par exemple, pourraient savoir quels livres sont le plus susceptibles d'intéresser un utilisateur, sans que la liste de ses achats et recherches précédentes soit présente dans ses serveurs – ni même qu'Amazon, ou quiconque, puisse y accéder "en clair".

> Le principe serait désormais de partager du code… et non plus des données

De la même manière, la technologie d'Enigma permettrait aux entreprises de décentraliser et sécuriser leurs données sensibles, de façon à ce que leurs employés puissent les utiliser pour travailler, tout en empêchant vols ou fuites d'informations. En matière d'authentification, les internautes pourraient s'identifier au moyen de mots de passe, de systèmes de reconnaissance biométrique, faciale ou vocale, sans que leur véritable identité puisse être reliée à leurs mots de passe ou empreintes.

"Les entreprises collectent les données parce qu'elles le peuvent, explique Yves-Alexandre de Montjoye. *L'idée est ici de partager du code, pas des données."* Et cette idée séduit. Oz Nathan, chercheur à l'origine d'Enigma, affirme travailler *"avec de multiples*

Une technologie qui permettra de protéger…



… NOS RÉSEAUX SOCIAUX



… NOS EMPREINTES BIOMÉTRIQUES



… NOS DÉPLACEMENTS

Les puissantes techniques de chiffrement et de traitement mises au point dans les laboratoires du MIT permettraient de sécuriser nos posts (carte d'un réseau d'amis sur Facebook, en haut à gauche), le signal GPS de nos smartphones (ci-contre), ou les fichiers produits par un système d'identification biométrique (ci-dessus)… tout en nous permettant toujours d'accéder à des services personnalisés.

Jargon

Chiffrement : une donnée personnelle (contenu d'un e-mail, mot de passe…) est chiffrée quand une fonction mathématique (**la clé**) la transforme en une suite de caractères dépourvue de sens. Elle est déchiffrée par la même clé ou une clé complémentaire.

partenaires industriels dans la banque, la santé et la technologie. Le concept est en phase de tests et nous rendrons publique une version alpha début 2016". Par contre, explique-t-il, *"cela va prendre quelques années avant qu'Enigma puisse être déployé à grande échelle. Les limites sont davantage de l'ordre de la conformité réglementaire et de son intégration avec les systèmes préexistants, que technologiques"*.

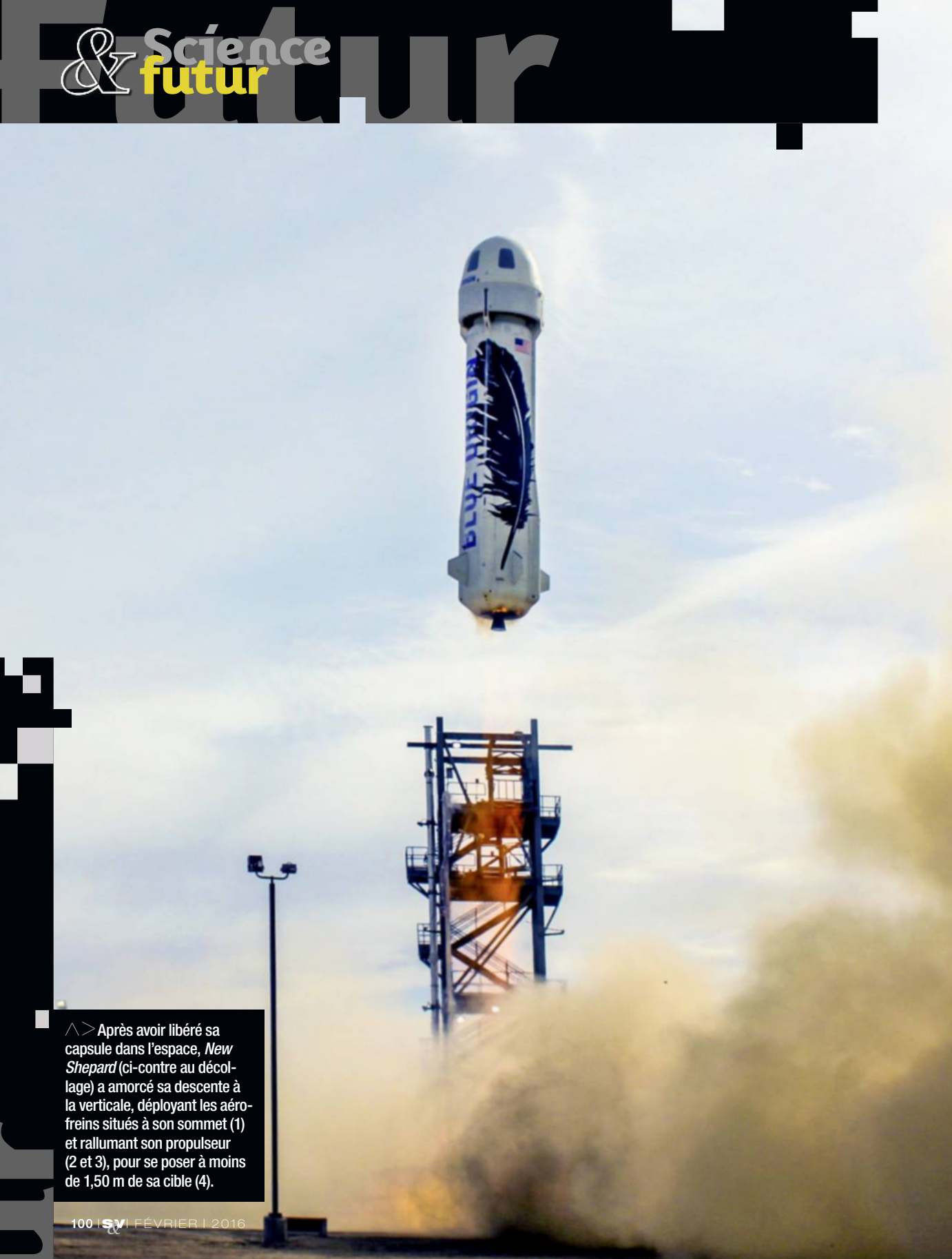
Cette prudence vaut aussi pour la troisième "brique" en cours de développement dans les laboratoires du MIT : le projet Clearchain.

Déclinaison de la technologie blockchain (lire *S&V* n° 1180, janvier 2016), il vise à préserver spécifiquement l'anonymat des achats en ligne – et à empêcher les vols de coordonnées bancaires. Il s'agit d'un "portefeuille" sécurisé, qui évite de centraliser l'ensemble des paiements électroniques sur une seule carte bancaire, en produisant autant de "cartes" virtuelles, anonymes et sécurisées que de transactions. *"Le processus de signature numérique fait qu'elles ne peuvent pas être reliées entre elles, et le système fournit un réel anonymat"*, résume Thomas Hardjono, directeur technique du MIT Internet Trust Consortium.

Certes, Enigma, OpenPDS, Clearchain et leurs avatars issus d'autres équipes de recherche ne seront pas "inscrits" dans le "nuage" des Gafam du jour au lendemain – ne serait-ce que parce qu'ils ne semblent pas, pour l'heure, vouloir s'en emparer. Il faut encore éprouver ces systèmes, vérifier leur compatibilité avec les protocoles informatiques faisant fonctionner internet, s'assurer qu'ils ne ralentiront pas trop les temps de traitement des données… Mais, en laboratoire du moins, la désolante alternative "vie privée ou services de qualité" est désormais dépassée.

* EN SAVOIR PLUS

A consulter : le site plaintext-offenders, qui répertorie les sociétés protégeant mal les mots de passe.
A voir : une vidéo sur le caractère intrusif des applis…



∧> Après avoir libéré sa capsule dans l'espace, *New Shepard* (ci-contre au décollage) a amorcé sa descente à la verticale, déployant les aérofreins situés à son sommet (1) et rallumant son propulseur (2 et 3), pour se poser à moins de 1,50 m de sa cible (4).

Texas (États-Unis)

Atterrissage réussi pour la première fusée réutilisable

Un petit tour dans l'espace et puis revient, prêt à repartir. Démonstration réussie pour *New Shepard*, le véhicule spatial baptisé du nom du premier astronaute américain Alan Shepard. Pour abaisser les coûts du tourisme spatial, la société Blue Origin a misé sur un véhicule simple et réutilisable. Un pari technologique alors que les coûteuses fusées utilisées pour emmener vaisseaux et satellites dans l'espace sont aujourd'hui perdues, détruites dans l'atmosphère ou abîmées en mer. Le *New Shepard* se compose d'une capsule coiffant une fusée qui décolle et atterrit à la verticale. Lors d'un test en novembre dernier, il s'est propulsé à la frontière entre l'atmosphère et l'espace, à 100,5 km d'altitude. Fusée et capsule se sont alors séparées. Puis la fusée a amorcé une chute verticale, a déployé des aérofreins à son sommet et rallumé son propulseur pour ralentir sa descente. L'atterrissage s'est fait en douceur, à moins d'un mètre et demi de la cible. La capsule redescendant, elle, grâce à des parachutes. Pour la première fois dans l'histoire de la conquête aérospatiale, la fusée est revenue intacte, prête à resservir. Dans la version définitive, la capsule accueillera six voyageurs désireux de vivre quelques minutes en microgravité. Jeff Bezos, propriétaire de Blue Origin (et d'Amazon) n'avance ni date de lancement officiel d'un service commercial ni prix du billet. Pour donner une idée, chez le concurrent Virgin Galactic, réserver une place à bord de *SpaceShip*, un appareil plus sophistiqué, coûte 230 000 €. O.L.

BLUE ORIGIN


1


2


3


4

Stuttgart (Allemagne)

Un robot agricole permettra de **désherber sans pesticide**



Exit les pesticides avec Bonirob, un robot imaginé par DeepField Robotics (une start-up qui dépend de Bosch). Grâce à la télédétection laser et au GPS, il calcule sa position au centimètre près à travers champs. Scanner et caméra lui permettent alors, en les comparant à sa banque d'images, de faire le tri entre cultures et mauvaises herbes. Une tige télescopique écrase ensuite les plants indésirables afin de les éliminer mécaniquement. Bonirob suit aussi le développement de chaque plante d'un champ, recommandant arrosage, apport d'intrants… **E.T.-A.**



Johannesburg (Afrique du Sud)

Une **citerne roulante** facilite déjà **l'accès à l'eau** de 300 000 Africains

Plus d'un tiers de la population africaine rencontre toujours des difficultés d'accès à l'eau potable. En particulier parce que les points d'eau se situent souvent à plusieurs kilomètres. Pour faciliter son transport sur de longues distances, deux Sud-Africains, l'ingénieur Pettie Petzer et le designer Johan Jonker, ont créé l'Hippo Water Roller. Ce bidon en polyéthylène rotomoulé permet de transporter jusqu'à 90 litres d'eau à chaque voyage, en le faisant rouler à l'aide d'une grande poignée, limitant les allers-retours, auparavant quotidiens, à deux ou trois fois par semaine. Une innovation qui fête cette année ses… 25 ans ! Et à laquelle il a donc fallu un quart de siècle, au fil de campagnes de distributions ciblant les lieux où l'eau est rare, pour être enfin utilisée par 300 000 personnes. Preuve que, même simples, les innovations utiles ont besoin d'être soutenues dans la durée. **E.T.-A.**

Delft (Pays-Bas)

Une application permet de créer **un réseau autonome** sans aucune infrastructure

Des chercheurs de l'université de Delft ont inventé, à destination des smartphones Android, une application (encore sans nom) qui les transforme en autant de maillons d'un réseau internet indépendant. Cette application se propage via Bluetooth ou le wi-fi, comme un virus, d'un smartphone "infecté", dans lequel elle a été installée, vers un autre. Des "nœuds" de réseau s'ajouteront ainsi de proche en proche, finissant par constituer un réseau capable de suppléer à l'absence de couverture (3G, 4G, borne wi-fi…) comme en cas de catastrophe naturelle. Prochaine étape : l'application devra pouvoir s'exécuter sur n'importe quel système, comme iOS ou Windows 10. **S.F.**



DEEPFIELD ROBOTICS - HIPPO WATER ROLLER - DR

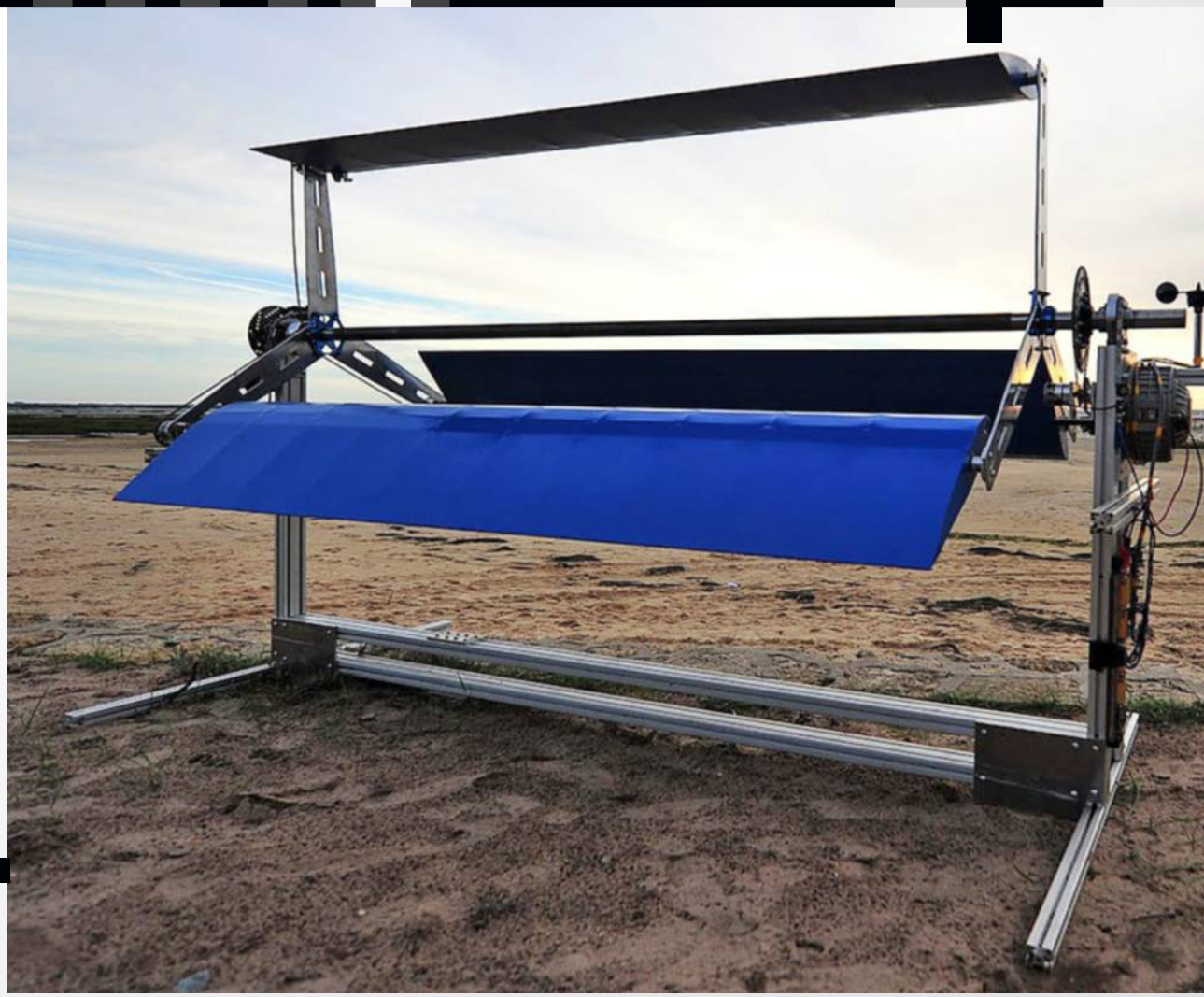
Idée neuve



LA LUMIÈRE GUIDERAIT DES ESSAIMS DE ROBOTS, COMME LES PHÉROMONES LES ABEILLES

Farshad Arvin, ingénieur à l'université de Lincoln (Grande-Bretagne)

L'un des défis de la robotique est de réussir à faire collaborer plusieurs machines pour qu'elles puissent effectuer des tâches complexes. Un problème que les animaux sociaux résolvent sans difficulté dans la nature en laissant, notamment, des traces de leur passage sur leur parcours. *"Pour cela, fourmis et abeilles utilisent des phéromones"*, explique Farshad Arvin. Répandues sur leur passage, ces molécules, qui s'évaporent au bout d'un certain temps, permettent, entre autres, aux insectes de se suivre. Le jeune chercheur a donc eu l'idée de créer des phéromones artificielles… grâce à un simple écran LCD. Positionné à l'horizontale, il affiche des lignes qui jouent le rôle de phéromones pour les robots, munis de capteurs de lumière, évoluant à sa surface. En faisant varier la persistance, la luminosité ou la couleur de ces lignes, les chercheurs poussent les robots à adopter des comportements complexes, comme avancer en file indienne. *"Cette méthode permet de reproduire tous les aspects des phéromones naturelles"*, estime Farshad Arvin. **S.F.**



Toulouse

Le premier brevet d'avion à cabine amovible a été approuvé

Le groupe Airbus vient de voir son brevet de cabine d'avion amovible approuvé par l'Office des brevets américain. De même que l'on charge des containers sur un bateau, l'idée est, ici, de charger une cabine avec ses passagers, son fret, ou même les deux, sur une plateforme équipée pour le vol (comprenant les ailes, les moteurs, les trains d'atterrissage…), l'ensemble constituant l'avion. Aussitôt arrivée à l'aéroport, la cabine de cet avion modulaire serait déchargée puis remplacée par une autre, déjà remplie, l'appareil pouvant ainsi repartir aussitôt. Fini les longues minutes perdues dans les salles d'embarquement… enfin, sur le papier du moins. **S.F.**

Boulogne-sur-Mer

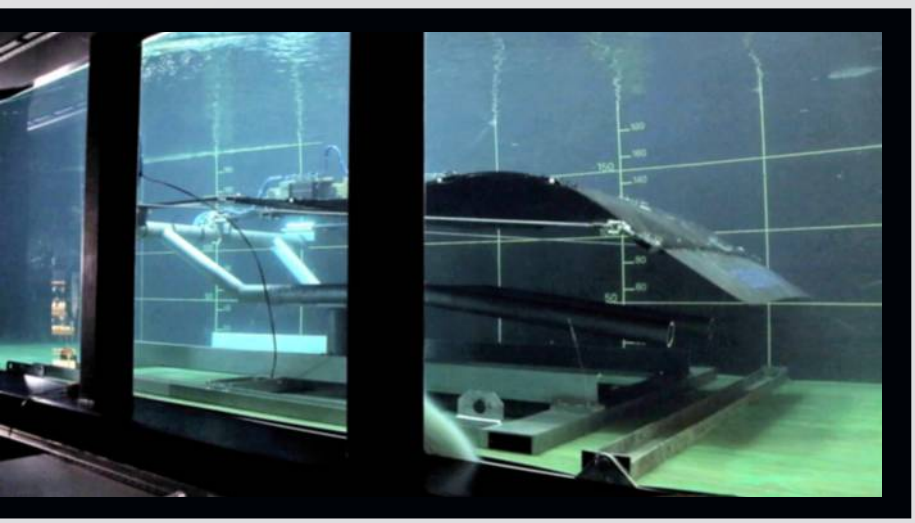
Une hydrolienne souple plus performante est testée

Plutôt qu'utiliser une hélice ou une turbine, les hydroliennes de la société française Eel Energy s'inspirent du mouvement de l'anguille (*eel*, en anglais). Elles sont dotées d'une membrane en latex qui ondule dans le courant. Sur cette membrane, des dynamos disposées en ligne convertissent les déformations mécaniques en électricité. Avantage : pour fonctionner à plein régime (et produire 1 MW), elles se contentent de courants deux fois moins rapides. Les essais en conditions réelles débutent ce mois-ci au large de Boulogne-sur-Mer. Une version réduite pour les fleuves est prévue fin 2016. O.L.

Bordeaux

La moindre brise pourra être captée par cette **éolienne horizontale**

Cette éolienne de 2 m de diamètre, inspirée du rotor Lipp propulsant les bateaux, entraîne sur un axe vertical trois pales de 5 m dans un mouvement qui s'apparente à celui de la godille : c'est le système mis au point par Advtech, une jeune pousse bordelaise. Une technologie à "voilure tournante" qui module l'inclinaison des pales en fonction du vent, produisant de l'électricité même par vent très faible. Quand les éoliennes classiques restent immobiles, faute de vent assez fort, celle d'Advtech produit de l'électricité en tournant *"10 fois moins vite que les turbines actuelles*, insiste Arnaud Curutchet, président de la société et maître de conférences à l'Institut polytechnique de Bordeaux. *Sa puissance théorique est de 3000 W, et va jusqu'à 4200 W à la puissance maximale de 14 m/s de vent."* Et tout ça presque sans bruit. Prochaine étape : installer d'ici cet été un premier modèle à Toulouse, et lancer une campagne de financement participatif pour *"produire des éoliennes plus grandes, et d'autres plus petites sur un axe horizontal ou vertical"*, précise Arnaud Curutchet. **E.T.-A.**



ADVTECH - EEL ENERGY

Rendez-vous en... **2030**

L'EUROPE AMORCERA UNE CONSOMMATION DE PROTÉINES RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT

En France, comme chez nos voisins européens, l'appétit pour la viande est féroce : nous en mangeons, certes un peu moins ces dernières années, mais tout de même 30 % de plus qu'il y a 40 ans ! Le problème est que, pour nourrir le bétail, nous importons massivement du soja en provenance du Brésil, principal pays producteur dans le monde. Or, là-bas, cette culture a pris une telle ampleur qu'elle détruit chaque année des milliers de km² de forêt amazonienne… Pour réduire cette dépendance, et lutter contre le réchauffement, l'Institut des ressources naturelles de Finlande a lancé un vaste projet visant à trouver des sources de protéines locales plus respectueuses de l'environnement. Objectif : que l'autosuffisance finlandaise dans ce domaine passe de 20 à 60 % en 2030, et qu'elle serve de modèle à toute l'Europe. Tous les acteurs de la filière sont impliqués dans la réflexion, jusqu'aux consommateurs. En pratique : la viande sera directement remplacée par des aliments à base d'insectes ou de champignons – qui contiennent eux aussi des protéines. Premiers produits testés en 2016, pour une commercialisation prévue dès 2018… L.B.

Basra (Irak)

Une **tour encore plus gigantesque** est à l'étude

Pour ce projet, l'agence irakienne AMBS Architects a vu les choses en grand : 1 152 m de hauteur, soit 322 m de plus que la fameuse tour du Burj Khalifa, à Dubaï – qui détient à ce jour le record de la plus haute structure artificielle. Cette mégatour de 230 étages, surnommée The Bride Tower (littéralement "la tour de la jeune mariée"), est en réalité composée de quatre tours, dont la principale est surmontée d'une antenne de 188 m. Un gigantesque auvent vitré sur la façade sud doit jouer le rôle d'un voile, ombrageant les bâtiments situés en dessous. Les trois autres tours mesureront respectivement 724 m, 484 m et 61 m. Cette "ville verticale" abritera bureaux, hôtels, résidences, centres commerciaux, parcs, jardins… le tout réparti sur 1 550 908 m^2. Par ailleurs, l'ensemble est censé produire autant d'énergie qu'il en consomme, notamment grâce à des panneaux solaires. Aucune date de construction n'a toutefois été fixée à ce jour. **E.P.**



AMBS ARCHITECTS

LA SCIENCE & LA VIE

108
Le prix des médicaments flambe
Combien vaut la vie d'un malade ?



116
Technofolies
Le thermostat qui s'adapte à votre présence



128
Il y a… 50 ans
Luna 9 réussit le premier alunissage



Science & société 108

Le prix des médicaments flambe
Combien vaut la vie d'un malade ?
Manger comme les hommes préhistoriques ?
Le régime "paléo" ne se justifie pas
Images chocs sur les paquets de cigarettes
Le cerveau des fumeurs n'y serait pas sensible

Science & vie pratique 114

Bon à savoir
Dix enseignements en direct des publications scientifiques
Technofolies
Le thermostat qui s'adapte à votre présence ; une brosse à dents ludique pour motiver les enfants ; le chausson de ski toujours à votre pied ; un capteur de vent à la fois autonome et collaboratif…

Science & culture 120

Questions / Réponses
Deux planètes peuvent-elles se tourner autour ? Combien pèse un nuage ? Comment retire-t-on la caféine du café ?…
A voir / à lire
Un essai sur le management, fausse science, vrai pouvoir
Il y a… 50 ans
Luna 9 réussit le premier alunissage

SHUTTERSTOCK - DR - RIA NOVOSTI/COSMOS

La Sécu plombée par quelques médicaments

Combien vaut la vie d'un malade ?



Société de consommation oblige, aujourd'hui, tout s'achète et tout se vend. Tout… ou presque. Par exemple, la vie et la santé humaines : il est entendu qu'elles n'ont pas de prix et, à l'échelle individuelle, cela ne fait a priori aucun doute. Mais à l'échelle collective, c'est une autre histoire.

Combien "vaut" la vie d'un patient ? La question, brutale, choquante même, se pose désormais en France. En effet, des médicaments extrêmement efficaces contre des maladies comme le cancer ou l'hépatite C sont arrivés sur le marché depuis 2014… mais ils se révèlent extrêmement coûteux pour les comptes de la Sécurité sociale.

L'exemple emblématique : le Sovaldi, médicament contre l'hépatite C, dont la boîte de 28 comprimés vaut… 13 667 euros ! Ce traitement ainsi que deux autres utilisés contre la même infection ont été responsables en 2015 de près de 60 % de l'augmentation des dépenses pour les douze principales classes de médicaments (voir le graphique ci-contre). Alors qu'ils ne concernent que les seuls patients atteints par cette maladie.

Ces coûts, de plus en plus exorbitants dans un contexte de restriction budgétaire, ne risquent-ils pas de pénaliser le remboursement des autres médicaments ? Autrement dit, jusqu'à combien la collectivité est-elle prête à payer pour la vie d'un patient ? Telle est aujourd'hui la question que se posent les gestionnaires des services sanitaires. Avec le souci d'une juste répartition pour tous.

"Nous assistons à une chose à laquelle nous étions peu habitués : l'arrivée de progrès thérapeutiques probablement majeurs pour des populations très larges – alors que ces dix dernières années, les innovations concernaient très peu de patients. Evidemment, le poids sur l'enveloppe globale budgétaire n'est pas le même", résume Catherine Rumeau-Pichon, adjointe au directeur de l'évaluation médicale économique et de santé publique de la Haute Autorité de santé (HAS).

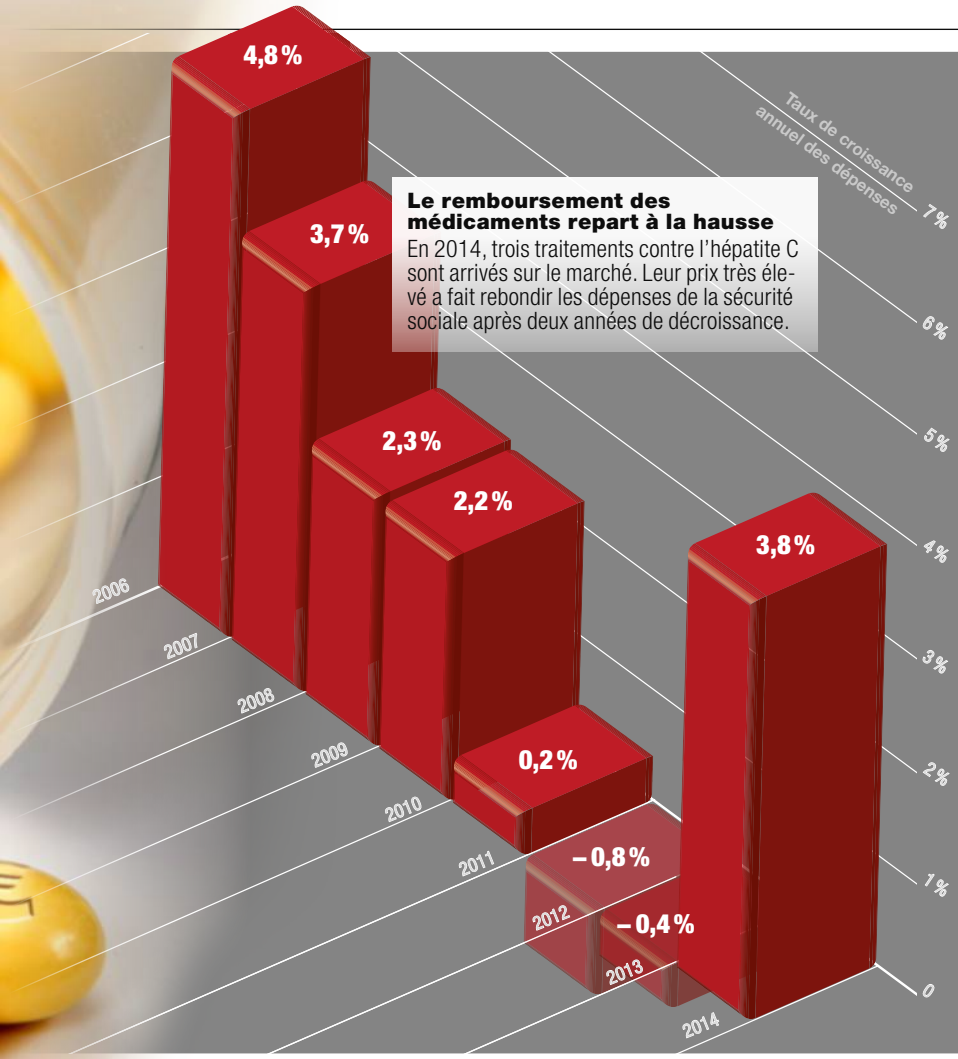
LA VIE ÉVALUÉE EN "QALY"

Pour réfléchir au "juste prix" et rationaliser les dépenses publiques, les autorités de santé se voient donc obligées de se pencher sur une notion délicate : le coût d'une vie en bonne santé acquise grâce à un médicament donné. Dans le calcul économique, donner une valeur sonnante et trébuchante à une vie hu-

LE RAPPEL DES FAITS

Depuis 2014, de nouveaux traitements contre l'hépatite C, extrêmement chers (**plus de 13 000 euros la boîte** de 28 comprimés de Sovaldi), sont autorisés au remboursement. Leur prix explique en grande partie le regain de hausse des dépenses pour les principaux médicaments (**+ 3,8 % en 2014**), pourtant en recul **depuis 2010.**

SHUTTERSTOCK - DR - B.BELLANGER



Le remboursement des médicaments repart à la hausse

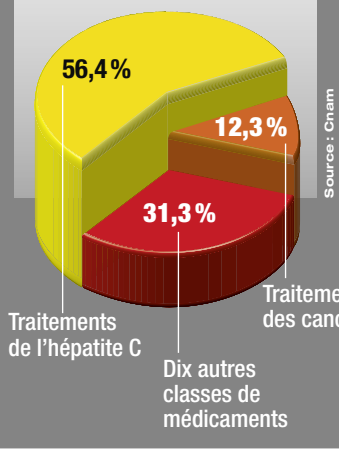
En 2014, trois traitements contre l'hépatite C sont arrivés sur le marché. Leur prix très élevé a fait rebondir les dépenses de la sécurité sociale après deux années de décroissance.

23 milliards d'euros

C'est le montant des dépenses de médicaments en France en 2014, contre 22,1 milliards d'euros pour l'année 2013.

L'hépatite C pèse le plus dans l'augmentation des dépenses

Elle compte pour plus de la moitié de la hausse des sommes remboursées pour les 12 principales classes de médicaments au 1er sem. 2015.



Source : Cnam

maine n'a rien d'inédit. Pour évaluer l'efficacité de certaines politiques de prévention, la procédure est ancienne. Par exemple, avant de choisir une stratégie permettant de faire diminuer la mortalité à un carrefour dangereux, le prix de chacune des options est mis en regard avec la diminution estimée du nombre d'accidents mortels que l'on obtiendrait grâce à elle. Une valeur monétaire est ainsi attribuée à chaque vie sauvée : c'est ce qu'on appelle la valeur statistique de la vie humaine (lire l'encadré p. 110).

"Mais quand on parle de médicaments, toutes les stratégies thérapeutiques ne visent pas à faire diminuer la mortalité, rappelle Stéphane Luchini, chargé de recherche au CNRS. *Certaines ont par exemple pour objectif d'améliorer l'autonomie ou de réduire les douleurs."*

Les autorités de santé se réfèrent notamment à une unité de mesure plus sophistiquée, le Qaly ("Quality-Adjusted Life Year") : non pas une vie humaine indéterminée, ni même une année de vie, mais une "année de vie pondérée par la qualité de vie".Un médicament qui, par exemple, permettrait à un patient de survivre un an, mais avec des douleurs et un manque d'autonomie, serait donc noté entre 0 et



DANIEL **BENAMOUZIG**
Sociologue, chercheur au CNRS et à Sciences Po

"Il est difficile de statuer sur une valeur précise qui serait légitime dans l'absolu : c'est souvent du cas par cas

1 Qaly (0 correspondant à la mort immédiate et 1 à une année de vie gagnée en parfaite santé). Cette "note" sur la qualité de vie est attribuée au médicament au cours des essais cliniques réalisés par les industriels.

Le rapport entre le coût du médicament et sa note Qaly permet ensuite de savoir combien coûterait à la collectivité une année de vie en bonne santé pour un patient sous traitement.

En France, la HAS n'utilise cet outil que depuis 2013, quand d'autres pays, comme l'Angleterre, s'y réfèrent déjà depuis des années. Cette dernière s'est même fixé un seuil qu'il ne faudrait théoriquement pas dépasser : 39 000 livres (environ 53 000 euros) remboursées au maximum pour une année de vie en bonne santé d'un patient.

Mais la réalité est plus souple. *"La politique du National Institute for Health and Care Excellence britannique consiste plutôt à travailler autour d'un ordre de grandeur"*, explique le sociologue Daniel Benamouzig, chercheur au CNRS et à Sciences Po. En pratique, entre 43 500 et 104 000 livres.

Et en France ? Très variable, le "coût/Qaly" est rendu public pour plusieurs médicaments, mais personne ne veut donner une valeur maximale, même théorique. Pour l'instant, le "record" est détenu par le Kadcyla (un anticancer) avec 191 661 euros pour 1 Qaly (une année de vie en bonne santé).

"Une valeur générale de la vie est très difficile à calculer d'un point de vue méthodologique, fait remarquer Catherine Rumeau-Pichon. *Le Qaly ne prend pas en compte, par exemple, le problème de l'âge. Il considère qu'une année de vie d'un enfant ou d'une personne de 80 ans vaut la même chose."*

UNE ÉCHELLE DE GRANDEUR

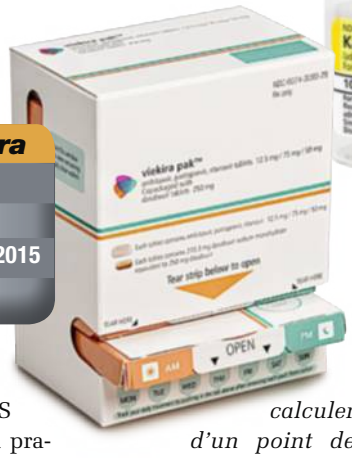
En France, aucune valeur-seuil ne fait donc office de limite absolue lors des négociations sur le prix des médicaments entre les industriels et les autorités sanitaires. Pour Daniel Benamouzig, fixer un seuil-couperet n'aurait d'ailleurs aucun sens : *"On parle de situations cliniques extrêmement hétérogènes et ciblées. Quand on fait un devis de rond-point, on peut raisonner en toute généralité à partir d'une valeur commune, parce qu'on ne sait pas qui sont les personnes derrière cette moyenne. Alors que dans le domaine de la santé, au moment où l'on raisonne, on sait déjà qu'on a affaire à une catégorie donnée de patients. Il est donc difficile de statuer sur une valeur précise qui serait légitime dans l'absolu. Il faut plutôt comparer ce qui peut l'être, souvent au cas par cas, afin d'identifier des situations potentiellement aberrantes. Et il y en a."*

Pour s'assurer de payer le "juste prix", la France va donc probablement elle aussi *"adopter une échelle de grandeur, au regard de laquelle un coût/Qaly pourrait sembler exorbitant"*,

Les 3 traitements qui coûtent le plus cher par année de vie gagnée

En 2014, la Haute Autorité de santé a rendu public un avis sur le rapport coût/Qaly (année de vie en bonne santé) de 12 médicaments. Ceux pour qui l'estimation est la plus élevée sont les traitements contre l'hépatite C et le cancer du sein.

Source : HAS



Viekirax/Exviera
Laboratoire AbbVie
Hépatite C chronique
En vente depuis juin 2015
91 954 € par Qaly



Kadcyla
Laboratoire Roche
Cancer du sein
En vente depuis mars 2014
191 661 € par Qaly



La vie d'un Français vaut 3 millions d'euros

En dehors de toute maladie, la vie humaine a un prix, ou plutôt une valeur : c'est la valeur de la vie statistique (VVS). Les statisticiens de l'Organisation de coopération et de développement économiques l'ont fixée en demandant combien chacun serait prêt à payer pour réduire son risque de décès prématuré à cause de la pollution atmosphérique, de 3 pour 100 000 à 2 pour 100 000. Réponse moyenne, en France : 30 euros. Autrement dit, il faut que tous les Français d'un groupe de 100 000 personnes consentent à payer 30 euros pour éviter un décès. Et l'on obtient ainsi la VVS par Français : 3 millions d'euros (30 fois 100 000). Ce montant a vocation à être un guide pour l'action publique. Il met en regard le coût d'une décision (par exemple, la construction d'un rond-point) avec le "gain" en matière de réduction espérée de la mortalité (combien d'accidents mortels le rond-point évitera-t-il ?). L.T.

DR - K.LACIN/CORBIS



Daklinza
Lab. Bristol-Myers Squibb
Hépatite C chronique
En vente depuis fév. 2015
102 073 € par Qaly

précise Daniel Benamouzig. Catherine Rumeau-Pinchon souligne d'ailleurs qu'à défaut de disposer de cette échelle, la HAS travaille déjà dans cet esprit : *"La Haute Autorité émet un avis pour éclairer le décideur sur une éventuelle disproportion entre le différentiel de coût et le différentiel d'efficacité* [entre deux médicaments de même indication]*, et donc ne pas 'surpayer' une amélioration de l'efficacité."*

Ainsi, même sans donner une valeur chiffrée "maximale" à la vie humaine, la France se dirige vers un système où, schématiquement, un coût/Qaly de quelques dizaines de milliers d'euros serait considéré comme étant "dans les clous", et un autre chiffré en centaines de milliers d'euros serait vu, au contraire, comme excessif par la société. **Héloïse Rambert**

Pour aller plus loin :
www.science-et-vie.com

Manger comme les hommes préhistoriques ?

Le régime "paléo" ne se justifie pas

Manger comme nos ancêtres avant l'apparition de l'agriculture, pour se protéger de nombreuses pathologies (cancers, diabète, maladies cardio-vasculaires…) : voilà le principe du très populaire régime "paléolithique", qui exclut notamment céréales, produits laitiers, féculents, légumineuses, produits transformés et sucre raffiné, au profit de la viande, des œufs, du poisson, des fruits et légumes pauvres en amidon, des baies et des fruits à coque.

Cette préconisation s'appuie, en partie, sur les lois de l'évolution : les mécanismes de la sélection naturelle sont lents, et le corps humain a donc une plus grande probabilité d'être très bien adapté à l'alimentation à laquelle il a été exposé durant des millions d'années qu'à celle adoptée il y a "seulement" 10 000 ans avec le développement de l'agriculture. En déduire qu'il faut supprimer les yaourts et réhabiliter les rognons pour vivre en meilleure santé est cependant tout à fait erroné. Et ce pour plusieurs raisons.

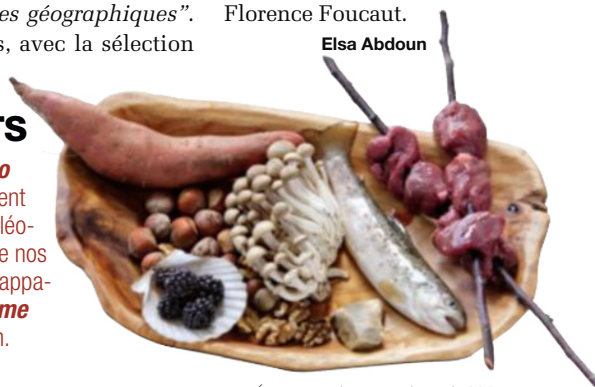
PAS DE PREUVE SUFFISANTE

Tout d'abord, *"le régime 'paléo' ne correspond pas à ce que l'on mangeait au paléolithique"*, explique Marylène Patou-Mathis, chercheuse à l'Institut de paléontologie humaine. Ainsi, les aliments riches en glucides, exclus du régime "paléo", *"ont été consommés bien avant l'apparition de l'agriculture"*, affirme Christina Warinner, anthropologue à l'université d'Oklahoma (Etats-Unis).

Karen Hardy, anthropologue à l'université autonome de Barcelone, rappelle quant à elle que, durant le paléolithique, *"l'alimentation a beaucoup varié selon les époques et les zones géographiques"*. De plus, avec la sélection agricole, les aliments aujourd'hui disponibles n'ont plus rien à voir avec ceux que mangeaient nos ancêtres. *"Les fruits sont plus sucrés et les légumes contiennent beaucoup plus d'amidon"*, précise Christina Warinner.

Enfin, s'il est probable que reproduire certains aspects de nos modes de vie ancestraux soit meilleur pour notre santé, cela n'est absolument pas certain. D'où l'utilité de conduire des études biologiques et épidémiologiques pour le savoir. Or, celles suggérant de potentiels bénéfices physiologiques associés au régime "paléo" sont encore trop peu nombreuses, et trop limitées dans le temps, pour prouver quoi que ce soit. A l'inverse, une chose est claire dès à présent : *"Supprimer produits laitiers et féculents expose à un risque de carences"*, alerte la nutritionniste Florence Foucaut.

Elsa Abdoun



LE RAPPEL DES FAITS

Paléobiotique, Manger paléo, Paléo Détox 5… Des dizaines de livres vantent aujourd'hui les bienfaits du régime "paléolithique", qui consiste à manger comme nos ancêtres, avant l'agriculture. Une idée apparue **en 1975** avec la parution du ***Régime de l'âge de pierre***, de Walter Voegtlin.

Images chocs

Le cerveau des fumeurs n'y serait pas sensible

Pourquoi les gens, conscients des conséquences néfastes de leur comportement, continuent-ils de fumer ? Cette question, Stéphane Potvin, neurologue et spécialiste des effets des drogues sur le cerveau, se l'est posée en ces termes : *"Les études sur la dépendance au tabac portent surtout sur les images agréables de la cigarette ; mais que se passe-t-il avec des images négatives ? Ont-elles l'effet désiré ?"* Pour le savoir, il a soumis trente fumeurs chroniques à ces deux types d'images, et observé leurs réactions par imagerie cérébrale.

CENTRE DES ÉMOTIONS INHIBÉ

Premier résultat : les images agréables activent des régions spécifiques du cerveau, comme le cortex préfrontal médian ou le précuneus, qui ne s'activent pas avec des images antitabac. Ces aires correspondent à la mémoire autobiographique – le souvenir des événements passés et la connaissance de soi – et aux processus de réflexion sur soi. *"Ce qui nous fait penser que seule une vision positive de la cigarette entre en résonance avec la vie du fumeur"*, analyse, surpris, le chercheur. Il s'attendait en effet plutôt à une différence au niveau du système de récompense, dont la place est centrale dans l'addiction.

Second résultat : les images chocs provoquent tout de même des émotions négatives. Mais moins que des photos de guerre ou de chien enragé, censées provoquer le même niveau de rejet. Comme si, pour les fumeurs, ce qui concerne la cigarette était moins repoussant. *"Ça rejoint les résultats de la psychologie sociale,* note Viet Nguyen Thanh, de l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé. *Notamment le fait qu'une personne dépendante devient, d'une part, hypersensible aux stimulations positives liées au tabac, et, d'autre part, hyposensible aux effets négatifs."*

A quoi est due cette sensibilité moindre ? Pour essayer



F.ASTIER/COCKTAIL SANTÉ - PHOTO PQR/MAX PPP - J.B. NAGASHIMA ET AL. - DR - SHUTTERSTOCK - S.AQUINDO

LE RAPPEL DES FAITS

Alors qu'**en 1976 un Français sur deux fumait** (contre **34 % aujourd'hui**), débutait la première campagne antitabac. **Depuis 2011**, les paquets affichent des images chocs. Elles occuperont plus d'espace sur le paquet neutre, qui sera introduit en **mai 2016**.

EN CHIFFRES

75 000

Il s'agit du nombre de "droits à l'oubli" déposés auprès de Google par des Français (la plus forte demande européenne avec 20 %), qui veulent voir disparaître des moteurs de recherche les pages estimées préjudiciables. La moitié de ces demandes ont été rejetées.

511

C'est le nombre de points, sur 950, obtenu au concours d'entrée aux universités japonaises par le Todai Robot Project (le score minimal requis est de 416). S'il s'est particulièrement illustré en mathématiques, son niveau de langage l'a pénalisé… en physique.

de le comprendre, les chercheurs canadiens ont étudié, dans le cerveau des fumeurs, les connexions entre les régions impliquées, selon que les images négatives étaient liées ou non au tabac. Face aux images antitabac, une forte activité du cortex préfrontal est corrélée à une absence d'activité de l'insula, une zone impliquée dans les émotions, *"suggérant que le cortex l'inhibe,* précise Stéphane Potvin, *même s'il est trop tôt pour conclure à un lien de cause à effet"*. Si ce lien est démontré, le cerveau des fumeurs serait donc désensibilisé, sur le plan émotionnel, face aux effets néfastes du tabac. Par quels mécanismes ? Le tabac lui-même en est-il responsable ? *"Ces travaux ouvrent de nouvelles pistes de recherche sur les mécanismes cérébraux de la dépendance au tabac,* commente le neuropsychologue Francis Eustache, spécialiste de la mémoire, à Caen. *Il faudrait poursuivre avec des échantillons plus larges, et combiner l'imagerie avec des études comportementales."*



STÉPHANE **POTVIN**

Neurologue à l'Institut universitaire en santé mentale de Montréal

Seules les images positives de la cigarette touchent personnellement les fumeurs

De quoi expliquer le relatif échec des avertissements visuels sur les paquets de cigarettes et, à terme, les remettre en cause ? Les autorités ont, elles, décidé d'augmenter leur visibilité : *"La plupart des études basées sur des questionnaires déclaratifs montrent que ces images chocs suscitent des émotions négatives qui peuvent donner envie d'arrêter,* explique Karine Gallopel-Morvan, à l'Ecole des hautes études en santé publique. *D'où leur place renforcée sur le futur paquet neutre."* Mais ces études déclaratives restent limitées pour mesurer les émotions. D'où l'intérêt des travaux basés sur l'imagerie médicale. **N. Picard**



La pilule antisida est autorisée en France

A défaut de guérir, on peut désormais prévenir. C'est un tournant dans la lutte contre le sida : la France est le premier pays européen à rembourser un médicament qui vise à prévenir l'infection par le VIH. Le Truvada est un antirétroviral déjà utilisé pour combattre le virus une fois qu'il a infecté l'organisme, ou pour empêcher l'infection après un rapport à risque. Dorénavant, il pourra être prescrit en prises quotidiennes à des personnes ayant des rapports sexuels avec des séropositifs, afin d'empêcher l'infection. Sa prise est associée à un suivi médical régulier (consultations et dépistages tous les trois mois). Cette "prophylaxie pré-exposition", ou PrEP, est appliquée depuis 2012 aux Etats-Unis. En France, chez 400 homosexuels suivis depuis 2012, une étude pilote a conclu en février 2015 qu'elle fait baisser de 86 % le risque de contamination. Pour forte qu'elle soit, la protection n'est donc pas totale : les détracteurs du Truvada estiment d'ailleurs que seul le préservatif permet de se prémunir contre le virus. Mais les homosexuels l'utilisent de moins en moins : seul 1 séropositif sur 5 et 1 séronégatif sur 2 ! Pour les autres, la PrEP serait un nouveau moyen de contenir l'expansion du VIH dans le cadre d'un suivi médical. **F. Gracci**

7



Les premiers chiots issus de la fécondation *in vitro*, sept beagles, sont nés à l'université Cornell (Etats-Unis). Eviter la transmission de maladies héréditaires, offrir à son chien une descendance inespérée… Tous les espoirs sont permis.

33 %



C'est, selon le Credoc, le pourcentage d'adeptes des réseaux sociaux âgés de plus de 60 ans. Les seniors utilisent même davantage ces réseaux que les jeunes pour contacter des personnes… qu'ils n'ont jamais rencontrées !

LE POISSON STRESSÉ EST FRAIS MOINS LONGTEMPS

Pêcheurs, assommez vos poissons plutôt que de les laisser mourir d'asphyxie ! Outre le fait de leur éviter l'agonie, cela permettrait aux filets de conserver leur fraîcheur au moins un mois de plus à – 10 °C, en raison d'une moindre production de molécules liées au stress. "Food Chem.", janv. 2016



LES COCKTAILS SANS SUCRE FONT GRIMPER L'ALCOOLÉMIE

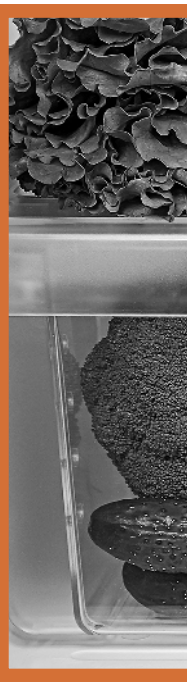
L'alcoolémie de 20 personnes ayant bu des cocktails contenant différentes doses d'alcool et de sodas, avec sucre ou édulcorants, a été mesurée : elle était jusqu'à 25 % plus élevée pour les sodas light, probablement à cause d'une digestion plus rapide. "Drug & Alcohol Depend.", déc. 2015

PAR TEXTO, LE POINT SEMBLE MALHONNÊTE

Des psychologues américains ont fait lire à 126 étudiants des SMS finissant soit par un point, soit sans ponctuation : les premiers paraissaient moins sincères. Cet effet ne se retrouvait pas dans les messages manuscrits. "Comput. Hum. Behav.", fév. 2016

GARDÉES HORS DU FRIGO, LES TOMATES ONT PLUS DE GOÛT

C'est une astuce que beaucoup de cuisiniers connaissent déjà, mais une récente étude sino-américaine devrait finir de convaincre les derniers sceptiques et les apprentis cuistots. Des chercheurs ont comparé la production de composés organiques volatils (des molécules qui donnent leur saveur et leur odeur aux fruits et légumes) par des tomates conservées pendant cinq jours à 5 °C ou à 20 °C. Résultat : avec le froid, 25 des 42 molécules analysées ont vu leur production diminuer en moyenne de 68 %, voire de 74 à 93 % pour certaines ayant une influence particulièrement forte sur le goût. "HortScience", septembre 2015



LE RISQUE D'ACCIDENT DE LA ROUTE AUGMENTE AVEC LA CHALEUR

Ralentir quand il pleut, allumer ses feux en cas de brouillard… et voilà maintenant qu'il faudrait aussi être plus vigilant lorsqu'il fait chaud ! Des chercheurs espagnols ont relevé le nombre d'accidents de la route survenus en Catalogne entre la mi-mai et la mi-octobre pendant onze ans, et l'ont relié à la température. Ils ont découvert que le risque d'accident dû au conducteur (inattention, fatigue…) augmentait de 1,1 % pour chaque degré supplémentaire. Un effet qui pourrait se limiter aux chauffeurs des véhicules sans climatisation, ou qui serait associé, avant même de prendre le volant, à la déshydratation et à la fatigue induites par la chaleur. "Environ. Health Perspect.", décembre 2015



FOTOLIA - SHUTTERSTOCK



LES FUTURS PÈRES AUSSI DOIVENT SURVEILLER LEUR LIGNE

Les femmes ne sont pas les seules à devoir faire attention à leur tour de taille avant d'essayer d'avoir un enfant… Des chercheurs danois ont démontré que les spermatozoïdes des hommes obèses présentent des particularités dites épigénétiques : autrement dit, des modifications de la quantité de molécules impliquées dans la régulation de l'expression des gènes. En particulier, ici, de ceux liés au métabolisme et au fonctionnement du cerveau (contrôle de l'appétit, notamment). Cette étude renforce l'hypothèse selon laquelle l'obésité du père avant la conception favoriserait le développement de cette maladie chez ses enfants. Bonne nouvelle : maigrir avant de concevoir pourrait en revanche diminuer le risque de cette transmission. "Cell Metabolism", février 2016

LE DIABÈTE DE TYPE 1 EST LIÉ AU POIDS DU BÉBÉ

Alors que les causes du diabète juvénile sont mal connues, des chercheurs norvégiens et danois ont montré que le poids pris durant la première année de vie était un facteur important : +20 % de risque à 8 ans pour chaque kilo additionnel. "JAMA Pediatr.", déc. 2015

LES SOMNIFÈRES ÉLÈVENT BIEN LE RISQUE DE DÉMENCE

Trois Français de 65 ans sur 10 prennent des somnifères de la famille des benzodiazépines. Or, certains de ces médicaments (ceux persistant dans l'organisme plus de vingt heures) augmentent le risque de démence de 60 %. "Alzheimer's & Dementia", nov. 2015

VIVRE DANS UN BEAU CADRE EST BON POUR LA SANTÉ

Des chercheurs ont croisé les données de santé des Britanniques avec celles d'un site notant la beauté des paysages de leur pays. A niveau socio-économique égal, les personnes vivant dans un environnement jugé beau (urbain ou rural) sont en meilleure santé. "Sci. Rep.", nov. 2015

AVANT L'EFFORT, TOUS LES ÉTIREMENTS SE VALENT

Si la mode est aux étirements dynamiques (enchaînement de mouvements amples) avant le sport, des spécialistes suggèrent que l'utilité des étirements statiques (différentes positions tenues pendant plusieurs secondes) est sous-estimée. Effectués correctement, ils ne diminuent pas la performance, préviennent autant les blessures et pourraient améliorer plus efficacement l'amplitude des mouvements. A condition de les effectuer avant et après cinq minutes d'échauffement classique, et de n'étirer chaque muscle qu'une minute maximum. "App. Physiol. Nutr. Metab.", décembre 2015



Le thermostat qui s'adapte à votre présence

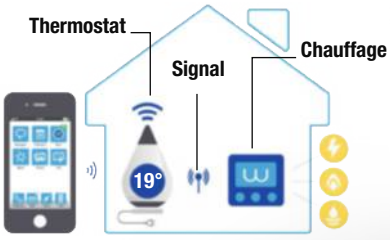
Rien de tel qu'un thermostat programmable pour les économies de chauffage. Sauf que les modèles actuels s'en tiennent souvent à l'agenda hebdomadaire – ou éventuellement à des réglages personnalisés – sans prendre en compte les sorties imprévues. Créé par une start-up française, le Ween, lui, s'adapte en temps réel aux déplacements des habitants… en utilisant la position géographique de leur smartphone.

Le principe : quand il n'y a plus personne dans la maison (plus de signal wi-fi détecté), il abaisse la température. Puis il la remonte au fur et à mesure que les occupants se rapprochent du logement. Un algorithme calcule en permanence leur temps de retour en fonction de la position (signal GSM) de leur téléphone. Il ajuste même la température suivant le comportement thermique de la maison. Et sans smartphone ? Le thermostat possède un micro pour détecter la présence de personnes, notamment des enfants. Compatible avec tous les systèmes de chauffage à commande centralisée, le Ween permettrait de réaliser jusqu'à 25 % d'économies. **L.B.**

Prix : env. 350 €
Rens. : www.ween.fr



< Quand la maison est vide de ses habitants, le Ween baisse le chauffage ; puis il le remonte lorsqu'ils sont sur le chemin du retour.



Le Ween communique en temps réel, via la box de la maison, avec les smartphones des habitants. Et règle le chauffage selon leurs déplacements.

DR

Une brosse à dents ludique pour motiver les enfants

Comment inciter les enfants, qui souvent rechignent, à se brosser les dents ? Par le jeu, bien sûr ! C'est ainsi qu'une start-up française a créé Kolibree. Connectée en Bluetooth à un smartphone (iOS ou Android), cette brosse à dents électrique ultralégère (70 g) possède 9 capteurs de mouvements (accéléromètres, gyroscopes et magnétomètres) pour repérer sa position exacte dans la bouche.

Brosse en main, l'enfant contrôle l'avancée d'un pirate à l'écran comme avec une manette de console. Il amasse ainsi des pièces d'or, chacune correspondant à une zone de la bouche correctement nettoyée, pour constituer un trésor et passer les niveaux. Et ça marcherait ! Selon une étude, le jeu est si addictif que les enfants enlèvent deux fois plus de plaque dentaire qu'avec une brosse électrique classique. Sa batterie dure environ deux semaines. **L.B.**

Prix : env. 150 €
Rens. : www.kolibree.com



LE COIN DES PROTOTYPES

Un simulateur de contact pour jeux vidéo

Impacto permet d'éprouver avec ses bras les sensations de contact lorsqu'on est plongé dans le monde virtuel d'un jeu vidéo. Conçu par des chercheurs du Hasso Plattner Institute (Allemagne), son principe ne consiste pas uniquement à vous faire sentir la pression sur la peau à l'endroit du contact. Il va plus loin en stimulant électriquement les muscles, qui vont se contracter dès qu'un impact virtuel se produit. Impacto peut aussi être porté à la jambe ou intégré à un accessoire qui s'activera ainsi électriquement, telle une batte de base-ball provoquant un mouvement de réaction de votre poignet. Pour l'instant, la commercialisation de ce système n'est pas à l'ordre du jour, mais les premiers tests se sont révélés positifs quant à l'effet de réalité obtenu. **S.F.**

Rens. : https://hpi.de/baudisch/projects/impacto.html



Le chausson de ski toujours à votre pied

Pour rendre ses chaussures de ski Allspeed Elite 130 confortables, le fabricant français Rossignol propose, comme beaucoup d'autres, de thermoformer sur mesure leur chausson interne dans un four (8 minutes à 80°C). A une différence prés : son rembourrage bi-densité unique (EVA, polyuréthane) permet, une fois chauffé, de gagner en confort sur certaines zones seulement, comme la malléole ou l'avant du pied (parties souples), le maintenant ainsi davantage (parties rigides) au niveau des talons, par exemple. Un bon compromis ! **L.B.**

Prix : env. 460 €. Rens. : www.rossignol.com



< Le chausson interne peut s'adapter, en forme et en souplesse, à certaines parties du pied.

Le pommeau qui éclaire sur l'eau consommée

Une douche est au moins deux fois plus économe en eau qu'un bain… à condition de ne pas y rester des heures ! Fort de ce constat, l'ingénieur français Gabriel Della-Monica a imaginé Hydrao, un pommeau qui apprend à économiser l'eau grâce à un jeu de lumière. Des seuils de consommation préprogrammés modifient son éclairage et avertissent l'utilisateur : vert en début de douche, bleu au-delà de 10 litres puis un clignotement rouge à partir de 50 litres. Connecté en Bluetooth à une application sur smartphone (iOS ou Android), le pommeau peut se paramétrer : choix des seuils, des couleurs, personnalisation… Adaptable à toutes les douches, il fonctionne sans pile : c'est l'eau qui fournit l'énergie (par une turbine). Résultat : une famille de quatre réalisera des économies d'environ 250 € par an en se limitant à 50 litres d'eau par douche. Une idée lumineuse ! **A.P.**

Prix : env. 80 €
Rens. : www.hydrao.fr



A mesure que l'eau coule, une turbine produit l'électricité qui actionne le système. Et Hydrao change de couleur, indiquant la consommation.

Mieux qu'une ampoule, voici le projecteur intelligent

Le projecteur Beam se branche à la place d'une ampoule (ou sur une prise normale avec un câble), transformant n'importe quelle surface en écran (mais sa résolution n'est que de 854x480). Il se contrôle par smartphone Apple ou Android grâce à une application qui permet de programmer et combiner diverses actions et conditions. Comme vous réveiller à 8 h en projetant la météo ; ou afficher vos e-mails lorsque vous rentrez à la maison… Beam pèse 400 g pour un diamètre de 110 mm et une longueur de 150 mm. **S.F.**

Prix : 470 €
Rens. : http://beamlabsinc.com/beam/

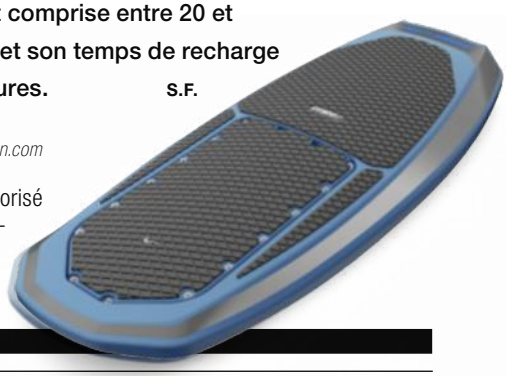




Le premier surf électrique

Le Wakejet, de la société suédoise Radinn, est le premier surf électrique au monde. Il avance grâce à un moteur électrique totalement silencieux qui éjecte de l'eau et le propulse jusqu'à 46 km/h. La vitesse se règle grâce à une télécommande que l'on tient dans la main. Si un corps étranger entre dans le moteur, celui-ci se coupe automatiquement pour éviter tout dommage. L'autonomie du Wakejet est comprise entre 20 et 45 minutes et son temps de recharge est de 2 heures. **S.F.**

Prix : 15 000 €
Rens. : www.radinn.com



> Ce surf motorisé permet de glisser jusqu'à 46 km/h.

Ce capteur de vent est à la fois autonome et collaboratif

Quel vent fait-il aujourd'hui ? Pioupiou est un outil de météo collaboratif, conçu par le Français Nicolas Baldeck. Doté d'une puce GPS, l'anémomètre, doublé d'une girouette, mesure vitesse, direction du vent et force des rafales, et les communique toutes les 12 minutes à l'application accessible en ligne sur tout support. Totalement autonome grâce à une connexion internet reposant sur le réseau UNB de Sigfox et à une pile de 3 à 4 ans d'autonomie, Pioupiou s'accroche dans le jardin ou en pleine nature. Les données des appareils déjà installés en France, Espagne et Pays-Bas sont disponibles en ligne. L'objectif est de créer un réseau universel d'observation du vent, aussi utile aux passionnés de kitesurf ou de planeur qu'aux agriculteurs. **A.P.**

Prix : 324 €
Rens. : www.pioupiou.fr



> Les Pioupiou pourraient, à terme, constituer un réseau fournisseur d'informations sur les vents.

DR

Deux planètes peuvent-elles se tourner autour?

Question de Jérémy Wattier, Bruxelles

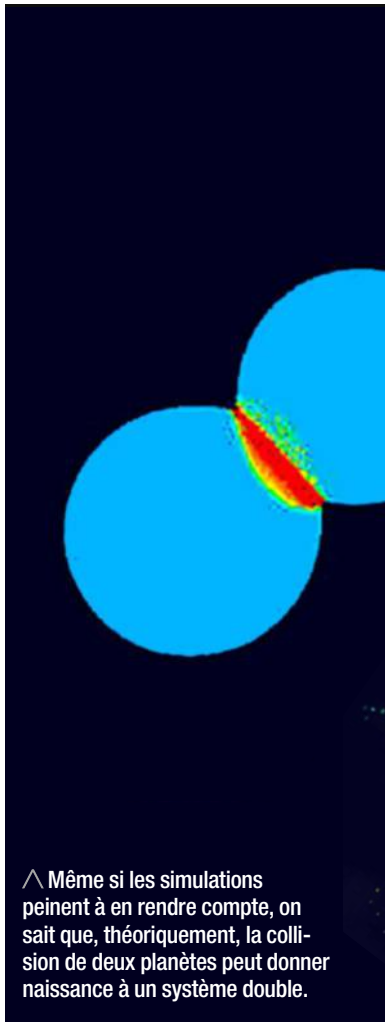
Théoriquement, oui ! Même si, comme le rappelle David Nesvorny, du Southwest Research Institute, à Boulder, Colorado, *"pour l'heure, aucun système double n'a encore été découvert parmi les quelque 2000 exoplanètes répertoriées"*. Les travaux de cet astronome consistent à chercher des lunes d'exoplanètes dans les données du télescope spatial *Kepler*: *"Notre technique est donc clairement adaptée à la découverte de planètes doubles. Le fait que nous n'en ayons trouvé aucune montre que ces systèmes sont très rares."*

Rares oui, mais pas impossibles. David Stevenson, de l'Institut de technologie de Californie (Caltech), a présenté en novembre 2014 des simulations numériques de collisions de rocheuses du gabarit de la Terre. Dans la plupart des cas, les deux planètes fusionnent en une seule ou, au contraire, survivent au désastre et continuent leur route chacune de leur côté. Parfois, pourtant, pas totalement détruites par le choc, elles restent gravitationnellement liées et forment une planète double.

UN SPECTACLE SPLENDIDE

Pour ce faire, les conditions sont drastiques: la collision doit avoir lieu de biais, à faible vitesse, et pas trop près de l'étoile centrale dont les effets gravitationnels menaceraient la pérennité du système. Une combinaison de facteurs, selon David Stevenson, *"plus probable lors de la naissance d'un système stellaire. L'espérance de vie de la double planète dépendant ensuite de sa distance à l'étoile: quelques milliards d'années à la distance qu'occupe la Terre par rapport au Soleil, et de plus en plus à mesure que l'on s'éloigne de l'étoile"*.

Le spectacle serait splendide: selon les simulations du chercheur, une fois à l'équilibre gravitationnel, les deux planètes se montreraient toujours la même face et orbiteraient à… seulement trois rayons terrestres l'une de l'autre ! **B.R.**



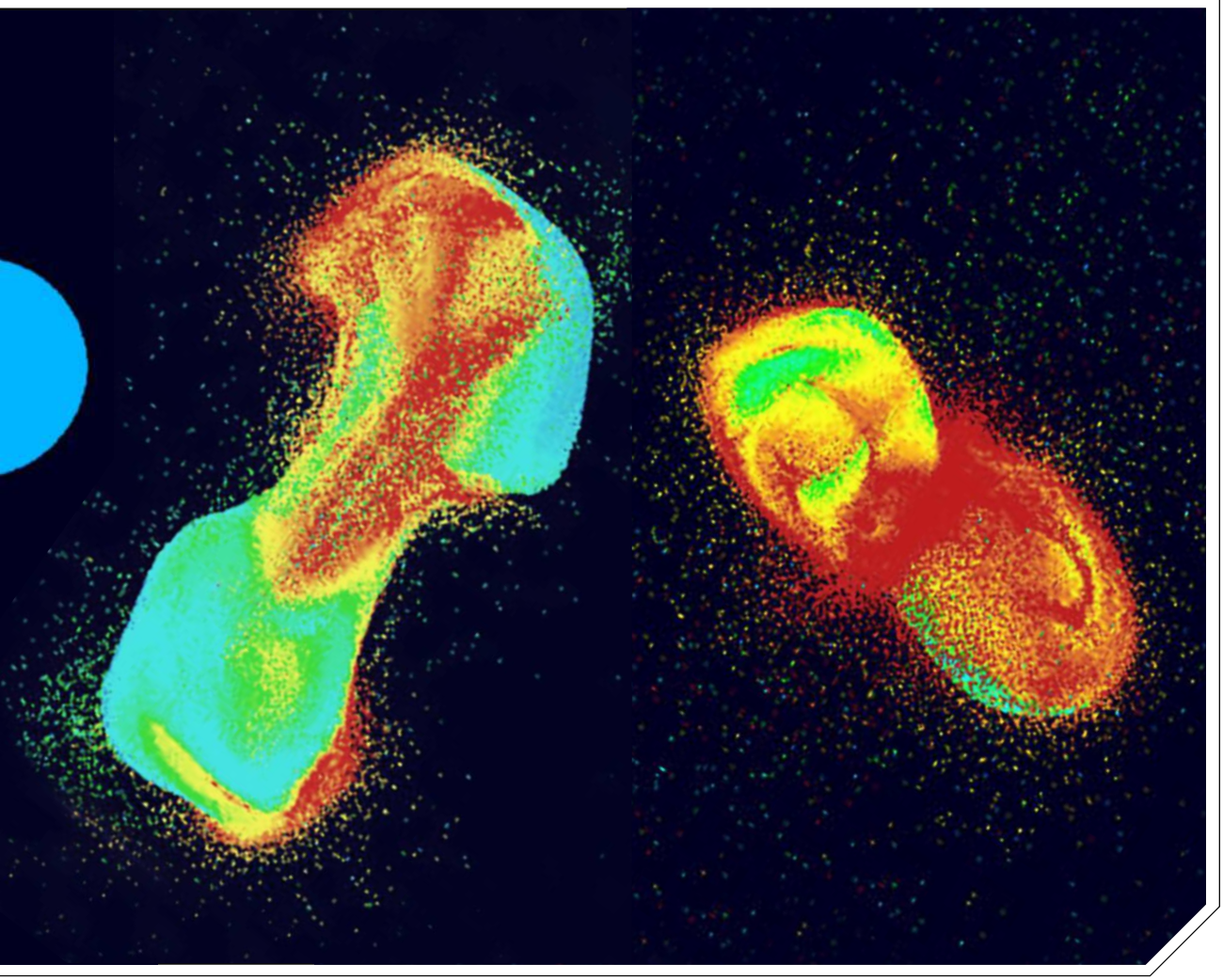
Même si les simulations peinent à en rendre compte, on sait que, théoriquement, la collision de deux planètes peut donner naissance à un système double.

Pourquoi se ronge-t-on les ongles ?

Question de Laurène Gillot, Toulouse (31)

L'"onycophagie" (l'acte de se ronger les ongles) est à l'origine une activité hygiénique naturelle. Il est en effet normal de se ronger les ongles, pour les couper ou les nettoyer. *"Comme quand un animal se lèche le pelage ou certains membres,* compare Bernard Auriol, médecin psychiatre et psychothérapeute. *Cela permet d'entretenir et de régulariser leur extrémité."* Sauf que, pour près d'un Français sur trois, selon un sondage de Seprem Etudes de 2008, *"se ronger les ongles se transforme en une activité compulsive, un remède partiel à l'anxiété en cas de stress"*, souligne le spécialiste. Si l'angoisse se concentre sur les ongles, c'est parce que se les ronger fait déjà partie de notre corpus comportemental. Elle ne fait qu'amplifier ce qui existe déjà, en le détournant de sa fonction première. **F.C.**





Combien pèse un nuage ?

Question de Jérémie Jollivet, Toronto (Canada)

Si, vus du sol, ils donnent l'impression d'être aussi légers que des plumes, les nuages sont en fait… de vraies enclumes ! *"Certains atteignent un milliard de tonnes, l'équivalent de 10 000 camions-citernes"*, souligne Sébastien Laflorencie, météorologue et enseignant à l'Ecole nationale de météorologie de Toulouse. C'est le cas des gros cumulonimbus, qui peuvent précipiter 4 000 tonnes d'eau par seconde ! Attention pourtant : les nuages ne sont guère plus lourds que l'air dans lequel ils flottent. *"Si les nuages aux bords nets et bien marqués paraissent avoir une bonne consistance, près de 90 % de leur masse est composée d'air ; gouttelettes et cristaux représentent tout au plus quelques millièmes de cette masse, le reste étant de la vapeur d'eau"*, précise Sébastien Laflorencie. **K.B.**



NLSI - R.HILL/SPL/COSMOS - A.DAGAN

Pourquoi les hommes n'ont-ils pas de cellulite ?

Question de Guillaume G., Lyon (69)

Deux facteurs principaux concourent à ce que les femmes considèrent comme une flagrante injustice.

D'abord, l'épaisseur de la peau est différente (1,8 mm en moyenne chez la femme, 2,3 mm chez l'homme).

Surtout, les cellules adipeuses de l'hypoderme, coincées entre le derme et les muscles, ne sont pas agencées de la même façon : les cloisons en collagène qui retiennent ces cellules sont obliques chez l'homme, et parallèles chez la femme (voir l'infographie ci-contre). Conséquence : quand la graisse s'accumule et que les cellules adipeuses augmentent de taille (jusqu'à 60 fois leur volume initial), la pression exercée est différente. La surface de l'épiderme féminin prend alors un aspect "peau d'orange", mais reste lisse chez l'homme.

Autres causes possibles : l'hérédité, l'insuffisance circulatoire ou la rétention d'eau peuvent également aggraver la cellulite.

MOINS DE 1 HOMME SUR 10

Au final, neuf femmes sur dix ont de la cellulite (sur les fesses et les cuisses surtout), contre moins d'un homme sur dix, souvent porteur d'une pathologie ou sous traitement antiandrogénique (cou et ventre).

La prévention est délicate : *"Il n'est pas possible de lutter contre la cellulite avant son apparition, mais des traitements chirurgicaux existent une fois qu'elle est apparue, comme les ultrasons ou la liposuccion"*, prévient Michael Atlan, chirurgien plasticien.

Quant aux crèmes anticellulite du commerce, celles-ci ne sont efficaces que sur certaines formes de cellulite (rétentionnelle et fibreuse), mais pas sur la cellulite graisseuse – qui est l'une des plus fréquentes chez la femme. Celle-ci ne pourra être éliminée que par liposuccion, une solution qui reste réservée aux cas les plus sévères. **E.P.**

Une pile pleine pèse-t-elle plus lourd qu'une pile vide ?

Question de Nicolas Requillart, Premesques (59)

Eh non : pleine ou vide, une pile ou une batterie classique du commerce a toujours la même masse ! *"Ce sont des générateurs dits 'fermés', dont aucune matière ne peut entrer ou sortir, sauf dysfonctionnement majeur"*, explique Marian Chatenet, chercheur en électrochimie (Institut polytechnique de Grenoble). La décharge de ces systèmes ne s'accompagne pas de la perte d'un élément donné, mais d'un déplacement d'électrons libérés par la borne négative du système et captés par la borne positive. *"Tous les éléments présents au début de la vie de la pile sont les mêmes à la fin, seul leur 'arrangement chimique' change,* précise le chercheur. *La masse totale reste donc stable."* On pourrait cependant pinailler en soulignant qu'en vertu de la fameuse équation relativiste "$E=mc^2$", l'énergie électrique dans une pile "pleine" a une certaine masse. Mais *"celle-ci est tout à fait négligeable"*, insiste Marian Chatenet. De l'ordre du dixième de milliardième de gramme pour une pile AA.

Enfin, la corrosion de l'enveloppe de la pile peut aussi être prise en compte : elle induit une prise de masse par fixation d'oxygène de l'air. Mais elle est également tout à fait négligeable. **K.B.**



A.DAGAN - SHUTTERSTOCK

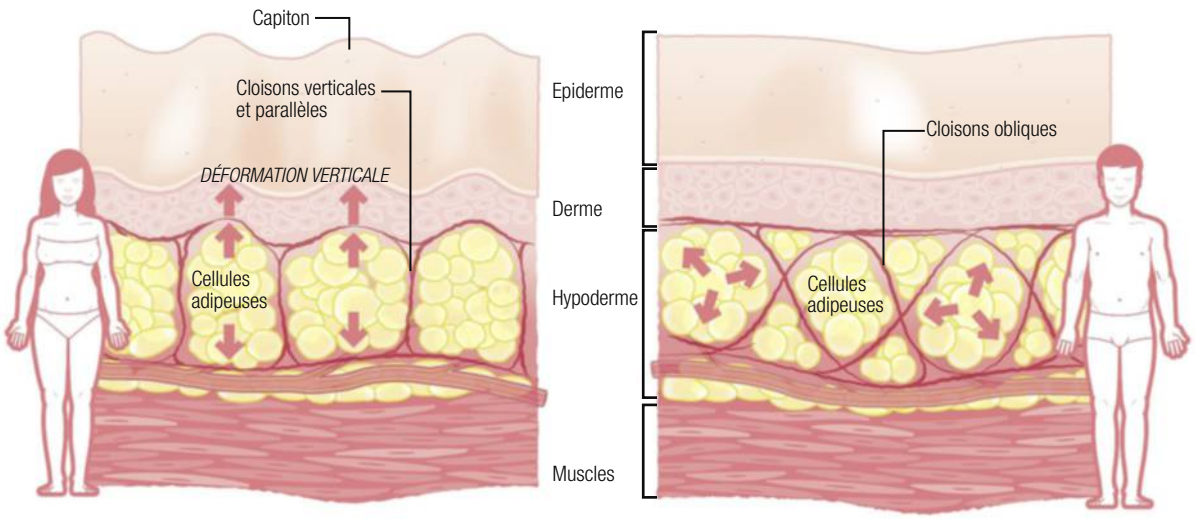
Comment

Question de Yves Tanguy,

Tout se joue avant la torréfaction, selon un principe resté le même depuis l'invention du "déca" en 1905 ! Le café vert est acheminé vers des usines d'extraction exclusivement consacrées à la décaféination. Là, ce café vert est transvasé dans de grandes cuves, à travers lesquelles on verse un solvant, qui entraîne avec lui la caféine.

Tout l'art consiste à choisir judicieusement ce solvant : il doit en effet éliminer 99,9 % de la caféine présente (selon la norme européenne,

Parce que la structure de leur hypoderme est différente



Chez la femme, les cellules graisseuses se déforment verticalement, créant des capitons

Quand les cellules adipeuses grossissent, leurs cloisons se déforment en s'allongeant, ce qui provoque un phénomène de peau d'orange à la surface de la peau.

Cloisonnées obliquement, celles de l'homme ne déforment pas son épiderme

Leurs structures en croisillons empêchent l'élongation des cavités contenant les cellules adipeuses. L'accumulation de graisse ne se traduit pas par des capitons.

retire-t-on la caféine du café ?

Angers (49)

contre 97 % aux Etats-Unis), tout en laissant intactes les quelque 400 molécules qui font office d'agents de saveur ! Pour ce faire, il existe trois technologies.

"Aujourd'hui, le solvant le plus largement utilisé dans l'industrie est le dichlorométhane, car il est facile d'emploi et s'élimine aisément après la décaféination", explique Maurice Blanc, ingénieur chimiste et secrétaire général de l'Association pour la science et l'information sur le café.

Deuxième type de solvant : l'eau. Si elle bénéficie d'une image "naturelle" auprès des consommateurs, il faut pourtant au préalable la saturer des substances que l'on souhaite conserver dans les grains pour qu'elle ne les emporte pas avec elle.

DU DÉCA TRANSGÉNIQUE ?

Dernière solution : le dioxyde de carbone "supercritique". Ce double état, gazeux et liquide à la fois, lui permet de pénétrer facilement dans les grains, où il finit de dissoudre la caféine. *"Malheureusement, l'énergie consommée et la pression de 250 bars nécessaire rendent cette technique très coûteuse et contraignante en termes d'installation,* reconnaît Maurice Blanc. *De nombreuses unités d'extraction au CO_2 dans le monde ont mis la clé sous la porte ces dernières années."*

Dans tous les cas, la caféine récoltée doit être purifiée. Elle est ensuite revendue à l'industrie pharmaceutique ou à des fabricants de boissons énergisantes. Une filière qui pourrait être vouée à disparaître si les généticiens réussissaient un jour à faire pousser des caféiers… décaféinés !

De tels arbres existent déjà dans la nature, notamment à Madagascar. Mais ils produisent soit très peu de grains, soit un café extrêmement amer. Aussi, depuis vingt ans, dans le monde entier, des chercheurs s'activent-ils à bloquer génétiquement la synthèse de caféine au sein même des cellules de la plante… *"Des variétés transgéniques ont été plantées en Colombie à titre expérimental,* signale Hervé Etienne, du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), à Montpellier. *Mais à ce jour, aucun 'déca' transgénique n'a été commercialisé dans le monde."* Les consommateurs qui se méfient des OGM peuvent donc encore boire du déca… et dormir sur leurs deux oreilles. **B.R.**

Faut-il vraiment mettre une cuillère dans les bouteilles de champagne entamées ?

Question de David Tarlier, Ville-la-Grand (74)

Hélas non : placer le manche d'une petite cuillère en argent dans le goulot d'une bouteille de champagne entamée ne maintient pas l'effervescence du précieux breuvage. Cette idée reçue a fait "pschitt" quand une équipe du Comité interprofessionnel du vin de Champagne l'a rigoureusement testée en 1995. Les chercheurs ont vidé partiellement 12 bouteilles : ils en ont ensuite laissé trois ouvertes ; trois dotées d'une cuillère en argent ; trois d'un bouchon stoppeur hermétique et trois d'une capsule.

Comme la perte de l'effervescence s'accompagne d'une perte de poids du liquide (car les bulles du champagne sont dues à la présence de gaz carbonique, qui s'échappe progressivement à l'air libre), les chercheurs ont ensuite évalué la perte de poids de chaque bouteille, jusqu'à 72 heures après le début de l'expérience. Et (mauvaise) surprise : il est apparu que *"la perte de poids est la même avec ou sans la petite cuillère…"*

Un résultat confirmé par un test de dégustation. Lequel a permis de conclure que *"la petite cuillère n'amène aucune amélioration sur la conservation de l'effervescence"*. Les auteurs soulignent, en revanche, que *"les vins des bouteilles munies d'un bouchon stoppeur présentent une effervescence supérieure"*. **K.B.**

Sait-on pour quelle raison on croise les jambes quand on est assis ?

Question de Renaud Laurent, Prudhomat (46)

Il existe plusieurs explications à cette position. Si nous croisons souvent les jambes quand nous sommes assis, c'est d'abord parce que poser une jambe sur l'autre est plus confortable que de garder les deux pieds au sol.

En effet, explique Thierry Mulliez, posturologue à Lille, ce faisant, *"on s'appuie davantage sur l'un ou l'autre des os 'ischion' du bassin ; ce qui soulage le périnée, cette région en forme de losange située entre les racines des jambes, qui est très sollicitée quand on s'assoit sur les deux fesses, et congestionnée par les vêtements, souvent serrés. De plus, cette position repose aussi les viscères et les muscles abdominaux profonds, fréquemment contractés ou douloureux"*.

Attention cependant : *"Si on se tire-bouchonne sans cesse ainsi, on finit par développer des tensions au niveau des muscles situés le long de la colonne vertébrale, ce qui peut alors engendrer des courbatures et un mal de dos"*, prévient l'expert. Certains kinésithérapeutes conseillent par ailleurs d'alterner le sens dans lequel on croise ses jambes… **K.B.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE&VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

Nous ne pourrons répondre à tous, mais les auteurs des questions sélectionnées se verront offrir un abonnement d'un an à la version numérique de *Science & Vie* (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Envoyez vos questions, en indiquant clairement votre adresse postale, à :
sev.qr@mondadori.fr
ou bien par courrier à :

SCIENCE & VIE
QUESTIONS/RÉPONSES
8, rue François-Ory
92543 MONTROUGE CEDEX

SHUTTERSTOCK

Profitez de cette offre spéciale *lecteurs !*

Abonnez-vous à Science & Vie et ses hors-séries

57,90 € seulement au lieu de ~~85,60 €~~*

1 an - 12 numéros + 6 hors-séries

Soit **32%** de réduction



BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à :
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS – CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

C1181

☐ **Oui, je profite de l'offre spéciale lecteurs et je m'abonne à Science & Vie pour 1 an (12 n°) + 6 hors-séries** pour 57,90 € au lieu de ~~85,60~~ € soit 32% de réduction

847 913

☐ **Je préfère m'abonner à Science & Vie pour 1 an (12 n°)** pour 37,90 € au lieu de ~~54 €~~* soit 32% de réduction

847 921

Science & Vie le journal de tous ceux qui veulent vivre en intelligence avec le monde.



NOUVEAU ! Recevez la version numérique OFFERTE avec votre abonnement papier !

Disponible sur KiosqueMag.com

➤ **Voici mes coordonnées :**

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse : .....

Complément d'adresse (résidence, lieu dit, bâtiment...) : .....

Code Postal : ☐☐☐☐☐ Ville : .....

Tél : ☐☐ ☐☐ ☐☐ ☐☐ ☐☐ Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrons vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement

E-mail : .....

Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori) ☐

➤ **Mode de paiement :** ☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie

☐ CB ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐

Expire à fin ☐☐ ☐☐ Code Crypto ☐☐☐
Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

**Prix public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/04/2016 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4.50€, chacun des 4 hors-séries au prix de 4.95€ et chacune des deux éditions spéciales au prix de 5.90€. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données vous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées. Science & Vie - TSA 10005 8 rue François Ory 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

Un essai sur la rationalité managériale

Le management : fausse science, vrai pouvoir

Le *"moyen approprié et juste de rendre les hommes plus efficaces qu'ils ne le sont maintenant"*. Voilà le management défini par l'un de ses pères, l'ingénieur mécanicien Frederick Taylor, en 1912. Dans les usines, le taylorisme organisera machines, lieux, mouvements, gestes… pour augmenter le rendement des travailleurs.

Depuis, la quête d'efficacité s'est étendue : les traités de management invitent à mesurer et améliorer les capacités à animer, négocier, créer une ambiance, socialiser, positiver, être autonome, flexible, disponible, motivé, constructif, entreprenant, optimiste… Son emprise est toujours plus grande, dans les entreprises autant que dans les administrations. D'où tire-t-elle son succès ? Qu'est-ce qui la nourrit ?

INVENTION D'INGÉNIEURS

A ces questions, nombre d'analyses critiques répondent en confondant logique marchande et rationalité des managers. Vouloir être toujours plus efficace serait la conséquence de vouloir faire plus de profit.

Pas si simple, montre Thibault Le Texier. Ce chercheur attaché au Groupe de recherche en droit, économie, gestion de l'université de Nice s'est plongé dans les traités de management du XIXe s. à nos jours. A l'aune de cette source – étudiée ici avec une rare fraîcheur –, il reconnaît que les managers modernes ne sont pas indifférents à la rentabilité financière exigée par les actionnaires. Mais il souligne que la quête d'efficacité, au moins symboliquement, est plus forte.

C'est que l'efficacité est *"au cœur de la causalité technique : elle est le référentiel majeur de l'ingénierie"*. Or, le management contemporain, quelle que soit la méthode utilisée (*lean* management, qualité totale…), ne s'est jamais vraiment éloigné de la valeur cardinale des ingénieurs qui l'ont inventé. Conséquence : l'efficacité, évidemment désirable dans le monde artificiel des ingénieurs, fait figure de but naturel, même appliquée aux hommes. Et qu'importe si les méthodes de management n'ont en réalité rien de scientifique : elles sont jugées valides moins parce qu'elles découlent de raisonnements vrais que parce qu'elles sont utiles.



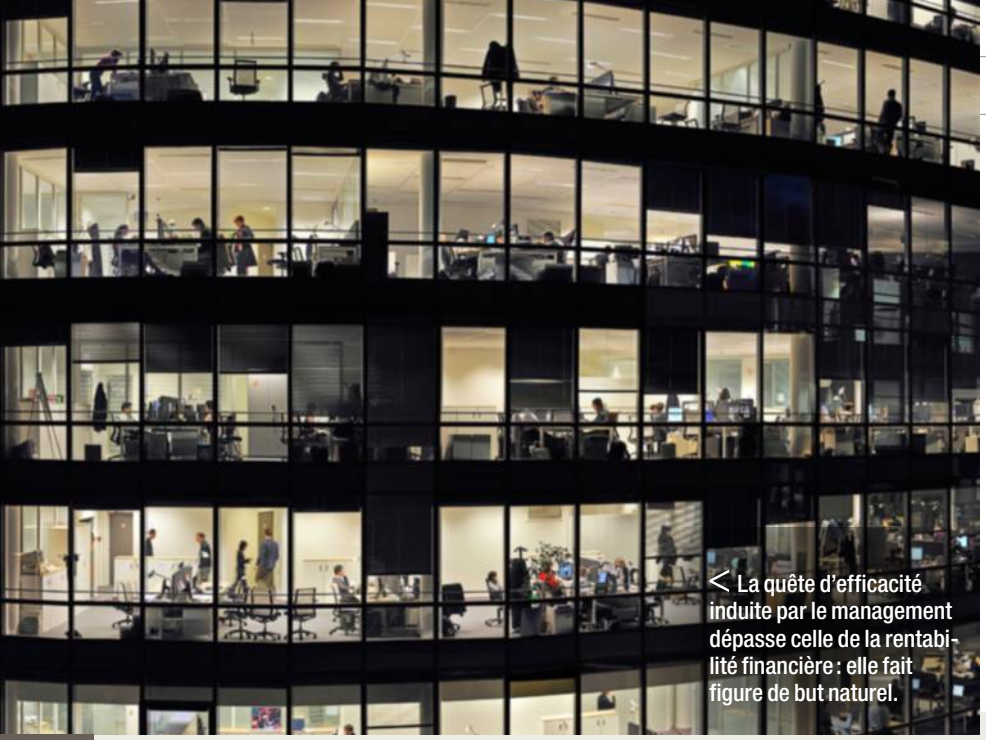
Le Maniement des hommes – Essai sur la rationalité managériale
- Thibault Le Texier
- La découverte
- 300 pp., 20 €

La quête d'efficacité, présentée comme naturelle, s'étend partout. A l'heure des big data, des algorithmes intelligents, du *quantified self*, des objets connectés, la rationalité managériale couvre autant l'entreprise que la sphère privée. *"Le management est en nous, d'une certaine façon"*, observe l'auteur. Ce qui l'amène à un constat amer : *"Le simple fait de nous autoquantifier nous rend perméables aux logiques et aux arrangements marchands et techniques. […] Loin de nous rendre égaux, le management nous rend interchangeables, facilitant notre mise en concurrence et, si besoin, notre remplacement par des automates."* La perspective est exagérée ? Peut-être. Mais voilà le lecteur invité à prendre du recul, à dénaturaliser la quête permanente de l'efficacité. *"Valoriser l'efficacité n'est pas plus naturel que de valoriser la liberté, ou l'honneur, ou le droit d'aînesse, par exemple"*, rappelle l'auteur. Quelles valeurs les Modernes que nous disons être veulent-ils chérir ? Voilà bien une question actuelle… **F.L.**





J.-P. ATTAL/PLAINPICTURE - DR



< La quête d'efficacité induite par le management dépasse celle de la rentabilité financière : elle fait figure de but naturel.



THIBAULT **LE TEXIER**
Chercheur en sciences humaines, attaché au Groupe de recherche en droit, économie, gestion de l'université de Nice

Plus on numérise le réel et plus la logique managériale devient naturelle

S&V : D'où vient la "scientificité" revendiquée par les méthodes de management ?
Thibault Le Texier : Au début du XX[e] siècle, le management, jeune discipline universitaire, était regardé de haut par les autres disciplines comme le droit, la science politique, l'économie. Or, la science était en vogue. Ses promoteurs, en lui adjoignant mathématiques, équations… ont voulu le légitimer. Auprès des dirigeants d'entreprise, ils pouvaient promettre de résoudre, grâce à la science, les conflits dans les usines…

S&V : Lors du récent scandale Volskwagen, les dirigeants ont été montrés du doigt, plus que les managers. Pourquoi ?
T.L.T. : Les managers sont un peu la colonne vertébrale des classes moyennes. Ce sont des gens à qui l'on s'identifie. Et puis on a une conception technique du management, vu comme un outil neutre, pas porteur de valeur, qui n'est pas bon ou mauvais en soi. Et quand il y a des errements du management, la faute n'est pas imputée à l'outil mais à ceux supposés le manier : les propriétaires.

S&V : L'efficacité, valeur cardinale du management, peut faire des dégâts. Elle néglige ainsi les effets des activités humaines sur l'environnement. Pourtant elle est très à la mode : *quantified self*, big data, transhumanisme…
T.L.T. : Plus la rationalité instrumentale gagne en importance, plus on numérise le réel, plus on développe les technologies de l'information, et plus la logique managériale va devenir naturelle, un sens commun de nos sociétés. Derrière le transhumanisme ou les big data, il y a le rêve managérial d'avoir des logiciels qui peuvent organiser la société, prendre des décisions à la place des individus. Cet enthousiasme dépasse largement la sphère des technophiles et devient une sorte de religion séculière. Dès lors, lutter contre son influence est très difficile.

Propos recueillis par F. Lassagne

A voir, à lire

EXPOSITION

◗ ***"Persona - Etrangement humain"***
◗ Musée du Quai Branly
◗ Du 26/1 au 13/11/2016 ; 7-9 €



Deux cent trente créatures plus ou moins humaines, de la statuette d'argile au robot. Deux cent trente occasions de chercher ce qui fait l'Homme, en plongeant dans les yeux de ces objets anthropomorphiques de toutes les époques et de tous les continents. Avec "Persona", le musée du Quai Branly fait s'interroger les visiteurs sur le rapport étrange qu'entretiennent les humains avec leurs propres représentations inanimées. Qu'il s'agisse de faire parler les morts, convoquer les dieux ou aider aux tâches domestiques, nos alter ego inanimés rejouent le rapport humain : se croisent, comme dans la vie, fascination, attrait, répulsion. **F.L.**

WEBDOC

◗ ***Drones : l'autre guerre***
◗ http://tinyurl.com/nnfymqn



Que sait-on sur les drones militaires ? Amnesty International réalise ici, en collaboration avec plusieurs médias français, une enquête minutieuse dont le lecteur ne peut ressortir que transformé. *Drones : l'autre guerre* mêle habilement texte, cartes, infographies, pour nous permettre de mieux saisir cette nouvelle façon de faire la guerre, avec toutes les questions qu'elle pose en termes de respect du droit international. Les photographies de l'Italien Massimo Berruti, centrées sur les victimes des drones au Pakistan, permettent de saisir cette réalité cachée. **E.P.**

3 février 1966

Luna 9 réussit le premier alunissage

Le globe qui révèle ses rondeurs aux caméras de *Luna 9*, ce 3 février 1966, n'est pas celui de la Terre, mais celui de la Lune.

La sonde soviétique d'une tonne et demie, lancée il y a trois jours de Baïkonour, n'est plus qu'à 8300 km de son but. A cet instant, elle tombe en chute libre sur l'astre sélène.

Va-t-elle s'écraser comme la précédente ?

Quand les rétrofusées s'enclenchent, comme prévu, à 75 km d'altitude, les ingénieurs retiennent leur souffle.

Le freinage dure quarante-huit secondes, jusqu'à ce que la sonde ne soit plus qu'à 250 m du sol. Puis c'est l'impact. Le module d'atterrissage rebondit, et une petite capsule de 100 kg déploie aussitôt ses quatre ailes en forme de pétales, délicate poésie dans le monde froid de l'exploration spatiale. Quatre minutes plus tard, quatre antennes s'étirent, émettant sans tarder vers la Terre.

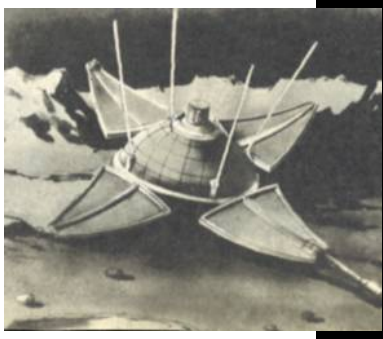
LA SUPRÉMATIE RUSSE

A 385000 km de là, les craquements et les bips sonores qui s'échappent des haut-parleurs font oublier aux ingénieurs les rigueurs de l'hiver russe. Pour la première fois, l'humanité reçoit le signal d'un vaisseau posé sur un monde extérieur à la Terre !

Radio Moscou immortalise l'instant : *"Un alunissage en douceur était l'un des problèmes scientifiques et techniques les plus difficiles de la recherche spatiale. C'est un pas majeur vers le débarquement d'un homme sur la Lune et sur d'autres planètes"*, annonce-t-elle.

"Une fois de plus, les Russes mènent la course", titrent, en chœur, les médias occidentaux. Après la mise en orbite du premier satellite artificiel *Spoutnik*, en 1957 ; celle de Youri Gagarine, en 1961 ; après le premier survol de la Lune et les premières photos de sa face cachée, en 1959, rien ne semble en effet résister au génie spatial soviétique.

Les ingénieurs américains accusent le coup. Le président Kennedy ne s'est-il pas trop avancé en promettant, en mai 1961, qu'un Américain serait, avant la fin de la décennie, le premier homme



à marcher sur la Lune ? Si un drapeau doit y flotter, tout porte à croire qu'il sera russe.

A ce moment-là, nul n'imagine en effet que le colosse soviétique repose en réalité sur des pieds d'argile.

Il faut dire que les apparences sont trompeuses : lorsque J.F. Kennedy a promis la Lune au monde libre, les Russes ne l'ont pas pris au sérieux. L'objectif de Sergeï

SCIENCE & VIE en parlait déjà... par Fiorenza Gracci

1922 UN OBUS-FUSÉE POUR RALLIER LA LUNE ?

Un docteur américain *"propose la construction d'une gigantesque fusée destinée à projeter vers la Lune un obus d'acier suffisamment grand pour contenir une mission de plusieurs personnes [...] avec tous les appareils scientifiques nécessaires"*. Ce projet *"ne peut certainement pas être traité d'absurde"* alors que *"déjà l'homme a pu s'élever à 10000 m de hauteur dans les airs"*. ***S&V* n° 60**

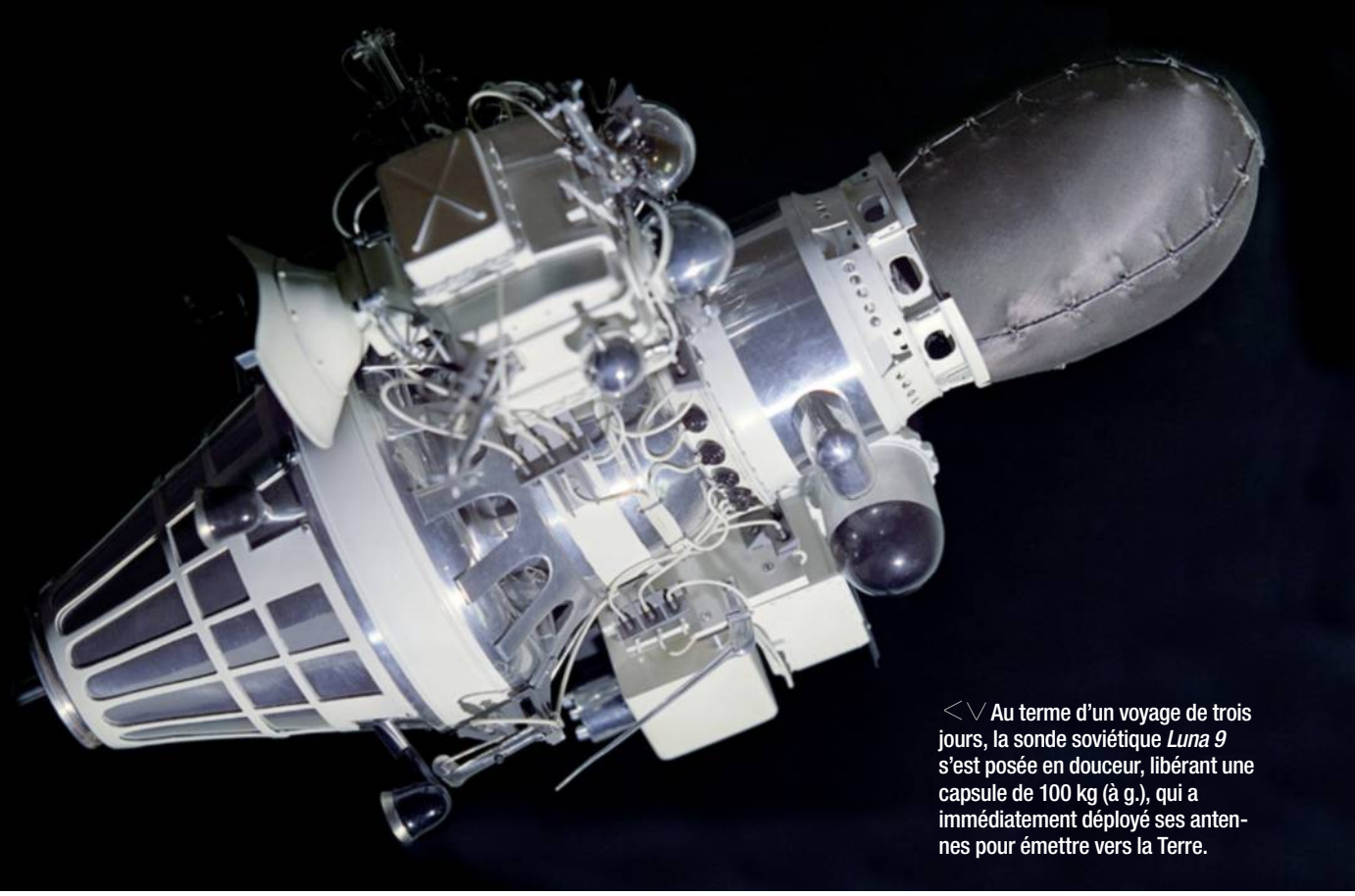


1959 UN PREMIER ENGIN S'ÉCRASE SUR LA LUNE

L'exploit est soviétique : *"Un pas considérable vient d'être accompli dans la conquête de notre système solaire. Guidé par un immense tunnel d'ondes hertziennes jusqu'à une centaine de milliers de kilomètres de la Terre,* Lunik *est la première création des hommes à atteindre un autre corps céleste."* L'engin, qui s'écrase sur la Lune, est une étape dans la *"farouche lutte pour la suprématie de l'Espace"*. ***S&V* n° 505**



DR - RIA NOVOSTI/COSMOS



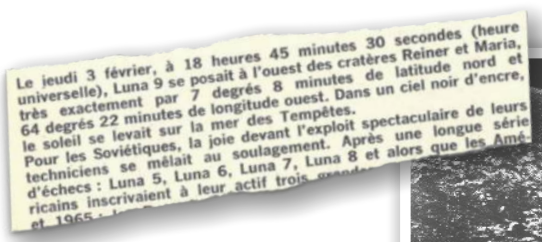
< V Au terme d'un voyage de trois jours, la sonde soviétique *Luna 9* s'est posée en douceur, libérant une capsule de 100 kg (à g.), qui a immédiatement déployé ses antennes pour émettre vers la Terre.

Korolev, qui dirigeait alors le programme Soyouz, était en effet plus prudent : il s'agissait d'assembler un vaisseau habité en orbite avant de réaliser, le moment venu, une boucle autour de la Lune et de rentrer sur Terre. Mais marquer du pied la poussière lunaire ? Il n'en était pas question. Alors comment imaginer que l'Amérique, techniquement loin derrière, y parvienne en moins de dix ans ? Kennedy lui-même ne semblait guère y croire et avait proposé à Khrouchtchev d'unir leurs forces. Un projet enterré par son assassinat à Dallas, le 22 novembre 1963.

Mais en août 1964, face à l'ampleur du programme Apollo, les Russes réalisent enfin qu'ils sont bien engagés dans une course… et qu'ils pourraient la perdre ! Car leur programme a connu une série d'échecs inquiétants avec 13 sondes perdues en à peine cinq ans. L'Occident, bien sûr, ne s'en


35 heures de voyage dans l'Espace, le tableau de marche de «LUNIK II»

La réussite lunaire ouvre la route des étoiles


Le jeudi 3 février, à 18 heures 45 minutes 30 secondes (heure universelle), Luna 9 se posait à l'ouest des cratères Reiner et Maria, très exactement par 7 degrés 8 minutes de latitude nord et 64 degrés 22 minutes de longitude ouest. Dans un ciel noir d'encre, le soleil se levait sur la mer des Tempêtes.
Pour les Soviétiques, la joie devant l'exploit spectaculaire de leurs techniciens se mêlait au soulagement. Après une longue série d'échecs : Luna 5, Luna 6, Luna 7, Luna 8 et alors que les Américains inscrivaient à leur actif trois grands



1966 **LE DOUBLÉ RUSSE**

"Dans un ciel noir d'encre, le soleil se levait sur la mer des Tempêtes", au moment où *Luna 9* alunit *"exactement à l'endroit choisi.* […] *Les renseignements obtenus donnent-ils un avantage capital aux ingénieurs russes"* en vue d'y envoyer des astronautes ? Rien n'est moins sûr. Mais l'exercice est *"confirmé par le coup au but sur Vénus, enfin, le 1er mars 1966"*, grâce à la sonde *Vénus 3*. ***S&V*** **n° 583**

doute pas, mais rien ne fonctionne. Ni les lanceurs, qui explosent au décollage, ni les sondes dont les différents étages dysfonctionnent les uns après les autres.

LE LIÈVRE ET LA TORTUE…

Excédé, Korolev fait appel, fin 1965, à un nouveau bureau d'études, dont les premières modifications portent enfin leurs fruits. Avec le succès de *Luna 9*, qui envoie ce 3 février 1966 ses premières images panoramiques du sol lunaire, le programme soviétique retrouve enfin sa pole position. Korolev, décédé le 14 janvier, ne peut savourer ce succès, que confirme, le 21 décembre, la parfaite mise en orbite lunaire de *Luna 10*. L'*Internationale* fait vibrer les cœurs. Elle prendra bientôt des airs de chant du cygne…

Car les Soviétiques, qui ne se remettront jamais de la perte de Korolev, cumulent les handicaps. Non seulement leur budget est deux fois plus réduit que celui d'Apollo; mais, alors que la Nasa se concentre sur un lanceur (*Saturn V*) et un programme (orbiter autour de la Lune et alunir), eux se dispersent: ils conçoivent trois lanceurs supervisés par des équipes rivales et développent deux programmes: décrire, en 1967, une boucle autour de la Lune avant de revenir sur Terre; et poser, en 1968, un cosmonaute sur le sol lunaire. Un double programme lancé en hâte en 1964, avec trois ans de retard sur l'Amérique!



Les premières images panoramiques prises par *Luna 9* sont étudiées (de g. à dr.) par Pavel Popovich, Alexeï Leonov et Youri Gagarine.

A. MOLETSOV/SPUTNIK

Face à la tortue américaine, qui avance désormais d'un pas assuré, le lièvre soviétique fait ce qu'il peut. Pressé, il réduit les essais au sol, qui assurent pourtant la fiabilité du lanceur. Mauvais calcul: les explosions en vol se succèdent. Quand ce n'est pas la sonde qui se fracasse.

Malgré d'indéniables progrès, ils assistent, impuissants, aux premiers pas d'Armstrong, le 21 juillet 1969, sur ce sol sélène qui leur résiste.

La course à la Lune perdue, l'industrie spatiale soviétique se console avec son exploration robotisée, grâce au rover Lunokhod. Elle songe à y installer des bases permanentes, avant d'abandonner un projet à la fois ruineux et sans réelle utilité. Reste les vols habités de longue durée, domaine dans lequel les Soviétiques garderont une avance considérable avec les stations Saliout, puis Mir.

La Lune, dont l'intérêt était essentiellement politique, cessera peu à peu d'être un objectif. Mais leurs efforts pour l'atteindre n'auront pas été vains. La fusée *Proton*, qui en est issue après une longue série d'échecs, est aujourd'hui l'une des plus fiables au monde. Quant à *Soyouz*, initialement conçu sous la direction de Korolev, il continue d'envoyer hommes et matériel vers la Station spatiale internationale.

Et la Lune? La Russie n'y a pas totalement renoncé: 40 ans après l'envoi de sa dernière sonde, elle prévoit d'y faire alunir, d'ici à 2020, le module *Luna-Glob* pour un nouveau cycle de mesures scientifiques. **E. Monnier**

SCIENCE&VIE en parlait encore

1990 UNE QUERELLE D'HOMMES



En février 1967, *"les Russes ont la certitude de pouvoir devancer les Américains"* sur la Lune. Alors, *"que s'est-il passé?"*, s'interroge *Science & Vie* quelques années plus tard. Juste une série de désaccords entre le concepteur de la fusée soviétique, Korolev, et celui du moteur, Glouchko. *"Une querelle d'hommes aura abouti à un gigantesque gaspillage qui aura finalement coûté la Lune."* ***S&V* n° 869**

2005 ELLE FAIT ENCORE RÊVER…



A en croire George W. Bush, la Lune recèle des *"ressources qui défient l'imagination"*: il veut y retourner. *"L'ennui, c'est que la Lune coûte cher, très cher."* Et peut-être… pour rien! *"Les robots* […], *mille fois moins chers que les astronautes, découvriront très bien tout seuls les richesses lunaires,* […] *si tant est qu'elles existent."* Est-ce la fin du voyage spatial? Non, mais *"inutile d'aller sur la Lune pour conquérir Mars"*. ***S&V* n° 1050**

à lire en intégralité dans **Les grandes archives** www.science-et-vie.com

france culture C'EST POUR VOUS

LES NOUVEAUX RENDEZ-VOUS SCIENCES DE FRANCE CULTURE

➤ **NOUVEAUX HORAIRES POUR LES ÉMISSIONS CULTURE SCIENCES DU LUNDI AU VENDREDI / 16H-17H**



Photo : C. Abramowitz - RF

➤ **PROCHAIN FORUM L'ANNÉE VUE PAR… LES SCIENCES**

SAMEDI 13 FÉVRIER / LA SORBONNE (PARIS)

5 TABLES RONDES ANIMÉES PAR LES PRODUCTEURS DES ÉMISSIONS SCIENTIFIQUES DE FRANCE CULTURE

9H30-18H30

Grand amphithéâtre de La Sorbonne - 47, rue des Écoles, 75005 Paris

ENTRÉE GRATUITE SUR INSCRIPTION
auditeurfranceculture@radiofrance.com
tel 01 56 40 10 57

en partenariat avec SCIENCE&VIE

PARIS SORBONNE UNIVERSITÉ

Écoute, réécoute, podcasts
franceculture.fr

LE WHISKY PRÉFÉRÉ DES ÉCOSSAIS* SE RECONNAÎT À SA FAMEUSE GROUSE.

THE FAMOUS GROUSE EST DEPUIS 1896 UN WHISKY UNIQUE GRÂCE AU SAVOIR-FAIRE DE SON CRÉATEUR,

Matthew Gloag

FAMEUX POUR SON MARIAGE DE PRESTIGIEUX SINGLE MALTS DONT LE CÉLÈBRE GLENTURRET, ISSU DE LA PLUS ANCIENNE DISTILLERIE D'ÉCOSSE.

~

FAMEUX POUR SA LONGUE MATURATION EN FÛTS DE SHERRY ET DE BOURBON.

~

FAMEUX POUR SA RICHESSE AROMATIQUE, SES NOTES DE VANILLE, D'ÉPICES ET D'AGRUMES.

FAMEUX À PLUS D'UN TITRE

THE FAMOUS GROUSE



RCS LIXIR BOBIGNY 393 611 561 - *Source : Nielsen/CGA CAM Mai 2015 : N°1 Des Blends en Écosse.

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.