

ÉLECTRON **DINOSAURE** LACS PLUTON **BOMBE MÉTHANE** MIROIR INTELLIGENT
HALFVEN **FUKUSHIMA** ACCOUCHEMENT POMME **VENINS** VACHE FOLLE

SCIENCE & VIE

MARS 2016 N° 1182  MONDADORI FRANCE

ORDINATEUR QUANTIQUE

L'INVENTION LA PLUS FOLLE DE TOUS LES TEMPS



KING KONG

IL VIVAIT
IL Y A
100 000 ANS

VIRUS ZIKA LA COURSE CONTRE LA MONTRE !

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 - 1182 - F: 4,50 € - RD



Nouvelle Audi A4. Le progrès. Intensément.

Chez Audi le loyer permet d'accéder à plus qu'un véhicule d'exception. C'est une porte vers la quiétude, avec la garantie de ne pas avoir de surprise lors de l'entretien. Parce que pour Audi, l'exigence ne s'arrête pas à la fabrication du véhicule.



Modèle présenté :

350€/mois*

3 ans de garantie et entretien avec pièces d'usure*** inclus.**

Location longue durée sur 36 mois. 1^{er} loyer 4.590 € et 35 loyers de 350 €. Offre valable du 10 février au 30 avril 2016.

*Exemple pour une Audi A4 Berline 2.0 TDI 150 ch BVM6 avec options incluses dans les loyers : pack brillance et 1 an de garantie additionnelle, en location longue durée sur 36 mois et pour 45 000 km maximum, hors assurances facultatives. **Garantie 2 ans + 1 an de garantie additionnelle incluse. Offre réservée aux particuliers chez tous les Distributeurs présentant ce financement, sous réserve d'acceptation du dossier par Volkswagen Bank GmbH - SARL de droit allemand Capital 318 279 200 € - Succursale France: Bâtiment Ellipse - 15 av. de la Demi-Lune 95700 Roissy en France - RCS Pontoise 451 618 904 - ORIAS:

Audi
Vorsprung durch Technik



08 040 267 (www.arias.fr). *** Entretien plus obligatoire souscrit auprès de Volkswagen Bank GmbH, détail et limites prévues dans les conditions générales, disponibles sur demande auprès de votre Distributeur. Tarifs au 10/12/2015. Volkswagen Group France S.A. au capital de 7 750 000 € - 11 avenue de Boursonne Villers-Cotterêts - RCS Soissons B 602 025 538. Audi recommande **Castrol EDGE Professional**. Vorsprung durch Technik = L'avance par la technologie.

Gamme Audi A4 : consommation en cycle mixte (l/100km) : 3,7 - 6,4. Rejets de CO₂ (g/km) : 95 - 147.

Renault KADJAR

Vivez plus fort.

Renault vous invite à découvrir ses vidéos d'expériences inédites et à vous inscrire pour participer vous aussi à l'aventure Kadjar Quest sur le site kadjarquest.fr

**KADJAR
QUEST**
VIVEZ PLUS FORT

* Disponible de série ou en option selon version. **Consommations mixtes min/max (l/100 km) : 3,8/5,8.**
Émissions CO₂ min/max (g/km) : 99/130. Consommations et émissions homologuées selon réglementation applicable.
Inscription au tirage au sort jusqu'au 24 mars. Kadjar Quest : la quête du Kadjar.



Renault recommande **elf**



RENAULT
La vie, avec passion



Transmission 4x4*
Boîte automatique EDC à double embrayage*
Projecteurs avant Full LED Pure Vision*

  [renault.fr](https://www.renault.fr)

+ LES GOÛTS +
D'UNE LÉGENDE*



BK RCS Savene 775 614 308

— 1128 —
+ GRIMBERGEN +
BIÈRE D'ABBAYE - ABDIJBIER

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

*Grimbergen, une gamme large de bières, la légende de la marque née en 1128.

Avant-propos SCIENCE&VIE



Yves Sciamma
y.sciamma@mondadori.fr

Le spectre d'une épidémie

Pour toute personne passionnée par les virus, et c'est mon cas, l'une des interrogations permanentes de ma veille scientifique est: d'où viendra la prochaine épidémie? Nous avons repéré le virus Zika, car quelqu'un de la rédaction l'avait contracté en Polynésie en 2014. Mais il était loin d'être mon premier candidat – cela m'a d'autant plus impressionné de le voir émerger avec autant de force.



Roman Ikonicoff
r.ikonicoff@mondadori.fr

Changement d'ère

Des collègues de la rédaction m'ont conseillé de regarder cela de plus près: l'ordinateur quantique serait de retour... pour de bon! Connaissant la fascination qu'exerce ce domaine, qui a promis beaucoup sans grand résultat, j'étais sceptique. Mais, au fur et à mesure de l'enquête, quelle surprise! Ce que j'ai vu dans les labos, ce que m'ont dit les spécialistes: en quelques années, tout avait radicalement changé. Cette fois les acteurs, nombreux, me parlaient de nouveaux financements, de programmes, d'une vraie transition, enfin, des laboratoires vers l'industrie. Oui, il était temps de saisir au vol ce moment crucial.



Gabriel Siméon
g.simeon@mondadori.fr

Une icône oubliée

Le gigantopi-quoi? C'est en tombant sur une récente étude que j'ai découvert l'identité du plus grand primate à avoir jamais foulé la Terre: le gigantopithèque. Alors que son portrait en ombre chinoise semble tout droit sorti d'une bande dessinée, ce singe géant reste étonnamment peu connu. Ce véritable King Kong a pourtant régné près de 10 millions d'années sur les forêts d'Asie et mystérieusement disparu 100 000 ans avant notre ère. Et puisque certains de ses secrets viennent d'être percés, l'occasion était parfaite pour aller à la rencontre de cette espèce qui a tout pour devenir une des icônes de la primatologie.

Sommaire

mars 2016 n° 1182

26

ACTUS

LES LACS SE RÉCHAUFFENT PLUS VITE QUE LES OcéANS

Quelle que soit leur latitude, les lacs se réchauffent plus vite que les océans. Pourquoi ?

91000%, 0,007%, 117400%

40

L'événement

VIRUS ZIKA LA COURSE CONTRE LA MONTRE!

Alors que ses effets sur l'homme, le virus Zika a été découvert, provoquant la fièvre, l'éruption et la conjonctivite. Une certitude : les chercheurs ont déjà pu déceler 15 cas de zikavirus.

2013, 2014, 2015

48

ORDINATEUR QUANTIQUE

L'INVENTION LA PLUS FOLLE DE TOUS LES TEMPS

Disons-le : c'est l'invention la plus fabuleuse jamais construite. Celle qui permet d'exploiter à notre échelle les lois complètement folles de l'infiniment petit. Celle qui fait rêver les informaticiens depuis cinquante ans : quand leurs machines se contentent de mouliner des 1 et des 0, voici qu'elles moulineraient des 1 et des 0. De quoi programmer l'improgrammable, prévoir l'imprévisible, déchiffrer l'indéchiffrable... Tout révolutionner ! Or, ce rêve qui semblait impossible est devenu réalité : des puces quantiques réalisent l'exploit, tandis que des prototypes sont déjà vendus. Les voici en avant-première. Ils préfigurent l'avenir.

PAR ROMAN IKONICOFF ET OLIVIER LAPIROT

48 MARS 2016

66

King Kong a existé!

Il a disparu il y a 100 000 ans

72

Les nouveaux mystères de PLUTON

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. 117. 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 catalogue Boutique Science & Vie est jeté sur toute la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Science & Vie Voyages Croisière Spitzberg est jeté sur toute la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Science & Vie Voyages Croisière S&V Toussaint est jeté sur toute la diffusion abonnés France Métropolitaine.

COUVERTURE: DR - SHUTTERSTOCK

12 **Forum**

Actus

18 **Labos**

Enfin, la matière manquante de l'Univers se donne à voir; la grotte Chauvet cacherait des éruptions gravées; Phobos explosera en un anneau martien...

26 **Environnement**

Les lacs se réchauffent plus vite que les océans; la disparition des grands animaux aggrave le réchauffement...

32 **Médecine**

La pollution de l'air aggraverait l'Alzheimer; un geste simple limiterait les séquelles d'un AVC...

36 **Technos**

Un nouveau principe de photo ultrasécurisée; l'imprimante 3D révolutionne la céramique...

Événement

40 **Virus Zica**

La course contre la montre!

A la Une

48 **ORDINATEUR QUANTIQUE**
L'invention la plus folle
de tous les temps

55 Les 5 projets qui révolutionnent le calcul

60 L'invention d'une nouvelle informatique

Science & découvertes

66 **Primatologie**

King Kong a existé!
Il a disparu il y a 100 000 ans!

69 **Géophysique**

24 mai 2002, le jour où le vent
solaire s'est arrêté

72 **Astronomie**

Les nouveaux mystères de Pluton

80 **Climatologie**

Bombe méthane: la menace
climatique s'éloigne

Science & techniques

86 **Médicaments**

Le pouvoir guérisseur des venins
bientôt en pharmacie

92 **Diagnostic médical**

Miroir, miroir, suis-je en bonne
santé?

96 **Accident nucléaire**

Cinq ans après Fukushima,
où sont passés les cœurs fondus?

Science & futur

102 Capturer l'énergie solaire au-delà des nuages est à l'étude; un avion-taxi qui fonctionnera à l'hydrogène; une île artificielle pour désacidifier les océans; des bactéries pourraient être à la base d'une alimentation sur Mars; la douche "perpétuelle" utilisera un minimum d'eau; la production de microalgues va s'installer sur des façades de bâtiments; un drone pourrait guider un hélicoptère bombardier d'eau sans pilote...

La science & la vie

Science & société110 **Accouchements:**

ils sont trop médicalisés

114 Fruits et légumes: leur valeur nutritive n'est pas forcément moindre qu'avant

116 **Mortalité en France:**

pourquoi elle a bondi en 2015

Science & vie pratique118 **Bon à savoir**120 **Technofolies**124 **Questions/Réponses****Science & culture**130 **A voir / à lire**

132 Il y a... 20 ans: le 20 mars 1996, la "vache folle" sema la panique en Europe



Voyez le danger venir

NOUVEAU FORD **S-MAX**

> **Caméra avant grand angle**

Profitez d'une seconde paire d'yeux sur la route avec la Caméra avant grand angle* qui sent venir le danger à chaque coin de rue. Venez essayer cette technologie et bien d'autres chez votre concessionnaire Ford.

Ouvrez votre application Shazam, appuyez sur le bouton de l'appareil photo et scannez le visuel pour découvrir les innovations du Nouveau Ford S-MAX.

* Option disponible sur version Titanium.

Consommations mixtes (l/100 km) : 5,0/7,9. Rejets de CO₂ (g/km) : 129/180 (données homologuées conformément à la Directive 80/1268/EEC amendée).

Ford France, 34, rue de la Croix de Fer - 78122 St-Germain-en-Laye Cedex. SIREN 425 127 362 RCS Versailles.

ford.fr



SHAZAMER POUR PROLONGER
L'EXPÉRIENCE FORD S-MAX



Go Further

Forum

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

Le CO₂, un gaz marginal?

Dans votre article sur le réchauffement "COP21 : réduire les émissions ne suffira pas!" (S&V n°1179, décembre 2015), vous nous dites que l'humanité rejette 50 milliards de tonnes d'équivalent CO₂, quantité dont le gigantisme frappe à dessein les esprits. Mais il n'est jamais mentionné dans

quel environnement de millions de milliards de tonnes d'azote, oxygène, hydrogène qui composent notre ciel ces rejets sont réalisés... Vous vous gardez bien de mettre ces deux valeurs en présence. Pourquoi?

Philippe Chesnay,
Neuilly-sur-Seine



SV Votre remarque fait mouche... si on se limite à la seule masse des gaz. De fait, les rejets industriels paraissent marginaux au regard des

quelque 5 millions de milliards de tonnes que pèse l'atmosphère terrestre. Tandis que la concentration de CO₂ dans l'air n'est actuellement que de 0,04 %. Cela n'en fait pas pour autant une molécule anecdotique puisque, faut-il le rappeler, sa structure lui permet d'absorber une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre; un "effet de serre" auquel ne participent ni l'azote ni l'oxygène.

A contrario, la présence discrète de CO₂ pose un sérieux problème aux géoingénieurs qui devront brasser 1,4 million de tonnes d'atmosphère pour extraire 1 tonne de CO₂.

Merci pour votre analyse des traumatismes auxquels sont soumis les Français suite aux attentats.

"Du coup, cela va déjà un peu mieux", pour reprendre la conclusion de votre excellent article.

Daniel Robert, Nantes

Orgasme: gare au préjugé!

J'ai été choqué par l'article sur l'orgasme féminin (n°1180, p. 92). Vous dites que côté masculin, l'orgasme incite à engendrer une plus grande descendance. N'est-ce pas là un préjugé sexiste sous couvert de science?

Dr Jean Sarfati, Aix-en-Provence

SV Détrompez-vous! Si la raison d'être de l'orgasme féminin reste mystérieuse (aucun lien n'a été établi avec les chances de gros-

sesse), l'orgasme masculin, lui, coïncide avec l'éjaculation... et donc les chances de reproduction (voir aussi notre enquête dans le Hors-série n°258, p. 84).

Viande rouge : et le reste de la filière ?

Dans votre article “Viande rouge cancérogène: on peut très bien s’en passer” (S&V n°1180, p. 110), il aurait fallu analyser les répercussions sur toute la filière. Par exemple, les produits laitiers: pour induire une lactation chez la vache, il faut une gestation et une naissance, donc un accroissement du nombre d’animaux si on exclut une valorisation bouchère. Devrait-on envisager un “cracking” des viandes pour recycler les “farines”? Ou des euthanasies massives à des fins énergétiques? La remise en cause d’organisations séculaires n’est pas si simple.

Pascal Bassanetti, Le Castéra (31)

La délicate chimie des pluies acides

Dans votre rubrique “Questions Réponses”, vous incriminez l’ammoniac comme l’une des sources d’acidification des pluies. Auriez-vous l’obligeance de m’indiquer par quelle série miraculeuse de réactions chimiques l’ammoniac dans l’eau produit plus d’ions H^+ que d’ions OH^- ? Merci d’avance, je mourrai moins bête ayant révisé ma chimie de 2^{nde}.

François Samec, internet

S&V Vos souvenirs de classe de chimie sont bons. Plus une solution contient des ions H^+ ,

plus elle est acide, avec un pH (“potentiel hydrogène”) inférieur à 7; moins elle en contient, plus elle est basique, avec un pH supérieur à 7. Or l’ammoniac, très soluble dans l’eau, forme avec celle-ci de l’ammoniaque, dont le pH est 11,6, donc nettement basique. Mais vous oubliez qu’il n’y a pas que les ions H^+ qui acidifient une solution. Il existe d’autres types d’acides, comme l’acide nitrique (HNO_3). Et il se trouve qu’une fois exporté dans l’atmosphère, l’ammoniac peut justement être transformé en acide nitrique...

On en reparle



L'ÉTERNEL RETOUR DE LA PLANÈTE FANTÔME

Une neuvième planète cachée aux confins du système solaire: l'annonce a fait grand bruit dans les médias et sur le Net en janvier. En réalité, il s'agit d'une hypothèse... dont nous vous avons déjà parlé dès juillet 2014 (S&V n° 1162, p. 84)! À l'époque, c'est la découverte d'un petit astre lointain, 2012 VP113, qui avait mis en émoi les astronomes. Les anomalies de sa trajectoire, ainsi que celle d'autres objets lointains, pouvaient s'expliquer par l'influence gravitationnelle d'une planète géante, si lointaine qu'on n'aurait pas encore été en mesure de l'observer.

Aujourd'hui, Konstantin Batygin et Mike Brown, de l'Institut de technologie de Californie, vont encore plus loin, en détaillant la trajectoire des six objets connus les plus éloignés du Soleil: de petits astres glacés aux orbites toutes inclinées de 30° par rapport au plan de l'écliptique, et confinées dans un même secteur du Système solaire. Selon eux, il n'y aurait que 0,007 % de chances que ce soit une coïncidence! Mais plutôt le signe d'une planète d'au moins 10 fois la masse de la Terre, 20 fois plus distante que Neptune, et dont la période de révolution serait de 20 000 ans! Cette étude est certes la plus solide en faveur de l'existence d'une neuvième planète, mais l'emballement qu'elle a suscité était sans doute disproportionné. Car le problème reste le même: pour que l'existence de la planète X soit confirmée, il faudra l'observer. Pour de vrai.

Benoît Rey

Fonctionnaires, rejoignez la CASDEN Banque Populaire, une banque différente !



À LA CASDEN BANQUE POPULAIRE, L'ÉPARGNE DE TOUS
PERMET À CHACUN DE RÉALISER SES PROJETS.

Comme plus d'un million de Sociétaires, faites le choix de ce modèle bancaire unique,
ouvert aujourd'hui à toute la Fonction publique.

Rencontrez votre conseiller en agence Banque Populaire
ou renseignez-vous sur banquepopulaire.fr ou casden.fr



CASDEN Banque Populaire, la banque coopérative de toute la Fonction publique



Les insectes sont-ils encore des invertébrés ?

Dans votre article passionnant sur les apports de l'étude du cerveau des insectes (S&V n°1180, p. 72), vous désignez à plusieurs reprises les insectes comme des "invertébrés". Or, il me semblait que dans la nouvelle classification, on ne désignait plus les êtres vivants par ce qu'ils n'ont pas (ici, des vertèbres) mais par leurs caractères propres (un squelette externe). Pourriez-vous m'éclairer sur l'utilisation de cette nouvelle classification dans les milieux scientifiques ?

Clotilde Martin, Poitiers

SV En effet, au même titre que les "poissons" ou les "plantes sans fleurs", les "invertébrés" sont désormais bannis de la terminologie scientifique par les classifications modernes, basées sur les degrés d'apparentement des êtres vivants, ou phylogénie. "Ces termes, bien que très anciens et encore très usités, ne recouvrent pas de réalité biologique et évolutive", admet Philippe

Grandcolas, directeur de l'Institut de systématique, évolution, biodiversité du Muséum national d'histoire naturelle. *Ils sont utilisés par la force de l'habitude, y compris dans certains documents scientifiques. Mais, en règle générale, tous les évolutionnistes savent qu'ils ne représentent plus rien de réel ni de cohérent. C'est un conflit classique en terminologie entre usage (communication facile) et cohérence scientifique (communication exacte).*

En l'occurrence, le changement d'appellation de ce que l'on appelait les "invertébrés" repose sur la prise en compte de caractères dérivés originaux. "Les vertébrés sont définis par la possession de vertèbres, ce qui est une acquisition nouvelle, et l'absence de vertèbres ne caractérise pas les invertébrés car il s'agit d'un manque ancestral qui ne rassemble donc pas tous les descendants d'un même ancêtre", précise Philippe Grandcolas. Une fois de plus, les invertébrés nous donnent des leçons !

On en reparle



CANNABIS : LE DÉBAT EST RELANCÉ

Il y a trois ans, nous alertions sur les dangers pour le cerveau de la consommation de cannabis à l'adolescence (voir S&V n°1145, p. 70). Un nombre croissant d'études suggéraient en effet que cette drogue perturbait le développement de la matière grise pendant cette période charnière de la vie, au point d'augmenter le risque de schizophrénie et de diminuer le quotient intellectuel (QI) de plusieurs points... La controverse sur la responsabilité directe du cannabis dans ces troubles psychiatriques et cognitifs semblait alors dépassée. Mais, en janvier dernier, des chercheurs américains ont réinterrogé les liens entre cannabis et QI. En comparant des centaines de jumeaux qu'ils ont suivis durant tout au long de leur adolescence, ils n'ont observé aucune différence patente dans leur développement intellectuel quand seul l'un des deux fumait du cannabis. Et les auteurs en ont conclu, revenant ainsi à l'hypothèse qui prévalait avant les études de 2012, que les liens entre cannabis et baisse de quotient intellectuel seraient seulement indirects (il faudrait tenir compte également de l'environnement socio-économique, familial...). Le débat est donc relancé, même si Madeline Meier, auteur de la précédente étude, rappelle que son travail concernait "des individus avec un usage du cannabis bien plus ancien et problématique".

Elsa Abdoun

La boutique SCIENCE & VIE

Plus de

400

► Livres

► Objets scientifiques

► Idées cadeaux

www.laboutiquescienceetvie.com



ORIGINE
FRANCE®
GARANTIE
BV Cert. 6033203

PEUGEOT 508

LA ROUTE EST SON TERRITOIRE



À partir de
299€ /mois

**3 ANS D'ENTRETIEN INCLUS
SANS CONDITION DE REPRISE
APRÈS UN 1^{ER} LOYER DE 3 300 €**

NOUVEAU MOTEUR
2,0L BlueHDi 180

NOUVELLE BOÎTE
AUTOMATIQUE EAT6

NAVIGATION AVEC
ÉCRAN TACTILE

PEUGEOT RECOMMANDE TOTAL Consommation mixte (en l/100 km) : de 3,8 à 4,4. Émissions de CO₂ (en g/km) : de 99 à 114.

Exemple pour la LLD d'une Peugeot 508 berline Access 1,6L BlueHDi S&S BVM6 120 neuve hors options, incluant 3 ans d'entretien. **Modèle présenté** : Peugeot 508 Allure 1,6L THP 165 S&S BVM6 option peinture métallisée : **419 €/mois après un 1^{er} loyer de 4100 €**. Montants exprimés TTC et hors prestations facultatives. Offre non cumulable valable du 02/01/16 au 31/03/16, réservée aux particuliers pour toute LLD d'une Peugeot 508 neuve dans le réseau Peugeot participant, sous réserve d'acceptation du dossier par PEUGEOT FINANCE - Loueur : CREDIPAR, SA au capital de 138 517 008 €, RCS Nanterre n° 317 425 981 - 12, avenue André-Malraux, 92300 Levallois-Perret. Le PCP Entretien Plus peut être souscrit indépendamment de toute LLD aux conditions disponibles dans le réseau Peugeot participant.

PEUGEOT 508

MOTION & EMOTION



PEUGEOT

CRISPR-Cas9: un outil "magique", mais à quel point?

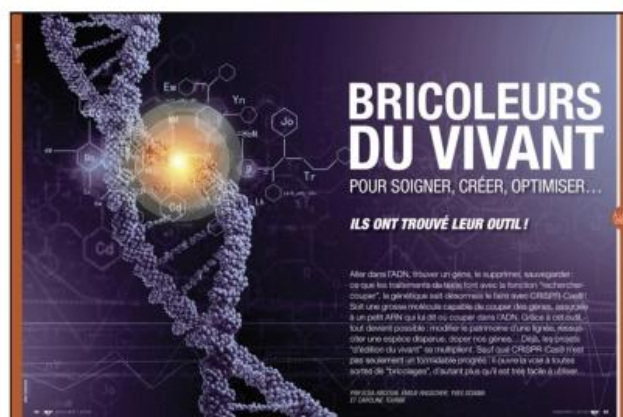


Merci pour votre article sur les "bricoleurs du vivant" (S&V n°1180, p. 44). Vous y exposez très clairement comment une protéine CRISPR-Cas9 corrige l'ADN d'une cellule. Mais j'aimerais une explication aussi claire et simple sur la généralisation de ce processus à toutes les cellules défectueuses d'un corps. Car, en cas de besoin, il y a sûrement plus d'une cellule défectueuse à soigner dans un corps. Faut-il autant de protéines CRISPR-Cas9 que de cel-

lules défectueuses? Ou bien les cellules corrigées se développent au détriment des cellules défectueuses?

Sylvie Schwartz, Nogent-sur-Mame

S&V Même si les essais n'ont pas encore commencé sur l'homme, les médecins savent déjà qu'ils pourront envisager deux grandes stratégies pour réaliser des opérations de thérapie génique à l'aide du nouvel outil CRISPR-Cas9. La première consiste



à traiter les cellules malades en laboratoire, en injectant l'outil dans chaque cellule prélevée sur un malade, puis à les mettre en culture avant de les réinjecter au patient pour soigner l'organe malade (moelle osseuse, rétine, cerveau...). La

deuxième nécessite d'injecter directement l'outil génétique dans les cellules présentes dans l'organisme du malade. Sachant que traiter directement des cellules souches ou "précurseurs" d'un tissu permettrait plus facilement de le régénérer.

SCIENCE & VIE

Une publication du groupe

MONDADORI FRANCE

PRÉSIDENT: Ernesto Mauri

RÉDACTION

8, rue François-Orly
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 Nouryigat, Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION

Anne Riera, Clara Baudel

MAQUETTISTES

Valérie Samuel-Charrier (1^{re} maquettiste),
Elisabeth de Garrigues

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Anne Levy (chef de service photo),
Katia Davidoff, Boris Bellanger
(chef de service infographie)

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy, Frédéric Vladislav

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, K. Bettayeb, L. Blancard,
P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois, F. Cadu,
O. Capronnier, T. Cavallé-Fol, G. Cirade,
A. Dagan, O. Donnars, S. Fay, F. Gracci,
M. Grousson, C. Hancock, R. Konicoff,
M. Kontente, O. Lapirot, A. Le Touze,
C. Martin, E. Monnier, N. Picard, E. Picard,
A. Pihen, A. Rambaud, B. Rey, Y. Sciama,
G. Siméon, 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

Gilliane Douls, Mathilde Janier-Bonnichon,
Michèle Guillot

PUBLICITÉ

Valérie Caray (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

(info@publieurope.com -
44 (0)20 7927 9800);

Allemagne: Publieurope Munich

(info@publieurope.com
0049 89 2908150);

Suisse: Publieurope Lausanne

(info@publieurope.com
0041 21 323 3110);

Espagne: Publimedia Madrid

(info@publimedia-madrid.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-Orly

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: mars 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-Orly,

92543 Montrouge Cedex

Par mail: sev.lecteurs@

mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES

ET VPC

Tel.: 01 46 48 48 83

Contact@laboutiquesciencesetvie.com



actus

> Les astronomes ont débusqué trois filaments de matière ordinaire cachée (les taches roses en périphérie de l'image) autour de l'amas de galaxies Abell 2744.

COSMOLOGIE

ENFIN, LA MATIÈRE MANQUANTE DE L'UNIVERS SE DONNE À VOIR

"Nous avons eu de la chance, s'exclame Mathilde Jauzac. Nos observations ont été très peu contaminées par les rayons cosmiques, le Soleil était très calme... Les conditions étaient parfaites!" Avec une équipe internationale, cette astronome de l'université de Durham (Royaume-Uni) vient d'observer pour la première fois la matière

manquante de l'Univers. Les simulations le prédisaient: le cosmos devait abriter de grandes quantités de matière, certes visible (pas la fameuse matière noire, donc), mais émettant tellement peu de lumière qu'aucun télescope n'avait encore pu en capturer la trace. Elle devait même représenter 50 %

de la masse totale de matière visible et prendre la forme de gigantesques filaments de gaz liant les amas de galaxies dans une toile à grande échelle... Ce sont trois de ces filaments qui viennent d'être débusqués, grâce à *XMM-Newton*, un télescope spatial à rayons X, autour d'un amas de galaxies nommé Abell 2744. La température de ses gaz s'élève jusqu'à

10 millions de degrés, sa densité représente 10 % de la masse totale des filaments... exactement comme prédit par les simulations. *"Tout concorde!"*, conclut Mathilde Jauzac. Reste à vérifier qu'Abell 2744 n'est pas un cas particulier, en dénichant des filaments de matière cachée autour d'autres amas. **M.F.**

PHYSIQUE

L'ÉLECTRON EST TOUJOURS IMMORTEL

La durée de vie d'un électron est d'au moins 66 milliards de milliards de milliards d'années. Telle est la conclusion d'une expérience menée par une équipe internationale à l'aide du détecteur sous-terrain Borexino, en Italie. Il s'agit d'une sphère d'acier de 18 m de diamètre, tapissée de 2212 photomultiplicateurs et remplie d'un hydrocarbure. Les physiciens y scrutaient l'éventuelle désintégration d'un des électrons du liquide en un neutrino et un photon, à l'énergie de 256 keV, que les photomultiplicateurs avaient pour rôle de détecter.

Mais après 408 jours... rien. Pas un seul des quelque 100 000 milliards de

milliards de milliards d'électrons présents dans la cuve ne s'est désintégré. Statistiquement, cela signifie que l'électron a une durée de vie d'au moins 66 000 yotta ans, soit 100 fois plus que ce que l'on pensait. Et ce n'est pas anodin. Car le but ultime de l'expérience était de mettre à mal le modèle standard de la physique des particules, qui prévoit la conservation de la charge électrique lors d'une désintégration. *"La transformation d'un électron en un neutrino et un photon non chargés aurait violé ce principe"*, explique Didier Kryn, de l'université Paris 7. Mais il a été parfaitement respecté. Le modèle standard tient bon! **B.R.**



> En 408 jours, aucune désintégration d'électron n'a été détectée par les photomultiplicateurs, d'où cette nouvelle statistique sur leur longévité.

ÉVOLUTION

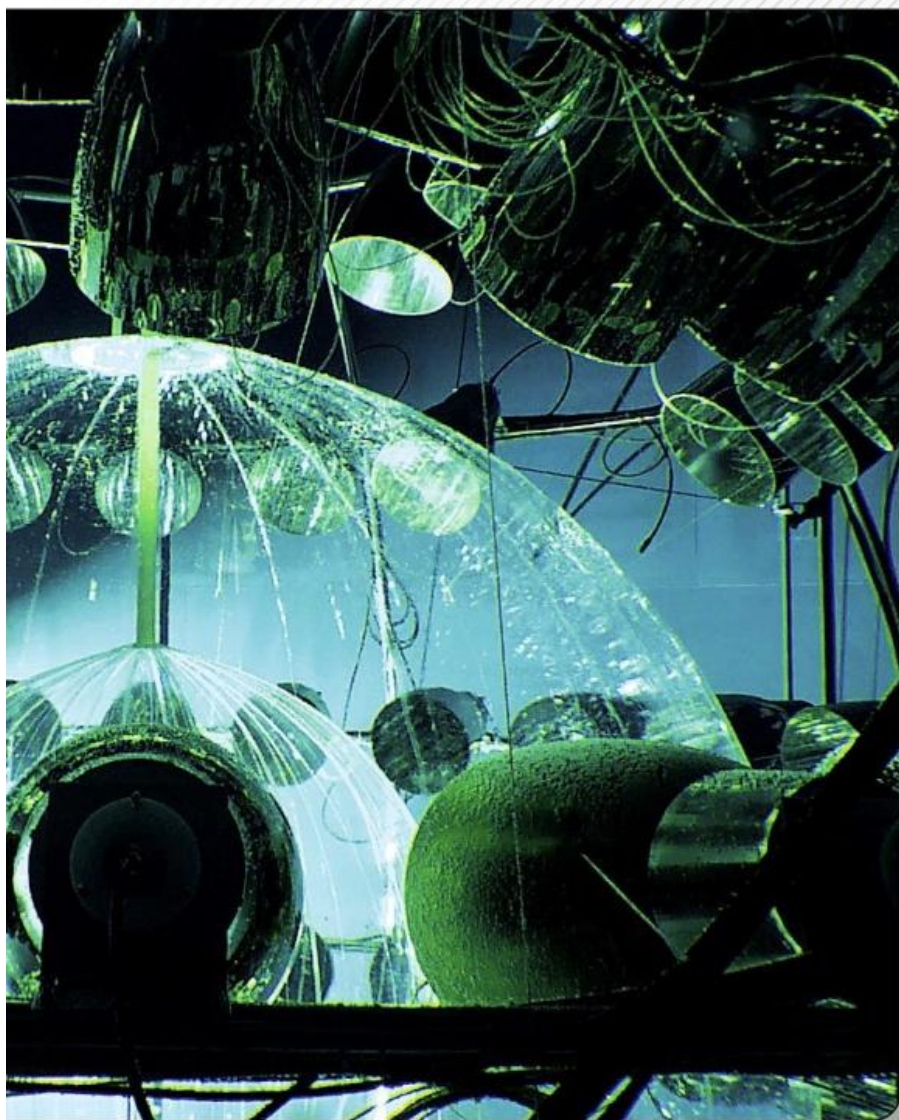
Un ver change de bouche selon sa nourriture

L'équipe du chercheur allemand Ralf Sommer (Institut Max-Planck, Tübingen) a découvert que trois espèces de nématodes d'un même genre (*Pristionchus*), vivant dans les figues, à La Réunion, en Afrique du Sud et au Vietnam, présentent une étonnante particularité: bien que leurs gènes soient identiques, ces individus peuvent présenter cinq morphologies, avec notamment différents types de bouche correspondant à divers régimes alimentaires, ce qui permet à ces vers d'occuper plusieurs niches écologiques. **C.H.**



^ Une même espèce de nématodes, 2 bouches possibles (sur 5).

BOREXINO - V.SUSOV/J.BERGER - GETTY



ÉTHOLOGIE

Chez les oiseaux aussi, on discute pour se répartir les tâches parentales

Pour se partager les soins parentaux de manière équitable, et notamment le temps passé à couvrir, les couples de diamants mandarins "discutent". C'est ce que révèlent quatre chercheuses françaises. Quand le mâle, parti en quête de nourriture, revient en retard pour remplacer sa partenaire restée au nid, l'échange vocal est plus court et rapide que quand monsieur arrive à temps. Mieux : le contenu de cette "discussion" détermine la répartition des tâches à venir. Si bien que plus le mâle émet de cris, plus la femelle reviendra vite prendre la relève. S'il crie peu, alors madame prendra autant de temps que lui – si ce n'est plus – pour revenir. Il s'agirait d'un processus de négociation, où les oiseaux adaptent leur comportement en fonction de ce que lui dit le partenaire. **M.S.**



> Les couples de diamants mandarins se crient dessus... pour mieux organiser la couvaison des oisillons.

92%

C'est la proportion de planètes habitables qui ne sont pas encore nées dans l'Univers. En combinant les contraintes actuelles sur la formation des galaxies et les modèles de formation planétaire, une équipe du Space Telescope Science Institute, à Baltimore, a déterminé que seulement 8% du gaz d'hydrogène et d'hélium de notre Univers s'est concentré pour donner naissance à des étoiles et des planètes. Au cours des dizaines de milliards d'années qu'il reste à l'Univers, il devrait encore accoucher, au bas mot, de quelque 900 milliards de milliards de planètes.

M.F.



ARCHÉOLOGIE

LA GROTTTE CHAUVET CACHERAIT DES ÉRUPTIONS GRAVÉES

Certaines fresques de la grotte Chauvet représenteraient des fontaines et des coulées de lave... Telle est l'hypothèse avancée par une équipe de géologues et de préhistoriens français. Perchés sur les gorges et collines surplombant la grotte ardéchoise, les artistes auraient effectivement pu voir des boules de feu illuminant le ciel de la région. Car à 40 km au nord-ouest de la grotte, dans le Bas-Vivarais, plusieurs volcans étaient en activité il y a 36 000 ans, époque probable de l'occupation de la grotte.

Pour s'en assurer, les scientifiques ont daté ces dessins, la plupart tracés au doigt dans une pâte

calcaire. *"Ces traces ne se prêtent pas à la datation au carbone 14, explique Sébastien Nomade, du laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement, à Gif-sur-Yvette. Mais nous avons eu la chance que certains dessins soient recouverts par celui d'un Megaloceros, un daim de grande taille, tracé au charbon de bois, qui, lui, est datable au carbone 14."* Résultat : les datations recoupent les mesures géologiques du Bas-Vivarais.

Ce qui ferait des illustrations de Chauvet les plus anciennes et les plus significatives représentations d'une éruption volcanique.

O.D.



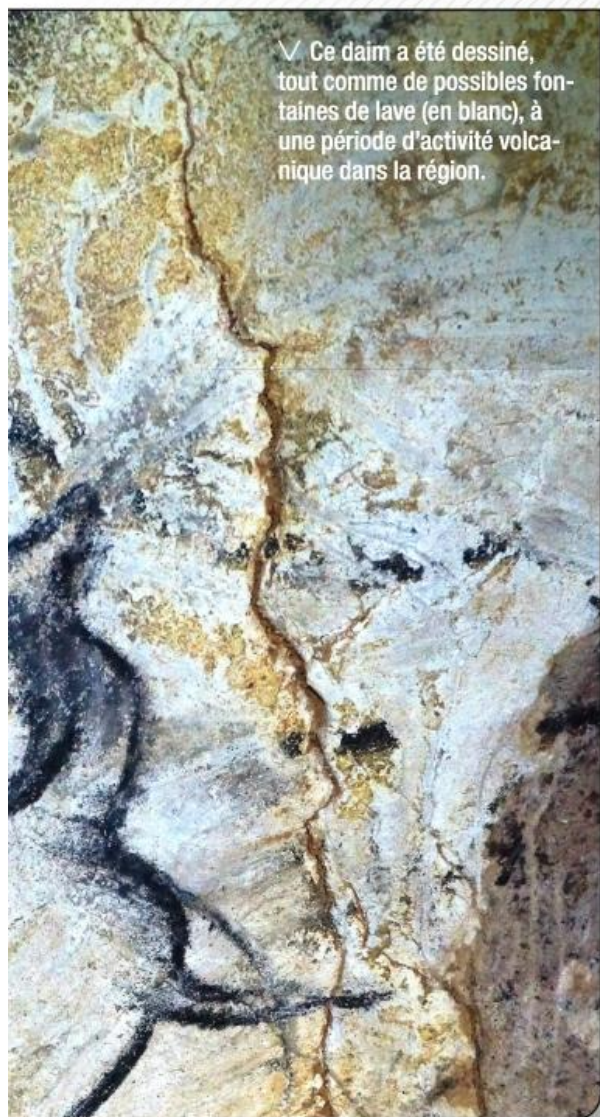
✓ Champion toutes catégories du tir de langue, il happe sa proie en 20 millisecondes !



PHYSIOLOGIE ANIMALE

Ce caméléon tire une

Rhampholeon spinosus, une espèce de petit caméléon, n'a besoin que de 20 millisecondes pour attraper un grillon. Sa langue accélère de 0 à 97 km/h en un centième de seconde, et se déploie sur une distance égale à 2,5 fois celle de son corps ! C'est la plus grande accélération, mais aussi la plus forte puissance par kilo de muscle, non seulement de tous



✓ Ce daim a été dessiné, tout comme de possibles fontaines de lave (en blanc), à une période d'activité volcanique dans la région.

langue hyperpuissante

les reptiles, mais aussi de tous les oiseaux et les mammifères. Son secret ? D'après le chercheur américain à l'origine de l'étude, l'animal charge l'énergie nécessaire dans des tissus élastiques de sa langue, ce qui démultiplie sa force. Et au moment opportun, il contracte ses muscles de langue comme un archer tend son arc, puis les relâche pour attraper sa proie.

M.S.

ON DORT MOINS MAIS MIEUX QUE LES ANIMAUX

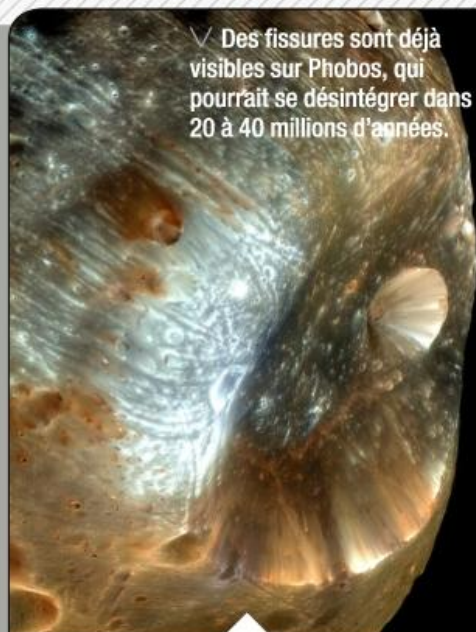
Avec 7 h par nuit en moyenne, les humains dorment moins que les animaux qui leur sont les plus proches. Mais leur sommeil, d'après des scientifiques américains, est plus efficace, avec plus de temps de sommeil profond. M.S.

LES EXOPLANÈTES ONT ENFIN DE VRAIS NOMS

Thetis : c'est le nom officiel de l'exoplanète que l'on appelait Beta Geminorum b, Polux B ou HD 62509 b. L'Union astronomique internationale a organisé un vote public, fin 2015, pour rebaptiser 31 planètes et 14 étoiles. B.R.

LES ROMAINS N'ÉTAIENT PAS SI PROPRES

Malgré leurs bains publics, égouts et aqueducs, les Romains étaient tout autant infestés de parasites intestinaux, poux et puces que leurs prédécesseurs, d'après divers prélèvements dans des latrines et des tombes... T.C.-F.



✓ Des fissures sont déjà visibles sur Phobos, qui pourrait se désintégrer dans 20 à 40 millions d'années.

PLANÉTOLOGIE

Phobos explosera en un anneau martien

Les jours de Phobos sont comptés. D'après Benjamin Black et Tushar Mittal, de l'université de Californie, à Berkeley, dans 20 à 40 millions d'années, cette petite lune de Mars de 27 km de long se déchirera et formera un anneau autour de sa planète ! C'est la proximité entre les deux (seulement 6 000 km) qui condamne Phobos : la gravité qu'elle subit sur sa face la plus proche de Mars est sensiblement plus forte que sur sa face opposée. D'où des tensions mécaniques constantes, qui la font se rapprocher ; lorsqu'elle ne sera plus qu'à 4 000 km, les contraintes seront telles qu'elle se déchirera brutalement en une myriade de petits morceaux. En quelques jours, ils dessineront autour de la planète rouge un magnifique anneau de roches. Selon les chercheurs, le processus est déjà enclenché : les images prises par la sonde Mars Reconnaissance Orbiter révèlent en effet de longues fissures sur la petite lune.

B.R.

D.GENTY - DR - NASA/JPL-CALTECH/UNIV. OF ARIZONA



✓ Ces traces (en vert) pourraient avoir été creusées par des théropodes lors de parades nuptiales.

PALÉONTOLOGIE

LES DINOSAURES PARADAIENT POUR SEDUIRE

En période d'accouplement, les dinosaures creusaient-ils de faux nids pour s'attirer les faveurs des femelles, à la manière de certains oiseaux actuels? C'est ce que suggère une étude américaine menée sur des traces fossiles provenant de plusieurs sites du Colorado, inscrites dans du grès d'environ 110 millions d'années. *"L'absence de coquilles d'œufs permet d'affirmer qu'il ne s'agissait pas de vrais nids*, argumente Dawid Surmik, paléontologue à l'université de Silesia en Pologne et l'un des auteurs de l'étude. *Les traces ne correspondent pas non plus à une recherche de*

nourriture. Or, si un comportement animal n'est pas lié à la prédation, il l'est forcément à la reproduction." Pour les auteurs, aucun doute: ces trous, pouvant aller jusqu'à 2 m de diamètre, étaient creusés lors d'une parade nuptiale par des théropodes, groupe de dinosaures bipèdes dont sont issus les oiseaux. Et cette cérémonie devait être un vrai rassemblement puisqu'on retrouve jusqu'à 60 traces sur un même site. *"Peut-être que cette danse était accompagnée par d'autres comportements amoureux, comme des vocalisations"*, ajoute Dawid Surmik. **T.C.-F.**

PSYCHOLOGIE

La notion du temps relève de capacités en maths

C'est entre 6 et 8 ans que se construit la notion du temps, selon une étude menée sur une centaine d'enfants par une équipe de l'Inserm. Cette aptitude découlerait à 75% de quatre compétences mathématiques: la connaissance académique des nombres (lire, écrire, calculer), la capacité à les placer sur une échelle, à les comparer rapidement à l'oral, et l'estimation de leur grandeur selon le contexte ("10" est-il grand si on parle d'enfants dans une famille? De feuilles sur un arbre?). **T.C.-F.**

➤ La fausse fiente d'antilope attire les bousiers, qui vont ainsi disperser les graines.



BIOLOGIE

Une plante travestit ses graines en crottes

Pour attirer les bousiers afin qu'ils dispersent ses graines, la plante *Ceratocaryum argenteum* a recours au mimétisme. Des chercheurs sud-africains se sont rendu compte que ses graines avaient l'apparence et l'odeur des fientes d'antilope, grand mammifère herbivore de la région. Si bien que les bousiers, coléoptères coprophages, les transportent et les enterrent pour les manger plus tard, ou pondre dedans. Les scientifiques n'ont découvert ni œuf ni dommage sur les graines: c'est donc que les bousiers se rendent compte de la duperie... mais trop tard, le travail de dispersion étant fait. **M.S.**

PMU.FR

SPORT

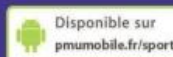
WATCH⁽¹⁾



PMU, 1^{ER} OPÉRATEUR DE PARIS⁽²⁾
SUR MONTRES CONNECTÉES

JUSQU'À
170€
OFFERT⁽³⁾

Téléchargez sur



(1) - Watch = Montre. (2) - 1^{er} opérateur de paris en France. (3) - Offre de bienvenue jusqu'à 170 € valable jusqu'au 31/03/2016 - Hippique : 50 % des enjeux recrédités dans la limite de 50 € / Sport : 1^{er} pari perdant recrédité, dans la limite de 100 € / Poker : 5 € à l'ouverture du compte + 15 € à la confirmation du compte. Voir détails et conditions de l'offre sur PMU.fr.

JOUER COMPORTE DES RISQUES : ENDETTEMENT, DÉPENDANCE... APPELEZ LE 09 74 75 13 13 (APPEL NON SURTAXÉ).

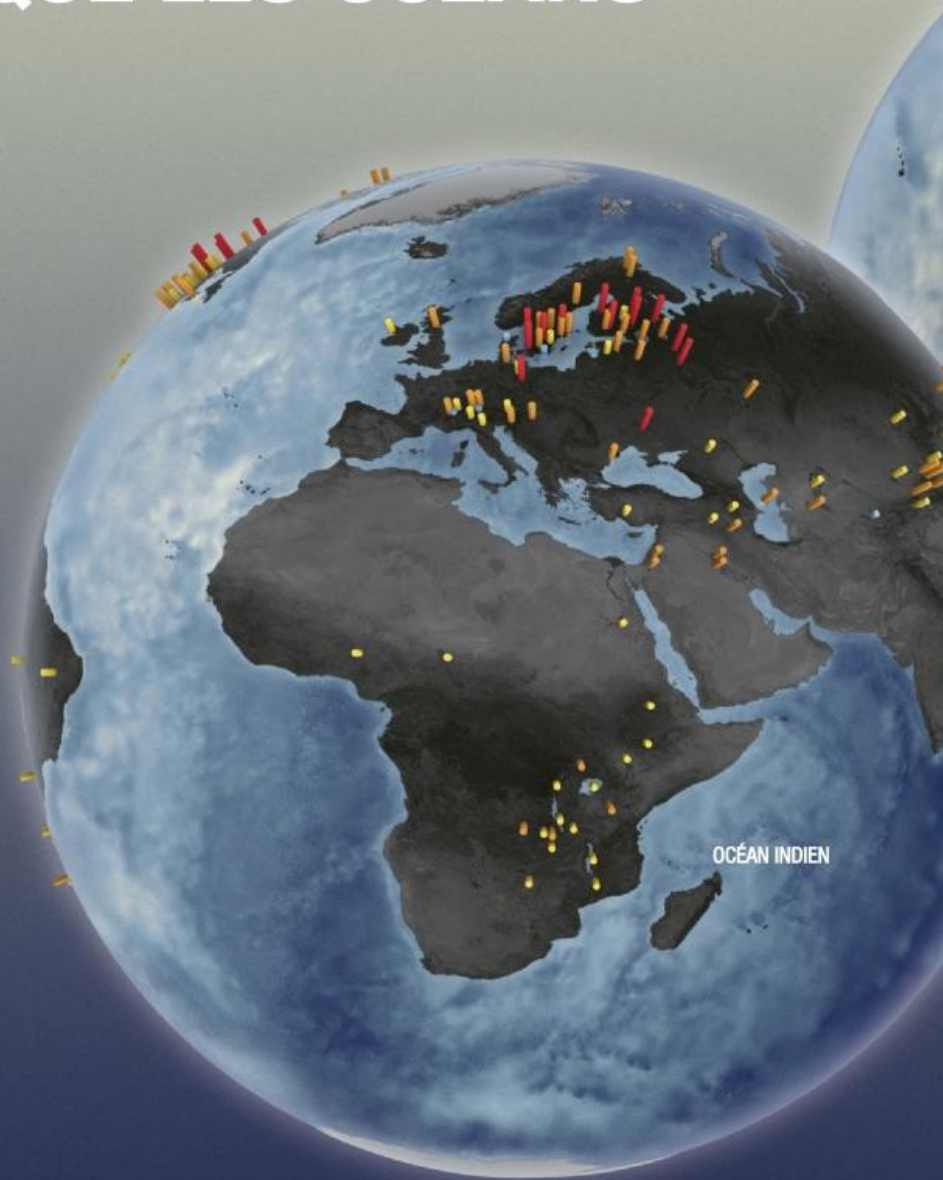
HYDROLOGIE

LES LACS SE RÉCHAUFFENT PLUS VITE QUE LES OCÉANS

Alors qu'il existe des courbes relativement précises du réchauffement des continents comme de celui des océans (les terres se réchauffant environ deux fois plus vite), les lacs du globe n'avaient jusqu'à présent fait l'objet d'aucune étude d'ensemble. Catherine O'Reilly, de l'université de l'Illinois, et ses collègues ont commencé à remédier à cette carence en recensant l'évolution, sur les 25 dernières années, de 235 lacs répartis sur les cinq continents. Les chercheurs se sont rendu compte que les lacs, en dépit d'une très grande variabilité, se réchauffaient rapidement, suivant une trajectoire bien plus proche de celle de la surface des continents que de celle des océans.

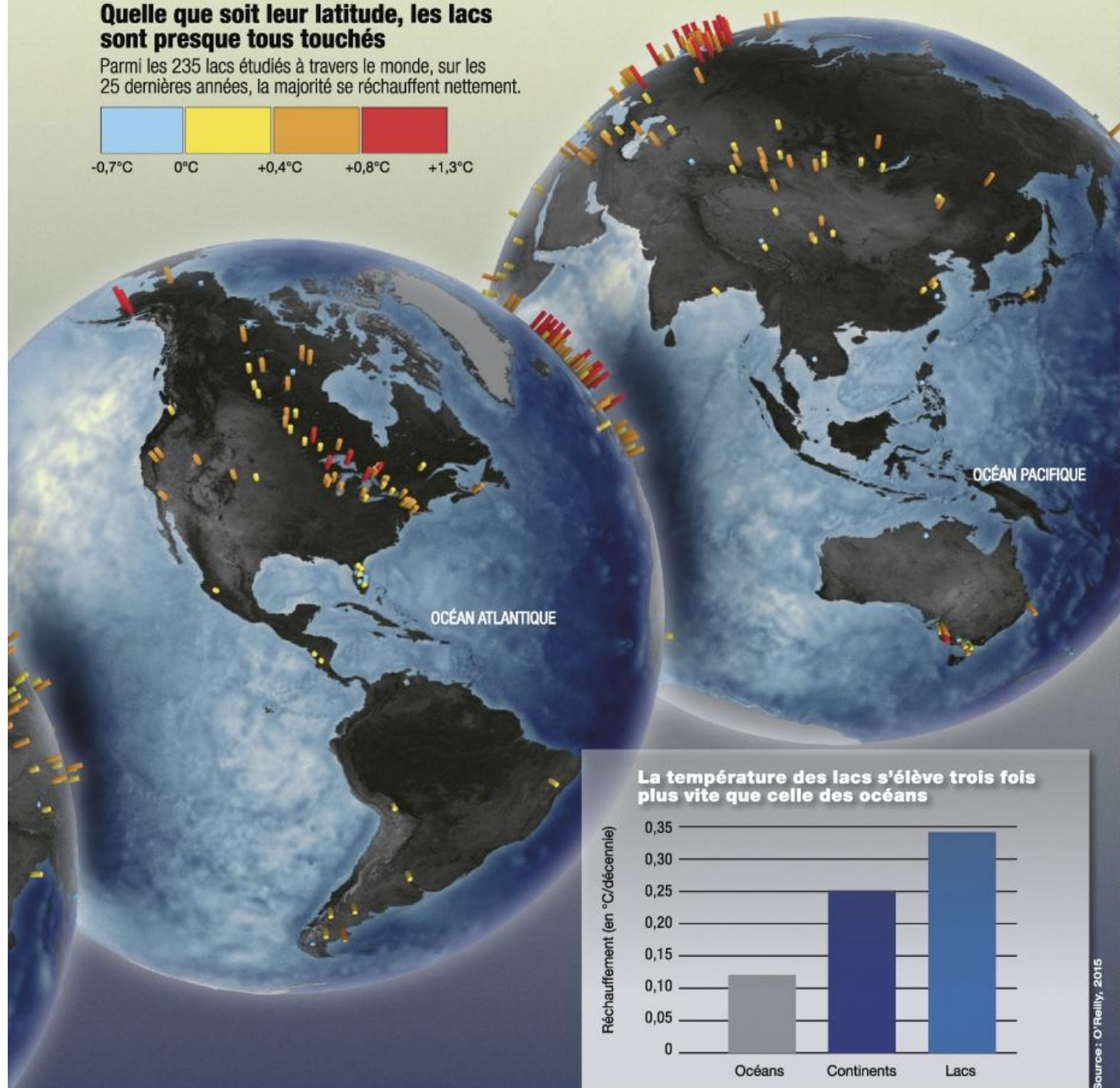
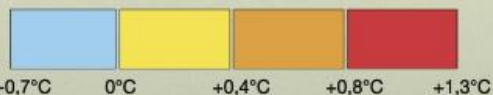
Sur l'échantillon relativement modeste de l'étude, leur réchauffement est même supérieur à celui de l'air continental, en moyenne. Une évolution inquiétante sur plusieurs plans, notamment celui de la biodiversité, précise la chercheuse. *"Ce réchauffement réduit en effet la quantité d'oxygène disponible pour les organismes et, en plus, il réduit le brassage de l'eau. C'est donc un bouleversement écologique bien plus grand que le réchauffement de l'air. De plus, les lacs étant des milieux fermés, les espèces ne peuvent pas migrer pour retrouver des conditions favorables."* **Y.S.**

G. CIRADE - M. KONTENTE

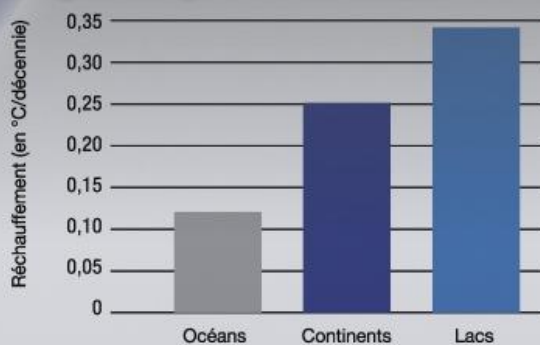


Quelle que soit leur latitude, les lacs sont presque tous touchés

Parmi les 235 lacs étudiés à travers le monde, sur les 25 dernières années, la majorité se réchauffent nettement.



La température des lacs s'élève trois fois plus vite que celle des océans



Source : O'Reilly, 2015

91 000 km³

C'est le volume d'eau douce contenue dans les lacs de la Terre (trois fois plus que dans les rivières).

0,007 %

C'est la part de l'eau contenue dans les lacs (l'eau est majoritairement salée, l'eau douce surtout souterraine).

117 400 km²

C'est la surface du plus grand lac de la Terre, le lac Michigan-Huron (Etats-Unis).

BIODIVERSITÉ

LA DISPARITION DES GRANDS ANIMAUX AGGRAVE LE RÉCHAUFFEMENT

Une étude saisissante vient de démontrer que le réchauffement climatique et la crise de la biodiversité sont liés. L'équipe de Mauro Galetti (université de São Paulo) a constaté que les extinctions de vertébrés, dans la partie atlantique de l'Amazonie, frappent sélectivement les plus grands animaux. Et ce pour deux raisons : la chasse d'abord, qui cible presque exclusivement les grands vertébrés (tapirs, pécaris, singes, toucans...), est responsable de 20 % des extinctions ; la fragmentation forestière ensuite, qui les fait disparaître en premier, puisqu'ils ont les plus grands besoins territoriaux. "Selon une de nos études

antérieures, 88 % de cette zone forestière a pratiquement été vidée de ses grands animaux", indique Mauro Galetti. Or, les chercheurs ont prouvé que la dispersion des graines des grands arbres à bois dur est principalement due aux grands vertébrés, car ce sont en général les arbres dont les fruits sont les plus gros. "L'élimination de ces grands animaux modifie donc la composition de la forêt : les grandes espèces à bois dense sont remplacées par des espèces plus basses au bois plus tendre. Ce qui abaisse d'environ 20 % la quantité de carbone totale stockée, et aggrave le réchauffement", précise le chercheur. **Y.S.**



450

C'est le nombre de barrages en construction ou en projet sur l'Amazonie, le Congo et le Mékong, les trois fleuves tropicaux dont la biodiversité est la plus élevée au monde. Or, une étude récente de l'université du Texas rappelle que la plupart de ces projets n'ont pas fait l'objet d'études d'impact sérieuses et suffisamment globales.

POLLUTION

C'est confirmé, il y a moins de mercure dans l'atmosphère

Une équipe américaine vient de résoudre une contradiction qui laissait les scientifiques perplexes : les émissions mondiales de mercure, qui se transforme en méthyl-mercure, un neurotoxique puissant, semblaient à la hausse alors que leurs mesures atmosphériques baissaient. Selon ces chercheurs, ce sont finalement les émissions qui étaient surestimées. L'orpaillage artisanal, qui utilise du mercure, n'a en effet pas augmenté, et les réglementations ont réussi à réduire les émissions des centrales à charbon et à éliminer le mercure des produits commerciaux. La baisse des émissions est désormais évaluée à 20 % depuis vingt ans. **Y.S.**



< Les grands arbres capteurs de CO₂ disparaissent avec les animaux (ici un capucin) qui assureraient leur dispersion en mangeant leurs fruits.



▽ Le taux de mercure relâché (ici par des centrales à charbon en Chine) a diminué de 20 % en 20 ans.

Drôle de science



Le pigeon vole plus vite dans l'air pollué

Doté d'un sens de l'orientation épatant, le pigeon voyageur est sans doute l'une des espèces animales les plus étudiées. Mais franchement, personne n'avait encore eu l'idée de mesurer sa vitesse de vol en fonction de la pollution atmosphérique. *"Cette question m'est apparue car je m'entraîne depuis l'année dernière au marathon en plein Los Angeles"*, confie Franck Courchamp, écologue à l'université de Californie. Son équipe vient d'analyser l'influence de la qualité de l'air sur le temps de parcours de 415 pigeons de course dans les plaines du nord de la Chine. Alors ? Dans une atmosphère saturée de particules, ces volatiles évoluent 22,7 % plus vite que dans un bon bol d'air, sans que soit entachée leur capacité à retourner au bercail ! Même si ce passage d'une moyenne de 55,6 km/h à 68,2 ne bouleversera pas le monde des messageries, ce résultat n'en reste pas moins renversant puisque les polluants n'influencent guère les propriétés aérodynamiques, perturbent le système respiratoire et brouillent la vue et l'odorat. Selon Franck Courchamp, *"une hypothèse serait que les pigeons sentent que la pollution leur est néfaste et les rend vulnérables, ce qui les inciterait à sortir de cette situation au plus vite"*. Et dire que, pendant les pics de pollution, les joggeurs sont invités à rester chez eux... **V.N.**

K.CAMPOS/GETTY - P.SOUDEIX/CORBIS - FOTOLIA - S.AQUINO



✓ Sur les Cévennes, l'intensité des plus fortes pluies (ici le 15 septembre 2014) augmente d'environ 4% tous les 10 ans.

MÉTÉOROLOGIE

LA FORCE DES PLUIES CÉVENOLES AUGMENTE AVEC LA TEMPÉRATURE

Les pluies sur les Cévennes, massif situé sous le vent humide et chaud de la Méditerranée, sont les plus intenses et destructrices d'Europe. Or, selon une analyse statistique menée par des chercheurs du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement et de Météo-France, l'intensité des pluies automnales les plus fortes augmente à un rythme d'environ 4% par décennie depuis les années 1950. Et la probabilité pour que surviennent des pluies dépassant 300 mm/jour, les plus catastrophiques, aurait triplé depuis 60 ans: "Leur temps de retour [la

fréquence théorique à laquelle elles devraient se produire en un point donné] est passé de près de 900 ans, dans les années 1950, à moins de 300 aujourd'hui", indique Robert Vautard, qui a dirigé l'étude. En cause? Selon les chercheurs, les précipitations intenses augmentent de près de 7% par degré supplémentaire. "Nous savons détecter cette tendance, prévient Robert Vautard, mais pas encore définir la part due au changement climatique. Car une partie de la hausse pourrait aussi être liée à des changements dans la composition des aérosols, ou autres." **Y.S.**

LES ARBRES DE CALIFORNIE EN DANGER

Images satellites et survols à l'aide d'un spectroscopie à guidage laser ont permis d'évaluer à 58 millions le nombre d'arbres californiens qui risquent de succomber aux quatre années passées de sécheresse et de chaleur. Soit 7% des arbres touchés.

CERTAINS BIO-CARBURANTS FAVORISENT LA BIODIVERSITÉ

Des chercheurs se sont penchés sur les effets environnementaux de la fabrication des bio-carburants: certaines cultures pérennes (peuplier ou *Miscanthus*), exploitées sans labour et avec peu de chimie, ont un effet favorable sur la biodiversité des sols.

TERRIBLE RÉÉVALUATION DU PLASTIQUE DES OCÉANS

La masse des fragments de plastique présents dans les océans atteindrait 240 000 t, soit 3 fois plus qu'on ne le pensait! Et il ne s'agit que des particules: la masse totale serait 100 fois supérieure...

ÉCOLOGIE

D'étranges colonies peuplent les lacs arctiques

Quelle ne fut pas la surprise d'une équipe de chercheurs de l'université américaine de Dartmouth en découvrant, au fond de toute une série de lacs groenlandais, d'énormes amoncellements de boules gélatineuses ressemblant à des tomates. Chacune de ces boules est en fait une colonie de cyanobactéries, rapportent les scientifiques, issue d'une cellule unique, dont suinte une toxine nommée microcystine. Les plus vieilles de ces colonies peuvent atteindre 25 ans. Les scientifiques ne comprennent pas encore comment de telles quantités de microbes ont pu se développer dans une eau aussi froide et pauvre en nutriments. **Y.S.**

✓ Ces boules gélatineuses ne sont pas des fruits... mais des colonies de cyanobactéries.



ÉVEILLEZ VOTRE CÔTÉ NOBLE



SUBARU

Confidence in Motion

NOUVEAU SUBARU OUTBACK



Racé et tout en souplesse avec sa boîte Lineartronic, l'Outback se révèle d'une douceur féline en toutes circonstances. Avec son moteur boxer Essence ou Diesel et ses 4 roues motrices permanentes, la puissance est là, disponible à tout moment. En ajoutant son système EyeSight, vous bénéficiez d'un dispositif de repérage des obstacles incroyable. L'œil du tigre en plus rapide...



REJOIGNEZ-NOUS SUR FACEBOOK

Gamme Outback à partir de 38 350 €. Modèle présenté : Outback 2.0D Luxury Eyesight (PM incluse) : 43 900 €. Tarif public au 1^{er} octobre 2015. Consommations et émissions de CO₂ (sur parcours mixtes) de la gamme Outback : de 5,6 à 7 l/100 km et de 145 à 161 g/km.



RETROUVEZ LA GAMME SUR SUBARU.FR

NOUVEAUTÉ 2016



SUBARU XV



FORESTER SPORT



OUTBACK



LEVORG



WRX STI



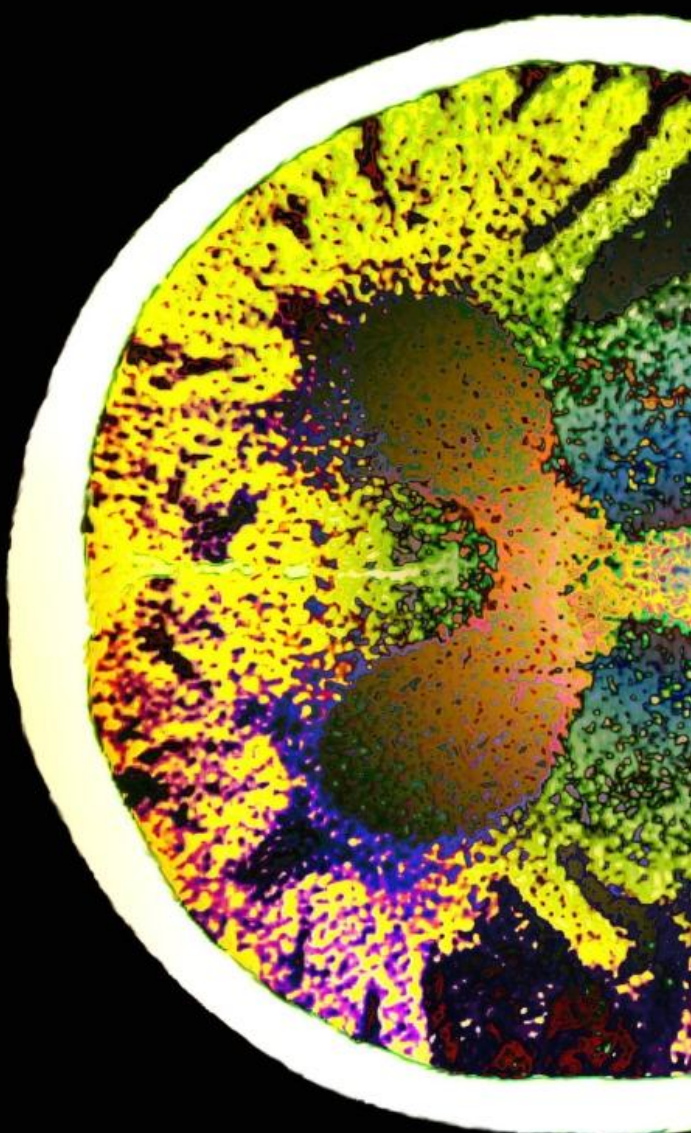
SUBARU BRZ

ÉPIDÉMIOLOGIE

LA POLLUTION DE L'AIR AGGRAVERAIT L'ALZHEIMER

On soupçonnait déjà la pollution aux particules fines de favoriser l'apparition des maladies neuro-dégénératives. Voici qu'une étude basée sur les données de santé de 9,8 millions d'Américains, âgés de plus de 65 ans et vivant dans 50 grandes villes de la côte nord-est des Etats-Unis, révèle qu'elle pourrait également accélérer la progression de ces pathologies. Pour arriver à cette conclusion, l'équipe de Marianthi-Anna Kioumourtoglou, à l'école de santé publique de Harvard, s'est penchée sur la corrélation entre le taux annuel de pollution aux particules fines dans chacune des 50 villes de l'étude et la première admission à l'hôpital de personnes

âgées atteintes de la maladie d'Alzheimer, de la maladie de Parkinson ou de démence, cette première admission étant considérée comme révélatrice de la progression de leur pathologie. Pour chaque hausse de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du taux de particules fines, le risque d'une première admission pour la maladie d'Alzheimer augmentait de 15 % ; pour la maladie de Parkinson et la démence, de 8 %. Comment expliquer ce lien ? La chercheuse avance une hypothèse principale : *"La pollution atmosphérique provoque à la fois des phénomènes d'inflammation et de stress oxydatif. Or, il a été montré que ceux-ci sont impliqués dans la progression de la neuro-dégénérescence."* C.H.



CHIRURGIE

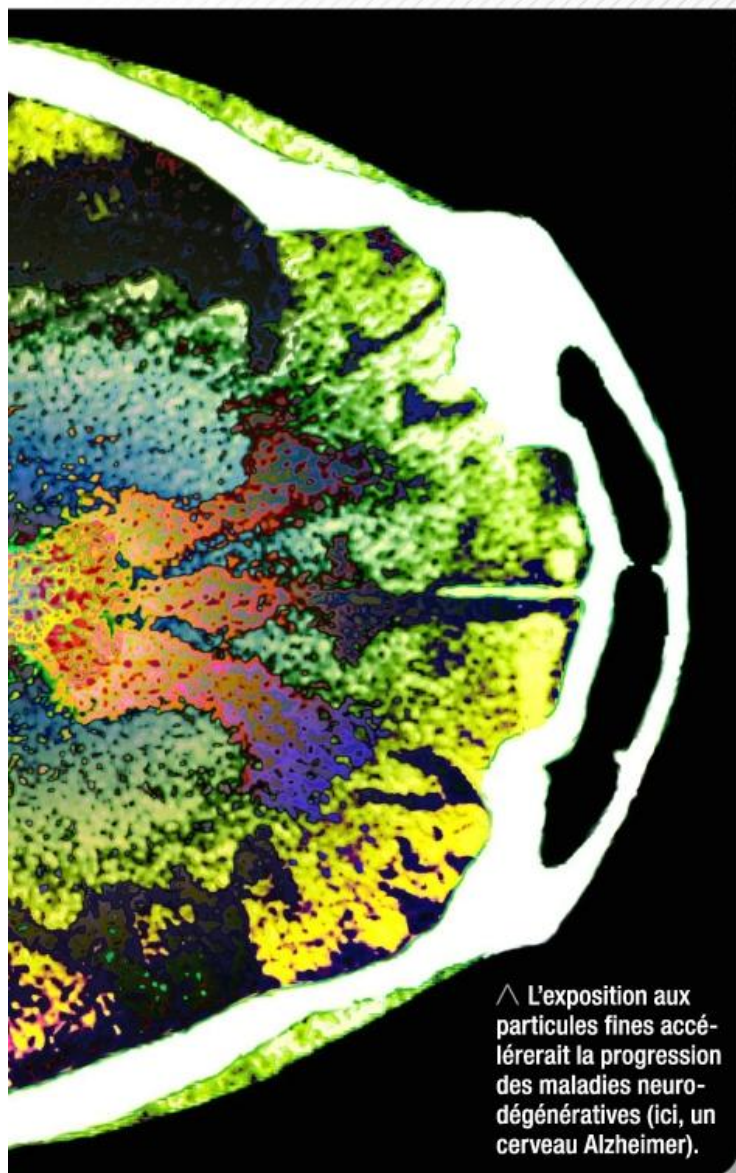
Une molécule fluorescente va aider à opérer les tumeurs

Révéler les cellules cancéreuses grâce à un marqueur fluorescent : utilisée au bloc opératoire, cette méthode pourrait aider à repérer et ôter la totalité d'une tumeur ! Une équipe de l'université Duke (Etats-Unis) travaille sur une nouvelle molécule, appelée LUM015, capable de se concentrer dans les tumeurs, où elle devient fluorescente. Testée sur la souris, elle a permis de réduire le risque de récurrence. Les premiers tests sur l'homme sont eux aussi encourageants : LUM015 s'avère pour l'instant peu toxique et cible bien les amas cancéreux. O.C.

PÉDIATRIE

Manger du fer ne fait pas toujours grandir plus vite

Le riz enrichi en vitamines et minéraux peut... ralentir la croissance des enfants ! C'est ce que révèle une étude de l'IRD menée sur 2000 petits Cambodgiens. L'explication ? L'adjonction de fer double le risque d'infection par des vers intestinaux. *"Le fer utilisé a l'avantage de ne pas modifier le goût du riz, mais il est mal assimilé, précise le chercheur Frank Wieringa. Il reste donc dans l'intestin, où il profiterait au parasite plus qu'à son hôte."* Les aliments fortifiés doivent donc être utilisés avec prudence, en particulier dans les zones où les parasitoses intestinales sont endémiques. O.C.



△ L'exposition aux particules fines accélérerait la progression des maladies neuro-dégénératives (ici, un cerveau Alzheimer).



< Au Cambodge, le riz enrichi en fer double le risque de parasitose.

Ça reste à prouver



On pourrait soigner les dépressifs en modulant leur voix

Pour savoir ce que nous ressentons, nous nous fions non seulement à notre "petite voix intérieure", mais aussi... à celle que nous percevons quand nous parlons à voix haute. C'est ce qu'ont démontré des chercheurs français, japonais et suédois grâce à un logiciel capable de modifier, de façon quasi instantanée, le ton de la voix, de manière à ce qu'elle semble plus gaie ou plus triste, par exemple. Le logiciel a été testé sur 112 volontaires, qui devaient lire un texte à voix haute et entendaient, dans un casque, leur voix modifiée à leur insu. Résultat : ceux à qui l'on a "renvoyé" une voix égayée ont vu leur humeur s'améliorer, tandis que l'effet inverse se produisait chez ceux qui s'entendaient plus tristes qu'ils ne l'étaient réellement. "Un tel système pourrait peut-être soigner les dépressifs, propose Jean-Julien Aucouturier, qui a mené les expériences. On peut aussi imaginer aider les personnes ayant vécu un événement traumatique en leur faisant raconter tout en diminuant l'anxiété dans le ton de leur voix." Mais avant d'en arriver là, il reste encore de nombreuses étapes, notamment "vérifier que cet effet persiste quand les personnes sont conscientes que leur voix a été modifiée".

E.A.



△ Utilisé en urgence, un masque à oxygène pourrait sauver des neurones.

NEUROLOGIE

UN GESTE SIMPLE LIMITERAIT LES SÉQUELLES D'UN AVC

Respirer dans un masque à oxygène dès les premiers signes d'un accident vasculaire cérébral (AVC) pourrait en limiter les séquelles. Cette méthode a en tout cas fait ses preuves sur des rats souffrant d'AVC ischémique (par obstruction d'une artère cérébrale). Privés d'oxygène tant que l'artère est bouchée, les neurones risquent la destruction par asphyxie, ce qui peut causer de lourds handicaps (paralysie, troubles du langage...). Pour limiter les risques, une équipe de chercheurs a placé des rats sous oxygène dès l'obstruction de l'artère et jusqu'à ce qu'elle soit débouchée,

quinze minutes plus tard : les rongeurs n'ont souffert d'aucune complication motrice et leur cerveau était pratiquement intact. *"En cas d'AVC, le cerveau n'est jamais totalement asphyxié grâce à ses nombreuses communications artérielles. Respirer directement de l'oxygène prolongerait la survie des neurones menacés"*, résume Jean-Claude Baron (Inserm), qui a mené les travaux. Si cette stratégie se révèle efficace chez l'homme, placer les victimes d'AVC sous oxygène deviendra peut-être un geste d'urgence aussi automatique que le massage cardiaque. **A.R.**

LA MATERNITÉ, UNE CURE DE JOUVENCE

Avoir plusieurs enfants ralentirait le vieillissement, révèle une étude : sur les 75 Guatémalèques suivies, celles avec le plus d'enfants présentaient les télomères (extrémités des chromosomes, qui raccourcissent avec l'âge) les plus longs. **A.R.**

LA PILULE MISE HORS DE CAUSE

La prise d'un contraceptif oral juste avant la grossesse, voire au tout début, ne provoque pas de malformation chez le nouveau-né, conclut une vaste étude danoise. Le risque reste le même : environ 25 pour 1 000. **T.C.-F.**

UN ROBOT-SPERMATOZOÏDE

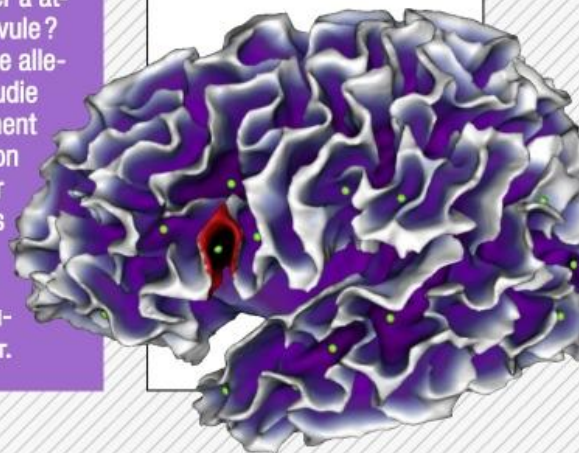
Mettre une hélice métallique sur un spermatozoïde pour l'aider à atteindre l'ovule ? Une équipe allemande étudie sérieusement cette option pour lutter contre des formes d'infertilité masculine. **C.T.**

PSYCHIATRIE

Un seul pli du cerveau suffit à déterminer l'autisme

Si notre cerveau comporte des milliers de replis, un seul d'entre eux semble différer chez les personnes atteintes d'autisme. L'équipe de Christine Deruelle (université d'Aix-Marseille/CNRS) a en effet détecté une anomalie dans le cerveau d'enfants autistes âgés de 2 à 10 ans : un pli particulier, situé dans l'aire de Broca (une zone impliquée dans le langage et la communication, des fonctions fortement altérées chez les autistes), se révèle moins profond que chez les autres enfants. Les chercheurs ont également mis en évidence des différences dans la profondeur du pli entre les enfants autistes ayant acquis ou non le langage. **C.H.**

▽ C'est dans l'aire de Broca, celle du langage et de la communication, qu'a été détectée l'anomalie (en rouge).



Belambra

clubs

N°1 des clubs de vacances
en France

LE MEILLEUR DU SKI

*sur les plus beaux domaines
skiabiles de France*

LOCATION DE VOTRE MATÉRIEL
OFFERTE*
AUX MÉNUIRES EN MARS ET AVRIL

comme par magie
TOUT EST LÀ



belambra.fr

0 892 35 36 37 Service 0,35€/min
+ prix appel

du lundi au samedi de 8h30 à 19h30

* Gratuité du matériel de ski (pack Évolution adulte, pack Espoir enfant 6 à 11 ans, Mini kids enfant 3 à 5 ans) à "Neige et Ciel" Les Menuires les semaines du 12/03, 19/03, 02/04, 09/04 et du 16/04. Offre valable du 22/01 au 16/04 et non rétroactive. Belambra Clubs au capital de 28.712.160€, LI : IM 092 120 049, RCS Nanterre : 322 706 136. Siège social : Centralis, 63 avenue du Général Leclerc - 92340 BOURG LA REINE. Garant : BNP PARIBAS, 16 Boulevard des Italiens, 75009 Paris. Assurance : AXA France IARD, 26 rue Drouot, 75009 PARIS.

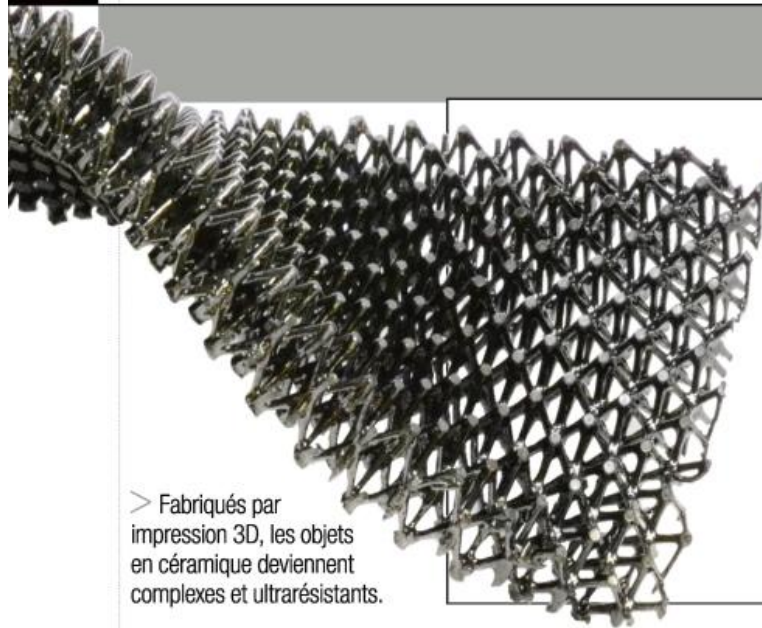
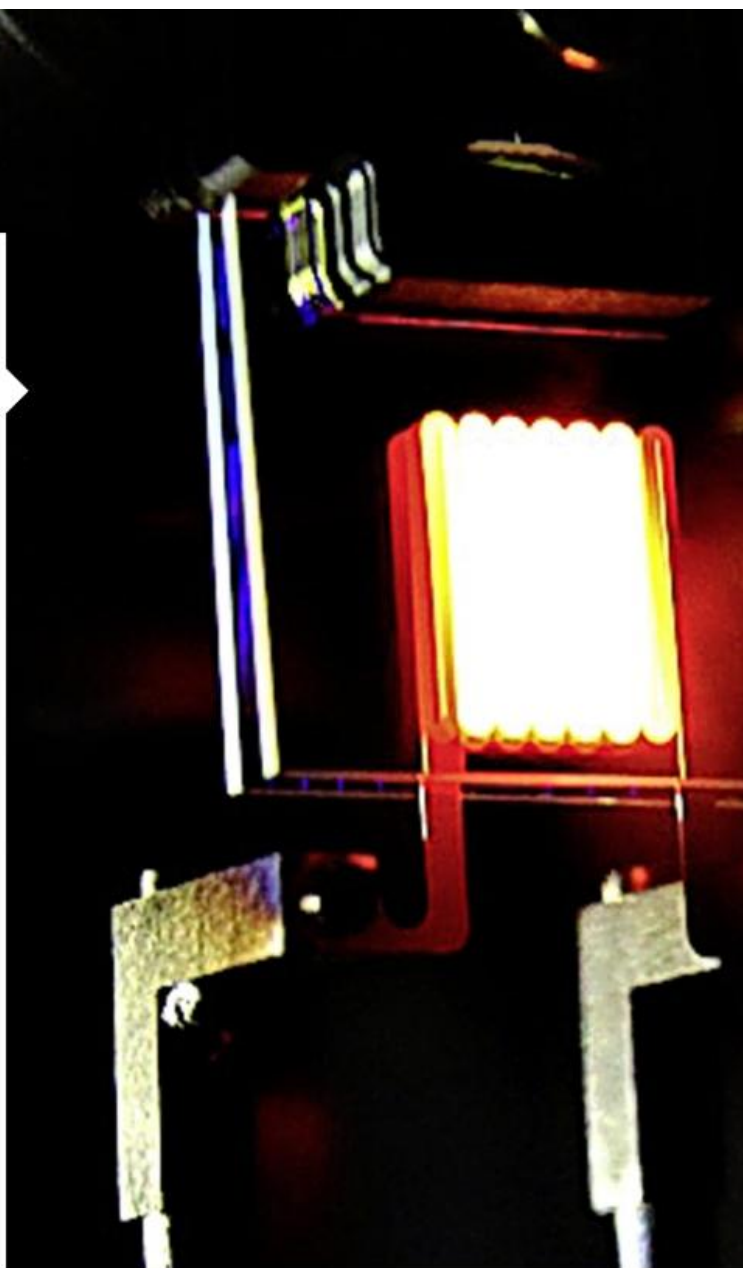
ÉNERGIE

CORRIGÉE, LA VIEILLE AMPOULE À FILAMENT RECYCLE SA CHALEUR

Finies les ampoules à incandescence? Pas si sûr! Car, même si elles ont été retirées des magasins dans de nombreux pays, des chercheurs de l'université Purdue et du MIT (Etats-Unis) sont récemment parvenus à corriger leur principal défaut: leur trop grande perte d'énergie (plus de 95 %!) sous forme de chaleur. Comment? En recyclant cette énergie gaspillée... pour la convertir en lumière. Autour de l'habituel filament de tungstène chauffé à 2700°C, l'ampoule en verre a été remplacée par un filtre transparent qui réfléchit les rayons infrarouges émis (chaleur) pour qu'ils soient convertis en lu-

mière. Et ça marche! Cette ampoule aurait même, en théorie, un rendement lumineux supérieur à celui des LED. *"Reste à améliorer ses performances avant d'envisager sa commercialisation dans peut-être cinq ans"*, précise Peter Bermel, l'un des chercheurs. Mais la portée de leur travail ne s'arrête pas là: leur idée pourrait aussi s'appliquer aux panneaux solaires. *"Cela prendra plus de temps, prévient Peter Bermel. Mais ce type de filtre pourrait transmettre un maximum de rayons du soleil aux cellules photovoltaïques pour qu'elles produisent davantage d'électricité."*

L.B.



> Fabriqués par impression 3D, les objets en céramique deviennent complexes et ultrarésistants.

MATÉRIAU

L'imprimante 3D révolutionne l'art

Des chercheurs des laboratoires HRL (Etats-Unis) sont parvenus à imprimer en 3D des objets en céramique complexes et ultrarésistants. Alors que les céramiques sont normalement fabriquées en chauffant des poudres dont les grains se

soudent, constituant des objets poreux, de résistance et de forme limitées, celles imprimées résistent à des chocs 10 fois plus forts et à des températures de plus de 1700°C. Pour cela, les chercheurs utilisent, en guise d'encre, une subs-

en bref

LE PREMIER DRONE À LASSO

Pour neutraliser des drones indésirables, l'université technologique du Michigan a construit un drone antidrone, équipé d'un filet. A 12 m d'une cible, il jette son lasso et bloque l'intrus. Ce qui permet d'intercepter des drones sans les détruire... **M.V.**

LA VUVUZELA APPLIQUÉE... À LA MESSAGERIE ÉLECTRONIQUE

Pour garantir l'anonymat total des échanges de mails, une équipe du MIT a noyé ses messages dans un flot de faux mails via des boîtes postales virtuelles. Le nom de cette technique, Vuvuzela, se réfère à l'instrument qui couvrait les commentaires sportifs lors de la Coupe du monde de football de 2010. **O.L.**

UN BITUME QUI GÈLE MOINS

Des chercheurs de l'université d'Istanbul ont réussi à retarder de 20 mn la formation de gel sur les routes grâce à un bitume combiné à un mélange de formiate de potassium et polymère de styrène-butadiène. **E.T.-A.**

< A la place du verre, un filtre transparent spécifique réfléchit la chaleur dégagée par le filament pour la convertir en lumière.

de la céramique

tance à base de carbone et de silicate, qui se change, sous l'action des UV, en polymères, puis en céramique par simple pyrolyse. L'impression 3D permettra ainsi de fabriquer des pièces sur mesure, pour l'aviation notamment. **S.F.**

D.LITTLE/TRL LABORATORIES - MIT - EPFL

OPTIQUE

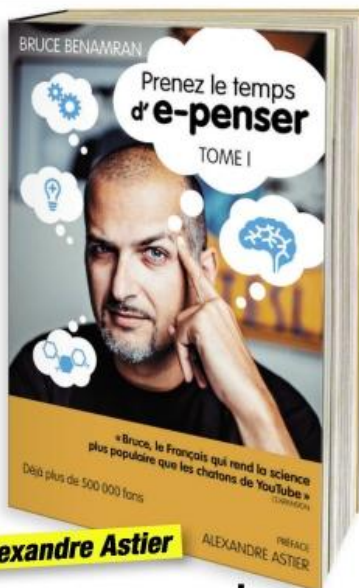
Un nouveau principe de photo ultrasécurisée a été mis au point

Ce pourrait être la photo d'un futur passeport équipé d'une nouvelle solution empêchant toute falsification... Sa particularité ? Le portrait, quand on le tourne d'un quart de tour, révèle à sa place un texte détaillant l'identité du propriétaire. Le logiciel d'impression, mis au point par des chercheurs de l'Ecole polytechnique de Lausanne (Suisse) pour une imprimante jet d'encre, calcule et imprime l'image sous forme de lignes, successions de points cyan, magenta et jaune, sur une feuille métallique. Contrairement au papier, qui diffuse la lumière dans toutes les directions, le métal, lui, réfléchit la lumière incidente dans une direction donnée. Quand cette lumière est parallèle aux lignes horizontales, rien ne se passe. En revanche, quand l'image pivote et que la lumière frappe perpendiculairement les lignes imprimées, elle les traverse en créant des ombres colorées, qui se superposent aux autres lignes, faisant apparaître une deuxième image. Ou un texte. Contrairement aux hologrammes de nos billets, il n'y a pas d'effet arc-en-ciel et les couleurs sont fixes sur les deux clichés. **O.L.**

> La feuille de métal sur laquelle est imprimé ce passeport réfléchit différemment la lumière quand elle pivote, révélant une image cachée.



Succès
YouTube



Préface d'Alexandre Astier

Qu'est-ce que l'électricité statique? Le temps est-il une illusion?...

Trouvez dans ce livre l'explication des phénomènes simples pour lesquels vous vous interrogez sans jamais prendre le temps... d'e-penser. L'occasion de vous offrir le premier livre de Bruce Benamran, créateur de la chaîne YouTube de vulgarisation scientifique éponyme.

Prenez le temps d'e-penser - 19,90 €

DIM. 14,8x21,5 cm. 396 PAGES. AUTEUR : BRUCE BENAMRAN. ÉDITIONS MARABOUT.

Construisez votre maquette R2D2 en métal!

Réalisez votre maquette à partir de pièces découpées dans de très fines plaques de métal. Pliez, puis assemblez-les (sans colle), pour voir le célèbre droïde de la saga Star Wars prendre forme en 3D...

Kit 3D métallique R2D2 - 21,90 €

CONTIENT : 1 MAQUETTE EN MÉTAL 3D SOUS LICENCE OFFICIELLE STAR WARS «R2-D2». 2 FEUILLES DE MÉTAL. TEMPS D'ASSEMBLAGE : DE 1H À 2H. DIM. : ENVIRON 10 CM. DÈS 14 ANS. NOTICE FOURNIE.



Retrouvez tous
STAR WARS
nos produits sur
LABOUTIQUESCIENCEETVIE.COM

Impression des pièces découpées au laser pour un réalisme impressionnant!

LE LIVRE DU MOIS

Découvrez les secrets de la matière et de l'Univers

LE LIVRE
22€
seulement

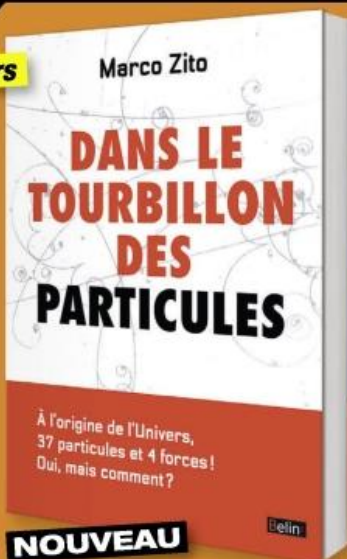
De l'atome de Démocrite au boson de Higgs...

Accélérateurs géants, détecteurs complexes, particules énigmatiques... la physique subatomique intimide. Trente-sept particules élémentaires et quatre forces fondamentales suffisent pour expliquer la matière et l'Univers! Les connaissances scientifiques ont progressé et les dernières observations suggèrent l'existence de nouvelles composantes dans l'Univers, comme la mystérieuse matière noire. Ce livre, destiné à un large public, raconte sans équations le long parcours qui a abouti au Modèle Standard.

Une aventure jusqu'au cœur de la matière!

Dans le tourbillon des particules

DIM. 22x2,4x15 cm. 384 PAGES. AUTEUR : MARCO ZITO. ÉDITIONS BELIN.



NOUVEAU



La Boutique
SCIENCE & VIE

Compact, glissez-le dans votre poche!

Restez chargés en permanence!

Fiable & ergonomique, gardez vos appareils mobiles chargés avec cette batterie externe au Lithium-ion polymère d'une capacité de 2200 mAh. Lorsque votre téléphone portable, lecteur MP3, e-reader ou appareil photo est vide, branchez-le à votre batterie de secours à l'aide du câble USB. Vous pourrez continuer de l'utiliser immédiatement! Accessoire indispensable, aux couleurs de votre boutique Science & Vie (marquage au dos)!

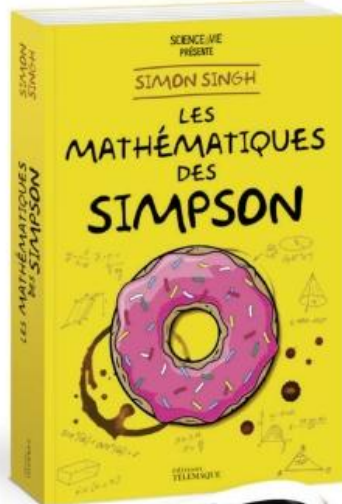
Batterie externe POWERBANK S&V - 19,90 €

DIM. : 96x22x24 mm. CONNEXION USB (CÂBLE FOURNI). CAPACITÉ : 2200 MAH. TÉMOIN DE CHARGE LUMINEUX.

La Boutique

SCIENCE & VIE

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



NOUVEAU

Les équations et autres raisonnements logiques... vus par les SIMPSON!

Voici de nouvelles perspectives fascinantes sur la célèbre série télévisée *The Simpsons*, mais aussi son dérivé, *Futurama*. L'auteur explique des concepts mathématiques intrigants et significatifs à travers des épisodes mémorables, de « Bart the Genius » à « Homer³ ». Retrouvez l'équation d'Euler, le théorème de Keller, pi, le paradoxe de l'infini ou certains problèmes en suspens vus par les Simpson, sous un jour très nouveau. Basé sur des entretiens avec les auteurs de la série et illustré d'images explicatives, fac-similés de scripts, peintures et dessins, cet ouvrage donne un nouvel éclairage sur la série phare de Matt Groening et le sens des maths!

Les mathématiques des Simpson

DIM. 14,5 x 21,5 cm. 304 PAGES. AUTEUR : SIMON SINGH.
COÉDITIONS TÉLÉMAQUE ET SCIENCE & VIE.

**PARTENARIAT
SCIENCE & VIE**

LE LIVRE
22€
seulement



Retrouvez
nos anciens numéros
spéciaux et hors-séries sur
LABOUTIQUESCIENCEETVIE.COM

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
Livre Prenez le temps d'e-penser	395.020	x	19.90 €	= €
Kit 3D métallique R2D2	394.809	x	21.90 €	= €
Livre Dans le tourbillon des particules	394.825	x	22 €	= €
Batterie externe POWERBANK S&V	395.236	x	19.90 €	= €
Livre Les mathématiques des Simpson	395.350	x	22 €	= €
SOUS-TOTAL				€
FRAIS D'ENVOI (cocher la case de votre choix)				
<input type="checkbox"/> Envoi normal			6,90 €	
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 49 € Envoi Colissimo			GRATUIT	
<input type="checkbox"/> Livraison rapide Colissimo			7,90 €	
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 75 € Livraison rapide Colissimo			GRATUIT	
TOTAL				€

Offres valables en France métropolitaine uniquement dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 31/03/2016. 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 violés 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'opposition 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 : 357.814

☐ M. ☐ M^{me} ☐ M^{lle}

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

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

CP _____ Ville _____

Tél. _____

Grâce à votre N° de téléphone (portable) nous pourrions 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 règle par chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE

- ☐ en 1 fois la totalité de ma commande
- ☐ en 3 fois sans frais (à partir de 99 € d'achat)

☐ Je règle par carte bancaire

- ☐ en 1 fois la totalité de ma commande
- ☐ en 3 fois sans frais (à partir de 99 € d'achat)

PAIEMENT
3X
SANS FRAIS

Carte bancaire N° _____

Expire fin : ____ / ____

Date et signature obligatoires

Cryptogramme _____

Les 3 chiffres au dos de votre CB

VIRUS ZIKA LA COURSE CONTRE LA MONTRE!

Alors que ses effets semblaient minimes, le virus Zika a soudain explosé, provoquant la panique. Pourquoi ? Comment ? Une certitude : les chercheurs ont été pris de court. Et tentent maintenant d'endiguer l'épidémie. L'enquête d'**Yves Sciama**.

"Explosive". C'est en ces termes que l'OMS a qualifié la propagation de Zika en ce début 2016, résumant l'incroyable parcours de ce virus, parti en 2014 de la très reculée Polynésie française pour infecter, dix-huit mois plus tard, deux continents et faire désormais trembler la quasi-totalité du globe (des millions de cas sont soupçonnés pour le seul Brésil!).

Cet extraordinaire et fulgurant passage du statut d'obscur virus tropical

— comme il en circule localement des dizaines — à celui de menace mondiale de premier plan, a pris la science de court et semé l'inquiétude.

Pourquoi une flambée si soudaine? Le virus, de la famille des *Flaviviridae*, comme la dengue, est pourtant connu de longue date: il a été identifié en Ouganda chez un singe en 1947, dans une zone forestière appelée... Zika.

Mais, si la vague épidémique prend une telle

ampleur, c'est en grande partie parce que le virus est arrivé dans une région du monde où il était inconnu et où les populations étaient "naïves": leur système immunitaire n'ayant jamais été confronté au Zika, il ne sait donc pas comment s'en protéger.

Et cette multiplication des cas en un très court laps de temps a révélé un terrible symptôme jamais détecté auparavant. Jusqu'à présent, en effet, les affections connues du Zika, →

VIRUS ZIKA

genre

Flavivirus, apparenté aux virus de la dengue, West Nile et de la fièvre jaune.

taille

De 40 à 60 nanomètres.

mode de transmission

Averée par les moustiques du genre *Aedes*, soupçonnée par les voies sexuelles.

origine

Identifié pour la première fois en Ouganda (Afrique) en 1947.



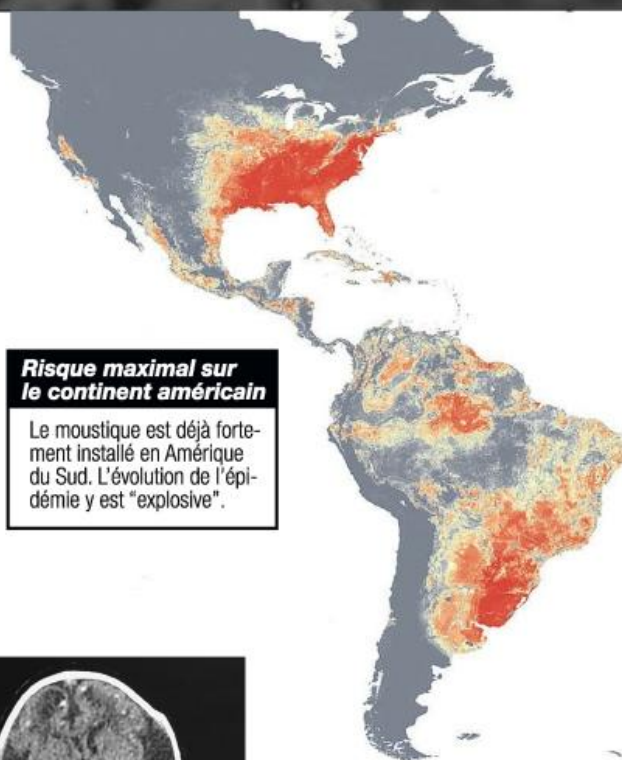
Là où le risque est le plus à craindre

✓ La répartition sur le globe du moustique-tigre, l'un des vecteurs de la maladie, croisée avec les conditions climatiques, trace les contours du risque épidémique du virus Zika : maximal sur le continent américain, faible en Europe. La menace se concentre sur les femmes enceintes qui, en contractant le virus, risquent de voir leur fœtus souffrir de microcéphalie (ci-dessous au Brésil).



Risque maximal sur le continent américain

Le moustique est déjà fortement installé en Amérique du Sud. L'évolution de l'épidémie y est "explosive".



→ plus modérées que celles de beaucoup de virus communs, n'avaient pas éveillé de craintes particulières. Lorsqu'il se manifestait, le virus entraînait une fièvre de quatre à sept jours, des rougeurs cutanées, une conjonctivite, des douleurs musculaires et articulaires modérées. Dans 70 à 80 % des cas, l'infection serait même asymptomatique, autrement dit, elle passerait totalement inaperçue !

Au bout d'une semaine environ, non seulement les symptômes disparaissent, mais le virus est éliminé du flux sanguin – le patient n'est plus contagieux.

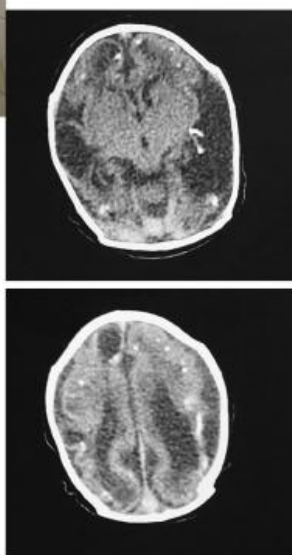
Mais Zika a aussi une facette beaucoup plus sombre. Il révèle sa dangerosité dans un petit nombre de cas – dont personne hélas ne connaît le pourcentage exact –, situés aux

marges de cette infection de masse.

Il y a d'abord son association, soupçonnée mais pas encore établie, avec un trouble auto-immun, le syndrome de Guillain-Barré. Il s'agit d'une paralysie progressive qui peut conduire les patients en réanimation lorsqu'elle atteint le bloc cœur-poumon. C'est heureusement une paralysie réversible, et même si la guérison peut parfois prendre plusieurs mois, le syndrome n'est que très exceptionnellement fatal.

UN SYMPTÔME TERRIFIANT...

Surtout, le terrifiant problème posé par Zika réside dans les dommages qu'il semble pouvoir occasionner chez les femmes enceintes, en détériorant le système nerveux central des bébés *in utero* et, en particulier, en provoquant des cas de



△ Scanner d'un bébé de 2 mois au crâne anormalement petit (en bas) dont la mère a été infectée.

microcéphalie. La microcéphalie, qui se définit par un périmètre crânien inférieur de deux écarts-types à la moyenne, représente normalement quelques cas sur 10 000 naissances (2 à 12 aux États-Unis par exemple, selon le Centre pour le contrôle et la prévention des maladies). En dehors de Zika, elle peut avoir des

causes environnementales (alcoolisme), génétiques ou infectieuses, puisque "plusieurs autres virus sont connus pour la provoquer parfois, comme la rubéole et le cytomégalovirus", indique Marie-Claire Paty, de l'Institut national de veille sanitaire (InVS). Cette atteinte peut avoir des conséquences négligeables pour le bébé si elle est modérée, mais occasionne des retards graves de développement, voire la mort dans les cas sévères.

Or, un net pic de microcéphalies a été constaté à la fois au Brésil et en Polynésie, suite au passage du virus. Le lien de cause à effet entre Zika et la microcéphalie n'est pas formellement prouvé à l'heure où nous écrivons, une preuve absolue nécessitant un protocole complexe avec des modèles

Risque faible en Europe

Le moustique est déjà présent en Italie ou dans le sud de la France. Mais le risque d'épidémie est faible en zone tempérée.

Risque important en Afrique et en Asie

Aedes est particulièrement installé en Asie et en Afrique, où les populations n'ont presque jamais été confrontées au virus : leur système immunitaire n'est pas préparé.



Présence du moustique "tigre" (*Aedes albopictus*) dans le monde en 2015

animaux et des statistiques incontestables. Jorge López Camelo, université de Rio, est à l'origine d'un rapport cité par la revue *Nature* qui souligne que dans un pays comme le Brésil, si l'on commence à chercher des cas de microcéphalies, on risque d'en trouver beaucoup qui n'avaient pas été consignés. Et inversement, un certain nombre comptabilisés comme tels, et qui n'en sont pas, sont certainement déclarés suite à l'alerte actuelle.

ET BEAUCOUP D'INCONNUES

Reste que l'hypothèse est prise très au sérieux. "Il y a vraiment un faisceau d'indications convergentes très important, qui ne cesse de s'alourdir, indique Denis Coulombier, directeur de la surveillance du Centre européen pour la prévention

et le contrôle des maladies (ECDC). Il y a une plausibilité biologique et des concordances dans le temps et l'espace. Du reste, les autorités de nombreux pays ont pris des décisions montrant qu'elles considèrent cette association comme pratiquement acquise."

Ce qui n'empêche pas que des incertitudes demeurent. On ne sait pas, d'abord, à quel stade de la grossesse l'infection est dangereuse,



△ *Aedes albopictus*

bien que le premier trimestre paraisse le plus vraisemblable. "Et puis quantifier le risque reste très difficile, poursuit Denis Coulombier : en Polynésie, nous

avons observé 17 atteintes du système nerveux central sur la durée de l'épidémie, au cours de laquelle il y a eu environ 4 000 naissances. Mais le contexte étant ici particulier, ces chiffres ne sont pas généralisables."

On ne sait pas, enfin, comment le virus agit exactement dans le corps du fœtus, une fois franchie la barrière placentaire. Une inquiétude est en train d'émerger, car les IRM des premiers

LA FRANCE POURRAIT ÊTRE TOUCHÉE

La France est l'un des pays européens les plus menacés par Zika, du fait de ses liens étroits avec les DOM-TOM où l'épidémie sévit (Guyane, Guadeloupe, Martinique...) et certaines destinations touristiques touchées (Brésil, Mexique...). D'autant que le moustique-tigre continue de s'étendre en métropole, où il est désormais présent dans 30 départements. Le plan d'antidissémination du chikungunya et de la dengue mis en œuvre par les autorités sera cette année étendu à Zika : surveillance attentive par les médecins et les laboratoires d'analyses avec déclaration obligatoire des cas identifiés aux autorités. Signalements qui déclenchent aussitôt des interventions de démoustication autour du domicile des personnes infectées. Ce plan a suffi pour l'instant à prévenir toute transmission locale importante.

→ bébés microcéphales examinés au Brésil semblent révéler des atteintes plus profondes qu'attendu. Lais-
sant craindre que certains
nourrissons infectés non-
microcéphales puissent
également souffrir de lé-
sions passées inaperçues
pour l'instant.

PLUS VITE QUE LA DENGUE

Au-delà de ses effets ef-
frayants sur certaines fem-
mes enceintes, Zika in-
quiète également par ses
capacités de transmission
hors du commun qui dé-
bordent potentiellement
la zone tropicale. *"Ce que
nous avons vu en Polynésie,
c'est un rythme de transmis-
sion plus rapide encore que
celui du chikungunya ou
de la dengue"*, juge Marie-
Claire Paty, qui avertit tou-
tefois que la transmission à
l'échelle d'un grand conti-
nent sera probablement plus
lente que sur un archipel.

Concrètement, Zika est
transmis par les moustiques
du genre *Aedes*. *"On a dé-
nombré plus d'une ving-
taine d'espèces d'Aedes
différentes que le virus est
capable d'infecter"*, note
Frédéric Jourdain, ingénieur
de recherche au Centre

national d'étude des vec-
teurs (CNEV) de Montpel-
lier, qui souligne l'opportu-
nisme de Zika: il a su sor-
tir de la forêt africaine dont
il est originaire en passant
vraisemblablement d'un
moustique forestier à un
moustique urbain, ce qui lui
a ouvert l'immense champ
d'expansion que constitue
l'humanité urbaine.

Deux de ces moustiques
sont considérés comme les
vecteurs de l'actuelle épi-
démie, *Aedes aegypti*, un
moustique tropical mondia-
lisé, dominant en Amérique
du Sud, et *Aedes albopictus*,
le fameux moustique-tigre,
capable de s'établir sous des
climats tempérés – comme
dans le sud de la France.

*"Les essais que nous avons
conduits à l'Institut Pasteur
montrent que les capaci-
tés de transmission de ces
deux moustiques sont à peu
près équivalentes, indique
la chercheuse Anna-Bella
Failoux. Mais pour l'ins-
tant, nous n'avons testé que
les moustiques américains;
nous ne savons pas encore
si l'Aedes albopictus présent
en Europe est lui aussi un
bon vecteur du virus Zika."*

La réponse à cette question
devrait bientôt être dispo-

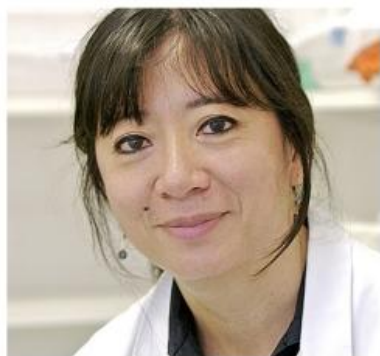


nible, mais les scientifiques,
dans l'ensemble, ne misent
guère sur la divine surprise
que serait l'incapacité d'*Al-
bopictus* à transmettre le
virus. Car notre moustique
s'est déjà montré capable
de propager la dengue et le
virus West Nile en Europe,
tous deux proches de Zika.

Une épidémie menace-
t-elle alors l'Europe, qui à
l'heure de la mondialisa-
tion reçoit tous les jours
des dizaines de milliers de

voyageurs en provenance
des zones infectées? Après
tout, le virus est sans doute
arrivé au Brésil en 2014 avec
un spectateur de la coupe
du monde de football; et
cet été, avec les jeux Olym-
piques de Rio, un grand
nombre d'Européens séjour-
neront au Brésil, épice-
ntre de l'épidémie. Tandis que
l'Euro de football se déroule
en juin et juillet en France...

*"Non, cette maladie ne de-
vrait pas devenir endémique
en Europe"*, estime pour-
tant Denis Coulombier, qui
rappelle que les JO se dé-
rouleront pendant l'hiver
austral et que Rio se trouve
sous des latitudes plus tem-
pérées. Surtout, l'Europe
a la chance, du point de
vue épidémiologique, de
bénéficier d'un vrai hiver.
L'activité des moustiques
s'arrête alors et la transmis-
sion aussi. La seule flambée



“ ANNA-BELLA FAILLOUX
Directrice de recherche
à l'Institut Pasteur (Paris)

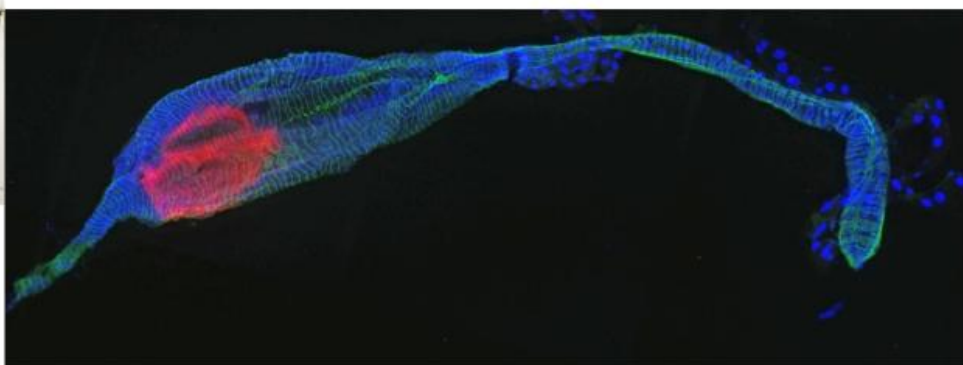
*Le virus ne colonise pas le
moustique instantanément...
cela nous laisse le temps d'agir*



Zika : l'urgence scientifique



< V Combien de temps met le virus à coloniser l'organisme de l'insecte (élevage, ci-contre) ? Comment franchit-il son système immunitaire et sa barrière intestinale (ci-dessous, un virus du chikungunya dans l'intestin d'un moustique) ? Pour ensuite atteindre ses glandes salivaires et être transmis par la piqûre ? La lutte contre Zika dépendra de la vitesse à laquelle les chercheurs sauront répondre à ces questions.



épidémique due à un flavivirus que l'Europe ait connue, celle de chikungunya, partie d'un village italien d'Emilie-Romagne en 2007, s'est propagée rapidement, touchant environ 270 personnes, avant d'être enrayée par l'automne.

CE N'EST PAS UNE SERINGUE

Plus généralement, les températures influent fortement sur la propagation des virus. Comme l'explique Anna-Bella Failloux, qui est en train de produire ces données pour Zika, "*nous savons qu'à 28 °C, le virus du chikungunya met trois jours à se reproduire suffisamment au sein du moustique pour coloniser les glandes salivaires et devenir infectant. Mais à 18 °C, ce délai peut atteindre dix jours. Dans le premier cas, on ne peut presque rien*

faire, dans le second, on a le temps d'intervenir et de démoustiquer".

Le cycle biologique du virus à l'intérieur de l'organisme de l'insecte est l'élément clé pour comprendre son pouvoir infectant. "*Le moustique n'est pas une seringue*", sourit Anna-Bella Failloux. Il devient le vecteur d'une maladie virale si les virus qu'il a aspirés avec le sang humain ne sont pas détruits par son système immunitaire et son estomac – comme c'est le cas pour le virus du sida, qui ne peut donc être transmis à l'homme par les piqûres de moustique.

Il faut ensuite que des virus puissent franchir →

LA GUERRE AUX MOUSTIQUES EST DÉJÀ DÉCLARÉE

Pour beaucoup de spécialistes, enrayer la capacité de transmission du couple moustique-virus suppose de cibler le moustique. Particulièrement dans le cas de virus mal connus comme Zika, car le moustique est un vieil ennemi contre lequel un arsenal existe déjà. Outre les protections individuelles (moustiquaires, vêtements couvrants et répulsifs) et collectives, par destruction des gîtes larvaires et démoustication chimique, plusieurs stratégies antimoustiques sont en développement. Notamment la production de moustiques mâles génétiquement stérilisés, qui est la forme modernisée de la vieille technique des mâles irradiés déjà utilisée au Brésil. Cette technologie en principe prometteuse n'a pourtant rien d'une panacée. Elle suppose de réalimenter périodiquement l'environnement avec d'énormes quantités de mâles stériles, ce qui a un coût important.

→ la barrière intestinale, proliférer dans les différents organes de l'insecte et atteindre ses glandes salivaires pour s'y concentrer en quantité suffisante avant d'être injecté à l'homme au moment de la piqûre. Anna-Bella Failloux et son équipe travaillent d'arrache-pied pour découvrir combien de temps met le virus à parcourir ce trajet dans le corps du moustique, mais aussi pour vérifier que ce passage ne modifie pas ses caractéristiques ou sa virulence.

PAR RELATIONS SEXUELLES

Une inquiétude subsiste par ailleurs sur d'éventuels autres modes de contamination. *"Le virus a été détecté dans le sperme de malades*

de retour des zones infestées d'utiliser des préservatifs et de ne pas chercher à concevoir durant un mois.

Si la contamination sexuelle s'avérait facile et répandue, cela pourrait changer la menace représentée par la maladie en Europe: le virus, qui a besoin d'être dans un organisme pour survivre, ne tient pas, contrairement à la grippe, sur les surfaces.

A noter aussi: le virus disparaît a priori du flux sanguin après environ une semaine. Avant, il existe donc, au moins en théorie, un risque transfusionnel. En pratique, aujourd'hui quasi nul, car les donneurs de sang doivent déjà respecter un délai lorsqu'ils ont voyagé dans les tropiques.

aucun travail préliminaire de développement d'un vaccin n'a eu lieu: tout est donc à faire. Contrairement au redoutable Ebola, par exemple, qui avait été très étudié avant la dernière épidémie. Le président du puissant Institut de la santé américain, Tony Fauci, a cependant promis des essais de phase 1 pour fin 2016.

DIFFÉRER SES GROSSESSES

Mais même s'il tient parole, les phases 2 et 3 sont si longues que, de l'avis de la plupart des spécialistes, il faudra attendre au minimum cinq ans, même en mettant sur la table les 2 ou 3 milliards de dollars nécessaires. *"De toute façon, un vaccin arriverait après l'épidémie*

rus originaire d'Afrique, rappelle Marie-Claire Paty. Lorsqu'une fraction significative de la population aura attrapé la maladie et se sera immunisée, l'épidémie s'arrêtera." Classiquement, lorsqu'un virus infecte une personne, celle-ci devient en effet résistante à l'infection: elle ne tombe plus malade et ne le transmet plus. La chaîne des contaminations finit donc par s'interrompre naturellement.

Avec l'espoir que les femmes enceintes n'aient plus guère de risque de croiser le virus, et que celles qui ont été infectées avant leur grossesse seront naturellement immunisées. Des données qui, si elles se confirment, sont rassurantes pour les couples à qui l'on a conseillé de différer leurs "projets parentaux", qui pourront être repris une fois la vague épidémique passée.

Sauf surprise toujours possible! Comme celle concernant le taux de mutation du virus, une expérience suggérant que Zika pourrait avoir un temps de latence de dix ans avant son retour.

Une seule chose est certaine: les mois à venir seront tendus. Mais aussi riches d'informations nouvelles. Car à mesure que le virus s'étend, ses effets, et en particulier ses éventuelles séquelles, seront mieux connus, ainsi que sa dynamique et sa sensibilité aux mesures prises contre lui. Et Zika, à n'en pas douter, n'a pas fini de nous surprendre. Car pour l'instant, il faut bien d'admettre, l'initiative est encore de son côté.

Dengue et chikungunya: bientôt les vaccins

Les virus de la dengue et du chikungunya procèdent par flambées, surtout dans les pays du Sud, avec 2,4 millions de personnes touchées par la dengue en 2010 et 1,3 million par le chikungunya entre 2013 et 2015. Ces fièvres tropicales peuvent déboucher sur de graves complications (arthralgie, hémorragies...), voire sur le décès dans le cas de la dengue. "Mais des décennies de recherche rendent aujourd'hui concret l'espoir de les prévenir par des vaccins", rassure Frédéric Tangy, directeur de l'unité génomique virale et vaccination à l'Institut Pasteur de Paris. Contre la dengue, trois formules ont même atteint la dernière phase d'essais cliniques, dont l'une est déjà autorisée au Mexique pour les 9 à 45 ans. Quant au chikungunya, l'Institut Pasteur va tester un vaccin à Porto Rico dès le mois d'avril. L'avenir dira ensuite si ces formulations se montrent efficaces sur le terrain. F.G.

quinze jours après la disparition des symptômes, et une publication scientifique décrit un cas d'infection par voie sexuelle, en l'occurrence un scientifique américain a contaminé sa femme après son retour aux Etats-Unis", indique Frédéric Jourdain.

Du reste, les autorités britanniques recommandent dès à présent aux hommes

Et côté traitement? Pour l'instant, il n'y a rien, ni vaccin ni antiviral – et la microcéphalie n'a pas non plus de traitement. Même la recherche d'anticorps dans le sang est encore imparfaite, car il y a un risque de confusion avec la dengue.

C'est que le virus n'ayant pas été identifié comme un danger au cours des décennies précédentes,

actuelle, balaie Anna-Bella Failloux. *Donc, au bout du compte, ce sera une décision politique: veut-on dépenser cet argent pour un vaccin qui ne sera pas forcément utilisé en routine?"*

Car la vague actuelle ne durera pas éternellement: *"L'épidémie se propage très vite parce que la population du continent américain n'a jamais été exposée à ce vi-*

RTL
#RTLBOUGE

« Curieux nous le sommes,
et heureux de partager avec vous des
histoires et parcours passionnants. »

Sidonie Bonnet

Thomas Hugues



LA CURIOSITÉ EST UN VILAIN DÉFAUT
SIDONIE BONNET ET THOMAS HUGUES LUNDI-JEUDI 20H-22H



ORDINATEUR QUANTIQUE

L'INVENTION LA PLUS FOLLE DE TOUS LES TEMPS

À LA
UNE

Disons-le : c'est l'invention la plus fabuleuse jamais construite. Celle qui permet d'exploiter à notre échelle les lois complètement folles de l'infiniment petit. Celle qui fait rêver les informaticiens depuis toujours : quand leurs machines se contentent de mouliner des 1 *ou* des 0, voici qu'elles moulineraient des 1 *et* des 0. De quoi programmer l'improgrammable, prévoir l'imprévisible, déchiffrer l'indéchiffrable... Tout révolutionner ! Or, ce rêve qui semblait impossible est devenu réalité : des puces quantiques réalisent l'exploit, tandis que des prototypes sont déjà vendus. Les voici en avant-première. Ils préfigurent l'avenir.

PAR ROMÁN IKONICOFF ET OLIVIER LAPIROT

1981

Le physicien Richard Feynman décrit l'intérêt qu'aurait un ordinateur quantique.

L'informatique est entrée dans l'ère quantique

1994

Le mathématicien Peter Shor conçoit un algorithme quantique factorisant les nombres plus vite que tout système classique.

1998

Premier calcul quantique à 2 qubits (Oxford, Stanford, MIT et IBM).

2001

L'algorithme de Shor est réalisé physiquement avec 7 qubits, formés par 10^{18} molécules.

Google, le nouveau mastodonte, IBM, l'acteur historique, NSA, la puissante agence de renseignement américaine, des universités prestigieuses, des industriels... Ils en veulent tous un ! Mieux : ils font tout pour trouver le meilleur et l'acquérir au plus vite. L'ordinateur quantique est devenu, ces dernières années, l'objet de tous les désirs. Les programmes de recherche et développement se multiplient, l'argent afflue... la course est ouverte. La question n'est plus de savoir si une telle machine pourra un jour exister, mais qui réussira à la construire, à quelle échéance, et suivant quel modèle.

Avouons-le d'emblée : nous faisons partie des sceptiques.



L'ordinateur quantique est un vieux rêve. En 1981, le physicien Richard Feynman annonçait qu'un ordinateur dont la logique serait régie par la physique quantique devrait ridiculiser les performances des machines classiques.

Sachant qu'on ne parle pas ici des PC de bureau, mais des supercalcul-

lateurs et autres monstres en réseau parallèle. Or, leurs limites sont bien connues. Qu'il s'agisse de plonger dans les méandres des données de milliards d'utilisateurs, parer les attaques de hackers toujours plus chevronnés, découvrir les molécules aptes à guérir le cancer, programmer le comportement des intelligences artificielles, résoudre les équations livrant la clé des trous noirs, rien n'y fait : les meilleurs ordinateurs finissent par rendre les armes. Les calculs sont trop longs pour les circuits classiques.

DEUX ÉTATS DIFFÉRENTS À LA FOIS

Les circuits quantiques promettaient justement à l'informatique de changer d'ère. Pour une simple raison : les objets régis par les lois étranges de la physique du monde microscopique – atomes, ions, électrons... – ont le don presque surréaliste de pouvoir être simultanément dans deux états différents. Et au niveau informatique, cela change tout.

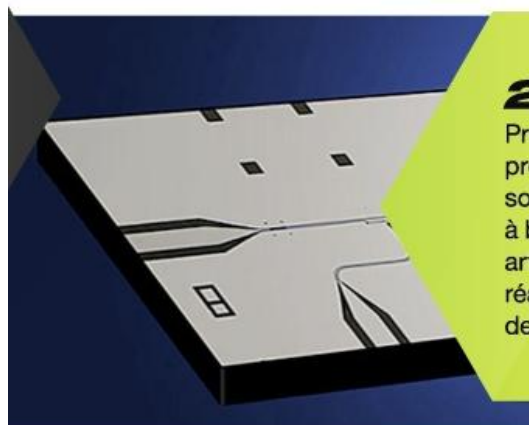
Fondamentalement, le principe d'un ordinateur consiste à disposer, sur un circuit électrique, des interrupteurs, chacun encodant un bit d'information ("1" ou "0"), selon qu'il est ouvert ou fermé ; le chemin que prend l'électricité qui traverse ce circuit donne le résultat du calcul.



JERRY CHOW

Directeur de l'Experimental Quantum Computing du Centre Watson d'IBM

Nous, chercheurs, sommes tous en train de devenir des ingénieurs !



2009

Premier micro-processeur quantique solide (sur silicium) à base d'atomes artificiels (aluminium) réalisé à l'université de Yale.

2011

La société D-Wave Systems annonce avoir développé et vendu un microprocesseur quantique à 128 qubits à l'entreprise Lockheed Martin.

2012

Prix Nobel à David Wineland et Serge Haroche pour leurs travaux en manipulation et mesure de systèmes quantiques.

2014

Edward Snowden dévoile que la NSA a investi 80 millions de \$ pour développer un ordinateur quantique.

2013

Google et la Nasa ouvrent un laboratoire de recherche sur l'intelligence artificielle quantique.

2015

IBM et l'université de New South Wales (Australie) dévoilent des circuits quantiques capables d'être associés en grand nombre. Google et D-Wave Systems publient un début de preuve des performances de calcul de la machine D-Wave 2.



Or, un interrupteur quantique peut être à la fois ouvert ou fermé, il peut encoder à la fois 0 et 1 – c'est un bit quantique, un "qubit".

Deux interrupteurs quantiques sur un même circuit peuvent alors se positionner dans quatre états d'information différents à la fois ("00", "01", "10" et "11"). Trois qubits encodent potentiellement 8 états ("000", "001", etc.). Et un circuit composé de 50 interrupteurs quantiques est dans une superposition de 2^{50} états différents, soit plus de 1 million de milliards d'états ! Un calcul effectué par ce circuit est alors réalisé sur chacun de ce million de milliards d'états... Un tel circuit ridiculise *de facto* les circuits classiques, dont les puces enchaînent bêtement les calculs les uns après les autres.

Depuis l'intuition de Feynman, la promesse était là.

Oui mais, d'un point de vue pratique, l'ordinateur quantique est très longtemps resté une sorte de mirage. Certes, en 2001, fut accompli le premier calcul quantique – une savante disposition de 7 qubits sur un →

même circuit a permis à la machine de vérifier que 15 est divisible par 3 et 5... Mais ces travaux ont surtout révélé, douloureusement, les immenses défis à relever pour aller plus loin. Comment lier ensemble davantage de qubits, les maintenir tous dans un état désiré pendant un temps assez long pour conduire le calcul, tout en les protégeant solidement des perturbations extérieures (chaleur, vibration...), susceptibles de casser leur état quantique ou le modifier sans prévenir... et ruiner les calculs? Autant rêver... Dans nos colonnes, l'ordinateur quantique était d'ailleurs décrit, à l'époque, comme une "machine fantôme" hantant les laboratoires de physique fondamentale et les esprits des industriels et des militaires (voir S&V n°1002, p. 80)...

Les physiciens, cependant, ne se sont pas contentés de rêver. Patiemment, ils ont étoffé le "kit" quantique en mettant au point de véritables circuits logiques permettant d'envisager des opérations complexes, ou des techniques de préparation des qubits les rendant plus stables dans le temps et moins sensibles aux perturbations.

UNE PREMIÈRE MACHINE CONSTRUITE

Et puis, en 2011, un séisme s'est produit. Cette année-là, la société canadienne D-Wave Systems vend un ordinateur quantique à l'avionneur Lockheed Martin pour 10 millions de dollars. Stupeur. La D-Wave One est un parallélépipède noir mat, à la façade équipée d'un écran, frappée d'un logo commercial. Une machine en apparence aboutie.

Était-ce vraiment une machine quantique? L'exploit avait-il réellement été accompli? Le doute était là. Conscients – ô combien – des difficultés rencontrées depuis une décennie, et privés d'informations claires et transparentes sur le cœur du dispositif, que D-Wave Systems protégeait derrière le secret industriel, les scientifiques redoutaient le coup de bluff. Ils ne pouvaient qu'étudier le

comportement extérieur de la machine (temps de calcul, résultats...) pour tenter d'exhiber la preuve du fonctionnement authentiquement quantique de la mystérieuse boîte noire (voir S&V n°1146, p. 98).

Il n'empêche! Avec cette machine, le ton a changé, les convictions ont évolué.

"D-Wave a placé l'ordinateur quantique sur le devant de la scène, analyse Alexandre Blais, directeur de l'Institut quantique de l'université de Sherbrooke (Canada). Les décideurs et financeurs privés et institutionnels ont été sensibilisés à un sujet jusqu'alors cantonné aux laboratoires de recherche."

Le chercheur sait de quoi il parle. Le gouvernement fédéral canadien vient d'attribuer à son laboratoire 33,5 millions de dollars canadiens (22 millions d'euros). Soit 10 % des crédits débloqués pour tous les secteurs de la recherche!

L'argent étant "le nerf de la recherche", comme se plaît à le rappeler Philippe Grangier, responsable du groupe Optique quantique du Laboratoire Charles-Fabry (Institut d'optique à Palaiseau), le rêve de l'ordinateur quantique a fini, contre toute attente, par devenir un vrai projet industriel et commercial.

"Nous sommes tous en train de devenir des ingénieurs!", a même déclaré le chercheur Jerry Chow, directeur de l'équipe Experimental Quantum Computing du célèbre Centre Watson d'IBM, lors d'une conférence à IBM en décembre dernier. Présent à cette conférence, Philippe Grangier souligne qu'"un intervenant nous a montré que le nombre de publications sur l'ordinateur quantique n'a cessé de croître [quelque 8000 en 2014, selon les chiffres dont nous disposons], mais avec de plus en plus d'articles orientés vers l'ingénierie plutôt que la recherche fondamentale."

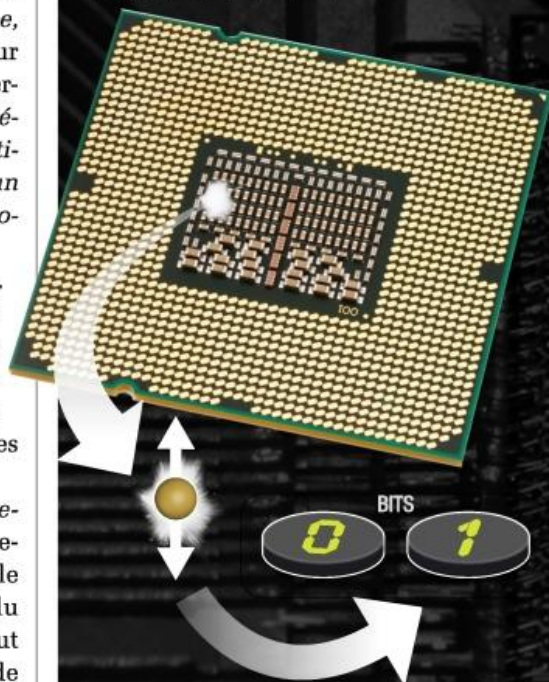
Et voilà que, fin 2015, D-Wave Systems revient à nouveau sur le devant de la scène. La société, qui a

Les secrets de l'ordi

Les calculs ne sont plus à base

Dans les puces classiques

L'information circule sous la forme de très faibles courants électriques, à l'intérieur de circuits gravés dans des alliages de silicium, dont la finesse est de l'ordre d'une dizaine de nanomètres (un millième de micron).



Sur le plan logique, l'information qui circule ne peut être que dans deux états, qui peuvent se représenter par une flèche pointant vers le haut ou vers le bas : chaque "bit" vaut 0 ou 1.

... ce qui dote l'ordinateur

Dans les puces classiques

Les calculs manipulent une seule combinaison de bits à la fois. Pour faire un calcul avec 3 bits, impliquant toutes leurs combinaisons possibles, il faut faire 8 calculs successifs (2³).

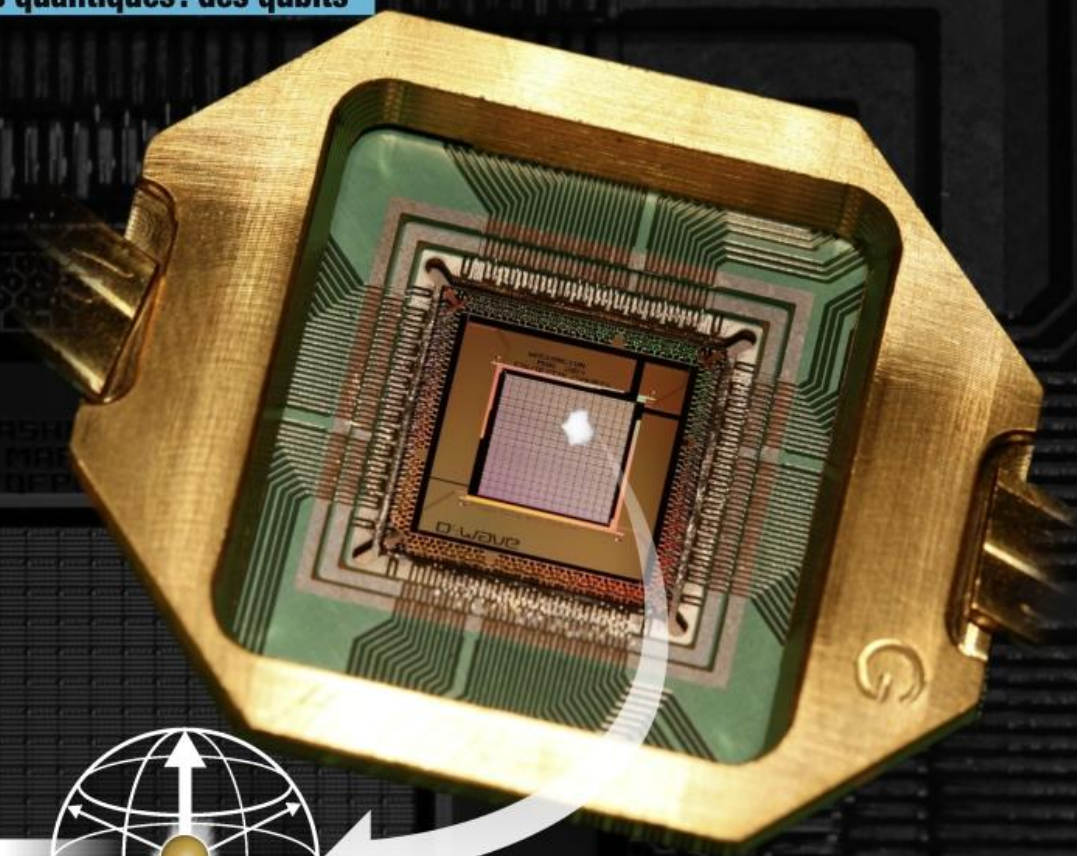
3 BITS

000
↓
100
↓
010
↓
001
↓
011
↓
110
↓
101
↓
111

nateur quantique

de bits, mais de bits quantiques : des qubits

Dans les puces quantiques
L'information est stockée et manipulée sous la forme de niveaux d'énergie, de "spin"... : des propriétés quantiques de la matière, apparaissant notamment aux échelles atomique ou subatomique. Les propriétés quantiques utilisées peuvent être celles d'atomes, d'électrons, d'ions...



QUBITS



Sur le plan logique, l'information qui circule peut être dans une infinité d'états, qui peuvent se représenter par une flèche pointant dans toutes les directions spatiales possibles. Projetée sur l'axe vertical, chaque flèche pointe vers le haut ou vers le bas. Chaque "qubit" vaut donc à la fois 0 et 1.

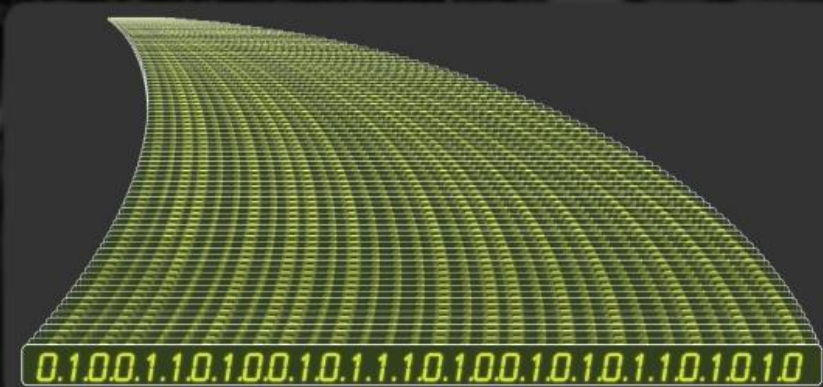
d'une puissance de calcul phénoménale

3 QUBITS



Dans les puces quantiques
Les calculs manipulent toutes les combinaisons de qubits à la fois. Avec 3 bits, un seul calcul suffit, manipulant les 8 combinaisons possibles. Avec 30 qubits, ce sont 2^{30} , soit plus d'un milliard de calculs qui peuvent être accomplis en une seule opération !

30 QUBITS



B. BOURGEOIS

→ vendu en 2013 à Google une version améliorée de sa machine pour 15 millions de dollars, vient de livrer les résultats d'un test qui prouve, selon elle, la nature quantique de l'ordinateur, et sa supériorité sur les appareils classiques. Info ou intox? Là encore, les affirmations de D-Wave Systems sont reçues avec scepticisme. Mais si les expertises scientifiques sont, à ce jour, toujours en cours, le doute quant à la faisabilité d'une telle machine a quasiment disparu. Car au-delà du cas D-Wave, les signes ne trompent pas: la machine fantôme est bel et bien en train de se matérialiser.

DES PROTOTYPES INDUSTRIELS

Il est aujourd'hui possible de produire des centaines de dispositifs quantiques par jour, suivant des processus automatisés. Les qubits, à base d'atomes individuels, de gaz ou de silicium, s'assimilent désormais à des prototypes industriels. Alexandre Blais lui-même, pourtant rompu aux manipulations d'objets quantiques, s'en étonne encore: *"Dans un microprocesseur quantique que j'ai reçu de mes collègues de Zurich par la poste, je peux voir à l'œil nu les qubits!"* Et c'est à qui concevra le plus performant, en explorant un large éventail de solutions techniques (lire les modules, pages suivantes). Un peu *"comme aux débuts de l'aviation"*, relève Philippe Grangier, *quand tous les modèles étaient en lice, tels ces prototypes qui battaient des ailes comme les oiseaux*.

Outre le choix de la nature physique des qubits (électron, atome ou encore ion...), les ingénieurs quantiques doivent aussi opter pour la "configuration" la plus adaptée au but recherché. *"Chaque laboratoire développe un type de machine en fonction de son savoir-faire dans le domaine quantique et des applications envisagées"*, explique Philippe Grangier. Un peu comme à l'époque des derniers calculateurs électroniques ayant

directement précédé la naissance de l'informatique classique, tel l'Eniac en 1946, quand chaque constructeur concevait sa machine en fonction de l'application particulière qu'il visait (calcul balistique, arithmétique, statistique, etc.).

Car, selon la manière dont les qubits sont utilisés, les circuits quantiques peuvent accomplir des opérations logiques, à l'instar des ordinateurs classiques; mais aussi trouver, par analogie, des solutions à des problèmes sans accomplir de calcul à proprement parler, chaque qubit représentant un paramètre du problème posé; voire simuler les phénomènes quantiques de tous ordres (interactions dans une étoile à neutrons, comportement des particules dans un supraconducteur...), telle une maquette à l'échelle 1/10 000 000 permettant de comprendre le fonctionnement d'un système grandeur nature.

Reste posée la question sur laquelle Google, IBM et consorts ont assurément leur idée: quand peut-on s'attendre à voir un ordinateur quantique triompher, au-delà de quelques performances impressionnantes mais limitées à un test de laboratoire, d'un problème important pour la société, l'industrie ou la recherche fondamentale, et insoluble pour ses concurrents classiques?

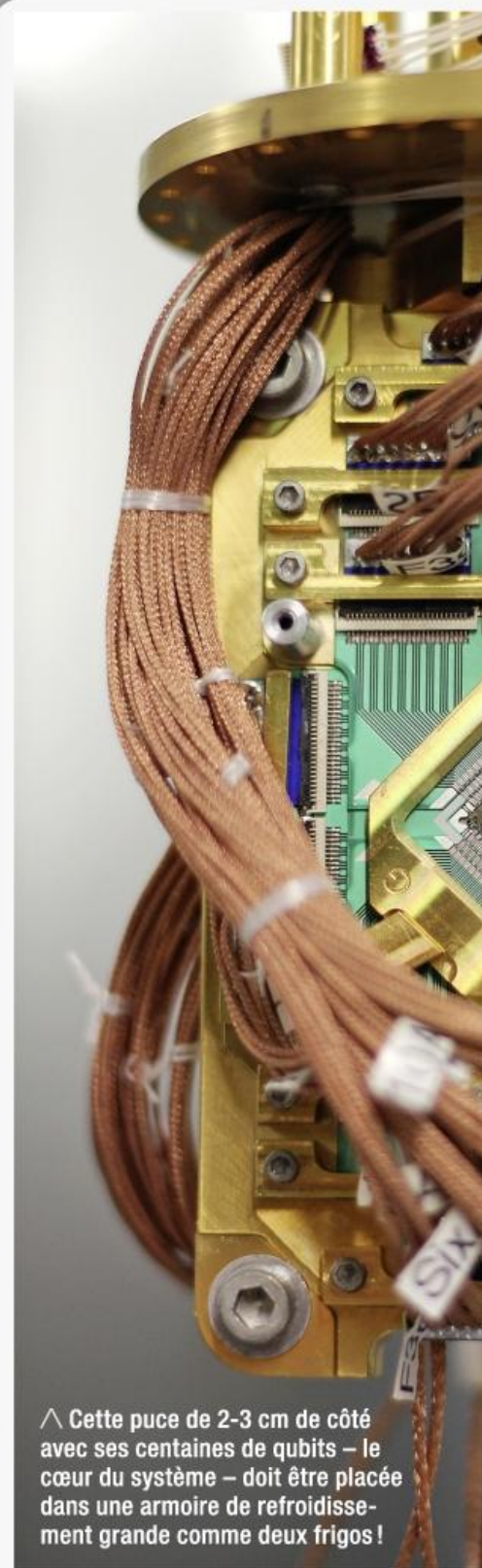
Les spécialistes jugent raisonnable d'envisager des ordinateurs manipulant une cinquantaine de qubits d'ici dix ans, *"ce qui devrait rendre un calculateur quantique utile pour s'attaquer à de vrais problèmes"*, estime Alexandre Blais.

Cinquante qubits, rappelons-le, c'est 1 million de milliards d'opérations en parallèle. Ce qui mettra cette machine à la hauteur du plus puissant des ordinateurs existants, fruit d'années de développements ayant poussé dans leurs extrêmes limites les capacités des technologies classiques. Et dix ans, c'est bien peu.

L'avenir du calcul est assurément quantique.

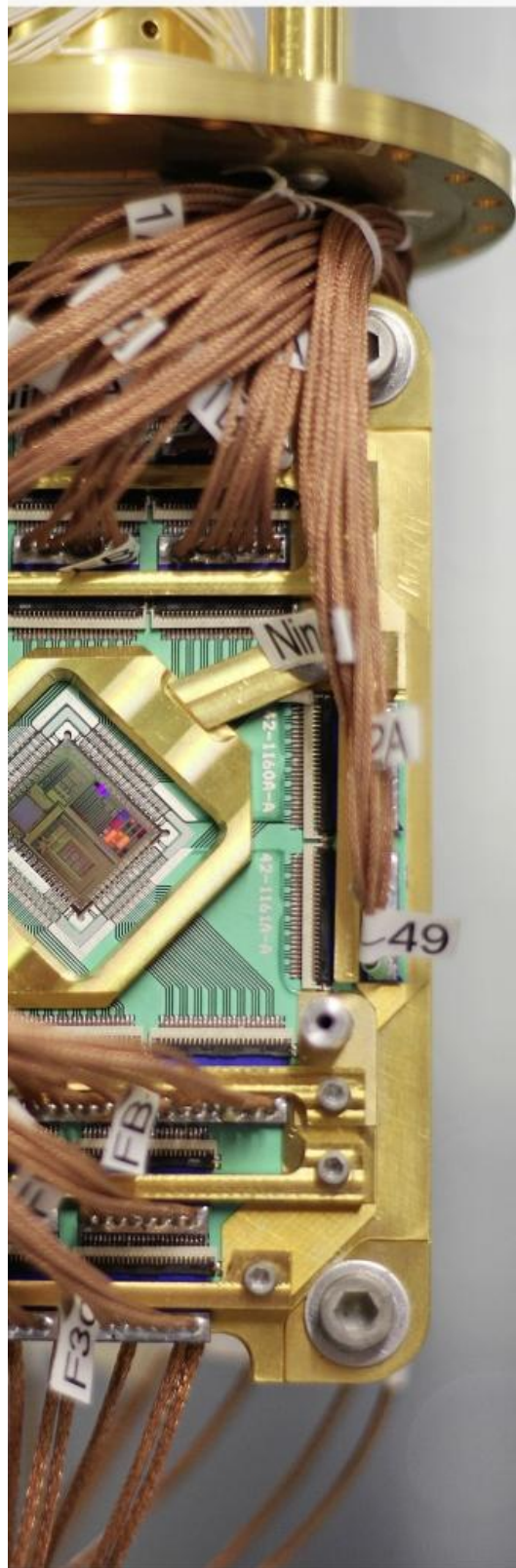
R.I.

5 PROJETS



^ Cette puce de 2-3 cm de côté avec ses centaines de qubits – le cœur du système – doit être placée dans une armoire de refroidissement grande comme deux frigos!

QUI RÉVOLUTIONNENT LE CALCUL



Projet D-Wave

Le premier ordinateur quantique commercialisé

L'ordinateur D-Wave 2X, la machine quantique commercialisée par la société D-Wave Systems et acquise par Google en 2013 pour 15 millions de dollars, affiche un nombre de qubits record : 2048 qubits. L'imposante armoire noire (photo p. 51) cache plusieurs dispositifs électroniques et un système de refroidissement qui convergent vers une sorte de circuit imprimé de quelques centimètres carrés. Là siègent les qubits, sous la forme de boucles supraconductrices ou SQUID (Superconducting Quantum Interference Device), chacun de quelques microns de côté. Ces circuits rendus supraconducteurs (à $-273,5^{\circ}\text{C}$) se mettent dans un état de superposition quantique (voir schéma) et sont liés entre eux par des microfils supraconducteurs.

D-Wave 2X n'accomplit pas un calcul enchaînant les opérations logiques. C'est l'état d'énergie stable, atteint par les qubits après un "recuit quantique", qui donne les solutions optimales à certains problèmes.

L'extraordinaire nombre de qubits de D-Wave n'implique pas une rapidité

de traitement exacerbée pour tout calcul. Un article publié par Google a apporté la preuve expérimentale d'une "accélération quantique" – D-Wave 2X serait 100 millions de fois plus rapide qu'un ordinateur classique ! Mais seulement pour un type de problème d'optimisation très particulier, et il n'est pas certain que cette accélération ne soit due qu'à la nature quantique de la machine. "Si tous admettent qu'il se passe 'quelque chose de quantique' à l'intérieur, la preuve n'est pas apportée que DW-2X réalise véritablement un recuit quantique", conclut le physicien Philippe Grangier. Reste que cette machine a relancé la course à l'ordinateur quantique.

SES AVANTAGES

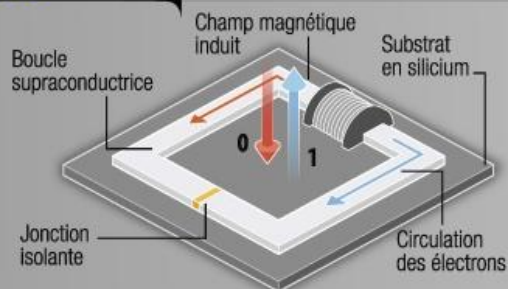
La puce contient 2048 qubits (dont seuls 1 152 sont actifs pour l'heure) et peut déjà se mesurer aux ordinateurs classiques sur des problèmes réels.

SES LIMITES

Difficiles d'estimer son efficacité. Les informations délivrées par l'entreprise ne le permettent pas.

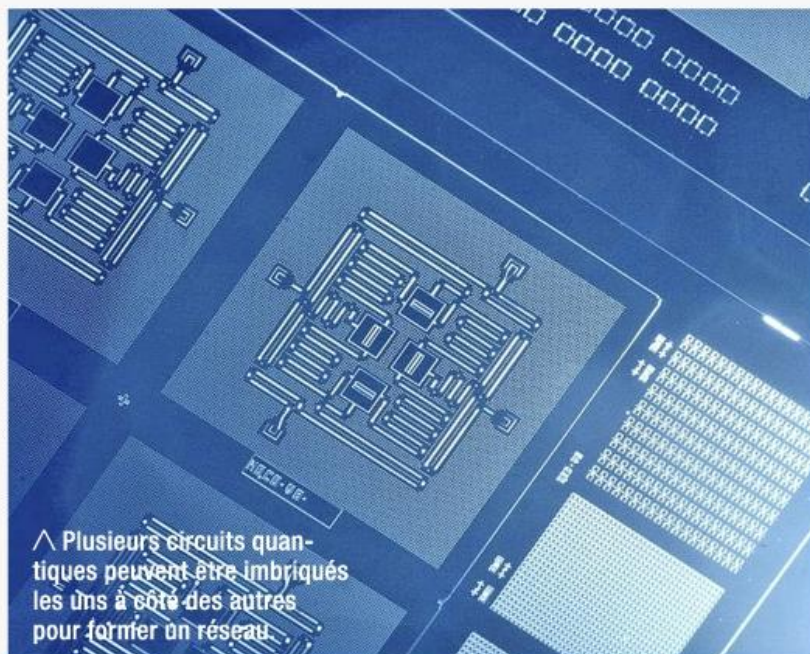
LE QUBIT À BOUCLE

Dans la boucle supraconductrice de type SQUID, munie de jonctions Josephson (en jaune), le déplacement des électrons peut se faire, au niveau de ces jonctions, dans un sens et dans le sens inverse simultanément. Cela crée la superposition quantique "0" et "1" du qubit.



LE QUBIT EST FORMÉ PAR DEUX CHAMPS MAGNÉTIQUES SUPERPOSÉS INDUITS PAR LES ÉLECTRONS CIRCULANT DANS LES DEUX SENS

À LA UNE



Projet IBM Des circuits

Les chercheurs du centre T. J. Watson d'IBM sont parmi les champions des ordinateurs quantiques dits à atomes artificiels ou à supraconducteurs.

Leur dernière grande réalisation (en 2015): de "gros" qubits visibles à l'œil nu. En pratique, une couche ultrapure d'atomes d'aluminium, déposés sur un substrat en silicium, qui les font ressembler à des circuits imprimés classiques. La grande force de ce système, c'est qu'il est muni de son propre système de correction d'erreurs, qui empêche les qubits de changer d'état sous l'effet de

Projet Monroe Des ions en lévitation qui font des calculs logiques

La machine de Chris Monroe et son équipe, à l'université du Maryland (Etats-Unis), mobilise un bain de lumière laser, dans lequel des ions (des atomes chargés électriquement) se tiennent en lévitation, un peu comme dans le projet de simulateur quantique (lire l'encadré "Projet ENS").

Mais tout aérien qu'il paraisse, il s'agit bien d'un ordinateur, avec des portes logiques qui permettent d'effectuer des opérations élémentaires sur les unités fondamentales du calcul, les qubits: transformer leur valeur, par exemple, ou effectuer une autre opération en fonction de la valeur d'un autre qubit.

Ce dispositif possède aussi des registres de mémoire (stockant les 0 et les 1). L'installation

complète, auparavant un appareillage de laboratoire complexe, est en phase d'intégration dans une puce en silicium munie de microlasers. Le but étant, à terme, de se rapprocher le plus possible des puces utilisées dans l'industrie microélectronique, pour bénéficier des techniques de fabrication de ce secteur de pointe.

Des modules de 30 à 100 qubits

Dans le détail, chaque ion en lévitation peut avoir deux états d'énergie (dits hyperfins). Ce sont ces états énergétiques différents qui permettent d'attribuer les valeurs 0 et 1 aux qubits.

Ce qu'en font les chercheurs? "Nous construisons des modules [des ensembles] de 30 à 100 qubits piégés dans un cristal de lumière", précise Chris Monroe. On peut se

représenter ce "cristal de lumière" comme des faisceaux de lumière prenant la forme d'une "boîte à œufs" – forme produite par les interférences entre plusieurs lasers, tels des vagues stationnaires dans une piscine.

Le dispositif réunit plusieurs de ces boîtes, rangées à distance (de quelques micromètres à quelques millimètres) l'une de l'autre: les registres de mémoire. Les informations d'un registre sont codées par l'intrication quantique entre ses qubits (les ions). "Les opérations entre registres sont, elles, effectuées en liant quantiquement les registres par des champs électromagnétiques [lasers] pilotés de l'extérieur, précise le responsable de l'équipe. Les liens entre registres et les opérations logiques sont donc reconfigurables."

L'objectif de Chris Monroe est très ambitieux: ses qubits pouvant être utilisés pour un calcul logique aussi bien que pour une simulation, il vise, "d'ici cinq ans", une machine reconfigurable en l'un ou l'autre de ces deux modes selon le type de problème à résoudre.

R.I.

assemblés comme des Lego

microfluctuations de température ou d'ondes parasites. Du jamais vu!

Plus fort: ce circuit peut être "enfilé" directement à côté d'autres modules identiques, afin de créer un réseau pouvant aller jusqu'à quelques centimètres de côté. Chaque module contient également des circuits secondaires permettant de contrôler, de mesurer et d'implémenter des opérations logiques. Le passage à plus grande échelle est en cours, selon Jay Gambetta, l'un des responsables, avec Jerry Chow, de cette innovation: "Nous avons déjà construit un système à 7 qubits [logiques]."

Maintenant, le principal problème à résoudre dans ces dispositifs plus larges est de réduire les signaux parasites [circulant entre modules]." R.I.

SES AVANTAGES

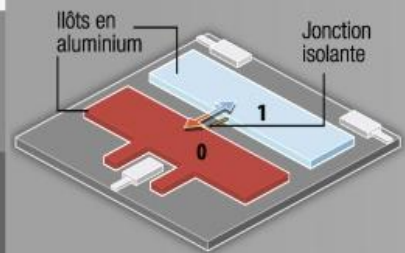
La fabrication repose sur des méthodes déjà éprouvées et largement utilisées.

SES LIMITES

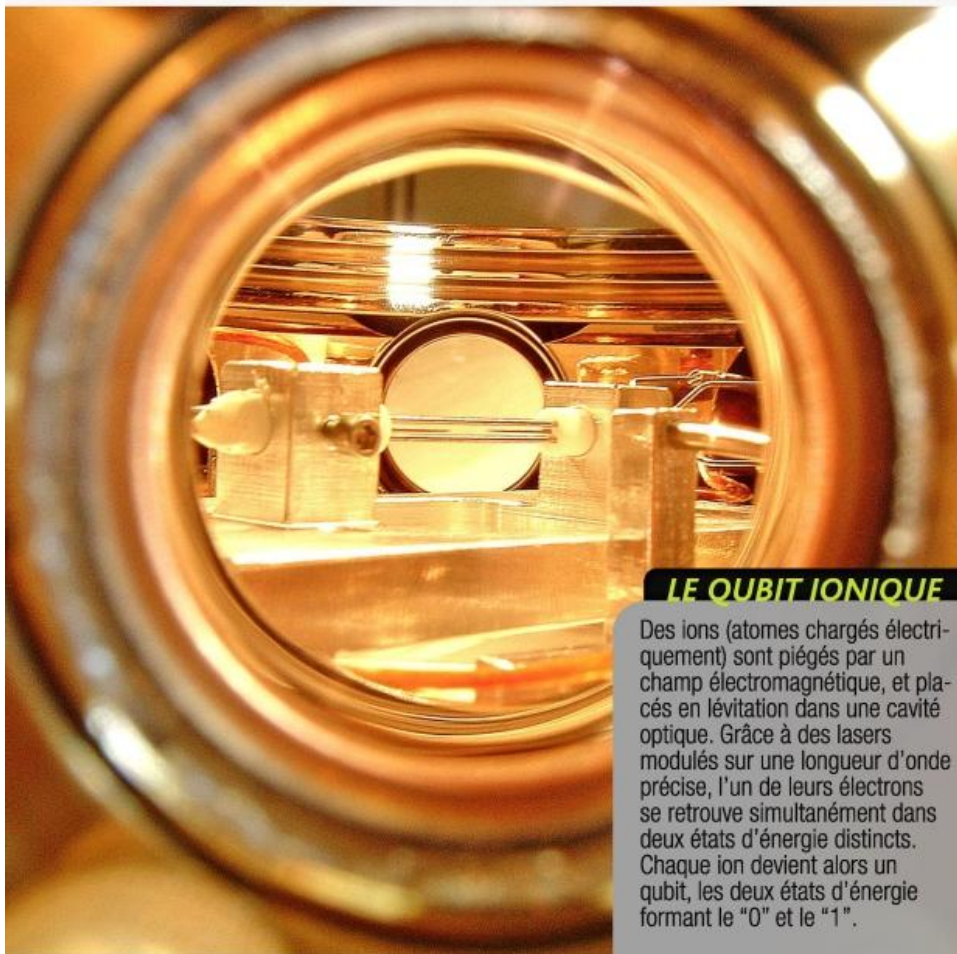
La grande taille des qubits et les problèmes de dégagement de chaleur limitent la possibilité d'en concentrer un grand nombre sur une petite surface.

LE QUBIT ÉLECTRONIQUE

Le qubit est formé de deux îlots d'aluminium reliés par un fil non conducteur. A une température proche du zéro absolu, l'ensemble acquiert un comportement quantique: les électrons peuvent se trouver simultanément de part et d'autre de la jonction par effet tunnel. Si bien que l'état "1 et 0" du qubit est donné par la répartition des électrons entre l'un et l'autre îlots.



LE QUBIT EST FORMÉ PAR LES ÉLECTRONS SE TROUVANT SIMULTANÉMENT DANS LES DEUX ÎLOTS



Des atomes individuels sont confinés au centre du dispositif, entre les électrodes métalliques.

SES AVANTAGES

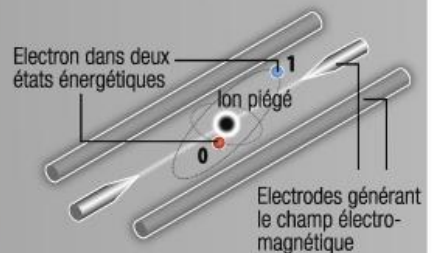
Il préfigure un ordinateur reconfigurable à souhait, qui peut aussi bien faire du calcul logique que de la simulation.

SES LIMITES

Pour manipuler les qubits un à un, il faut beaucoup de lasers, lesquels chauffent le milieu, entraînant la destruction de l'état quantique.

LE QUBIT IONIQUE

Des ions (atomes chargés électriquement) sont piégés par un champ électromagnétique, et placés en lévitation dans une cavité optique. Grâce à des lasers modulés sur une longueur d'onde précise, l'un de leurs électrons se retrouve simultanément dans deux états d'énergie distincts. Chaque ion devient alors un qubit, les deux états d'énergie formant le "0" et le "1".



LE QUBIT EST UN ION QUI SE TROUVE SIMULTANÉMENT DANS DEUX ÉTATS ÉNERGÉTIQUES

À LA UNE

Projet ENS

Simuler le monde plutôt que le calculer

Cette machine dont les différents composants occupent une salle de laboratoire se veut davantage un simulateur quantique qu'un ordinateur. Jugez-en : pour aider un chercheur à comprendre un phénomène quantique mal connu car décrit par d'intraitables équations (l'état de la surface d'une étoile à neutrons, par exemple, ou le comportement des électrons dans un supraconducteur particulier), elle ne le résout pas à proprement parler. Elle le reproduit dans une petite enceinte, en prend la "photo" et fournit ainsi ses "mensurations" (densité, répartition des vitesses des particules, polarisations), que le chercheur intègre dans l'un des

modèles théoriques à sa disposition pour comprendre de quoi il retourne.

"Nous reproduisons l'état quantique du phénomène, et non le phénomène lui-même", résume Sylvain Nascimbène, de l'équipe Condensats de Bose-Einstein du laboratoire Kastler-Brossel, à l'ENS.

Un gaz en lévitation

Le secret ? Au sein de l'enceinte de quelques centimètres, à la température proche du zéro absolu, lévite un gaz constitué d'environ 100 000 atomes, formant une boule de 10 micromètres de diamètre, qu'on "programme" afin de créer un système régi par les mêmes lois que le phénomène à simuler. Programmer la machine, c'est provoquer l'intrication

des atomes du gaz (rubidium, sodium, ytterbium ou dysprosium) avec des champs magnétiques et des lasers. *"Ensuite, nous envoyons des ondes lumineuses pour obtenir les données",* détaille Sylvain Nascimbène. Un processus itéré des centaines de fois de manière automatique (chaque itération prend trente secondes) de façon à obtenir une courbe présentant toutes les données recherchées, *"ce qui ne nous prend pas plus d'une journée"*. **R.I.**

SES AVANTAGES

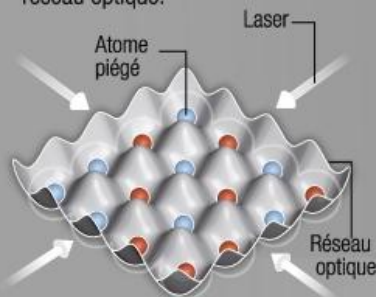
Il est déjà au point pour résoudre certains problèmes ; il ne semble pas y avoir d'obstacle à des simulations de plus en plus complexes.

SES LIMITES

Le dispositif est grand (à l'échelle d'un laboratoire), à cause du parcours de refroidissement du gaz. Et l'effet de chauffage lié au pilotage par lasers peut provoquer une destruction du système quantique.

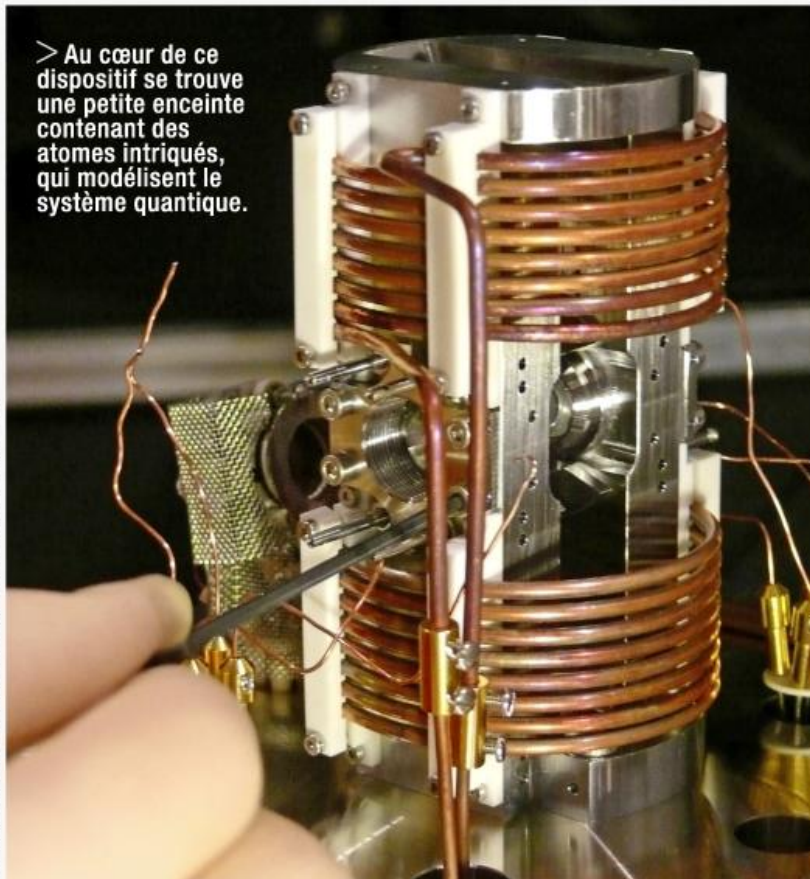
LE SYSTÈME QUANTIQUE

Dans le simulateur, des atomes en suspension forment un système fortement intriqué dont les caractéristiques quantiques globales sont les mêmes que celles du phénomène étudié. Ce système peut être divisé en plusieurs sous-parties grâce à un réseau optique.



PAS DE QUBIT ICI : TOUS LES ATOMES SE COMPORTENT COMME LE SYSTÈME QUANTIQUE À SIMULER

> Au cœur de ce dispositif se trouve une petite enceinte contenant des atomes intriqués, qui modélisent le système quantique.





> Les puces quantiques (tenues ici au bout des pinces) suivent quasiment les mêmes procédés de fabrication que les puces classiques.

Projet UNSW

Des puces déjà adaptées à l'industrie électronique

Andrew Dzurak et son équipe de l'université australienne de New South Wales misent sur l'ordinateur quantique tout-silicium avec une idée en tête: *"Nous pouvons adapter [notre ordinateur] aux technologies de fabrication de cette industrie."*

Leur puce ressemble en tout point aux processeurs classiques. Sauf que les qubits sont ici des "boîtes quantiques" en silicium et aluminium capables, à basse

température (50 microkelvins), d'emprisonner individuellement des électrons dans deux états de "spin", représentant le 0 et le 1. Gravées par les méthodes classiques sur un substrat de silicium, elles mesurent 30 nanomètres (contre 22 pour les transistors des puces actuelles).

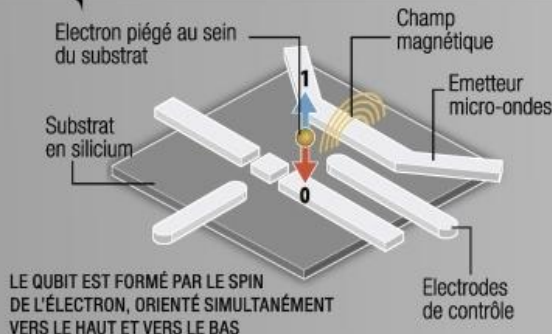
En 2015, l'équipe a construit pour la première fois entre deux boîtes une "porte logique" qui suffirait à effectuer toutes les opérations nécessaires aux calculs, et dont l'activation

est contrôlée par une tension électrique, comme avec les microtransistors classiques. Une réussite, car les boîtes quantiques forment des "coquilles" qui protègent particulièrement bien l'état quantique contre les perturbations extérieures: les chercheurs ont pu effectuer 100 000 itérations de "calcul" avant que les qubits ne perdent leur caractère quantique. Elles seraient donc adaptées au passage à plus grande échelle.

Prochaine étape? *"Maintenir l'information quantique au-delà du temps de vie d'un seul qubit"*, annonce Andrew Dzurak. En clair: utiliser plusieurs qubits pour encoder une information, la faire perdurer plus longtemps dans le circuit, et mener ainsi des calculs plus complexes. **R.I.**

LE QUBIT DE SPIN

Une boîte quantique gravée sur silicium peut piéger un électron individuel présentant une superposition de deux états inverses de son "spin" (ou rotation quantique). La valeur de ce qubit est contrôlée à l'aide d'un champ magnétique généré à quelques nanomètres de distance.



SES AVANTAGES

Les "boîtes quantiques" peuvent être fabriquées grâce aux méthodes de l'industrie du silicium.

SES LIMITES

L'échauffement du silicium, l'une des limites des puces actuelles, pourrait là aussi poser problème.

À LA UNE

L'INVENTION D'UNE NOUVELLE INFORMATIQUE

L'ordinateur est devenu quantique. Reste à concevoir des logiciels qui le soient tout autant ! Déjà, des idées se profilent. Avec, à la clé, une informatique capable de faire ce que l'informatique classique ne sait pas faire.

Les puces quantiques sont là. Ces dispositifs qui sont le cœur matériel des ordinateurs quantiques, leur *hardware* (comme les microprocesseurs de nos machines classiques), sont indéniablement en train de faire entrer l'ordinateur quantique dans l'ère industrielle.

Mais, à l'instar des machines classiques, pour dépasser le stade du prototype, il faut à l'informatique quantique non seulement des puces... mais aussi des programmes : des *softwares* – quantiques, bien sûr.

Et sur ce terrain-là aussi, l'informatique quantique avance à grands pas.

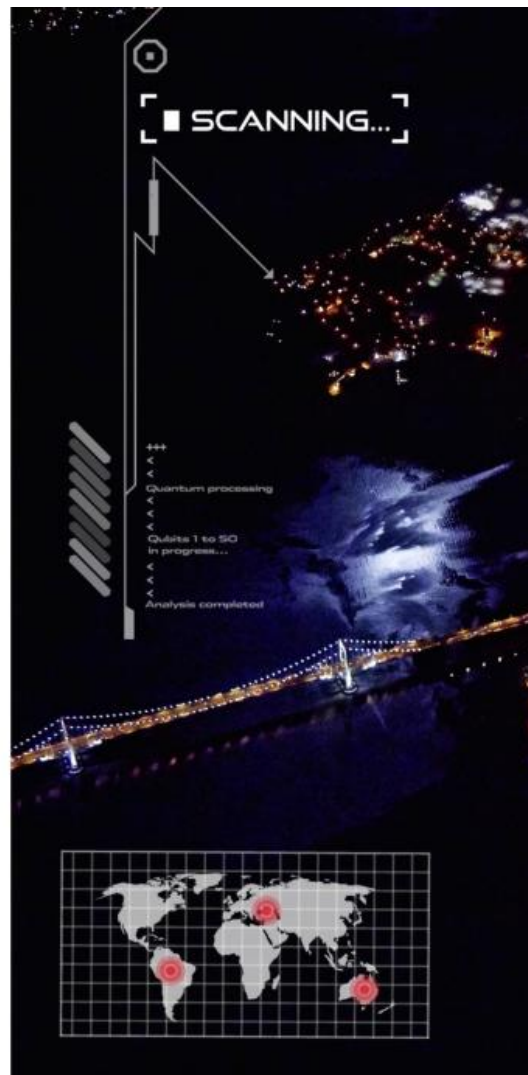
Déjà, les concepteurs de puces quantiques savent comment organiser

leurs circuits de manière à appliquer des opérations logiques élémentaires (l'équivalent des "portes logiques" "ET", "OU", "NON" de l'informatique classique) aux unités d'information fondamentales de l'ordinateur quantique, les fameux qubits.

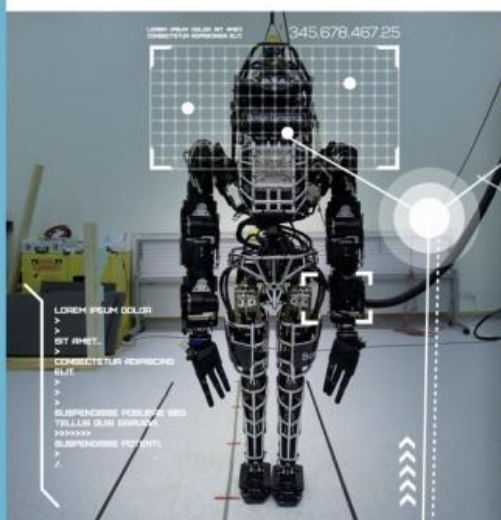
DÉJÀ DES "LANGAGES" QUANTIQUES

Physiquement, les qubits sont des ions, des atomes... Et leur nature quantique, tissée de phénomènes étranges comme la superposition d'états ou l'intrication, leur permet de symboliser 0, 1, ou 0 et 1 à la fois.

Les opérations élémentaires de la logique quantique consistent alors à les



inverser (0 devient 1), à les superposer (le qubit vaut 0 et 1 à la fois)... "On dispose aujourd'hui de portes quantiques élémentaires suffisamment universelles pour réaliser n'importe quelle opération plus compliquée sur



Intelligence artificielle

Programmer l'improgrammable

Il n'existe pas de logiciel clés en main pour rendre un robot intelligent. Mais des logiciels d'apprentissage, qui lui permettent, peu à peu, de reconnaître des objets, comprendre des phrases, assimiler des concepts... Le hic : pour que ça fonctionne, il faut nourrir le robot d'exemples trop nombreux pour les capacités des machines classiques. "La plupart des méthodes d'apprentissage automatique se résument à des problèmes insolubles pour les ordinateurs actuels", analyse Hartmut Neven, directeur du laboratoire Quantum A.I. de Google. Comme lui, Raja Chatila, à la tête de l'Institut des systèmes intelligents et de robotique, mise sur l'ordinateur quantique pour faire décoller l'intelligence artificielle : "Il va démultiplier le traitement des données et accélérer l'apprentissage."



Réseaux complexes

Prévoir l'imprévisible

Transports urbains, électricité, communication... Les réseaux modernes sont aussi complexes que vitaux. Comment les organiser pour qu'ils soient sûrs et efficaces? Mathématiquement, cela revient à résoudre un problème d'optimisation. Qui fait "caler" les ordinateurs classiques, car la durée des calculs croît exponentiellement avec la complexité du réseau. Une faiblesse que peuvent compenser les ordinateurs quantiques. *"Détection des pannes potentielles à l'avance pour éviter celles catastrophiques ou irréversibles serait un énorme avantage"*, estime Rupak Biswas, directeur adjoint du département Technologie d'exploration au Ames Research Center de la Nasa.

À LA UNE

les qubits", précise Benoît Valiron, chercheur en informatique à l'école CentraleSupélec.

Il y a mieux: des langages informatiques (avec une syntaxe et un vocabulaire, à l'instar de Python ou du C, par exemple, chers aux programmeurs de PC) ont été mis au point pour *"manipuler les qubits le plus naturellement possible"*, poursuit le chercheur. Ces langages, comme *Liquid*, de Microsoft, ou *Qipper*, sont similaires aux langages classiques. Une étape essentielle pour programmer en quantique!

Au point d'écrire des logiciels quantiques complets, capables de résoudre n'importe quel type de problème, dans n'importe quel domaine?

Reconnaissons-le: les programmeurs n'en sont pas encore là. Pas question, en effet, de concevoir des logiciels complexes en empilant des milliers de lignes de code, qui se contenteraient de puiser dans les opérations logiques

élémentaires. Ce serait comme programmer la simulation numérique du vol d'un avion de chasse en se limitant aux capacités d'une calculatrice à quatre opérations. Alors que pareille simulation s'appuie en réalité sur l'utilisation d'imposantes bibliothèques de sous-programmes préexistants, résolvant chacun une partie des problèmes posés par la simulation.

Mais justement: pourquoi ne pas piocher dans les bibliothèques des ordinateurs classiques? Tout simplement... parce que ça ne marcherait pas, les programmes, comme les puces quantiques, étant soumis aux lois singulières de la mécanique quantique.

DES LOIS DIFFICILES À MAÎTRISER

Prenons un ordinateur de 50 qubits: sachant que ses qubits peuvent valoir 0, 1, ou à la fois 0 et 1, il est capable, en théorie, de réaliser, en une seule étape de calcul, 2^{50} , soit 1 million

de milliards d'opérations. Oui, mais c'est oublier, pour reprendre le fameux exemple du chat de Schrödinger enfermé dans une boîte, que celui-ci est à la fois mort et vivant tant qu'on n'a pas regardé dans la boîte. Autrement dit, la valeur d'un qubit donné se fige à 0 ou 1 au moment où on l'observe: au lieu de 2^{50} combinaisons de 0 et de 1, on récupère donc un unique résultat (0 ou 1), et les autres s'évanouissent. La physique quantique est de nature probabiliste, ce qui fait sa force... mais la rend difficile à maîtriser. ➔



Big data

Trouver l'introuvable

Vidéos de surveillance, informations médicales, imagerie par satellite... La production de données explose dans tous les domaines, et se chiffre désormais en milliers de téraoctets, voire plus. Trouver des informations dans cette manne requiert une puissance de calcul que seul l'ordinateur quantique est susceptible d'offrir. *"Le défi est de savoir quelles données choisir et comment les associer pour en extraire quelque chose que nous ignorons. Avec de tels volumes d'informations, les outils classiques des big data ne sont plus efficaces"*, confie Rupak Biswas, au Ames Research Center de la Nasa.

résultat désiré, de lui donner la plus forte probabilité de sortir", détaille Frédéric Magniez, de l'Institut de recherche en informatique fondamentale (université Paris-Diderot/CNRS). A la clé: des algorithmes quantiques, qui constitueront la bibliothèque de sous-programmes indispensable à la conception de logiciels complexes.

Sachant que *"l'ordinateur quantique n'est pas, en soi, plus rapide"*, rappelle Bertrand Georgeot, physicien théoricien à l'Institut de recherche sur les systèmes atomiques et moléculaires complexes (université Paul-Sabatier/CNRS). *Il demande de repenser la manière d'aborder les problèmes: certains pourront alors être résolus plus vite"*.

L'enjeu? Trouver des informations rapidement et efficacement dans de gigantesques bases de données; prévoir le comportement de réseaux de transport et autres systèmes industriels particulièrement complexes; casser les systèmes de chiffrement les plus solides; programmer des cerveaux artificiels; ou encore simuler les phénomènes qui se jouent au cœur des étoiles ou des accélérateurs de particules pour mieux les comprendre. Autant d'exploits que laisse d'ores et déjà entrevoir l'informatique quantique (lire les encadrés).

BERTRAND GEORGEOT
Physicien théoricien (université Paul-Sabatier/CNRS)

L'ordinateur quantique n'est pas, en soi, plus rapide; mais en repensant la manière d'aborder les problèmes, il en résout certains plus vite

Concrètement, pour évaluer le gain de vitesse apporté par leurs différents algorithmes quantiques, les chercheurs comparent le nombre d'opérations nécessaires à chacun pour accomplir le même calcul, en fonction de la taille "N" des données de départ. *"Si le gain est juste une multiplication par une constante, par exemple trois fois plus rapide que l'algorithme classique, ce n'est pas intéressant. Dans deux à trois ans, les ordinateurs actuels iront plus vite"*, explique Frédéric Magniez. Il faut donc faire mieux.

→ Le but de la programmation quantique consiste alors à trouver comment, dans la puce, associer les qubits entre eux (les "intriquer") pour qu'ils ne se "figent" que dans certaines conditions, et ainsi obtenir le résultat souhaité en un minimum de mesures. *"Nous cherchons à mener des calculs en parallèle, à faire interagir les résultats des qubits entre eux, à leur attribuer des coefficients – positifs pour les branches de calculs intéressantes, négatifs pour les autres –, afin de faire émerger le*



À LA UNE

Prenons l'exemple d'un annuaire téléphonique, contenant N abonnés, classés par ordre alphabétique. Retrouver le propriétaire d'un numéro de téléphone dans un annuaire de 10 000 abonnés ne demande que 100 consultations avec le bon algorithme quantique, contre 5 000 avec un ordinateur classique.

La clé de cette accélération : l'algorithme inventé par l'informaticien Lov Grover en 1996. Il fait merveille pour fouiller de grandes quantités d'informations. Mais aussi pour trouver comment optimiser l'organisation d'un

système complexe selon un critère défini, en passant efficacement en revue toutes les solutions possibles – par exemple, dénicher, parmi tous les itinéraires reliant des villes, celui induisant la consommation la plus faible.

TROIS ALGORITHMES FONDAMENTAUX

Sans surprise, l'algorithme de Grover intéresse beaucoup Google... et est l'un des premiers à avoir rejoint les rayonnages de la bibliothèque des algorithmes quantiques. Où il se range aux côtés de deux autres algorithmes, formant un trio prometteur.

Le plus célèbre est sans conteste l'algorithme de Shor, inventé par le mathématicien Peter Shor en 1994 : il est capable de repérer, avec un gain de temps extraordinaire par rapport aux méthodes classiques, quels nombres il faut multiplier entre eux pour trouver un entier de grande taille. Une capacité au cœur des techniques de chiffrement...

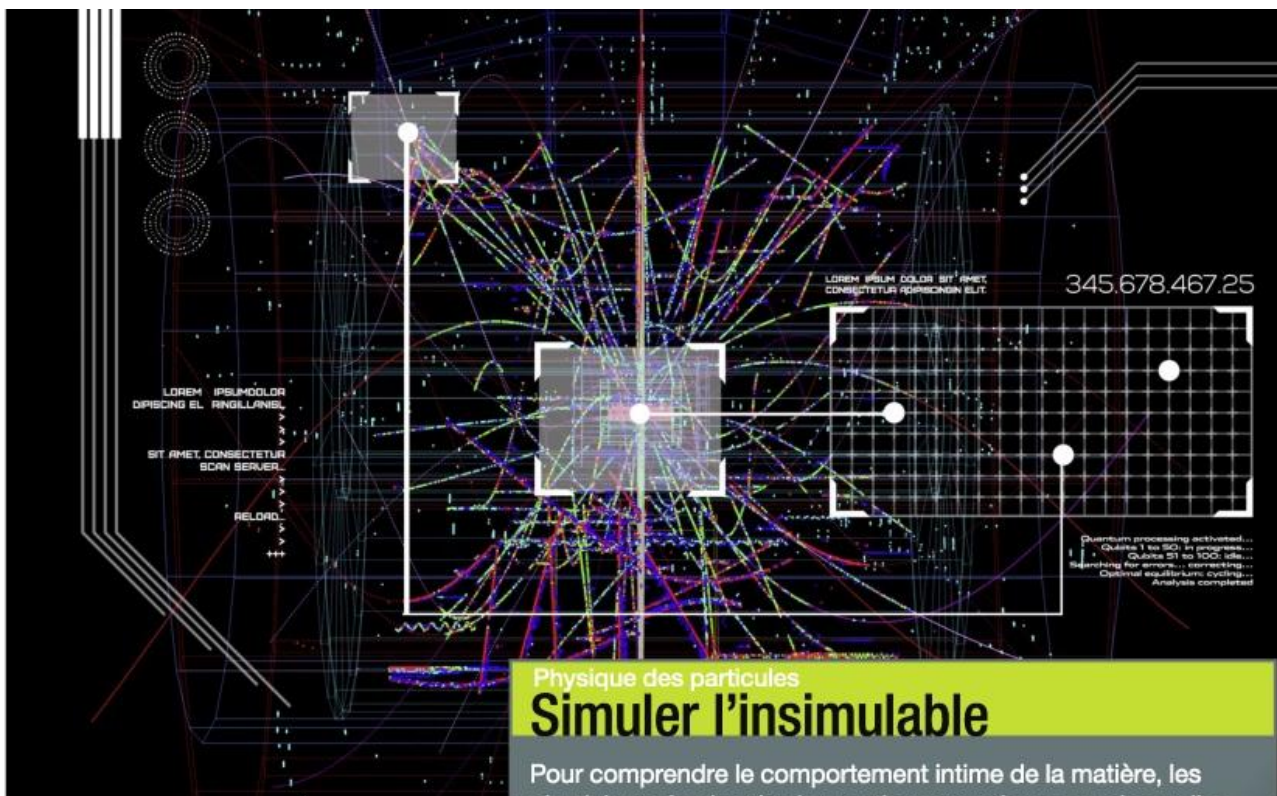
Le troisième est l'algorithme de Harrow-Hassidim-Lloyd (HHL), mis au point en 2009 par les trois mathématiciens qui lui donnent son nom. Il peut résoudre les systèmes →



Cryptographie

Déchiffrer l'indéchiffrable

La confidentialité des transactions électroniques par carte de crédit, des courriels, etc., repose, la plupart du temps, sur des systèmes de chiffrement qui ne résisteront pas à l'ordinateur quantique. Car ces systèmes font en général appel à "des problèmes particuliers en théorie des nombres. Le système RSA [très utilisé], notamment, repose sur la difficulté à factoriser de très grands entiers. Or, l'ordinateur quantique sait très bien le faire", prévient Jean-Pierre Tillich, chercheur en informatique à l'Inria. Là où une machine classique mettra un temps presque infini à "casser" le chiffrement, l'ordinateur quantique y parviendra dans un temps raisonnable. Les spécialistes de la sécurité vont devoir inventer de nouvelles méthodes pour crypter les données sensibles.



Physique des particules

Simuler l'insimulable

Pour comprendre le comportement intime de la matière, les physiciens simulent les interactions quantiques sur des ordinateurs classiques... qui montrent très vite leur limite : l'ajout d'une particule et de toutes ses interactions double le temps de calcul. "Simuler 30 électrons prend une journée de calculs, 40 électrons trois ans, et 50 électrons près de trois mille ans", rapporte David Poulin, physicien à l'université de Sherbrooke. Alors que pour un ordinateur quantique, nulle envolée exponentielle du temps de calcul avec le nombre de particules, car les qubits se comportent eux-mêmes, par leur nature quantique, comme un "modèle réduit" des systèmes étudiés. De quoi simuler des phénomènes quantiques complexes, vérifier certaines lois de la mécanique quantique, inventer de nouveaux matériaux...

d'équations linéaires que l'on retrouve dans tous les domaines scientifiques.

Malgré ces indéniables qualités, ce trio d'algorithmes essentiels ne suffisait pas à tirer le meilleur des puces quantiques. Mais il a depuis été largement complété. Au total, près de 60 algorithmes quantiques plus rapides que les algorithmes classiques sont aujourd'hui disponibles.

Une bibliothèque modeste pour l'instant, mais "remarquable, juge David Poulin, physicien à l'université de Sherbrooke, étant donné que la communauté de scientifiques qui travaille sur le développement d'algorithmes quantiques est encore minuscule". Elle devrait s'agrandir rapidement.

Résumons : les instructions logiques de base, permettant de piloter les qubits, existent ; les langages susceptibles de les associer pour produire des programmes complexes commencent à être disponibles ; et les bibliothèques d'algorithmes où puiser les

"fragments" de programmes utiles ne cessent de s'agrandir. Pas de doute : le *software* quantique est en bonne voie.

Reste une question : à quoi ressemblera l'interface de programmation ? Eh bien... à un ordinateur classique ! La programmation et l'interaction avec les puces quantiques se feront à l'aide d'un clavier, d'une souris, d'un écran et d'un système d'exploitation on ne peut plus classiques... Mais dont une partie échangera de l'infor-

mation avec les puces quantiques, logées dans un dispositif séparé. Jusqu'à ce que, qui sait, ce dispositif soit suffisamment miniaturisé pour se faire oublier, au sein des ordinateurs classiques, telle une *π*-carte graphique rangée à côté du microprocesseur principal d'un PC. *Hardware* et *software* ainsi réunis à l'abri des regards, l'ordinateur quantique pourrait tout changer... sans rien laisser paraître de son étrange nature. **O.L.**

Le nombre d'algorithmes disponibles est déjà remarquable, sachant que leurs développeurs sont encore peu nombreux

DAVID POULIN

Physicien
(université de
Sherbrooke,
Canada)

A consulter : les articles scientifiques prouvant les capacités des ordinateurs quantiques.

A voir : les vidéos de démonstration de D-Wave.

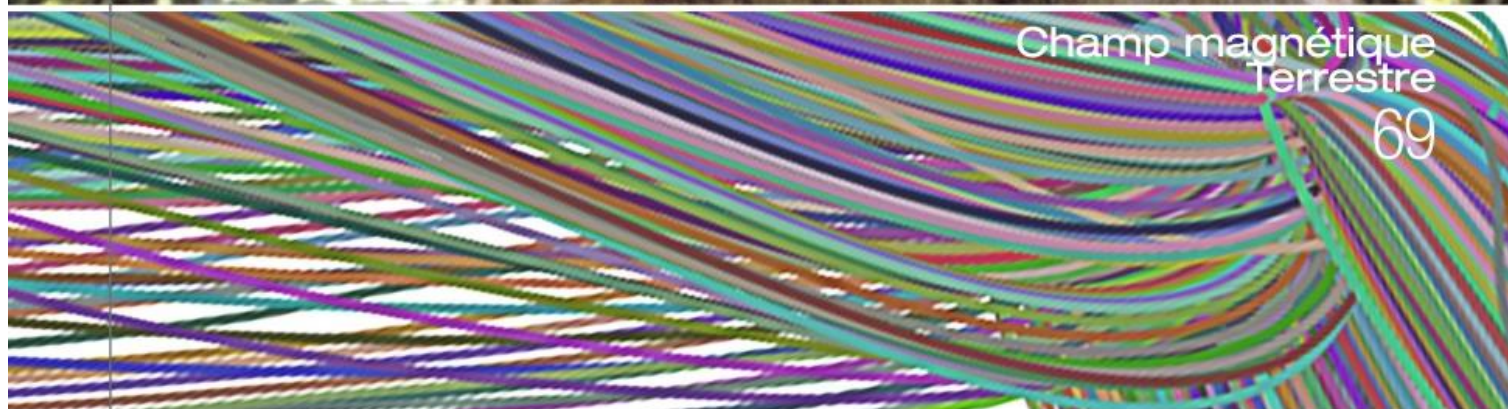
science-et-vie.com

★
EN
SAVOIR
PLUS

& Science découvertes



Primate géant
66



Champ magnétique
Terrestre
69



Pluton
72



Bombe méthane
80

MARS | 2016 | **sv** | 65

King Kong a existé !

Il a disparu
il y a 100 000 ans

> LE PLUS GRAND DES PRIMATES

Comparé à l'homme, le giganto-pithèque fait vraiment figure de géant, avec une taille pouvant atteindre 3 m et son poids 500 kg.

Mesurant 3 mètres, il fut le plus monstrueux des primates. Or, la disparition de ce géant vient d'être élucidée. Pour **Gabriel Siméon**, voici l'occasion de réhabiliter Gigantopithèque, le vrai "roi des singes".

Gigantopithèque: tel est le véritable nom de King Kong. A cette différence près: lui a réellement existé, contrairement au "roi des singes", mais aussi au Sasquatch ou encore au Yéti.

Gigantesque, il l'était: 3 m de hauteur, pour environ une demi-tonne, selon les estimations les plus audacieuses. Les fossiles révèlent que son habitat était disséminé dans tout le sud de l'Asie, du Pakistan à la Thaïlande. Et qu'il y régna longtemps: près de 10 millions d'années, jusqu'à sa mystérieuse extinction, environ 100 000 ans avant notre ère.

Hervé Bocherens, biologiste à l'université de Tübingen, en Allemagne, est catégorique: "C'est le plus grand pri-

mate à avoir jamais foulé la surface de la Terre."

Etonnant: alors que l'existence du gigantopithèque est connue depuis plus de quatre-vingts ans, il n'est jamais devenu une star de la primatologie, ni encore moins une icône de notre imaginaire. Ce primate avait pourtant tout pour devenir célèbre! Sauf, peut-être, le principal...

De fait, le mastodonte n'a pas laissé beaucoup de traces. Depuis son identification en 1935 à partir de plusieurs "dents de dragon" ache-

tées par le paléontologue allemand Gustav von Koenigswald dans une pharmacie chinoise, les seuls fossiles qui lui sont attribués sont des dents (plus de 1 000) et 4 mandibules. Mais pas de squelette complet, pas d'autre os, rien. "Cette absence est d'autant plus intrigante que beaucoup de fossiles des autres espèces des mêmes régions ont été découverts", pointe Hervé Bocherens.

De ce vrai King Kong, "trois espèces ont été identifiées", assure Brigitte Senut, paléontologue au Muséum national d'histoire naturelle. *Gigantopithecus bilaspurensis*, qui vivait il y a 10 millions à 9 millions d'années avant notre ère, principalement en Inde. *Giganteus*, établi dans la même région, il y a 9 millions à 6 millions d'années, même si des chercheurs affirment toutefois qu'il n'appartient pas à la lignée. Et *Gigantopithecus blacki*, qui vivait de 1,2 million à 100 000 ans environ, dont des restes ont été découverts en Chine, au Vietnam et en Thaïlande. Sachant que ces singes géants n'ont eu de cesse de grandir

Chronologie

Le dernier ancêtre commun des grands primates (homme, gorille, orang-outan, gigantopithèque...) daterait de 10 à 15 millions d'années. Le gigantopithèque se serait détaché de l'orang-outan, son plus proche parent, il y a près de 10 millions d'années; homme et gorille, entre 8 et 5 millions d'années.

DR

→ au fil du temps, *Blacki* étant le plus imposant.

Sa taille exacte? En comparant avec d'autres primates, Hervé Bocherens en a déduit que "*Blacki était de 25 % à deux fois plus grand qu'un gorille actuel, soit entre 2 et 3 m de hauteur*". Le chercheur situe son poids autour de 270 kg, avec des différences significatives possibles entre mâles et femelles. Mais d'autres estimations grimpent à 500 kg. Brigitte Senut, plus prudente, estime, elle, qu'"il n'est pas possible de déduire la taille d'un gigantopithèque uniquement à partir de ses dents et ses mâchoires" et qu'il pourrait ressembler à "un gros gorille".

UN VÉGÉTARIEN DES FORÊTS

Où vivait-il? Que mangeait-il? Pourquoi a-t-il disparu? Ces questions ont longtemps fait débat. Avant qu'Hervé Bocherens et des paléoanthropologues de l'Institut de recherches de Francfort et de l'université de Poitiers analysent le carbone et l'oxygène piégés dans l'émail des dents fossilisées. Résultat: "*La composition des dents du gigantopithèque est différente de celle des espèces omnivores ou carnivores, ou de celles du panda géant spécialisé dans*



△ L'artiste américain Bill Munns a tenté de reconstituer le gigantopithèque, grandeur nature.

les bambous, mais très proche de celle des orangs-outans." Comme ce dernier, avec qui il partageait probablement un ancêtre, il suivait donc un régime végétarien généraliste, composé au quotidien de fruits, de bourgeons et de racines. Même s'il ne montait peut-être pas aux arbres, vu sa taille, il vivait par conséquent dans les forêts.

De quoi éclairer sa mystérieuse extinction. Selon les chercheurs, "*combinée à sa niche diététique, la très grande taille du gigantopithèque pourrait expliquer qu'il ait disparu quand les surfaces forestières*

ont drastiquement diminué aux périodes glaciaires en Asie du Sud-Est", des cycles qui se sont étalés durant les deux derniers millions d'années. Son étonnante stratégie de la croissance permanente l'aurait conduit à une impasse évolutive. Son cousin l'orang-outan aurait, lui, survécu grâce à un métabolisme moins exigeant en ressources. "*L'hypothèse la plus plausible est que le gigantopithèque n'a pas trouvé dans les savanes les ressources alimentaires nécessaires*", résume Hervé Bocherens. Qui continue de s'étonner: "*La plupart des espèces subissent les changements climatiques sans disparaître. Y a-t-il eu autre chose qui lui aurait compliqué la vie?*" Autre chose qui aurait été... l'*Homo*.

Sauf qu'*Homo sapiens* n'est arrivé dans la région qu'il y a entre 50 000 à 10 000 ans. *Erectus*, lui, était là il y a au moins 800 000 ans. Dans la grotte de Tham Khuyen, au nord du Vietnam, des dents d'un *Erectus* et d'un gigantopithèque datant d'il y a 475 000 ans ont d'ailleurs été retrouvées – sans qu'on sache si les protagonistes se sont bel et bien rencontrés.

Avec sa cinquantaine de kilos, notre lointain cousin a-t-il joué un rôle dans la disparition du plus grand de tous les primates? En attendant de nouveaux éléments, ce point, comme de nombreux autres, reste spéculatif. Ce qui est sûr, c'est que le gigantopithèque mériterait une plus grande renommée.

La malédiction de la mégafaune

Ours des cavernes trois fois plus massifs que l'ours brun, kangourous et paresseux hauts de 3 m, lions aussi lourds qu'un cheval... Tous ces spécimens frappés de gigantisme ont disparu. Et ce n'est sans doute pas une coïncidence, tant la mégafaune paraît vulnérable aux chocs climatiques ou humains. "*Les grands animaux ont tendance à avoir de petites portées et une maturité sexuelle tardive, ce qui limite leur vitesse de réaction aux changements*, analyse Norin Chai, au Muséum national d'histoire naturelle. *Et vu leurs besoins alimentaires, ils ne peuvent subsister que dans un écosystème où règne l'abondance.*" Plus faciles à viser, ils constituent aussi des proies idéales... V.N.

A consulter : la dernière publication sur le gigantopithèque.

A lire : un ouvrage sur l'histoire des primates.

★
EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com

24 mai 2002

Le jour où le vent solaire s'est arrêté

Durant deux jours, en 2002, le vent solaire s'est apaisé, bouleversant le champ magnétique qui nous protège des colères de notre étoile. La surprise des experts face à cette découverte tardive interpelle **Mathieu Grousseau**.

Où étiez-vous les 24 et 25 mai 2002? Sauf exception, évidemment, vous n'en savez rien. Et pourtant, durant ces deux jours, il s'est produit un événement d'une ampleur planétaire, interplanétaire même: la magnétosphère, c'est-à-dire l'écran magnétique qui nous protège des assauts de notre étoile, a brusquement changé de forme sous l'effet d'une activité solaire hors du

commun. Un changement dont personne ne s'est aperçu... et dont les spécialistes eux-mêmes ont mis dix ans à se rendre compte.

Et alors, direz-vous, puisque rien de palpable ne s'est produit? Eh bien! ce "non-événement" est une des plus surprenantes manifestations de la fragilité de notre monde. La preuve la plus spectaculaire que nous sommes plus que jamais à la merci des caprices du Soleil.

Tout a commencé en 2008, quand une idée saugrenue a traversé l'esprit d'Emmanuel Chané, un spécialiste des plasmas au Centre de plasma astrophysique de l'université de Louvain: "En discutant avec des collègues spécialistes des lunes de Jupiter, j'ai réalisé que certains corps du système solaire présen-

tent une magnétosphère dont la forme est très différente de celle de la Terre. Sans grand espoir, je me suis demandé si, dans certaines conditions particulières, le bouclier magnétique de notre planète pourrait adopter une autre forme."

UNE DENSITÉ QUASI NULLE

Rappelons que le vent de particules que le Soleil irradie en permanence est freiné et dévié par le champ magnétique terrestre, dessinant autour de la Terre des lignes de champ magnétique qui forment une sorte de goutte d'eau contractée dans la direction exposée au Soleil, et s'étirant sur des centaines de milliers de kilomètres en aval (voir pages suivantes).

"La Terre est comme protégée par une cavité magnétique infranchissable, explique

Repères

Le vent solaire est constitué de particules chargées électriquement qui s'échappent en continu de la couronne du Soleil, chauffée à 3 millions de degrés. Il irradie l'ensemble du système solaire d'un flot ininterrompu se déplaçant, en moyenne, à 400 km/s. Le champ magnétique de la Terre nous protège de ce vent en formant une enveloppe protectrice: la magnétosphère.

→ Dominique Fontaine, au Laboratoire de physique des plasmas de Palaiseau. *Sauf aux pôles, où les lignes de champ sont connectées au vent solaire et où les particules qu'il draine peuvent donc pénétrer dans l'ionosphère, donnant naissance aux aurores boréales.*

C'est bien connu : sans cette armure magnétique, la vie n'existerait tout simplement pas à la surface de notre planète. Il suffit de regarder Mars. Quand son champ magnétique s'est éteint, il y a 3,5 à 4 milliards d'années, avec l'arrêt de sa dynamique interne, les particules du vent solaire ont tout bonnement soufflé l'atmosphère martienne. La cousine de la Terre est alors devenue une planète morte, soumise à un bombardement continu de particules délétères capables de faire rendre grâce à n'importe quel être vivant qui aurait le malheur d'évoluer à sa surface.

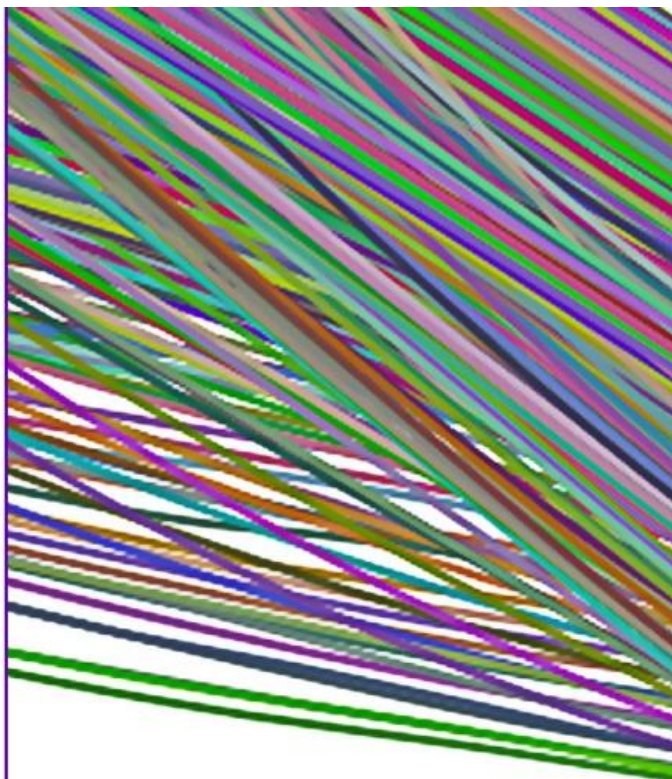
Emmanuel Chané s'est donc plongé dans l'ensemble des données relatives au vent solaire, dont les plus anciennes remontent à 1963. Son objectif : y déceler des anomalies. Banco !

Le physicien a même été surpris d'en découvrir plusieurs.

Celle qui a particulièrement retenu son attention s'est produite les 24 et 25 mai 2002 : durant ces deux jours, pour une raison inconnue, la densité du vent solaire, c'est-à-dire le nombre de particules par unité de volume en provenance du Soleil, s'est révélée 100 fois plus faible qu'à l'accoutumée. Une valeur confirmée par les mesures indépendantes de quatre sondes : *ACE*, *Soho*, *Wind* et *Genesis*.

"UNE ÉNORME SURPRISE"

En intégrant ces données dans des modélisations et des simulations numériques, Emmanuel Chané et ses collègues ont alors montré que la faiblesse du vent solaire avait, pendant ces quarante-huit heures fatidiques, provoqué une modification de la forme de notre magnétosphère. Celle-ci a troqué sa forme en goutte pour une structure présentant deux ailes très allongées, dites "ailes d'Alfvén", telles qu'en présentent notamment Io et Ganymède, les lunes de Jupiter.



EN MAI 2002, LES LIGNES DE CHAMP MAGNÉTIQUE SE SONT ÉCARTÉES...

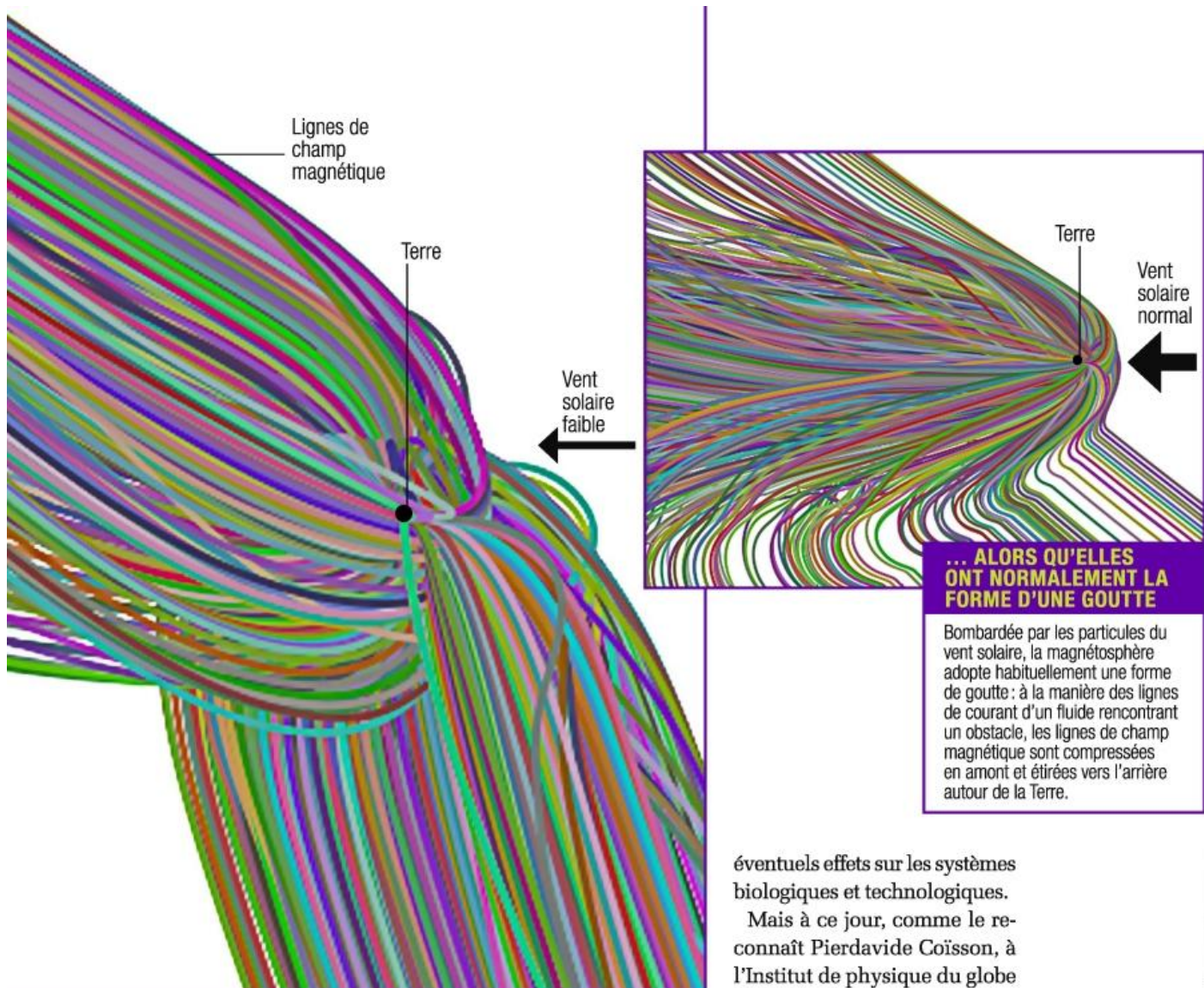
Les 24 et 25 mai 2002, la densité du vent solaire était inhabituellement faible. Les modélisations ont montré que la magnétosphère de la Terre a alors adopté une configuration dite "en ailes d'Alfvén" : les lignes de champ magnétique (en couleurs) se sont ouvertes en deux longues ailes de part et d'autre de notre planète.

Quand les tempêtes solaires traversent notre bouclier

La plus violente éruption solaire recensée se produisit en 1859 et provoqua la destruction de 5% de l'ozone stratosphérique ! Les aurores observées jusque dans la mer des Caraïbes engendrèrent des courants électriques qui affectèrent les réseaux de télégraphie, provoquant notamment des incendies dans plusieurs stations. Selon un rapport de l'Académie américaine des sciences de 2009, le coût des dommages que provoquerait, rien qu'aux États-Unis, un événement comparable s'élèverait à plus de... 6000 milliards de dollars ! Hors norme, l'éruption qui survint le 13 mars 1989 le fut également : suite aux surtensions provoquées par le passage dans le sol de grandes quantités de particules chargées ayant pénétré l'ionosphère terrestre, elle provoqua l'effondrement du réseau électrique canadien. Montréal fut plongé dans le noir ! Et elle brouilla également les signaux radio émis en ondes courtes, qui voyagent à travers l'ionosphère.

"Nous en sommes d'autant plus certains qu'une cinquième sonde croisait justement dans la région où une des ailes était théoriquement censée se trouver, et qu'elle en a bien détecté la trace", précise le scientifique.

"C'est une énorme surprise", admet Benoît Lavraud, à l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie de Toulouse. "Par curiosité, j'ai vérifié si quelque chose s'était produit sur Terre ces deux jours : il ne s'est strictement rien passé, reprend Dominique Fontaine. Reste qu'on n'avait absolument pas imaginé que la magnétosphère terrestre puisse adopter une telle forme. Et cela



... ALORS QU'ELLES ONT NORMALEMENT LA FORME D'UNE GOUTTE

Bombardée par les particules du vent solaire, la magnétosphère adopte habituellement une forme de goutte : à la manière des lignes de courant d'un fluide rencontrant un obstacle, les lignes de champ magnétique sont compressées en amont et étirées vers l'arrière autour de la Terre.

manifeste notre méconnaissance quasi totale des interactions entre la Terre et le Soleil."

Une méconnaissance préoccupante quand on se rappelle quelques fâcheux événements passés causés par les colères magnétiques du Soleil (lire l'encadré ci-contre). Car en cas d'éruption ou d'éjection violente de masse coronale (des bulles de plasma produites par la couronne solaire), les particules du vent solaire peuvent atteindre jusqu'à 3 000 km/s, contre 400 en temps normal. "Soumise à rude épreuve, la magnétosphère laisse alors pénétrer dans l'ionosphère d'intenses courants électriques qui font peser d'importants risques sur nos réseaux", indique

Dominique Fontaine. Quant aux bouffées de rayons X et d'UV qui accompagnent les sautes d'humeur de notre étoile, elles représentent un danger réel pour les satellites en orbite.

VERS UNE MÉTÉO DE L'ESPACE

Or, comme le rappelle Ludwig Klein, au Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique, à Meudon : "Plus notre mode de vie repose sur les technologies, plus les risques augmentent."

Pour y faire face, une nouvelle discipline a émergé depuis une petite vingtaine d'années : la météo de l'espace. Son credo : comprendre et prévoir l'état du Soleil afin d'anticiper les

éventuels effets sur les systèmes biologiques et technologiques.

Mais à ce jour, comme le reconnaît Pierdavid Coisson, à l'Institut de physique du globe de Paris, "les observations ont surtout démontré l'incroyable complexité des phénomènes en jeu". "On arrive à prédire les événements moyens, confirme Dominique Fontaine, mais les situations extrêmes demeurent encore très mal comprises."

Impossible donc de prévoir quel jour le Soleil se mettra en colère, déclenchant sur Terre une ambiance de fin du monde.

Avec une densité de vent solaire quasi nulle, la situation singulière qui a remodelé la magnétosphère terrestre les 24 et 25 mai 2002 en est le parfait pendant impavide.

Ces quarante-huit heures où il ne s'est apparemment rien passé, la Terre avait des ailes, symboles de notre fragilité face aux aléas du Soleil.

A consulter :
l'article
d'Emmanuel
Chané.

A voir : la vidéo
de la transforma-
tion de la
magnétosphère.

science-et-vie.com



PLU

NASA/JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED
PHYSICS LAB/SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE

Contexte

Lancée en 2006, la sonde de la Nasa *New Horizons* est la première mission vers la lointaine Pluton, qu'elle a atteinte le 14 juillet 2015. Le survol de cette naine de 2 370 km de diamètre n'a duré que quelques heures mais a suffi à engranger de nombreuses données, dont la transmission vers la Terre s'achèvera à l'automne 2016.



Les nouveaux mystères de

TON

C'était le dernier grand territoire inexploré du système solaire. Survolée pour la première fois en juillet dernier par la sonde *New Horizons*, Pluton réservait bien des surprises aux astronomes ! **Benoît Rey** a sélectionné les six découvertes les plus spectaculaires. Elles dévoilent un monde de glace extraordinairement complexe... et étonnamment actif.

Une immense et énigmatique plaine lisse

C'est devenu une figure emblématique de Pluton : ce formidable cœur gravé à sa surface (la partie inférieure droite sur le cliché de la planète en ouverture de ce dossier), surnommé par l'équipe de New Horizons "région Tombaugh" en hommage à Clyde Tombaugh, qui découvrit Pluton en 1930. Un cœur dont le ventricule ouest serait un cratère d'impact creusé par un objet de 10 km de diamètre il y a des centaines de millions d'années. Le temps l'aurait peu à peu couvert d'une nappe visqueuse d'azote, de monoxyde de carbone et de méthane mélangés, jusqu'à former ce somptueux bassin d'un blanc immaculé de la taille de la France : la "plaine Spoutnik".

Immaculé, c'est justement là le problème. Si cette zone est dénuée du moindre petit cratère de météorite, c'est que, malgré le froid mordant (-230°C), sa surface n'est pas aussi figée que ce à quoi on s'attendait.

A y regarder de plus près, le bassin n'est pas parfaitement lisse. Il est traversé par de longues rainures larges de 1 km environ, qui découpent la région en 168 cellules polygonales (photo), d'un diamètre moyen de 33 km. Et ces étranges motifs sont peut-être la clé du mystère. *"Ils seraient la manifestation en surface d'un phénomène souterrain de convection, explique Veronica Bray, à l'université d'Arizona. Le bassin, dont la surface est déjà à 4 km sous le niveau moyen de Pluton, serait en réalité profond de plusieurs kilomètres. La glace visqueuse plus chaude remonterait au cœur de chaque polygone, la froide redescendant sous la surface par les bords."*

Les montagnes de glace d'eau que l'on croit voir affleurer aux jonctions des polygones seraient en fait de gigantesques icebergs remontés des abysses de la plaine, dérivant sur cette mer de glace d'azote...





Un possible océan sous la glace

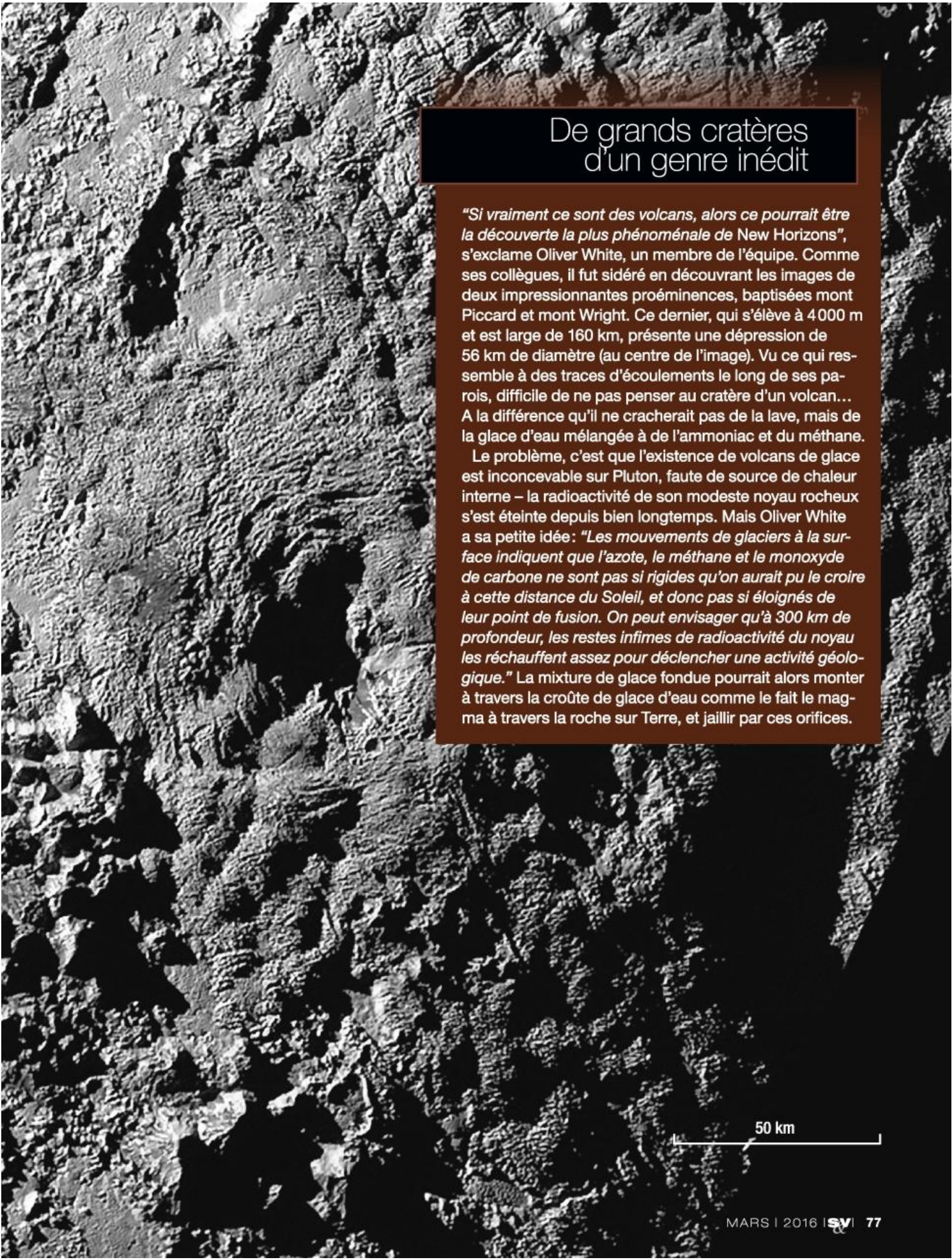
Et si Pluton recelait, sous 200 km de glace, un océan d'eau liquide de 200 km de profondeur ? Deux indices appuient cette hypothèse. D'abord, les longues craquelures (photo) particulièrement marquées à l'ouest de la plaine Sputnik, qui pourraient avoir été provoquées par la dilatation d'un océan souterrain en cours de glaciation. *"L'influence gravitationnelle de Charon [la principale lune de Pluton] pourrait également faire apparaître de telles fractures d'extension. Mais elles seraient accompagnées ailleurs de fractures de compression, dont on ne trouve aucune trace"*, explique Francis Nimmo, à l'université de Californie.

Second indice : Pluton est parfaitement ronde. Plus jeune, elle devait tourner beaucoup plus vite sur elle-même, au point de montrer un renflement de 10 km à l'équateur, qui devrait toujours se voir aujourd'hui. Or, il n'apparaît pas, ce qui pourrait signifier l'existence d'une couche d'eau liquide, qui aurait absorbé le renflement lors du ralentissement de la rotation. Reste à savoir si ce probable océan souterrain a pu conserver un peu de sa chaleur d'origine, ou s'il est déjà figé pour l'éternité...



Des petites lunes très fantasques

Les quatre petites lunes plutoniennes sont déroutantes : alors que la quasi-totalité des 180 autres satellites naturels du système solaire montrent à leur planète toujours la même face, Kéréros effectue plus de six tours sur lui-même à chaque orbite, tandis qu'Hydre en fait... 88,9 ; Styx a un axe de rotation incliné à 82°, et Nix (photo) tourne en sens inverse ! *"Si chacune des quatre lunes avait subi une collision dans les 10 derniers millions d'années, cela expliquerait ces bizarreries... mais c'est hautement improbable"*, estime Emmanuel Lellouch (Observatoire de Paris-Meudon). D'où l'autre piste : *"Elles orbitent autour du système double formé par Pluton et Charon [la grosse lune de Pluton]"*, note Mark Showalter, qui découvrit Kéréros en 2011 et Styx en 2012. Problème : les perturbations gravitationnelles que cela implique sont si complexes qu'elles ne peuvent être modélisées...



De grands cratères d'un genre inédit

"Si vraiment ce sont des volcans, alors ce pourrait être la découverte la plus phénoménale de New Horizons", s'exclame Oliver White, un membre de l'équipe. Comme ses collègues, il fut sidéré en découvrant les images de deux impressionnantes proéminences, baptisées mont Piccard et mont Wright. Ce dernier, qui s'élève à 4 000 m et est large de 160 km, présente une dépression de 56 km de diamètre (au centre de l'image). Vu ce qui ressemble à des traces d'écoulements le long de ses parois, difficile de ne pas penser au cratère d'un volcan... A la différence qu'il ne cracherait pas de la lave, mais de la glace d'eau mélangée à de l'ammoniac et du méthane.

Le problème, c'est que l'existence de volcans de glace est inconcevable sur Pluton, faute de source de chaleur interne – la radioactivité de son modeste noyau rocheux s'est éteinte depuis bien longtemps. Mais Oliver White a sa petite idée: "Les mouvements de glaciers à la surface indiquent que l'azote, le méthane et le monoxyde de carbone ne sont pas si rigides qu'on aurait pu le croire à cette distance du Soleil, et donc pas si éloignés de leur point de fusion. On peut envisager qu'à 300 km de profondeur, les restes infimes de radioactivité du noyau les réchauffent assez pour déclencher une activité géologique." La mixture de glace fondue pourrait alors monter à travers la croûte de glace d'eau comme le fait le magma à travers la roche sur Terre, et jaillir par ces orifices.

50 km

50 km

Une brume atmosphérique inattendue

"C'est sans doute la plus jolie surprise concernant l'atmosphère de Pluton", s'émerveille François Forget, à l'université Paris 6. Sur les images prises en contre-jour, on voit la planète drapée dans des nappes de brouillard concentriques de 3 ou 4 km d'épaisseur. La nature chimique des brumes de Pluton est bien comprise: les pâles rayons ultraviolets du Soleil cassent les molécules de méthane de l'atmosphère en plusieurs radicaux, lesquels réagissent avec l'azote ambiant pour former des polymères qui s'agglomèrent en flocons de 0,1 micromètre. C'est d'ailleurs en tombant sur le sol de la planète que ces flocons de plastique lui donnent sa teinte légèrement brunâtre désormais caractéristique.

Oui, mais pourquoi une telle structure en mille-feuille? *"Avant New Horizons, on avait parlé de*

brume dans la basse atmosphère, disons les 20 premiers kilomètres, se souvient Emmanuel Lellouch (Observatoire de Paris-Meudon). Mais personne n'avait imaginé qu'elle soit aussi visible sur les images, ni qu'elle s'étale tout autour de la planète et monte à presque 250 km d'altitude!"

Pour l'expliquer, les scientifiques tâchent pour le moment de faire appel aux "ondes de gravité", qui structurent également l'atmosphère terrestre: *"La présence de reliefs sur Pluton et l'injection de particules de matière de la surface dans l'atmosphère y provoquent des variations verticales de pression, de température et de densité, explique le chercheur. Là où les températures sont les plus basses, le gaz atmosphérique peut se condenser plus facilement, ce qui va densifier localement ces brumes."*

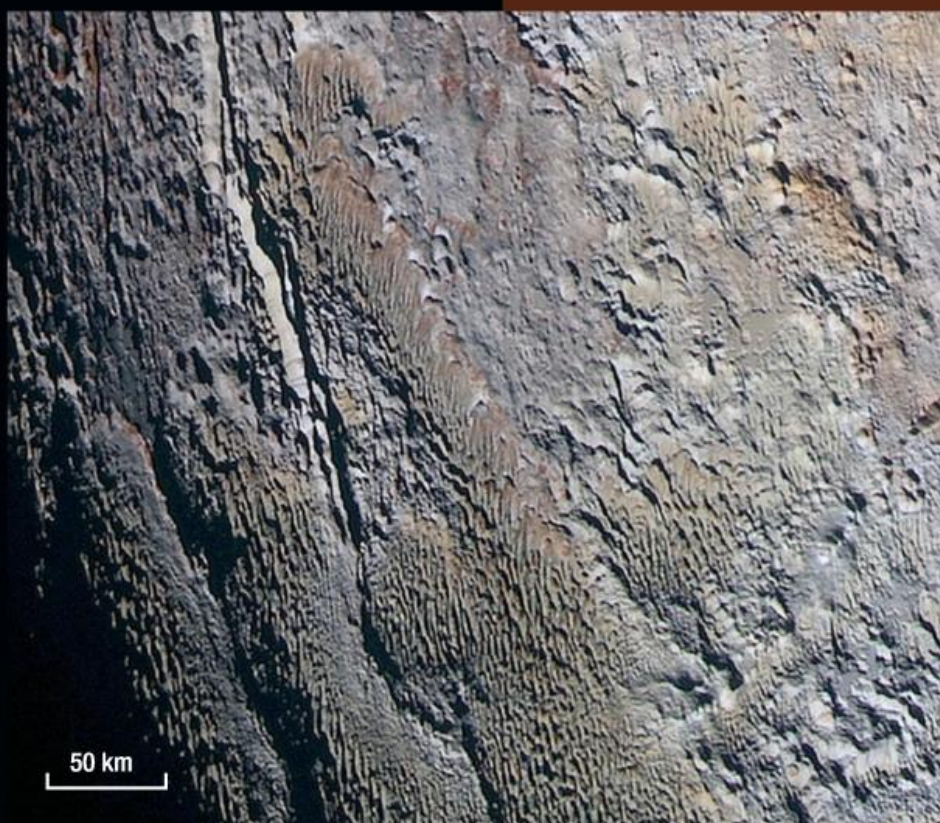
NASA/JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LAB/SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE



Des dunes jamais vues dans le système solaire

Des dunes majestueuses, de teinte gris-bleu et de centaines de mètres de hauteur, séparées par des vallées rougeâtres de plusieurs kilomètres de largeur, ondulant sur plus de 500 km... Voici Tartarus Dorsa, le "terrain en peau de serpent". *"Du jamais vu dans le système solaire"*, assure François Forget, à l'université Paris 6. La densité de l'atmosphère au sol est en effet 20 000 fois inférieure à celle de la Terre: *"C'est beaucoup trop faible pour que les vents puissent charrier des particules et former ces dunes."*

Elles pourraient sinon avoir été dessinées par la faible lueur du Soleil, via des processus de condensation-sublimation dans la glace de méthane... mais ce n'est qu'une supposition.



A voir : des images de Pluton prises par *New Horizons*, et des vidéos composées à partir des images de la sonde.

*
EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com

Bombe méthane

La menace climatique s'éloigne

Avec le réchauffement des sols gelés, d'énormes quantités de méthane risquent de s'échapper. Or, rapporte **Yves Sciama**, la "bombe" semble se désamorcer. Une bonne nouvelle.

Ce n'est pas tous les jours que les nouvelles en provenance de la science climatique sont bonnes. Alors, pour une fois, réjouissons-nous ! D'autant que la bonne nouvelle concerne ce que la plupart des spécialistes considère comme la principale menace d'emballement du réchauffement climatique.

Etudiée depuis des années, maintes fois évoquée dans la

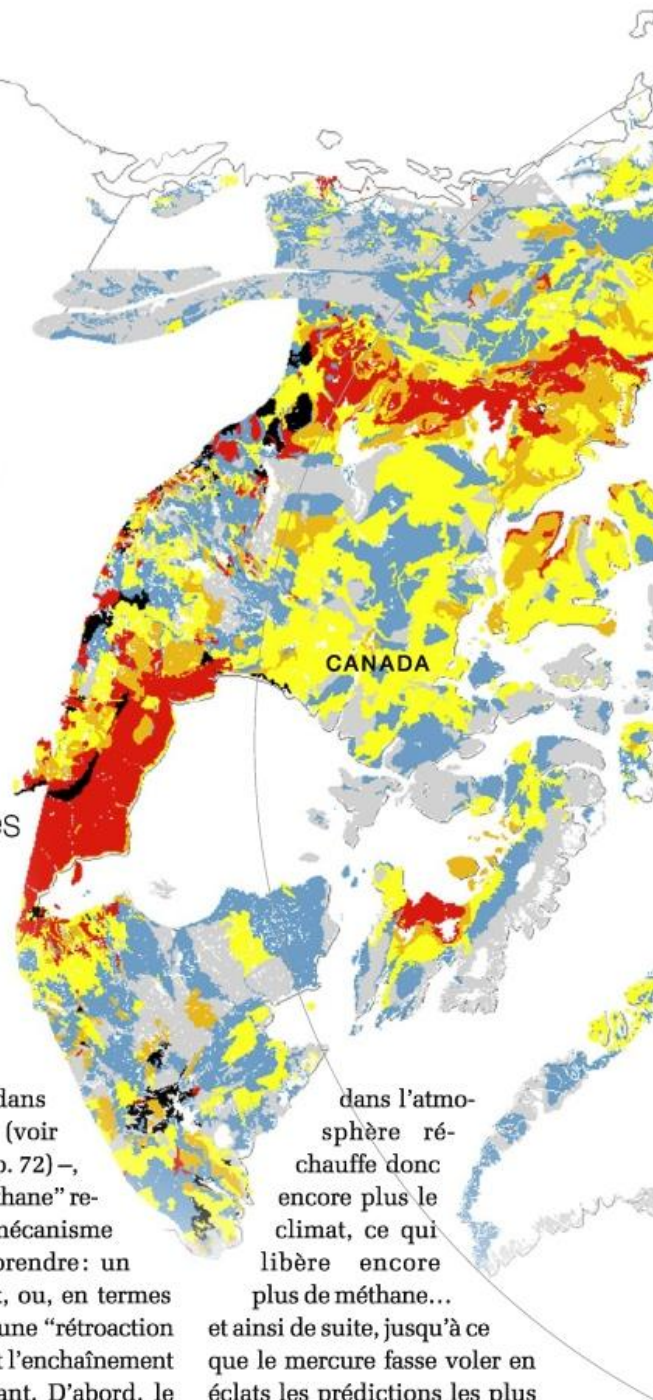
presse – et dans nos colonnes (voir *S&V* n° 1056, p. 72) –, la "bombe méthane" repose sur un mécanisme facile à comprendre : un cercle vicieux, ou, en termes scientifiques, une "rétroaction positive", dont l'enchaînement serait le suivant. D'abord, le climat se réchauffe sous l'effet de nos émissions de dioxyde de carbone. Ensuite, la fonte des sols glacés des hautes latitudes libère dans l'atmosphère de grandes quantités de carbone piégées par le froid, sous forme de dioxyde de carbone (CO_2) et surtout de méthane (CH_4), selon l'activité des bactéries présentes alentour – voir "Repères". Or, le méthane est un gaz à effet de serre 20 fois plus puissant que le dioxyde de carbone. Son dégazage

dans l'atmosphère réchauffe donc encore plus le climat, ce qui libère encore plus de méthane...

et ainsi de suite, jusqu'à ce que le mercure fasse voler en éclats les prédictions les plus pessimistes. Sauf que, les derniers résultats scientifiques montrent que ce scénario catastrophe semble s'éloigner.

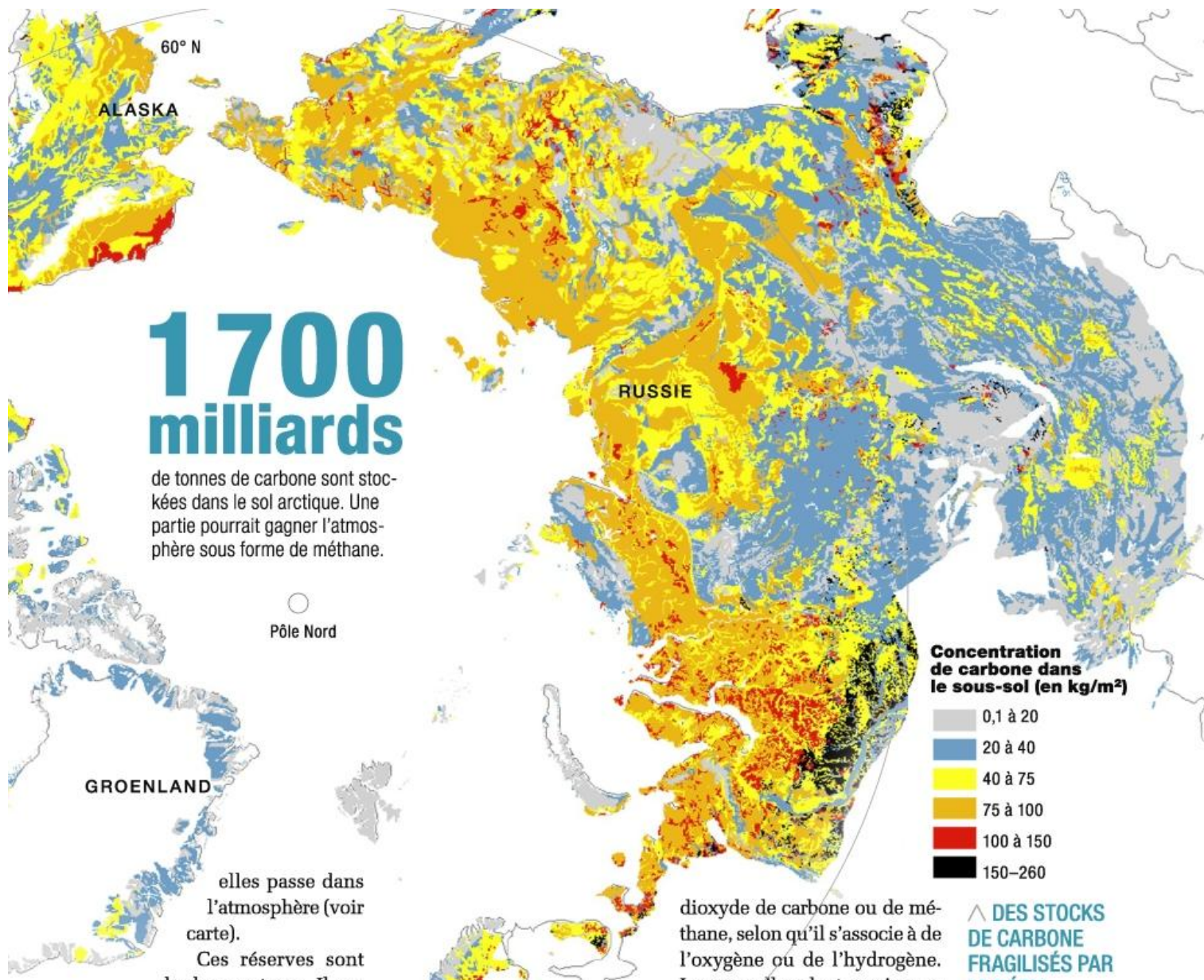
UN REDOUTABLE CASSE-TÊTE

Sur le papier, la théorie de la "bombe méthane" n'a pourtant rien de délirant : colossales, les réserves de carbone enfouies sous les hautes latitudes pourraient projeter le climat terrestre dans des états catastrophiques. Et cela même si une simple fraction d'entre



Repères

La chimie du **carbone** est bien connue. Cet atome a d'abord tendance à s'associer à deux atomes d'oxygène pour former le fameux **dioxyde de carbone** (CO_2). Mais il peut aussi se lier à quatre atomes d'hydrogène pour former du **méthane** (CH_4), une molécule moins stable que le CO_2 , mais dont l'effet de serre est 20 fois plus important.



1700 milliards

de tonnes de carbone sont stockées dans le sol arctique. Une partie pourrait gagner l'atmosphère sous forme de méthane.

Concentration de carbone dans le sous-sol (en kg/m²)

- 0,1 à 20
- 20 à 40
- 40 à 75
- 75 à 100
- 100 à 150
- 150-260

elles passe dans l'atmosphère (voir carte).

Ces réserves sont de deux natures. Il y a d'abord ce qu'on appelle les hydrates de méthane, la "glace qui brûle". Il s'agit d'une matière blanche, rappelant le polystyrène, qui se forme à partir du méthane forgé par les bactéries avec les sédiments organiques dès qu'il fait très froid et que la pression est élevée (fonds marins, sous-sol arctique). Le volume total d'hydrates varie d'un facteur 4 selon les estimations – mais même le bas de la fourchette, à 2500 milliards de tonnes de méthane, représente plus que toutes les réserves de gaz naturel de la planète.

Et puis il y a le méthane qui vient du carbone naturelle-

ment stocké dans le pergélisol, autrement dit dans le sol gelé de l'Arctique. Comment? Lors de la courte saison de dégel, les plantes de la toundra (surtout des graminées) poussent rapidement et fabriquent du carbone végétal. Quand vient l'hiver, ces plantes meurent, mais le froid, un peu à la manière d'un réfrigérateur, empêche leur décomposition par les microbes – alors que sous nos latitudes, cette décomposition réexpédie le carbone dans l'atmosphère sous la forme de

dioxyde de carbone ou de méthane, selon qu'il s'associe à de l'oxygène ou de l'hydrogène. Les nouvelles plantes qui pousseront au printemps suivant ajouteront alors une nouvelle couche végétale sur les précédentes... Le sol gelé devenant ainsi, au fil des siècles, un immense empilement de carbone. Résultat: selon les estimations généralement acceptées par la communauté scientifique, il y aurait deux fois plus de carbone dans les sols gelés de l'Arctique que dans l'atmosphère.

La bombe est donc bien là: que les hydrates fondent, ou que le sol se réchauffe, et le méthane commencera à sortir (il le fait déjà). Les archives fossiles suggèrent que de puissantes libérations de méthane – dites "bouffées" ou "pics de

DES STOCKS DE CARBONE FRAGILISÉS PAR LE DÉGEL

Toute la zone arctique qui entoure le pôle Nord abrite du carbone dans les trois premiers mètres de profondeur de terres gelées. De quoi alimenter une véritable "bombe méthane" en cas de dégel.

→ méthane” – ont déjà eu lieu à plusieurs reprises dans l’Histoire de notre planète, provoquant chaque fois de violents réchauffements. Mais la bombe est-elle en passe d’éclater ? Ou bien restera-t-elle là, inerte ? Ou, troisième option, va-t-elle se consumer progressivement au lieu d’exploser, provoquant des dégâts plus limités ?

Le cycle du méthane est si complexe que toute projection fiable est difficile

A ces questions, les climatologues n’avaient guère de réponse il y a encore dix ans. Il faut dire que le cycle du méthane est d’une redoutable complexité.

Ce gaz, contrairement au très inerte dioxyde de carbone, est particulièrement réactif. La molécule de méthane, en particulier, réagit volontiers avec l’oxygène – ce qui explique d’ailleurs que ce gaz soit non seulement inflammable, mais aussi explosif. Du coup, même en l’absence de flamme, le méthane libéré dans l’atmosphère s’oxyde peu à peu en CO_2 , à des vitesses imprévisiblement variables selon l’environnement chimique. Sans compter que certains microbes, dits



méthanotrophes, vivant dans le sol ou dans l’eau, en consomment ; quand d’autres, dits méthanogènes, histoire de tout compliquer, en fabriquent ! Ces méthanogènes, et c’est important, ne prolifèrent vraiment qu’en l’absence d’oxygène gazeux, donc dans des marais et des lacs souvent émetteurs de méthane. Autant de phénomènes simultanés dont la résultante constitue un redoutable casse-tête.

A partir de 2010, la théorie de la “bombe méthane” a commencé à marquer des points

chez les spécialistes sur la foi de trois séries de résultats indépendants.

LES VOYANTS PASSENT AU ROUGE

D’abord, après un plateau de près d’une décennie, la concentration atmosphérique de méthane sur la planète est brusquement repartie à la hausse. A partir de 2007, les études montrent qu’elle progresse régulièrement de 6 parties par milliard (ppb) par an, suggérant qu’une nouvelle source est apparue. Selon Philippe Bousquet, au Laboratoire des sciences du climat et de l’environnement, l’un des spécialistes du sujet, en 2015, année de chaleur record, la progression s’est même accélérée, atteignant 12 ppb.

Le deuxième fait inquiétant vient des fonds marins. L’équipe russe de Natalia Shakhova a publié en 2010 dans *Nature* des observations spectaculaires effectuées en mer de Laptev, au nord-est de la Sibérie, où, en de multiples endroits, d’impressionnantes



PHILIPPE BOUSQUET

Laboratoire des sciences du climat et de l’environnement (Paris)

Contrairement à ce qu’on craignait, les derniers relevés n’ont montré aucune explosion des émissions



colonnes de bulles de méthane (de plusieurs centaines de mètres de diamètre!) remontaient à la surface. Les mesures approfondies effectuées depuis chaque été ont confirmé leurs résultats : d'importantes quantités de méthane s'échappent du fond de l'océan sur une surface étendue. Leur hypothèse ? La montée des températures de l'océan Arctique, que la fonte de ses glaces expose de plus en plus au soleil et à une élévation record des températures, pourrait être à l'origine d'une fonte des hydrates de méthane.

Enfin, troisième voyant rouge, au cours de l'hiver 2014-2015, sont apparus dans le nord de la Sibérie de vastes cratères provoqués par des dégazages massifs de méthane souterrain (voir *S&V* n° 1173, p. 64). Des trous pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres de diamètre et de profondeur observés en une vingtaine d'endroits, qui suggèrent que le réchauffement du sol serait, là aussi, en train de libérer des quantités inattendues de méthane.

Pourtant, par un retournement dont la science a le secret, le



<^ **TOUT LE PERGÉLISOL NE RÉAGIT PAS DE LA MÊME FAÇON**

Alors que les zones humides et végétalisées (ci-dessus, en Alaska) sont émettrices de méthane, les dernières analyses montrent qu'il en existe d'autres, plus sèches et minérales (à g., au Groenland, où elles sont étudiées par l'équipe de Bo Elderling) qui, elles, consomment du méthane. Et elles seraient majoritaires...

spectre de la bombe méthane semble aujourd'hui s'éloigner. C'est qu'en avril 2015, une équipe américaine dirigée par Chui Yim Lau (université de Princeton) a fait une découverte étonnante : sur sa base située dans le Haut-Arctique, non seulement le sol n'émettait pas de méthane, mais il consommait celui de l'atmosphère !

“En fait, les sols émetteurs de méthane le plus souvent étudiés sont très riches en matière organique, précise Chui Yim Lau. Or, la majorité des sols arctiques sont très minéraux. Et sur ces sols, ce sont des bactéries consommatrices de méthane qui semblent à l'œuvre. Quand nous nous en sommes rendu compte, nous avons cherché et découvert deux autres équipes qui avaient trouvé les mêmes résultats que nous. Plus étonnant encore, lorsque l'on réchauffait nos sols pour simuler un climat futur, ils absorbaient



→ encore plus de méthane ! Le problème est maintenant de voir ce que ça donne à l'échelle de l'Arctique."

Un autre article paru également en avril 2015 a lui aussi fait baisser la pression. Selon Ted Schuur, de l'université d'Arizona, son premier auteur, "plusieurs expériences en laboratoire avec des échantillons de sols indiquent que le carbone

aimerions avoir plus de données, précise Philippe Bousquet, il n'en reste pas moins que s'il y avait une augmentation brusque et significative des émissions de méthane, en particulier en mer, elles la détecteraient. Or, les mesures de ces dernières années ne montrent rien de tel."

En clair ? Ces arguments semblent désamorcer la bombe. Le spectre d'un brusque embal-

l'érosion les efface très vite, ont constaté les scientifiques, il est donc difficile de savoir si c'est un phénomène récent ou non.

"POUR L'INSTANT..."

"Ce sont probablement des phénomènes locaux, certes spectaculaires, mais qui n'influencent que marginalement le bilan global de l'Arctique", juge Philippe Bousquet. Qui tient à préciser: "Pour l'instant..."

Car c'est un des principaux problèmes: cette zone où se produisent les changements les plus radicaux de la planète est si vaste, hostile et désertique que les informations manquent cruellement. "Il est très difficile de prédire comment l'ensemble de ce système va évoluer vis-à-vis du méthane, indique le Danois Bo Elderling, spécialiste des sols du Groenland. De façon générale, il semble que les zones sèches consomment du méthane, tandis que les zones humides en produisent. La situation dépend donc en partie de la quantité d'eau disponible, de l'évolution des précipitations, de leur saisonnalité, de la microhydrologie locale... Il nous reste beaucoup de choses à comprendre avant de pouvoir faire des projections fiables."

Si la bombe méthane semble donc moins prête à exploser que ce que l'on craignait, les chercheurs se gardent de tout triomphalisme. Dans la vaste expérience planétaire actuellement en cours, les surprises possibles restent nombreuses. Dans un sens, ou dans l'autre.

Les activités humaines sont les premières émettrices de méthane

Le méthane de l'atmosphère a plusieurs origines. Si 10 à 15 % gagnant ce flux proviendraient pour l'instant de l'Arctique, les deux tiers seraient directement liés aux activités humaines. Premier poste: les fuites durant l'extraction et le transport du gaz naturel – une énorme fuite est actuellement en cours en Californie. Vient ensuite l'élevage: la digestion des ruminants génère en effet du méthane. Autre poste important: les émissions des décharges et des stations d'épuration. Enfin, la culture du riz maintient artificiellement dans un état marécageux de vastes surfaces méthanogènes. Or, toutes ces émissions humaines pourraient être considérablement réduites par des technologies et des pratiques *ad hoc*, avec des effets climatiques positifs immédiats.

souterrain se dégrade, certes, lorsqu'il y a réchauffement, mais lentement. Nos extrapolations montrent que si l'Arctique aggraverait bien le réchauffement en émettant du méthane, ce sera de façon progressive, non explosive. Au final, le réchauffement sera peut-être 15 % plus important que prévu par les modèles actuels, ce qui est beaucoup, mais pas catastrophique".

Le dernier élément concordant est fourni par les stations de mesure de méthane de la région. "Il y a quatre stations qui prennent des mesures en continu sur la zone qui entoure l'océan Arctique. Même si nous

lement climatique dû au méthane dégazé dans l'atmosphère ne serait plus à craindre – les conditions dans lesquelles les bombes méthane ont explosé par le passé ne seraient finalement pas réunies aujourd'hui.

Mais comment expliquer alors les spectaculaires émissions de la mer de Laptev ? "Le problème, rappelle Gerhard Krinner, au CNRS, c'est que l'on n'a pas d'observations sur le long terme de ces phénomènes. On peut imaginer que ces dégagements ont lieu depuis des siècles, dans cette région particulière." Une objection qui vaut aussi pour les cratères sibériens:

A consulter : les études des chercheurs cités et le dernier gros rapport sur le méthane arctique.

science-et-vie.com

★
EN
SAVOIR
PLUS

& Science techniques



Venins
86



Miroir connecté
92

Fonctions digestives

Fonctions cardiovasculaires

Rythme cardiaque

Fonctions respiratoires

Fatigue

Anxiété

Stress

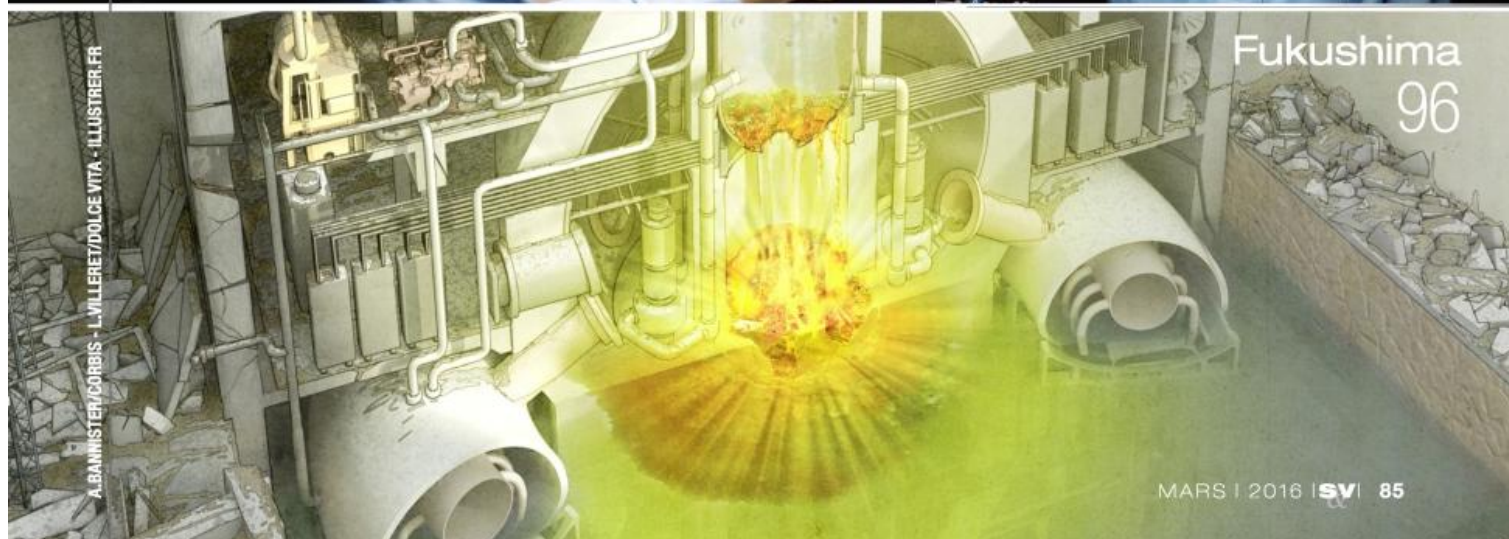
86

Activité

Travail

Sommeil

Alimentation



Fukushima
96



Les quantités limitées de venin récoltées (ici chez une vipère) ne sont plus un obstacle à l'usage thérapeutique de ces poisons.

VENINS

Leurs pouvoirs guérisseurs bientôt en pharmacie

Des venins pour soigner le cancer ou le diabète ? Oui, explique **Elsa Abdoun**. De nouveaux outils permettent d'exploiter les vertus thérapeutiques de leurs millions de molécules actives !

Venin de vipère pour protéger la mémoire, salive de lézard soignant des troubles métaboliques, dard d'abeille antipurulences acnéiques... Non, ces étranges prescriptions ne sortent pas d'un vieux grimoire, mais bien des dernières publications scientifiques de chercheurs en pharmacologie. Car les propriétés thérapeutiques des

venins et autres poisons animaux ne sont pas qu'un fantasme de guérisseurs moyenâgeux. Ces produits intéressent depuis longtemps les biologistes... et commencent enfin à piquer l'intérêt de l'industrie pharmaceutique.

Il était temps. Car cela fait plusieurs dizaines d'années que les chercheurs ont compris l'intérêt pharmacologique des poisons animaux, qu'il s'agisse de venins de serpent, d'abeille ou de scorpion, ou simplement de toxines présentes dans la salive de lézards ou sur la peau de certains batraciens. *"Ce sont des combinaisons de molécules que la nature a fait évoluer durant des centaines de millions d'années"*, explique Nicholas Tatonetti, directeur d'un laboratoire

d'informatique biomédicale à l'université Columbia (Etats-Unis), qui vient de développer une base de données recensant tous les effets biologiques connus des molécules issues de venins. Chacune de ces molécules actives spécifiques, appelées toxines, *"doit avoir un effet significatif, sinon l'évolution ne l'aurait pas conservée"*, finit de raisonner Rudy Fourmy, directeur d'Alphabiotoxine, une start-up belge spécialisée dans la production de venins.

Oui, mais ces effets ne se résument-ils pas à paralyser, tuer, ou faire souffrir les proies et prédateurs potentiels des animaux qui les produisent ? L'évolution ne nous a-t-elle pas appris à fuir ces poisons, plutôt qu'à se les administrer ?

"Toute molécule toxique à une certaine dose peut se révéler thérapeutique à une autre", rappelle Jean-Philippe Chipaux, médecin spécialiste des venins, actuellement représentant de l'Institut de recherche pour le développement au

Contexte

L'industrie pharmaceutique connaît une crise de l'innovation : depuis les années 1990, le nombre de médicaments innovants mis sur le marché diminue. En plus de la chimie de synthèse, les industriels commencent donc à s'intéresser aux produits d'origine naturelle... parmi lesquels les toxines venimeuses.

→ Bénin. Surtout, un venin est avant tout un savant mélange de dizaines, voire de centaines de molécules différentes, dont chacune n'a pas forcément un effet directement toxique. Certaines, en diminuant l'inflammation ou en dilatant les vaisseaux sanguins, par exemple, n'auraient qu'une action facilitatrice, amplificatrice des toxines qui les accompagnent. Des effets au moins aussi intéressants pour la médecine que ceux des molécules chargées de détruire ou paralyser les cellules. Raison pour laquelle "il n'est pas nécessaire d'aller chercher les venins les plus toxiques pour trouver des molécules au potentiel thérapeutique. Les araignées du jardin peuvent être aussi intéressantes qu'une veuve noire", insiste Rudy Fourmy.

40 MILLIONS DE TOXINES

Enfin, "l'évolution a sculpté ces molécules de manière à ce qu'elles agissent spécifiquement sur une cible, ce qui laisse penser qu'elles pourraient avoir peu d'effets secondaires", espère Nicolas Gilles, coordinateur du projet

L'abeille contre l'acné

Espèce	<i>Apis mellifera</i>
Taille	1 à 2 cm
Distribution	Globale
Toxicité	Sa piqure protège la ruche des mammifères attirés par le miel. Elle n'est mortelle chez l'homme que répétée des centaines de fois.

Potentiel thérapeutique Selon des expériences publiées en 2014, du venin d'abeille purifié a permis de diminuer, chez la souris, l'inflammation de la peau liée à une infection par *Propionibacterium acnes*, la bactérie impliquée dans l'acné.



Encadrés par E.A. avec T.C.-F.

de recherche européen Venomics, qui s'est achevé l'année dernière par la création d'une banque de 4 000 toxines. "Ces molécules ont donc un potentiel énorme, en termes de balance bénéfice-risque", conclut le chercheur.

Bonne nouvelle, elles sont extrêmement nombreuses : "On estime qu'il existe 170 000 espèces venimeuses sur la planète, ce qui pourrait représenter une ressource d'environ 40 millions de toxines différentes", calcule Nicolas Gilles.

Malgré toutes ces qualités, les médicaments composés de venins se comptent aujourd'hui

sur les doigts de la main. Certes, l'étude de ces toxines a engendré, ces cinquante dernières années, quelques avancées thérapeutiques notables, comme l'antidiabétique exénatide, issu de la salive toxique du monstre de Gila, un lézard d'Amérique du Nord, ou le ziconotide, un antidouleur très efficace développé à partir du venin d'un escargot marin. Mais ces exemples sont extrêmement rares.

Ce sous-emploi des venins par la pharmacie moderne est d'autant plus surprenant que l'humain a une longue histoire d'utilisation thérapeutique des poisons animaux. Venin d'abeille pour désinfecter les plaies des lépreux au xvi^e siècle ou pour soulager les rhumatismes en Grèce antique, venin de crotale analgésique dans les années trente... "Les poisons ont toujours suscité un attrait, certainement en partie à cause du danger qu'ils représentent", estime Corinne Boujot, ethnologue associée

Le mille-pattes du Vietnam contre la douleur

Espèce	<i>Scolopendra s. mutilans</i>
Taille	20 cm
Distribution	Asie de l'Est
Toxicité	Son venin paralyse et "pré-digérerait" toutes sortes de proies, mais n'est pas mortel pour l'homme.

Potentiel thérapeutique Une toxine de son venin, le Ssm6a, inhibe un canal responsable de la transmission nerveuse de la douleur. Selon une étude publiée en 2013, son effet antidouleur est au moins équivalent à celui de la morphine sur les souris.



L'anémone-soleil contre l'obésité

Espèce	<i>Stichodactyla helianthus</i>
Taille	8 à 15 cm
Distribution	Mer des Caraïbes, golfe du Mexique
Toxicité	Son venin paralyse les petits poissons dont elle se nourrit. C'est la plus urticante des anémones des Caraïbes.

Potentiel thérapeutique Sur des souris soumises à un régime alimentaire hypercalorique, la molécule ShK-186, extraite du venin de cette anémone, a notamment permis, en 2013, de réduire la prise de poids, diminuer le cholestérol et la glycémie, et augmenter la sensibilité à l'insuline.



au centre Edgar-Morin, à Paris, et spécialiste de l'utilisation humaine des toxiques naturels. Un attrait historique dont témoigne encore aujourd'hui la fameuse coupe d'Hygie entourée d'un serpent, qui symbolise la pharmacie...

DES "RÉCOLTES" TROP LIMITÉES

Oui, mais voilà, à partir de la seconde moitié du xx^e siècle se développe une industrie pharmaceutique qui ne se sent aucune inclination particulière pour le danger. Et qui privilégie une nouvelle source de médicaments: la chimie de synthèse. Soit la production, par de simples combinaisons aléatoires de réactions chimiques, de molécules parfaitement artificielles. Ces dernières n'ont certes pas toutes une activité biologique, puisqu'elles n'ont pas passé l'épreuve de la sélection naturelle, mais des millions d'entre elles peuvent par

contre être synthétisées de manière rapide et économique. Un avantage considérable, en particulier par rapport aux venins, qui sont eux très difficiles à collecter.

Une fois le spécimen venimeux attrapé, parfois à l'autre bout de la planète, il faut en effet récolter son précieux poison en évitant d'être piqué ou mordu: "La 'traite' des animaux venimeux peut se faire de deux manières différentes, selon les espèces. Soit par massage des glandes venimeuses, quand elles sont accessibles. Soit par application d'une légère stimulation électrique", explique Rudy Fourmy. Problème: "Les quantités produites par les animaux venimeux sont souvent très faibles, et certaines espèces, notamment les fourmis et les très petites araignées, ne produisent que

L'araignée-loup contre les infections bactériennes

Espèce	<i>Lycosa singoriensis</i>
Taille	Jusqu'à 4 cm
Distribution	Europe de l'Est et Asie
Toxicité	Son venin paralyse les petits insectes pour faciliter leur ingestion. Morsure rouge et douloureuse pour l'homme.

Potentiel thérapeutique Selon des expériences menées *in vitro* et sur des souris infectées, et publiées en 2013, une toxine extraite de son venin inhibe la croissance de nombreuses bactéries et champignons.



Jargon

Un venin est une substance toxique composée de plusieurs molécules actives différentes (**des toxines**), produite par un animal venimeux qui l'injecte à ses proies ou prédateurs par morsure ou piquûre. Il existe d'autres **poisons animaux** comme ceux présents sur la peau des batraciens vénéreux.

quelques microgrammes de venin", poursuit le spécialiste. Des quantités qui ont longtemps rendu très difficile, voire impossible, l'identification de potentielles molécules actives cachées à l'intérieur.

D'autres inconvénients ont contribué à limiter l'emploi des venins. Tout d'abord, une partie non négligeable des molécules actives qu'ils contiennent, appelées aussi "peptides", sont trop grosses pour pouvoir être synthétisées artificiellement, par simple réaction chimique. Or, la synthèse en laboratoire est indispensable, une fois la toxine d'intérêt identifiée, pour procéder à ses nombreux tests, et

La vipère de Russel contre l'Alzheimer

Espèce	<i>Daboia russellii</i>
Taille	1,20 m en moyenne
Distribution	Asie du Sud-Est
Toxicité	Les rongeurs succombent rapidement à son venin. Sans traitement, 30 % de ses morsures sont mortelles chez l'homme.

Potentiel thérapeutique Une étude de 2014 a montré que des molécules présentes dans son venin détruisaient les fibrilles amyloïdes, qui sont des agrégats de protéines impliqués dans la maladie d'Alzheimer. *In vitro*, cette action protégeait les cellules humaines de l'effet toxique de ces agrégats.



La fourmi Samsum contre le cancer

Espèce	<i>Pachycondyla sennaarensis</i>
Taille	Environ 5 mm
Distribution	Afrique tropicale...
Toxicité	Son douloureux venin éloigne ses prédateurs. Sa piqûre peut engendrer chez l'homme un choc anaphylactique.

Potentiel thérapeutique En 2012, des chercheurs ont montré que son venin inhibait la croissance et entraînait la mort de cellules du sein cancéreuses, sans affecter les cellules non cancéreuses. Reste à isoler les toxines responsables de cet effet.



→ éventuellement produire les quantités de médicaments nécessaires.

Ensuite, contrairement aux molécules de synthèse, les molécules biologiques contenues dans les venins sont généralement digérées après ingestion, et doivent donc être administrées par injection. *"Ce n'est pas un hasard, rappelle Rémy Bérourd, directeur général de Smartox, car les animaux injectent leurs venins par morsure ou par piqûre. Ils ne sont pas faits pour être avalés."*

Mais aujourd'hui, toutes ces barrières semblent prêtes à tomber. Tout d'abord, de nouvelles méthodes de protection chimique et d'encapsulation des molécules actives laissent envisager la possibilité de protéger les toxines de la digestion, et donc de pouvoir les administrer par voie orale. Les molécules les plus grosses, quant à elles, peuvent désormais être

synthétisées, non par réactions chimiques, mais grâce à des bactéries génétiquement modifiées. *"Le coût de production des peptides est en chute libre"*, garantit Nicolas Gilles.

DE NOUVEAUX OUTILS "OMIQUES"

Ensuite, depuis le début des années 2000, se sont développées de nouvelles techniques dites "omiques", telles que la fameuse génomique, qui permettent d'analyser de grandes quantités d'informations à partir d'un seul échantillon biologique. La protéomique, en particulier, permet d'identifier tous les peptides présents dans d'infimes quantités de venin: *"On peut maintenant travailler sur des quantités de l'ordre du microgramme"*, affirme Nicolas Gilles.

Enfin, selon le chercheur, *"l'industrie pharmaceutique rencontre depuis les années 1990 un trou d'air*

dans le nombre de nouvelles molécules qu'elle met sur le marché, car elle a un peu essoré ses banques de molécules de synthèse". Résultat: *"Les industriels du médicament sont à la recherche de nouvelles sources de molécules"*, affirme Nicholas Tatonetti. Et *"acceptent de sortir des sentiers battus"*, confirme Denis

Les venins pourraient être plus efficaces que les molécules de synthèse

Servent, responsable d'un laboratoire de toxinologie au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives de Saclay. Pour toutes ces raisons, la recherche pharmacologique sur les venins semble aujourd'hui s'accélérer. *"Une quarantaine de molécules sont actuellement*

La grenouille naine à taches brunes contre les troubles de l'érection

Espèce	<i>Physalaemus fuscomaculatus</i>
Taille	3 à 5 cm
Distribution	Amérique du Sud
Toxicité	Les toxiques sur sa peau découragent les prédateurs (reptiles...), mais ne traversent pas l'épiderme humain.

Potentiel thérapeutique En 2015, une expérience d'injection de physalaémine, une toxine à l'action vaso-dilatatrice présente sur la peau de ce batracien, a induit, chez des rats paraplégiques, une augmentation de la pression intra-caverneuse, directement corrélée à l'érection.



en phase de tests cliniques, contre peut-être cinq il y a dix ans", estimait récemment le chercheur. Toxine de grenouille pour traiter la dysfonction érectile, venin d'araignée antibiotique ou de fourmi contre le cancer... des pistes thérapeutiques toujours plus étonnantes sont envisagées (lire les fiches). Des chercheurs américains en viennent même à tester, contre le cancer, une molécule issue de la fusion de toxines de vipère et de crotale!

DE NOMBREUX TESTS EN COURS

Le projet européen Venomics illustre parfaitement cette accélération: après avoir étudié, à l'aide des nouvelles techniques "omiques", 203 espèces d'animaux venimeux, du poisson-pierre au bourdon, en passant par l'escargot marin et le frelon, les biologistes ont identifié plus de

25 000 toxines différentes. Parmi ces dernières, ils ont choisi 4 000 peptides qu'ils ont reproduits *in vitro*, soit "dix fois plus en quatre ans que tout ce qui avait été fait jusqu'à présent", s'enthousiasme Nicolas Gilles.

Parmi ces molécules, qui sont en cours de test contre différentes cibles liées aux maladies inflammatoires, au diabète ou à l'obésité, une trentaine seraient déjà apparues comme des médicaments potentiels. Et encore, "avec 4 000 molécules, nous n'avons pour l'instant fait que gratter le dessus du vernis", promet Nicolas Gilles, qui affirme être "en contact avec plusieurs entreprises, pour leur vendre l'accès à cette banque".

Sanofi en fait partie. Le géant français de la pharmacie avait déjà démontré son intérêt pour les venins en 2013, en signant un partenariat avec la

Le scorpion doré de Mandchourie contre Parkinson

Espèce	<i>Mesobuthus Martensii</i>
Taille	Jusqu'à 6 cm
Distribution	Asie de l'Est
Toxicité	Son venin sert à tuer les petits invertébrés et à se défendre. Sa piqûre est seulement douloureuse chez l'homme.

Potentiel thérapeutique Une expérience sur des rats a montré, en 2014, que l'injection d'un peptide issu du venin de ce scorpion limitait les effets toxiques de la maladie de Parkinson sur le cerveau, probablement par une diminution du stress oxydant.



société Smartox, spécialisée depuis 2009 dans l'isolation de toxines venimeuses. Un partenariat grâce auquel l'entreprise a "déjà identifié et synthétisé plusieurs peptides intéressants, sur lesquels les tests se poursuivent", révèle Patrick Jimonet, en charge d'opportunités externes pour la recherche de Sanofi.

Les venins pourraient donc bientôt reprendre leur place dans la pharmacopée, à côté de la chimie de synthèse et des autres molécules naturelles. Non comme de fascinants grigris, mais cette fois comme de véritables médicaments qui répondront, peut-être encore mieux que leurs équivalents chimiques, aux exigences d'efficacité et de sécurité du xxi^e siècle.

A lire : les principales publications citées dans l'article.

science-et-vie.com

Miroir, miroir, suis-je en bonne santé ?

Des chercheurs ont mis au point un miroir "intelligent", capable de dresser un bilan de santé et d'alerter en cas de signe visible de maladie cardio-vasculaire. Et ça marche ? **Angélique Le Touze** a voulu en savoir plus.

Analyser d'un seul coup d'œil son état de santé, simplement en s'observant le matin dans le miroir de la salle de bains : c'est la promesse du Wize Mirror, un miroir "intelligent" développé depuis deux ans par un consortium de laboratoires européens. Rien n'échappe à ses nombreuses caméras : fraîcheur du teint, couleur des joues ou des paupières... Autant

d'indicateurs de notre santé, qui s'affichent sur notre visage comme un "résumé" de l'état de notre corps tout entier. Le matin, quand nous croisons notre regard dans le miroir, ces signaux nous rassurent ou nous préoccupent. Mais le plus souvent, nous passons rapidement à autre chose. Le Wize Mirror, lui, analyse en quelques instants notre "forme" puis livre ses recommandations.

Imaginez : lundi, 7 h 30, vous entrez dans votre salle de bains. Aussitôt, votre miroir vous avertit, en quelques images s'affichant sur sa surface, que votre taux de cholestérol dépasse un peu les limites raisonnables, et que votre rythme cardiaque est trop élevé. Il vous recommande alors un menu précis pour le déjeuner... ainsi que vingt minutes de marche.

"Nous voulons aider les gens à adopter un style de vie qui soit bon pour la santé", annonce la cardiologue Renata de Maria, membre du projet européen Semeoticons, qui développe le Wize Mirror.

L'équipe s'est plus précisément attaquée à la première cause de mortalité mondiale : les maladies cardio-vasculaires liées à notre mode de vie (régime alimentaire, sédentarité...), comme l'hypertension artérielle, les accidents vasculaires cérébraux ou encore l'infarctus du myocarde.

Ce miroir qui vous veut du bien n'existe pas encore. Du moins, pas dans nos salles de bains : il est en phase de test en laboratoire (son développement doit être achevé à la fin de l'année). Mais il s'agit d'ores et déjà de l'un des projets les plus

Contexte

Les objets connectés qui permettent de "mesurer" sa santé (activité, poids, tension, fréquence cardiaque...) et de calculer les performances à atteindre pour être plus en forme sont de plus en plus utilisés. Selon un sondage Ifop réalisé en novembre 2014, 5 % des Français possèdent un bracelet connecté ; 4 % d'entre eux, une balance connectée.





spectaculaires et les plus pointus technologiquement de la sémiologie médicale (l'analyse des signes extérieurs de notre état de santé, lire "Jargon").

BIEN PLUS QU'UN GADGET

Prévenir les risques de maladies cardio-vasculaires en encourageant la prise de bonnes habitudes: montres et bracelets connectés en font eux aussi la promesse. Mais ceux qui ont déjà essayé ces gadgets (et ils se font nombreux, lire "Contexte") le savent: leurs mesures se limitent à quelques indicateurs physiologiques disparates – le plus souvent, le nombre de pas parcourus et le rythme cardiaque. Pis, elles sont même parfois franchement fantaisistes, comme nous en avons eu l'expérience l'été dernier avec un bracelet réputé mesurer le

nombre de calories brûlées quotidiennement: il affichait l'équivalent d'une marche de plusieurs kilomètres... quand l'effort du jour avait consisté à rester à la maison et passer d'une pièce à l'autre.

En réalité, la très grande majorité de ces "traqueurs" d'activité physique et autres enregistreurs de fréquence cardiaque sont vendus sans que ni la fiabilité de leurs mesures, ni l'exactitude de leur interprétation en matière de dépense énergétique ou d'effet sur la santé soient validées scientifiquement.

Le Wize Mirror entend bien pallier ce défaut. "Notre démarche est scientifique, insiste Renata de Maria. Chacune des techniques employées est au point, et nous allons mener une étude de validation clinique entre mai et octobre."

Quelles techniques? Comment des capteurs et des caméras pourraient-ils établir le bilan de santé d'un individu, quand il faut au minimum des prélèvements de sang ou d'urine – dont l'analyse prend parfois du temps – pour avoir un aperçu fiable de ce qui va et, surtout, de ce qui ne va pas?

En réalité, le Wize Mirror ne dresse pas un véritable bilan. Il ne délivre aucun diagnostic. Il ne mesure même pas les constantes biologiques, à la recherche d'un éventuel écart avec les données "normales" d'une personne en bonne santé. S'il parvient à distinguer ce qui, sur un visage, peut être l'indice d'une maladie ou d'un trouble de l'organisme, c'est grâce à une méthode purement statistique. Pour chacun de ses capteurs, spécifique

UN BILAN DE SANTÉ INSTANTANÉ

Après avoir analysé le visage de l'utilisateur à l'aide de capteurs et de caméras ultrafines, le Wize Mirror livre son état global de santé: poids, stress, rythme cardiaque, fréquence respiratoire...

→ d'une constante physiologique, les chercheurs ont comparé les mesures obtenues chez des sujets jugés en parfaite forme (après diagnostic par une équipe médicale) à celles d'individus souffrant d'une maladie cardio-vasculaire. "Apprenant" ainsi au miroir à détecter certains indices apparents significatifs, a priori, de telle ou telle pathologie, d'après cette base – restreinte – de données.

UN INDEX DE BIEN-ÊTRE

Le procédé est malin. Mais attention : en aucun cas l'utilisateur ne pourra lire dans son reflet la vérité biologique de son état de santé, lequel exige toujours des analyses en laboratoire pour être établi avec précision. Le miroir ne réagit qu'à certaines manifestations apparentes et censées être symptomatiques de tel ou tel dysfonctionnement physiologique. Paradoxe : là où la santé connectée se veut hyperpersonnalisée, elle fonde son efficacité sur des symptômes généraux et des écarts à la moyenne...

En pratique, c'est très simple. Lorsqu'on se présente face au miroir, celui-ci identifie notre visage grâce à un logiciel de reconnaissance faciale (une procédure initiale permet d'enregistrer nos paramètres), puis dresse notre "portrait santé" du jour en quelques secondes à l'aide de ses multiples capteurs. Il le compare non seulement à sa base de données, mais aussi aux enregistrements précédents, pour en tirer un diagnostic et des recommandations.

Une prise ou une perte de poids ? Elle sera détectée grâce à la modélisation de la tête par un scanner 3D, qui compare les caractéristiques du jour à celles des jours précédents. Stress,

Comment le Wize Mirror réfléchit notre santé

Les fréquences cardiaque et respiratoire

Elles sont mesurées d'après les mouvements de la tête et les changements de couleur de la peau (invisibles à l'œil nu).



Le diabète

La présence de molécules spécifiques se repère en éclairant la peau avec une lumière UV.



Et avec quels outils :



Caméra haute résolution



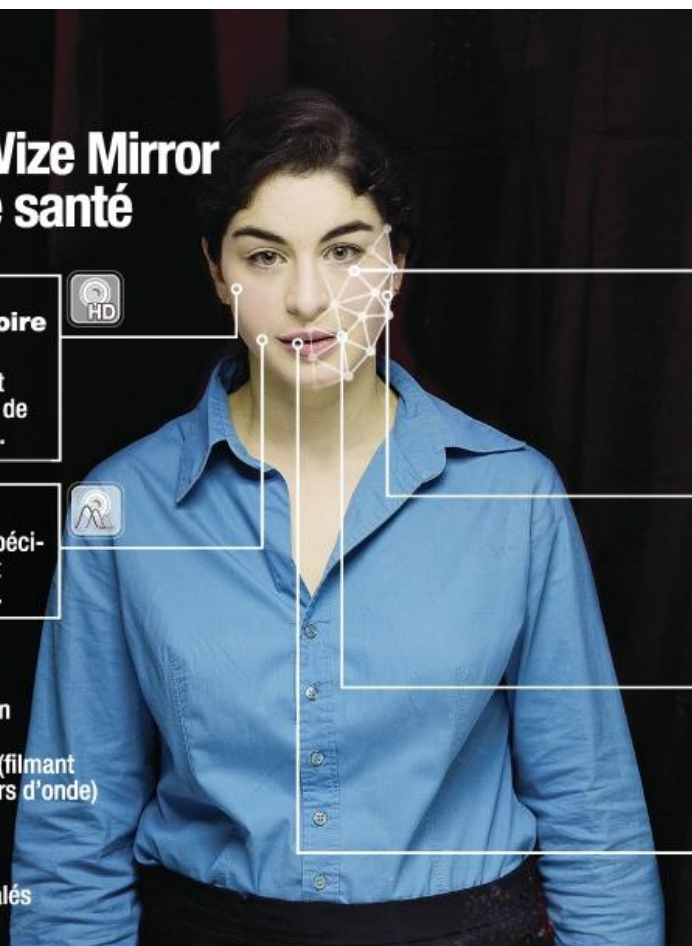
Caméra multispectrale (filmant dans plusieurs longueurs d'onde)



Scanner 3D



"Renifleur" de gaz exhalés



Jargon

Du grec ancien *sēmion* ("signe") et *logos* ("science"), la **sémio-logie médicale** est l'étude par le médecin des signes extérieurs permettant de poser un diagnostic. De nombreuses pathologies peuvent être suspectées simplement par l'observation des caractéristiques physiques du patient et son interrogatoire.

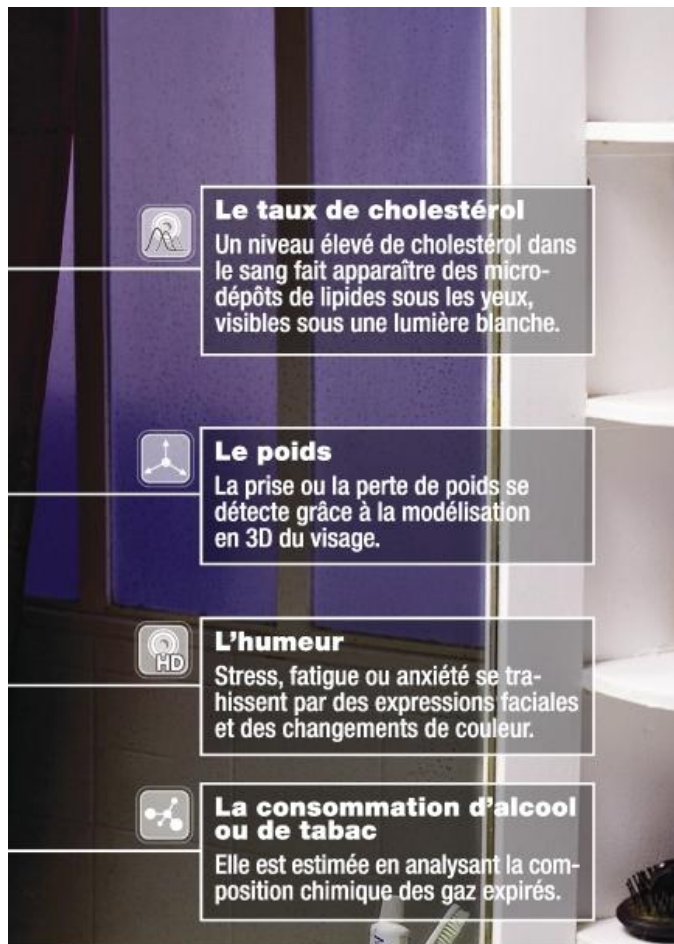
anxiété, fatigue ? Reproduites en laboratoire, leurs mimiques spécifiques, qui déforment certains traits du visage, n'échapperont pas à la grappe de caméras cachées derrière le miroir.

Des caméras qui, parce qu'elles captent la lumière réfléchie par le visage dans plusieurs longueurs d'onde (visibles et non visibles), réalisent le tour de force d'estimer aussi certains paramètres physiologiques, comme le taux d'oxygène dans le sang ou le niveau de cholestérol (voir l'infographie). Par quel prodige l'apparence parvient-elle à refléter l'intérieur ? Simple : les caméras sont assez fines pour détecter "les microdépôts de cholestérol autour des yeux, qui apparaissent lorsqu'une personne a eu un taux de cholestérol sanguin très élevé pendant longtemps", cite Renata de Maria. Elles repèrent aussi certains produits de notre métabolisme,

dit produits de glycation avancée, "qui signent un état relativement avancé dans le diabète", explique Martine Laville, directrice du Centre de recherche en nutrition humaine Rhône-Alpes participant à la validation du miroir. De même, les caméras peuvent observer la dilatation des vaisseaux sanguins, déterminer la fréquence respiratoire...

La moisson de données récoltée par le miroir est ensuite décortiquée par son programme d'analyse statistique pour établir un "index de bien-être". "Cet index est tridimensionnel", détaille Renata de Maria. Il prend en compte une dimension physique liée à l'imagerie multispectrale [dans plusieurs longueurs d'onde], qui renseigne sur l'intégrité et le bon fonctionnement des vaisseaux sanguins, le cholestérol et la tension artérielle ; une dimension 'style de vie' en général,

B. BOURGEOIS - L. VILLERET/DOLCE VITA - DR



Le taux de cholestérol

Un niveau élevé de cholestérol dans le sang fait apparaître des micro-dépôts de lipides sous les yeux, visibles sous une lumière blanche.



Le poids

La prise ou la perte de poids se détecte grâce à la modélisation en 3D du visage.



L'humeur

Stress, fatigue ou anxiété se trahissent par des expressions faciales et des changements de couleur.



La consommation d'alcool ou de tabac

Elle est estimée en analysant la composition chimique des gaz expirés.

basée sur l'analyse des gaz exhalés par un 'renifleur' et des questionnaires de nutrition; et, enfin, une dimension émotionnelle." Cette dernière, qui passe par l'analyse des mimiques du visage, fait encore l'objet de recherches.

FEU VERT: TOUT VA BIEN! FEU ROUGE: CONSULTEZ...

Une fois l'analyse effectuée, comment les recommandations seront-elles délivrées par le miroir? "Comme sur un feu tricolore, il y aura trois niveaux d'information, explique Renata de Maria. Il s'agira de dire que tout va bien, ou bien que certaines choses devraient être changées, ou encore que d'autres nécessitent une consultation médicale." Un peu comme un collègue vous disant que vous avez une sale mine ce matin ou, au contraire, que vous avez l'air en pleine forme. Sauf que pour donner son avis, le miroir

s'appuie, lui, sur de véritables données – et qu'il ne peut pas être soupçonné de flatterie... A l'utilisateur de prendre en compte ses recommandations.

Avant d'investir nos salles de bains privées, le Wize Mirror devrait d'abord trouver sa place dans les pharmacies et les salles de fitness. Des lieux propices au conseil personnalisé, où le miroir pourrait naturellement jouer son rôle de "coach" expert en santé. "C'est un moyen d'aider les personnes sans les médicaliser excessivement, souligne Renata de Maria. De les responsabiliser, via un support convivial, sur leur propre santé plutôt que de déléguer la tâche au médecin."

Encore faudra-t-il accepter de confier son état de santé à une machine. L'épreuve du miroir, après une nuit trop courte, n'est pas toujours agréable, même quand il se contente de nous renvoyer notre reflet. Qu'une surface réfléchissante, certes "sage", mais de cette sagesse froide et bornée qui caractérise les machines, se mette à décortiquer notre santé et à nous inviter, dès le réveil, à adopter des comportements "sains", pourrait rendre la confrontation avec notre propre image encore plus éprouvante.

Par ailleurs, si des études commencent à s'intéresser au sujet, il est encore trop tôt pour savoir si le boum du *quantified self* (le "soi quantifié") est source de réels bienfaits pour la santé et, accessoirement, pour la Sécurité sociale – par exemple en permettant d'alerter en amont sur une pathologie. Ou bien s'il s'agit d'une simple mode qui, parfaitement promue par le marketing, séduit ceux qui conjuguent un penchant pour les nouvelles



RENATA
DE MARIA
Cardiologue
membre de
l'équipe qui
développe le
Wize Mirror

*C'est un moyen
de responsabiliser
les patients sur
leur propre santé*

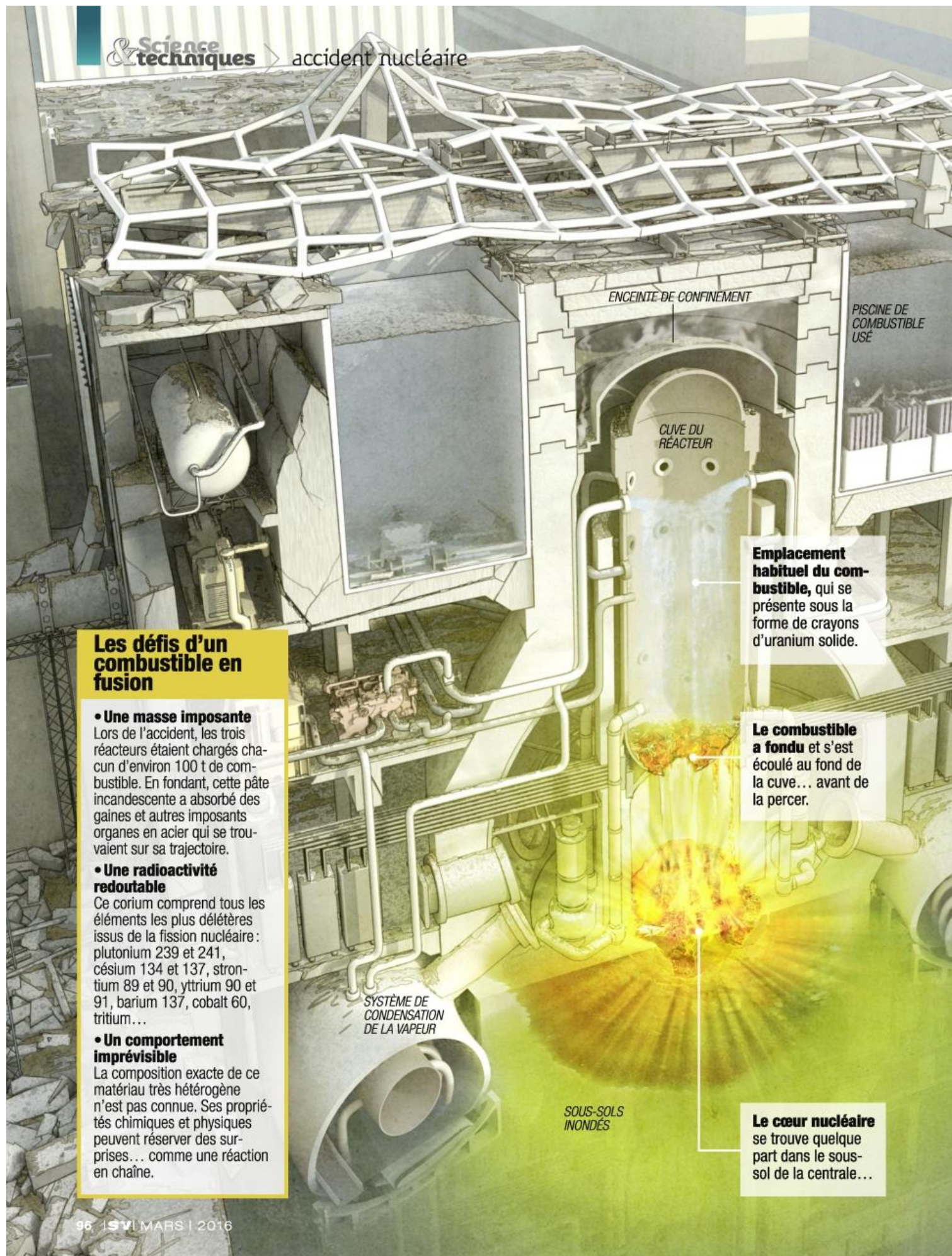
technologies et un souci d'eux-mêmes oscillant entre hypochondrie et narcissisme...

Le Wize Mirror parviendra-t-il à surpasser tous les autres gadgets et applications qui donnent l'illusion qu'en mesurant un paramètre, on a mesuré son état de santé?

Une étude effectuée en 2013 auprès de milliers d'Américains a révélé qu'un consommateur sur 10 de plus de 18 ans détenait un "traqueur" d'activité, mais surtout que la majorité d'entre eux cessaient de l'utiliser dans les six premiers mois suivant l'achat... Le miroir fera-t-il mieux?

A consulter : le site
du projet Semeoticons.
A voir : les vidéos détaillant
les techniques de mesure.

science-et-vie.com



Les défis d'un combustible en fusion

• Une masse imposante

Lors de l'accident, les trois réacteurs étaient chargés chacun d'environ 100 t de combustible. En fondant, cette pâte incandescente a absorbé des gaines et autres imposants organes en acier qui se trouvaient sur sa trajectoire.

• Une radioactivité redoutable

Ce corium comprend tous les éléments les plus délétères issus de la fission nucléaire : plutonium 239 et 241, césium 134 et 137, strontium 89 et 90, yttrium 90 et 91, barium 137, cobalt 60, tritium...

• Un comportement imprévisible

La composition exacte de ce matériau très hétérogène n'est pas connue. Ses propriétés chimiques et physiques peuvent réserver des surprises... comme une réaction en chaîne.

ENCEINTE DE CONFINEMENT

PISCINE DE COMBUSTIBLE USÉ

CUVE DU RÉACTEUR

Emplacement habituel du combustible, qui se présente sous la forme de crayons d'uranium solide.

Le combustible a fondu et s'est écoulé au fond de la cuve... avant de la percer.

SYSTÈME DE CONDENSATION DE LA VAPEUR

SOUS-SOLS INONDÉS

Le cœur nucléaire se trouve quelque part dans le sous-sol de la centrale...



Contexte

Le 11 mars 2011, le Japon connaissait l'une des pires catastrophes industrielles de l'histoire : un tsunami balayait les systèmes de refroidissement de trois réacteurs de la centrale de Fukushima. Leur combustible nucléaire s'était rapidement échauffé, avant de fondre puis s'écouler vers le sous-sol. Il s'agit désormais de retrouver ces débris mortels pour les placer en lieu sûr.

ILLUSTRER.FR

*5 ans après
Fukushima...*

Où sont les cœurs fondus ?

Il y a cinq ans, trois réacteurs explosaient dans la centrale de Fukushima, au Japon. Depuis, les experts n'ont toujours pas localisé le combustible nucléaire. **Vincent Nouyrigat** nous fait plonger dans ce labyrinthe infernal.

Les images sont de piètre qualité. Pour ne rien arranger, ce que l'on y distingue ne semble pas avoir grand intérêt : une grille, un tuyau, un câble, quelques gravats, un nuage de poussière ou de fumée – difficile à dire. Mais ne vous y trompez pas, il s'agit bel et bien d'un exploit technique ! Et le début d'une traque unique en son genre.

Car la vidéo en question a été tournée récemment dans les entrailles d'un des trois réacteurs accidentés de Fukushima, au sein même de l'enceinte de confinement (voir ci-contre); autant dire

dans l'antichambre du cœur nucléaire hors de contrôle.

Un robot est parvenu à rapporter ce premier témoignage d'un des endroits les plus hostiles de la planète... Un lieu qu'aucun être humain ne pourra jamais approcher sous peine de voir en quelques dizaines de minutes sa peau se nécroser sous l'effet du rayonnement, avant que le cristallin des yeux ne se détériore, puis les organes sexuels, les cellules du sang, les voies digestives et enfin le système nerveux central.

Bienvenue en enfer ! Cinq ans après l'accident nucléaire de Fukushima, en ce funeste ven-



UNE EXPLORATION PÉRILLEUSE

Les ingénieurs japonais tentent de retrouver les cœurs nucléaires perdus en employant deux stratégies : celle de l'infiltration, en utilisant une armée de robots équipés de caméras et de dosimètres, qui doivent affronter des conditions d'irradiation épouvantables ; et celle de la surveillance à distance, via un curieux système de radiographie (la tomographie muonique).

> LES ROBOTS

L'image vidéo a été transmise par un robot (ci-contre) qui a pu circuler dans l'enceinte de confinement du réacteur n°1. L'engin n'a pas découvert de combustible, mais sa performance est déjà méritoire.



→ dredi 11 mars 2011, la source de ce déluge de radioactivité est toujours là. Faute d'avoir pu être refroidis, les 1492 assemblages de crayons combustibles des réacteurs n°s 1, 2 et 3 ont fondu et se sont répandus dans les soubassements de la centrale en emportant la plupart des structures métalliques situées sur leur passage.

MAGMA RADIOACTIF

"Il faut s'attendre à trouver, au fond de la centrale, plusieurs centaines de tonnes de magma radioactif", évalue Thierry Charles, de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). A ce jour, impossible d'en savoir plus... Malgré tous les calculs sophistiqués menés jusqu'ici, aucun ingénieur n'est capable de dire

où s'est logée exactement cette coulée de lave nucléaire.

Or, les autorités japonaises ont promis de démanteler ce site épouvantable, morceau par morceau. Ce qui engage un chantier hors norme et inédit. En effet : lors de l'accident de Three Mile Island (Etats-Unis), en 1979, le combustible fondu était resté confiné dans la cuve, tandis que l'accident de Tchernobyl n'avait concerné qu'un seul réacteur, jamais démantelé. A Fukushima, les techniciens vont devoir retrouver et extraire trois cœurs nucléaires brisés. Avec probablement des difficultés propres à chaque réacteur : par exemple, d'après les premières estimations, l'enceinte de l'unité n°2 serait sept fois plus radioactive que celle du réacteur n°1.

En chiffres

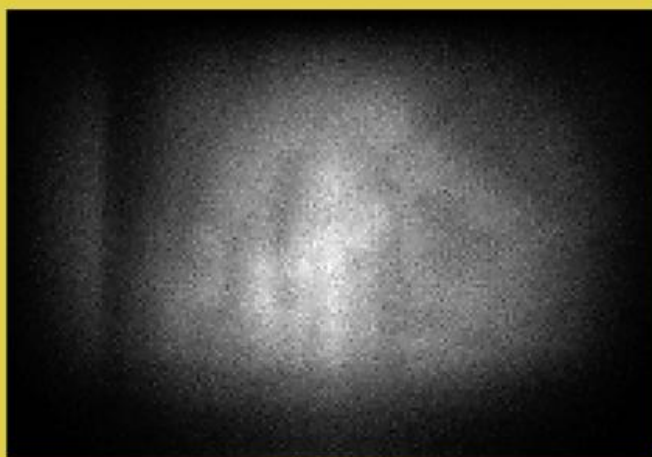
A Fukushima, les doses pourraient atteindre les **100 sieverts par heure**. En comparaison, la limite réglementaire d'un travailleur du nucléaire est de **0,02 Sv/an**, tandis qu'un Français lambda encaisse environ **0,004 Sv/an**.

Depuis plusieurs mois, la priorité est donc de localiser le combustible perdu dans les décombres. C'est que Tepco annonce vouloir récupérer ce "corium" à partir de l'année 2021. Les ingénieurs de l'électricien nippon, mais aussi les principales universités et les plus grandes entreprises du pays (Toshiba, Mitsubishi, Hitachi...) ont été mobilisés sur la question. A vrai dire, le monde entier est invité à participer au défi : le Japon a créé pour l'occasion l'Institut de recherche international sur le démantèlement nucléaire (IRID).

"Il nous faut déterminer l'emplacement des débris de combustible fondu, leur configuration géométrique ainsi que leurs propriétés mécaniques afin de choisir la technique de récupération adaptée", expose Ito Tomohisa, de l'IRID. *"Nous pourrions commencer le développement de ces techniques seulement quand nous aurons retrouvé les débris du cœur",* s'impa-

> LA TOMOGRAPHIE MUONIQUE

Les détecteurs à muons (en bas) placés autour du réacteur n°1 révèlent des structures intactes... mais aucune indication de densité caractéristique du combustible uranium n'apparaît; la cuve semble vide!



tiente Yamagishi Tatsu, porte-parole de Tepco.

Reste-t-il encore du combustible fondu dans la cuve? Se concentre-t-il quelque part en gros tas difficiles à extraire? Est-il disséminé un peu partout, jusque dans des tuyauteries que l'on croyait saines? Et puis, a-t-il transpercé une partie du plancher?

Pour sortir de cet épais brouillard, les ingénieurs japonais ont donc lancé quelques

des conduits de guère plus de 10 cm de diamètre permettent de pénétrer dans l'enceinte de confinement des réacteurs. "Cela restreint sévèrement le nombre de robots éligibles", déplore Ito Tomohisa.

BLINDER SANS TROP ALOURDIR

Les premiers éclaireurs ont dû se faufiler à la manière d'un serpent, puis prendre la forme d'un scorpion pour déployer leurs instruments (caméra, dosimètre, thermomètre...). Le tout relié par un câble jusqu'à une salle de commande improvisée – les ondes passent mal à travers ces parois épaisses. Mais accéder à la cuve sera encore plus difficile: les ingénieurs japonais travaillent en ce moment à déplacer, via des bras robotisés, les lourds boucliers antiradiations qui obturent la moindre canalisation jusqu'au cœur de l'installation.

Deuxième problème: l'irradiation, justement. Le rayon-

nement émis par le combustible interagit avec les composants électroniques des robots, multipliant les fausses commandes et générant des courants destructeurs. "Nous avons fait en sorte de déporter la plupart des systèmes électroniques vulnérables vers le centre de commande, indique Ito Tomohisa. Les composants restants bénéficient d'un blindage." Là encore, les ingénieurs doivent trouver des compromis pour ne pas alourdir leurs engins avec des protections excessives, au détriment de leur mobilité. Au final, les roboticiens japonais estiment leur équipement capable de supporter 1 000 sieverts, sachant que pour un être humain la dose de 0,1 sievert est considérée comme élevée.

L'épopée des robots éclaireurs est encore modeste. Pour l'instant, ces appareils n'ont effectué que de courtes percées dans l'enceinte des réacteurs n°1 et 3. Rien n'est simple: lors de la toute première tentative, vendredi 10 avril 2015, le robot avait cessé de fonctionner au bout de trois heures, manifestement coincé dans la rainure d'un grillage. Après deux jours de vaines tentatives, les ingénieurs de Tepco avaient été contraints d'abandonner ce pionnier et de sectionner

Comment se présente le corium : disséminé ? En tas ? A-t-il percé le sol ?

robots de reconnaissance dans ce qui ressemble fort à des missions-suicides. Les roboticiens doivent affronter ici deux difficultés particulières. D'abord, l'accessibilité: en plus des obstacles formés par les décombres, seuls

→ son câble, pour faire place aux futurs explorateurs. Ito Tomohisa relativise : *“On peut parler de succès, car les conditions à l’intérieur de l’enceinte nous étaient jusqu’à totalement inconnues.”* Néanmoins, bien des points restent à éclaircir – comme ces niveaux anormaux de radioactivité dans le circuit de refroidissement du réacteur n° 1. Et

En effet, la surface terrestre est constamment bombardée de muons (10 000 par mètre carré, chaque minute), sortes d’électrons lourds générés par l’interaction des rayons cosmiques avec la haute atmosphère. L’atténuation de ce flux et sa déviation angulaire informent sur la densité des matériaux rencontrés et leur nature – l’uranium étant

du monde entier proposeront de nouvelles solutions ; nous les mettrons en œuvre”, lance Dale Klein, ingénieur américain consultant pour Tepco.

EXTRACTION SOUS L’EAU ?

Avant même d’avoir débarrassé ces cœurs perdus, leur récupération est déjà dans toutes les têtes. Les bureaux d’études travaillent sur plusieurs options, notamment une extraction sous une forte épaisseur d’eau, qui permettrait de faire écran aux radiations et d’éviter l’émission de poussières radioactives. *“Actuellement c’est impossible, car l’enceinte fuit continuellement, soulève Thierry Charles. Les Japonais vont donc devoir repérer, dans une ambiance très irradiante, toutes les brèches, dont certaines ne sont peut-être pas plus larges qu’un pouce. Cela s’annonce très compliqué... sans parler des réparations. On entre vraiment dans le temps long du démantèlement de Fukushima.”*

Qu’on se le dise : faire disparaître Fukushima prendra environ quarante ans. Un chantier décidément hors norme, qui verra sans doute de nouvelles techniques émerger, mais aussi de nouveaux problèmes surgir, comme la corrosion ou un autre mégaséisme. La traque des cœurs nucléaires fondus marque ainsi les vrais débuts d’une aventure qui accompagnera plusieurs générations d’ingénieurs et... de lecteurs.

Un chantier sur plusieurs fronts

“Une zone de guerre.” Voilà comment les responsables de Tepco qualifient le chantier de Fukushima. Il faut dire que les opérations à mener de front sont innombrables. D’abord, la gestion épineuse des stocks d’environ 700 000 m³ d’eau contaminée – soit 230 piscines olympiques ! Car les trois réacteurs endommagés continuent d’être arrosés d’eau douce, laquelle devient hautement radioactive au contact des cœurs nucléaires... avant de s’écouler à travers les brèches de la centrale. D’où la nécessité de récupérer cette eau et de bloquer les circulations souterraines – quitte à congeler les sols. Autre préoccupation du moment : vider les piscines de combustible usé des réacteurs. Or, explique Thierry Charles, de l’IRSN, *“pour soulever ces lourds assemblages, il va falloir construire des superstructures au-dessus des réacteurs éventrés”*. Autant de défis qui s’annoncent délicats à relever.

toujours pas de trace du combustible fondu au moment où nous écrivons ces lignes...

La réponse viendra peut-être des physiciens. Très vite après l’accident, les chercheurs du laboratoire sur les accélérateurs à haute énergie de Tsukuba avaient proposé d’opérer une radiographie de Fukushima en exploitant... le rayonnement cosmique. Ce procédé physique élégant, appelé “tomographie muonique”, est utilisé pour ausculter à distance l’intérieur des volcans actifs, de certains sites archéologiques ou de containers en transit.

singulièrement dense. Deux détecteurs ont été installés de part et d’autre du réacteur n°1, en février 2015. Après 26 jours d’exposition, les contours fantomatiques de la cuve sont apparus... Sans rien à l’intérieur. Preuve que l’essentiel du corium s’est fait la belle !

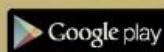
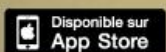
Pour en savoir plus, il faudrait pouvoir ausculter les parties basses de la centrale : *“Cela exigerait d’installer de larges détecteurs dans des lieux aujourd’hui très encombrés”*, reconnaît Yamagishi Tatsu, de Tepco. *“La technologie muonique va évoluer et nous espérons que des chercheurs venus*

A consulter : des liens pour suivre l’évolution du démantèlement de Fukushima.



EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

01net




UN MERCREDI SUR DEUX

- > Chez votre marchand de journaux.
- > Egalement disponible sur les plateformes Apple & Android.  

LE MAGAZINE DE LA HIGH-TECH



^ Des ballons de 30 m de diamètre équipés de cellules photovoltaïques pourraient être envoyés à 6 km d'altitude minimum.



France-Japon

Capter l'énergie **solaire** au-delà des **nuages** est à l'étude

Certains rêvent de paver routes et toits de panneaux solaires. Malheureusement, les nuages limitent la production électrique. Alors pourquoi ne pas élever les cellules photovoltaïques au-dessus des nuages, là où le soleil brille toujours ? C'est l'idée que développe le laboratoire franco-japonais NextPV, qui rassemble des équipes du CNRS et des universités de Tokyo et Bordeaux. Les chercheurs comptent envoyer des ballons d'environ 30 m de diamètre, équipés de cellules photovoltaïques, à 6 km d'altitude, où les nuages sont rares, voire à 20 km, où ils sont inexistant. Les avantages sont multiples. Non seulement l'ensoleillement est permanent, la journée,

à de telles altitudes, mais les rayons solaires sont moins filtrés par la couche atmosphérique ; la quantité d'énergie disponible est donc cinq fois plus abondante qu'au sol. En pratique, la concentration plus forte des rayons améliore le rendement : il grimpe à 40 %, contre 15 à 20 % à terre. Afin d'assurer une production en continu d'électricité, les ballons solaires stockeraient le jour une partie du courant photovoltaïque dans une pile à hydrogène – hydrogène qui sert à remplir et maintenir en l'air le ballon – et la restitueraient la nuit au sol, via un câble en aluminium et fibres de carbone. Des démonstrateurs partiels devraient être mis au point dès cette année. **O.L.**



Allemagne

Cet **avion-taxi** fonctionnera à l'**hydrogène**

Le HY4 est un avion "zéro émission". Propulsé par une pile à combustible à hydrogène et doté d'un moteur électrique, sa vitesse de croisière est de 145 km/h; pour le décollage, une batterie lithium vient en renfort. Selon la vitesse, l'altitude et la charge (jusque-là, 4 passagers), le HY4 pourra parcourir de 750 à 1 500 km. Si les premiers essais s'avèrent concluants, cet été, la société H2FLY envisage de l'utiliser comme un taxi volant entre villes proches équipées d'aérodromes urbains – il n'a besoin que d'une courte piste pour décoller. **E.P.**



France

Une **île artificielle** pour **désacidifier** les océans

Carbonic Island est une station d'épuration sous forme d'île artificielle imaginée par Adam Fernandez, un architecte français. Son objectif: capturer l'excès de CO_2 contenu dans les océans afin de baisser leur taux d'acidité. L'eau est pompée puis chauffée grâce à des panneaux photovoltaïques; elle se transforme en vapeur. Le CO_2 est alors capturé en utilisant une solution d'hydroxyde de potassium, puis comprimé et réinjecté sous forme liquide dans des tuyaux de refroidissement pour contribuer au maintien des banquises polaires. Lors d'un second cycle de réutilisation, le CO_2 est réinjecté sous forme gazeuse dans des serres végétales pour produire de l'oxygène par photosynthèse. Reste à savoir si ce procédé de captage du CO_2 , encore expérimental, mènera à un bilan énergétique positif. **E.P.**

Mountain View (Californie)

Des **bactéries** pourraient être la base d'une **alimentation sur Mars**

En 2017, un test sur l'utilisation de cyanobactéries génétiquement modifiées pour fabriquer des sucres sera embarqué à bord d'un satellite allemand simulant les conditions physiques sur Mars. Menée par l'équipe de l'astrobiologiste Lynn Rothschild, de la Nasa, cette expérience vise à cultiver les bactéries en leur fournissant simplement du gaz carbonique, de l'eau et de la lumière. Certes, il en faudra plus pour nourrir de futurs Martiens... Mais les résultats de cette première étude permettront d'envisager une telle source de nourriture pour des missions de longue durée sur la planète rouge. **S.F.**



Idée neuve



“FILTRE L'EAU PAR CHOCS ÉLECTRIQUES RETIRE 99,99 % DU SEL DE L'EAU DE MER”

Martin Bazant, professeur de génie chimique et de mathématiques au MIT

Traditionnellement, pour dessaler l'eau de mer, on utilise des membranes qui la filtrent et retiennent les molécules de sel plus grosses. Une équipe de chercheurs encadrée par Martin Bazant, du Massachusetts Institute of Technology, propose une méthode très différente, basée sur des ondes de choc électriques. Il s'agit de faire passer l'eau salée à travers un matériau poreux pris en sandwich entre deux électrodes. Lorsqu'un courant électrique le traverse, les molécules salines, composées d'ions naturellement chargés électriquement, sont attirées vers une électrode et repoussées par l'autre, créant ainsi dans le fluide une région enrichie et une autre appauvrie en sel. Cela augmente le potentiel électrique entre les deux électrodes et génère alors une onde de choc entre les deux régions, qui repousse les ions du sel vers la première électrode. La saumure se trouve ainsi nettement séparée de l'eau douce. “Prochaine étape : construire un filtre à plus grande échelle et consommant moins d'énergie”, confie Martin Bazant. **S.F.**

DLR - A. FERNANDEZ - JOHN NIKOLAI



Helsinki (Finlande)

La douche “perpétuelle” utilisera un minimum d’eau

Révolté par le gaspillage d’eau lorsqu’on fait sa toilette, le jeune Finlandais Jason Selvarajan a fabriqué Showerloop, une douche en circuit d’eau fermé. En clair, au lieu d’être évacuée, l’eau sale est pompée puis nettoyée à travers plusieurs filtres (charbon actif, sable...) et stérilisée avec des rayons ultraviolets. Dix litres d’eau peuvent ainsi être réutilisés en continu pour une douche normale de dix minutes (contre 100 litres perdus sinon). Et comme il n’y a quasiment pas besoin de réchauffer l’eau – déjà chaude – en cours d’utilisation, on économise plus de 70 % d’énergie. Une version prête à installer devrait être commercialisée à l’été 2016.

L.B.

Austin (États-Unis)

Un tatouage électronique qui contrôle votre santé

Le studio Chaotic Moon (Austin, Texas), créateur de technologies, développe un tatouage électronique capable de surveiller les paramètres de santé : rythme cardiaque, fréquence respiratoire, tension artérielle... Un tatouage non permanent qui peut être retiré facilement. Déposé à la surface de la peau, le Tech Tats embarque un microcontrôleur qui stocke et reçoit les données à partir de capteurs, grâce à une peinture électroconductrice, et les envoie en Bluetooth Low Energy à un médecin via une application dédiée. Mais ce n’est pour l’instant qu’un prototype.

E.T.-A.

Saint-Nazaire

La production de **microalgues** va s'installer sur des **façades** de bâtiments

Les micro-algues, ressource de plus en plus utilisée pour l'élaboration de cosmétiques et de compléments alimentaires, pourraient bientôt pousser ailleurs que dans les classiques bassins de culture industriels. L'agence d'architectes X-TU Architects, le laboratoire du CNRS Gepea de l'université de Nantes et Algo-Sources Technologies ont développé un système de "biofaçades" recouvrant les bâtiments, qui cultive les microalgues dans une lame d'eau chaude de 3 cm d'épaisseur située entre deux parois en verre. La lame d'eau est chauffée grâce à la chaleur produite par une usine d'incinération de déchets, située à proximité du bâtiment. Cette culture permet des rendements meilleurs qu'en bassin, car le gain de luminosité facilite le développement des algues. Le mur – en cours d'expérimentation à Saint-Nazaire – est vidé plusieurs fois par semaine, et les microalgues sont récoltées par centrifugation. **E.P.**



Rendez-vous en...
2021

LA COPROPRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE GÉNÉRALISÉE À MARNE-LA-VALLÉE

Produire l'énergie au plus près des besoins, optimiser la consommation de chaque bâtiment et organiser des échanges énergétiques entre bureaux et logements en début et fin de journée... Champs-sur-Marne (Seine-et-Marne) expérimentera bientôt la "copropriété énergétique" avec la construction, de 2017 à 2020, d'un écoquartier de 100 000 m² d'habitations et d'entreprises au cœur de la cité universitaire Descartes – un projet baptisé Descartes 21. L'énergie sera principalement issue de la géothermie peu profonde, avec des panneaux photovoltaïques, des chaudières à bois et le réseau électrique classique en complément. Les eaux usées servant en parallèle à préchauffer l'eau chaude sanitaire via un système de récupération de calories. Le quartier fera aussi la part belle aux voitures et navettes électriques, avec des bornes de recharge logées dans les lampadaires. "Cette plateforme énergétique aura pour particularité d'associer des acteurs publics et privés", affirme Olivier Baduel, directeur du projet à l'Établissement public d'aménagement de Marne-la-Vallée. Si tout se passe comme prévu, le concept sera étendu dès 2021 aux bâtiments existants voisins. **G.S.**

Rome (États-Unis)

Un **drone** pourrait guider un hélicoptère **bombardier d'eau** sans pilote

Lockheed Martin, le spécialiste américain de l'aviation civile et militaire, a présenté un drone capable de guider un hélicoptère autonome bombardier d'eau. Grâce à une caméra infrarouge électro-optique, le Stalker XE filme des images haute définition et communique en temps réel avec l'hélicoptère sans pilote et le contrôle aérien. Il fournit ainsi des données précises de géolocalisation des départs de feu, de leur intensité... afin de lâcher l'eau au bon endroit et éteindre les incendies. Alimenté par une pile à combustible, ce drone atteint plus de huit heures d'autonomie. A la clé : la possibilité d'intervenir de jour comme de nuit, par tous les temps, et multiplier par trois la durée d'un appui aérien pour les pompiers au sol. **E.T.-A.**



LOCKHEED MARTIN CORPORATION

LA SCIENCE & LA VIE

110

Accouchements

Ils sont trop médicalisés



122

Technofolies

Le scooter électrique à une roue



124

Questions/Réponses

Combien d'espèces restent inconnues?

**Science
& société**

110

**Science
& vie pratique**

118

**Science
& culture**

124

Accouchements

Ils sont trop médicalisés

Carburants bon marché

A terme, les prix vont remonter

Fruits et légumes

Leur valeur nutritive n'est pas forcément moindre qu'avant

Mortalité en France

Pourquoi elle a bondi en 2015

Bon à savoir

Dix conseils pratiques en direct des publications scientifiques

Technofolies

Le scooter à une roue ; le premier mobile home 100 % autosuffisant ; la caméra qui surveille les enfants en voiture ; un kit de billard qui s'adapte à n'importe quelle table ; le boîtier qui double le son de la guitare...

Questions / Réponses

Combien d'espèces restent inconnues ? Sait-on comment nous percevons les grands singes ?...

A voir / à lire

Un webdoc sur la vie à bord de l'ISS ; des photos satellite spectaculaires...

Il y a... 20 ans

Et la "vache folle" sema la panique en Europe

L.MOSCIA/ARCHIVATINO/REA - DR -
C.SARDET/TARA Océans/CNRS

Accouchements

Ils sont trop médicalisés

La mise au monde d'un enfant serait-elle devenue plus complexe qu'une opération à cœur ouvert? Césarienne, déclenchement artificiel, extraction instrumentale, incision du périnée... En France, en 2010, la moitié des femmes ne présentant aucun facteur de risque a subi au moins une de ces quatre interventions lors de son accouchement.

Dans ce contexte, des associations réclament depuis plusieurs années la possibilité d'accoucher de manière plus naturelle. Et elles viennent d'obtenir l'autorisation d'expérimenter l'accouchement dans des "maisons de nais-

sance" adossées aux maternités, où les interventions devraient être réduites au strict minimum.

Cette décision soulève une question dérangeante: dans les maternités classiques, les médecins en font-ils vraiment trop?

Difficile à croire. La médecine occidentale se fonde sur la science, ce qui signifie qu'un traitement n'est recommandé que s'il a été prouvé que ses bénéfices l'emportent sur ses risques. D'ailleurs, l'augmentation des interventions médicales entamée dans les années 1970 s'est accompagnée d'une baisse des mortalités néonatale et maternelle, passées, respectivement, de 13 et 0,3 pour 1000 naissances en 1970, à 2,1 et 0,1 en 2010.

Mais le problème est justement là: ces pratiques se sont révélées tellement utiles pour répondre à des complications obstétriques qu'elles ont fini par être étendues à des femmes pour lesquelles les bénéfices n'avaient pas été démontrés. "On s'est mis à traiter des grossesses normales de la même manière que les

grossesses difficiles, parce qu'on voulait le meilleur pour tout le monde", analyse Sophie Guillaume, présidente du Collège national des sages-femmes de France.

DES QUESTIONS DE PLANNING

Sauf que ce qui est bon pour une femme ne l'est pas forcément pour une autre. Et aujourd'hui, plusieurs pratiques médicales très fréquentes (voir pages suivantes) se révèlent dans certains cas abusives, voire très probablement néfastes!

L'emploi de l'ocytocine, tout d'abord. Cette

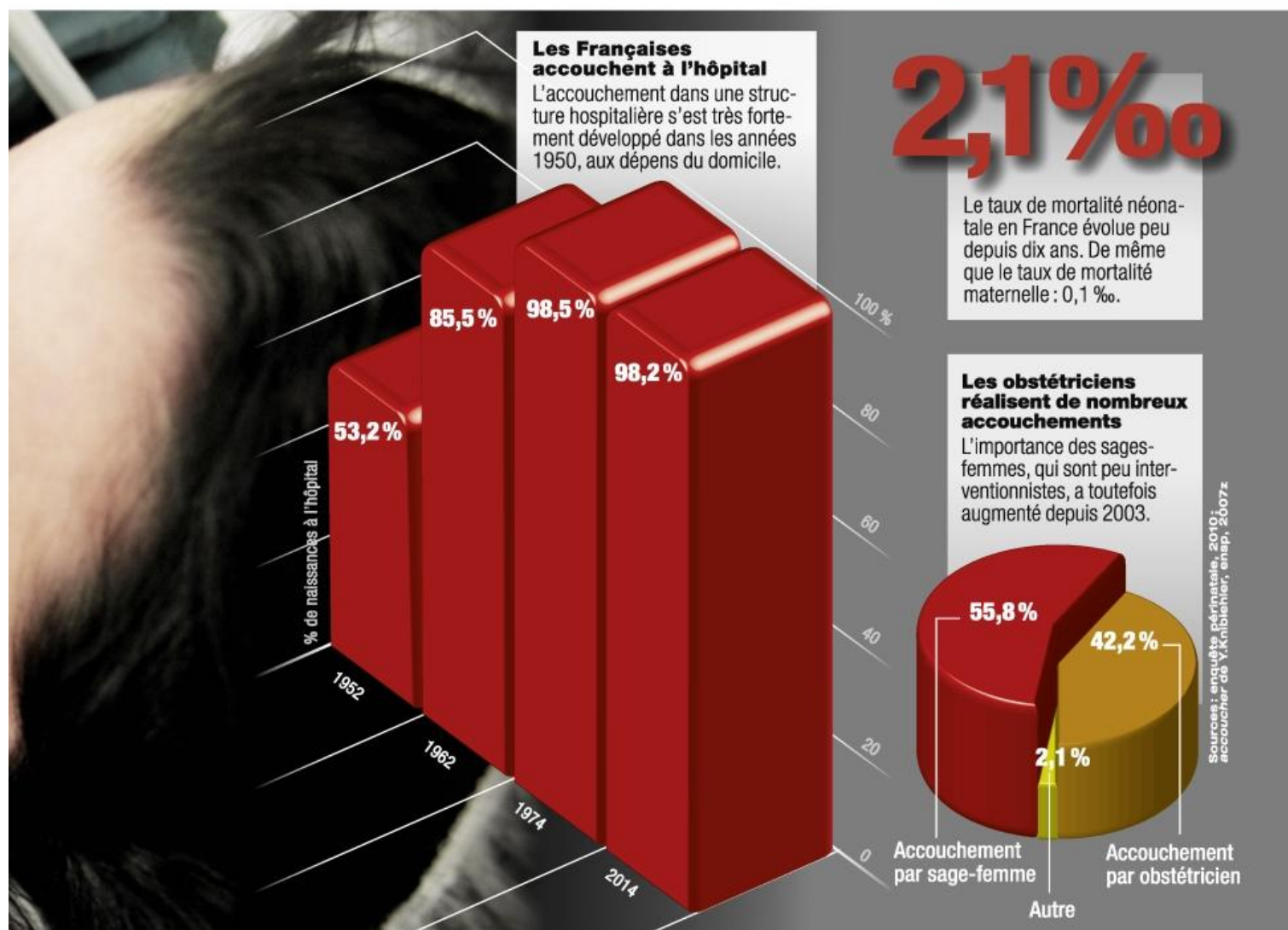
"hormone de l'amour", impliquée dans l'orgasme et dans l'attachement amoureux et filial, est aussi un déclencheur de contractions utérines lors de l'accouchement. Elle est donc très souvent injectée aux femmes enceintes, notamment pour déclencher artificiellement le travail et pour l'accélérer.

Or, d'après une étude de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) publiée en 2015, un déclenchement artificiel sur sept ne serait pas justifié médicalement. La moitié de ces déclenchements



LE RAPPEL DES FAITS

Le 26 novembre dernier, un arrêté a fixé la liste des **9 maisons de naissance** autorisées à fonctionner pendant **deux ans** à titre expérimental. Adossées aux maternités, elles seront gérées par des sages-femmes et réservées aux grossesses non-pathologiques.



facultatifs serait demandée par les femmes, l'autre moitié par l'équipe médicale. Notamment pour des questions... de planning. C'est du moins l'hypothèse des auteurs de l'étude, qui remarquent que le taux de déclenchements évitables est plus élevé dans les cliniques privées. "Les médecins dans le privé doivent aussi gérer leurs consultations. Or, une dilatation qui va un peu moins vite, ça peut perturber un agenda", confirme Sophie Guillaume. Les médecins feraient donc un usage bien léger d'un

traitement pourtant lourd : l'ocytocine entraîne des accouchements plus douloureux, et des études indiquent qu'elle pourrait même augmenter le risque de césarienne.

Son usage pour accélérer le travail est encore plus

problématique. Cette pratique est certes indiquée en cas d'accouchement trop lent, afin d'éviter une souffrance fœtale, sans recourir à la césarienne. Mais Sophie Guillaume le reconnaît : "Il y a peut-être, parfois, un emploi un peu systématique."

En 2010, 43 % des accouchements par voie basse en France ont été accélérés par injection d'ocytocine, soit plus que chez nombre de nos voisins, comme le Royaume-Uni (23 % en 2006). Une raison organisationnelle pourrait ici aussi entrer en jeu, la



SOPHIE GUILLAUME
Présidente du Collège national des sages-femmes de France

On traite les grossesses normales comme les grossesses difficiles, parce qu'on veut le meilleur pour tout le monde

Des interventions fréquentes, même dans les accouchements à bas risque

En France, en 2010, les femmes ne présentant au départ aucun facteur de risque (âge, poids, position du bébé...) ont pourtant fréquemment subi une césarienne, un déclenchement artificiel, une accélération du travail par ocytocine ou une épisiotomie (incision du périnée).

Sources : enquête périnatale 2010 ; belghiti et al., 2013

pratique étant plus fréquente dans les petites maternités et les cliniques privées.

Et ces excès apparents sont d'autant plus inquiétants qu'une étude de l'Inserm de 2011 a démontré que cette pratique doublait le risque d'hémorragie grave du post-partum, qui est la première cause de mortalité maternelle en France ; tandis que d'autres suggèrent qu'en plus d'être douloureuse, elle ne diminuerait pas la fréquence des césariennes.

Et ce n'est malheureusement pas la seule ombre au tableau. D'autres pratiques posent question. A commencer par l'épisiotomie : cette incision chirurgicale du périnée vise à éviter qu'il ne se déchire de lui-même au moment de l'expulsion du bébé. C'est l'intervention chirurgicale la plus pratiquée au monde ! Son usage est extrêmement variable selon les maternités (de 3,6 à 61,7 % des accouchements par voie basse, en France)

et les pays (son recours varie de 5 à 70 % en Europe). Pourtant, la science est claire : mieux vaut s'en tenir à des taux très bas. Une étude française de 2010, notamment, a montré qu'une diminution du taux d'épisiotomies de 18,8 % à 3,4 % n'entraînait pas d'augmentation du nombre des déchirures graves qu'elles sont censées prévenir. Au-delà de quelques cas à risque, les inconvénients parfois associés à l'épisiotomie

(douleur, incontinence...) pourraient donc bien être imposés inutilement.

UNE PRISE DE CONSCIENCE

Dernier exemple, peut-être le plus célèbre : l'excès de césariennes. Souvent pointé du doigt au Brésil, il n'épargne pas non plus la France. Même si les taux pratiqués par les maternités tricolores, dans leur ensemble, ne sont pas aussi affolants : 20 % (contre 56 % au Brésil). Mais c'est tout de

même au-dessus des 10 et 15 % préconisés par l'OMS. Une étude de l'Inserm publiée en 2014 démontre d'ailleurs qu'un quart des césariennes pratiquées en France ne correspondent pas aux indications médicales recommandées par la Haute Autorité de santé, et pourraient être évitées. Pourtant, les nombreux risques pour la mère et l'enfant, à court et à long termes, sont très bien documentés. A commencer par un triplement de la mortalité maternelle.

Et une fois encore, ce sont les cliniques privées qui font le plus de zèle. Pour Béatrice Blondel, épidémiologiste et auteur de l'étude, "entrent en jeu la gestion de la disponibilité des équipes, mais aussi la crainte médico-légale : il n'y a pas de procès pour

déclenchement artificiel

23%

césarienne

21%



Maisons de naissance : une solution ?

Les maisons de naissance peuvent-elles limiter les interventions médicales, sans augmenter les risques pour la santé de la mère et de son enfant ? Plusieurs études menées dans des pays qui les autorisent déjà depuis de nombreuses années (Royaume-Uni, Canada, Etats-Unis...) permettent de répondre par l'affirmative. Ces bons résultats s'expliquent notamment par la possibilité de transférer les femmes rapidement à l'hôpital en cas de problème. En revanche, pour les accouchements à domicile, un sur-risque a été mis en évidence, même lorsqu'ils sont encadrés par une sage-femme.

accélération
médicamenteuse

43%

épisiotomie

27%

des accouchements
par voie basse

une césarienne inutile, mais il y en a pour les accouchements difficiles". Une crainte d'autant plus néfaste dans les établissements privés, où la responsabilité civile incombe au médecin, et non à la clinique.

Heureusement, une prise de conscience semble s'opérer depuis quelques années. Le taux des épisiotomies est en baisse, celui des césariennes a cessé d'augmenter, les collègues des gynécologues obstétriciens et des sages-femmes devraient bientôt publier des recommandations pour un meilleur usage de l'ocytocine en cours de travail... "On se dirige vers des pratiques plus en accord avec les données scientifiques", se réjouit Béatrice Blondel. Pour ne plus tirer que le meilleur de ce que la médecine a à offrir. Et laisser la nature faire le reste. **Elsa Abdoun**

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

Carburant bon marché A terme, les prix vont remonter naturellement

LE RAPPEL DES FAITS

Fin octobre 2015, le prix du carburant diesel passait sous la barre de **1 euro** en moyenne nationale. Le cours du baril de pétrole a ensuite continué à chuter, atteignant par exemple **27,70 dollars pour le Brent jeudi 21 janvier 2016** : à comparer avec les 147 dollars le baril de juillet 2008.

Science & Vie : Comment comprendre la chute des prix du pétrole, alors que des analystes annonçaient un plafonnement de la production ?

Roland Vially : C'est vrai, la situation est très particulière : chaque jour, entre 3 et 4 millions de barils sont produits en excès par rapport à la demande. Ce surplus pourrait être aisément résorbé si les grands producteurs [Arabie saoudite, Etats-Unis, Russie...] réduisaient ne serait-ce que de 5 % leur production... Or, chacun veut préserver ses parts de marché, coûte que coûte. Les producteurs ont en effet été déstabilisés par l'irruption massive du pétrole de schiste américain, une ressource à prix raisonnable et hyperflexible – il suffit d'un mois pour mettre un puits en production.

S&V : Mais les réserves peuvent-elles suivre ?

R.V. : Il est très net que les plus grands gisements mondiaux ont été découverts dans les années 1960-1970.

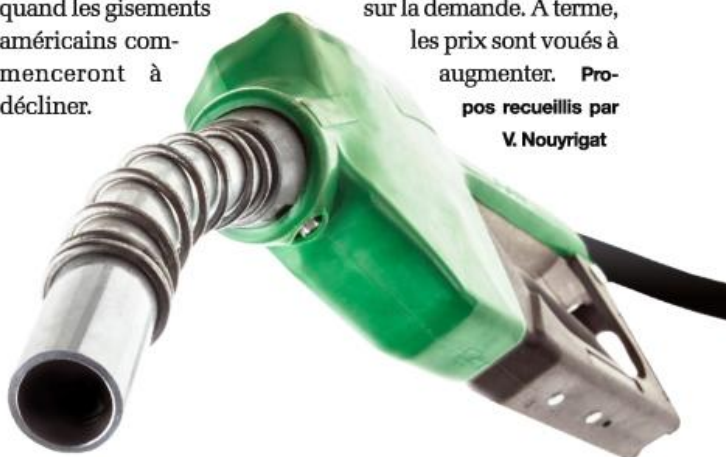
Aujourd'hui, le niveau annuel des découvertes atteint au mieux la moitié de ce qui est consommé dans l'année – même si cela est souvent réévalué à la hausse. Mais l'exploration continue et il y a parfois de bonnes surprises, y compris en mer du Nord. Prenez les territoires irakiens et iraniens qui n'ont pas été étudiés depuis trente ans : avec les moyens modernes et les progrès théoriques en géologie, on peut s'attendre à y détecter de belles choses. Et puis, les bassins de pétrole de schiste argentins, russes ou chinois pourraient prendre le relais quand les gisements américains commenceront à décliner.



ROLAND VIALLY
Géologue à l'IFP Energies
nouvelles (IFPEN)

S&V : Cela veut dire que le pétrole restera bon marché encore longtemps ?

R.V. : Non. Car la chute des cours bloque les investissements nécessaires au maintien de la production des puits vieillissants ainsi que les efforts d'exploration de nouveaux gisements. Tandis que les réservoirs de pétrole très chers à atteindre, au large du Brésil par exemple, ne seront pas mis en exploitation. Cela ne se verra pas tout de suite, mais au bout de un, deux ou trois ans, la production mondiale va baisser naturellement et les tensions vont réapparaître sur la demande. A terme, les prix sont voués à augmenter. **Propos recueillis par V. Nouyrigat**



Fruits et légumes

Leur valeur nutritive n'est pas forcément moindre qu'avant

Face aux fruits et légumes toujours plus gros, plus lisses et pas forcément goûteux, la question se pose: ont-ils autant de qualités nutritionnelles qu'autrefois? Un doute entretenu par des études scientifiques, réalisées surtout aux Etats-Unis et en Angleterre depuis les années 1990, qui pointent des diminutions drastiques de minéraux et vitamines depuis soixante ans: les carottes auraient ainsi perdu 75 % de leur magnésium, les épinards plus de 90 % de leur cuivre, et une pomme contiendrait 100 fois moins de vitamine C qu'en 1950!

En réalité, comme il y a soixante ans, il n'y a pas une seule sorte de pomme mais quantité de variétés aux contenus nutritifs très divers. Et, pour un même type, fruits et

légumes n'ont quasiment pas perdu leur richesse. *"La teneur en vitamine C des pommes diffère au moins d'un facteur 10 suivant la variété, l'exposition du fruit, la date de récolte et la durée de conservation... et ça n'a pas changé depuis les années 1950"*, atteste Catherine Renard, directrice d'unité de la structure Sécurité et qualité des produits d'origine végétale de l'université d'Avignon.

CROISSANCE TROP RAPIDE

Ainsi, des données de 1947 à 1959 indiquent entre 3 et 30 mg de vitamine C pour 100 g de pommes, selon les variétés, quand celles de 2013, fournies par le Centre d'information sur la qualité des aliments, s'échelonnent entre 1 et 25 mg/100 g. Idem pour les tomates: *"Nous ne pouvons pas conclure que la teneur*

en nutriments est réduite dans les variétés modernes. Certaines, autrefois, étaient très riches, mais d'autres déjà pauvres", complète Mathilde Causse, du laboratoire Génétique et amélioration des fruits et légumes (Inra), à Avignon.

En revanche, la sélection génétique, les méthodes de culture, les conditions de transformation et de conservation peuvent contribuer à les appauvrir. *"Sélection génétique et fertilisants augmentent la vitesse de croissance des plantes mais restreignent, de fait, la période d'élaboration des micronutriments. Dans les agrumes, les tomates ou les légumes, une fertilisation azotée importante diminue toujours la concentration en vitamine C"*, admet Marie-Josèphe Amiot-Carlin, directrice

adjointe de l'unité mixte de recherche nutrition Inra/Inserm à l'université d'Aix-Marseille. Oui, mais dans des quantités limitées par rapport aux résultats des études anglo-saxonnes qui, elles, mélangeaient des variétés différentes. Ainsi, une même laitue contient plus de vitamine C si elle est cultivée sans fertilisant (21,3 mg/100 g) ou avec du compost (22 mg) qu'en utilisant un fertilisant minéral (19 mg). Mais la différence reste négligeable pour l'organisme. Et l'analyse de 27 publications sur le sujet montre qu'il n'y a même pas de différences dans les contenus en vitamines A, B1 et B2 de légumes culti-



FOTOLIA - DR - SHUTTERSTOCK - CHASSENET/BSIP - S. AQUINO



EN CHIFFRES

23 %

C'est le pourcentage d'automobilistes qui avouent lire ou écrire des SMS en conduisant. Les dangers ont beau être connus (écrire un message multiplie par 20 le risque d'accident), cette pratique augmente: ils étaient 19 % en 2014 (étude TNS Sofres).

+ 180 %

C'est l'augmentation du nombre d'infarctus du myocarde constatés à la clinique Pasteur de Toulouse, lors des attaques terroristes contre *Charlie Hebdo* et l'Hyper Cacher en janvier 2015. Certains événements sont anxiogènes jusqu'à des centaines de kilomètres...



vés avec une fertilisation organique ou minérale.

En conclusion, pour bénéficier de toutes les vertus nutritionnelles des fruits et légumes, mieux vaut diversifier les variétés. Et les choisir de saison, pour limiter leur conservation et leur transformation. Car, comme l'indique Claude Bourguignon, directeur du Laboratoire d'analyse des sols à Marey-sur-Tille (Côte d'Or), "la vitamine C est très labile. Une pomme gardée au frigo pendant un an n'en contient plus du tout!". Notons toutefois qu'une tomate, une orange ou deux abricots comblent nos besoins journaliers en vitamine C. **A.P.**



CATHERINE RENARD
Inra, université d'Avignon

La teneur en vitamine C des pommes diffère d'un facteur 10 suivant la variété (...) et ça n'a pas changé depuis les années 1950

C'EST UNE PREMIÈRE



On peut décider du devenir de nos données après notre mort

On pouvait déjà mettre toute sa vie sur les réseaux sociaux, on peut désormais y gérer sa mort. Ou plus exactement, choisir comment nos données personnelles (photos, textes, etc.) nous survivront. Adoptée en janvier dernier à l'Assemblée nationale, la loi sur le numérique, qui devrait être validée par le Sénat en avril, prévoit en effet que "toute personne peut définir des directives relatives à la conservation et à la communication de ses données à caractère personnel après son décès".

La France est l'un des premiers pays à prendre ce type de disposition. En clair, chaque plateforme (Facebook, Twitter, Instagram, Gmail et autres Snapchat) devra permettre à ses utilisateurs de choisir le devenir de leurs données: les effacer, les laisser en ligne ou encore léguer ce choix à un tiers désigné. A défaut, la charge en reviendra aux héritiers. Seul Facebook permettait déjà, depuis début 2015, de désigner un "contact légataire". Il faut dire que le besoin est réel: les utilisateurs de Facebook, justement, sont certes jeunes (22 ans en moyenne), mais vu leur grand nombre (plus de 1,5 milliard dans le monde), les décès sont fréquents: plusieurs milliers chaque jour. **P.-Y.B.**

x3



La proportion des 15-35 ans qui écoutent de la musique de façon intensive avec des écouteurs – risquant une perte d'audition – a été multipliée par 3 depuis 2007, de 4 % à 13 %, d'après l'INPES. Pas si étonnant: 85 % d'entre eux possèdent un smartphone.

73%



C'est, d'après l'UFC-Que Choisir, la part de médicaments encore prescrits sous un nom de marque. Pourtant, depuis janvier 2015, les médecins doivent inscrire plutôt le nom de la molécule, pour encourager le recours aux génériques.

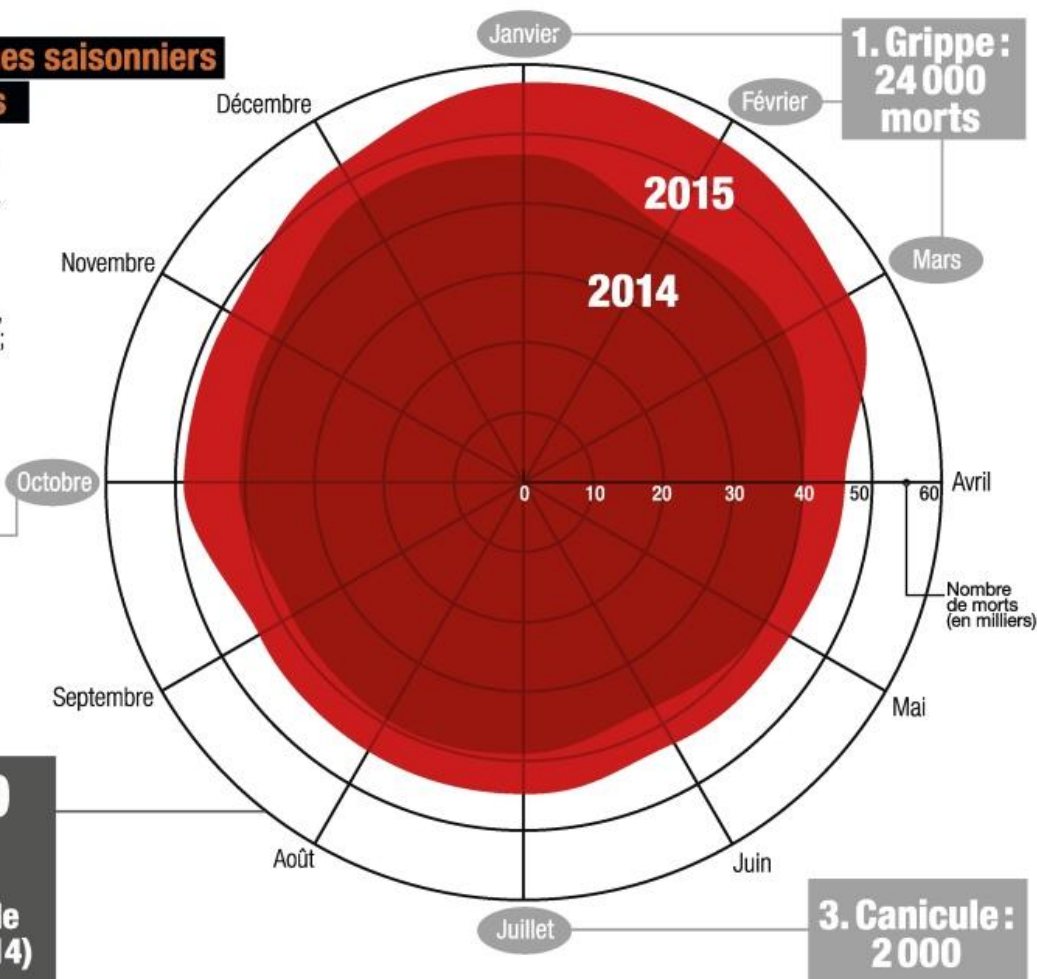
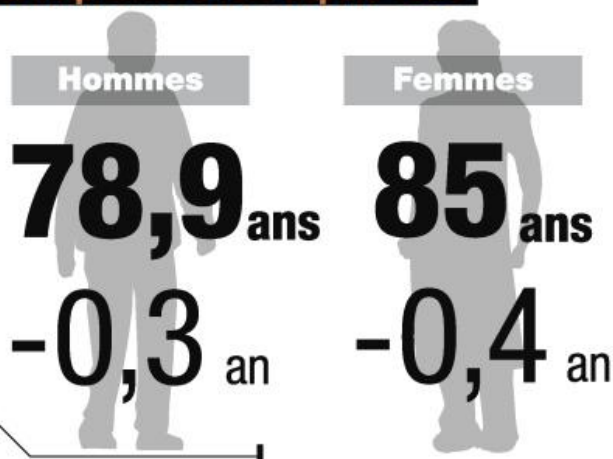
Mortalité en France

Pourquoi elle a bondi en 2015**Trois phénomènes saisonniers se sont cumulés**

Trois épisodes expliquent la majorité des 41 000 morts en plus par rapport à 2014 : en janvier, février et mars, une grippe longue et intense (24 000 décès) ; en juillet, la canicule (2 000 décès) ; en octobre, sans doute des vagues de froid (4 000 décès).

2. Vagues de froid : 4 000

600 000 morts
(soit 41 000 de plus qu'en 2014)

**Du coup, l'espérance de vie a baissé pour la première fois depuis 1969****Les principales causes de décès en France sont...**

1. Tumeurs
2. Maladies de l'appareil circulatoire (dont maladies coronariennes, AVC)
3. Maladies de l'appareil respiratoire
4. Causes externes (dont accidents, suicides)
5. Maladies de l'appareil digestif
6. Troubles mentaux et du comportement
7. Maladies infectieuses et parasitaires (dont sida)

(Données 2012)

Sources : Insee - Inserm - Cepidc

lecteurs !

Découvrez le pack Galaxie
12 numéros + 6 hors-séries
et l'accès à **SCIENCE&VIE TV**

la chaîne pour comprendre

79,90 € seulement
au lieu
de 124,60 €

1 an - 12 numéros
+ 6 hors-séries
+ l'accès à Science&Vie TV



Science&Vie TV accompagne et analyse les mutations de notre monde : les nouvelles technologies, l'écologie, la santé, la recherche spatiale. En partenariat avec AB Groupe, découvrez notre offre vidéo premium : la chaîne en live 24/24h, le replay et un service VOD en illimité.

Soit
34%
de réduction

Cet abonnement vous permet d'accéder à Science&Vie TV via internet, que ce soit depuis votre portable, votre tablette ou votre smartphone.



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

C1182

☐ **Oui**, je m'abonne à **Science & Vie** pour 1 an (12 n°)
+ 6 hors-séries et l'accès à Science&Vie TV via le site
<http://www.science-et-vie.tv/> pour 79,90 € au lieu de
124,60 € soit 34% de réduction

847 988

☐ Je préfère m'abonner à **Science & Vie pour 1 an (12 n°)**
+ 6 hors-séries pour **57,90 €** au lieu de **85,60 €***
soit **32% de réduction**

847 996

Indiquez impérativement votre adresse email dans le bulletin pour recevoir vos informations de connexion



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 pourrions 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

Date et signature obligatoires

Expire à fin Code Crypto

Les 3 chiffres au dos de votre CB

*Prix public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 31/05/2016 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acheter 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 Truffaut 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

Organisé by freemove

Designed by Freepress

QUI HABITE EN HAUTEUR RISQUE PLUS L'INFARCTUS

En cas d'infarctus, le délai d'intervention à des étages élevés réduit les chances de survie, selon une étude américaine: de 4,2% jusqu'au 3^e étage, elles passent à 2,6% à partir du 4^e et quasi zéro au-delà du 16^e. La solution? Des ascenseurs prioritaires, des défibrillateurs mieux placés... "CMAJ", jan. 2016



LES DVD D'EXERCICES NE DONNENT PAS VRAIMENT LE MORAL

S'ils misent sur la motivation à faire du sport, ils sont en fait décourageants: dans les 10 DVD de fitness les plus connus aux États-Unis, 1 phrase de motivation sur 7 prononcées par le coach est négative pour l'image de soi et donne des objectifs irréalistes. "SSJ", jan. 2016

L'HUILE DE POISSON PERMET DE BRÛLER PLUS DE GRAISSES

Soumises à un régime gras, des souris prenaient de 5 à 10% moins de poids et de 15 à 25% moins de graisses si elles consommaient en même temps de l'huile de poisson. Elle pousse en effet l'organisme à brûler les graisses pour se réchauffer. "Sci. Rep.", déc. 2015

LES JOUETS ÉLECTRONIQUES RESTREIGNENT LES ÉCHANGES ENTRE PARENTS ET BÉBÉ

Les jouets qui clignotent et émettent des sons ne facilitent pas l'acquisition du langage chez les tout-petits... Des chercheurs américains ont enregistré les échanges entre parents et enfant (10 à 16 mois) selon qu'ils s'amusaient avec des jouets électroniques, traditionnels (puzzle...) ou regardaient des livres. Conclusion: près de deux fois plus de paroles sont échangées autour d'un livre qu'avec un jouet électronique. Du côté des enfants, les vocalises construites sont aussi nombreuses avec un jouet traditionnel qu'avec un livre. "JAMA Ped.", déc. 2015

UN WEEK-END DE "MALBOUFFE" SUFFIT À PERTURBER L'INTESTIN

Manger sainement la semaine ne compense pas les écarts du week-end. Des chercheurs australiens ont soumis des rats à divers régimes: un sain, un malsain (type malbouffe occidentale), et le dernier alternant 4 jours sains et 3 jours malsains. Si, après quatre mois, les rats au régime sain/malsain ne pesaient que 14% de plus que ceux du régime sain (contre 136% de plus pour ceux au régime malsain), ils présentaient déjà une flore intestinale d'obèses. Leur diversité microbienne avait chuté de 25%, entraînant des désordres métaboliques: la biosynthèse des flavonoïdes, qui aident à perdre du poids et à protéger les neurones, avait grandement diminué. "Mol. Nutrition & Food Res.", jan. 2016



SHUTTERSTOCK - I.DANIK/FOTOLIA - BSIP



TRAVAILLER DEBOUT AIDE LE CERVEAU À MIEUX FONCTIONNER

Les bureaux surélevés, créés pour améliorer la condition physique des élèves, ont aussi un effet sur leur cerveau. Les capacités cognitives de lycéens américains ont été mesurées à l'aide de tests et par imagerie cérébrale, avant et après six mois de cours debout. Résultats : les capacités liées à la mémoire de travail, au traitement de l'information et à l'adaptation se sont toutes améliorées d'environ 10 %. Ces résultats ont été confirmés par une augmentation de l'activité du lobe frontal droit, où siègent ces capacités, pendant les tests. Les chercheurs précisent que ces bureaux seraient un moyen peu coûteux d'améliorer les conditions d'enseignement, qui ne nécessiterait pas de temps d'instruction supplémentaire. "International Journal of Environmental Research and Public Health", déc. 2015

UN TRAVAIL CHRONOPHAGE NE NUIT PAS AU COUPLE

Les heures supplémentaires ne sont pas synonymes d'échec de la relation amoureuse. Chez les couples qui consacrent beaucoup de temps à leur carrière, les partenaires compensent en profitant au maximum de leur temps libre. "Hum. Relat.", jan. 2016

UNE SIESTE AVEC LES YEUX OUVERTS DOPE LA MÉMOIRE !

Quand il s'agit de mémoriser de nouvelles informations, on peut faire une sieste "les yeux ouverts" pendant dix minutes au calme (sans portable !). Ce repos favorise la consolidation des souvenirs, tout comme un véritable petit somme. "Hippocampus", fév. 2016

FAIRE DE LA MUSIQUE N'EST PAS BON POUR LES MUSCLES

Au bout de dix ans de pratique, 1 % des musiciens souffriraient de contractions musculaires involontaires (des dystonies), selon une étude allemande menée sur 80 000 membres d'orchestres. C'est 65 fois plus que le reste de la population. "Deutsches Ärzteblatt Int.", déc. 2015

UN CRI VAUT MIEUX QU'UN DISCOURS

Pour transmettre une émotion, mieux vaut rire ou hurler, voire grogner, que parler. Des chercheurs canadiens ont soumis 24 individus à des vocalisations et des phrases dont l'intonation exprimait la colère, la tristesse ou la joie. Puis ils ont observé les réactions cérébrales grâce à un électroencéphalogramme : les sons bruts entraînaient chez l'auditeur une réponse cérébrale plus immédiate et soutenue que le langage. La joie est l'émotion la plus rapidement ressentie ; la colère, celle qui retient l'attention le plus longtemps. La reconnaissance des émotions via un simple son serait plus instinctive qu'avec une phrase, car elle remonterait plus loin dans l'évolution. "Bio. Psycho.", août 2015



Le premier mobile home 100 % autosuffisant

Mis au point par le cabinet d'architectes slovaque Nice Architects, voici l'Ecocapsule, premier *mobile home* autosuffisant, conçu pour une ou deux personnes. Outre une esthétique futuriste, son design tout en rond est optimisé pour limiter les pertes d'énergie et permettre la récupération d'eau de pluie qui, une fois filtrée, devient potable. Deux panneaux photovoltaïques de 600 W et une éolienne rétractable de 750 W génèrent 1,35 kW de puissance électrique. Et une batterie de stockage permet de restituer une énergie

de 10 kWh pour une autonomie totale d'au moins quatre jours. Ses 8 m² de surface sur 2,5 m de hauteur offrent un coin cuisine, une douche, un lit, des rangements et des toilettes sèches. Pour transporter ses 1 400 kg dans les endroits les plus reculés, l'Ecocapsule peut être remorquée ou hélitreuillée! Seul point faible: son prix, qui en fait un nid écologique de luxe. Un prix que les concepteurs imaginent faire baisser grâce à des économies d'échelle sur les prochaines versions, prévues fin 2017. **A.P.**

Prix: env. 80 000 €. Rens.: www.ecocapsule.sk



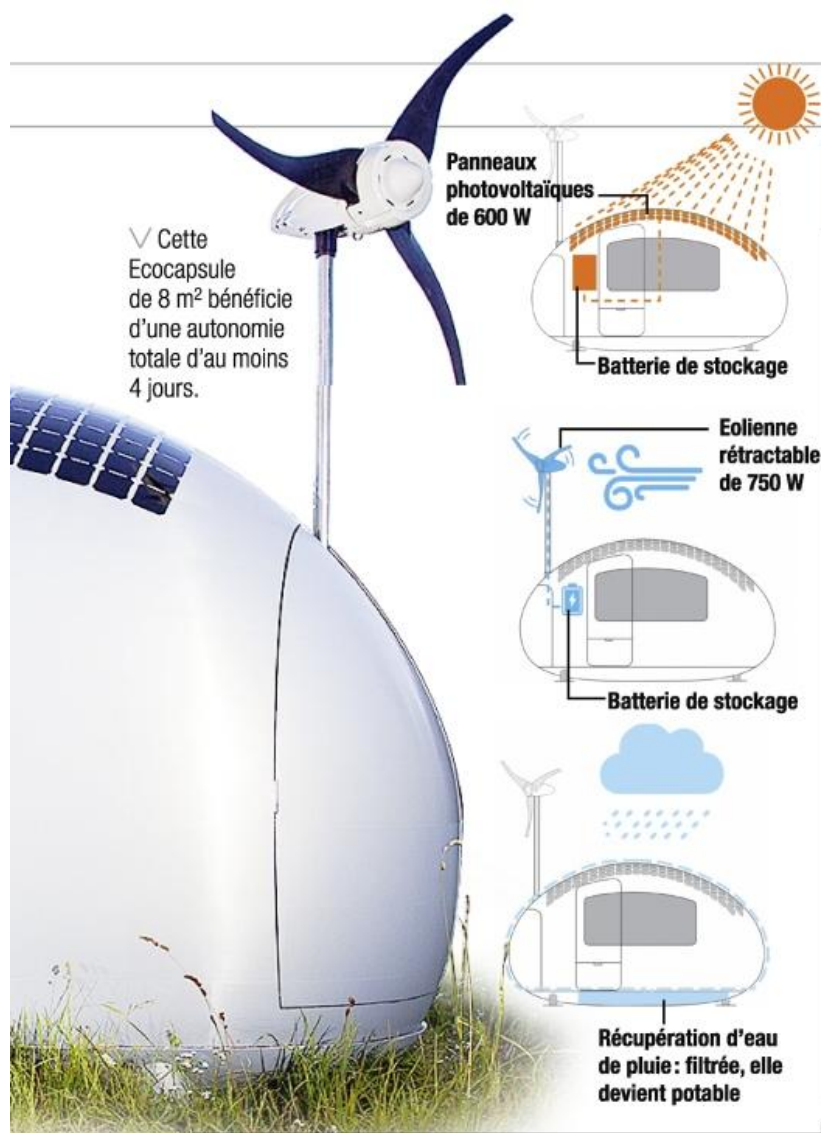
▼ Fixée sur l'appuie-tête, cette mini-caméra envoie ses images sur l'écran du GPS.



La caméra qui surveille les enfants en voiture

Avoir des yeux derrière la tête... voilà ce que propose la Babycam commercialisée par Garmin, le spécialiste des systèmes de navigation GPS. Objectif ? Surveiller un ou plusieurs enfants (angle de vue ajustable), sans avoir à quitter la route des yeux. Cette mini-caméra, qui se fixe sur l'appuie-tête avant ou arrière, envoie les images sur l'écran du GPS Garmin fixé sur le pare-brise. Et ceci même dans la pénombre grâce à sa vision nocturne. Une alerte peut aussi apparaître sur l'écran avant de sortir de la voiture pour rappeler aux étourdis qu'ils ont des passagers! **E.T.-A.**

Prix: env. 200 €. Rens.: www.garmin.com



LE COIN DES PROTOTYPES

Le lave-linge inusable... ou presque

Une machine à laver destinée à durer cinquante ans ? Voici L'Incrévable, présentée par Julien Phedyaeff, jeune diplômé de l'Ecole nationale supérieure de création industrielle. Son idée : concevoir une machine livrée prête-à-monter et réparable grâce à une architecture ouverte (plans et logiciels disponibles) qui, branchée sur un ordinateur afin de mettre à jour sa carte électronique, pourra également évoluer ! "Excepté tôle, hublot ou tambour, ce ne sera plus vraiment la même machine dans cinquante ans", précise le designer : ses pièces défectueuses pourront en effet facilement être remplacées. Elle est également personnalisable grâce à sa façade stratifiée amovible.

E.T.-A.

Rens. : www.lincrevable.com

DR

Un smartphone vraiment équitable

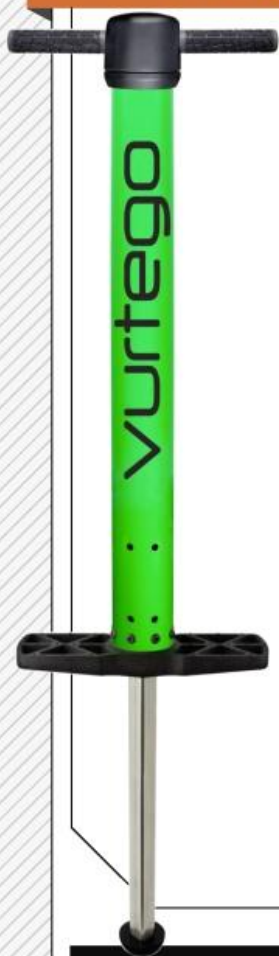
Fabriquer de manière responsable et équitable, voici le double défi que l'entreprise néerlandaise Fairphone s'est fixé pour produire son nouveau téléphone. D'abord, ses ingénieurs évitent les zones de conflits pour s'approvisionner en matières premières (tantale, tungstène, palladium...). Ensuite, ils surveillent de près les conditions de travail chez leur sous-traitant chinois, Guohong. Enfin, le Fairphone 2 est conçu pour être facilement réparé : le démontage

s'effectue en grande partie à la main et les pièces détachées peuvent être commandées sur la boutique en ligne. Après un premier modèle lancé il y a deux ans, très basique, cette seconde mouture offre une connexion 4G LTE, un écran de 5 pouces Full HD, un APN de 8 mégapixels, un processeur 4 cœurs, 2 Go de RAM, 32 Go de stockage, une batterie Li-ion amovible... le tout propulsé par Android 5.1.

E.T.-A.

Prix : env. 50 €.
Rens. : www.fairphone.com





Un bâton sauteur pour bondir à 3 m

Le V4 de la société américaine Vurtego est un bâton sauteur qui vous fera bondir jusqu'à 3 m de hauteur dans sa version pro. Pour cela, pas de ressort, mais un système d'air comprimé enfermé dans un tube en alliage d'aluminium. La hauteur maximale des sauts se règle en ajoutant ou retirant de l'air dans le bâton qui est doté d'un amortisseur. Télescopique, le V4 se transporte aussi facilement. **S.F.**

Prix : env. 380 € (version pro).
Rens. : www.vurtegapogo.com/v4-pogo-stick/

Le boîtier qui double le son de la guitare

Le Submarine, créé par le musicien britannique Pete Roe, permet de déclencher des effets sonores lorsque l'une ou les deux cordes supérieures d'une guitare acoustique ou électrique sont sollicitées. Pour cela, deux mini-micros sont fixés sous les cordes à l'aide d'un nanomatériau qui imite l'effet collant des pattes des geckos et qui n'endommage donc pas l'instrument. Une pédale permet alors de produire divers effets comme décaler le son des cordes de plusieurs octaves ou introduire des réverbérations. **S.F.**

Prix : env. 140 €. Rens. : www.submarinepickup.com



Voici le scooter à

Le Motopogo, de la société canadienne du même nom, est un engin à une roue sur laquelle vous êtes assis et tenez un guidon. Pour avancer ou reculer, il suffit de pencher votre corps vers l'avant ou l'arrière. La machine assure l'équilibre grâce à ses capteurs gyroscopiques et ses accéléromètres qui ajustent subtilement la vitesse pour compenser le déplacement

de votre corps. Le Motopogo est muni de LED à l'avant et à l'arrière. Sa vitesse maximale est de 25 km/h, mais il ne peut pas monter de côte de plus de 25 degrés. Il pèse 29 kg et supporte une charge de 150 kg. L'énergie de freinage est récupérée, lui donnant une autonomie de 35 km. Sa batterie au lithium se recharge en trois à cinq heures. **S.F.**

Prix : env. 1 400 €.
Rens. : <http://motopogo.tictail.com/product/pogomoto>



une roue

✓ Le Motopogo pèse 29 kg et peut rouler jusqu'à 25 km/h : pour avancer ou reculer, il suffit de se pencher vers l'avant ou l'arrière.



Un kit de billard qui s'adapte à n'importe quelle table

Après le kit pour jouer au ping-pong il y a quelques années, la marque française Geologic transforme cette fois la table de votre salon en table de billard.

Quatre coins avec des poches pour recueillir les billes, des barres extensibles pour les bords... Le kit Homepool s'adapte en moins de deux minutes sur n'importe quelle table, même ronde. Et nul besoin de tapis : ici, ce sont les billes elles-mêmes (des vraies) qui sont recouvertes de feutrine. Seul bémol : on ne peut pas les faire vraiment rebondir sur les bords pour marquer des points. L.B.

Prix : env. 530 €.
Rens. : www.geologic.org



Cette ruche n'a pas besoin de s'ouvrir pour récolter le miel

Une "ruche robinet" ! C'est l'invention de deux apiculteurs australiens, les Anderson, père et fils. Leur Flow Hive est composée de sept cadres alvéolés. Chacune de ces trames est constituée d'alvéoles ouvertes à leur base, que les abeilles comblent de cire avant de les remplir de miel. Une fois qu'elles sont pleines, ce que l'apiculteur

peut contrôler grâce à des cadres transparents, il lui suffit de tourner d'un quart de tour un "robinet" situé sur le haut du cadre : celui-ci brise la cire à

la base de l'alvéole. Le miel – 3 kg par cadre – s'écoule alors par gravité à travers un tuyau jusqu'aux pots placés devant la ruche. Un nouveau quart de tour inverse suffit ensuite à remettre le système en place jusqu'à la prochaine récolte. Plus besoin donc d'ouvrir la ruche pour récupérer le miel liquide. Un entretien annuel est cependant à prévoir. A.P.

Prix : env. 650 €.
Rens. : www.honeyflow.com



Combien d'espèces restent inconnues ?

Question de Cyril Jeanguenat, Glovelier (Suisse)

Entre 3 et 7,5 millions. Pourquoi tant d'incertitude ? Parce que diverses méthodes existent pour répondre à cette difficile question. Et que, comme l'admet Philippe Bouchet, professeur au Muséum national d'histoire naturelle et membre de la Commission internationale de nomenclature zoologique, *"les projections issues des différentes approches sont loin d'être fiables. Même le nombre d'espèces déjà connues, estimé à 2 millions, est approximatif, avec environ 15 % de marge d'erreur"*.

Certaines méthodes se concentrent sur les arthropodes des forêts tropicales (insectes, crustacés, arachnides), soit plus de la moi-

tié des espèces connues ; ces invertébrés vivent en association avec les arbres, dont le nombre d'espèces est facile à compter – à peu près 50 000. À partir de ces relations, le nombre d'arthropodes tropicaux est calculable, puis, par extension "à la louche", le nombre d'espèces total, et enfin, par soustraction, le nombre d'espèces encore inconnues. Les résultats varient ici entre 3 et 6 millions.

RAPPORT TAILLE/NOMBRE

Une deuxième technique exploite le rapport entre nombre d'espèces et taille. *"On considère qu'il y a très peu de très grosses espèces et énormément d'espèces de petite taille, poursuit*

l'expert. Puisqu'on connaît très bien certaines régions, comme les îles britanniques, on peut établir une courbe taille/nombre d'espèces servant de référentiel. Cette courbe est projetée aux autres zones, certes moins bien connues, mais où les espèces de grande taille ont déjà été découvertes." Résultat : 4,8 millions d'espèces inconnues.

En 2011, des chercheurs de l'université Dalhousie (Canada) se sont appuyés sur les groupes les plus connus (mammifères, oiseaux) avant d'évaluer, par des statistiques complexes, le nombre d'espèces des groupes moins connus. Ils trouvent, eux, qu'il en reste 7,5 millions à découvrir. **F.C.**



Pourquoi le temps semble-t-il s'écouler plus vite quand on vieillit ?

Question de Serge Lhery, Combs-la-Ville (77)

"On partage tous ce sentiment, mais c'est pourtant une croyance", tranche Sylvie Droit-Volet, chercheuse au laboratoire CNRS de psychologie sociale et cognitive de l'université Clermont Auvergne, expérience à l'appui. La psychologue a formé deux groupes d'une quinzaine de personnes, de 22 ans en moyenne pour l'un, 73 ans pour l'autre, puis les a appelées régulièrement

pendant la journée, afin de recueillir leurs impressions sur le passage du temps. Résultat : *"Malgré la cinquantaine d'années d'écart, nous n'avons pas observé d'effet de l'âge. Le temps ne passe pas plus vite du point de vue des personnes âgées que de celui des plus jeunes. Ce qui joue sur l'impression subjective du passage du temps, ce sont les émotions et les activités."* N.P.





^ L'expédition Tara, qui a parcouru les océans de 2009 à 2013, va permettre de classer plus d'un million de nouvelles espèces, comme ce petit crustacé de l'océan Indien.

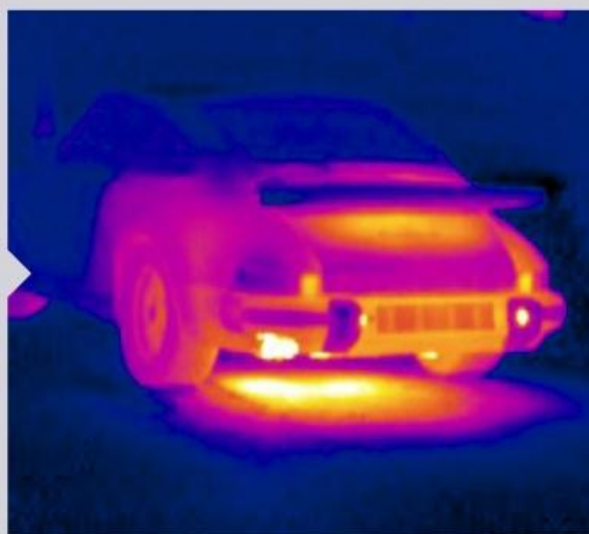
C.SARDET/TARA Océans/CNRS PHOTO THÈQUE - T.McCONNELL/SPL/COSMOS - A.DAGAN

La chaleur d'un carburant qui brûle nuit-elle au climat ?

Bernard Manceau, Fontaines-en-Sologne (41)

Pas vraiment. "Son effet sur le climat est insignifiant comparé à celui de la chaleur piégée par les gaz à effet de serre [vapeur d'eau, méthane, CO_2] issus de cette même combustion", répond le physicien américain Roger Sathre. Lors d'une étude publiée en 2013, ce dernier a estimé que dans l'année suivant la combustion d'une unité de diesel, la "chaleur indirecte" est environ 10 fois plus importante que cette "chaleur directe". Au bout de 20 ans, elle devient 30 fois plus importante, puis 100 fois plus au bout de 100 ans, et 175 fois plus au bout de 200 ans.

K.B.



Pourquoi rejetons-nous séparément des urines et des selles ?

Question de Jacques-Edouard Germond, Crissier (Suisse)

Parce que ce sont deux déchets de nature différente. Alors que les selles sont constituées de ce que notre appareil digestif n'a pas assimilé, l'urine, elle, résulte de la filtration, par les reins, de notre système circulatoire et lymphatique (voir infographie). "A chaque voie métabolique correspond un système excréteur différent", résume Norin Chaï, vétérinaire et directeur adjoint de

la ménagerie du Jardin des plantes (Paris).

LES PARAMÉCIES AUSSI

Cette division s'observe même à petite échelle, comme chez les paramécies. "Vivant en eau douce, ces organismes unicellulaires éliminent le trop-plein d'eau par des vacuoles spécifiques et les résidus solides des bactéries phagocytées par d'autres vacuoles", ajoute Bernard Godelle,

biologiste à l'université de Montpellier.

À l'inverse, chez des espèces pour qui l'eau s'avère très précieuse, l'urine est débarrassée de son eau et renvoyée avec les selles. "C'est le cas notamment chez les insectes ou les oiseaux. Ces derniers déversent leur urine dans leur tube digestif, l'eau y est récupérée et les solutés comme l'acide urique précipitent." Le tout (la fiente) sort ensuite par un

unique orifice, le cloaque. "C'est d'ailleurs parfois bicolore, témoin du mélange", précise Bernard Godelle.

Toutefois, nous n'éliminons pas uniquement nos déchets par ces deux voies. Si nous associons plus facilement urine et selles à des détritiques, l'air que nous expirons, concentré en dioxyde de carbone, est aussi un déchet de notre organisme, rejeté par une troisième voie : les poumons. **L.T. & C.H.**

La superficie de la France est-elle calculée à marée basse ou haute ?

Question de Philippe Guerin, Angerville-la-Campagne (27)

Elle est calculée à marée haute. "Ce calcul, qui s'appuie sur le tracé des frontières pour la partie continentale, prend en compte, pour le littoral, le 'trait de côte', c'est-à-dire la ligne qui représente la limite entre terre et mer sur les cartes géographiques. Or, au niveau des côtes non bâties, ce trait de côte correspond à la limite atteinte par la mer aux plus hautes marées astronomiques", explique un porte-parole de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

Au niveau des plages, ce trait de côte, mesuré à partir de photographies aériennes, correspond à la ligne ondulée faite de sable fin, de coquillages et d'algues laissés

par les vagues sur le rivage.

"Lorsqu'une surface est submergée à un moment ou à un autre d'un cycle de marée, on ne considère plus qu'elle appartient au domaine terrestre", précise Bénédicte Ezvan, ingénieur et porte-parole du SHOM (Service hydrographique et océanographique de la marine), responsable avec l'IGN de ces mesures.

Et si l'on voulait aussi prendre en compte, dans la superficie totale de l'Hexagone, la zone recouverte par la mer à marée haute et découverte à marée basse (ce que l'on appelle l'estran), il faudrait rajouter 2 650 km², ce qui correspond à moins de 0,5 % seulement de la surface officielle... **K.B.**

Un œuf du

Question d'Audrey Cuwel,

Non. Cette idée relève de la superstition. La date de ponte n'a pas d'influence sur sa conservation. Qu'il soit pondu le vendredi saint ou n'importe quel autre jour de l'année, un œuf peut se conserver plusieurs mois sans pourrir, voire une année ou plus, s'il n'est pas fissuré et s'il est gardé au frais.

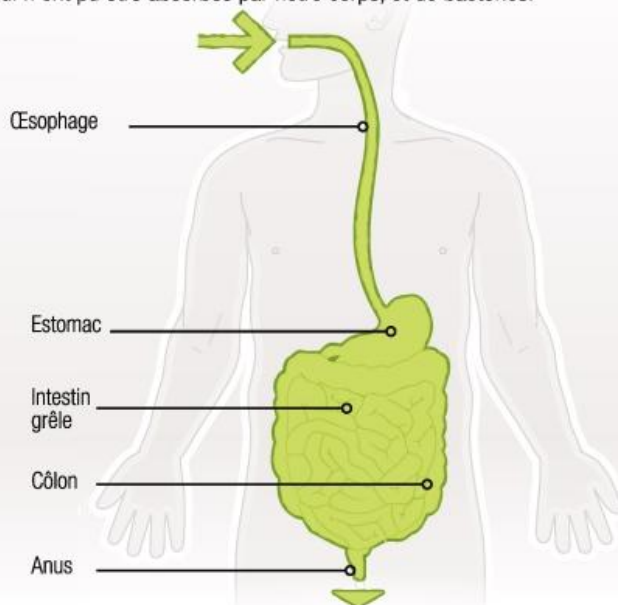
"Un œuf non déjà contaminé par des microbes avant la ponte, et non fêlé, est une vraie enceinte stérile, infranchissable par les bactéries susceptibles de le dégrader", explique Joël Gautron, spécialiste de l'œuf à l'Inra (Nouzilly).

SHUTTERSTOCK - A. DAGAN

Parce que ces déchets n'ont pas la même provenance

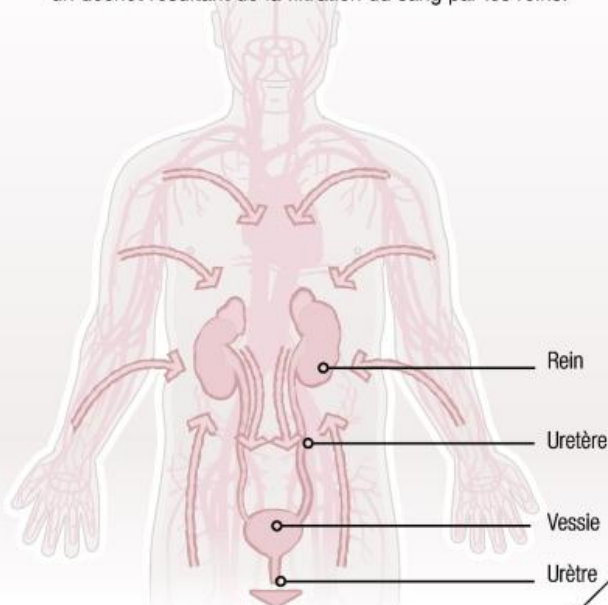
Les selles sont les résidus de notre alimentation

Issues de notre tube digestif, les selles se composent d'éléments qui n'ont pu être absorbés par notre corps, et de bactéries.



L'urine est le déchet de l'activité métabolique de notre organisme

L'urine, composée principalement d'eau et d'urée, est un déchet résultant de la filtration du sang par les reins.



vendredi saint se garde-t-il mieux ?

Villeneuve-d'Ascq (59)

Un œuf avec une coquille intacte est en effet protégé par une fine couche recouvrant sa coquille : la cuticule. *"D'une épaisseur de 10 micromètres [10^{-6} m], celle-ci est constituée de nombreuses protéines antimicrobiennes, qui tuent les bactéries. Elle présente bien des fissures pour permettre les échanges gazeux indispensables au développement de l'embryon lorsque l'œuf est fécondé, mais, avec une taille de l'ordre du nanomètre [10^{-9} m], ces failles sont 100 fois plus petites que les plus petites bactéries, et sont donc in-*

franchissables par celles-ci !", précise le biologiste. Il est donc important de ne pas altérer cette cuticule, et la législation européenne interdit d'ailleurs le lavage des œufs industriels.

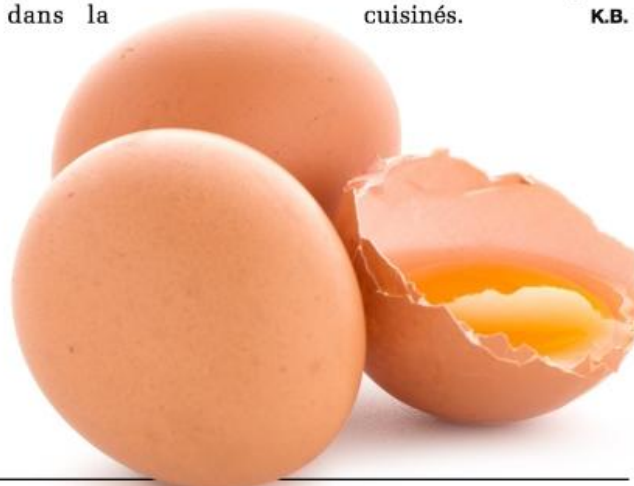
UNE LENTE ALTÉRATION

Du fait des échanges gazeux, cette cuticule n'empêche cependant pas l'évolution du goût et de la texture de l'œuf avec le temps. Ainsi, l'augmentation progressive du taux de gaz carbonique à l'intérieur de l'œuf diminue son acidité, ce qui rend son blanc plus liquide, et l'œuf, du coup, moins adapté à une consommation "à la coque".

C'est notamment en raison de l'altération du goût de l'œuf avec le temps que la législation prévoit pour tous les œufs une "date de durabilité minimale" de 28 jours suivant leur date de ponte.

En revanche, dans la

mesure où ce produit, intact et bien conservé, ne présente pas de risque bactériologique pendant plusieurs mois, il n'a pas de "date limite de consommation" (DLC) comme la charcuterie ou les plats cuisinés. **K.B.**



Sait-on comment nous perçoivent les grands singes ?

Question de Francis Boillat, Peseux (Suisse)

"Ce qui est sûr, c'est qu'ils nous voient comme une espèce différente de la leur", juge Shelly Masi, primatologue. Ainsi, en milieu sauvage, huit ans sont nécessaires aux chercheurs avant de se faire accepter par un groupe de gorilles de l'ouest: "Même dans ce cas, les interactions sont limitées. Si nous nous retrouvons par erreur à moins de 3 m du mâle, il peut charger", confie la scientifique. Au fil

du temps, les gorilles s'habituent à l'être humain, tout en ne le considérant pas comme un des leurs. Pour preuve: si un humain réussit à se faire accepter, les gorilles sauvages n'émettront pas les vocalises caractéristiques de l'accueil.

Cela dit, ils peuvent en émettre s'ils sont mécontents: "Si je veux prendre un fruit sur le sol, le mâle va me rejeter au même titre qu'une femelle gorille ou que l'un de ses petits qui voudrait man-

ger ce fruit", confie la primatologue. Qui cite aussi le cas d'Euro, un gorille mâle dos argenté à l'espace zoologique de Saint-Martin-La-Plaine: "Lorsque Euro fait 'Huum', c'est pour redemander des fruits au soigneur. C'est la même vocalisation que pour parler à un autre gorille." Pourquoi une telle familiarité? "Probablement à cause de notre ressemblance physique, infère Shelly Masi, mais ça reste à prouver." E.P.



Les grands singes, tel l'orang-outan, s'habituent peu à peu aux êtres humains, mais les considèrent comme une espèce autre.

Comment le chat supporte les bactéries qu'il avale en léchant ses pattes ?

Question de Dasha Khendrik, internet

"Une large majorité des micro-organismes abrités par la peau et le pelage du chat ne sont pas dangereux pour lui", affirme Anne-Claire Gagnon, vétérinaire pour chats. Ces bactéries et ces levures sont saprophytes: elles se nourrissent de matières organiques mortes.

"D'ailleurs, elles ne se concentrent pas que sous les pattes. Il y en a bien plus au niveau de l'anus, par exemple", ajoute la vétérinaire. Car le chat ne fait pas sa toilette à moitié: très souple, il lèche quasiment toutes les parties de son corps. "Il passe environ 10 % de son temps à soigner son pelage", estime Anne-Claire Gagnon.

En général, la toilette ne pose donc aucun problème. Sauf si le chat marche dans les excréments d'un congénère malade, par exemple du typhus, dont le virus se transmet par voies orale et fécale. Certains parasites profitent aussi de la toilette du chat pour atteindre leur hôte. Comme les ténias, ces vers plats dont les œufs peuvent être hébergés par les puces. En avalant les puces pour s'en débarrasser, le chat risque ainsi d'ingérer les œufs de ténia. Résistants aux sucs digestifs, ces derniers contaminent alors le félin. N.P.



GAGNEZ UN
ABONNEMENT
D'UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique
est la vôtre,
écrivez-nous !

Nous ne pourrions 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-Orly
92543 MONTROUGE CEDEX

SHUTTERSTOCK - T. ALLOFS/CORBIS



Un frigo plein est-il plus énergivore qu'un vide ?

Question de Caroline Auffret, Corte (20)

Non, au contraire. Un réfrigérateur conserve les aliments au frais grâce au cycle du compresseur, essentiel pour la circulation de l'air froid et qui se déclenche à chaque fois que la température s'élève. Or, lorsque le frigo est lourd, la température interne varie moins : *"Le poids entraîne une inertie thermique. Il faut plus de temps pour que la température augmente et déclenche la mise en marche du compresseur"*, explique Thérèse Kreitz, de l'Ademe. Le compresseur d'un frigo vide se déclenche donc plus souvent que celui d'un frigo plein... et consomme plus. Logiquement, *"les tests standard se font avec une forte charge pour les réfrigérateurs et les congélateurs"*, reprend Thérèse Kreitz. Ainsi, ne pas faire de courses peut se répercuter de manière défavorable sur votre facture d'électricité!

F.C.



uelle expérience
allez-vous tenter ?



QUAI
DES SAVOIRS

Ouverture le 16 février 2016

La culture scientifique accoste à Toulouse au Quai des Savoirs. Dans ces 3500m² entièrement dédiés aux connaissances scientifiques, numériques et technologiques, chaque visiteur devient un véritable explorateur...

Pour inaugurer les lieux, petits et grands pourront découvrir la grande exposition "Sacree Science!".

toulouse
métropole

www.quaidessavoirs.fr
39, allées Jules-Guesde Toulouse



Toulouse en grand !

Un webdoc sur l'astronaute Scott Kelly

L'ISS comme si vous y étiez

Trois cent quatre jours, seize heures et vingt-six minutes. C'est le temps passé par l'astronaute américain Scott Kelly à bord de la Station spatiale internationale (ISS) – au moment où nous rédigeons cet article. A la fin de son périple, débuté en mars 2015, Scott Kelly aura, au total, vécu 365 jours dans l'espace, soit une année entière.

Le webdoc *A year in space*, fruit d'une collaboration entre la Nasa et l'hebdomadaire américain *Time*, plonge l'internaute dans les spectaculaires coulisses de ce pé-

riple. De la minutieuse préparation de la mission jusqu'à la vie de Scott Kelly et de son équipe à bord de l'ISS, le spectateur est "plongé" dans le quotidien du protagoniste.

CAPHARNAÛM HIGH-TECH

Et quelle plongée! Le web-documentaire (en anglais, mais la navigation, impeccable, le rend accessible à tous) se présente sous la forme de six épisodes d'une durée d'une quinzaine de minutes chacun, conçus à la manière d'une série télévisée... de luxe.

Le décor, saisi par des caméras haute définition,

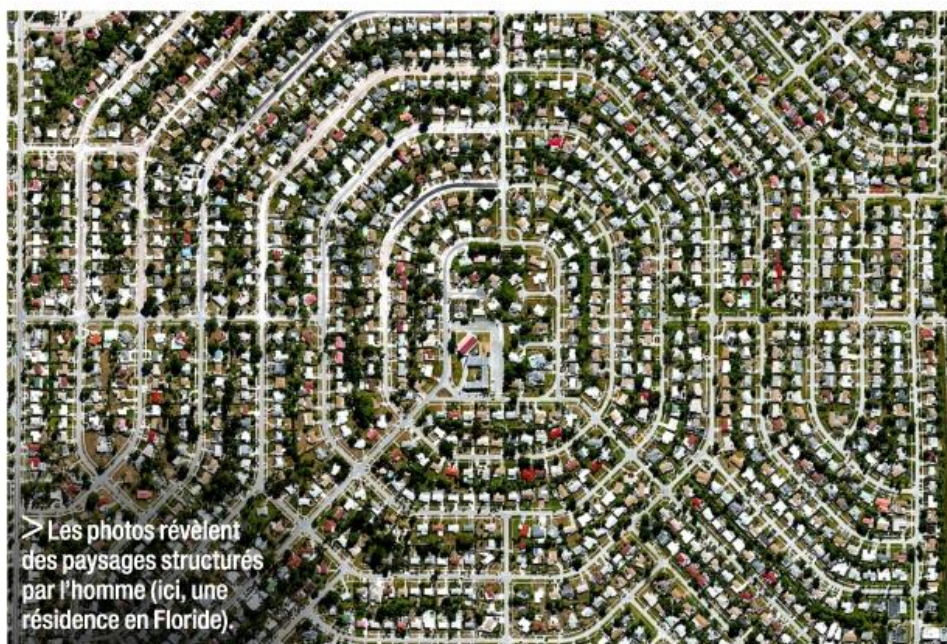
► One year in space

- Webdoc
- Durée: 1 h 30
- <http://time.com/space-nasa-scott-kelly-mission/>

est captivant: l'espace est proche, et tout un capharnaüm high-tech règne à l'intérieur de la station spatiale. Le personnage principal est montré dans sa complexité: Scott Kelly livre ses joies, ses peurs, mais aussi ses doutes. Pour être un astronaute aguerri, il n'en apparaît pas moins vulnérable... et l'on se prend d'une réelle empathie pour lui. Il n'est pas seul dans cette aventure: sa femme, Amiko Kaude-



rer, ses deux filles et son coéquipier, Mikhaïl Kornienko, y tiennent une place importante. Que Scott Kelly soit chez lui, pendant deux semaines en quarantaine dans un



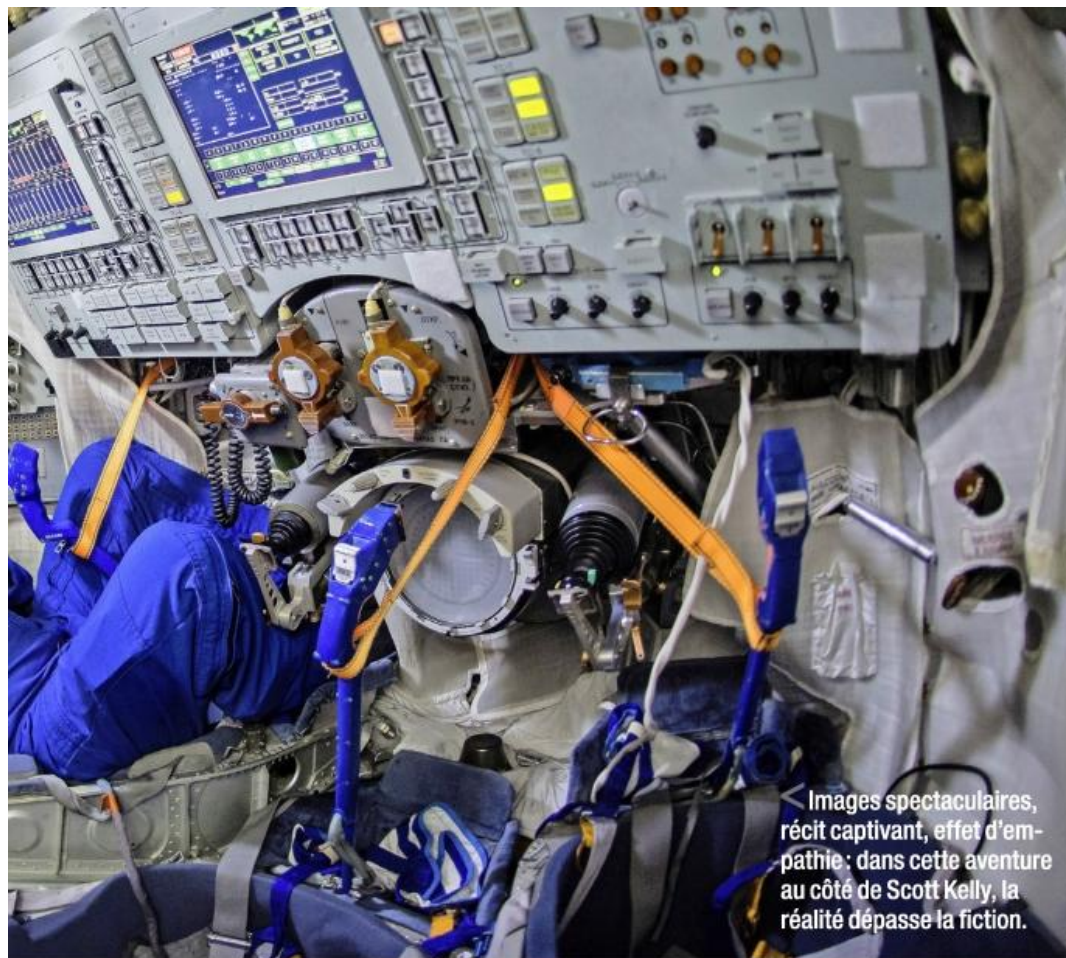
► Les photos révèlent des paysages structurés par l'homme (ici, une résidence en Floride).

Galerie en ligne La Terre

Par dizaines, des appareils photo à très haute résolution fixés sur satellite dressent, chaque jour, le portrait de la Terre. Les curateurs de la galerie en ligne Daily Overview

► Daily Overview

- Galerie de photos
- www.dailyoverview.com



Images spectaculaires, récit captivant, effet d'empathie : dans cette aventure au côté de Scott Kelly, la réalité dépasse la fiction.

centre d'entraînement au beau milieu du désert du Kazakhstan (ex-URSS) ou parmi les étoiles, les réactions et l'appréhension de la famille sont elles aussi filmées.

Au fil des six épisodes s'installe l'étrange sensation d'avoir été littéralement embarqué dans l'une des plus fascinantes aventures humaines : l'accès à l'espace. Y compris dans

ses dimensions les plus prosaïques : prendre une douche en l'absence de gravité ou effectuer une sortie spatiale d'urgence n'aura plus de secret pour vous. Une réussite.

E. Picard

de photos satellite

vraiment vue du ciel

puisent dans cette manne les clichés les plus saisissants. Avec un parti pris à rebours des "vues du ciel" naturalistes : les images sélectionnées montrent des lieux ou des moments (certains clichés proviennent d'archives) où se manifeste l'activité humaine.

A l'origine du projet, un

constat philosophique : les auteurs ont voulu immortaliser ces espaces au sein desquels l'homme a laissé son empreinte afin d'en tirer une meilleure compréhension.

OBSERVATION EN DÉTAIL

La plupart des photos sont en haute définition, permettant d'observer le

moindre détail de la plage d'Ipanema à Rio de Janeiro au Brésil, l'activité portuaire à Hambourg en Allemagne, le quartier de la Médina à Marrakech au Maroc, les élevages intensifs du Middle West américain... D'un continent à l'autre se dévoile le visage de la Terre modelée par la main humaine.

E.P.

A voir, à lire

LIVRE

► **Alexandre Grothendieck**
Sur les traces du dernier génie des mathématiques
► par Philippe Douroux
► Ed. Allary, 250 pp., 18,90 €

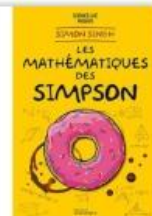


Philippe Douroux n'a jamais osé lui parler. Le journaliste a passé des heures à observer, de loin, l'un des plus grands mathématiciens de tous les temps, qui réinventa les langages géométriques et algébriques durant les années 50 et 60, avant de se retirer dans un petit village des Pyrénées dans les années 90... Difficile, avec ce livre, de saisir les concepts révolutionnaires qu'il a laissés en héritage. Mais, en multipliant les témoignages, en reconstituant son parcours, en lisant ses écrits, Philippe Douroux a réussi à saisir une partie des méandres de la pensée de cet esprit hors norme, mort en ermite misanthrope il y a un an et demi.

H.P.

LIVRE

► **Les mathématiques des Simpson**
► par Simon Singh
► Ed. Télémaque, 306 pp., 22 €



Que l'un des plus talentueux vulgarisateurs de mathématiques – le Britannique Simon Singh – consacre plus de 300 pages aux *Simpson* serait-il le signe que les maths n'intéressent plus ? C'est tout le contraire. Car les auteurs de la série d'animation partagent le même émerveillement que lui pour cette discipline. Et ont pris un malin plaisir à distiller, au fil des épisodes, clins d'œil et réflexions abstraites de haute volée. La science la plus sérieuse n'est jamais aussi passionnante que lorsqu'on la met entre les grosses mains jaunes de personnages caustiques...

F.L.

20 mars 1996

Et la "vache folle" sema la panique en Europe

Quand il prend la parole à la Chambre des communes, le mercredi 20 mars 1996, Stephen Dorrell, ministre de la Santé britannique, sait que ses propos vont avoir l'effet d'une bombe. Mais il n'a pas le choix. Le comité d'experts nommé par le gouvernement est formel: les dix cas atypiques recensés de maladie de Creutzfeldt-Jakob, une pathologie neurodégénérative qui transforme en quelques mois le cerveau en éponge, semblent bien liés à l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB), dite maladie de la "vache folle", qui décime les troupeaux britanniques depuis dix ans.

Le ministre marche sur des œufs: *"Il n'existe pas, à ce jour, de preuve scientifique que l'ESB peut*

être transmise à l'homme par le bœuf, mais les experts ont conclu que l'explication la plus probable aujourd'hui est que ces cas sont liés au contact de l'ESB avant 1989." C'est-à-dire avant que le gouvernement britannique n'ait pris des mesures pour contrôler la production et la vente de bœuf suite au développement d'une maladie similaire à la tremblante du mouton chez les bovins britanniques. Les vaches présentaient en effet des troubles nerveux, puis locomoteurs de plus en plus importants caractérisés par de fréquentes chutes. Leur état se détériorait ensuite en quelques semaines, jusqu'à la mort. Quand le ministre s'exprime en 1996, la maladie de la vache folle

a déjà contaminé plus de 150 000 animaux, obligeant les autorités à abattre, par précaution, plusieurs centaines de milliers de bovins.

DES VACHES CANNIBALES

L'origine de l'épidémie est vite identifiée. Dès 1987, les vétérinaires pointaient en effet les farines animales utilisées en Grande-Bretagne pour fournir aux animaux d'élevage un complément de protéines indispensable à leur croissance. Stupéfaits, les consommateurs découvraient alors les arrières-cuisines de l'élevage industriel et ses vaches nourries de restes pulvérisés de carcasses de moutons, et même d'autres vaches! A partir de 1981, les procédés de fabrication de ces farines

ont été allégés pour limiter les coûts: elles ne sont plus chauffées au-delà de 90 °C et la délipidation par un solvant a été supprimée. Résultat: l'agent infectieux responsable de la tremblante du mouton, connue depuis des siècles des éleveurs d'ovins, aurait ainsi contaminé par ces farines les vaches anglaises. En France, où les bovins sont nourris avec des tourteaux de soja, la maladie ne concernera qu'une poignée d'animaux.

En 1988 et 1989, des coupe-feu sont mis en place: déclaration obligatoire de tout animal malade, abattu et incinéré, et interdiction de nourrir le bétail avec des farines animales (mais pas d'en exporter!). L'Europe, elle, interdit les exportations de vaches

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

1989 FAUT-IL ARRÊTER DE MANGER DU BŒUF?

Sept ans avant qu'une première étude ne le suggère vraiment, *"les médecins britanniques se demandent si la maladie n'est pas transmissible à l'homme par l'ingestion de cerveau ou de lait [...] Le pathogène incriminé dans tous les cas d'encéphalopathies spongiformes, humaines ou animales, est le même"*: un agent non conventionnel dont on sait fort peu de chose. **S&V n° 864**

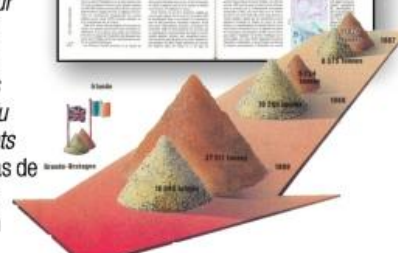


LES VACHES FONT TREMBLER L'ANGLETERRE



1990 LE PREMIER CAS FRANÇAIS

En août 1989, *"la France a interdit l'importation de farines britanniques pour l'alimentation du bétail. Mais de janvier à juillet 1989, les Anglais et les Irlandais nous ont vendu 21 313 tonnes d'aliments infectés."* Le premier cas de Creutzfeldt-Jakob sera détecté en Bretagne en 1990. **S&V n° 874**





britanniques nées avant juillet 1988 ou susceptibles d'être atteintes. Et cerveau et abats de bovins de plus de six mois sont interdits à la consommation humaine... même si le gouvernement britannique réaffirme que les

consommateurs ne risquent rien, l'agent infectieux ne se transmettant pas à l'homme par l'alimentation.

Le décès d'un Anglais de 20 ans, en février 1996, brise ce mur de certitudes. C'est le quatrième adolescent à



Le 20 mars 1996, suite à un dixième décès suspect, les ministres de la Santé, Stephen Dorrell (à g.), et de l'Agriculture annoncent que la maladie de la "vache folle" se transmet possiblement à l'homme.



1996 L'ÉLEVAGE INDUSTRIEL EN QUESTION

S&V juge l'embargo sur la viande britannique comme "un tour de passe-passe des politiques pour rassurer les consommateurs", et souligne surtout qu'il "est temps de se pencher sur la fiabilité sanitaire des nouvelles technologies de l'agroalimentaire. [...] Car, si les Britanniques n'avaient pas changé le mode de fabrication des farines de viande [...], le prion serait sagement resté dans la tête des moutons". S&V n° 944

→ mourir, en à peine plus d'un an, d'une maladie rare qui n'avait presque jamais encore touché des sujets de moins de 30 ans. Dix cas atypiques ont été analysés, et les conclusions dévastatrices s'apprêtent à être publiées en avril dans la prestigieuse revue médicale *The Lancet*. Dix cas qui pourraient être liés à une exposition à l'ESB entre 1982 et 1989. Le comité scientifique nommé par le gouvernement se veut pourtant rassurant : si les contrôles existants ou à venir sont rigoureusement appliqués, le risque de transmission reste très faible.

C'EST LA PANIQUE !

Peine perdue. Un vent de panique se lève. Le directeur général de la santé britannique a beau rappeler, le 25 mars, que la maladie de Creutzfeldt-Jakob reste une affection extrêmement rare, avec moins d'un cas par million de personnes, et déclarer qu'il continue à manger du bœuf, la confusion est extrême, y compris



△ La crise révèle les coulisses de l'élevage industriel : des bovins nourris avec des farines animales non décontaminées... pour limiter les coûts.

chez les scientifiques. Le microbiologiste Richard Lacey prédit que les dix cas seront peut-être bientôt multipliés par mille ; un syndicat d'enseignants britannique demande l'interdiction du bœuf dans les cantines ; tandis que les vétérinaires reconnaissent l'existence de fraudes massives sur le marché de la viande. Le gouvernement est accusé de ne pas avoir pris des mesures à la hauteur des risques.

Les éleveurs britanniques aussi sont inquiets. Si la consommation de bœuf

avait déjà chuté de 25 % en décembre 1995, l'annonce du ministre bloque cette fois les exportations dans le monde entier. Et l'Union européenne impose, le 27 mars, un embargo total. La Grande-Bretagne ne pourra pas faire l'économie d'un abattage massif de plusieurs centaines de milliers de bêtes.

Comment la maladie se transmet-elle à l'homme ? Peut-on la guérir ? Les Britanniques allouent 4,5 millions de livres à la recherche. Cet agent infectieux découvert

en 1982 n'est pas vraiment un virus, mais un prion, une protéine repliée sous une configuration pathogène, capable de dicter aux protéines similaires sa propre configuration délétère, qui s'accumule dans les vacuoles et détruit le neurone. A l'automne 1996, deux études confirmeront le passage de la maladie du bœuf à l'homme. Mais l'hécatombe tant redoutée n'aura pas lieu, l'année 2000 culminant à 28 nouveaux cas. Au total, 230 personnes développeront cette forme nouvelle de Creutzfeldt-Jakob, dont 27 en France.

Cette crise entraînera un long débat sur la sécurité alimentaire et permettra de poser les bases juridiques du principe de précaution. En France, elle débouchera sur la mise en place de l'Institut de veille sanitaire en 1998 et de l'Agence française de sécurité des aliments en 1999. Le risque représenté par l'ESB y sera déclaré officiellement comme "négligeable" en 2015. **E. Monnier**

J.C. MOSCHETTI/REA

SCIENCE&VIE en parlait encore

2000 **CE PRION QUI DÉTRUIT LES NEURONES**

"Prion" : c'est ainsi que l'Américain Stanley Prusiner (Nobel de médecine 1997) a baptisé l'agent infectieux qui s'accumule dans le cerveau, entraînant la mort des neurones.

"Un test a montré que la souche humaine du nouveau variant [de la maladie de Creutzfeldt-Jakob] est bien la même que celle de l'ESB. [...] La souche bovine, d'une virulence nouvelle, a contaminé par voie orale l'homme." **S&V n° 999**



2013 **À LA MERCI D'UNE FRAUDE...**

La Commission européenne approuve le retour des farines animales, sur la base d'arguments scientifiques. Or, "ce n'est pas être injustement suspicieux que d'imaginer que des lots de farines animales mal étiquetées [...] puissent se retrouver dans de mauvaises mangeoires". D'autant qu'au même moment, "des preuves s'accumulaient sur des fraudes massives dans la distribution de la viande de cheval en Europe". **S&V n° 1148**



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



INÉDIT

RETROUVEZ

le MAG de la SCIENCE

SPÉCIAL : AGROÉCOLOGIE,
MIEUX CULTIVER DEMAIN

VENDREDI 4 MARS

À 20H40

Présenté par
Jérôme BONALDI

SUIVI DE

AGRICULTURE DU FUTUR À 21H15

Un film documentaire réalisé
par Isabelle FOUCRIER

SCIENCE & VIE TV

la chaîne pour comprendre

@ScienceetvieTV

www.science-et-vie.tv

DISPONIBLE SUR :

CANALSAT

CANAL 94

B/S

CANAL 35

orange

CANAL 123

free

CANAL 162

SFR

CANAL 206

numericable

CANAL 146

bouygues

CANAL 212

f

Twitter

iOS

PC

YouTube

UNE
CHAÎNE

AB
GROUPE



Innovation
that excites

Zero Emission*

NISSAN, LEADER MONDIAL DES VÉHICULES 100 % ÉLECTRIQUES. REJOIGNEZ LE COURANT.



**NISSAN e-NV200
EVALIA**



NISSAN LEAF



**NISSAN e-NV200
FOURGON**

Leader des ventes de véhicules électriques dans le monde, Nissan a déjà dépassé le cap des 1,7 milliard de kilomètres parcourus avec la Nissan LEAF 100 % électrique. Nissan est aussi l'un des rares constructeurs à vous proposer une gamme complète 100 % électrique avec une berline familiale, un véhicule de transport 7 places et un fourgon.

**RENDEZ-VOUS DÈS MAINTENANT CHEZ VOTRE CONCESSIONNAIRE
POUR LES DÉCOUVRIR ET LES ESSAYER.**

Pour plus d'informations rendez-vous sur nissan.fr/electrique

Innové autrement. Modèles présentés : versions spécifiques. *Zéro émission de CO₂ à l'utilisation, hors pièces d'usure. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 € - RCS Versailles B 699 809 174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron - CS 10213 - 78961 Voisins-le-Bretonneux Cedex.