

Spoutnik
Vinaigre
Robots curieux
Variole
Océans extraterrestres
Rhume
Fleur
Anomalies terrestres
Animaux de cirque
N°1201 - Octobre 2017
SCIENCE&VIE

DIAMANT COSMIQUE **RHUME** ANIMAUX DE CIRQUE GUÉPARD **ASCENSEUR**
CURIOSITÉ ARTIFICIELLE SPOUTNIK **VINAIGRE** OCÉANS EXTRATERRESTRES

SCIENCE&VIE

SCIENCE & VIE

OCTOBRE 2017 N°1201  MONDADORI FRANCE

ANOMALIE
ÉLECTRIQUE

ANOMALIE
MAGNÉTIQUE

ANOMALIE
VOLCANIQUE

ANOMALIE
CLIMATIQUE

ANOMALIE
CHIMIQUE



VARIOLE

LE VIRUS RECRÉÉ
EN LABORATOIRE !

ÉVOLUTION

ON A RETROUVÉ
LA PREMIÈRE FLEUR

ANOMALIES TERRESTRES LES 10 LIEUX QUI DÉFIENT LA SCIENCE

SANTÉ AU TRAVAIL

LE PRIVILÈGE DES CHEFS

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: 8,50 FS - TUN: 9 DTU

M 02578 - 1201 - F: 4,50 € - RD



Imaginez le confort

Imaginez un espace de bien-être vous offrant toute la liberté et la détente dont vous rêvez, où le temps n'a plus de prise sur vous. Passez du rêve à la réalité : venez faire l'expérience dans la zone de confort de votre revendeur Stressless®. Vous y découvrirez toutes les options de confort que seul Stressless® peut vous offrir.

Sélectionner

la taille de votre fauteuil selon votre morphologie, et les coloris de cuirs ou de tissus parmi plus de 160 références.



Fabriqué en Norvège
Depuis 1934



suivez-nous sur
StresslessFrance

Revendeurs et catalogue sur
www.stressless.fr

Choisir

votre option de confort qui répondra au mieux à vos attentes. Les piétements : Classic, Signature, Etoile, ou repose-pied intégré, vous apporteront des sensations de confort différentes et un design varié.



PIÉTEMENT CLASSIC

Le grand confort
Stressless®



THE INNOVATORS OF COMFORT™(1)

S'offrir

un fauteuil ou un canapé qui suit naturellement chacun de vos mouvements en douceur, en toute liberté et en silence.



Bénéficier

d'un confort unique : votre corps tout entier est idéalement soutenu dans toutes les positions grâce au soutien synchronisé de la nuque et des lombaires.



PIÉTEMENT SIGNATURE

La sensation de flotter dans les airs



PIÉTEMENT ÉTOILE

L'alliance du confort et du design



NOUVEAU

Repose-pied intégré

EKORNES®

meilleurtaux.com

C'EST AUSSI



1 000 experts



en agence



sur le web



au téléphone

meilleurtaux.com

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Aucun versement, de quelque nature que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. Pour tout prêt immobilier, l'emprunteur dispose d'un délai de réflexion de 10 jours ; l'achat est subordonné à l'obtention du prêt, s'il n'est pas obtenu, le vendeur doit lui rembourser les sommes versées. Meilleurtaux, 36 rue de Saint-Pétersbourg 75008 Paris, société par actions simplifiée au capital de 1 000 000 €, RCS Paris n°424 264 281, courtier en opérations de banque et services de paiement et intermédiaire en assurance ORIAS n°07 022 955 (www.orias.fr). Liste de nos partenaires consultable sur meilleurtaux.com. Sous le contrôle de l'ACPR, 61 rue Taitbout 75436 Paris Cedex 09, (www.acpr.banque-france.fr).

Vincent
Nouyrigat
v.nouyrigat@
mondadori.fr

La face cachée de la Terre

Les guides de voyage insolites sont devenus, ces dernières années, un phénomène de librairie. A l'image de l'*Atlas Obscura*, qui recense les sites les plus étranges de notre planète : villes fantômes, musées improbables, temples délirants... Mais, en y allant voir de plus près, ces lieux sont souvent plus excentriques qu'étranges. Nous sommes partis, à notre tour, à la recherche des lieux où la nature défie ses propres lois, qu'elles soient géologiques, chimiques, magnétiques ou climatiques. Des lieux qui, depuis parfois plusieurs décennies, excitent la curiosité des scientifiques.



Françoise
de Vaugelas
f.devaugelas@
mondadori.fr

Un délicat mystère

La question était considérée comme un "abominable mystère" par Darwin lui-même : à quoi ressemblait la première fleur, à l'origine de 90 % des espèces végétales d'aujourd'hui ? Quelle était la couleur et le parfum de cette pionnière fantasmagique qui, il y a 140 millions d'années, a résisté aux piétinements des dinosaures et pris le dessus sur les arbres gigantesques du Crétacé ? Des chercheurs viennent de nous en livrer le premier portrait-robot. Retour sur ce moment de grâce dans l'histoire de la vie.

Hommage à Philippe Cousin

Notre rédaction a la tristesse d'apprendre le décès de Philippe Cousin, à l'âge de 94 ans. Son combat acharné contre les pseudo-sciences, sa profonde culture et sa curiosité sans bornes ont largement contribué au succès de *Science & Vie*, dont il fut le rédacteur en chef de 1967 à 1992. Nous adressons un dernier salut à notre éminent confrère et présentons nos sincères condoléances à son épouse Geneviève, à ses enfants et petits-enfants.



Emmanuel
Monnier
e.monnier@
mondadori.fr

L'autre effet de la hiérarchie

Le gouvernement, cet été, n'a pas chômé, réformant par ordonnances le droit du travail. Il est trop tôt pour en dresser le bilan. Notons simplement que l'occasion n'a guère été saisie de revoir l'organisation même du travail. En particulier celle des rapports hiérarchiques. Car les sciences sociales l'ont clairement démontré : la hiérarchie rend malade. Au sens propre. Jusqu'à représenter des années d'espérance de vie en moins. Et, inversement, le simple fait d'être chef protège des maladies cardio-vasculaires ou du diabète. Une telle injustice méritait d'enquêter.

DR



SCIENCE VIE 8, rue François-Cry 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. 133.** 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.

Une enveloppe *L'Express* est jetée sur les exemplaires d'une partie de la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Réabonnement est jeté sur les exemplaires d'une partie de la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Scanner Super 8 est jeté sur les exemplaires de la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Mekong est jeté sur les exemplaires de la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Perse Iran est jeté sur les exemplaires de la diffusion abonnés France Métropolitaine.

10 Forum

Actus

16 Labos

Une petite Pompéi vient de refaire surface à Vienne; des physiciens ont recréé des diamants cosmiques; l'homme a un nouveau cousin...

28 Environnement

Le réchauffement dérègle les périodes de crues; la lumière artificielle entrave la pollinisation nocturne...

32 Médecine

La modification d'embryons humains franchit un cap; la dengue se propage par avion...

38 Technos

Un patch réussit à changer nos gestes en énergie; de la nourriture à base de CO₂...

Événement

44 Spectacles d'animaux sauvages
Le début de la fin?

A la Une

50 Anomalies terrestres
LES 10 LIEUX QUI DÉFIENT
LA SCIENCE54 Le glacier qui refuse de fondre; ici le ciel devient
un gouffre; l'île qui crache sans fin de la boue;
la seule région au monde qui refroidit...

Science & découvertes

72 Botanique
Voici à quoi ressemblait
la première fleur75 Evolution
Guépard: sa vitesse cache
une loi universelle78 Système immunitaire
Rhume, grippe...: notre nez joue
aussi les vaccins82 Planétologie
Système solaire: que d'eau!

Science & techniques

90 Virus
La variole recréée en laboratoire!96 Algorithmes
Et maintenant,
la curiosité artificielle102 Agriculture
Sécheresse: et si le vinaigre était
la solution?

Science & futur

106 L'ascenseur ultime prend son envol; des
navettes électriques circulent déjà sans pilote;
Airbus prépare un super hélicoptère rapide et
économique; le train supersonique Hyperloop
réussit ses essais; une ville-forêt veut
combattre la pollution; des moustiques
stériles à l'assaut des infections; des déchets
vont alimenter le métro; des robots réinventent
l'art de construire une maison...

La science & la vie

Science & société

114 Santé au travail: les chefs se portent mieux
car ils sont chefs118 Saumon transgénique: Le premier animal
OGM débarque dans les assiettes120 Electroménager: les normes écologiques ne
sont pas la priorité des Français

Science & vie pratique

122 Bon à savoir

124 Technofolies

Science & culture

128 Questions/Réponses

134 A voir / à lire

136 Il y a... 60 ans: le jour où les Soviétiques
mirent Spoutnik en orbite

EN MOYENNE
VOUS ALLEZ MONTER ET
DESCENDRE **89 019 FOIS***
VOTRE ESCALIER.
AUTANT BIEN LE CHOISIR.





ALTMANN + PACREAU - Crédit Photo : Bruno Suet. *Étude habitudes des consommateurs sur échantillon représentatif de la population française (1000 répondants de 18-69 ans) - Juillet 2017 - BVA Group. LAPEYRE Société par Actions Simplifiée au capital de 20.000.000 € - RCS Nanterre 542 020 862 - Siège social : Les Miroirs - 18 avenue d'Alsace - La Défense 3 - 92400 Courbevoie

 **LAPEYRE**
LE SAVOIR BIEN FAIRE

Forum

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

L'appendice, premier rempart contre les allergies ?

En une lecture croisée des articles de votre numéro d'août, j'apprends, page 30, que les lymphocytes Th2 jouent un rôle prépondérant dans les réactions allergiques, et, page 58, que l'appendice des jeunes enfants héberge des lymphocytes T "naïfs", éduqués sur place à reconnaître des molécules et micro-organismes présents dans le côlon. Je ne peux pas m'empêcher de faire le lien : est-ce à dire qu'expo-

ser de jeunes enfants à des allergènes par leur alimentation permettrait à leur système immunitaire de limiter les réactions allergiques lors de contacts par la peau ou les voies respiratoires ? Y a-t-il actuellement des recherches en ce sens ?

Benjamin Collin, Bar-le-Duc (55)

SV Votre raisonnement est tout à fait pertinent. Même si le rôle de l'appendice dans l'immunité (et donc dans les réac-



tions allergiques) est loin d'être totalement compris, des chercheurs ont d'ores et déjà eu l'idée d'exposer, via l'alimentation, de jeunes enfants à des allergènes pour limiter les réactions allergiques. Cette idée va à l'encontre des recommanda-

tions actuelles (on conseille aux parents d'éviter les aliments potentiellement allergisants avant 1 an, voire 3 ans). Mais elle a donné des résultats positifs. Résultats dont nous nous faisons d'ailleurs l'écho dans notre numéro de mai 2015.

“ Bravo pour votre dossier sur les liens insoupçonnés entre les organes. Nous avons trop longtemps été aveuglés par le réductionnisme. Comment gérer cette complexité harmonieusement sans de multiples interactions ? ”

Daniel Bradis, La Celle-Saint-Cloud (78)

Recomptez vos virus !

Vous écrivez qu'il y a 10^{35} virus bactériophages ! Ce n'est pas possible : mis bout à bout, ils auraient la taille de l'Univers visible !

Hauke Lageweg, Autun (71)

SV Magistrale erreur en effet ! Le nombre de virus intestinaux est d'environ 10^{15} , sachant qu'il y aurait de 10^{30} à 10^{32} bactériophages sur Terre...

Piste circulaire : un décollage difficile ?



A propos de l'article sur les "pistes rondes" (n° 1198, p. 100), vous notez que la piste circulaire devrait être légèrement inclinée afin de ralentir l'avion à l'atterrissage avec la force centrifuge. Mais, au décollage, l'avion ne sera-t-il pas freiné ?

Franck Baudouin, Lisses (91)

SV Bonne question ! Nous l'avons soumise à Henk Hesselink, un des ingénieurs sur ce projet. "En effet, l'inclinaison de la piste requiert plus d'énergie au décollage. Cela représente une surconsommation d'environ 10 %. Un désavantage qui peut être com-

Le sexe, un organe plein de doigté

Quel plaisir, à la lecture de votre dossier sur la vie secrète du corps humain, de découvrir qu'il existe autant de passerelles insoupçonnées entre nos différents organes ! A ce propos, on entend souvent dire qu'il existerait un lien entre la longueur des doigts de la main et la taille de l'organe génital masculin. Faut-il voir là une simple légende ou un lien méconnu ?

Emmanuel Dulac, Ronchin (59)

SV Si la corrélation précise entre la taille des doigts et du pénis n'est pas établie, il n'en reste pas moins que le sexe et les doigts ont bien des connivences génétiques. En effet, au cours du développement *in utero*, l'apparition du sexe et des doigts du fœtus font entrer en jeu exactement les mêmes gènes. "Le bourgeon génital qui précède l'apparition du sexe pousse exactement comme les doigts, par la pointe, faisant appel aux mêmes facteurs de croissance, aux mêmes voies de signalisation", explique

Denis Duboule, du département de Génétique et évolution à l'université de Genève. *Et ce développement est contrôlé par les mêmes gènes, appelés Hox. D'ailleurs, les personnes qui présentent des anomalies de formation des doigts présentent souvent des problèmes au niveau de leur appareil génital*", clarifie-t-il. Ce n'est qu'une fois que la production d'hormones se met en marche que le pénis pousse chez les garçons et que le bourgeon génital se transforme en lèvres et clitoris chez les filles.

Si ces membres font preuve d'une telle connivence génétique, partagent-ils également des fonctions ? "Nous n'en savons encore rien, mais c'est bien possible. La relation entre les deux pourrait être plus ténue qu'on ne l'imagine", confie Denis Duboule. Autre observation amusante : en dehors de la langue, les doigts et le sexe sont aussi les deux parties du corps les plus douées de sensibilité. Et cela non plus n'aurait rien d'un hasard.

pensé par la réduction de la distance "taxi" [pour garer l'avion au pied du terminal aéroportuaire, ndlr] et en prenant un chemin plus court entre la piste au sol et la voie aérienne."

L'inclinaison présente aussi un avantage au décollage. L'avion commence sa manœuvre au centre de la piste, où la surface est encore plane. Lorsqu'il accé-

lère, en raison des forces centrifuges, il aura tendance à aller droit et risque de manquer le virage. "Avec l'inclinaison de la piste, cela n'arrivera pas. L'avion se déplacera automatiquement sur la piste, sans que le pilote impose la direction, rendant le décollage plus facile", explique l'ingénieur. L'inclinaison simplifie donc atterrissage et décollage !

On en reparle



L'EUROPE S'INTÉRESSE ENFIN AU RÉACTEUR AU THORIUM

Un autre nucléaire est possible... Quelques mois après la catastrophe de Fukushima, *Science & Vie* consacrait son dossier (n°1130) à une alternative aux actuels réacteurs à uranium. Un combustible, faut-il le rappeler, inégalement réparti à la surface de la Terre, générateur de déchets très toxiques après irradiation, et prompt à s'emballer à la moindre panne du système de refroidissement. La solution ? Le réacteur au thorium baignant dans un liquide de sels fondus. Le thorium est très abondant, les rebuts qu'il génère sont plus facilement manipulables, et ce combustible liquide, qui évolue à pression ambiante, a la faculté de se refroidir facilement en cas d'incident.

Et pourtant, cette technologie a été complètement délaissée : les derniers tests d'un tel réacteur ont été réalisés dans les laboratoires américains d'Oak Ridge en 1973.

Mais l'histoire vient enfin de rebondir ! L'institut de recherche néerlandais NRG a lancé, en août, une grande série d'expériences autour d'un prototype inédit de réacteur au thorium. Dans le but d'éprouver, notamment, la résistance des matériaux soumis à des conditions ultra-corrosives. Un premier pas en direction d'une autre forme d'énergie nucléaire, sur laquelle planchent également aujourd'hui la Chine, l'Inde, l'Indonésie et plusieurs start-up américaines.

Vincent Nouyrigat



DS AUTOMOBILES

SPIRIT OF
AVANT-GARDE

DS 3 CONNECTED CHIC *Edition Limitée*

Navigation écran tactile 7"

Pack détection avec caméra de recul

DS Connect Box avec SOS et assistance inclus

Mirror Screen⁽¹⁾ avec MirrorLink® et Apple CarPlay™

COLLECTION AUTOMNE - HIVER 2017



DS AUTOMOBILES REPREND VOTRE VÉHICULE **3 000 €⁽²⁾** AU-DESSUS DE SA VALEUR.

DS préfère TOTAL

DSautomobiles.fr

Spirit of avant-garde = L'esprit d'avant-garde.

(1) Nécessite un téléphone compatible. (2) 3000 € TTC, composés d'une remise de 1500 € sur le tarif DS conseillé au 4 septembre 2017 et d'une aide reprise DS de 1500 € sous condition de reprise d'un véhicule (quel que soit son âge), ajoutés à la valeur de reprise de votre ancien véhicule, pour l'achat d'une DS 3 Connected Chic neuve. La valeur de reprise est calculée en fonction du cours de l'Argus, selon les conditions générales de l'Argus disponibles sur largus.fr, déduction faite d'un abattement de 15 % pour frais et charges professionnels et des éventuels frais de remise en état standard. Offre réservée aux particuliers, non cumulable, valable jusqu'au 31/10/2017 dans le réseau Citroën/DS participant.

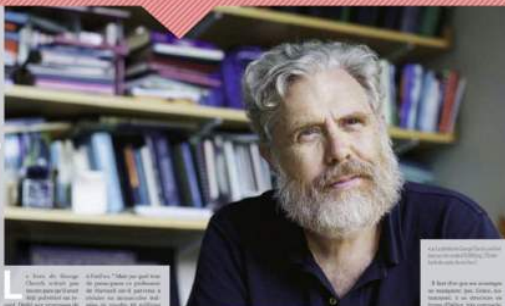
CONSUMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE CO₂ DE DS 3 : DE 3,0 À 5,6 L/100 KM ET DE 79 À 129 G/KM. Automobiles Citroën RCS Paris 642050 199

On en reparle

"J'AI STOCKÉ UN LIVRE SUR DE L'ADN"



300 pages codées sur un minuscule lot d'ADN, on découvre ce projet, le généticien George Church vient de faire entrer le stockage des données dans une nouvelle dimension. Le début de la fin des DVD ?



Le Dr. George Church, chercheur au MIT, a récemment annoncé qu'il avait réussi à stocker un livre entier sur de l'ADN. Ce projet, baptisé "J'ai stocké un livre sur de l'ADN", consiste à encoder l'information contenue dans un livre sur une séquence d'ADN. Le Dr. Church a utilisé une technique appelée CRISPR-Cas pour insérer des séquences d'ADN dans une bactérie. Ces séquences d'ADN contiennent l'information du livre, encodée sous forme de lettres (A, T, C, G). Le Dr. Church a réussi à stocker un livre entier sur de l'ADN, ce qui est une avancée majeure dans le domaine du stockage de données.

LE PREMIER FILM ENREGISTRÉ SUR ADN

"J'ai stocké un livre sur de l'ADN", se réjouissait en décembre 2012 George Church, dans nos pages (S&V n°1143). C'est maintenant une vidéo numérique que l'équipe du généticien américain a stockée sur cette molécule élaborée par la vie pour être le support de l'information génétique. Et pas n'importe laquelle : l'une des premières vidéos de l'histoire, une "chronophotographie" représentant un cheval au galop. Il a été encodé dans l'ADN d'une bactérie vivante.

En utilisant le nouvel outil génétique baptisé CRISPR-Cas, des sortes de ciseaux moléculaires à découper l'ADN, le neuroscientifique Seth Shipman et ses collègues de l'université Harvard (Etats-Unis) sont parvenus à encoder dans l'ADN de la bactérie intestinale *Escherichia coli* cette séquence de cinq photos décomposant le galop du cheval.

Petit hic : le stockage de cette vidéo, somme toute primitive, a quand même nécessité... plusieurs jours. Avec une telle lenteur, l'ADN n'a pas de quoi inquiéter les fabricants de CD, DVD et autres Blu-ray et disques durs. Du moins pour l'instant... Car à l'avenir, il n'est pas exclu qu'à la faveur des progrès techniques, les méthodes de séquençage génétique gagnent en rapidité. Alors, la phénoménale densité d'archivage de ces brins d'ADN d'un milliardième de gramme pourrait reléguer les supports actuels au rang d'antiquités.

Kheira Bettayeb

Diabète : quelles pistes pour les patients "maigres" ?



Je voulais tout d'abord vous remercier pour votre intéressant article, "Guérir du diabète : les trois pistes". Cependant, votre article ne citant que des exemples de patients obèses, je m'interroge sur les moyens d'appliquer la piste chirurgicale et celle du régime aux patients atteints de diabète maigres, ou du moins dont le poids n'est pas excessif : en effet, utiliser ces solutions drastiques ne les mettrait-il pas en danger en raison d'une sous-nutrition ?

Thomas Arkwright, Paris 16^e

S&V Vous avez raison, la chirurgie bariatrique n'est pas sans risque : plusieurs études ont clairement montré que l'intervention peut provoquer des carences en vitamines et minéraux, ainsi que diverses complications chirurgicales (hernie interne, ulcère, occlusions...). Pour cette raison, la Haute Autorité de santé ne recommande l'opération qu'aux patients

adultes présentant une obésité importante, c'est-à-dire un indice de masse corporelle (IMC) supérieur à 40 ou à 35, si elle est accompagnée d'une comorbidité (diabète, hypertension, etc.). Elle n'est donc pas recommandée aux diabétiques non obèses.

Même chose pour les diètes extrêmes, qui présentent également des risques nutritionnels potentiellement graves.

Néanmoins, de plus en plus de spécialistes s'interrogent sur la pertinence de l'IMC : pour certains, ce n'est pas tant le surpoids qui provoque diabète et maladies cardiovasculaires, que l'excès de graisse abdominale, y compris chez des personnes "maigres". Or, cet excès de graisse localisé dans la zone abdominale pourrait, théoriquement, être purgé par la chirurgie et les régimes, améliorant ainsi l'état de santé des diabétiques "maigres". Si l'hypothèse est avancée, il n'y a pas eu, pour l'heure, d'étude clinique qui permette de la valider.

SCIENCE & VIE
LA BOUTIQUE
Livres & cadeaux scientifiques et insolites

Nouvelle boutique en ligne !

+ de
600

✓ Livres
✓ Objets scientifiques
✓ Idées cadeaux

Rendez-vous vite sur : boutique.science-et-vie.com

Mitsubishi OUTLANDER PHEV



Technologie
Grandeur Nature

Jusqu'à 54 km d'autonomie en 100 % électrique

Émissions de CO₂ : 41 g/km

Consommation normalisée : 1,7 L/100 km



GAMME OUTLANDER PHEV

À PARTIR DE

34 900 €⁽¹⁾



(1) Prix du Mitsubishi Outlander Hybride Rechargeable Intense, déduction faite d'une remise de 4 000 € et de 1 000 € de bonus écologique en vigueur. **Modèle présenté :** Mitsubishi Outlander Hybride Rechargeable Intense Style avec peinture métallisée en supplément (610 €) à **39 510 €**, déduction faite d'une remise de 4 000 €, et 1 000 € de bonus écologique en vigueur. Tarifs Mitsubishi Motors maximum autorisés en vigueur en France métropolitaine au 03/01/2017. Offre réservée aux particuliers valable jusqu'au 31/10/2017 et non cumulable avec d'autres offres en cours chez les distributeurs participants. Garantie et assistance : limitées à 5 ans/100 000 km, au 1^{er} des 2 termes échu, selon conditions générales de vente. M MOTORS AUTOMOBILES FRANCE SAS au capital de 10 000 000 € - RCS PONTOISE n° 428 635 056 - 1, avenue du Fief - 95067 Cergy Pontoise Cedex.
Consommation normalisée Outlander Hybride Rechargeable (L/100 km) : 1,7. Émissions CO₂ (g/km) : 41.

www.mitsubishi-motors.fr

Retrouvez-nous sur facebook

MMAF recommande **MOTUL**

ADREYS Crédits photos : gettyimages - Pierre Mahieu

Dans les kiosques

LA VRAIE VIE D'ASTÉRIX EN 100 QUESTIONS

Plus jeunes, nous adorions les bastons et le spectacle des Romains déconffits. Nous rêvions de potion magique et de joyeux banquets... Pour la sortie du nouvel album, nous avons relu les anciens. Et c'est avec délices que nous avons goûté aux allusions géopolitiques bien senties et aux anachronismes hardis. Bien sûr que les Gaulois n'ont jamais taillé de menhirs, et alors ? *Questions Réponses Hors-série*, 5,90 €



LE GUIDE DU VIN

Pourquoi préfère-t-on tel ou tel vin ? D'où vient le petit goût de pamplemousse du sauvignon ? Comment sauver un vin bouchonné ? Et est-ce si sûr "qu'un verre, ça va, mais trois verres, bonjour les dégâts" ? Alors que les vendanges sont terminées, voici un guide pour vous accompagner dans vos dégustations. *Science & Vie Questions Réponses*, 4,50 €



LE TOUR COMPLET DE NOTRE MONDE

Depuis l'arrivée de la sonde *New Horizons* sur Pluton en 2015, le tour du système solaire est symboliquement bouclé. Mercure, Vénus, Jupiter, Saturne... Les sondes de ces dernières années ont livré, astre après astre, leur lot de fabuleuses images. Il était temps de prendre du recul et d'admirer le système solaire tel qu'on le voit aujourd'hui. *Science & Vie Hors-série*, 5,50 €



SCIENCE & VIE

Une publication du groupe



RÉDACTION

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

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Mathieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT

Grégoire Boullier (chef d'édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE

Valérie Greffoz (rédactrice en chef déléguée du site internet), Vincent Nouyrigat, Caroline Tourbe (médecine)

CHEFS DE RUBRIQUE

Mathilde Fontez (sciences fondamentales), Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Thomas Cavaillé-Fol, Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Anne Riera

MAQUETTISTES

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

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Anne Levy (chef de service photo), Stéphane Aubin, Boris Bellanger (chef de service infographie)

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, K. Bettayeb, P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois, S. Brunier, F. Cadu, S. Ceugniet, A. Dagan, A. Debroise, O. Delmas, S. Devos, G. Depambour, O. Donnars, L. Drevet, S. Fay, F. Gracci, M. Grousson, C. Hancock, R. Ikonicoff, M. Kontente, V. Marmont, C. Martin, E. Monnier, B. Perrin, N. Picard, A. Pihen, H. Rambert, B. Rey, Y. Sciamia, G. Siméon, M. Spée, E. Thierry-Aymé, F. de Vaugelas, A. Vernet, J.-B. Veyrieras

DIRECTION-ÉDITION

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

CHRISTOPHE RUET

ABONNEMENTS

Catherine Grimaud (directrice marketing direct), Juliette Mesnil (responsable marketing direct)

VENTES AU NUMÉRO

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

BOUTIQUE ET VPC

Sandrine Tiffreau (directrice vente à distance), Arnaud Henaff (responsable marché)

MARKETING/INTERNATIONAL

Gilliane Douls, Mathilde Janier-Bonnichon, Michèle Guillet

PUBLICITÉ

DIRECTEUR EXÉCUTIF

Valérie Camy

CONTACTS PUBLICITÉ

Virginie Commun (50 28), Lionel Dufour (50 19)

PLANNING Angélique Consoli (53 52),
Stéphanie Guillard (53 50)
TRAFFIC Stéphane Durand (53 12)

OPÉRATIONS SPÉCIALES

Jean-Jacques Benezech (19 83)
Grande-Bretagne : Publieurope LTD
(infododon@publieurope.com -
44 (0)20 7927 9800);
Allemagne : Publieurope Munich
(infomunich@publieurope.com
0049 89 2908150);
Suisse : Publieurope Lausanne
(infolausanne@publieurope.com
0041 21 323 3110);
Espagne : Publimedia Madrid
(infomadrid@publim-gestion.es
0034 91 212 83 00)

FABRICATION

Daniel Rougier, Agnès Châtelet

PRÉ-PRESSE

Sylvain Boularand (responsable de service)
Christophe Guérin (adjoint)

FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneskis

ÉDITEUR

MONDADORI MAGAZINES FRANCE

Siège social : 8, rue François-Ory
92543 Montrouge Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Carmine Perna

ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : ELCOGRAF - ITALIE

N° ISSN : 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITAIRE :

1020 K 79977. Tarif d'abonnement légal :

1 an, 12 numéros : 44,80 €

1 an, 12 numéros + 6 HS : 64,80 €

Dépôt légal : octobre 2017

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par téléphone : 01 46 48 48 96

Par courrier :

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE,

CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

Pour vous abonner par internet :

www.kiosquemag.com

Etats-Unis et Canada : Express Mag,

Tél. : 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse : Edigroup, 022 860 84 50

mondadori-suisse@edigroup.ch.

Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304

mondadori-belgique@edigroup.be

Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

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

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS

Par courrier :

8, rue François-Ory,

92543 Montrouge Cedex

Par mail : sev.lecteurs@mondadori.fr

mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES ET VPC

Tel : 01 46 48 48 83

Contact@

laboutiquescienceetvie.com

AFFICHAGE ENVIRONNEMENTAL

Origine du papier : Allemagne.


Taux de fibres recyclées : 0 %.

Certification : PEFC. Impact sur l'eau :

Ptot 0,016 kg/tonne



actus



^v Quinze tableaux dédiés à Bacchus composent la mosaïque de la salle à manger de la Maison des bacchantes. Au centre, le dieu du vin et de la fête abreuve sa panthère sous un cep de vigne (I^{er} s.).





Vienne

ARCHÉOLOGIE

UNE PETITE POMPÉI VIENT DE REFAIRE SURFACE À VIENNE

Un quartier entier de la Vienne gallo-romaine est apparu lors de fouilles préalables à la construction d'immeubles dans la commune de Sainte-Colombe (Rhône). *"C'est l'une des plus grandes découvertes archéologiques de ce début de siècle en Gaule"*, assure Benjamin Clément, archéologue pour la société Archeodunum et responsable

des fouilles. Le superlatif n'est pas de trop : le site de 7 000 m² est particulièrement bien préservé, alors qu'il a été ravagé par deux incendies, à la fin du I^{er} s. et au début du III^e s.

"Les habitants ont laissé beaucoup d'objets ! Et plutôt que de déblayer les structures effondrées, ils ont reconstruit par-dessus", explique l'archéo-

logue. D'où le surnom de cette cité "figée" par les flammes : "la petite Pompéi viennoise".

Toute une partie était très commerçante, notamment "le long de la Voie narbonnaise, qui reliait Lyon à Arles, situe Benjamin Clément. *Ils s'y trouvait des immeubles, comme aujourd'hui, avec commerces au rez-de-chaussée*

et appartements au-dessus. Nous y avons découvert un coffre avec tout le barda d'un soldat." Des demeures aristocratiques complètent le tableau, comme celle "des bacchantes" et sa mosaïque composée de quinze tableaux (photo ci-dessus).

Le site, à peine déterré, sera recouvert d'un quartier neuf une fois encore... Mais sans ses trésors ! T.C.-F.

PHYSICO-CHIMIE

DES PHYSICIENS ONT RECRÉÉ DES DIAMANTS COSMIQUES

En théorie, la pression et la température à l'intérieur des planètes géantes comme Neptune et Uranus sont si élevées que des diamants pourraient y naître. Des physico-chimistes allemands et américains ont voulu le vérifier... A l'intérieur de l'instrument MEC (Matter in Extreme Conditions) de l'université Stanford (Etats-Unis), ils ont bombardé au laser du polystyrène, un polymère composé de carbone (C) et d'hydrogène (H).

En effet, selon les modèles géologiques, la matière première de ces diamants est le méthane (CH_4) qui, abondant dans l'atmosphère de ces planètes, serait dépouillé de son hydrogène dans les zones plus profondes, donnant alors du carbone pur, à l'état de diamant. Grâce à la puissance du laser du MEC, l'équipe a reproduit les conditions qui règnent à 10 000 km sous la surface des géantes : une pression de 150 GPa et une température

de 5 000 °C. Résultat : l'analyse des rayons X dégagés par le choc du laser sur le polystyrène a confirmé la formation de nanocristaux de diamant ! *"Ces données expérimentales sont essentielles, salue Hélène Bureau, de l'IMPMC de Paris. Elles vont nous permettre de mieux comprendre la géologie et la formation de ces planètes."* Dans la réalité, les diamants pourraient peser jusqu'à des centaines de kilos... **A.D.**

^ Le MEC reproduit les conditions de pression et de température qui règnent au sein des planètes géantes.

PALÉONTOLOGIE

Les dodos s'aimaient en août

Le dodo a disparu de l'île Maurice au XVII^e s. Mais l'analyse, par des Sud-africains et Britanniques, des os de ce parent des pigeons devenu emblématique des extinctions causées par l'homme, lui redonne une certaine actualité. Sur ces os, les marques de leur croissance révèlent que les petits, nés en septembre, grandissaient très vite pour pouvoir supporter les restrictions de l'été austral (novembre-mars). Puis ils mueaient, et renouveau leur plumage en juillet. Prêts pour la saison des amours, en août ! **A.D.**

ANTHROPOLOGIE

L'homme a un nouveau cousin

Le lac Turkana, au Kenya, regorge de fossiles de la lignée humaine, apparue il y a 7 millions d'années. Mais la récente découverte d'un crâne de singe de 13 millions d'années y est exceptionnelle ! Il a été classé dans le genre *Nyanzapithecus*, "le groupe le plus proche de celui qui a donné naissance aux gibbons et aux grands singes, donc à l'humain", précise Isaiah Nengo, auteur de l'analyse publiée par *Nature*. La divergence aurait eu lieu il y a 30 millions d'années dans l'Est africain. **T.C.-F.**

✓ Ce crâne, pas plus gros qu'un citron, a 13 millions d'années.





Sandra Rey

Et la lumière fut !

– Avec Glowee, la designer Sandra Rey révolutionne la lumière en la produisant à partir de biomasse vivante. Et prouve ainsi que l'innovation technologique est encore plus belle quand elle naît du design.

Parlez nous de votre projet !

Chez Glowee, nous développons un système de lumière écologique qui fonctionne grâce à un phénomène naturel appelé "bioluminescence". Beaucoup d'organismes vivants l'utilisent, notamment des organismes marins. Il permet de produire de la lumière sans électricité.

Comment cette idée vous est-elle venue ?

Quand j'étais étudiante en design, j'ai vu un reportage sur les poissons des abysses capables de produire de la lumière. Je me suis dit que c'était peut-être la solution aux problèmes à la fois écologiques et économiques de l'éclairage urbain.

J'ai voulu transformer cette lumière naturelle en véritable source d'éclairage pour nos villes.

Quelle est la force du design dans un projet si technologique ?

Ça pousse à réfléchir différemment et à amener des solutions qu'un scientifique n'aurait pas nécessairement trouvées de manière évidente. Cette pluridisciplinarité est indispensable pour toujours remettre en question notre travail, ce qui est la base du métier de designer.



Qu'avez-vous pensé de l'expérience smart electric drive ?

En conduisant une petite voiture, de surcroît électrique, je m'attendais à un ressenti de fragilité et de manque de puissance. En fait, c'est tout le contraire ! Cette voiture offre une conduite très agréable, une bonne tenue de route, et surtout, elle est très puissante. C'est très agréable, même sur autoroute. J'ai vraiment été surprise !



Que dites vous à ceux qui pensent que l'autonomie peut être une contrainte ?

Je fais beaucoup de kilomètres quotidiennement, alors la question se pose, mais l'avantage, c'est qu'il suffit d'une prise électrique pour recharger la voiture. Je n'ai pas la chance d'avoir des locaux équipés d'un chargeur rapide, mais il m'a suffi de tirer une prise depuis mon bureau pour recharger la voiture en journée et repartir le soir sans problème !

La smart electric drive a-t-elle changé votre vision des villes de demain ?

Il va forcément falloir plus d'infrastructures pour adapter cette ville de demain aux nouveaux modes de mobilité et de consommation. Ça m'a permis de me rendre compte de tout le travail qui nous attend encore !



△ La zone en vert de cet hippocampe est celle qui permet le "replay" des souvenirs.

NEUROSCIENCES

DEUX CIRCUITS DISTINCTS TRAITENT LES SOUVENIRS

Mémoriser fait appel à un circuit neuronal bien connu des scientifiques. Le souvenir est encodé dans une partie de l'hippocampe appelée CA1. Puis il est envoyé vers le cortex entorhinal. Pour rappeler ce souvenir, les neurobiologistes pensaient que le cerveau réactivait le même chemin. Pas du tout, avancent des neuroscientifiques du Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ils ont étudié le comportement de souris conditionnées pour avoir peur dans une cage spécifique: elles angoissaient chaque fois qu'elles s'y retrouvaient. Puis les scien-

tifiques ont inhibé génétiquement les neurones d'une partie de l'hippocampe, le subiculum, avant de remettre les souris dans la cage. Résultat: elles étaient bien moins craintives. Le souvenir de leur peur avait été altéré. Le subiculum est donc nécessaire au rappel du souvenir, alors qu'il ne l'est pas à sa formation.

Pourquoi deux circuits distincts? *"Cela permet à la fois de se remémorer un souvenir et d'encoder de nouvelles informations,* avance Dheeraj Roy, l'un des auteurs de ces travaux. *Une sorte de mise à jour de notre mémoire."* **O.D.**

COSMOLOGIE

Une double planète errante a été découverte

Contrairement à ce qu'on croyait, 2MASS J11193254-1137466 est une double planète errante! C'est ce qu'a découvert William Best, à Hawaï, grâce au télescope Keck II. Les deux planètes, de 3,9 fois la masse de Jupiter, orbitent l'une autour de l'autre, loin de toute étoile. Pourtant, selon la théorie, elles n'auraient pu se former hors du champ gravitationnel d'une étoile. Seroient-elles des naines brunes? Les plus petites jamais observées, alors. **B.R.**

ÉVOLUTION

Ce lézard s'est adapté au grand froid en un hiver

L'hiver 2013-2014 a été très rude dans le sud des États-Unis: 8 à 11 °C de moins que la moyenne. Des conditions qui ont été mortelles pour l'anoïe vert (*Anolis carolinensis*), un lézard de la région. Mais chez les survivants, des chercheurs américains ont déjà pu relever les effets de la sélection naturelle à trois niveaux: sur l'organisme (plus tolérant au froid), sur l'expression des gènes (plus proche de celle des populations du nord, confrontées à des froids intenses), et sur la séquence génétique elle-même (14 régions du génome changées). Grâce à ces modifications, les anoïes verts sont parés pour affronter un autre épisode de froid. **M.S.**



Elle a encore plus d'arguments à l'intérieur.



Nouvelle Arteon.

Belle oui, mais aussi connectée, grâce à son système multimédia qui se commande d'un seul geste sans même toucher l'écran et qui vous permet de contrôler les applications de votre smartphone. Connectée oui, mais aussi confortable avec ses sièges massants ventilés, son grand espace intérieur et son coffre spacieux. Décidément, elle n'a pas fini de vous surprendre*.



Volkswagen

Demain démarre aujourd'hui.

Volkswagen recommande **Castrol EDGE Professional**

Volkswagen Group France - s.a. - R.C.S. Soissons B 602 025 538

Modèle présenté : Nouvelle Arteon R-Line 2.0 TSI 150 DSG7 avec options peinture métallisée 'Jaune Curcuma', jantes 20" 'Rosario' Graphite Mat, toit ouvrant panoramique et pack 'Traffic & Security Assist'. * Technologies de série ou en option.

Cycle mixte (kWh/100km) : 4,5. Rejets de CO₂ (g/km) : 116.

Professionnels, découvrez nos offres spécifiques pour ce modèle sur volkswagen.fr/professionnels



^ Antarès a été photographiée par trois télescopes en réseau.

ASTROPHYSIQUE

VOICI LE PORTRAIT LE PLUS PRÉCIS D'UNE ÉTOILE

A 550 années-lumière de la Terre, Antarès est l'étoile la plus brillante de la constellation du Serpent. Elle est 700 fois plus grande que notre Soleil qui, en comparaison, aurait à peine la taille d'un pixel sur cette image ! Une image en infrarouge qu'a prise l'équipe de Keiichi Ohnaka, à l'Université catholique du nord, au Chili, en mettant en réseau

trois télescopes du Very Large Telescope. C'est à ce jour l'image la plus précise d'une étoile – autre que le Soleil, bien entendu. Elle révèle des zones sombres de basse température, des zones claires où apparaissent les couches internes plus chaudes de l'étoile, et même l'atmosphère de la géante, qui apparaît comme un léger halo orangé. **B.R.**

- 270 000 ans

C'est, au minimum, la date du premier accouplement entre *Homo sapiens*, notre espèce, et l'homme de Néandertal. L'ADN mitochondrial des Néandertaliens tardifs est en effet issu de celui de Sapiens, et l'analyse de leurs différences, qui dépendent du taux de mutation de l'ADN et donc du temps, a permis de révéler l'âge de cette première rencontre. Notre espèce serait donc sortie d'Afrique pour se mêler à l'autre humanité 150 000 ans plus tôt que précédemment admis, pour le moins. **T.C.-F.**



En fait, le whisky est meilleur dilué avec de l'eau

Allonger son scotch n'est pas une hérésie ! Une paire de joyeux chimistes de l'université de Kalmar (Suède) vient de le démontrer... à jeun. Björn Karlsson et Ran Friedman ont modélisé le mélange d'eau, d'alcool, et d'une des molécules porteuses de la saveur du scotch écossais, le gaïacol.

Naturellement, l'eau et l'éthanol se mélangent mal. La molécule d'éthanol possède en effet une tête hydrophile et une queue hydrophobe (il est "amphiphile", si, si). En petite quantité dans l'eau, il s'installe à la surface, la tête dans l'eau et la queue dans l'air. Or, le gaïacol (comme la plupart des molécules responsables du goût) est aussi amphiphile, avec une forte affinité pour l'éthanol.

La simulation des chimistes montre que quand l'éthanol est majoritaire, il entraîne le gaïacol vers le cœur du liquide. Mais lorsque le breuvage passe sous les 45°, il l'entraîne à la surface. *"Depuis la surface, les molécules odorantes s'évaporent et se fixent sur les récepteurs du nez, précise Loïc Briand, du Centre des sciences du goût et de l'alimentation à Dijon. Ce mécanisme olfactif participe à la sensation du goût."* Sensation qui serait donc renforcée par la dilution. A tester... avec modération ! **A.D.**

À la CASDEN, le collectif est notre moteur !

À la CASDEN, la mise en commun de l'épargne de tous permet à chacun de réaliser son projet aux meilleures conditions. Un modèle bancaire unique qui rassemble déjà plus d'1,5 million de Sociétaires. . .

Fonctionnaires, cette offre vous est réservée !



L'offre CASDEN est disponible
dans les Délégations Départementales CASDEN
et les agences Banques Populaires.

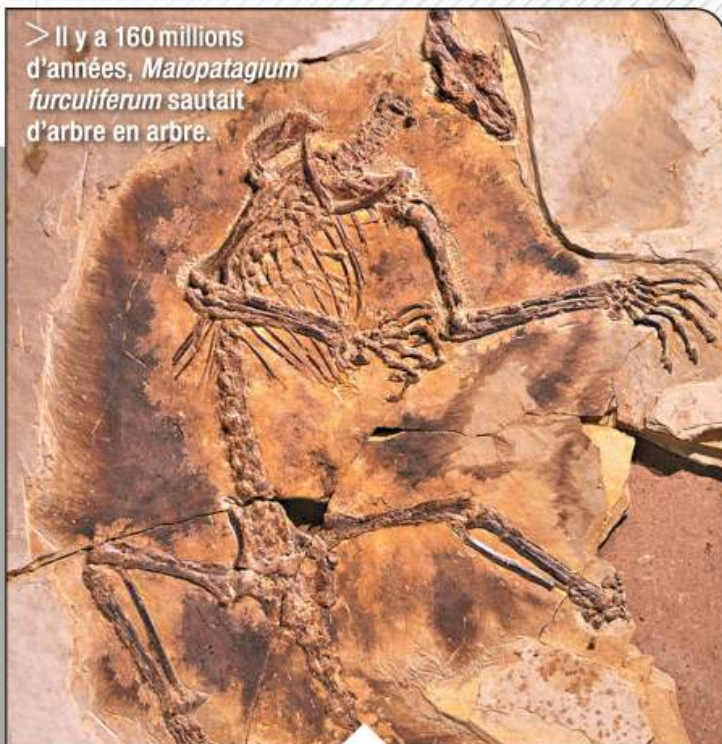
Rendez-vous également sur casden.fr

Suivez-nous sur [f](#) [t](#) [in](#) [v](#)



CASDEN, la banque coopérative de toute la Fonction publique

> Il y a 160 millions d'années, *Maiopatagium furculiferum* sautait d'arbre en arbre.



PALÉONTOLOGIE

DES ANIMAUX PLANAIENT DÉJÀ AU JURASSIQUE

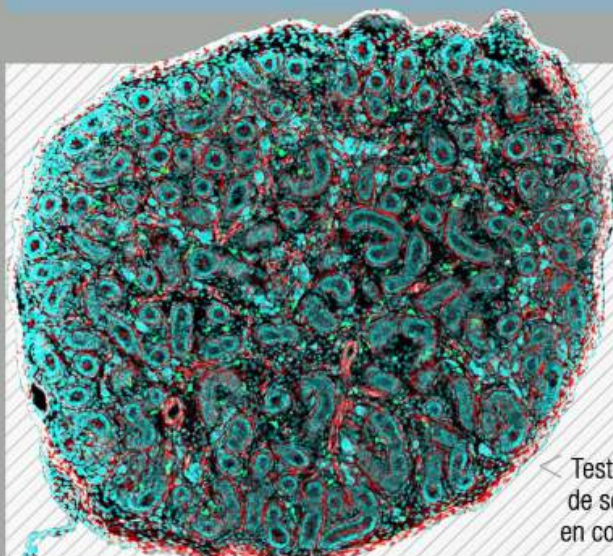
Maiopatagium furculiferum et *Vilevolodon diplomylos*. Ce sont les noms de deux petits mammifères vieux de 160 millions d'années. Leur particularité ? Ils étaient capables de planer, en se jetant d'arbre en arbre. Et cela, 100 millions d'années environ avant les plus anciens planeurs connus. Leurs fossiles, de 23 et 8 cm de longueur, ont été découverts par des chercheurs chinois et américains, au nord-est de Pékin. "Ces dernières années, nous avons trouvé plusieurs fossiles qui montraient que les mammifères vivant au Jurassique étaient écologiquement diversifiés. Mais

la découverte de ces deux spécimens est une belle surprise qui vient conforter cette idée", raconte Zhe-Xi Luo, professeur de biologie et d'anatomie à l'université de Chicago, et l'un des auteurs des deux études parues dans *Nature*. "Ils possédaient des membranes de peau attachées aux poignets et aux chevilles, et leurs os des jambes étaient allongés et gracieux", précise le chercheur. Cette aptitude à planer était sans doute un sérieux atout à une époque où les dinosaures dominaient les écosystèmes. Cela leur permettait de trouver des aliments inaccessibles aux animaux terrestres. **M.S.**

LINGUISTIQUE

Les dialectes se diffusent comme les bulles

Comment se répartissent les dialectes sur un territoire ? Pour répondre à cette interrogation de linguiste, un mathématicien britannique s'est inspiré de la physique statistique. Selon son modèle, les aires d'influence des dialectes croissent comme des bulles à partir d'un foyer urbain. Des petites bulles dialectales peuvent fusionner pour en donner une plus grosse. Et une forte densité de population favorise la croissance des bulles, qui se trouve toutefois freinée par les frontières naturelles. **A.D.**



Testicule de souris en coupe.

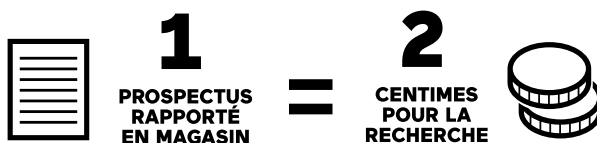
IMMUNOLOGIE

Les testicules sont bien armés pour protéger le sperme

Au Centre d'immunologie Marseille-Luminy, l'équipe de Michael Sieweke a peut-être trouvé à quoi servent les macrophages – cellules de l'immunité – dans les testicules. Plus précisément, les macrophages autour des tubes séminifères, lieu de production des spermatozoïdes. Provenant de la moelle osseuse, ils apparaissent dans les testicules de souris deux semaines après la naissance, quand le sperme commence à être produit... et donc après la mise en place du système immunitaire. Ce dernier risquant de prendre le sperme pour un agresseur, les macrophages seraient là pour contrecarrer la riposte. **C.H.**



**C'est prouvé, vous pouvez faire
avancer la recherche médicale
avec de simples prospectus.**



Pour cela, il vous suffit de faire scanner vos prospectus en magasin à partir du 10 octobre.
En plus de les recycler, E.Leclerc reversera la somme collectée à la Fondation pour la Recherche sur Alzheimer.

Destiné aux porteurs de la carte de fidélité, limité à 3 prospectus E.Leclerc par carte et par semaine.
Voir modalités sur le site www.prospectusutiles.leclerc



< La galaxie méduse J0204 traîne ses longs tentacules (en rouge).

COSMOLOGIE

LES GALAXIES MÉDUSES LIVRENT LEUR SECRET

Elles sont parmi les plus belles des galaxies. Leur gaz s'échappe dans l'espace, formant de longs tentacules, auxquels elles doivent leur surnom de "galaxies méduses". En les observant avec le Very Large Telescope, au Chili, Bianca Poggianti, de l'Observatoire astronomique de Padoue (Italie), a découvert qu'elles possèdent aussi un cœur très brillant, dû à de la matière chauffée à blanc par un trou noir supermassif. *"Cette extrême brillance du cœur signifie que la matière, en son centre, a été perturbée par quelque chose, et qu'elle tombe sur le trou noir cen-*

tral en spiralant." Pour la chercheuse, l'explication se trouve dans le passage de la galaxie méduse à travers une zone de gaz intergalactique. C'est à cause de cette traversée que les tentacules se déploient tous dans la même direction, celle opposée au mouvement... *"De la même manière, ce gaz extérieur est venu pousser la matière et la forcer à tomber sur le trou noir central, et à s'allumer"*, explique la chercheuse. Un mécanisme d'allumage des trous noirs supermassifs qu'elle compte préciser en étudiant 107 autres galaxies, sur les 400 galaxies méduses connues à ce jour. **B.R.**

LE CŒUR DU SOLEIL TOURNE PLUS VITE QUE SA SURFACE

Quatre fois plus vite ! Il fait un tour sur lui-même en une semaine pile. L'équipe d'Eric Fossat, à Nice, a décelé cette rotation dans les ondes acoustiques émises au cœur de notre étoile et qui parcourent 500 000 km vers la surface. **B.R.**

UN CYGNE NOIR GÉANT A DISPARU AU XVII^e SIÈCLE

Des paléontologues ont découvert qu'il existait, en Nouvelle-Zélande, une espèce de cygne noir très grande. Sa disparition est due à l'arrivée de l'homme. **V.G.**

DE LA NEIGE SUR MARS

On pensait que les flocons qui se détachent des nuages martiens se sublimaient aussitôt. En fait, les simulations d'Aymeric Spiga montrent que, la nuit, des courants descendants à 10 m/s précipitent les flocons sur le sol. **B.R.**

ÉTHOLOGIE

L'éléphant de mer décode les rythmes

Les éléphants de mer mâles sont, avec l'homme, les seuls mammifères connus à être sensibles au rythme. Chaque *Mirounga angustirostris* adulte s'exprime avec un rythme et un timbre qui lui sont propres. Le cri des mâles dominants est reconnu par les autres, qui battent alors en retraite. Une équipe française a montré qu'il suffisait de modifier le rythme de ces gargouillis pour casser cette réaction. Pour Andrea Ravignani, de l'Institut de psycholinguistique Max-Planck, *"cette étude suggère que notre sens du rythme serait né de la nécessité de communiquer"*. **A.D.**

< Chaque éléphant de mer mâle a son propre cri.



**Construire
son projet
immobilier
en toute
tranquillité.**

Mutuelle soumise aux dispositions du livre II du Code de la mutualité. n° Siren 539 518 473, Numéro LEI 969500.LU5Z189G4TD57, HERÉZIE



NOTRE ENGAGEMENT MUTUALISTE

est de vous protéger pendant toute la durée de votre prêt immobilier.

- **Remboursement total des mensualités en cas d'arrêt de travail** quelle que soit la perte de vos revenus.
- **Couverture optimale si vous ne pouvez plus exercer votre profession.**
- **Prise en charge des maladies psychologiques ou pathologiques** (dépression, fatigue chronique...).

Découvrez nos solutions sur emprunteur.harmonie-mutuelle.fr



PRÉVENTION • SANTÉ • PRÉVOYANCE
Près de 2 000 délégués s'engagent pour vous.



**Harmonie
mutuelle**

En harmonie avec votre vie



Le phénomène d'évapotranspiration bouleverse le régime des précipitations.

CLIMATOLOGIE

LA FORÊT AMAZONIENNE CRÉE SA PROPRE SAISON DES PLUIES

La question intrigue les climatologues depuis plus de vingt ans : pourquoi la saison des pluies au sud de l'Amazonie se déclenche-t-elle si tôt ? Dans cette région, la mousson précède en effet de deux à trois mois les mécanismes atmosphériques qui la déclenchent normalement. Selon des chercheurs de l'université de Californie, c'est l'évapotranspiration de

ces immensités végétales qui parvient à initier une saison des pluies. *"L'augmentation de ce mécanisme physiologique vers la fin de la période sèche accroît l'humidité dans l'atmosphère, qui accentue la fréquence des précipitations,"* explique la climatologue Rong Fu, coauteur de l'étude. *Les averses produisent de l'énergie via la*

condensation de la vapeur, entraînant ainsi la circulation de la mousson. Cela accroît l'apport d'humidité à la forêt et alimente les pluies. C'est ce processus qui provoque le début de la mousson." Cette transition saisonnière reste cependant fragile : la déforestation limite l'évapotranspiration, et donc les apports en eau de l'atmosphère. **F.V.**

ÉTHOLOGIE

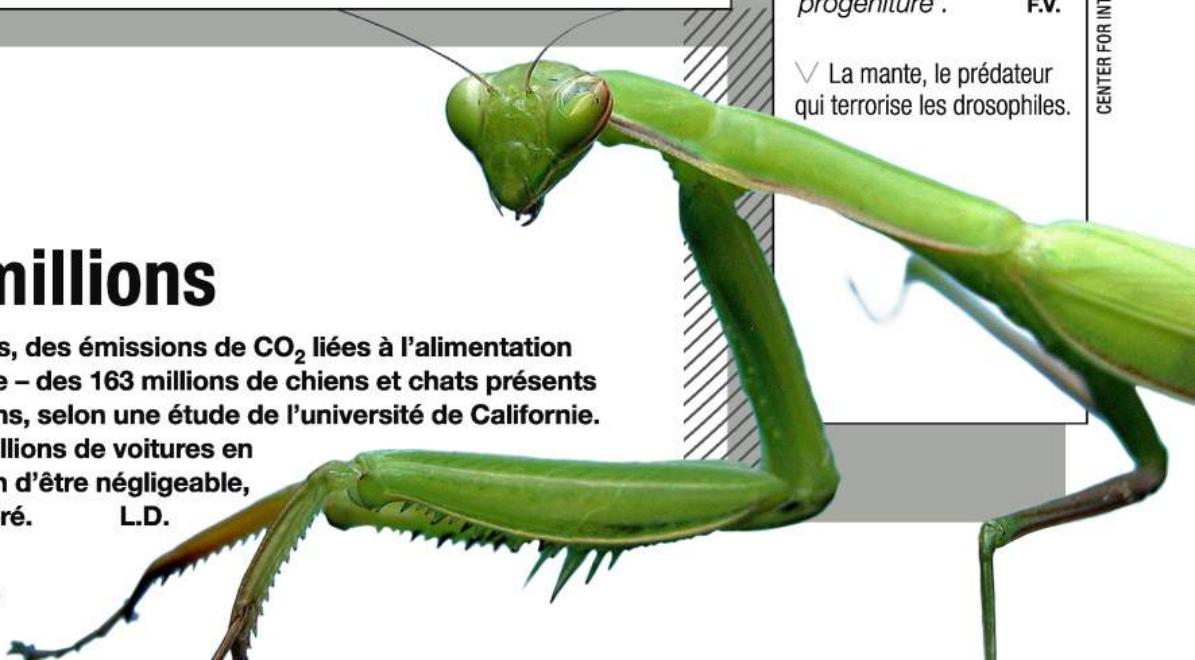
La peur nuit grandement aux proies

Un prédateur n'a pas besoin d'être présent pour perturber ses proies. L'équipe de Kyle Elliott, de l'université McGill (Canada), vient de montrer que la simple peur des prédateurs diminue le succès reproducteur des petites populations animales. Un effet mis en évidence en soumettant plusieurs populations de drosophiles à la présence, ou non, d'odeur de mante – leur prédateur naturel. Selon Kyle Elliott, *"dans un petit groupe d'animaux, les individus vont consacrer plus de temps à surveiller le danger, au détriment de l'alimentation, de la reproduction ou du soin de la progéniture"*. **F.V.**

✓ La mante, le prédateur qui terrorise les drosophiles.

64 millions

C'est la masse, en tonnes, des émissions de CO₂ liées à l'alimentation – particulièrement carnée – des 163 millions de chiens et chats présents dans les foyers américains, selon une étude de l'université de Californie. Soit l'équivalent de 14 millions de voitures en circulation. Un chiffre loin d'être négligeable, et pourtant jusqu'ici ignoré. **L.D.**





Électricité | Gaz | Économies d'énergie

UNE VOITURE ÉLECTRIQUE SANS ÉLECTRICITÉ VERTE C'EST COMME FAIRE LES CHOSSES À MOITIÉ

Grâce à l'offre Elec'Car d'ENGIE, profitez de **-50% sur votre électricité la nuit⁽¹⁾** pour recharger la batterie de votre voiture électrique. Et bonne nouvelle : toute la maison en profite ! Cette offre est aussi valable pour toutes vos autres consommations : réfrigérateur, lave-vaisselle, lave-linge... **Et bien entendu, c'est de l'électricité verte***.

► **Souscrivez en exclusivité sur elec-car.fr**

-50% sur votre électricité la nuit⁽¹⁾

elec'
verte*

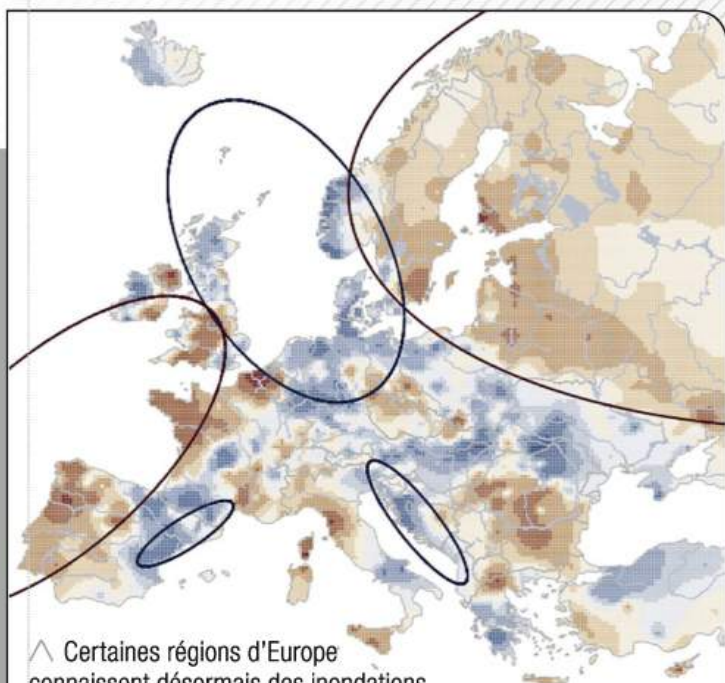


ENGIE : SA AU CAPITAL DE 2 435 285 011 € - RCS NANTERRE 542 107 651.

L'énergie est notre avenir, économisons-la !

(1) Avec l'offre de marché Elec'Car 3 ans, bénéficiez d'heures creuses (telles que définies par le gestionnaire de réseau) à un prix du kWh HT réduit de 50% par rapport aux heures pleines de l'offre Elec'Car d'ENGIE. Offre réservée aux clients particuliers propriétaires d'une voiture électrique, sous réserve de remplir une déclaration sur l'honneur qu'ENGIE peut vérifier à tout moment, et disposant d'un comptage heures pleines/heures creuses. Selon la situation du client, le passage d'un comptage simple à un comptage heures pleines/heures creuses peut entraîner la facturation de frais par le gestionnaire de réseau (voir catalogue des prestations). En souscrivant à une offre à un prix de marché, vous restez libre de revenir, à tout moment et sans frais, au tarif réglementé pour votre lieu de consommation si vous en faites la demande.

*Électricité verte : pour tout nouveau contrat d'électricité souscrit par un client particulier, à l'exclusion de l'offre électricité Happ-e, ENGIE achète l'équivalent de la quantité d'électricité consommée par le client en Garanties d'Origine émises par des producteurs d'énergie renouvelable. Une Garantie d'Origine certifie que de l'électricité a été produite à partir d'une source d'énergie renouvelable et injectée sur le réseau électrique.



^ Certaines régions d'Europe connaissent désormais des inondations précoces (en brun) ou tardives (en bleu).

MÉTÉOROLOGIE

LE RÉCHAUFFEMENT DÉRÈGLE LES PÉRIODES DE CRUES

En plus d'avoir un impact sur la fréquence des crues et sur leur intensité, le réchauffement climatique influe également sur leur saisonnalité. L'analyse des crues des cinquante dernières années par l'équipe de Günter Blöschl, de l'université technique de Vienne, a montré que cet effet était variable selon les régions. Dans le nord-est et l'ouest de l'Europe, ces périodes sont en avance de 4 à 14 jours par décennie. En cause ? Une fonte des neiges ou un taux maximum d'humidité des sols précoces, qui favorisent des inondations plus tôt dans la saison. Le pour-

tour de la mer du Nord et certaines régions méditerranéennes connaissent en revanche des crues retardées de 4 à 14 jours, liées à des tempêtes hivernales tardives. Or, ces décalages dans les périodes d'inondations peuvent avoir des conséquences considérables sur l'irrigation des cultures. Au risque d'entraîner un déficit de la productivité agricole. *"Les résultats de notre étude permettraient de mettre en place de meilleures pratiques agricoles en se concentrant sur une région plutôt que de raisonner au niveau continental"*, espère Günter Blöschl. **F.V.**

SISMOLOGIE

Un séisme dû à l'homme ne diffère pas des autres

Les séismes liés aux activités industrielles (injections souterraines de fluides haute pression) ont les mêmes caractéristiques physiques que ceux naturellement causés par la tectonique des plaques. C'est la conclusion d'une étude menée par l'université du Michigan. *"On va pouvoir anticiper les conséquences des séismes provoqués par l'homme"*, prévoit Yihe Huang. L'enjeu est de taille : rien qu'en Oklahoma, la population a été secouée par ces séismes (dits anthropiques), 842 fois en 2015. **L.D.**

> La nuit, la pollinisation n'opère à plein que s'il fait vraiment noir.



ÉCOSYSTÈME

La lumière artificielle entrave la pollinisation nocturne

La liste des menaces qui pèsent sur les insectes pollinisateurs est déjà longue, mais on peut désormais y ajouter la lumière artificielle, qui diminuerait les visites nocturnes des insectes. En effet, une fois le soleil couché, les papillons de nuit, punaises et scarabées prennent le relais des abeilles. Eva Knop, entomologiste à l'université de Berne (Suisse), a ainsi constaté une diminution de la pollinisation nocturne de 62 % dans les zones éclairées. Et *"quand une plante est moins visitée la nuit, elle devient moins intéressante pour les insectes diurnes"*, explique la chercheuse. **F.V.**

NOUVELLE FORD FIESTA

À PARTIR DE

159 €
/mois⁽²⁾

LOA 48 MOIS. 1^{ER} LOYER DE 1590 €.

COÛT TOTAL SI ACHAT : 14 149,14 €.



Feel. Every. Fiesta. Moment.⁽¹⁾

**UN CRÉDIT VOUS ENGAGE ET DOIT ÊTRE REMBOURSÉ. VÉRIFIEZ
VOS CAPACITÉS DE REMBOURSEMENT AVANT DE VOUS ENGAGER.**

⁽¹⁾Vivre. Chaque. Instant. Fiesta. ⁽²⁾Exemple de location avec option d'achat d'une Nouvelle Fiesta 5 portes Trend 1.185 ch Type 05-17. Prix maximum au 27/06/17 : 15 950 €. Prix remis : 13 450 €. 47 loyers de 158,62 €. Kilométrage 10 000 km/an. Option d'achat : 5104 €. Assurances facultatives. Décès dès 10,76 €/mois en sus du loyer. Coût de l'assurance : 516,48 €. Produit « Assurance Emprunteur » assuré par FACIL, SIREN 479 311 979 (RCS Nanterre), et FICL, SIREN 479 428 039 (RCS Nanterre). Si acceptation par Ford Credit, RCS Versailles 392 315 776, ORIAS, N° 07 009 071. Délai légal de rétractation. Offre non cumulable réservée aux particuliers pour toute commande de cette Nouvelle Fiesta neuve, du 01/10/17 au 31/10/17, dans le réseau Ford participant. **Modèle présenté :** Nouvelle Fiesta 5 portes Titanium 1.185 ch avec options, au prix remis de 16 150 €. 1^{er} loyer de 1790 €, option d'achat de 5520 €, **coût total si achat : 17 472,81 €, 47 loyers de 216,20 €/mois. Consommation mixte (l/100km) : 4,7. CO₂ (g/km) : 107 (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

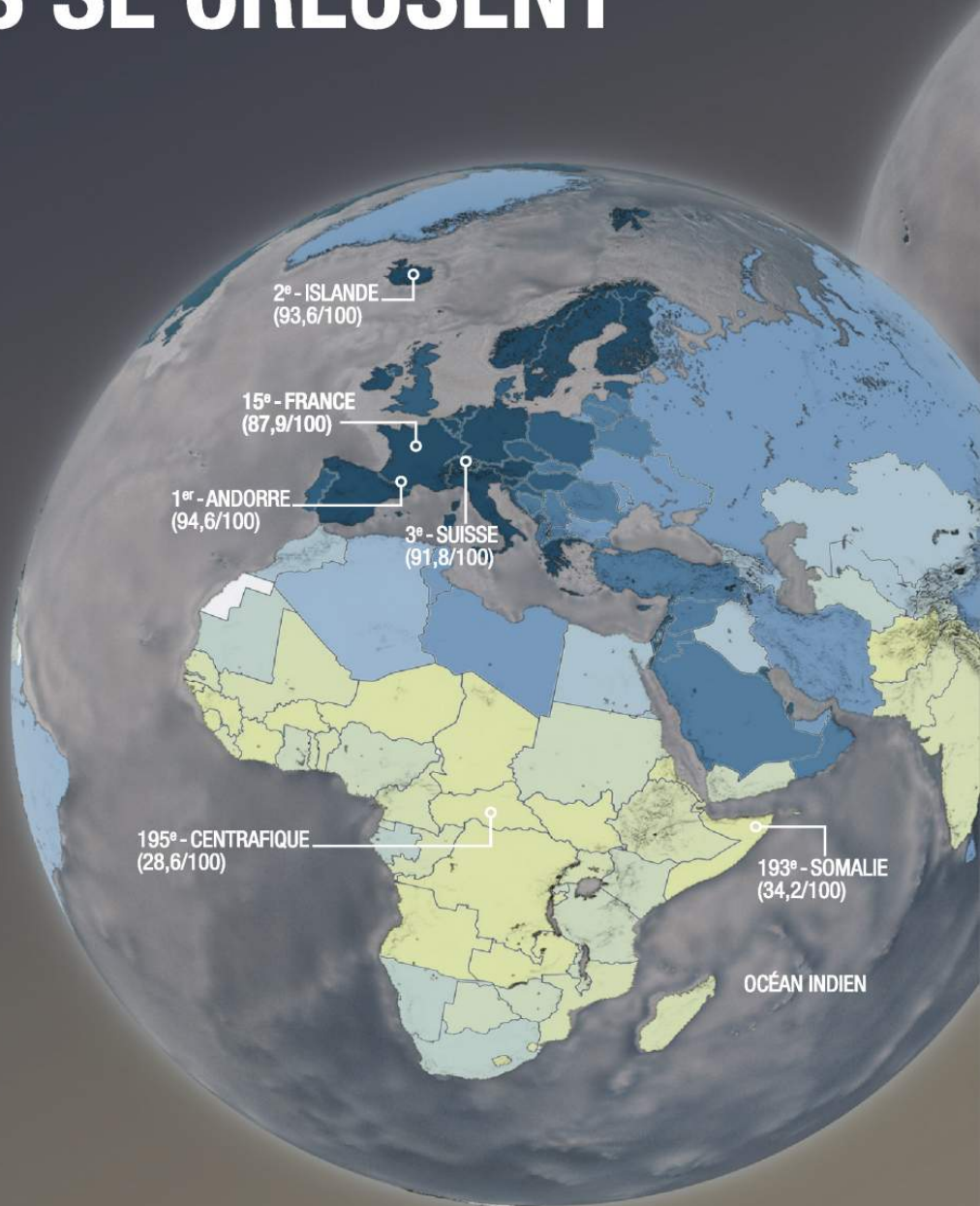


Go Further

SANTÉ DANS LE MONDE

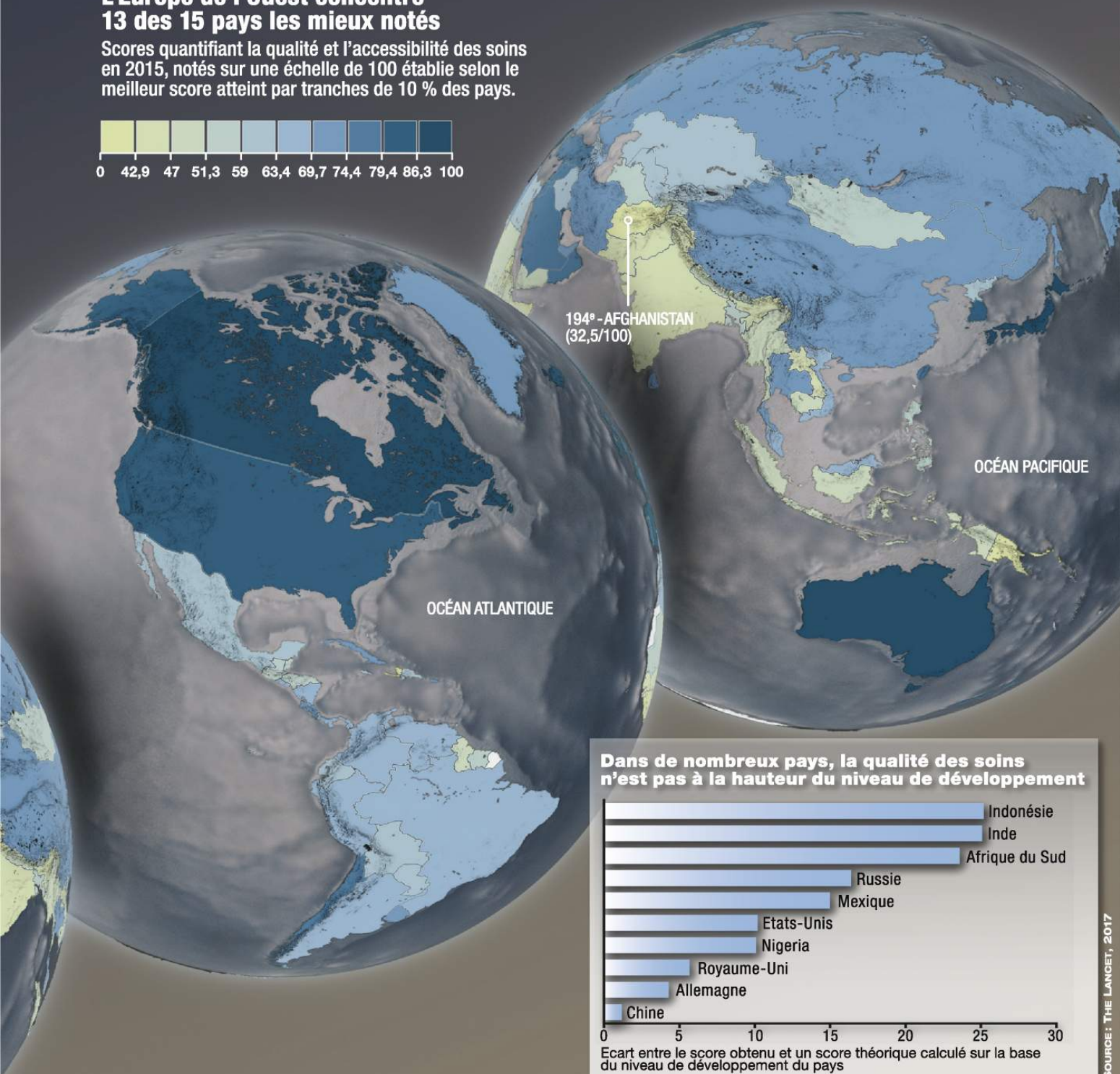
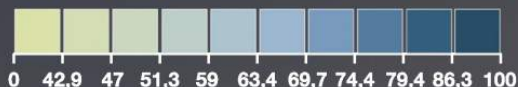
L'ACCÈS AUX SOINS S'AMÉLIORE PARTOUT... MAIS LES ÉCARTS ENTRE PAYS SE CREUSENT

Depuis 1990, l'accès aux soins et leur qualité se sont fortement améliorés dans le monde. Cependant, les inégalités entre pays se sont accrues. Par ailleurs, plusieurs d'entre eux, comme les Etats-Unis, ont des performances plus faibles que celles attendues pour leur niveau de vie. Enfin, même les "bons élèves" pèchent par certains aspects... C'est ce qu'indique une étude internationale qui a permis d'analyser le système de santé de 195 pays et territoires, entre 1990 et 2015. Les chercheurs ont évalué les taux de mortalité de 32 maladies pour lesquelles le décès est évitable si l'accès à des soins efficaces est rapide : infections respiratoires, cancer du sein, etc. Ainsi, ils ont pu attribuer à chaque pays un score sur 100. Résultat : entre 1990 et 2015, la moyenne mondiale est passée de 40,7 à 53,7. Mais l'écart entre le premier et le dernier a augmenté de quatre points. Concernant la France, si sa moyenne est correcte (87,9), sa note pour les accidents liés aux médicaments reste très moyenne (62). *"Notre étude souligne la nécessité de continuer à améliorer les systèmes de santé aussi bien dans les régions pauvres que dans les pays développés"*, souligne François Alla, épidémiologiste à l'université de Lorraine et coauteur de l'étude. **K.B.**

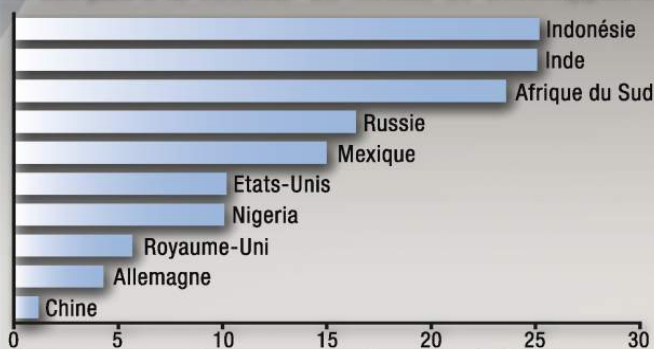


L'Europe de l'Ouest concentre 13 des 15 pays les mieux notés

Scores quantifiant la qualité et l'accessibilité des soins en 2015, notés sur une échelle de 100 établie selon le meilleur score atteint par tranches de 10 % des pays.



Dans de nombreux pays, la qualité des soins n'est pas à la hauteur du niveau de développement



Ecart entre le score obtenu et un score théorique calculé sur la base du niveau de développement du pays

66 points

séparent le premier pays du dernier dans ce classement mondial des systèmes de santé. L'écart était de 62 points en 1990.

167

pays sur 195 ont vu leur système de santé s'améliorer entre 1990 et 2015.

27%

des pays, dont la France, font aussi bien ou mieux que ce qui était attendu par rapport à leur niveau de vie.

SOURCE: THE LANCET, 2017

G.CIRADE - B.BELLANGER

✓ Obtenues *in vitro*, ces cellules fœtales ont été débarrassées d'une pathologie parentale.

GÉNÉTIQUE

LA MODIFICATION D'EMBRYONS HUMAINS FRANCHIT UN CAP

CRISPR-Cas9, la révolutionnaire technique de modification génétique a encore frappé. Rapprochant toujours plus la modification de l'embryon humain de ces potentielles applications médicales, elle permettrait par exemple à un couple porteur d'une maladie héréditaire d'engendrer des enfants en bonne santé. Des chercheurs américains

ont ainsi "réparé" une mutation impliquée dans une pathologie cardiaque chez des embryons obtenus par fécondation *in vitro*. Si de premières expériences chinoises avaient déjà prouvé que c'était possible, leur taux de succès restait faible (15 à 25 %). Mais en injectant CRISPR-Cas9 lors de la fécondation, à un moment précis du cycle de

l'ovocyte, les chercheurs sont parvenus à doubler ce taux, éliminant la mutation responsable de la maladie chez environ la moitié des embryons porteurs. La thérapie génique pourrait remplacer le tri des embryons obtenus par fécondation *in vitro*, à ce jour la seule option pour les couples à risque. Mais des questions éthiques subsistent **J.-B.V.**

ÉPIDÉMIOLOGIE

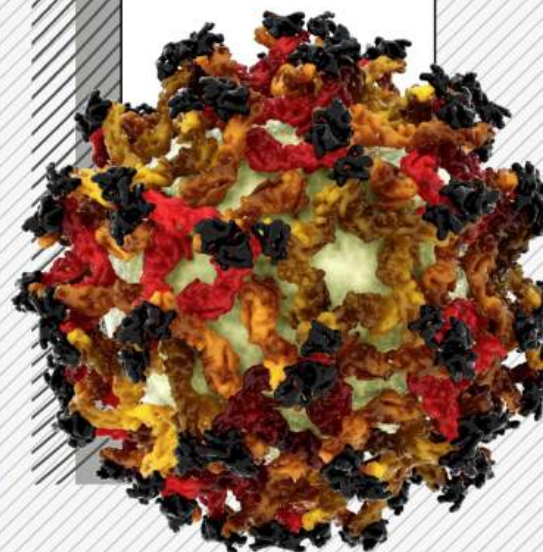
La dengue se propage par avion

Une équipe sino-britannique s'est penchée sur la propagation des différents sérotypes (ou souches) du virus de la dengue. Entre les années 1980 et 2000, leur nombre dans un même pays est passé de 1 ou 2 à presque toujours 4. Or les formes les plus graves de dengue apparaissent lorsqu'un patient qui a déjà contracté la maladie est infecté par un virus de sérotype différent. En croisant leurs données avec celles du trafic aérien et maritime, les chercheurs ont montré que c'est le flux de passagers aériens qui est responsable de la dissémination des différents sérotypes. **C.H.**

NOSOLOGIE

Des liens inattendus entre différentes maladies ont été découverts

Des chercheurs américains ont analysé les remboursements de soins d'environ 480 000 individus afin d'identifier les maladies souvent associées dans une même famille, et ainsi révéler d'éventuelles causes génétiques ou environnementales communes. Parmi les découvertes les plus surprenantes: la migraine semble avoir des origines génétiques communes avec le syndrome du côlon irritable, et des causes environnementales communes avec les infections urinaires! Tandis que certaines mutations favoriseraient à la fois le diabète de type 1 et l'hypertension. Une piste originale vers de nouveaux traitements. **A.P.**



**RÉDUIRE
SA CONSOMMATION
D'ALCOOL DIMINUE
LE RISQUE DE CANCERS.
FRANCHEMENT,
C'EST PAS
LA MER À BOIRE.**



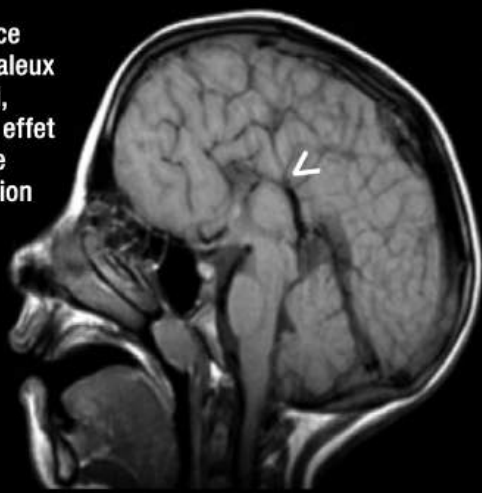
40 % des cancers pourraient être évités

L'alcool est le deuxième facteur de risque de cancers.

Limitez votre consommation. Retrouvez nos conseils experts sur e-cancer.fr



> L'absence de corps calcaire (comme ici, flèche), un effet possible de l'alcoolisation *in utero*.



NEUROLOGIE

ALCOOL: LES DÉGÂTS SUR LE FŒTUS SE SOIGNERAIENT

En France, environ 1 % des nouveau-nés vont développer des troubles neurologiques et comportementaux du fait de la consommation d'alcool par leur mère durant la grossesse. Mais des chercheuses américaines font naître l'espoir d'un traitement. Ayant constaté que l'alcool entraîne, chez des rates gestantes et leurs petits, un déficit en thyroxine

(hormone impliquée dans le développement cérébral), ainsi qu'un excès de sucre dans le sang, elles ont administrés aux nouveau-nés de la thyroxine et de la metformine (médicament hypoglycémiant). Résultat: devenus adultes, les rats exposés à l'alcool pendant la vie fœtale affichaient des capacités de mémorisation normales. **C.H.**

+110%

C'est l'augmentation de la prévalence de l'arthrose du genou durant l'ère industrielle, révélée par l'examen de milliers de squelettes de personnes décédées ces 8 000 dernières années. Cette variation ayant été observée à poids et âge de décès égaux, ses causes sont à chercher parmi d'autres facteurs. Par exemple dans la sédentarité, la pratique de sports traumatisants ou les désordres métaboliques. **A.D.**

Ça reste à prouver...



... qu'il faut toujours prendre ses antibiotiques jusqu'au bout

C'est une recommandation fortement relayée par les professionnels de santé: il faut toujours prendre son traitement antibiotique jusqu'au bout afin de s'assurer d'avoir éliminé toutes les bactéries responsables de l'infection, et ainsi éviter l'apparition de bactéries résistantes. Or, selon des médecins britanniques, cette recommandation n'est fondée sur aucune preuve. *"Certes, pour les bactéries qui peuvent être totalement éliminées de l'organisme, il est possible qu'un traitement raccourci favorise la survie de certaines d'entre elles, qui peuvent alors devenir résistantes"*, reconnaît Tim Peto, spécialiste des maladies infectieuses à l'université d'Oxford. Mais pour les bactéries qui posent des problèmes de multirésistance aux antibiotiques, par exemple dans certains cas d'infection urinaire, ce serait selon lui tout le contraire. *"Ces bactéries sont naturellement présentes dans le corps, et ne sont donc jamais totalement éliminées. Du coup, plus le patient est exposé longtemps aux antibiotiques, plus le risque est grand qu'elles développent une résistance"*, affirme Tim Peto. Ce dernier mène actuellement un essai clinique pour démontrer l'utilité du raccourcissement de certains traitements. **C.H.**

**PLUS DE LÉGUMES
ET DE CÉRÉALES COMPLÈTES,
C'EST MOINS DE RISQUE
DE CANCERS.
CE N'EST VRAIMENT
PAS LA FIN
DES HARICOTS.**



40 % des cancers pourraient être évités

Privilégiez notamment les céréales complètes, les légumes et légumineuses et les fruits dans votre alimentation. Retrouvez nos conseils experts sur e-cancer.fr

> Appliqué sur la peau, ce prototype délivre une puissance de 40 microwatts.

ÉLECTRONIQUE

UN PATCH RÉUSSIT À CHANGER NOS GESTES EN ÉNERGIE

Avec ce film appliqué sur la peau, il suffira un jour de marcher ou de s'asseoir pour produire du courant ! Pour le concevoir, une équipe de l'université de Vanderbilt (Tennessee), menée par Cary Pint, a inventé un matériau constitué de couches de phosphore noir de quelques atomes d'épaisseur, capable de générer de l'électricité lorsqu'il

est courbé ou tordu à une fréquence aussi basse que 0,01 Hz (soit 1 fois par période de 100 secondes).

Les chercheurs ont démontré que l'on peut modifier le voltage d'une pile en étirant ou en compressant les matériaux qui la composent, quels qu'ils soient. Mais ils se sont concentrés sur le phosphore noir, car il permet de réaliser

des couches d'une grande finesse pouvant se dissimuler dans un vêtement. Pour l'instant, les performances de ce prototype ne permettent pas encore d'alimenter quelque chose de concret, mais il pourrait un jour permettre de recharger un portable dans une poche, ou de changer électroniquement la couleur d'un vêtement. **S.F.**

330

C'est le nombre record de téraoctets ($1 \text{ To} = 10^{12}$ octets) de données qui ont pu être stockés sur une bande magnétique mise au point par IBM et Sony. C'est l'équivalent de 330 millions de livres enregistrés sur une surface qui tiendrait dans la paume d'une main ! Cette performance a été rendue possible grâce à une nouvelle technologie de pulvérisation. **M.V.**

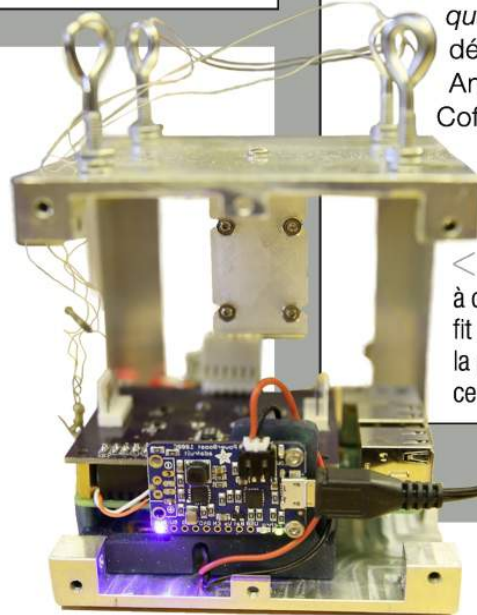
ÉNERGIE

L'eau pure peut servir à propulser un nanosatellite

Mis au point par une équipe de l'université de Purdue dirigée par Anthony Cofer, ce système de propulsion spatiale fonctionne avec... de l'eau ultrapurifiée ! Adapté aux CubeSats (standard de nanosatellites), sans système de propulsion, ce dispositif propre et à bas coût consiste à injecter de l'eau dans des tubes de 10 μm de diamètre et de chauffer leurs extrémités pour que le liquide génère une poussée en s'évaporant. *Nous espérons des fonds de la Nasa, qui nous permettraient d'être prêts dans deux à*

*quatre ans", déclare Anthony Cofer. **S.F.***

< Une cuillerée à café d'eau suffit à déclencher la propulsion de ce CubeSat.





Il n'y a qu'une smart pour prendre la place d'une smart.



>> smart fortwo, garez-vous plus vite à partir de 10 990 €^{TTC*}.

smart a reçu le Grand Prix de la Publicité des Marques Magazines 2016 pour l'audace et la créativité de sa campagne. Avec cette toute nouvelle campagne, smart souhaite démontrer sa fidélité et son attachement à la presse magazine, seul média capable d'établir un lien unique entre une marque et ses différentes cibles. www.smart.com

smart – une marque de Daimler



*Pour une smart fortwo coupé pure 52 kW (71 ch) BM6. Mercedes-Benz France – Siren 622 044 287 RCS Versailles.



✓ Un ingénieur paramètre les capteurs permettant au planeur de calculer sa trajectoire de vol.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

UN PLANEUR INNOVE EN DIRIGEANT LUI-MÊME SON VOL

Ce planeur autonome de 5 m d'envergure, conçu par des ingénieurs américains de Microsoft, a effectué avec succès son premier vol cet été, au-dessus du désert du Nevada. Il ne compte que sur sa propre intelligence pour faire planer ses 5,7 kg de fibre de verre. Comment? Grâce à des programmes lui permettant de prendre les bonnes décisions au bon moment, et même de les anticiper. Habituellement, pour voler, le pilote d'un planeur – sans moteur, donc – exploite les colonnes d'air chaud ascendant pour reprendre de la hauteur en tournoyant.

Le prototype autonome est doté de capteurs mesurant des paramètres comme la température ambiante ou la direction du vent afin de repérer les courants propices. Mixant ces données avec d'autres recueillies par radio ou préenregistrées – zones interdites au vol par exemple –, il prend ainsi des décisions optimales en temps réel et prévoit la suite de son vol. A terme, ce planeur autonome pourrait servir à la surveillance des cultures ou se convertir en antenne réseau mobile afin de permettre l'accès à internet dans des zones difficilement accessibles. **A.P.**

DU GRAPHÈNE À BASE DE... BOIS DE PIN

Des chercheurs américains ont utilisé du bois de pin pour produire du graphène. Cette approche pourrait conduire à de nouvelles applications pour le stockage de l'énergie. **S.F.**

SATELLITES POIDS PLUME

3,5 cm, 4 g, c'est le gabarit mini de deux satellites, baptisés Sprites, qui ont été placés en orbite en juin. Ces prototypes – les plus petits au monde – préfigurent ceux qui pourraient un jour s'envoler vers d'autres systèmes planétaires. **S.F.**

UNE MOUSSE QUI ABSORBE LA POLLUTION

Une mousse solidifiée à base de bore et de nitrure peut absorber plus de trois fois son poids en dioxyde de carbone. Conçu par une équipe de l'université de Rice, ce matériau permettra d'extraire le gaz à effet de serre et pourrait équiper les filtres à air. **S.F.**

CHIMIE

De la nourriture à base de CO₂ a été fabriquée

Des chercheurs finlandais ont réussi à obtenir des protéines comestibles à partir de gaz carbonique et d'électricité. "Nous cultivons des organismes unicellulaires qui utilisent du gaz carbonique comme source de carbone, et de l'hydrogène obtenu par l'électrolyse de l'eau comme source d'énergie", explique Juha-Pekka Pitkänen. D'autres nutriments sont ajoutés, comme du sulfate d'ammonium et du phosphore, permettant aux organismes unicellulaires de produire des protéines. Certes, il faut deux semaines pour fabriquer en laboratoire 1 g de cette poudre qui n'a ni goût ni odeur définis! Mais une fois au point, cette technologie pourrait permettre d'alimenter des populations dans les déserts, ou de nourrir le bétail. **S.F.**

> Cette poudre de protéines n'a pour l'instant ni goût ni odeur.



PRÉPAREZ VOS VACANCES DE LA TOUSSAINT AVEC LA NOUVELLE CROISIÈRE **SCIENCE & VIE**

DE LA TERRE AUX ÉTOILES



ESCALES IBÉRIQUES

MARSEILLE • MALAGA • CADIX • LISBONNE • VALENCE • BARCELONE • SAVONE

À BORD DU COSTA MEDITERRANEA



Yvon LE MAHD
Éco-physiologiste



Christian de PERTHUIS
Économiste



Pierre LENA
Astrophysicien



Laurent BOPP
Bio chimiste



Robert VAUTARD
Climatologue



Jean JOUZEL
Glaciologue

PRIX NOBEL ET MAÎTRE DE CÉRÉMONIE

SPÉCIAL VACANCES DE LA TOUSSAINT • DU 26 OCTOBRE AU 5 NOVEMBRE 2017

VOUS AIMEZ LA SCIENCE, CETTE CROISIÈRE EST FAITE POUR VOUS !

- Des conférences et tables rondes qui aborderont des thèmes passionnants comme l'astronomie, le mouvement des océans ou les phénomènes météorologiques et des ateliers pratiques amusants pour les plus jeunes !
- Une croisière idéale pour les familles avec des excursions exclusives.
- Un navire équipé pour les moments de loisirs en famille.

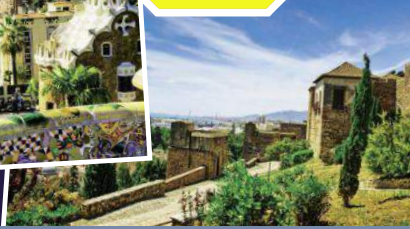
Juniors (à partir de 9 ans), parents, grands-parents, seul ou en couple...
VENEZ VIVRE UNE EXPÉRIENCE UNIQUE AUTOUR DE LA SCIENCE !



À partir de
1490€

11 JOURS/10 NUITS
Prix TTC par personne en cabine intérieure
Au départ de Marseille

OFFRE SPÉCIALE TOUSSAINT⁽¹⁾
Gratuité croisière enfants
pour les - de 18 ans
(sauf taxes)



TÉLÉCHARGEZ LA BROCHURE COMPLÈTE SUR

www.croisieres-lecteurs.com/sv

ou écrivez-nous en renvoyant le coupon ci-dessous.

INFORMATIONS & RÉSERVATIONS

01 41 33 57 01 EN PRÉCISANT SCIENCE ET VIE

Du lundi au vendredi de 9h 30 à 12h et de 14h à 18h

Complétez, découpez et envoyez ce coupon à SCIENCE ET VIE CROISIÈRE DE LA TERRE AUX ÉTOILES – CS90125 - 27091 Evreux Cedex 9

☐ OUI, je souhaite recevoir GRATUITEMENT et SANS ENGAGEMENT la documentation complète de cette croisière proposée par Science & Vie.

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Tél. : _____ Email : _____

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

Conformément à la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression de ces données par simple courrier. Crédits photos: Costa Croisières, Shutterstock. Cette croisière est organisée en partenariat avec SELECTOUR Bleu Voyages (Neige et Soleil Voyages SAS). Immatriculation IMO38120003 - RC Bourgoin Jallieu B 398 629 766. Science & Vie est une publication du groupe Mondadori France, siège social : 8 rue François-Orly - 92543 Montrouge Cedex.

(1) OFFRE SPÉCIALE TOUSSAINT : Gratuité Croisière enfants pour les - de 18 ans s'ils partagent la cabine de 2 adultes en cabine triple ou quadruple, hors boissons, taxes portuaires, vols, transferts et forfaits de séjours à bord.

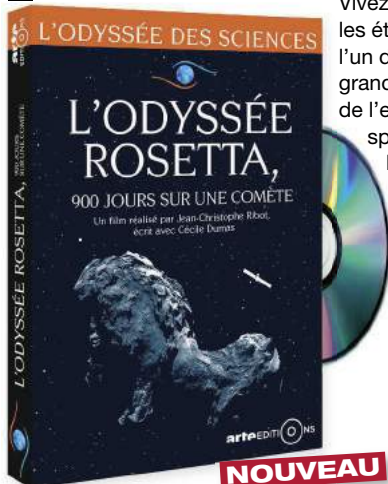
*Sauf cas de force majeure, le programme non contractuel est susceptible d'évoluer.

C17SV2P

Voyagez vers les origines du système solaire

Après un long voyage qui a duré près de 10 ans, le 12 novembre 2014, la sonde Rosetta largue le robot Philae à la surface de la comète Tchoury.

Vivez toutes les étapes de l'un des plus grands succès de l'exploration spatiale depuis le premier pas de l'homme sur la Lune!



DVD L'Odysée Rosetta, 900 jours sur une comète - 19,99 €

RÉALISATEUR : JEAN-CHRISTOPHE RIBOT. GENRE : DOCUMENTAIRE (3 ANS DE TOURNAGE). ÉDITEUR : ARTE ÉDITIONS. FRANÇAIS. SOUS-TITRAGE : FRANÇAIS POUR MALENTENDANTS. DURÉE 1H45. MONO / STÉRÉO.

100 énigmes, challenges et casse-têtes

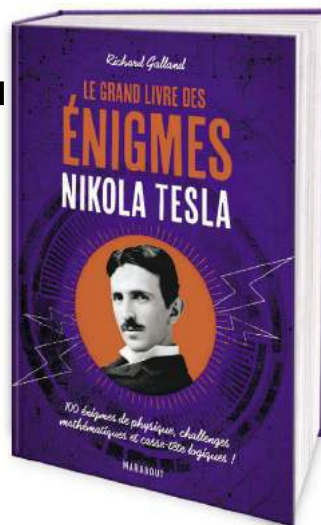
Plongez dans l'univers de l'un des plus grands scientifiques du XIX^e siècle. Résolvez plus de 100 énigmes physiques, challenges mathématiques et casse-têtes logiques basés sur les inventions et innovations de Nikola Tesla. Serez-vous à la hauteur de ces mots cryptés, problèmes logiques, épreuves de bon sens, théorèmes mathématiques...?

Le grand livre des énigmes Nikola Tesla - 15,90 €

AUTEUR : RICHARD WOLTRIK GALLAND. 224 PAGES. DIM. : 24,5 x 17,5 cm. ÉDITIONS MARABOUT.

Retrouvez toute la collection Grand Livres des Énigmes : EINSTEIN, LÉONARD DE VINCI et MAÎTRE YODA, sur notre site internet :

BOUTIQUE.SCIENCE-ET-VIE.COM



LA TECHNOFOLIE DU MOIS

Les principales capitales illuminées en lévitation!

Comptemplez toutes les capitales sur ce globe terre géopolitique luminescent! Création française, Il tourne sur lui-même tout seul comme s'il était en apesanteur. Astucieux, les LED multicolores varient par induction électrique de l'intérieur au rythme de la rotation. Son support décoratif prend la forme d'un livre « Atlas universel 3D », ainsi la terre en lévitation semble s'extraire du visuel de la couverture!

79,90 €
seulement!

LIVRAISON RAPIDE
COLISSIMO OFFERTE



Globe flottant électromagnétique 3D lévitation

DIM. BASE 21 x 15,6 x 2,5 cm. DIAM. 8 cm. POIDS : 950 g. DISTANCE DE LÉVITATION : 1,5 cm. ADAPTATEUR SECTEUR FOURNI.

Un cadeau original et insolite!

**PARTENARIAT
SCIENCE & VIE**

**instructif
et passionnant**



Découvrez la science avec un oeil différent!

Ben Gilliland relève le défi d'expliquer la science de façon ludique, à l'aide d'illustrations claires, pour comprendre de nombreuses théories : gravité quantique, univers en inflation, la physique des particules...

La science comme vous ne l'avez jamais vue - 19,90 €

AUTEUR : BEN GILLILAND. 192 PAGES. DIM. 24x20 cm. ÉDITIONS DUNOD.

Livres & cadeaux scientifiques et insolites

MONDADORI MAGAZINES FRANCE SAS - RCS 452 791 262 NANTERRE - CAPITAL : 60 557 458 €

SPECTACLES D'ANIMAUX SAUVAGES

LE DÉBUT DE LA FIN ?

Après l'arrêté interdisant la reproduction de cétacés en captivité, les spectacles d'animaux sauvages sont tous menacés. En cause : la souffrance animale. Mais que sait-on exactement de celle-ci ? **Thomas Cavallé-Fol** a enquêté sur le cas emblématique des dauphins.

Rideau sur les tigres bondissant à travers un cercle de feu et sur les éléphants dressés sur leurs pattes arrière... En France, les animaux sauvages passent leurs dernières heures sous les projecteurs ! Et les premiers concernés, fers de lance de la libération du monde sauvage soumis au dressage, sont les cétacés : un arrêté paru début mai promet non seulement une amélioration de leurs conditions de vie (agrandissement

des bassins, eau non chlorée), mais en interdit aussi la reproduction, la capture et l'achat. A terme, il ne devrait donc plus y avoir de cétacés captifs en France. Les delphinariums sont voués à disparaître. Une première étape, selon les experts. *"On se dirige vers la suppression totale du dressage d'animaux sauvages"*, confirme le neurobiologiste et philosophe Georges Chapouthier.

Pourquoi les spectacles d'animaux sauvages, dont

l'origine remonte à l'Antiquité, sont-ils sur le point de disparaître ? Déjà, la sensibilité humaine à la souffrance animale a pris énormément d'ampleur ces dernières années : 80 % des Français jugent aujourd'hui cette cause importante, selon un sondage Ifop de début 2017. Car il faut avouer que si les spectacles font briller les yeux des enfants et de leurs parents, une fois les dessous du show révélés, ils laissent un goût

→ ALAMY/HEMIS.FR - SHUTTERSTOCK

1959

UN DÉCRET CONDAMNE tout acte de cruauté, commis dans la sphère publique ou privée, sur des animaux domestiques ou sauvages captifs.



59%

des Français sont aujourd'hui favorables à l'interdiction des spectacles de cirque avec des animaux sauvages (sondage Ipsos 2016).

20%

des Français seulement condamnaient la présence d'animaux sauvages dans les cirques en 1993.

2017

L'ARRÊTÉ INTERDISANT LA REPRODUCTION DES DAUPHINS EN CAPTIVITÉ est un premier pas vers l'interdiction totale des spectacles d'animaux sauvages.

2015

LE STATUT DES ANIMAUX DOMESTIQUES change. Ils sont reconnus comme des "êtres vivants doués de sensibilité" et non plus considérés comme des meubles.

1978

LA DÉCLARATION UNIVERSELLE DES DROITS DE L'ANIMAL est proclamée à l'Unesco, à Paris. Elle n'a cependant aucune valeur juridique.

60 ans d'évolution du droit animal en France

Dauphin : pourquoi il souffre en captivité

→ amer. Domptage et bien-être animal ne font pas souvent bon ménage.

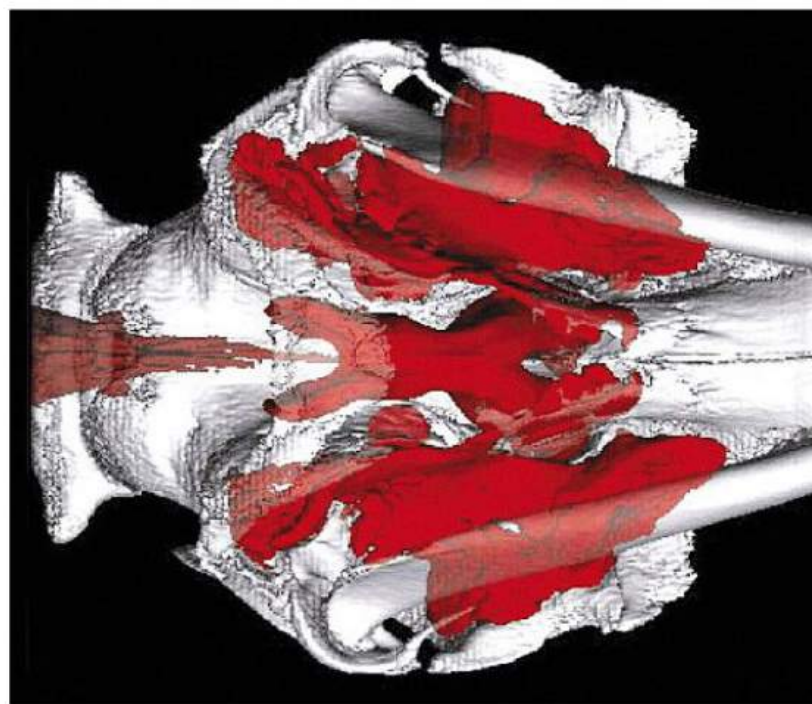
Les amateurs de PMU ont cependant encore de beaux paris à faire : le mouvement ne concerne pas les animaux domestiques, dont le contact avec l'homme a été adouci par des milliers d'années de vie commune (voir encadré). Il ne concerne pas non plus les zoos où il n'est pas question de dressage. Non, ce sont les cirques et les delphinariums qui tremblent.

DES MÉTHODES MUSCLÉES

Logique : tigres ou éléphants supportent bien moins leur captivité forcée, sans même parler du dressage. *"Lors du domptage d'un animal sauvage, il y a clairement une relation de dominance et des menaces, pointe Cédric Sueur, éthologue à l'université de Strasbourg. La punition, en cas de refus d'effectuer un mouvement, doit être plus contraignante pour l'animal que le mouvement lui-même."* De fait, les techniques pour forcer

un animal à modifier son comportement peuvent être musclées. Récemment, c'est le *phajaan*, qui consiste à "briser l'esprit" des éléphants afin d'en faire de dociles montures pour les touristes, qui a été largement dénoncé sur internet.

Reste que les spectacles avec des animaux puisent dans des coutumes millénaires. Mais sous la pression des défenseurs de la cause animale, les choses bougent. Au point que certains anticipent la suite, tel le cirque Joseph Bouglione, le premier en France à avoir arrêté de lui-même les spectacles d'animaux sauvages en ce printemps 2017. *"Nous étions devant un dilemme, raconte André-Joseph Bouglione, son directeur. Nos animaux devenaient vieux, fallait-il les renouveler? Nous chérissons chacune de nos bêtes, mais ce n'est qu'une question de temps avant que cette interdiction frappe les cirques : nous devons nous adapter."* Et les



institutions commencent à suivre. *"Il ne faut pas oublier qu'il y avait encore des zoos humains en Europe au début du XX^e siècle, rappelle Georges Chapouthier. L'homme avance avec spécisme. Notre sensibilité se porte d'abord sur les espèces proches de nous, du point de vue phylogénétique ou de celui de l'intelligence."*

Le dresseur de puces peut donc, pour le moment, garder son fouet. Et le matador son épée. Sachant que la corrida est un cas extrême : elle ne vise pas au dressage

d'un animal mais à l'élever en vue de le mettre à mort (et de le manger ensuite). Ici, la souffrance animale fait partie du spectacle...

"Or les spectacles de grands singes sont interdits en France, précise Cédric Sueur. En 2001, le décret sur l'expérimentation animale a restreint leur utilisation et les cirques ont suivi. Il était donc logique que les cétacés, animaux sensibles et intelligents, soient les prochains sur la liste."

Pour autant, l'arrêté fait polémique : trente soigneurs ont publié une lettre ouverte indiquant qu'empêcher les cétacés de se reproduire était de la maltraitance. Et les delphinariums français ont introduit un recours en juillet. Résultat : si l'interdiction du chlore pour traiter l'eau a été repoussée, celle de la reproduction en captivité a été maintenue. Elle continuera à s'appliquer jusqu'à la décision

Les spectacles avec des animaux domestiques sont-ils aussi menacés ?

Contrairement aux spectacles d'animaux sauvages, l'utilisation de chiens ou de chevaux pour faire le show n'est pas en voie de disparition. *"Les animaux domestiques partagent une relation vraiment particulière avec l'humain, explique Cédric Sueur, professeur d'éthologie à l'université de Strasbourg. Un chien ou un cheval de spectacle ne montre pas de signes de souffrance. Il tire un profit voire du plaisir de cette collaboration. Ceci car les espèces domestiques ont été sélectionnées depuis des centaines ou des milliers d'années. Ce comportement collaboratif est donc inscrit dans leur patrimoine génétique."* Alors qu'un animal sauvage, même né en captivité depuis deux ou trois générations, reste sauvage.

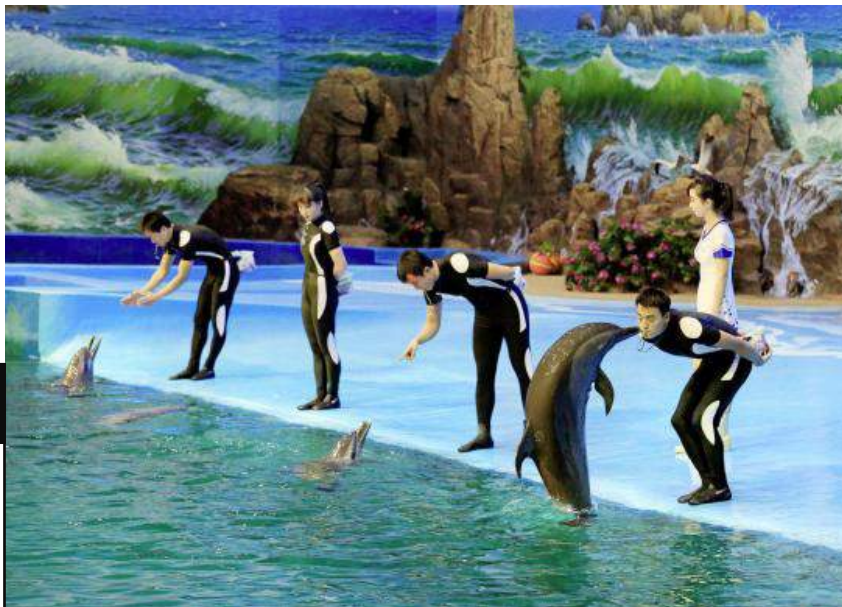
D. HOUSER ET AL. - M. SASSE/LAIF-REA - M. ROJO/APP PHOTO

< Il a parfaitement conscience de son état de "prisonnier"

Son cerveau, très développé, suppose une grande intelligence. Il possède des éléments dédiés au traitement d'émotions complexes, comme l'empathie et la conscience.

> Avec le dressage, il subit la domination d'une autre espèce

Le dressage est nécessaire pour apprendre au dauphin à effectuer un numéro. Même s'il est joueur, il faut instaurer une relation de dominance pour qu'il exécute ses acrobaties.



< Il vit une existence qui ne lui est pas naturelle

Les dauphins sauvages peuvent parcourir plus de 100 km par jour, ce qui est impossible en bassin. De plus, les petits sont parfois séparés trop tôt de leur mère.

définitive du Conseil d'Etat, prévue à la rentrée. On le voit, le bien-être des dauphins se trouve aujourd'hui au cœur des débats. Mais nul doute que ces mêmes questions se poseront très vite pour d'autres espèces tout aussi iconiques.

UNE HAUTE INTELLIGENCE

Et ici, la science a son mot à dire, neuroscientifiques et éthologues en tête. Ceux-ci ont les moyens d'analyser finement les conditions de captivité et la souffrance qui peut en résulter. En particulier pour ce qui concerne le

dauphin. *"Il faut prendre en compte leur haute intelligence, expose le docteur Lori Marino, experte en comportement et cognition animale. Les cétacés possèdent le plus fort quotient d'encéphalisation [poids du cerveau sur poids du corps, ndlr] du règne animal, juste après l'homme. En outre, les dauphins font partie des rares animaux à avoir passé le test du miroir, c'est-à-dire qu'ils ont conscience d'eux-mêmes. Enfin, ils traitent les émotions de façon sophistiquée : leur lobe paralimbique, dédié à cette tâche,*

est même plus développée que chez nous. Dernier point : ils ont un langage ainsi que des interactions sociales complexes."

Des animaux intelligents et évolués, cela ne fait aucun doute. Au point que captivité et dressage seraient source de "souffrance"? *"Bien sûr, répond Georges Chapouthier. Les animaux les plus intelligents sont aussi plus conscients, ils conçoivent les enjeux de la captivité et même sa temporalité. Leur souffrance n'est peut-être pas physique, mais elle est 'intellectuelle'."* Au vrai, l'état psychologique d'un dauphin en captivité pourrait s'apparenter à celui d'un innocent en prison.

Et si les conditions de vie sont bonnes, peut-on toujours parler de souffrance? Encore faut-il s'entendre sur "bonnes conditions de vie". L'Organisation mondiale de la santé animale a établi cinq libertés fondamentales nécessaires au bien-être des animaux placés sous responsabilité humaine : absence de faim, de soif et de malnutrition ; absence de douleur, de lésions et de maladie ; absence de stress physique et thermique ; absence de peur et de détresse et, enfin, possibilité d'exprimer les comportements normaux de l'espèce.

Les trois premiers points ne posent pas vraiment problème. A preuve, les dauphins captifs seraient en meilleure santé que les sauvages, dont moins de la moitié seraient cliniquement sains, selon une étude de mai 2017. *"Logique, réagit Vincent Ridoux, directeur de l'observatoire*

→ Pelagis. Les dauphins sauvages sont en contact avec des prédateurs, des contaminants et avec la pollution des océans – leur système immunitaire est donc stimulé. Mais la captivité ne peut être une réponse à ce problème : cela montre plutôt qu'il est temps de prendre soin de leur environnement naturel... D'autant que, selon un rapport de

tements normaux". Pour les cétacés, cela signifie, "parcourir une centaine de kilomètres par jour", décrit Christophe Guinet, biologiste marin au CNRS. Un manque qui, en captivité, serait "compensé par les exercices de stimulation", expose Fabienne Delfour, éthologue à l'université Paris 13 et au Parc Astérix. Qui ajoute : "On reconstitue

qui s'expriment par des automutilations ou le fait de manger puis de régurgiter les poissons, encore et encore". Des comportements qui n'existeraient pas en milieu naturel.

MAISON DE RETRAITE

Et puis, il y a la reproduction. Son interdiction a enflammé les esprits. "Comment peut-on les priver d'une fonction biologique aussi fondamentale?", s'insurge Jon Kershaw, directeur animalier de Marineland à Antibes. Le Conseil d'Etat a, lui, jugé que le recours à la contraception hormonale n'avait pas de conséquences négatives sur la santé des cétacés. Celle-ci est déjà utilisée en zoos et serait, d'après un rapport de 2014, la meilleure solution pour empêcher la reproduction d'espèces sociales. Les dauphins pourront donc toujours s'adonner aux plaisirs physiques : ils sont l'une des rares espèces à pratiquer la sexualité récréative.

Quant à la reproduction, Cédric Sueur voit là un "faux argument. Presque toutes les naissances en captivité sont le produit d'une insémination et font naître des individus en mal-être". Et inadaptés à la vie sauvage, sauf programme efficace d'acclimatation. Pour une réelle disparition des delphinariums en France, l'arrêt de la reproduction semble, *in fine*, inévitable.

Mais que vont devenir les cétacés libérés? L'association C'est assez! œuvre à un projet visant à "les relâcher dans un bras de mer fermé,

afin qu'ils s'habituent à la chasse tout en étant suivis par leurs soigneurs actuels", confie sa présidente, Christine Grandjean.

Après les dauphins, les animaux de spectacle pourraient suivre. Déjà près d'une cinquantaine de communes en France interdisent les cirques avec des animaux sauvages sur leur territoire. C'est pourquoi André-Joseph Bouglione travaille à une transition douce "pour les animaux, comme pour les cirques, qui auront besoin de se retourner", et s'engage auprès de la première maison de retraite en Europe destinée aux éléphants, qui devrait ouvrir en 2018 près de Limoges.

Si certains pays, comme le Costa Rica, envisagent de fermer leurs zoos, en France, il n'en est pas question, d'autant qu'ils participent activement à des programmes de préservation d'espèces (voir encadré). Le directeur de la ménagerie du Jardin des Plantes, à Paris, Michel Saint-Jalme, voit tout de même un problème dans la disparition des spectacles d'animaux sauvages : "Ils sensibilisent les enfants au monde animal. Si les animaux ne se déplacent plus vers les villes, comment cette sensibilité se développera-t-elle?" De fait, cirques et delphinariums ont paradoxalement poussé des générations à défendre la cause animale. Sans cette souffrance sous les yeux, y deviendrons-nous moins sensibles? Le bébé panda né cet été au zoo de Beauval a, en tout cas, ému la France...

Les zoos au secours des espèces menacées?

"Les zoos participent activement à la conservation, au maintien et à la réintroduction de plus de 370 espèces à travers des programmes internationaux, détaille Michel Saint-Jalme, directeur de la ménagerie du Jardin des Plantes, à Paris. Une nécessité : plus de la moitié de la population des vertébrés a disparu ces quarante dernières années. Sauf que seulement 16 % des espèces détenues dans les zoos français font l'objet de ce type de programme, selon un rapport pour End-cap (coalition européenne pour la protection des animaux sauvages captifs). Et les delphinariums? Ils sont 20 % à agir pour la préservation des cétacés, via des recherches scientifiques ou des dons.

la Société mondiale pour la protection des animaux paru en 2009, l'espérance de vie d'un dauphin sauvage serait au moins égale à celle d'un dauphin captif, bien que les piscines soient exemptes de prédateurs et d'agents infectieux. Explication : "Le stress induit par la captivité peut tout à fait avoir un effet sur la durée de vie", avance Georges Chapouthier.

Ce qui amène à la dernière "liberté fondamentale" : l'expression de "compor-

aussi des groupes sociaux proches du milieu naturel, en préservant par exemple la dyade mère-jeune jusqu'au sevrage". Des structures sociales artificielles, "non choisies par les cétacés, sans échappatoire possible en cas de conflit", nuance Aurélie Célérier, spécialiste en écologie comportementale à l'université de Montpellier.

Lori Morino va plus loin : "Les cétacés captifs développent souvent des symptômes psychologiques

ÉDITION SPÉCIALE

100 INFOS QUE VOUS N'AVIEZ PAS SUR LES GAULOIS

NUMÉRO ÉPUISÉ
NOUVEAU
TIRAGE



EN VENTE À PARTIR DU 4 OCTOBRE

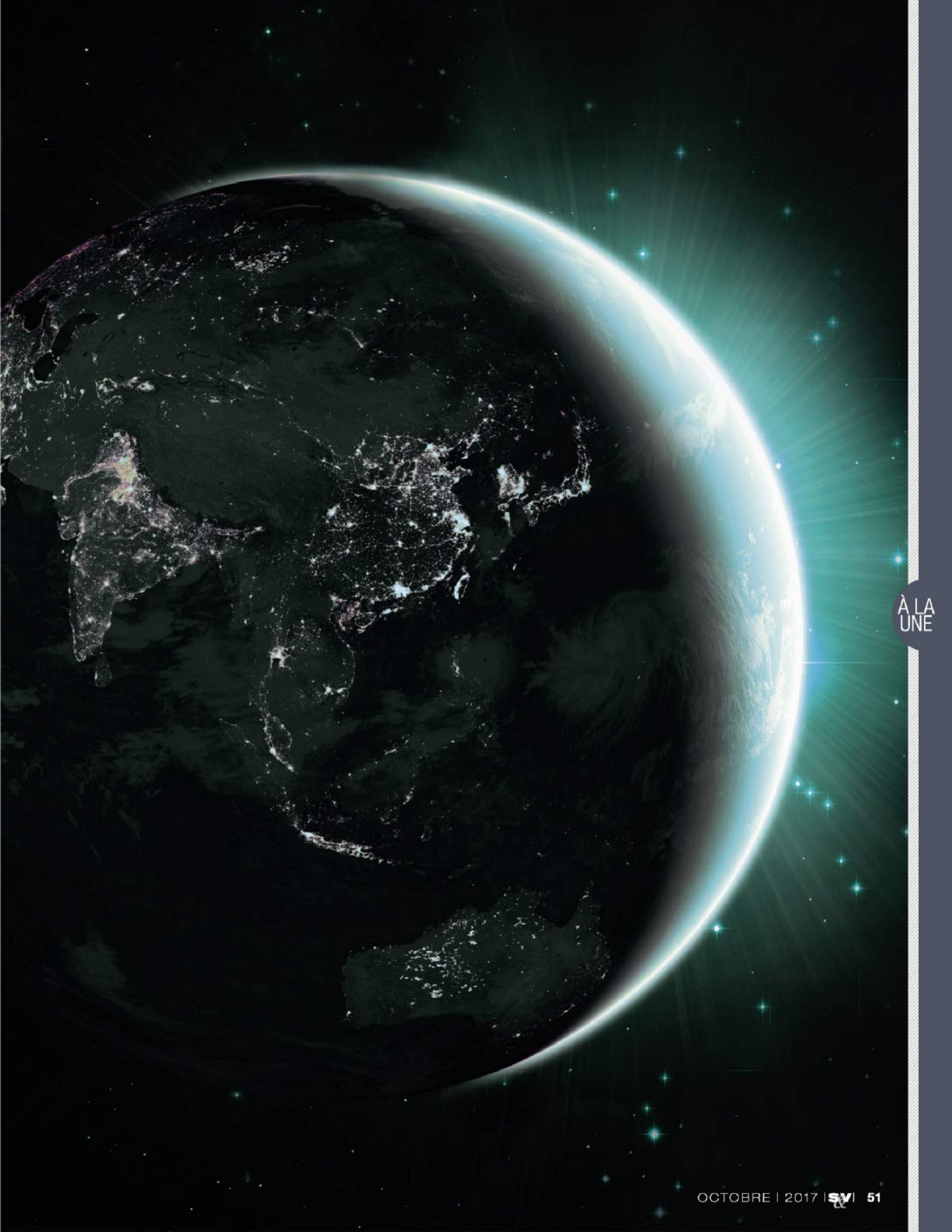
ASTERIX®-OBELIX®-IDEFIX® / © 2017 LES ÉDITIONS ALBERT RENÉ/GOSCINNY - UDERZO

ANOMALIES TERRESTRES LES 10 LIEUX QUI DÉFIENT LA SCIENCE

Venezuela, Ethiopie, Indonésie, mer du Labrador... Un peu partout sur Terre, il se passe des choses étranges. Des choses réellement anormales comparées à ce qui se passe partout ailleurs sur notre planète. Par exemple : ici, un glacier refuse de fondre ; là, une forêt se fait albinos ; ailleurs, un orage n'en finit plus de s'acharner sur un lac ou une île crache des torrents de boue depuis onze ans ! Au final, nous avons recensé dix lieux qui, géolocalisant des phénomènes hors normes, défient ce que l'on sait sur notre planète, que ce soit sur le plan magnétique, chimique, électrique ou autre. Preuve que celle-ci, contre toute attente, reste encore une *terra incognita*.

SHUTTERSTOCK

PAR VINCENT NOUYRIGAT,
AVEC YVES SCIAMA ET OLYMPE DELMAS



À LA
UNE

La Terre semble ne plus avoir de secret pour nous. Ses océans et continents ont été sillonnés de long en large, ses paysages photographiés sous tous les angles, ses mécanismes étudiés scrupuleusement au point d'être devenus presque tous prévisibles...

Et puis, soyons honnêtes : notre bonne vieille Terre, cette Gaïa si parfaite – quoique fragile – paraît de plus en plus fade au regard des près de 3 660 planètes extrasolaires repérées à ce jour. Autant de mondes fascinants, étranges ou carrément déjantés qui focalisent aujourd'hui l'attention d'une foule de jeunes chercheurs.

La Terre ne ferait plus rêver ? Trop lisse, trop parfaite, sans mystère, notre petite planète bleue ? Grossière erreur ! Chaque jour, géologues, géographes, climatologues, biologistes ou encore physiciens continuent d'être confrontés à l'inconnu et au bizarre sur le plancher des vaches...

Car, aussi surprenant que cela paraisse en 2017, les *terra incognita* abondent. Armés de moyens satellites, radars ou lasers toujours plus affûtés, les chercheurs n'en finissent pas de découvrir d'insoupçonnées structures géologiques cachées sous des milliers de mètres de glace ou nichées au fond des abysses. Et ce n'est qu'un début : songez que le fond de nos océans est

connu avec une résolution spatiale de 5 km, quand la surface de Mars ou Vénus est cartographiée à 100 m près... Sans parler de l'inaccessible noyau terrestre, dont la composition suscite encore des controverses incendiaires.

NOS MODÈLES REMIS EN CAUSE

Qui plus est, notre planète n'est pas avare en phénomènes naturels étranges. On ne parle pas ici de pseudo "Triangle des Bermudes" et autres curiosités paranormales. Il s'agit de phénomènes hors norme, bien identifiés, localisés précisément, de nature géologique, climatique ou physique. De sérieuses anomalies dans le fonctionnement de notre planète... Au point de remettre en cause parfois nos modèles théoriques les plus solides ! Loin d'être marginale, l'étude de ces anomalies mobilise des équipes entières, justifie des publications dans des revues prestigieuses et ouvre même de nouveaux champs de recherche.

Nous en avons sélectionné dix. Dix lieux singuliers et mystérieux qui montrent que la Terre ne tourne pas si rond. Dix aspérités dérangeantes dans ce portrait terrestre souvent trop lisse. Dix bizarreries qui promettent aussi de faire avancer la connaissance.

Voyage sur la face cachée de notre planète. **V.N.**



Californie

LA FORÊT ALBINOS

p. 70

Venezuela

LE LAC PERPÉTUELLEMENT FRAPPÉ PAR LES ÉCLAIRS

p. 57

Atlantique Sud

LE CIEL, ICI, DEVIENT UN GOUFFRE

p. 63

Ces autres mystères qui n'en sont plus

A côté de ces grands mystères, la Terre fourmille de petites bizarreries locales, susceptibles d'exciter l'imagination des curieux. Laquelle finit toujours froidement douchée par les explications des scientifiques qui se penchent dessus. Exemple : les "cercles de fées" du désert namibien. Selon une modélisation publiée en janvier dans *Nature*, ces étranges formes de végétation résulteraient de l'action conjointe de termites et de l'auto-organisation entre les racines des plantes. Autre curiosité au goût de paranormal : la "cascade de sang" qui semble s'écouler sur le glacier Taylor, en Antarctique. D'après une étude parue en juin, ce phénomène serait simplement lié à une source d'eau chargée en oxyde de fer, qui lui donne cette couleur rouille. Et les rochers qui bougent dans la vallée de la Mort ? Rien de magique : deux géologues américains ont récemment avancé un mécanisme combinant verglas nocturne et rafales de vent.

Les 10 lieux

Mer du Labrador
LA SEULE RÉGION
QUI REFROIDIT

p. 66

Sibérie
LA PORTE DE L'ENFER

p. 67

Antarctique
LE DERNIER
MONDE PERDU

p. 60

Indonésie
L'ÎLE QUI CRACHE SANS
FIN DE LA BOUE

p. 64

Pakistan
LE GLACIER QUI REFUSE
DE FONDRE

p. 54

Ethiopie
LÀ OÙ LA TERRE EST
RESTÉE ARCHAÏQUE

p. 58

Haute atmosphère
ICI, LA FOUDRE
MONTE AU CIEL

p. 68

À LA
UNE

les plus mystérieux de la Terre



+ 11 CM

chaque année

Selon des données satellite collectées entre 1999 et 2008, les glaciers du Karakoram grossissent, contrairement aux autres massifs glaciaires dans le monde.

L'ANOMALIE GLACIOLOGIQUE

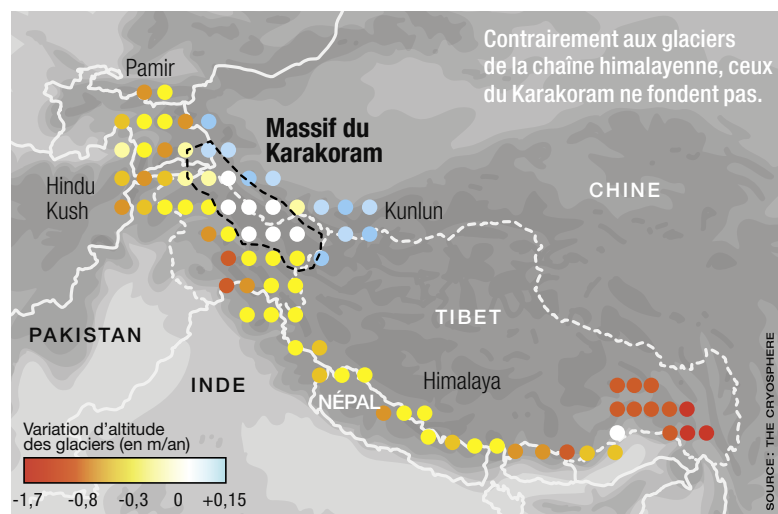
LE GLACIER QUI REFUSE DE FONDRE



L'ensemble glaciaire du Karakoram, au nord du Pakistan, s'étend sur 20 000 km².

La glace du Groenland recule à une vitesse affolante, l'Alaska et la Norvège fondent nettement, les glaciers des Andes disparaissent les uns après les autres, ceux de Patagonie sont en péril et les plus hauts sommets des Alpes font peine à voir. Même l'Everest et l'Antarctique donnent des signes d'étiollement. Bref: tous les glaciers du monde battent en retraite sous l'effet du réchauffement climatique.

Tous... sauf ceux du massif du Karakoram! Ce comportement hors norme est longtemps passé inaperçu. Et pour cause: situé au nord du Pakistan, cet ensemble glaciaire d'environ 20 000 km² s'avère très difficile d'accès, en plus d'être l'objet de sérieuses tensions politiques avec l'Inde voisine. L'endroit, qui compte plusieurs pics au-delà de 8 000 mètres, dont le terrible K2, n'est sillonné que ➔



— par une poignée d'alpinistes et de glaciologues aventureux. Difficile, dans ces conditions, de mesurer l'évolution de langues de glace longues d'une cinquantaine de kilomètres. *"J'avais constaté sur place, dès la fin des années 1990, des indices de stabilité, voire de croissance de ces glaciers. Mais j'ai eu le plus grand mal à faire accepter mes résultats"*, témoigne Kenneth Hewitt, de l'université Wilfrid-Laurier à Waterloo (Canada). L'intrépide Canadien parvient tout de même à publier un premier article sur *"l'anomalie Karakoram"* en 2005, mais sans vraiment convaincre la communauté faute de données globales.

IMPERTURBABLES GLACIERS

Aujourd'hui, plus personne n'en doute. *"En 2012, nous avons pu vérifier l'évolution de ces glaciers à partir des relevés topographiques pris depuis la navette spatiale Endeavour et le satellite Spot 5 entre 1999 et 2008, explique Etienne Berthier, glaciologue à l'université de Toulouse. Il y avait bien une anomalie : nos données montrent que ces glaciers gagnent même un peu en épaisseur, de l'ordre de 11 cm par an !"*

Un constat forcément gênant. *"Avant de publier sur le sujet, j'ai eu peur que les climatosceptiques s'emparent de nos résultats pour en détourner le message"*, avoue Etienne Berthier.

D'autant plus, ajoute Kenneth Hewitt, que *"les glaciologues – et je m'inclus dans le lot – estimaient que ces glaciers étaient en recul depuis au moins les années 1920. Plusieurs organismes annonçaient même une forte perte de glace dans ces vallées"*. A en croire ces évaluations, le Karakoram devait



KENNETH HEWITT

Géographe à l'université Wilfrid-Laurier de Waterloo (Canada)

J'ai constaté sur place, dès la fin des années 1990, des indices de stabilité de ces glaciers

contribuer à une hausse des océans de 0,5 mm par décennie... Soit près de 10 % de l'effet global causé par les glaciers sur le niveau des océans.

Tout faux : le Karakoram ne fond pas. Ses glaciers restent imperturbables alors que les températures enregistrées dans les vallées augmentent sans conteste depuis 1975 et que le reste de l'Himalaya recule.

UN MICROCLIMAT INSOUÇONNÉ

Pourquoi ? Plusieurs hypothèses ont été évoquées, comme celle d'une topographie ou d'une nature de glacier très particulières, ou la présence dans cette région d'épais débris rocheux sur la glace qui joueraient un rôle d'isolant thermique... Mais la proposition la plus convaincante à ce jour serait celle d'un microclimat jusqu'ici insoupçonné – par manque de stations météo installées à haute altitude. Selon des simulations numériques menées récemment par une équipe de Princeton, le réchauffement global se traduirait ici par une hausse des précipitations hivernales sous forme de neige, et non, comme dans les régions limitrophes, par un surcroît de précipitations estivales durant la mousson, souvent sous forme de pluie. Une hypothèse qui reste à étayer...

Reste à savoir si cette anomalie va perdurer – et pourquoi pas s'amplifier – avec le réchauffement en cours. Un glaciologue suisse a exhumé au printemps 2016 des images d'un satellite espion américain utilisé durant les années 1970 qui attestent la persistance du phénomène. *"Le Karakoram passionne les chercheurs et continue de faire l'objet de publications dans des revues prestigieuses, souligne Etienne Berthier. Nous étudions aussi de très près les massifs voisins du Kunlun Shan et du Pamir. Il est important de ne pas laisser de côté ce genre d'anomalie, ne serait-ce que pour faire le tri entre les différents modèles qui parviennent ou non à reproduire cette singularité."*

Ou les vertus de l'exception qui confirme la règle.

V.N.



Au nord-ouest du Venezuela, le lac Maracaibo est le plus grand d'Amérique du Sud.



L'ANOMALIE ÉLECTRIQUE

LE LAC, PERPÉTUELLEMENT FRAPPÉ PAR LES ÉCLAIRS

À LA UNE

La nature se déchaîne ici presque tous les soirs, offrant un spectacle à la fois grandiose et terrifiant... Bienvenue au lac Maracaibo où, 297 jours par an en moyenne, un orage monumental rugit pendant environ dix heures en générant des rafales de parfois plus de 40 éclairs à la minute. Cette région du Venezuela est officiellement la plus électrique de la planète : une étude satellite publiée l'année dernière y a relevé la plus haute densité d'éclairs au monde – 233 par km² par an, contre environ 10 pour l'endroit le plus orageux de France.

Les origines de ce feu d'artifice naturel ont fait l'objet de nombreuses spéculations. Certains scientifiques ont évoqué la présence d'uranium dans les terrains alentour, plus récemment des physiciens ont proposé un modèle théorique liant les éclairs et les émanations de méthane issues des immenses gisements de pétrole de la région...

L'explication tiendrait en fait à la configuration géographique très particulière du lieu. *“Le lac Maracaibo est l'un des plus grands lacs tropicaux au monde, placé au bord des montagnes escarpées des Andes : le scénario idéal pour développer un orage !”* tranche Rachel Albrecht, climatologue à l'université de São Paulo.

UN MEURTIER DÉLUGE DE FOUDRE

“L'air extrêmement chaud et humide transporté par la brise du soir est forcé de monter brusquement en altitude par la topographie, enchaîne Rodrigo Bürgesser, spécialiste de cet orage à l'université de Buenos Aires. Durant l'ascension, l'air refroidit et forme des cristaux de glace et des grêlons qui, par leurs mouvements et leurs collisions, créent un processus d'électrification.”

Résultat : un déluge de foudre dont la puissance est telle qu'elle modifie la chimie de l'atmosphère ; Maracaibo

est la plus grande source naturelle d'ozone de la planète. Mais la priorité des scientifiques qui étudient actuellement la zone est ailleurs. *“L'urgence est de pouvoir assurer la sécurité des habitants en améliorant nos prévisions, confie Rachel Albrecht. Il n'existe pas de statistiques sur les personnes blessées ou tuées par la foudre ici, mais ce chiffre doit certainement être important.”* Outre la sécurité des hommes et du bétail, cet enfer électrique entrave les activités de pêche, le transport aérien, la distribution d'électricité et surtout l'extraction et le transport de pétrole... Une anomalie bien difficile à vivre. **V.N.**

297

jours d'orage par an

Dans cet enfer météorologique, les orages durent des heures et génèrent des dizaines d'éclairs à la minute.



L'ANOMALIE CHIMIQUE

LÀ OÙ LA TERRE EST RESTÉE

“Peu d'endroits sur la planète procurent un tel sentiment d'étrangeté de la nature”, confie Purificación López García, microbiologiste à l'Université Paris-Sud, aguerrie aux milieux les plus hostiles. Pour cette experte, pas de doute: le champ hydrothermal de Dallol, en Ethiopie, “offre une combinaison unique de paramètres extrêmes”. Ici, tout s'oppose

à la vie. L'endroit connaît des températures de +45 °C en plein hiver, seule saison où la présence humaine y est possible. Quant à la géologie... “Le site est centré sur un dôme de sel de 2 km d'épaisseur, résidu d'une mer disparue. Juste au-dessous, une poche magmatique très active finira probablement par devenir un volcan, explique la scientifique. A chaque

pluie, l'eau s'infiltre, puis remonte au contact de la chaleur, chargée en sel et en minéraux, pour former un champ de cheminées et de sources hydrothermales éjectant des gaz toxiques et des liquides à plus de 100 °C, dont la salinité peut atteindre 50 % !” Cerise sur le gâteau: l'acidité du lieu est si élevée que le pH peut prendre des valeurs négatives,



À LA
UNE

ARCHAÏQUE

atteignant même par endroits la valeur rarissime de -1,5 !

La vie n'est pourtant pas totalement absente dans cet univers dépourvu du moindre brin d'herbe ou du plus petit invertébré : quelques bactéries et archées survivent. "C'est un des rares environnements terrestres où la vie ne domine pas, où l'activité géochimique est en quelque sorte pure", indique la

chercheuse. Ce site pourrait aussi être le dernier vestige d'une Terre primitive où la vie n'aurait pas encore totalement pris son envol – comme il y a 3,5 milliards d'années. "Dallol fait figure de modèle scientifique pour comprendre le fonctionnement de notre planète à une époque où la géologie dominait encore la biologie", conclut Purificación López García. **Y.S.**

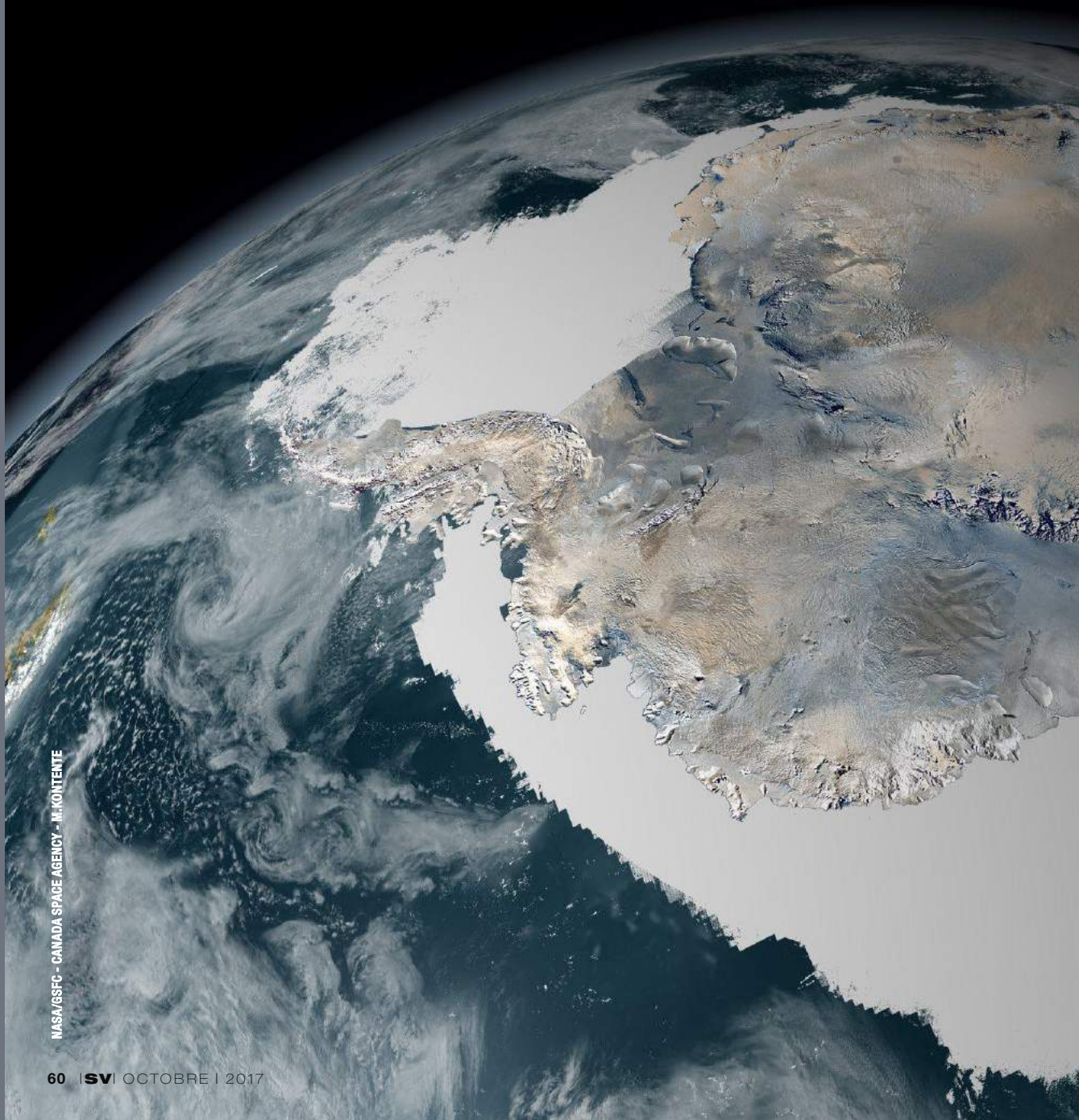


Dans le désert du Danakil, au nord de l'Éthiopie, le champ hydrothermal de Dallol se niche dans une dépression, sous le niveau de la mer.

-1,5

de pH

L'acidité du site est si forte que le pH peut prendre des valeurs négatives, phénomène que l'on ne retrouve nulle part ailleurs.

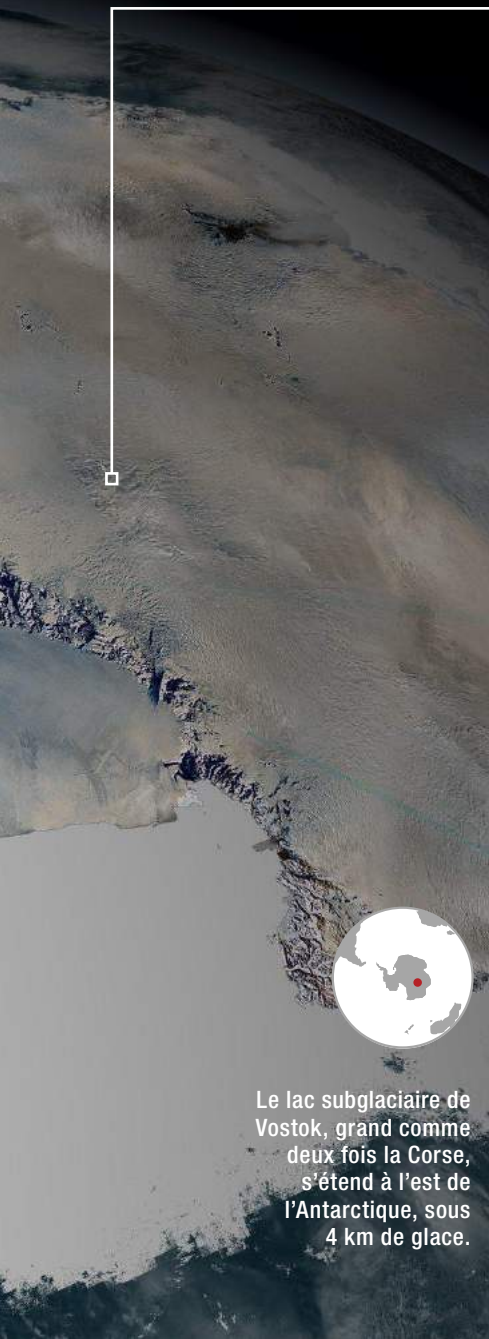
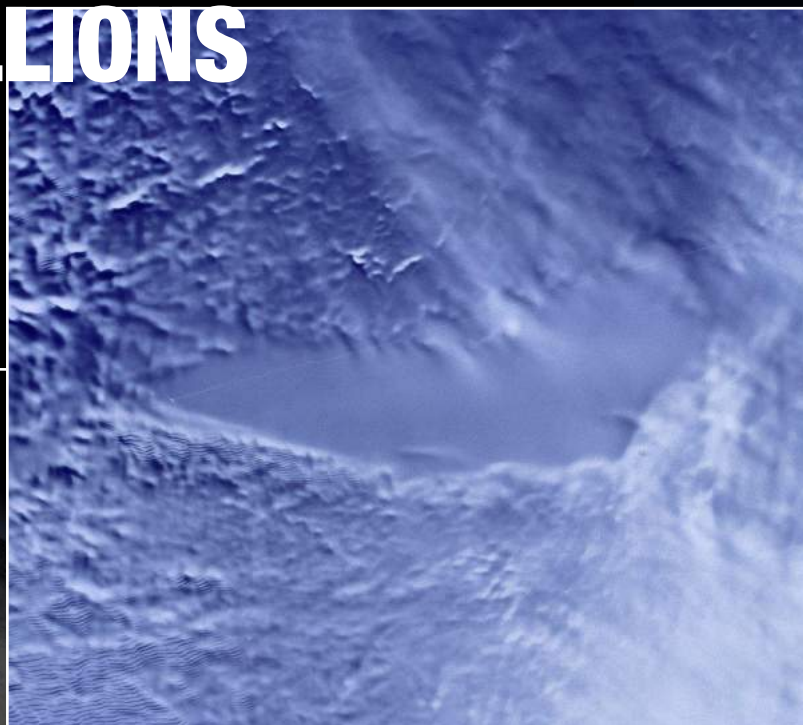


NASA/GSFC - CANADA SPACE AGENCY - M. KONTENTE

14 MILLIONS

d'années

C'est la durée d'isolement de ce lac subglaciaire, resté à ce jour sans contact avec le monde extérieur.



À LA UNE

L'ANOMALIE ÉVOLUTIVE

LE DERNIER MONDE PERDU

Difficile d'imaginer lieu plus isolé que la base antarctique de Vostok, au cœur de la région la plus déserte et la plus froide de cette planète – la température moyenne annuelle y est de -54°C .

Au début des années 1990, pourtant, les glaciologues ont découvert sous cette gangue de glace de 4 km d'épaisseur un monde englouti, confiné et isolé de l'air libre depuis au moins 14 millions d'années. Un lac d'eau liquide, grand comme deux fois la Corse, atteignant par endroits 1000 m de profondeur. Depuis cette apparition sur leurs écrans radar, les

scientifiques ne cessent de fantasmer sur ce paysage sous-glaciaire, ses îles, ses légers courants d'eau cristalline et, surtout... ses possibles formes de vie.

De la vie ici, vraiment? Les deux forages menés en 2012 et 2015 par une équipe russe aux frontières de ce monde perdu ont été trop peu soignés pour permettre de conclure quoi que ce soit – les fluides de forage contaminent tout. Surtout, aucun appareil n'a encore atteint les eaux profondes du lac ni ses sédiments. Mais l'espoir est permis: la pression de 400 bars et la température de →

Le lac subglaciaire de Vostok, grand comme deux fois la Corse, s'étend à l'est de l'Antarctique, sous 4 km de glace.

→ L'eau de -3°C ne sont pas des obstacles insurmontables pour des micro-organismes; l'absence totale de lumière pourrait être compensée par l'énergie chimique tirée par exemple de l'hydrogène, du méthane ou du soufre; enfin, les faibles teneurs en carbone ne sont pas alarmantes et la trop forte concentration en oxygène – libéré par les bulles présentes dans la glace – ne semble concerner que les eaux superficielles.

ÉCOSYSTÈME EXTRÊME

“Après dix ans de travaux sur le sujet, je vous garantis qu'il y a de la vie dans le lac Vostok”, tranche Brent Christner, microbiologiste à l'université de Floride. “Toutes mes recherches montrent que la vie est possible ici, renchérit John Prisco, biogéochimiste à l'université du Montana. Il devrait y avoir des microbes. Ce serait une exception écologique s'il n'y avait rien – la vie sur Terre est si tenace!”

Certes. Depuis plusieurs décennies, les scientifiques découvrent des écosystèmes inédits logés sur des hauts plateaux vertigineux, au fond de grottes secrètes ou dans les profondeurs de la croûte terrestre. Mais ces biotopes extrêmes sont presque toujours reliés au monde extérieur: *“Les espèces des grands fonds océaniques se nourrissent par exemple des retombées de déchets issus des organismes de surface”,* rappelle Philippe Normand du Laboratoire d'écologie microbienne (université de Lyon).



A Vostok, les biologistes s'attendent à trouver un écosystème absolument seul au monde depuis des millions d'années. Un système microbien très ancien – issu du lac qui préexistait aux glaciations ou apporté par la glace – qui aurait évolué en totale autarcie! Avec sans doute, à la clé, la découverte d'espèces inconnues ou de traits spécifiques. *“La très forte pression sélective qui s'exerce dans ce lac sous-glaciaire devrait mener les bactéries à des différences évolutives significatives par rapport à leurs homologues de surface”,* pense Philippe Normand. Même si ces organismes n'auront sans doute pas l'exotisme radical des êtres qui peuplent peut-être les lunes glacées de Jupiter ou de Saturne: *“La chimie de base de la vie sur Terre reste la même quel que soit l'endroit”,* rétablit Tristy Vick-Majors, microbiologiste à l'université du Québec. Mais au-delà de Vostok, on a repéré à ce jour près de 400 lacs sous-glaciaires en Antarctique, plus ou moins isolés, qui pourraient abriter une variété d'écosystèmes insoupçonnée.”

Une biosphère engloutie encore très difficile à étudier dans les conditions dantesques de l'Antarctique: les Américains ont réussi à percer un modeste lac connecté à la mer en 2013, mais les Britanniques ont échoué à atteindre le bassin d'Ellsworth et les Russes attendent encore la saison 2018 ou 2019 avant de plonger pour la première fois dans les profondeurs du géant Vostok. Une plongée dans l'inconnu. **V.N.**

JOHN PRISCO
Biogéochimiste
à l'université
du Montana

Ce serait une exception écologique s'il n'y avait rien ici : la vie sur Terre est si tenace !



Au cœur de l'Atlantique Sud, une brèche (flèche) s'est formée dans le champ magnétique terrestre.

- 50 %

d'intensité du champ

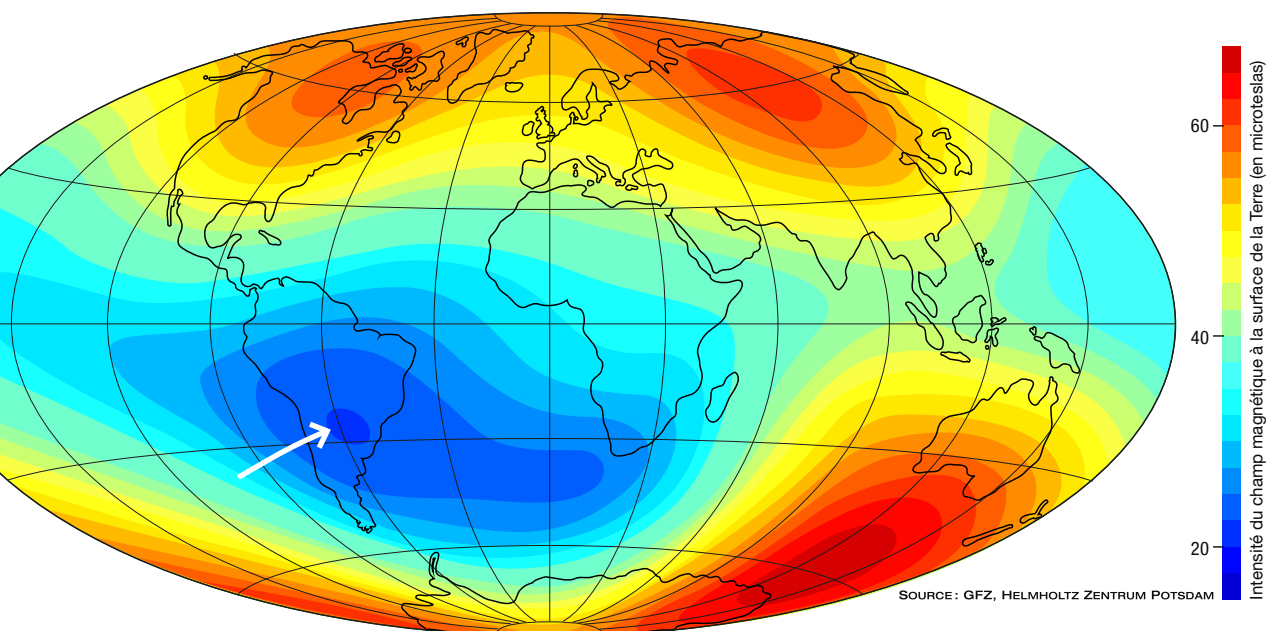
C'est l'écart spectaculaire par rapport à la normale que l'on mesure au large du Brésil, où le phénomène est le plus prononcé.

L'ANOMALIE MAGNÉTIQUE

ICI LE CIEL

Un trou béant dans un bouclier... C'est l'image troublante qui vient à l'esprit lorsqu'on observe les contours du champ magnétique terrestre au-dessus de l'Atlantique Sud. Une sorte de gouffre qui s'étend *grosso modo* du Chili au Zimbabwe et s'enfonce littéralement au large du Brésil, où l'intensité du champ chute d'environ 50 % par rapport à la normale. Une anomalie édifiante au cœur de notre sacro-sainte magnétosphère, sans laquelle la vie n'aurait pas été possible dans l'enfer des radiations spatiales.

Peu connue du grand public, “l'anomalie magnétique de l'Atlantique Sud” hante depuis des décennies les opérateurs de satellites. Cette brèche dans le bouclier magnétique terrestre assure, en effet, un chemin privilégié aux particules de haute énergie, susceptibles de provoquer des bugs dans les systèmes électroniques; à tel point que le télescope Hubble met ses instruments en sommeil à chaque passage dans cette zone.



DEVIENT UN GOUFFRE

Mais le phénomène mobilise surtout les géophysiciens. Car son origine fait débat : *“L’affaiblissement du champ pourrait être lié à un transport de flux magnétique de polarité opposée depuis l’hémisphère Nord, ou alors à l’expulsion d’un tel flux depuis, cette fois, les profondeurs du noyau terrestre, suggère Julien Aubert, de l’Institut de physique du globe. Nous n’avons pas encore pu discriminer clairement entre ces deux mécanismes.”*

La persistance du phénomène est aussi un enjeu de recherche : il a été repéré dès les premières mesures systématiques du champ magnétique terrestre, effectuées dans les années 1840. Des analyses réalisées récemment sur les minéraux contenus dans les poteries du peuple bantou en Afrique du Sud, vieilles parfois de 700 ans, font également apparaître ce phénomène. *“De notre côté, nous venons de retrouver la même anomalie dans cinq coulées de lave distinctes survenues il y a entre 46 000*

et 90 000 ans sur l’île volcanique de Tristan da Cunha, en plein Atlantique Sud, révèle Jay Shah, doctorant en géomagnétisme à l’Imperial College de Londres. Ce qui dessine un phénomène persistant ou, à tout le moins, récurrent...” De fait, *“ce genre d’anomalie apparaît régulièrement dans nos simulations numériques”*, renchérit Julien Aubert.

VERS UNE INVERSION DU PÔLE NORD ET DU PÔLE SUD ?

Ce qui irait dans le sens d’une anomalie banale et inoffensive... Pas si sûr : d’après certains chercheurs, cette configuration anormale serait, au contraire, le signe précurseur d’une inversion totale des pôles magnétiques – le pôle Nord se retrouvant au pôle Sud. En quelque sorte, ce champ magnétique affaibli se propagerait dans tout l’hémisphère Sud avant de faire basculer l’ensemble du dipôle terrestre. Après tout, l’événement se produit naturellement tous les 400 000 ans en moyenne et le dernier renver-

sement remonte déjà à 780 000 ans... Une menace crédible ? *“On pourrait en effet s’attendre à observer une telle anomalie avant une inversion, mais cette configuration magnétique pourrait aussi émerger sans provoquer de basculement”*, tempère Angelo de Santis, de l’Institut italien de géophysique et de volcanologie (Rome).

L’anomalie est sans doute une condition nécessaire, mais non suffisante : d’autres facteurs entrent en ligne de compte, comme l’intensité globale du champ magnétique terrestre. *“A vrai dire, on connaît très mal le déroulement d’un changement de polarité, nos simulations ne parviennent pas à le reproduire”*, reconnaît Julien Aubert.

En attendant, les derniers modèles de l’Institut de physique du globe prévoient une extension et une intensification de ce phénomène d’ici à 2100... Une anomalie un peu inquiétante, avec laquelle il va pourtant falloir s’habituer à vivre. **V.N.**

À LA UNE

DR - M. KONTENTE



L'ANOMALIE VOLCANIQUE

L'ÎLE QUI CRACHE SANS FIN

“Ce phénomène géologique n’a pas d’équivalent connu”, souffle Stephen Miller, de l’université de Neuchâtel. Tout commence le 29 mai 2006, lorsque le sol de la ville de Sidoarjo, en Indonésie, se déchire et vomit des flots d’eau, de sédiments et de gaz. La situation devient très vite incontrôlable. Jusqu’à 180 000 m³ de boue nauséabonde s’écoulent chaque jour,

noyant tout sur leur passage; on déplore 13 morts et 40 000 déplacés. Onze ans plus tard, en 2017, la boue jaillit toujours, et le flot ne devrait pas se tarir avant vingt ans...

Cette catastrophe inédite agite la communauté scientifique. Car si les géologues ont identifié au moins 600 volcans de boue sur Terre, le phénomène semble ici d’une autre nature.

“On assiste d’habitude à des épanchements froids et intermittents, or l’éruption de Java se comporte comme un système continu, tel un geyser”, analyse Stephen Miller.

Les origines du phénomène sont toujours âprement débattues. *“Il a été provoqué par un accident survenu la veille sur le forage gazier tout proche, assure Richard Davies, de l’université*



À LA
UNE



L'éruption s'est produite dans les faubourgs de la ville de Sidoarjo, à l'est de l'île de Java, en Indonésie.

DE LA BOUE

de Newcastle. Les foreurs sont tombés sur une aquifère sous haute pression, ce qui a propulsé des flots d'eau capables de fracturer la roche et de soulever la couche sédimentaire." Verdict, largement partagé par les chercheurs: il s'agirait donc d'un incroyable accident industrialo-géologique.

Mais pour Stephen Miller, "l'éruption a été causée par un séisme qui

s'est déroulé à 250 km de là. L'énergie sismique a liquéfié les sédiments et activé un système hydrothermal qui alimente le phénomène. Certains indices montrent que l'éruption serait liée à un système volcanique dont le magma stimulerait les sédiments."

Une chose est sûre: les Javanais assistent, dans la douleur, à une éruption d'un nouveau genre.

V.N.

11 ANS

d'écoulement non stop

Depuis 2006, le volcan vomit sa boue fétide sans interruption, formant une gangue de 40 m d'épaisseur par endroits. Il déverse encore aujourd'hui l'équivalent de 25 piscines olympiques chaque jour.

LA SEULE RÉGION AU MONDE QUI REFROIDIT

Il se passe quelque chose d'étrange dans les modèles climatiques... Les chercheurs ont beau faire tourner leurs simulations, la même bizarrerie apparaît inmanquablement autour de la pointe sud du Groenland et dans la mer du Labrador: une petite tache bleue qui annonce une stagnation, voire une baisse des températures... en plein réchauffement global.

"Cette tendance a été observée dans cette région du monde tout au long du XX^e siècle, avec par moments des périodes de refroidissement intense, comme à la fin des années 1960",

relève Juliette Mignot au Laboratoire d'océanographie et du climat (Paris VI). Plus frappant: *"Cette 'goutte froide' persiste dans la plupart des modèles de projections sur le XXI^e siècle",* avance Didier Swingedouw, chercheur au laboratoire Environnements et paléo-environnements océaniques et continentaux (Bordeaux)... quand, non loin de là, l'océan Arctique connaît un réchauffement deux fois plus rapide que le reste de la planète!

C'est que le cas du Labrador est totalement singulier. Cette mer est soumise à de profonds mouvements de

convection qui permettent de restituer de la chaleur vers l'atmosphère et de maintenir une certaine tiédeur.

DES CONSÉQUENCES JUSQU'AU SAHEL

Or, ce phénomène s'avère très vulnérable aux changements climatiques. Le mécanisme ne peut s'enclencher que lorsque les eaux superficielles sont suffisamment denses, c'est-à-dire à la fois froides et salées, pour pouvoir descendre en profondeur et provoquer ainsi la convection. Et plusieurs études montrent à quel point l'évolution des précipitations et des



Ce gouffre s'est formé au cœur de la Sibérie, à environ 600 km au nord-est d'Irkoutsk.

1 KM

de longueur

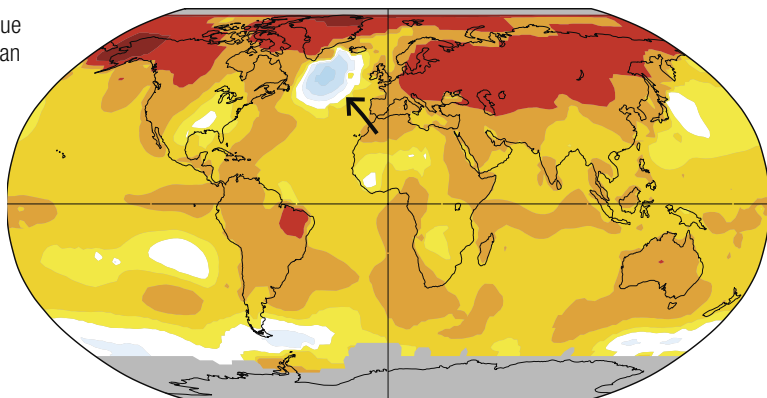
Le plus grand cratère du monde progresse encore de 20 m chaque année. Il est en outre profond de 80 m.



Ce point froid (flèche) se situe dans le nord-ouest de l'océan Atlantique, entre le Canada et le Groënland.

températures ou un changement de circulation océanique peuvent entraver cette précieuse convection, gage de chaleur. Sans parler de la fonte massive attendue des glaces du Groënland, qui pourrait aussi apporter des flux d'eau douce trop légère.

"Cet effet refroidissant serait du même ordre de grandeur que le réchauffement climatique prévu d'ici à 2050", compare Juliette Mignot. Mais de récents travaux pointent le risque d'un arrêt complet de la convection sous l'effet du changement climatique global, entraînant dans cette partie de l'Atlantique Nord un refroidissement brutal, de l'ordre de 3°C en l'espace d'une décennie! Une anomalie froide qui aurait des conséquences à grande



Anomalie de température en hiver 2013-2016 par rapport à 1900-1950
-4.1 -4.0 -2.0 -1.0 -0.5 -0.2 0.2 0.5 1.0 2.0 4.0 6.2

SOURCE : NASA-GISS

échelle, rafraîchissant par exemple durablement l'Europe de l'Ouest ou asséchant encore plus le Sahel.

"Cette anomalie illustre les violentes non-linéarités du système climatique", éclaire Juliette Mignot. Les climatologues ont désormais les yeux rivés sur la mer du Labrador. **V.N.**

-3°C

en une décennie

C'est le refroidissement brutal que pourrait subir cette région du globe, en dépit du réchauffement climatique mondial.

L'ANOMALIE GÉOLOGIQUE

LA PORTE DE L'ENFER

Les Yakoutes l'appellent la "porte de l'enfer", les scientifiques un "méga effondrement". Le cratère de Batagaika, apparu dans les années 1960 en Sibérie du nord, est non seulement le plus grand de la planète, avec plus de 1 km de diamètre et plus de 80 m de profondeur, mais il ne cesse de s'agrandir. Sans que personne sache exactement quand cette croissance prendra fin.

La "porte de l'enfer" a semble-t-il un lien avec le réchauffement climatique, qui fait fondre le permafrost, autrement dit le sol constamment gelé de ces terres parmi les plus septentrionales du monde (67,3°C de latitude nord). La température de cette région, qui est de -15°C en moyenne annuelle, s'y est réchauffée de plus de 1,5°, dégelant des couches de sol qui étaient solides depuis des millénaires.

D'autres cratères sont certes apparus en Alaska et en Sibérie, et leur formation est relativement bien comprise. Lorsque les cristaux de glace fondent, l'eau qui en résulte occupe moins de place et tend à s'évacuer; du coup, des effondrements se produisent. Un phénomène parfois compliqué par la libération de poches de méthane piégé au comportement explosif, ce qui rend les sites plus difficiles à interpréter.

PARADIS SCIENTIFIQUE

Mais la plupart de ces trous sont des nains (quelques dizaines de mètres de diamètre), comparés au cratère géant de Batagaika, dont la dynamique est en outre impressionnante: il progresse d'environ 20 m par an, en émettant des sons que les Yakoutes qualifient de bizarres et effrayants. Ce gigantisme

reste un mystère à ce jour, le sous-sol et les pentes du site n'ayant a priori rien d'exceptionnel. Le phénomène des "forêts ivres", des arbres déstabilisés par la fonte du sol qui pointent dans toutes les directions, ajoute encore à l'atmosphère irréelle du lieu.

Même si les chercheurs ne comprennent pas clairement comment s'est formée cette structure, ni jusqu'où elle ira, ils espèrent bien faire de cette porte de l'enfer un paradis scientifique. *"Le front de l'effondrement forme une cassure nette qui expose une succession régulière de couches géologiques couvrant 200 000 ans où les fossiles abondent, se réjouit Julian Morton, de l'université de Sussex. Cela va nous permettre de reconstituer l'histoire écologique de cette région presque inexplorée..."* **Y.S.**

LÀ OÙ LA FOUDRE MONTE AU CIEL

Longtemps, les scientifiques n'ont pas voulu y croire. Les quelques témoignages de pilotes d'avions civils ou militaires à disposition étaient assez timides et brouillons; la plupart évoquaient une sorte de "foudre ascendante", un éclair qui se propagerait au-dessus des nuages d'orage, vers l'espace et non vers la terre ferme...

"Cela n'était pas un sujet pour nous, et on ne regardait pas spécialement cette zone de l'atmosphère", admet Thomas Farges, physicien à la Direction des applications militaires du CEA.

Cette coupable indifférence a pris fin le 6 juillet 1989, lorsque des chercheurs de l'université du Minnesota, en plein étalonnage d'une caméra destinée à embarquer sur une fusée-sonde, captèrent par hasard un éclair d'un genre nouveau. La première preuve de l'existence de décharges électriques dans la haute atmosphère – possibilité qui avait été évoquée discrètement par le physicien écossais Charles Wilson, dans un article théorique publié en 1925.

Aujourd'hui, ces phénomènes lumineux fugaces sont pris très au sérieux:

JEAN-LOUIS PINÇON

Laboratoire de physique et chimie de l'environnement et de l'espace, université d'Orléans

Nous ne savons toujours pas quelle étincelle permet de mettre le feu aux poudres

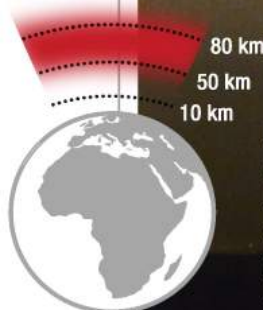
ils mobilisent de grandes campagnes d'observation aérienne, des missions de détection depuis la Station spatiale internationale – la prochaine expérience débute ce mois de septembre – et le lancement de satellites comme le vaisseau français *Taranis*, prévu pour 2019.

JETS BLEUS, ELFES, GNOMES, HALOS, SYLPHE ROUGES...

Depuis trois décennies, les physiciens découvrent, entre 20 et 100 km d'altitude, un monde insoupçonné de lueurs de natures et de formes diverses. Elfes, gnomes, halos, sylphes rouges, jets bleus, jets géants... des appellations qui traduisent la sidération des débuts, mais aussi les dimensions monstrueuses de cette foudre céleste.

Les elfes, par exemple, se présentent comme des anneaux de lumière rouge en expansion pouvant atteindre plus de 300 km de diamètre, apparaissant pendant une milliseconde vers 90 km d'altitude. Ils résultent de l'interaction de l'impulsion électromagnétique émise lors d'éclairs nuage-sol avec les électrons libres présents dans la basse ionosphère.

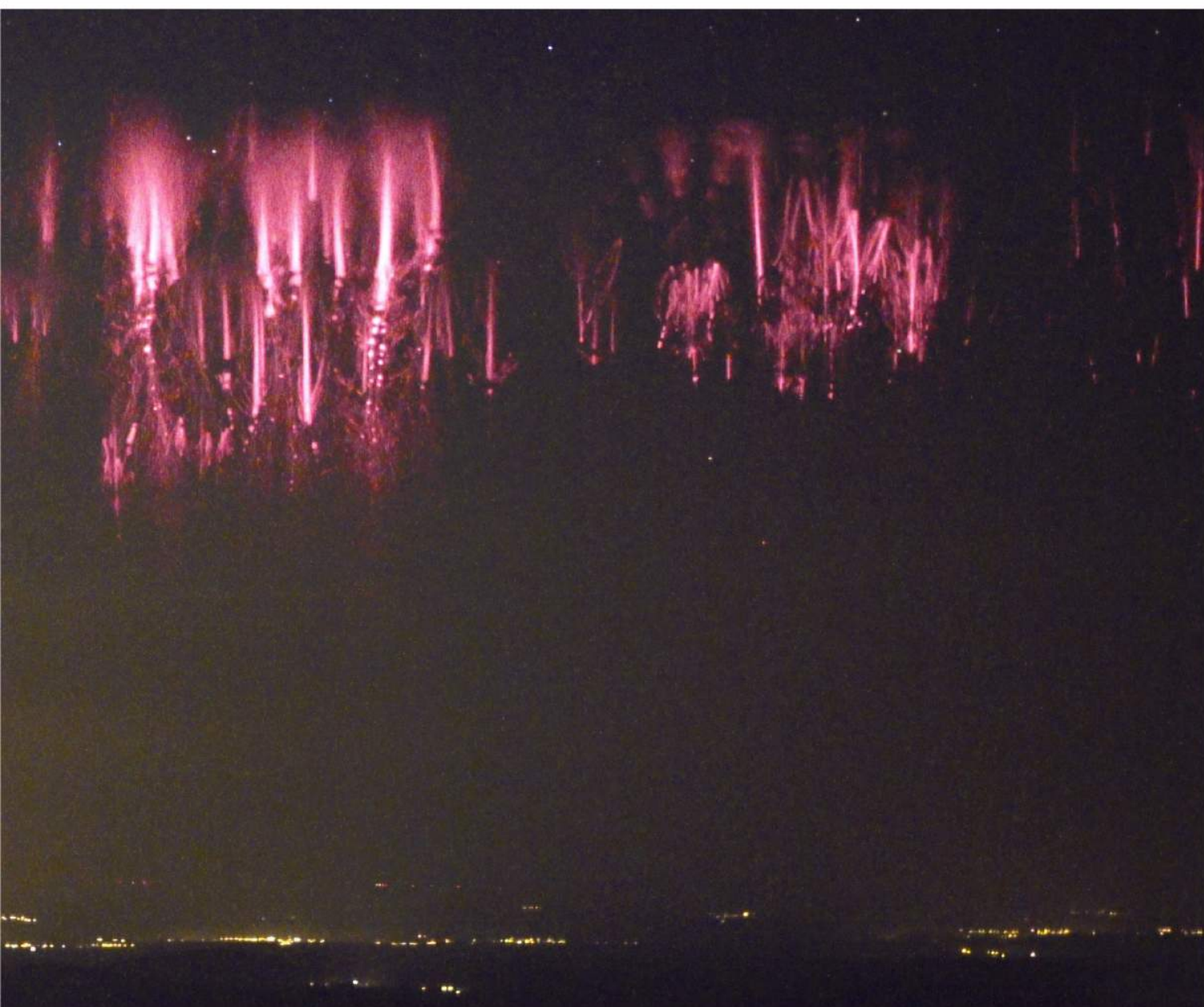
Autre catégorie emblématique de lueurs: les sylphes rouges (*sprites* en anglais) sont des flashes filamenteux qui se déploient verticalement sur 40 à 90 km. Occasionnellement, de nombreux sylphes peuvent se regrouper, formant ainsi une structure large de 100 km – largement de quoi impressionner un pilote de ligne. *"L'écoulement très rapide d'un grand nombre de charges électriques à travers l'éclair*



Entre 20 km et 100 km au-dessus de la Terre, la stratosphère et la mésosphère sont le théâtre de phénomènes lumineux hors norme.

nuage-sol provoque un déséquilibre brutal des charges rendant possible, pendant quelques dizaines de millisecondes, l'existence d'un champ électrique très puissant au-dessus des nuages, éclaire Jean-Louis Pinçon, chimiste à l'université d'Orléans. Les conditions sont alors favorables au développement de ces phénomènes. En revanche, nous ne savons toujours pas quelle étincelle permet de mettre littéralement le feu aux poudres, c'est un sujet de recherche actuel."

Plus qu'une simple curiosité, ces décharges semblent jouer un rôle dans la chimie de la haute atmosphère et s'inscrivent dans le bilan électrique global



À LA
UNE

de la Terre. “Certains jets géants relient même le haut des nuages jusqu’à l’ionosphère, 100 km plus haut, où ils déposent une quantité substantielle de charge électrique”, constate Steve Cummer, électricien de l’atmosphère à l’université de Duke.

TERRA INCOGNITA CÉLESTE

“Au début, on croyait que les phénomènes lumineux étaient rares et d’une importance marginale pour la physique atmosphérique. Or, on pense aujourd’hui qu’ils se produiraient tous les dix éclairs sur Terre !” s’enthousiasme Jean-Louis Pinçon. Ces lueurs se compteraient chaque

année en millions. “Il n’y a pas forcément besoin d’orages titanesques, comme ceux des grandes plaines américaines, pour les déclencher : les éclairs qui se produisent ici suffisent”, poursuit le physicien.

“Franchement, il est assez extraordinaire que l’on ait attendu la fin du XX^e siècle pour en accepter l’existence, alors qu’une formidable variété de lueurs se manifeste, depuis des millions d’années, au-dessus de nos têtes”, s’étonne Steve Cummer. Et beaucoup reste à découvrir... A l’image de la profusion de jets bleus repérés sur les vidéos prises par un astronaute danois le 8 septembre

300 KM

de diamètre

C’est l’ampleur que peuvent prendre certains flashes lumineux qui sévissent dans la haute atmosphère.

2015 au-dessus d’un orage, dans le golfe du Bengale. “Dès que l’on scrute attentivement ces développements orageux, on découvre de nouveaux phénomènes lumineux”, s’enthousiasme Thomas Farges.

Preuve que certaines portions du ciel restent encore *terra incognita*. **V.N.**



D'importantes forêts de séquoias sont préservées dans les parcs naturels de la côte californienne.

LA FORÊT ALBINOS

Des arbres victimes de pluies acides ? Une forêt fantôme ? Une performance artistique ? Rien de tout cela. Les centaines de séquoias aux feuilles parfaitement blanches repérés dans les parcs nationaux d'Humboldt Redwoods, Big Basin Redwoods ou encore Henry Cowell Redwoods, tous trois situés sur la côte californienne, sont en réalité... albinos. Une partie de leurs feuilles est dépourvue de chlorophylle, ce pigment vert qui leur est absolument essentiel pour réaliser la photosynthèse. Chose encore plus étrange : non seulement ces arbres survivent, mais ils atteignent des hauteurs de géant ! D'après les observations effectuées par Zane Moore, étudiant de l'université de Californie qui étudie ces spécimens dans le cadre de sa thèse, *"un arbre présentant certaines parties de son*

feuillage blanches peut atteindre 30 m de hauteur". Tandis que *"en pépinière, les chênes ou pins albinos ne survivent pas ou seulement quelques semaines"*, intervient Antoine Kremer, chercheur de l'équipe Ecologie et génomique fonctionnelle (Inra).

DES ÉCHANGES SOUTERRAINS ENTRE ARBRES ALBINOS ET ARBRES VERTS

Il faut dire que dans les pépinières, les arbres sont élevés séparément et doivent se débrouiller seuls ; à l'inverse, en conditions naturelles, ces végétaux s'entraident par l'intermédiaire de leur réseau racinaire. Et c'est probablement grâce à ce système d'échanges souterrains que les géants blancs se développent. *"Le séquoia albinos bénéficie des sucres produits par ses voisins non défi-*

cients, via les racines", résume Antoine Kremer. Leur déficience photosynthétique découle d'une mutation qui peut avoir diverses causes, telles que la simple division cellulaire, les ultraviolets ou encore la présence – naturelle ou non – de métaux lourds. Ces éléments toxiques, pourtant néfastes pour les végétaux, ont été retrouvés en abondance dans le sol qui supporte ces géants. *"Une pression de la sélection doit permettre à ces séquoias albinos de persister, et nous pensons que les métaux lourds sont responsables de ce phénomène"*, avance Zane Moore, qui conduit des expériences pour vérifier cette hypothèse intrigante d'arbres qui se délectent de poison. **O.D.**

30 M

de hauteur

C'est la taille imposante que peut atteindre un arbre albinos dans les sols californiens, où il profite du voisinage d'arbres "normaux".



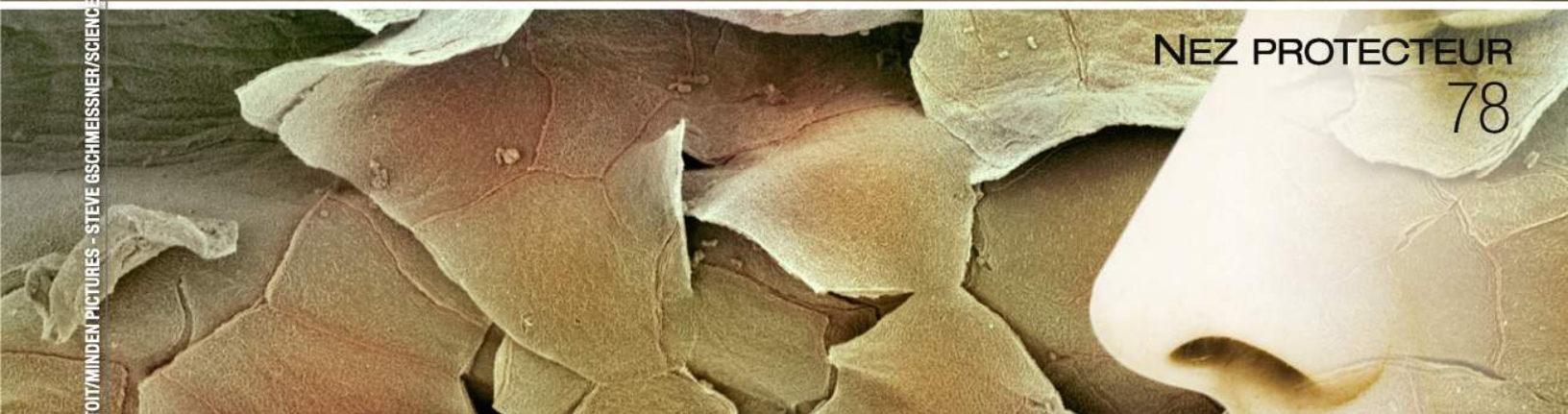
& Science découvertes



PREMIÈRE FLEUR
72



LOI DE LA VITESSE
75



NEZ PROTECTEUR
78



Océans du système solaire
82

Portrait-robot de la fleur originelle

Une sorte de magnolia croisé avec une fleur de lotus : après six ans de travail, Hervé Sauquet et son équipe ont révélé la physionomie probable de la mère de toutes les fleurs. Seules la couleur et la forme des pétales restent incertaines...

Morphologie

Sa symétrie était radiaire, ou en étoile ; tous les éléments d'un même cercle étaient donc identiques. Tous les organes de la fleur (étamines, pistils, pétales...) étaient au nombre de trois par cercle.

Pétales

Elle possédait plus de 10 pétales, répartis en cercles de trois. Les fleurs actuelles ne présentent que 1 ou 2 cercles de pétales, laissant penser que ceux-ci ont fusionné au fil des évolutions. Ce qui expliquerait pourquoi les fleurs ont beaucoup de pétales aujourd'hui.

Ovaires

Ses ovaires, réceptacles contenant les ovules, étaient supères, c'est-à-dire que les pétales et autres organes venaient s'insérer en-dessous, à l'instar des lys d'aujourd'hui.

Étamines

Ses étamines (organes mâles) étaient tournées vers le centre de la fleur, permettant la fécondation des ovules (cellules reproductrices femelles). Comme la plupart des plantes actuelles, cette fleur, hermaphrodite, possédait à la fois des organes mâles et femelles.

Voici à quoi ressemblait la première fleur

Il y a 140 millions d'années avait lieu la toute première floraison. **Françoise de Vaugelas** a remonté la piste génétique de l'ancêtre de toutes les fleurs.

Imaginez un monde tout vert, seulement tapissé de fougères et de pins. Un jour, une fleur éclôt, avec ses pétales, ses étamines, sa fragilité. Une touche de couleur et de douceur vient de surgir au milieu d'un environnement rude et monochrome. Cela va déclencher une réaction en chaîne, car les fleurs se répandent ensuite partout : dans les terres, au bord de la mer, en montagne aussi, et même dans les appartements.

Mais à quoi pouvait donc ressembler cette première fleur, à l'origine de toutes les autres ?

PÉNURIE DE FOSSILES

En août, Hervé Sauquet, de l'université Paris-Sud, et son équipe de 36 chercheurs ont réussi à percer le mystère. En s'appuyant sur les données génétiques des fleurs actuelles et leurs caractéristiques morphologiques, ils ont réalisé un portrait-robot de la fleur ancestrale, qui daterait de... 140 millions d'années !

Certes, leur travail aurait été grandement facilité s'ils avaient pu disposer d'un fossile de la première fleur. Las, ils n'ont que très peu de fossiles de fleurs à leur disposition. Raison pour laquelle Darwin pensait à une apparition brutale de ce groupe.

"A cette période, le climat était plus chaud et plus sec qu'actuellement, explique Dario de Franceschi, paléobotaniste au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Ces conditions rendent la fossilisation plus compliquée. Et contrairement aux arbres et fougères, les fleurs ne contiennent pas de lignine, principal composant du bois, qui fossilise très bien." La délicatesse des fleurs fait qu'elles se dégradent très vite, rendant leur pétrification difficile.

Pour contourner l'obstacle de l'absence de fossiles, il fallait nécessairement en passer par la génétique. Hervé Sauquet s'est donc entouré d'une équipe de 36 spécialistes de 13 nationalités différentes. Il n'en fallait pas moins pour parvenir à retrouver la fleur ayant été à l'origine des quelque 300 000 espèces florales recensées à ce jour.

Concrètement, les scientifiques ont analysé pendant six ans les données concernant près de 800 espèces. En s'appuyant sur l'arbre évolutif des plantes à fleurs, réactualisé

Chronologie

Les plantes à fleurs sont apparues tardivement dans l'histoire de l'évolution des végétaux : les rares fossiles de fleurs placent leur apparition il y a 140 millions d'années. Soit 330 millions d'années après les premiers végétaux terrestres. Les algues, quant à elles, étaient déjà présentes sur Terre il y a 1,3 milliard d'années.

→ il y a une quinzaine d'années et quasiment définitif aujourd'hui, ils se sont livrés à un minutieux travail de comparaison des génomes, jusqu'à remonter la piste des gènes qui caractérisaient a priori la mère de toutes les fleurs. Un génome générique, pas assez précis cependant pour retrouver la forme exacte de cette ancêtre fantasmatique.

C'est pourquoi ils ont épluché, en parallèle, les données

on cherchait un représentant actuel de l'ancêtre commun de tous les mammifères. Très peu de fleurs ont une structure similaire, elle est extrêmement rare", s'enthousiasme Hervé Sauquet. Autrement dit, les fleurs ont tellement évolué qu'on ne risque pas d'en trouver une semblable dans le vase de son salon.

L'étude d'Hervé Sauquet montre que cette fleur était hermaphrodite. Or, les scien-

l'organe reproducteur femelle.

Plus surprenant: les différents organes de la fleur étaient disposés en cercle et non en spirale. Une répartition symétrique qui explique sa forme étoilée. Pourtant, *"les fossiles trouvés jusqu'à présent ont une structure spiralée"*, s'étonne Dario de Franceschi.

Restent la couleur et la forme des pétales. Ici, les chercheurs n'ont pas de certitudes. En l'absence du génome précis de la plante, ils ont fait appel à... l'imagination. *"La première fleur ne devait pas être d'un rouge flamboyant, mais plutôt discrète"*, note Edwige Moyroud, biologiste moléculaire à l'université de Cambridge (Royaume-Uni). *Car si on regarde les plantes à fleurs les plus archaïques qui existent aujourd'hui, elles ne se remarquent pas."*

La biologiste espère aller plus loin dans l'identification de cette première fleur en reconstituant son génome non pas à partir de ses descendants... mais de ses ancêtres.

Un vrai défi car, selon la chercheuse, *"le plus difficile, c'est de comprendre comment les gènes agissent entre eux"*. Peut-être connaîtra-t-on, d'ici quelques années, le génome exact de cette fleur ancestrale. Peut-être pourra-t-on même la reproduire... Au fait: et son nom? Officiellement, elle n'en a pas encore...

Quel était son parfum ?

Faute de disposer de la séquence génétique exacte, *"on ignore ce qu'elle sentait"*, répond Hervé Sauquet. Mais ne rêvons pas: la première fleur n'avait probablement aucun parfum. *"Couleur et parfum sont des caractéristiques qui sont arrivées plus tard"*, pointe la biologiste Edwige Moyroud. La stratégie consistant à se parer de beaux atours est l'aboutissement d'une longue coévolution avec les insectes pollinisateurs, ayant permis aux fleurs de coloniser de plus en plus de niches écologiques, avec un incroyable succès – sur Terre, aujourd'hui, neuf espèces végétales sur dix sont des plantes à fleurs! Sans parfum délicat ni couleurs chatoyantes, la première de toutes les fleurs, elle, a sans doute dû se débrouiller toute seule pour survivre.

du projet international eFlower, une immense base d'informations recensant les traits morphologiques floraux. Les chercheurs ont comparé 27 des traits morphologiques correspondant à des gènes bien précis. Et en combinant ces gènes avec ceux du génome générique, ils ont pu dresser un premier portrait-robot

HERMAPHRODISME

A quoi ressemblait donc cette fleur mythique? A une sorte de magnolia. Qui ressemblerait aussi à une fleur de lotus... En fait, *"aucune fleur actuelle ne lui ressemble. C'est comme si*

tifiques la pensaient jusqu'à présent unisexuelle (soit mâle soit femelle). Et pour cause, Amborella, la fleur la plus archaïque encore existante, est unisexuée. donc que même la plus archaïque de toutes les fleurs encore sur Terre présentait déjà une évolution majeure par rapport à ses ancêtres.

L'étude explique aussi pourquoi cet hermaphrodisme s'est avéré efficace. Cela serait lié à la disposition des organes sexuels de la fleur, qui a pu être reconstituée: les étamines, organes reproducteurs mâles, étaient tournées vers le centre de la fleur, où se situe le pistil,



A lire :
les études
mentionnées
dans l'article.
**EN
SAVOIR
PLUS**
science-et-vie.com



Guépard

△ Ni trop léger ni trop lourd, le roi du sprint présente une masse optimale pour la course.

Sa vitesse cache une loi universelle

Puissance, morphologie, agilité ? C'est en fait dans la masse corporelle que se trouve la clé de la célérité animale, révèle **Simon Devos**. Une règle qui s'appliquerait à toutes les espèces, y compris l'homme.

Du vol du cygne au galop d'un cheval appaloosa, en passant par la nage du requin. La vitesse maximale à laquelle se déplacent les animaux sur Terre dépendrait d'un seul paramètre physiologique : leur masse. C'est la découverte faite par une équipe de chercheurs du Centre allemand de recherche intégrative

de la biodiversité, à Leipzig, dont les travaux ont été publiés en juillet.

MASSE CRITIQUE

"De nombreux processus comme le métabolisme, la croissance ou l'alimentation des animaux suivent une loi qui est en lien avec leur masse", pose l'écologue Ulrich Brose, un des auteurs de l'étude. Par exemple, plus un animal est gros, plus il mange. Pourquoi la vitesse, paramètre lié notamment à la musculature, dérogerait-elle à la règle ? Pour faire court, pourquoi l'hippopotame court-il moins vite que la gazelle, vingt fois plus légère ?

C'est avec ces questions en tête que les chercheurs ont recensé les vitesses de pointe de 474 espèces animales de toutes tailles, vivant dans tous types d'environnement. Ils ont ainsi balayé un spectre très large allant de l'acarien à la baleine. Très vite, une règle simple a émergé : plus un animal est gros, plus sa vitesse de pointe est élevée. Toutefois, cette loi semble ne fonctionner que jusqu'à un certain point. Le guépard, champion du monde de vitesse à la surface, avec des pointes à 115 km/h, dépasse de loin des animaux terrestres plus imposants comme le rhinocéros. *"Si la relation entre masse et vitesse maximale s'appliquait à tous, l'éléphant d'Afrique, plus gros animal terrestre, devrait dépasser les 600 km/h !",* s'amuse Ulrich Brose. Ainsi, quel que soit le mode de déplacement (aquatique, terrestre, aérien),

Repères

Dans les airs, la championne de la vitesse est **la buse à queue rousse (195 km/h)**. En milieu marin, c'est **le makaire noir** qui domine (**130 km/h**). Sur terre enfin, **le guépard** est roi, avec des pointes à **115 km/h**.

→ l'évolution de la vitesse maximale semble suivre la même courbe en cloche, qui croît jusqu'à une certaine masse critique, avant de se retourner.

"Pour l'expliquer, nous avons construit un modèle reposant sur deux principes, rapporte l'écologue. Primo, la taille des muscles a bien une influence sur la vitesse maximale théorique des animaux. Secundo, certains animaux trop gros ne peuvent atteindre leur vitesse maximale théorique car ils dépensent trop vite l'énergie à disposition dans les muscles."

TOUT SE JOUE AU SPRINT

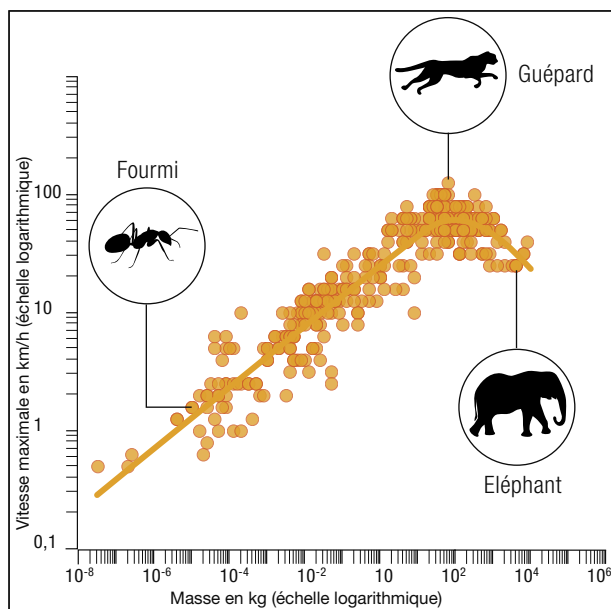
En effet, les animaux atteignent leur maximum de vitesse sur des sprints courts, où seule l'énergie contenue dans les muscles est sollicitée pour l'accélération, dite anaérobie (sans besoin d'oxygène), et ils n'ont pas le temps de se recharger avec l'énergie stockée dans d'autres parties du corps, comme ils peuvent le faire sur de longues distances – en utilisant le métabolisme aérobie (qui nécessite de l'oxygène).

En théorie, de gros muscles pouvant stocker beaucoup d'énergie permettraient donc bien d'augmenter la vitesse maximale d'un animal. Toutefois, rappellent Brose et ses collègues, les animaux lourds

Une loi qui se vérifie partout

Quel que soit l'environnement (terrestre, aquatique ou aérien), les courbes montrent une stricte linéarité entre la masse corporelle et la vitesse maximale – jusqu'au point de retournement, où la masse de l'animal, devenue trop importante, l'empêche d'acquiescer sa vitesse maximale théorique.

A la course



ont besoin de beaucoup plus d'énergie que les autres pour initier le mouvement de leur corps massif, et prendre de la vitesse. *"Le temps que ces animaux atteignent des vitesses élevées, les réserves d'énergie contenues dans leurs muscles sont épuisées, et leur vitesse commence déjà à baisser"*, ajoute le chercheur.

Sur la base de ces deux principes, l'équipe d'écologues a construit un modèle mathématique capable de deviner la vitesse maximale d'un animal en fonction de sa masse. Après plusieurs centaines de

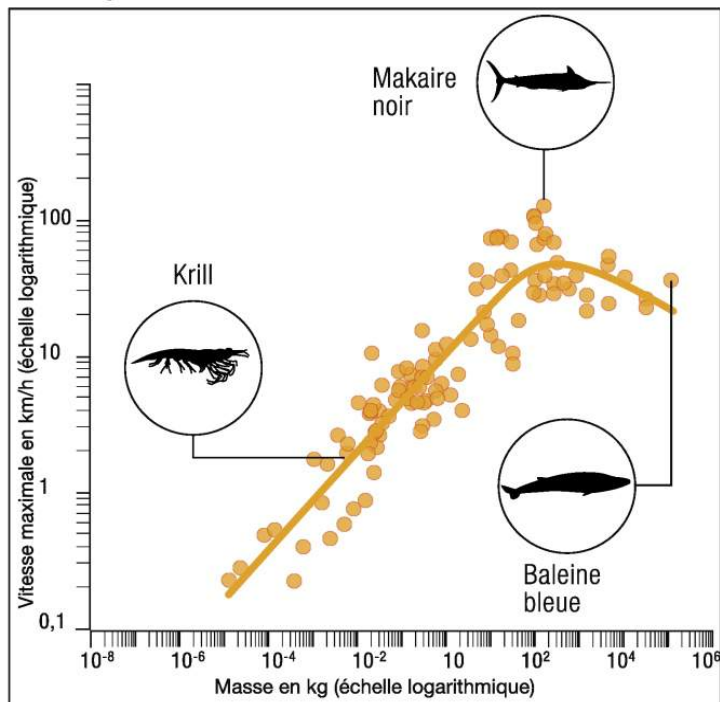
tests, celui-ci s'avère d'une efficacité redoutable. Ses prédictions sur la vitesse maximale des animaux rejoignent les données expérimentales, avec une précision de 90 %. Que ce soit dans les airs, où faucons et buses règnent en maîtres, sous l'eau, où l'espadon-voilier est champion, ou sur terre, où le guépard surclasse ses concurrents, cette étude confirme que les animaux de taille moyenne sont les plus rapides, leur masse les situant au point d'équilibre entre musculature trop faible et corps trop lourd.

Forts de l'efficacité de leur modèle, les écologues ont poussé les recherches plus loin... dans le passé, étudiant le cas d'espèces éteintes, telles que les dinosaures. Résultat ? Malgré sa taille et sa puissante musculature, le T.rex avait une vitesse maximale plutôt faible et était même dominé à la course par certains herbivores comme le tricératops. Voilà qui vient confirmer les travaux des paléontologues.

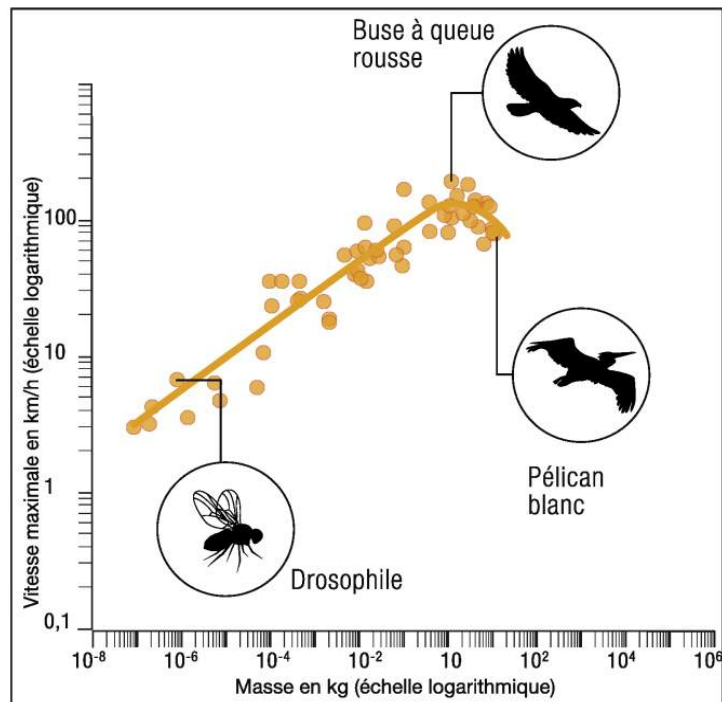
Usain Bolt illustre la théorie du guépard

Qu'en est-il du lien entre vitesse et masse au sein d'une même espèce ? Adrian Bejan et Jordan Charles ont publié, en 2009, une étude sur l'évolution de la vitesse des sprinteurs au cours du siècle dernier en fonction de leur masse. Au fil du temps, les athlètes sont devenus de plus en plus rapides, lourds, grands et sveltes – cette relation se vérifiant jusqu'à un certain point. Au sein de l'espèce humaine, la courbe reliant vitesse maximale et masse devrait donc ressembler à celles de l'étude de Brose et de ses collègues. Il existe bien chez l'homme une masse, une taille et une corpulence optimales permettant de maximiser sa vitesse. **S.D.**

A la nage



En vol



Pour Adrian Bejan, de l'université Duke à Durham (Etats-Unis), *"cette étude est un intéressant développement de la théorie de la locomotion animale, qui veut que les caractéristiques physiques des animaux dépendent de leur mode de vie"*.

L'ANALOGIE AÉRONAUTIQUE

Le physicien, connu pour avoir fondé la théorie constructale, voit dans chaque objet de la nature une sorte de machine optimisée pour vivre dans un certain environnement. *"Les espèces animales ont évolué en fonction de ce qui leur permettait d'accroître leurs chances de survie : pour survivre, un guépard compte plus sur sa vitesse de sprint qu'un éléphant, il n'est donc pas étonnant qu'il ait évolué vers une masse optimale afin de maximiser sa vitesse."* En définitive, le corps du guépard a évolué par rapport au critère vitesse : celle-ci est une cause et non une conséquence de son évolution.

Au passage, Adrian Bejan n'hésite pas à extrapoler un peu ces résultats en faisant le parallèle avec d'autres domaines concernés par la vitesse de déplacement : *"En aviation, un avion de chasse de taille moyenne, l'équivalent mécanique du guépard, sera toujours plus rapide qu'un gros avion commercial, substitut aérien de l'éléphant. Le critère que favorisent les constructeurs de l'avion de chasse sera sans nul doute la vitesse, alors que l'avion commercial, qui passe plus de temps dans les airs, sera plutôt pensé en vue d'une grande longévité et une résistance à toute épreuve."*

Intuitivement, les ingénieurs construisent donc leurs avions en suivant les mêmes critères que l'évolution des espèces. Mais l'étude des écologues pourrait permettre d'affiner les profils des avions ou des autres moyens de locomotion.

La vitesse étant un critère de survie parmi d'autres, certains animaux ont naturelle-

ment évolué vers une masse qui leur permettait d'augmenter leurs chances de survie. Cette explication est partagée par l'écologue suédois Anders Hedenström, de l'université de Lund, spécialisé dans le vol des oiseaux. *"Dans les airs comme dans les autres environnements, ce sont les prédateurs qui dominent l'épreuve de la course de vitesse. Les proies, généralement plus petites, ont certes des vitesses assez faibles en comparaison, mais ont développé d'autres caractères leur permettant d'assurer la survie de leur espèce : la plupart sont plus agiles et capables d'effectuer des virages plus serrés."* À l'avenir, Ulrich Brose compte bien tenter de lever le voile sur le rôle exact de la vitesse maximale dans les interactions proie-prédateur. D'ici là, ces recherches pourraient s'avérer très utiles aux ingénieurs, qui s'inspirent toujours plus de la nature pour optimiser la fabrication des machines de demain.



A lire :
la publication
citée dans
l'article.
EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

Rhume, grippe... **Notre nez joue aussi les vaccins**

Principale voie d'accès à certains virus, notre nez nous en protège pourtant via des cellules qui, au final, nous immunisent. Résultat : nous n'attrapons jamais le même rhume ! Les explications d'**Alexandra Pihen**.

L ouvre au monde infini des odeurs, que ce soit pour le meilleur ou pour le pire. Il a le don de stimuler le désir sexuel, en captant les phéromones. Il nous offre un accès permanent à la respiration et sert même de filtre d'air ambiant en faisant barrage aux poussières, pollens ou tout autre élément menaçant de nous irriter. Et loin de

rester de marbre face aux envahisseurs, le nez – c'est évidemment de lui qu'il s'agit – défend avec vigueur toute intrusion perturbatrice. Pour preuve, les éternuements intempestifs qui expulsent violemment les intrus les plus téméraires ou encore les poils salvateurs qui tapissent la muqueuse nasale, véritables pièges à poussières.

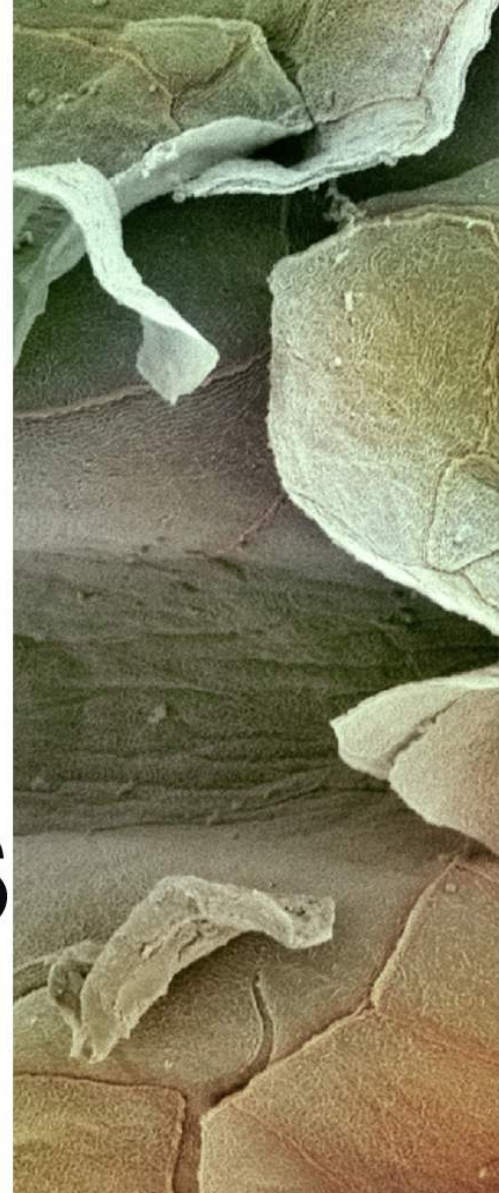
Mais contre les virus, ces pièges mécaniques se révèlent impuissants. Résultat : ceux-ci envahissent nos voies respiratoires supérieures et s'engouffrent sans vergogne au cœur de nos poumons. Nous tombons alors malade. Lui, si soucieux de nous protéger de toutes sortes d'ennemis,

semble étrangement inefficace face aux microbes.

C'est en fait tout le contraire ! Contre toute attente, le nez cache une arme redoutable contre les virus. Ses muqueuses, en plus de nous protéger des poussières, hébergent de petites sentinelles qui veillent à l'identification des pathogènes néfastes et, si besoin, les neutralisent. Et ces gardiennes semblent douées d'une mémoire à long terme. Lorsque la grippe nous terrasse une première fois, elle perdra la bataille lors d'une prochaine invasion, notre nez s'étant entre-temps transformé en forteresse antivirale insoupçonnée. Si l'odeur d'une madeleine peut

Contexte

Jusqu'à il y a une dizaine d'années, nous pensions le système immunitaire limité à la lymphe, au sang et aux organes lymphoïdes (rate, ganglions...). Or, les "cellules mémoires résidentes" s'établissent dans des zones comme la peau ou les poumons pour les protéger localement contre les pathogènes.



S.GSCHNEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY - GETTY - PHANIE

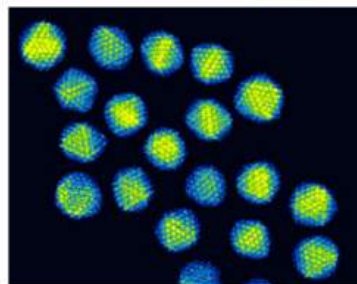
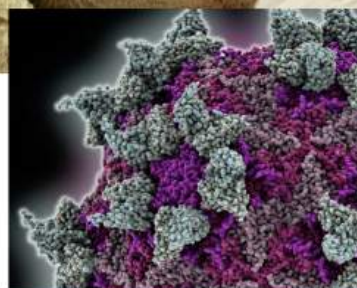


réactiver des souvenirs lointains, un virus inhalé ranime, quant à lui, ces entités protectrices, appelées “cellules mémoires résidentes”.

LA MÉMOIRE DES LYMPHOCYTES

Il a fallu l'intuition d'une équipe de biologistes du département de microbiologie et d'immunologie de l'université de Melbourne (Australie) pour débusquer ces sentinelles : des globules blancs appelés lymphocytes T cytotoxiques – ou T CD8. Loin de circuler dans tout l'organisme, ces cellules immunitaires réservent leur protection à des zones très ciblées. Capables de détruire les cellules infectées par les virus

et bactéries, elles s'activent dans un tissu donné pour ne plus le quitter et assurer sa défense contre les pathogènes – d'où leur autre nom : T Killer. En outre, ces leucocytes ont une excellente mémoire. Pour preuve, des expériences sur la surface du corps la plus exposée : la peau. *“Lorsqu'une infection se déclare à un endroit spécifique de la peau, l'observation après guérison démontre la présence de ces cellules reconnaissant des antigènes spécifiques aux pathogènes qui avaient créé l'infection en premier lieu”*, détaille Jacqueline Marvel, directrice de l'unité Immunité et lymphocytes



UN RÔLE IMMUNITAIRE INSOUÇONNÉ

Certaines cellules de la muqueuse nasale, les lymphocytes T, sont dotées d'une mémoire virale. Lorsqu'elles rencontrent une fois un virus, elle le reconnaissent dès sa deuxième apparition, même s'il a subi une mutation.

international de recherche en infectiologie, à Lyon.

C'est d'abord au niveau des poumons, siège des infections, que les sentinelles ont été traquées. Logique: *"En général, le virus se réplique dans les voies respiratoires supérieures puis migre vers les poumons et provoque des symptômes respiratoires graves associés à une infection grippale"*, expose Linda M. Wakim, directrice des recherches des biologistes australiens. *Notre laboratoire et d'autres ont déjà montré que les lymphocytes T résidents peuvent offrir une réelle protection contre différentes infections de la grippe dans les poumons."*

UNE PROTECTION DURABLE

Seul hic, ces cellules résidentes ont, dans les poumons, une durée de vie limitée et ne persistent que peu de temps dans le micro-environnement pulmonaire. Les chercheurs ont alors remonté la piste du virus et sont tombés sur le nez, premier site de contact avec l'air. *"Notre idée première était de tenter de bloquer le virus avant son accès aux poumons"*, se souvient la chercheuse.

Et la piste fut à la hauteur des espoirs. C'est en pulvérisant un virus de la grippe dans le nez

de souris que les chercheurs ont pu démontrer la présence de cellules mémoires résidentes T CD8 dans les voies respiratoires supérieures. Soumise au virus grippal, la muqueuse nasale se tapisse de ces cellules protectrices. Et leurs propriétés détonnent.

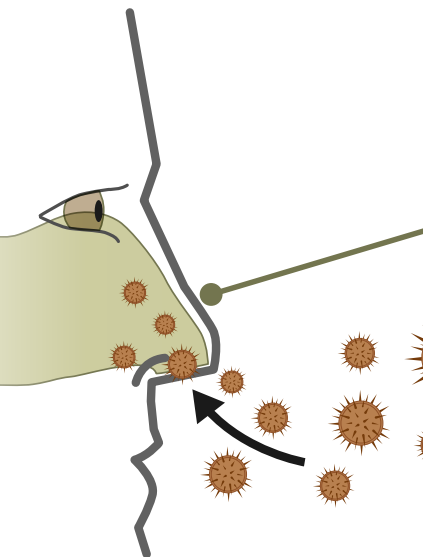
Car par rapport à leurs homologues pulmonaires, les cellules résidentes du tissu nasal ont une longévité hors du commun. Lorsque leur nombre chute de 100 000 à 1 000 en 100 jours dans les poumons, il reste stable dans le tissu nasal. De quoi offrir une protection durable. *"Chez la souris, nous avons montré que la mémoire résidentielle des cellules T et leur capacité de protection persistait pendant 120 jours sans décroissance dans le nez. Pour une souris, dont la durée de vie moyenne est de trois ans, cela représente tout de même un dixième de son existence!"*, précise Linda M. Wakim.

Mais, plus important encore, les T CD8 du tissu nasal constituent un véritable écran protecteur du système respiratoire contre les pathogènes. Soumise à un virus, une cellule T naïve – qui rencontre le virus pour la première fois – ne produira des molécules toxiques qu'au bout de trois jours quand elle

Des cellules nasales qui gardent la mémoire des virus

Dans les tissus du nez, les scientifiques ont découvert des lymphocytes T qui gardent la mémoire des pathogènes ayant attaqué l'organisme. En cas d'infection ultérieure, ces globules blancs reconnaissent le virus, le signalent au système immunitaire et éliminent les cellules infectées. Limitant ainsi la propagation du virus à l'organisme.

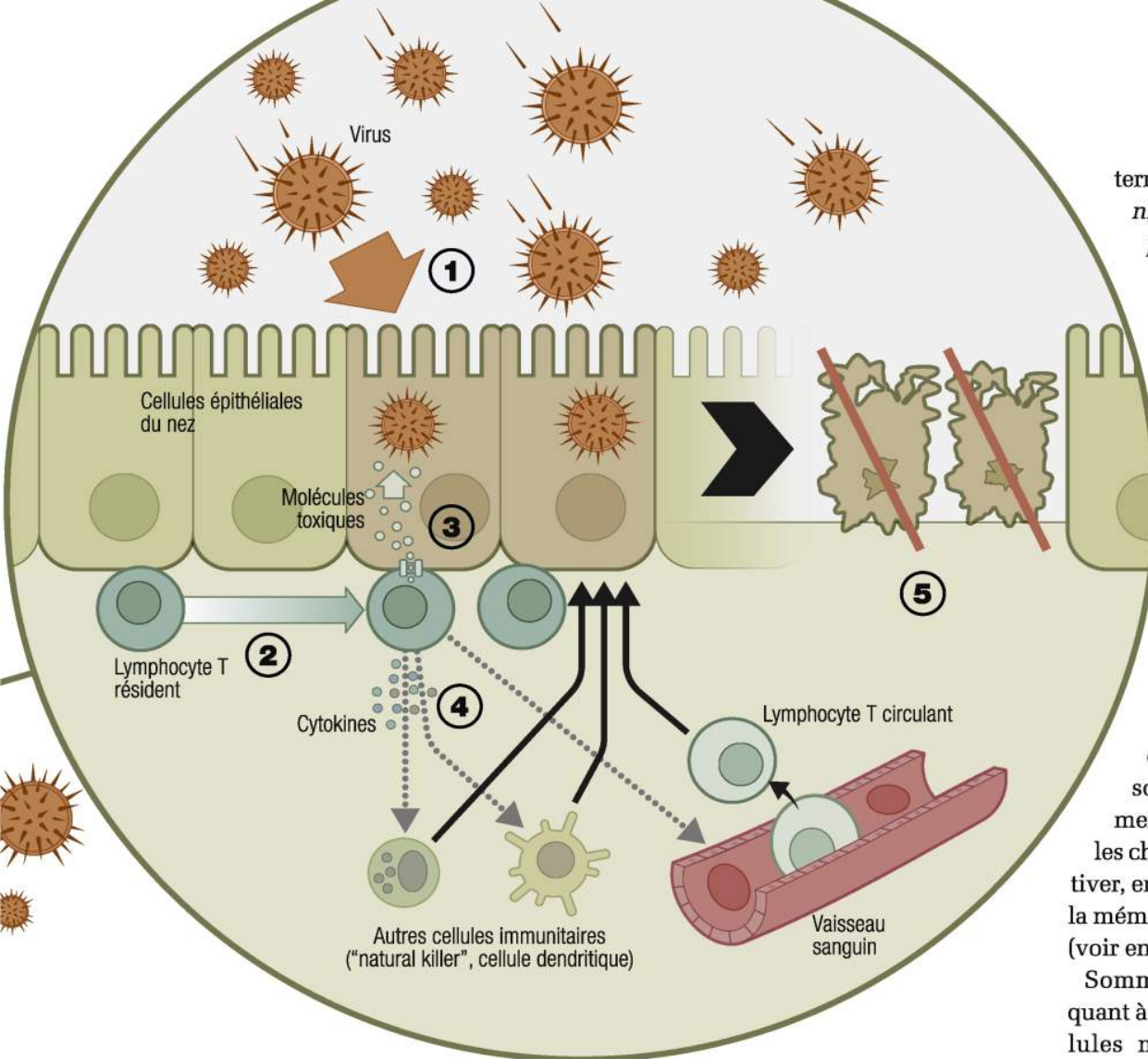
- 1 Le virus infecte les cellules de l'épithélium nasal.
- 2 Le lymphocyte T résident détecte leur présence.
- 3 Il libère des molécules toxiques dans la cellule infectée.
- 4 Il libère aussi des cytokines, molécules qui recrutent d'autres cellules immunitaires.
- 5 Les cellules infectées par le virus sont détruites.



ne mettra que vingt minutes si c'est une cellule mémoire. *"Elles sont spécifiques des antigènes et vont donc produire une grosse réponse inflammatoire qui neutralisera le virus directement à son site d'entrée et empêchera une récurrence. Elles ont par ailleurs un rôle secondaire de recrutement d'autres cellules permettant d'aider à éliminer le virus"*, détaille Jacqueline Marvel. *"La grande majorité des recherches en matière de prévention d'infection grippale pulmonaire porte sur l'annihilation du virus dans les poumons et néglige le rôle potentiel des événements qui se produisent dans les voies respiratoires supérieures"*, déplore Linda M. Wakim. *Pourtant, nos travaux démontrent la capacité du nez à détruire le virus dès cette porte d'entrée."*

Une piste pour les vaccins universels ?

Afin de lutter contre les pandémies grippales, les scientifiques imaginent de nouvelles stratégies. Et un spray nasal induisant des cellules mémoires résidentes (T CD8) est en bonne voie. Lors d'une vaccination par intramusculaire, les anticorps ciblent les protéines de surface du virus – celles qui mutent le plus –, tandis que les cellules T CD8 reconnaissent des fragments. *"Quel que soit le virus ou presque, des cellules T CD8 seront ensuite à même de reconnaître un petit fragment du virus à la surface d'une cellule infectée et de la détruire indépendamment des mutations"*, complète Jacqueline Marvel, du Centre international de recherche en infectiologie à Lyon. *Il faut donc induire cette réponse aux portes d'entrée des pathogènes. C'est pourquoi immuniser par le nez est une piste à creuser."*



Le nez s'avère donc essentiel au blocage des pathogènes respiratoires en amont des poumons.

Alerte et neutralisation : voici donc notre nez doté d'une véritable mémoire virale opérationnelle. "Si vous contractez une grippe, ces cellules se souviendront de l'infection antérieure et détruiront rapidement cette même souche de virus", confirme Linda M. Wakim. Idem pour les rhumes. Pourtant, chacun peut en témoigner, nous attrapons bel et bien des virus qui nous clouent régulièrement au lit. Notre nez ne paraît finalement pas si efficace. Erreur ! C'est oublier que gripes et rhumes ont la fâcheuse manie de présenter de nombreuses souches virales différentes... Nous n'attrapons jamais le même rhume ni la même grippe.

Faits & chiffres

Maladie virale très contagieuse, **la grippe**, dont les types A, B et C sont pathogènes pour l'homme, infecte **3 à 5 millions** de personnes chaque année dans le monde, avec **250 000 à 500 000 décès** par an.

Dans la réalité, notre nez nous préserve de tomber deux fois malade du même virus. Une protection immunitaire cruciale qui, aujourd'hui, ouvre d'inédites pistes médicales. "Mis bout à bout, nos travaux révèlent la capacité de protection et la longévité des cellules mémoires résidentes dans le tissu nasal, et ils mettent en évidence le potentiel de cibler ces cellules pour la confection de nouveaux vaccins efficaces et durables contre la grippe", se réjouit Linda M. Wakim. Car si les anticorps dispensés par les vaccins antigrippaux classiques bloquent l'infection, ils ne détruisent pas les cellules infectées. Sur ce point, l'intervention des cellules T mémoires résidentes est indispensable afin d'éviter une généralisation de l'infection à

terme. "Des évidences cliniques ont prouvé l'importance de ces cellules chez l'homme lors de l'épidémie de H1N1, et si nous ne comprenons pas encore l'ensemble des rôles des cellules mémoires résidentes dans les tissus, elles semblent constituer un élément majeur de notre système immunitaire", rappelle Jacqueline Marvel. C'est donc sous forme d'aérosols pulvérisés directement dans les narines que les chercheurs imaginent activer, en amont des infections, la mémoire virale de notre nez (voir encadré).

Sommes-nous tous égaux quant à la réactivité de ces cellules mémoires résidentes ? Certaines personnes pourraient-elles bénéficier de cellules plus efficaces que d'autres ? Sur ce point, les chercheurs n'ont pas encore toutes les réponses. "A ce jour, nous pouvons simplement faire des hypothèses, confirme Linda M. Wakim. Des recherches sur des échantillons cliniques humains permettront de tirer des conclusions sur l'implication d'antécédents génétiques variés ou des groupes d'âge sur les variations d'activité de ces cellules protectrices."



A lire : l'étude de l'équipe de biologistes australiens publiée dans *Science Immunology*.

science-et-vie.com



Système solaire **QUE D'EAU!**



Hormis sur Terre, l'eau liquide semble une rareté dans le système solaire. Or, il y en a plein ! Non sur les grosses planètes telles que Jupiter ou Neptune, mais sur les petits satellites en orbite autour d'elles. C'est là, sous la surface glacée, que de vastes océans ont été détectés. Europe, Encelade, Titan... **Benoît Rey** nous fait faire le tour du système. Sur fond de rêve de vie extraterrestre.

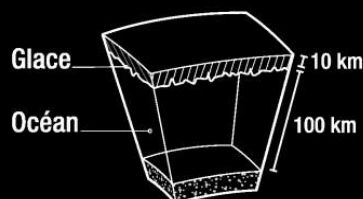
Contexte

L'eau abonde dans tout l'Univers, sous forme de glace ou à l'état de vapeur. Mais la Terre est la seule planète du système solaire à en abriter à sa surface sous forme liquide, celle qui permet la chimie nécessaire à l'apparition et au développement de la vie.

ILLUSTRER.FR

Océan d'Europe

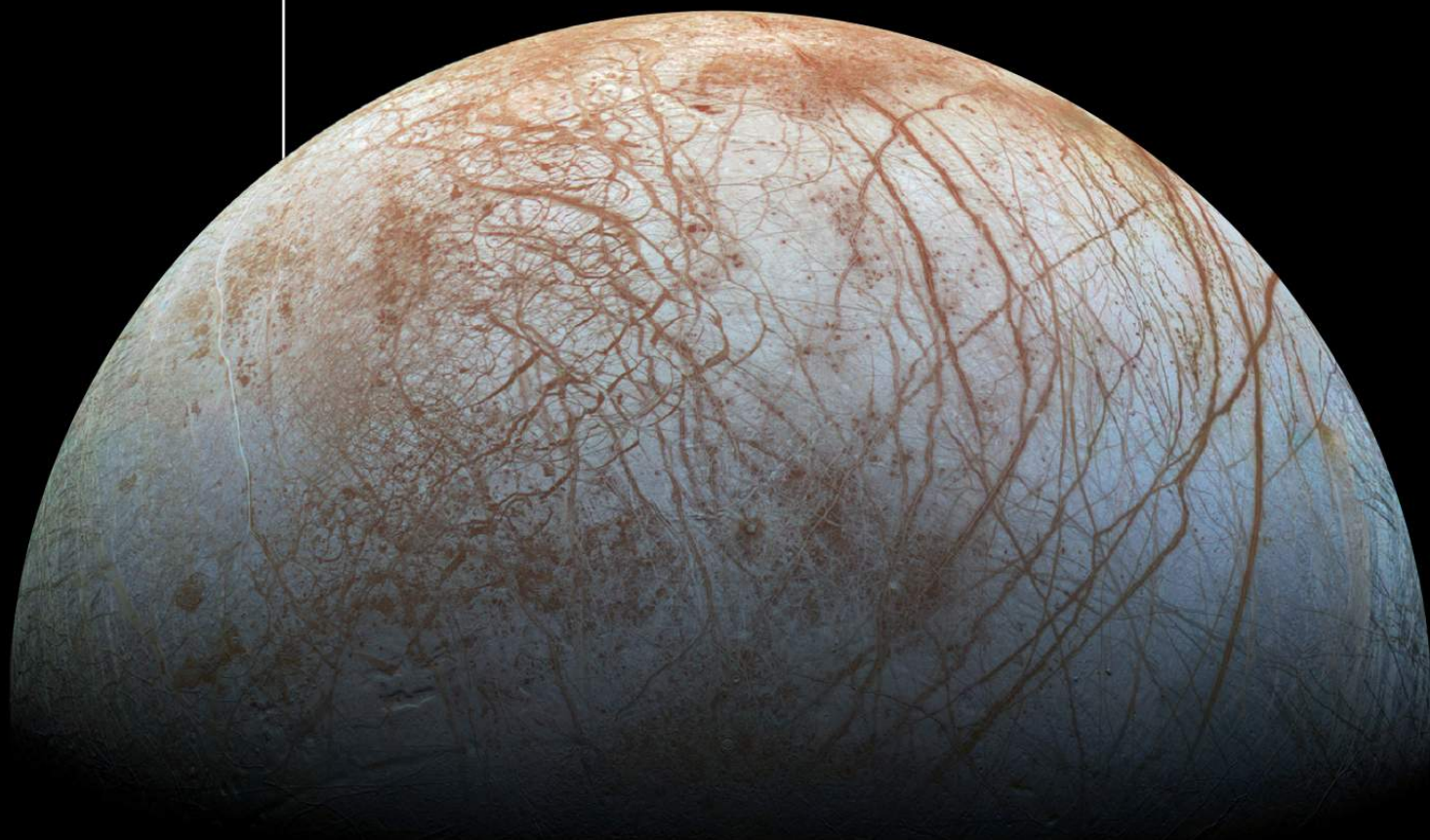
Le plus prometteur



Ce que l'on sait de lui

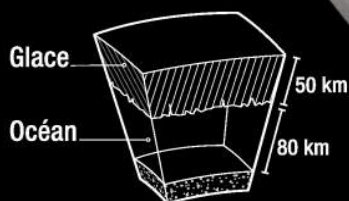
Volume	3.10 ⁹ km ³ (2,2 fois l'océan terrestre)
Découverte	1998
Composition	Sels de magnésium, salinité proche des océans terrestres
Signes particuliers	Activité hydrothermale possible

Sous la croûte glacée de cette lune de Jupiter, se cache la plus convoitée des étendues d'eau liquide du système solaire...
"A la surface d'Europe, les radiations, la température ou l'absence d'atmosphère ne permettent pas à la vie de se développer", indique Christophe Sotin, spécialiste du sujet à la Nasa. Mais en profondeur, à l'abri sous 10 à 30 km de glace, tous les espoirs sont permis. D'autant que les astronomes ont découvert que les traînées brunâtres à la surface pourraient contenir des minéraux argileux et des oxydes, substances qui, sur Terre, fournissent aux micro-organismes des conditions propices à leur développement. De plus, la sonde *Galileo* a mis en évidence en 2014 une possible tectonique des plaques sur le satellite et, en septembre dernier, l'observation de geysers par le télescope *Hubble* a confirmé que des échanges existent entre la surface et l'intérieur de la lune. Enfin, d'autres analyses ont montré que le fond de l'océan serait rocheux et pourrait même être truffé de sources hydrothermales. Un brassage fertile pourrait donc s'opérer dans l'océan d'Europe!



... d'Encelade

Le plus accessible



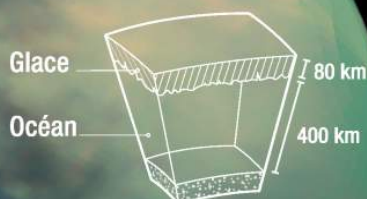
Ce que l'on sait de lui

Volume	0,025.10 ⁹ km ³ (0,02 fois l'océan terrestre)
Découverte	2009 (confirmée en 2016)
Composition	Sels de sodium et potassium, salinité un peu plus faible que celle des océans terrestres
Signes particuliers	Geysers

Un gigantesque panache de vapeur et de grains glacés qui s'échappe dans l'espace puis retombe pour former des monticules de neige de 100 m de haut... Voilà l'une des plus grandes surprises de la mission *Cassini*. Avant son survol de ce petit satellite de Saturne en 2005, personne n'aurait imaginé qu'il était la scène d'un spectacle si grandiose... Personne n'aurait imaginé qu'Encelade avait un océan ! De fait, cette lune est minuscule. La radioactivité de son noyau est donc insuffisante pour expliquer ces spectaculaires éruptions. Mais c'était ignorer les contraintes mécaniques monstrueuses que lui inflige Saturne : les frictions à l'intérieur du noyau d'Encelade le chauffent assez pour que la glace fonde à son contact. Et il en résulte une couche d'eau liquide et salée de 70 km de profondeur, un océan dont Gabriel Tobie, chercheur CNRS à l'université de Nantes, a montré en 2016 qu'il affleure jusqu'à moins de 5 km de la surface. Un océan qui contient des sels et des nanoparticules de silice ; aussi ne fait-il aucun doute qu'il est en contact avec la roche du noyau. Et en avril 2017, le dernier plongeon de *Cassini* dans le panache a même détecté du dihydrogène, trahissant la présence de sources hydrothermales sur le fond océanique, des sortes de cheminées qui évacuent, dans l'eau, la chaleur de la roche. Or, c'est dans de telles sources que, sur Terre, aux abords des dorsales océaniques, on soupçonne que la vie a pu naître.

Océan de Titan

Le plus énigmatique



Ce que l'on sait de lui

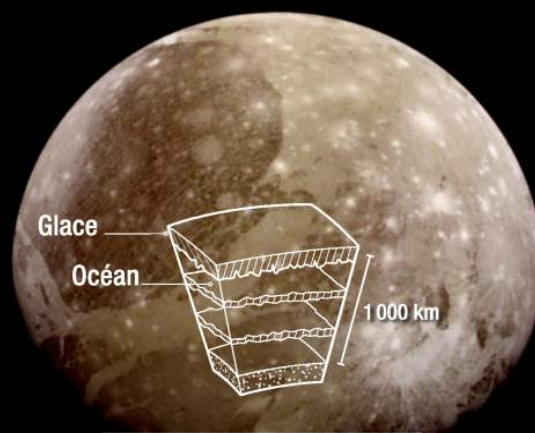
Volume	15.10 ⁹ km ³ (11 fois l'océan terrestre)
Découverte	2009 (confirmée en 2014)
Composition	Dense et riche en sels, salinité proche de la mer Morte
Signes particuliers	Pourrait communiquer avec la surface

A la surface de Titan s'étendent des mers de méthane. Et en dessous, il y a de l'eau... liquide. C'est le module *Huygens*, parachuté sur cette lune de Saturne en 2005, qui a détecté, dans l'atmosphère, des ondes électriques qui ne peuvent s'expliquer que par la présence d'une couche conductrice d'eau salée en profondeur. Puis la sonde *Cassini* a montré que le champ de gravité de Titan varie au cours de son orbite, ce qui n'est possible que s'il existe une couche liquide à l'intérieur. *"Mais l'océan de Titan est difficile à étudier, pointe Mathieu Choukroun, du Jet Propulsion Laboratory de la Nasa, Sa surface est jonchée de matière organique qui efface les signatures possibles d'apport de matière par l'océan. On sait que des échanges ont eu lieu car Huygens a détecté de l'argon 40, produit de désintégration du potassium 40. C'est un élément qu'on ne trouve en théorie que dans le noyau rocheux de la lune, c'est-à-dire... sous l'océan!"*

... de Ganymède

Le plus énorme

Ce satellite de Jupiter est le plus gros du système solaire: 5268 km de diamètre, deux fois plus massif que notre Lune. Or, Ganymède est à 50 % composé d'eau! Et dès la fin des années 1990, la sonde *Galileo* laissait penser qu'il abritait l'océan le plus important du système solaire... Soupçons définitivement confirmés en 2015, lorsque l'étude de la répartition de ses aurores polaires par le télescope *Hubble* a permis d'estimer sa profondeur à 400 km! En comparaison, le record dans nos océans est de 11 km. La couche d'eau est si épaisse que Mathieu Choukroun, de la Nasa, subodore qu'il s'agit de trois océans superposés, séparés par des couches de glace à haute pression. *"Alors, l'océan le plus bas toucherait directement le noyau rocheux, décrit-il. Mais plus un océan est gros, plus il va potentiellement diluer tous les nutriments."* Une dilution telle qu'il y a peu de chance que Ganymède fourmille de bactéries...

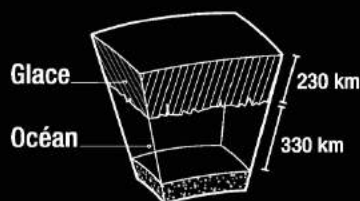


Ce que l'on sait de lui

Volume	15.10 ⁹ km ³ (11 fois l'océan terrestre)
Découverte	2000 (confirmée en 2015)
Composition	Inconnue
Signes particuliers	Serait composé de trois océans superposés séparés par des couches de glace

... de Pluton

Le plus lointain



Ce que l'on sait de lui

Volume	0,6.10 ⁹ km ³ (0,4 fois l'océan terrestre)
Découverte	2015 (non confirmée)
Composition	Inconnue, devrait contenir de l'ammoniaque
Signes particuliers	Océan profond et froid, en train de geler

Surprise! En juillet 2015, après un voyage de dix ans, la sonde *New Horizons* a révélé au monde les curieuses failles qui traversent la surface de la lointaine Pluton. Comme si quelque chose poussait à l'intérieur et faisait craquer sa croûte glacée... Un océan souterrain qui gèle serait-il en train de faire éclater la planète? Possible. D'autant plus qu'il y a un autre indice: la localisation de Sputnik Planitia, un glacier d'azote aussi vaste que la France. Il est situé à l'équateur, pile aux antipodes de la lune Charon. Plutôt qu'une coïncidence, Francis Nimmo, de l'université de Californie à Santa Cruz, pense que Sputnik Planitia représenterait un excès de masse qui aurait, peu à peu, fait basculer la planète sur son axe jusqu'à trouver cette position d'équilibre. Selon lui, l'impact à l'origine de ce cratère aurait fait remonter de l'eau liquide de l'océan hypothétique juste sous la surface, provoquant un surpoids. En somme, Sputnik Planitia serait la preuve de l'existence de l'océan de Pluton. *"Hélas, pour le prouver définitivement, il faudrait mesurer le champ de gravité de Pluton, estime James Keane, spécialiste de la planète à l'Institut de technologie de Californie. Et pour cela, il faudra attendre une prochaine mission."* Si jamais celle-ci voit le jour...

On imaginait ces corps arides, glacés, constellés de cratères... aussi morts que notre Lune. Belle erreur. C'est la grande conclusion de quarante ans d'exploration robotisée du système solaire, depuis les sondes *Voyager*, à la fin des années 1970, jusqu'à la mission *Cassini*, qui vient de s'achever : nombre de satellites, de

rapidement sa température de fusion en descendant sous la surface. Sous la pression du sous-sol des petits astres et la chaleur apportée par leur noyau rocheux, la glace pourrait donc fondre et, *in fine*, former un océan global.

Idée folle... confirmée par la mission *Voyager* dès 1979. Photographiant les lunes de Jupiter et de Saturne, les deux sondes dévoilent des paysages lissés

La sonde *Cassini*, en 2004, fait la même découverte pour certains satellites de Saturne : Titan, Encelade, Mimas, Dioné... et la liste n'est pas terminée ! Triton, satellite de Neptune, en renferme peut-être un également. Et même la planète naine Pluton ! Or celle-ci n'est qu'un objet de la ceinture de Kuiper parmi des centaines... *"Il est possible que la ceinture de Kuiper soit littéralement remplie d'océans"*, estime James Keane, de l'Institut de technologie de Californie.

Premières explorations des océans prévues pour 2020

Le 15 septembre, la sonde *Cassini* s'est crashée sur Saturne. En février prochain, *Juno* se précipitera sur Jupiter. Et après ? Les océans des lunes du système solaire compteront bien parmi les priorités des agences spatiales. La mission *Juice* de l'ESA devrait s'envoler en 2022 pour visiter l'ensemble du système jovien avant de se mettre en orbite autour de Gany-mède ; tandis que la Nasa, avec *Europa Clipper*, prévoit une cinquantaine de survols d'Europe. Quant aux abysses des lunes de Saturne, ils devront attendre : en 2019 sera précisée la quatrième phase du programme *New Frontiers* de la Nasa, avec une mission dédiée aux océans d'Encelade ou de Titan...

planètes naines, ces petits corps qui peuplent le système solaire externe, sont géologiquement vivants. Et parmi eux, cinq au moins abritent en leur sein d'obscurs abysses. Eh oui, la Terre a l'exclusivité de l'eau liquide en surface parmi ses semblables, les planètes, mais lorsque l'on creuse, elle est loin d'être une exception.

"Personne ne soupçonnait l'existence de ces océans avant les années 1970, rappelle Christophe Sotin, du Jet Propulsion Laboratory de la Nasa. Mais les premiers modèles d'évolution thermique ont montré que la glace a un effet d'isolant, et qu'on atteint très

par une activité géologique, bien loin des mornes cratères attendus. Les mesures précises de leur rayon et de leur masse permettent de remonter à leur densité. Elle est inférieure à celle des planètes telluriques, plus faible que celle de la roche : ces satellites seraient donc à moitié composés d'eau !

Arrivent les années 1990 et la sonde *Galileo* : elle détecte, autour d'Europe et de Callisto, un champ magnétique induit par celui de Jupiter dans lequel elles orbitent. C'est donc qu'un liquide est présent en profondeur, dont la conductivité électrique est celle de l'eau salée. Un océan ! La preuve est faite.

UNE VIE EXTRATERRESTRE ?

Les océans pullulent dans le système solaire. Les lunes sont actives. *"Nous avons sous-estimé les effets de marée dans la structuration des lunes"*, constate Christophe Sotin. Europe, Encelade, Titan, Mimas... toutes voient leur cœur malmené par la gravité énorme de la géante autour de laquelle elles gravitent : ces frictions dégagent de la chaleur, provoquant de l'activité tectonique, cryovolcanique... et maintenant liquides d'énormes volumes d'eau sous leur croûte de glace. Des océans qui laissent rêveurs les chasseurs de vie extraterrestre. Car sur Terre, c'est peut-être dans les abysses que la vie serait apparue il y a 4 milliards d'années. Et si cet événement avait aussi eu lieu ailleurs ? Dans les océans cachés du ciel, des poissons pourraient être en train de barboter.



A voir : les images des missions *Voyager*, *Galileo* et *Cassini* sur le site de la Nasa.

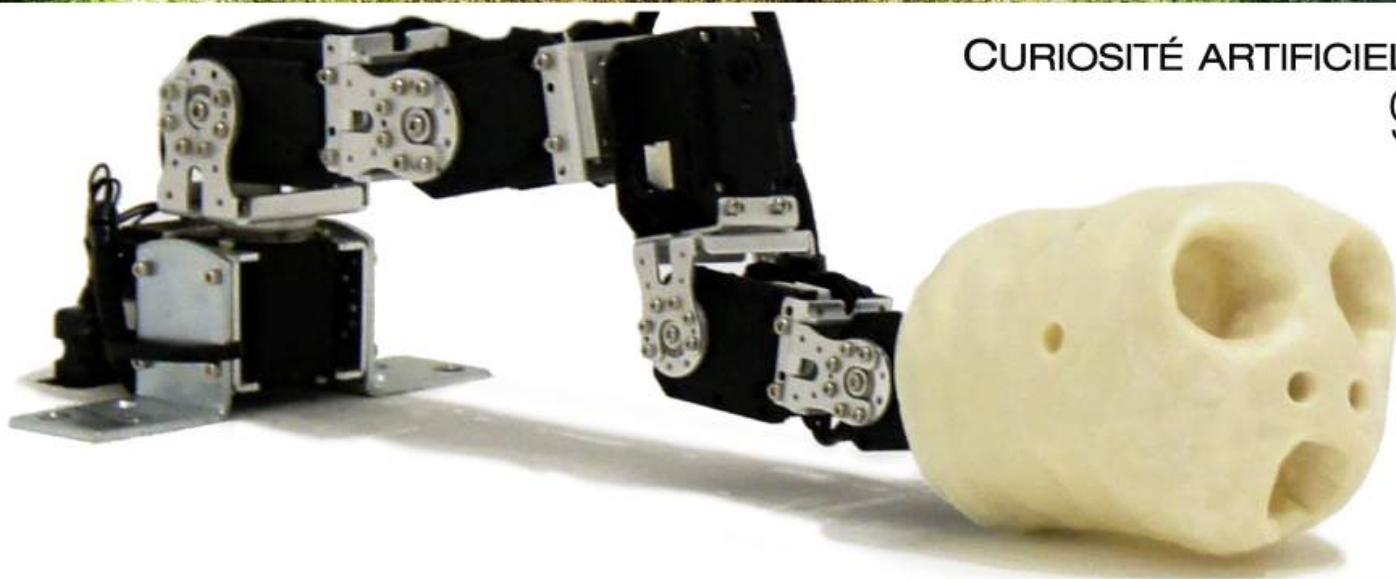
EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com

& Science techniques

VARIOLE
90

CURIOSITÉ ARTIFICIELLE
96



VINAIGRE
102






< DE LA THÉORIE
À LA PRATIQUE

David Evans et son équipe ont prouvé qu'il était possible de recréer un des virus les plus dangereux au monde.

La variole recréée en laboratoire !

Presque quarante ans après son éradication, des scientifiques canadiens ont reconstitué de toutes pièces un virus très proche de celui de la variole. Au risque de voir ressurgir ce fléau, à l'heure où pointe aussi la menace bioterroriste ? Après enquête, **Héloïse Rambert** a eu moins envie de céder à la panique.



Un virus terrifiant

Genre : orthopoxvirus

Mode de transmission :

essentiellement respiratoire, mais aussi par le contact

Mortalité : environ 30 % des cas

SCIENCE PHOTO LIBRARY / BETTY IMAGES - M. FABRIZIO

En 2010, le monde se réjouissait. A juste titre. L'année marquait officiellement les 30 ans de la disparition totale de la variole. Cette maladie virale, véritable fléau responsable, rien qu'au XX^e s., de la mort de 300 millions de personnes, tuait un tiers de ses victimes et laissait les autres marquées à vie par des cicatrices. Son éradication, consécutive à plus de deux décennies de campagne mondiale de vaccination et de moyens déployés pour contenir partout les foyers d'épidémie et informer les populations, est

considérée comme une des plus grandes victoires en matière de santé publique. Après le dernier cas connu, en 1977, en Somalie, les Etats ont cessé de vacciner les populations.

EN UN AN ET POUR 100 000 \$

L'histoire aurait pu s'arrêter là, sur une *happy end*. Mais la variole vient de faire un retour fracassant sur le devant de la scène. De fait, une équipe de chercheurs canadiens a annoncé avoir recréé en laboratoire un virus très proche de la variole... de toutes pièces. David Evans et son équipe, de l'université de l'Alberta, à

Edmonton, sont parvenus à produire la forme équine d'un poxvirus (la famille de la variole), inoffensive pour l'homme, à partir d'ADN artificiel. Prouvant ainsi à la communauté scientifique, et au monde entier, que reconstruire en laboratoire un des virus les plus dangereux de la planète serait possible. Le tout en moins d'un an et pour environ 100 000 \$.

Un "exploit" qui fait peur. A quel point? Le spectre de millions de morts plane-t-il désormais au-dessus de nos têtes? Pas si sûr...

Certes, le virus de synthèse élaboré par le professeur Evans

→ a aussitôt marqué les esprits, car il touche à une maladie emblématique... et terrifiante. Mais, au vrai, il ne s'agit pour ses confrères ni d'un exploit, ni même d'une surprise. En 2005, Bernard Moss et Arban Domi avaient déjà ramené à la vie le virus de la vaccine, très proche de celui de la variole, à partir d'ADN naturel.

Par ailleurs, c'est loin d'être la première fois que des scientifiques "mitonnent" des virus synthétiques au fond de leurs éprouvettes. *"De nombreux virus ont déjà été recréés de toutes pièces"*, explique Grant McFadden, directeur du Centre d'immunothérapie, vaccination et virothérapie à l'université d'Etat de l'Arizona. Le procédé s'est développé parallèlement à la biologie de synthèse. *"Les scientifiques maîtrisent depuis environ vingt-cinq ans la création de virus à partir d'ADN synthétique"*, confirme Frédéric Tangy, directeur de l'Unité de recherche de génomique virale et vaccination à l'Institut Pasteur, à Paris. Et cela ressemble presque à un jeu d'enfant.

DE SIMPLES ASSEMBLAGES

"La séquence ADN d'un virus, c'est un enchaînement de bases nucléiques A, C, G et T, dans un ordre précis. Si la séquence complète du génome du virus que l'on veut reconstituer est connue et rentrée dans un ordinateur, il est très facile de la synthétiser en petits fragments par des méthodes chimiques pilotées par informatique. Pour relativement peu d'argent, il est possible de commander des fragments d'ADN synthétique (de 10 à 3000 bases de longueur) à un sous-traitant et de se les faire

livrer dans des tubes. Libre ensuite aux scientifiques de les réassembler chimiquement selon la séquence originale du virus choisi", poursuit-il.

C'est exactement ce qu'ont fait les chercheurs canadiens : ils ont assemblé une dizaine de fragments pour obtenir un virus de la poxvirose équine, quasiment identique au virus naturel (voir infographie). Sachant que le virus de la poliomyélite fut le premier virus capable d'infecter des mammifères à être synthétisé de A à Z, en 2002. Puis ont suivi de nombreux autres, incluant même des souches du VIH ou de la dengue ! A ce petit jeu, il était évident que synthétiser un poxvirus serait possible.

Possible mais pas si facile. *"Jusqu'à présent, personne n'avait jamais recréé de poxvirus car ils sont de grande taille et difficiles à assem-*

Comment le virus de la variole a été ressuscité

Le virus de la variole équine a été reconstitué à partir d'ADN artificiel. La technique est éprouvée, à condition de connaître au préalable la séquence complète du génome du virus. Il suffirait d'en modifier quelques bases pour adapter le procédé au virus humain.

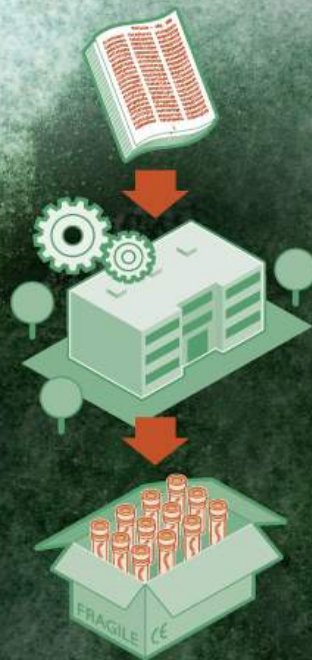
1 Connaissant la séquence ADN du virus...

La séquence ADN de la variole équine a été publiée en 2006. La liste des 212 634 paires de bases qui la composent est facilement accessible sur internet.



2 ... Son génome a été synthétisé sous forme de petits fragments

Une société allemande a reconstitué la séquence de nucléotides. Vu la taille du génome, c'est sous forme d'une centaine de fragments de 2 000 paires de bases chacun.



Identifier la maladie

Après 12 à 14 jours d'incubation, apparition d'une **fièvre**, de **maux de tête**, de **douleurs dorsales**, abdominales et de vomissements. Après 2 à 3 jours, la température baisse et des macules apparaissent, qui évoluent en papules, vésicules et enfin en **pustules**. Elles laisseront place à des **cicatrices**.

bler en un génome complet. Le génome du virus de la variole contient 180 000 paires de bases, alors que ceux du virus de la poliomyélite ou de la dengue en contiennent seulement 8 000, et le VIH, 10 000, explique Grant McFadden. Mais ce qu'a fait David Evans repose sur des compétences techniques déjà très bien établies. Quelqu'un allait forcément y parvenir un jour." De plus, les synthèses de micro-organismes ont déjà été bien au-delà ! En 2016, une "mini-bactérie" avec un génome de 500 000 paires de bases a été recréée en Californie.

Si recréer le virus de la variole est donc loin d'être une révolution, la communauté scientifique reconnaît cependant à David Evans le mérite d'être passé de la théorie à la pratique. *"Tant qu'une expérience n'a pas été réalisée, on*

3 Ces fragments ont alors été multipliés

Les fragments d'ADN synthétiques sont insérés dans des plasmides de bactéries pour être clonés en très grand nombre.

4 Puis ils ont été fusionnés pour obtenir un ADN entier

Les bouts d'ADN sont assemblés *in vitro* par la technique de PCR (réaction en chaîne par polymérase), aboutissant à un ADN viral complet.



5 Cet ADN viral a été inséré dans une cellule

L'ADN synthétique est transféré dans des cellules de mammifère. Comme lors d'une infection naturelle, la machinerie cellulaire est détournée pour produire le virus.

6 Laquelle a produit le virus, qui a été extrait

Après quelques jours, les cellules infectées sont récoltées, et le virus de la variole en est extrait. Il est séquencé pour vérifier qu'il correspond bien au code de départ.



ne peut pas être sûr à 100 % qu'elle va marcher. C'est désormais chose faite avec les *poxvirus*", note Robert Drillien, chercheur en virologie et membre du Comité consultatif sur la recherche sur la variole à l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Mais pourquoi diable recréer précisément ce virus ? "Le but affiché est de faciliter la fabrication de nouveaux vaccins contre la variole", explique Robert Drillien. Mais cette justification est, selon moi, insuffisante et laisse plutôt penser que les chercheurs ont voulu attirer l'attention sur leur laboratoire." Frédéric Tangy va plus loin : "Il y a aujourd'hui de vraies priorités vaccinales. Or, travailler sur un nouveau vaccin contre la variole alors qu'elle a disparu est loin d'être une, surtout qu'il existe des stocks importants d'un

vaccin qui fonctionne très bien", tranche-t-il.

A l'unanimité, les scientifiques semblent douter de l'intérêt médical de tels travaux. En revanche, ils pointent leur "côté sombre". La synthèse de la variole ne pourrait-elle pas servir à des fins de bioterrorisme ? Le risque n'est pas à négliger. D'autant qu'il ne serait pas plus difficile de produire une souche humaine de la variole que la souche équine réalisée par l'équipe canadienne.

FACILEMENT REPRODUCTIBLE

"Qu'ils aient redonné vie à la variole du cheval est un détail, explique Frédéric Tangy. Il suffit de changer un petit nombre de bases nucléotidiques à la séquence de départ pour aboutir à la séquence du virus humain." Qui plus est, la relative banalité des techniques utilisées par David Evans et

ses collègues les rendent facilement reproductibles. "Des virologues qui ont l'habitude de faire du clonage et des virus recombinants peuvent facilement synthétiser une variole. Il y a des dizaines de chercheurs assez spécialisés dans le monde pour le faire", estime Grant McFadden.

Plus inquiétant encore, la "recette" est accessible sur internet ! Plus d'une cinquantaine de séquences du virus de la variole sont disponibles dans la littérature scientifique. De quoi craindre le pire si des mains expertes et malintentionnées s'attelaient à la synthèse d'un virus virulent pour les hommes ?

Contre toute attente, la menace n'est pas aussi grande qu'elle paraît. Pour une bonne raison : le monde du XXI^e s. n'est plus celui du XX^e s. Depuis l'éradication de

→ la variole, l'arsenal préventif et curatif s'est enrichi. Des vaccins et des antiviraux qui n'existaient pas quand la maladie sévissait sont désormais à la disposition des Etats (voir encadré). Tandis que les attentats du 11 Septembre et les craintes de bioterrorisme qui s'en sont suivis ont poussé certains à prévoir des plans de défense, y compris contre la variole. *"Dans tous les pays développés, des plans d'identification des premiers cas et d'intervention existent"*, explique Robert Drillien (voir encadré). *"Le mal que l'on peut faire avec un virus de la variole est dérisoire, estime carrément Frédéric Tangy. La maladie ne sera plus jamais le fléau qu'elle a été."*

SCÉNARIOS CATASTROPHES

Car pour faire des dégâts, il faudrait, par exemple, mettre au point des bombes larguant des virus sur des villes surpeuplées (ce qui existe peut-être déjà dans les arsenaux militaires, qui sait?). Comme ils se transmettent surtout par les voies respiratoires, le procédé serait "efficace". On peut aussi imaginer la contamination de grandes stations de métro aux heures de pointe, les premières personnes touchées infectant les autres en quelques jours. Cela prendrait un certain temps avant de mener des analyses et mesurer la situation. Les scénarios catastrophes ne manquent pas... Inquiétant, quand les travaux de l'équipe canadienne ouvrent dès à présent la voie à la synthèse du virus de la variole humaine...

Cependant, si le virus de synthèse fait peur, que dire du virus vivant? En effet, des souches du virus humain vi-

vant sont toujours conservées dans deux laboratoires de haute sécurité. *"Une fois que l'éradication a été déclarée, l'Assemblée mondiale de la santé a décidé, en 1980, que seuls deux laboratoires continueraient à stocker et à utiliser les matériaux de virus restants. Leur choix s'est porté sur le Center for Disease Control and Prevention d'Atlanta, et un laboratoire à Novossibirsk, en Russie, tous deux historiquement impliqués dans les efforts de diagnostic de la variole"*, explique Inker Damon, directrice du département des pathogènes à haut impact du CDC d'Atlanta. Un choix très politique aussi: c'était encore la guerre froide...

Si le contexte mondial a changé, rien n'a bougé depuis les années 1980. Les souches sont toujours là. Officiellement pour continuer à travailler sur une meilleure riposte scientifique et médicale, et être encore mieux préparé si la maladie réapparaissait.

Le virus de la variole fait l'objet de discussions tous les

La destruction définitive des souches est sans cesse repoussée

ans à l'OMS. *"A-t-on, oui ou non, mené assez de recherches sur ces souches pour les détruire l'esprit tranquille? De nombreux membres de l'Assemblée mondiale de la santé, l'organe décisionnel de l'OMS, estiment que nous sommes assez bien préparés et souhaitent leur destruction, assure Robert Drillien. Mais la destruction*

Et le vrai virus ?

Il n'a pas disparu ! Depuis l'éradication de la variole, des souches sont conservées dans deux laboratoires, l'un russe et l'autre américain. Tandis que tous les pays développés disposent d'un arsenal contre la variole : vaccins (photo), antiviraux...



définitive est sans cesse repoussée à cause d'une absence de consensus", déplore-t-il.

En plus de trouver leur conservation inutile, beaucoup d'experts redoutent que ces souches puissent un jour tomber entre des mains criminelles. Elles ont beau être stockées dans des laboratoires au niveau de biosécurité le plus élevé (BSL-4), ils estiment que le risque zéro n'existe pas. *"Une personne malfaisante qu'on autorise à entrer suite à une erreur d'appréciation, un accident... En théorie tout peut arriver"*, admet Robert Drillien.

Dans ce contexte, les récents travaux de David Evans ont paradoxalement eu le mérite de relancer le débat sur la destruction des souches. Car la certitude que nous pourrions recréer le virus de la variole, si vraiment nous en avions besoin, est un argument de poids pour tourner la page



et détruire définitivement les stocks. *“Lors de l'éradication de la variole, la biologie de synthèse des virus n'existait pas, se souvient Grant McFadden. Désormais, la plupart d'entre nous réalisent que n'importe qui, avec les compétences techniques suffisantes, pourra le reconstruire. En ce sens, la destruction deviendrait finalement un événement presque insignifiant.”*

TRAVAILLER SUR LE VIVANT

Faire disparaître pour toujours le virus des laboratoires ? C'est sans compter le risque qu'un foyer variolique ressurgisse quelque part. Car le virus n'a évidemment pas disparu de la surface de la Terre et il pourrait aussi être volontairement propagé. Et c'est bien de cette oreille que l'entend le CDC d'Atlanta : *“Nous utilisons le virus vivant pour mieux préparer la communauté mon-*

diale à l'éventualité d'une réintroduction de la variole. Notre travail se concentre sur le développement de meilleurs vaccins, médicaments antiviraux et tests diagnostiques. Nous avons progressé dans ces domaines, mais nous avons encore des progrès à faire”, explique Inker Damon. Pour elle, rien ne vaut le travail sur le virus vivant. *“Travailler avec le virus authentique est d'une valeur inestimable pour développer des mesures médicales fiables”,* insiste-t-elle.

Pour les “conservationnistes”, la possibilité de fabriquer des virus de synthèse hors des laboratoires haute sécurité est un argument de plus pour ne rien changer. *“La capacité des chercheurs à recréer le virus rappelle que notre travail est essentiel”,* conclut la virologue.

La question demeure compliquée et sensible. Cette

Quelle part de la population est encore immunisée ?

Elle est très difficile à chiffrer. En France, le vaccin contre la variole était obligatoire jusqu'en 1979. Au début des années 1980, tous les pays membres de l'OMS ont décidé d'arrêter de vacciner systématiquement. Une part importante de la population française (et mondiale) née après 1980 n'est donc pas protégée. Et peut-être plus : l'obligation n'était pas respectée par de nombreux médecins (car la variole ne circulait plus en Europe ; des accidents de vaccination étaient possibles...). Concernant la population vaccinée, l'immunisation est supposée à vie mais le degré de protection est incertain.

Existe-t-il des traitements ?

Oui et non. Depuis l'éradication de la variole, des antiviraux ont été développés. Uniquement testés en laboratoire, ils n'ont pas démontré leur efficacité sur des populations infectées et n'ont pas d'autorisation de mise sur le marché. Ils pourraient tout de même être utilisés mais seraient réservés à des cas particuliers : des personnes qui n'auraient pas eu le temps d'être vaccinées, notamment.

obstination et ce zèle de certains scientifiques ont cependant un arrière-goût persistant de guerre froide. *“Il y a des désaccords entre experts et Etats qui empêchent d'arriver à un consensus. Selon moi, les puissances américaine et russe veulent garder les souches pour des questions d'influence politique mondiale”,* décrit Robert Drillien.

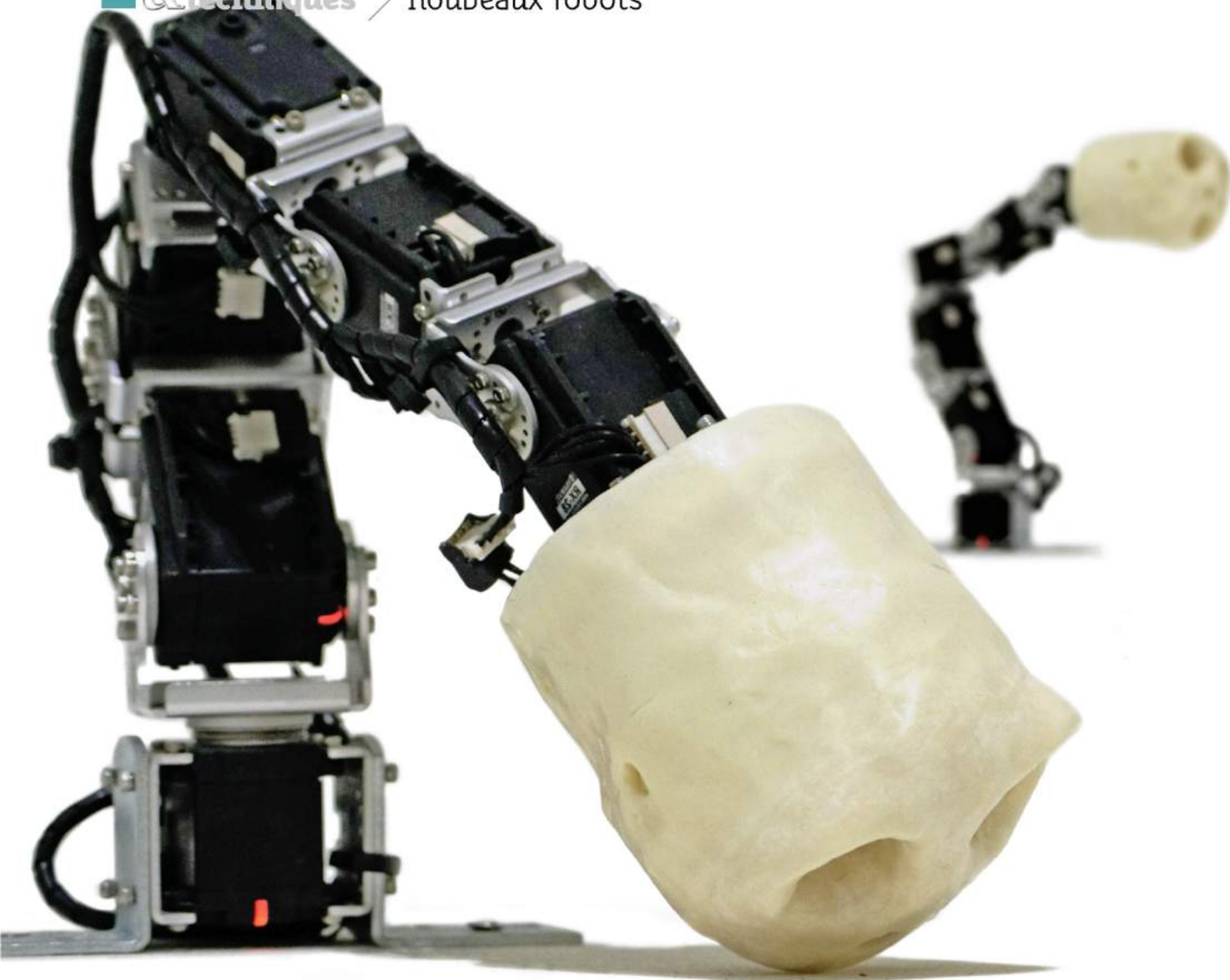
Dans ces conditions, pas sûr que les travaux des chercheurs canadiens fassent fondre la glace. En attendant, l'humanité se retrouve avec deux possibilités de menace variolique au lieu d'une seule...



A lire : le rapport “Réponse au risque variolique” de l'Institut de veille sanitaire (2006).

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



Algorithmes

Comment les machines pourraient-elles gagner encore en intelligence ? En s'affranchissant de la programmation d'un ingénieur... grâce à une dose de curiosité. **Vincent Nouyrigat** a été bluffé.

Et maintenant... la curiosité

Q

u'est-ce que c'est que ce truc ? Comment attraper cette chose ? A quoi pourrait bien servir ce machin ? Qu'est-ce que ça donnerait si je tapais dessus ou si je le lançais en l'air ? Et que se passerait-il si j'appuyais ici, là, sur ce gros bouton rouge ?

L'exploration curieuse du monde n'est plus seulement l'apanage des petits humains en plein développement cognitif. Depuis quelques mois, en effet, les grands laboratoires informatiques commencent à injecter dans leurs puissants algorithmes une dose de... curiosité artificielle. Autrement dit, de la curiosité program-

mée ! Une étape qui s'annonce décisive dans la quête de créatures informatiques vraiment intelligentes : *"Une intelligence artificielle généraliste ne pourra émerger que si on laisse aux agents informatiques la liberté d'explorer leur environnement et de comprendre par eux-mêmes comment le monde fonctionne"*, professe Jürgen Schmidhuber, pionnier du domaine à l'université de Lugano (Suisse). Rien que ça.

Les résultats obtenus ces cinq dernières années par les algorithmes de Google, IBM et autres Facebook sont déjà très impressionnants ; ils nous surclassent désormais dans des

^ AUTONOMES

Ces petits robots de l'Inria sont dotés d'un algorithme qui leur permet d'apprendre sans l'intervention d'un humain.

domaines que l'on croyait réservés aux cerveaux humains : reconnaissance faciale, diagnostics médicaux, jeux d'échecs ou de go, etc. Ajouter de nouvelles propriétés à ces monstres d'efficacité pourrait donc paraître superflu... Sauf que, à y regarder de plus près, ces prouesses ont été réalisées

Contexte

Plus encore que le cerveau des humains adultes, les chercheurs en intelligence artificielle s'intéressent à la cognition des enfants en bas âge. Notamment leur incroyable capacité à acquérir de manière autonome – et dans un ordre bien particulier – une grande variété de compétences. L'une des clés de ce mystère serait la curiosité.

PIERRE-YVES OUDEYER

artificielle

→ pour une seule tâche bien spécifique et en se pliant strictement aux objectifs fixés par les ingénieurs – reconnaître et classer une image, déplacer un pion pour mettre l'adversaire en défaut, etc. Le tout en s'appuyant sur des méthodes d'apprentissage assez rustres : ces programmes ont été éduqués à coups de récompenses et de punitions attribuées par les informaticiens selon la pertinence de leurs décisions. Le bon vieux dressage à la carotte et au bâton.

APPRENDRE TOUT SEULS

Or, les scientifiques en sont de plus en plus convaincus, cette seule approche ne leur permettra pas d'affronter notre monde si complexe et évolutif. Et, justement, l'une des pistes pour y parvenir pourrait être celle empruntée depuis deux décennies par une petite poignée de roboticiens qui planchent sur des programmes capables de déterminer par eux-mêmes leurs objectifs et aussi d'apprendre de manière autonome, sans avoir besoin de récompense. Des programmes qui agiraient juste par pure curiosité.

"La curiosité humaine est un comportement exploratoire spontané, qui n'est pas motivé par la recherche de nourriture, de protection ou de reconnaissance sociale, mais qui s'exerce dans le seul but de collecter des informations pour ce qu'elles sont : c'est fondamental pour le développement d'un enfant qui découvre son

corps, son environnement, le langage..., éclaire Pierre-Yves Oudeyer, grand spécialiste en robotique développementale à l'Inria. D'où l'idée d'algorithmes dotés de cette 'motivation intrinsèque' qui leur permettrait d'apprendre, sans l'intervention d'un humain, un vaste répertoire de tâches nouvelles." Parfait. Mais comment coder cette soif insatiable d'apprendre ? Comment diable reproduire cette force intérieure qui

Les algorithmes curieux

... manipuler des outils

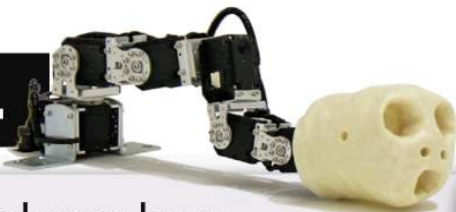
L'expérience vient d'être menée par une équipe de l'université de Bordeaux : un robot curieux, baptisé Torso, a été placé devant un joystick permettant de contrôler à distance un bras robotisé en contact avec une balle de tennis. Après des premiers mouvements erratiques dignes d'un nourrisson, Torso commence à percuter le joystick puis, au fil de son exploration, à le manipuler plus finement. L'algorithme capte alors de lui-même les corrélations entre ses propres mouvements et ceux de la balle de tennis. Au bout de quelques heures, il devient capable d'orienter la balle dans la direction désirée.

pousse chacun d'entre nous à expérimenter le monde ? Comment mesurer ce qui est intéressant ou non ?

"Prenez le cas concret d'un robot placé dans une pièce, lance Sébastien Forestier, roboticien à l'université de Bordeaux. Le robot se trouve confronté à de très nombreux buts imaginables : bouger sa main, par exemple vers le haut, ou tenter de faire avancer la balle qui se trouve dans son champ de vision. Face à ce choix immense, notre algorithme de curiosité artificielle va privilégier les buts les plus réalisables au vu de ses capacités du moment : il va se concentrer sur les actions où il progresse le plus, en mesurant l'effet qu'il a réussi ou non à donner à la balle, au regard des paramètres qu'il s'était fixés au fil de ses pre-

PIERRE-YVES OUDEYER

savent...



... explorer leur environnement

Depuis un an environ, plusieurs équipes de recherche immergent leurs algorithmes curieux dans les mondes ultra-hostiles des jeux vidéo. Avec, à la clé, des résultats bluffants. Animé par sa seule soif d'apprendre, un robot de Google est ainsi parvenu à parcourir 15 des 24 pièces pleines de chausse-trappes du redoutable jeu Atari *Montezuma Revenge*. Un algorithme de l'université de Berkeley vient aussi d'explorer une large partie du premier niveau de *Super Mario Bros*, comprenant de lui-même comment sauter au-dessus des obstacles et tuer ses ennemis. Des apprentissages qui lui ont permis d'explorer les territoires inconnus des niveaux suivants.

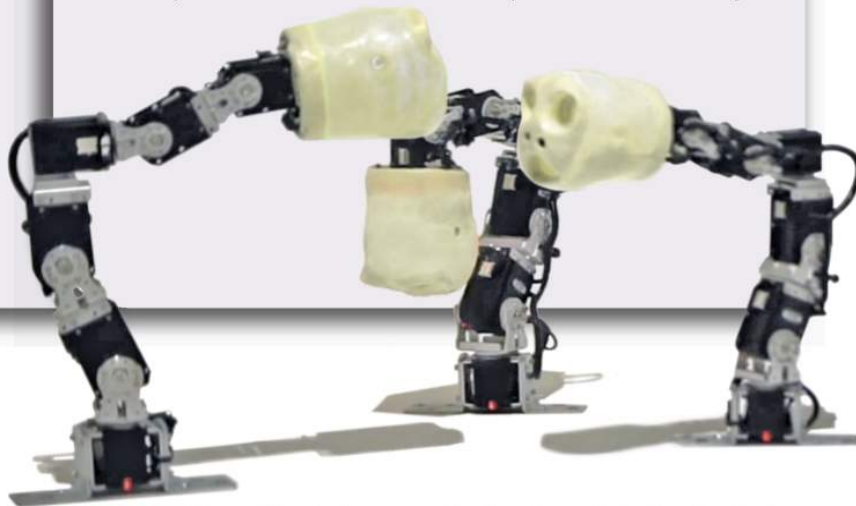
miers essais. Comme tout bambin, le robot privilégie les exercices adaptés à son niveau de compétence. *“Les objectifs jugés inatteignables au début deviennent de plus en plus accessibles au fil des apprentissages”*, complète Sao Mai Nguyen, du département Informatique de Télécom Bretagne.

ATTRAIT DE LA NOUVEAUTÉ

D'autres approches sont aussi testées: *“J'ai intégré dans mon algorithme une mesure de la nouveauté, qui encourage le système à se diriger vers des situations qu'il n'avait jamais vues auparavant ou sur des parties de son environnement pour lesquelles ses capacités de prédiction sont les plus faibles”*, explique Todd Hester, chercheur à l'université du Texas et à Google. De fait, la nouveauté et la surprise sont

... maîtriser le langage

Des chercheurs de l'Inria ont récemment mis en évidence le rôle de la curiosité dans la maîtrise du langage par les robots. L'algorithme doté d'un système de vocalisation artificiel commence par explorer de manière autonome les différentes possibilités vocales, et tente ensuite d'imiter les sons de son environnement, il babille. Puis le robot en vient à former, tel un enfant de 12 mois, des proto-syllabes, pour en arriver enfin aux syllabes. Une étude française parue au début de l'année montre qu'un robot curieux parvient à associer les sons prononcés à un objet.



des paramètres clés de la curiosité, souligne Celeste Kidd, psychologue du développement à l'université de Rochester: *“Les enfants préfèrent explorer des objets qui remettent en cause leurs attentes ou pour lesquels les relations de cause à effet leur sont inconnues.”* Avec le risque que les robots se jettent sur n'importe quelle nouveauté: imaginez une intelligence artificielle complètement absorbée par la vision des nuages dans le ciel aux formes constamment renouvelées. *“Ces algorithmes doivent pouvoir ignorer les aspects de l'environnement sur lesquels ils ne peuvent pas agir”*, insiste Deepak Pathak, spécialiste en apprentissage machine

à l'université de Berkeley (Etats-Unis). *“La curiosité de ces systèmes doit être organisée... sans être trop spécifique non plus”*, estime Pierre-Yves Oudeyer.

D'ores et déjà, ces algorithmes de curiosité artificielle affichent des résultats très prometteurs (voir modules). *“Ils ont démontré qu'ils permettent d'explorer beaucoup plus efficacement les environnements complexes, se réjouit Pierre-Yves Oudeyer. Même les très grandes puissances de calcul des géants d'internet ne peuvent rivaliser avec une curiosité bien placée.”* En outre, les systèmes curieux généralisent bien mieux leurs apprentissages, signale Varun

→ Raj Kompella, spécialiste de la curiosité artificielle à l'université de Bochum (Allemagne): *"Ils ne se contentent pas d'apprendre une seule tâche, mais plusieurs compétences à la fois."* *"Le comportement exploratoire de ces robots curieux est très proche de celui d'enfants entre 6 mois et 2 ans, en attendant de reproduire le comportement d'enfants plus âgés"*, suggère Sébastien Forestier.

Les équipes de Google ont pu constater récemment ces nouvelles possibilités, en testant ces petits curieux

par exemple, pour l'apprentissage des voitures autonomes ou le diagnostic médical", imagine Sao Mai Nguyen. Et les informaticiens se frottent déjà les mains à l'idée de combiner la finesse d'analyse des machines curieuses à la puissance statistique fracassante des algorithmes actuels.

Vivre avec ce type d'intelligence aura sans doute quelque chose d'étrange... *"Lors d'une manipulation avec un robot, nous avons été surpris de constater qu'après cinq heures d'expérience, celui-*

curieux génèrent des séquences d'actions ou des expériences nouvelles qui mènent parfois à découvrir des régularités jusqu'ici ignorées, se félicite Jürgen Schmidhuber. Cela pourrait être une nouvelle forme de musique, une nouvelle blague, ou de nouvelles données expérimentales obéissant à des principes physiques jusqu'alors inconnus."

UN DANGER POUR L'HOMME ?

Mais à force de multiplier les essais-erreurs, à force de fourrer son nez un peu partout, la curiosité artificielle pourrait aussi devenir un vilain défaut. *"Nous commençons à travailler sur cette question, en effet"*, confie Pierre-Yves Oudeyer. *"Oui, cela peut représenter un danger pour l'homme, avertit Varun Raj Kompella. Nous ne devons pas brider la curiosité, ce serait contre-productif, mais nous devons encadrer l'environnement au sein duquel l'IA acquiert ses différentes compétences. Je crois qu'il faut raisonner de la même manière que lorsqu'on élève un enfant: il ne vous viendrait pas à l'idée de laisser un pistolet entre les mains d'un bébé, qui pourrait presser sur la détente par pure curiosité et blesser quelqu'un..."*

Mieux vaudrait éviter que ces algorithmes d'un nouveau genre tentent d'appuyer ici, là, sur le gros bouton rouge.

Les débuts du mensonge artificiel ?

Les équipes de Facebook ont révélé, en juin dernier, que certains de leurs robots conversationnels s'étaient mis spontanément à mentir... Ce phénomène troublant est apparu lors d'une expérience de négociation entre deux algorithmes, lesquels devaient se répartir un butin constitué d'objets de différentes valeurs – un livre, deux chapeaux, trois ballons. Les chercheurs ont constaté que, pour parvenir à leurs fins, ces programmes n'hésitaient pas à feindre un intérêt pour un objet de peu de prix... pour ensuite donner l'impression de faire une énorme concession en les cédant à leur adversaire. Une stratégie gagnante qui constitue sans doute l'un des tout premiers mensonges artificiels.

sur plusieurs jeux vidéo qui laissaient démunis jusqu'ici toutes leurs machines. *"Leur capacité à évoluer dans des jeux comme Super Mario Bros ont émergé uniquement par la curiosité, il n'y a pas eu d'intervention humaine"*, indique Deepak Pathak.

Ces quelques expériences semblent encore très anecdotiques. Pourtant, *"la recherche active d'informations pertinentes, possiblement rares ou sous-représentées dans un jeu de données, devrait être utile,*

ci continuait à s'intéresser à bouger son bras et sa main", confie Sébastien Forestier. *"D'une certaine manière, nous avons modélisé le plaisir d'apprendre"*, souffle Pierre-Yves Oudeyer. Ces systèmes curieux sont amenés à évoluer tout au long de leur existence, à solliciter régulièrement l'homme pour satisfaire leur besoin de comprendre, et peut-être à développer un embryon de personnalité. Ils pourraient aussi nous surprendre par leur créativité débridée: *"Les systèmes*



A voir : les vidéos, parfois touchantes, de ces robots curieux manipulant outils et jeux vidéo.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



Votre dose quotidienne de savoir



SCIENCE&VIE TV

la chaîne pour comprendre



DISPONIBLE SUR :

CANAL

CANAL 90

orange

CANAL 128

free

CANAL 207

SFR

CANAL 206

numericable

CANAL 144

bouygues

CANAL 212

Bis

CANAL 35

molotov

www.science-et-vie.tv

@ScienceetvieTV



Sécheresse

Et si le vinaigre était la solution ?

La découverte est époustouflante de simplicité : une solution d'acide acétique, c'est-à-dire de vinaigre dilué, permet aux plantes de résister à la sécheresse. Comment ? **Agnès Vernet** a défriché la question.

Mais pourquoi personne n'y avait pensé auparavant ? Le vinaigre est pourtant un produit familial ! Désherbant, insecticide, nettoyant de choc, ses vertus sont nombreuses et bien connues des jardiniers. Mais la science réserve des surprises. Des chercheurs de l'Institut Riken, à Yokohama, viennent de découvrir qu'une solution d'acide acétique, le principal composant du vinaigre, protège les plantes du stress hydrique extrême.

Les résultats de leurs expériences sont impressionnants : le généticien Jong-Myong Kim et ses collègues ont appliqué

neuf jours durant une solution d'acide acétique sur la terre d'arabettes des dames, une herbe fleurie sans prétention qui, en raison de sa facilité de culture, fait un carton dans les laboratoires en tant que plante modèle. Les scientifiques ont ensuite fermé les robinets pendant quatorze jours, pas une goutte d'eau ne venait désaltérer les arabettes. Résultat : 70 % des plantes traitées ont survécu quand celles qui n'ont pas bénéficié du traitement sont mortes de dessiccation.

UN MÉCANISME MYSTÉRIEUX

La solution utilisée correspond à un vinaigre très dilué, à 20 mmol.l⁻¹. En comparaison, le vinaigre blanc à 8 % contient 1,3 mol.l⁻¹ d'acide acétique, soit 500 fois plus. Les chercheurs ont beaucoup tâtonné pour en arriver là : "Nous avons essayé tant d'options pour optimiser les conditions expérimentales...", se souvient Jong-Myong Kim. L'efficacité de ce traitement repose

en effet sur un mécanisme végétal encore méconnu.

Pour comprendre comment l'idée de recourir au vinaigre est venue aux chercheurs, il faut savoir que l'acide acétique est naturellement présent, en petite quantité, dans les plantes. De fait, il s'agit d'un des produits de la transformation des sucres en énergie dans les cellules végétales. Mais chez certaines arabettes des dames du laboratoire japonais, les concentrations d'acide acétique sont dix fois plus importantes que chez les autres plantes... Ces végétaux "naturellement vinaigrés" avaient été sélectionnés car ils portaient une mutation associée à une remarquable résistance au stress hydrique, au point de pouvoir survivre à une sécheresse extrême. La surcharge en

Contexte

Avec les changements climatiques, les phénomènes de sécheresse seront de plus en plus fréquents et de plus en plus intenses. Nos latitudes risquent d'expérimenter des périodes sèches extrêmes comme celle qui a frappé certaines régions d'Italie cet été. Des conditions climatiques encore rares qui constituent une véritable catastrophe agricole.





acide acétique était une vraie surprise. Suffisante pour envisager un lien de cause à effet et creuser la piste du vinaigre.

En matière de sécheresse, les chercheurs suivent en priorité la piste de l'ABA (acide abscissique). De fait, en cas de stress hydrique, cette hormone végétale commande des processus d'économie de l'eau : la plante ferme ses stomates (de petits volets sur les feuilles par lesquels l'eau s'évapore), elle désactive les aquaporines (des canaux qui laissent passer l'eau au niveau des racines) et elle ralentit son métabolisme pour entrer en dormance. En clair, les végétaux attendent que ça passe en piquant une sieste. Mais que l'eau les alimente de nouveau et elles se réveillent. Un mécanisme de défense que

On aurait donc pu imaginer que le vinaigre dilué active la synthèse d'ABA. Mais non ! Les chercheurs n'observent pas son activation. A la place, c'est une autre hormone de réponse au stress qu'ils ont trouvée : l'acide jasmonique.

Une surprise. Outre son rôle dans le développement et la croissance végétale, elle

70 % des plantes traitées ont survécu à la sécheresse extrême

est surtout connue pour lutter contre les maladies et les insectes. "C'est une hormone très peu étudiée en cas de sécheresse", confirme Bertrand Muller, spécialiste de l'adaptation des plantes à l'Inra. "On

^ UNE RÉSISTANCE EXCEPTIONNELLE

Sur un lot de 28 plants d'arabettes des dames traités avec différents acides, seuls ceux qui avaient reçu une solution d'acide acétique, les quatre pots du milieu, ont résisté à quatorze jours sans une goutte d'eau.

a récemment découvert qu'elle pouvait intervenir dans les premières réponses au stress hydrique chez le riz. On sait qu'elle peut influencer l'ouverture des stomates", complète Antony Champion, biologiste moléculaire spécialiste de cette hormone au sein de l'Institut de recherche pour le développement (IRD).

L'analyse génomique des arabettes a en effet montré que l'acide acétique aspergé en solution sur la terre, au pied de la plante, active la signalisation de l'acide jasmonique, lequel peut, à son tour, modifier l'expression de nombreux gènes, dont certains pourraient être impliqués dans la résistance

Les autres pistes de la science pour lutter contre la sécheresse

• **Créer des variétés plus résistantes**, en explorant la diversité génétique naturelle végétale.

Par exemple: des racines très profondes permettent de puiser l'eau souterraine et des variants naturels sont capables de croître, même soumis à un stress hydrique. Après avoir caractérisé ces propriétés, les chercheurs croisent les plantes entre elles pour créer de nouvelles variétés.

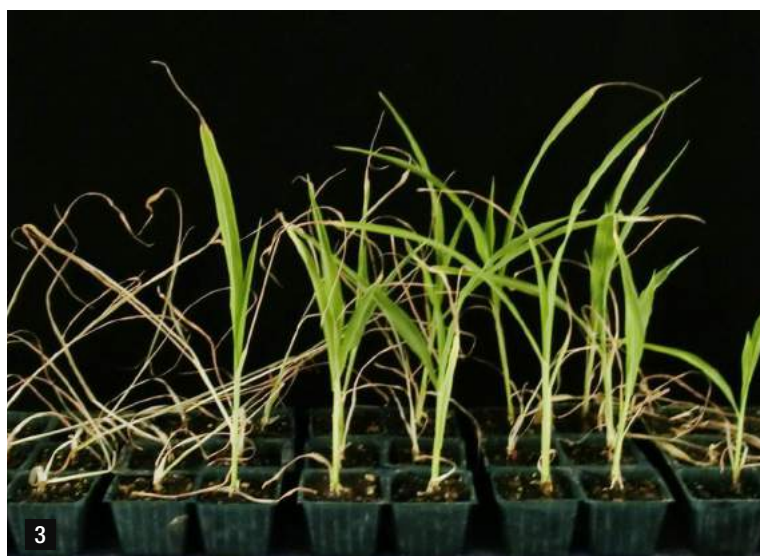
• **Réorganiser les champs, en améliorant les techniques agronomiques.** L'effeuillage des vignes, entre autres, permet de faire des économies d'eau en réduisant la transpiration des plantes.

On peut aussi prévoir des zones d'ombre grâce à l'agroforesterie ou à l'agrovoltaïque, qui plante des panneaux solaires dans les champs.

• **Exploiter le sol**, en étudiant les interactions entre les plantes et les micro-organismes qui vivent dans la terre. Les champignons mycorhiziens (qui vivent en symbiose avec les plantes), notamment, améliorent la nutrition en eau et en minéraux des céréales.

• **Développer des plantes génétiquement modifiées**, en créant des mutations pour renforcer ou contrôler la signalisation de l'acide abscissique (ABA).

• **Bloquer la transpiration des plantes**, avec des traitements chimiques externes (comme le pesticide acibenzolar) qui ferment les stomates ou empêchent l'endormissement des plantes en ciblant l'ABA. On peut ainsi espérer limiter les pertes de rendements si la sécheresse est modérée.



→ à la sécheresse. Pour l'heure, les chercheurs japonais n'en savent pas beaucoup plus. *"Nous ignorons encore comment l'acide jasmonique produit la tolérance à la sécheresse"*, reconnaît Jong-Myong Kim. Une chose est sûre: cette stratégie ne s'appuie pas sur la réponse naturelle des plantes pour se protéger contre la sécheresse. Seuls certains mutants peuvent la mettre en œuvre spontanément. Les autres plantes n'augmentent pas leur production d'acide acétique, mais elles réagissent à l'apport externe du vinaigre dilué. Le traitement semble

donc détourner le métabolisme d'une manière qui protège les plantes! Reste à élucider comment tout cela fonctionne.

Pour Bertrand Muller, le mécanisme d'action pourrait aussi être beaucoup plus simple: *"La plante est aussi un objet physique, avec des tuyaux et des robinets. Or les aquaporines sont sensibles à l'acidité, et on peut imaginer que ce traitement à l'acide acétique les ferme directement sans passer par une modification de l'expression des gènes."* *"Faux!"* rétorque Motoaki Seki, qui dirige l'équipe de génomique des plantes à l'Institut Riken. *Nous*



2

Une solution pour les céréales

Les chercheurs ont démontré que le vinaigre protège aussi des céréales de la sécheresse. Le **blé (1)** réagit de manière optimale lorsque le traitement dure neuf jours avec une dose de 20 mmol.l^{-1} (3^e et 4^e pots en partant de la gauche), comme le **colza (2)**. La dose idéale pour le **maïs (3)** est aussi de 20 mmol.l^{-1} mais le prétraitement ne doit durer que quatre jours. Quant au **riz (4)**, le protocole le plus efficace utilise une dose de 30 mmol.l^{-1} et dure quatre jours.



avons testé d'autres acides (chlorique, formique, butyrique, lactique et citrique) et seul l'acide acétique améliore la tolérance à la sécheresse."

UNE MÉTHODE PAS TRÈS ÉCOLO

Et les résultats sont là : les chercheurs ont testé avec succès leur protocole sur du maïs, du colza, du riz et du blé, soit les principales plantes cultivées dans le monde. Les plants de blé et de maïs ont été protégés à presque 100 %. Et 50 % à 60 % des cultures de riz et de colza ont été sauvegardées. Alors ? Va-t-on bientôt asperger de vinaigre dilué les

champs menacés par les canicules ? La lutte contre la sécheresse est un enjeu majeur qui mobilise des chercheurs du monde entier. Qu'elles fassent appel au génie génétique ou à des plateformes robotisées, les pistes à l'étude reposent souvent sur des investissements importants (voir encadré). La solution au vinaigre a, elle, l'avantage de la simplicité. *"Le développement de nouvelles technologies simples et moins coûteuses est nécessaire, d'autant que les plantes génétiquement modifiées ne sont pas disponibles dans plusieurs pays"*, plaide Motoaki Seki.



△ TROUVER UN TRAITEMENT QUI PRÉSERVE LA BIODIVERSITÉ

C'est le prochain axe de recherche de Jong-Myong Kim et de son équipe. Car l'acide acétique risque de perturber les micro-organismes.

Mais attention : appliquer ce traitement à base d'acide acétique revient à faire baisser le pH du sol. *"Ce n'est pas très écolo"*, remarque Bertrand Muller. En effet, le sol héberge des insectes et des micro-organismes qui forment une communauté vivante complexe. Pour être crédible, le traitement doit préserver cette biodiversité. *"C'est un de nos futurs sujets de recherche"*, admet Motoaki Seki. Il y a donc encore du travail. Et Jong-Myong Kim prévient : *"Si on réalise un prétraitement trop court ou avec une solution mal dosée, les plantes et les semences sont annihilées"*. Il est donc préférable d'attendre un peu avant d'asperger de vinaigre dilué les plants de tomates en prévision d'une période sans pluie.

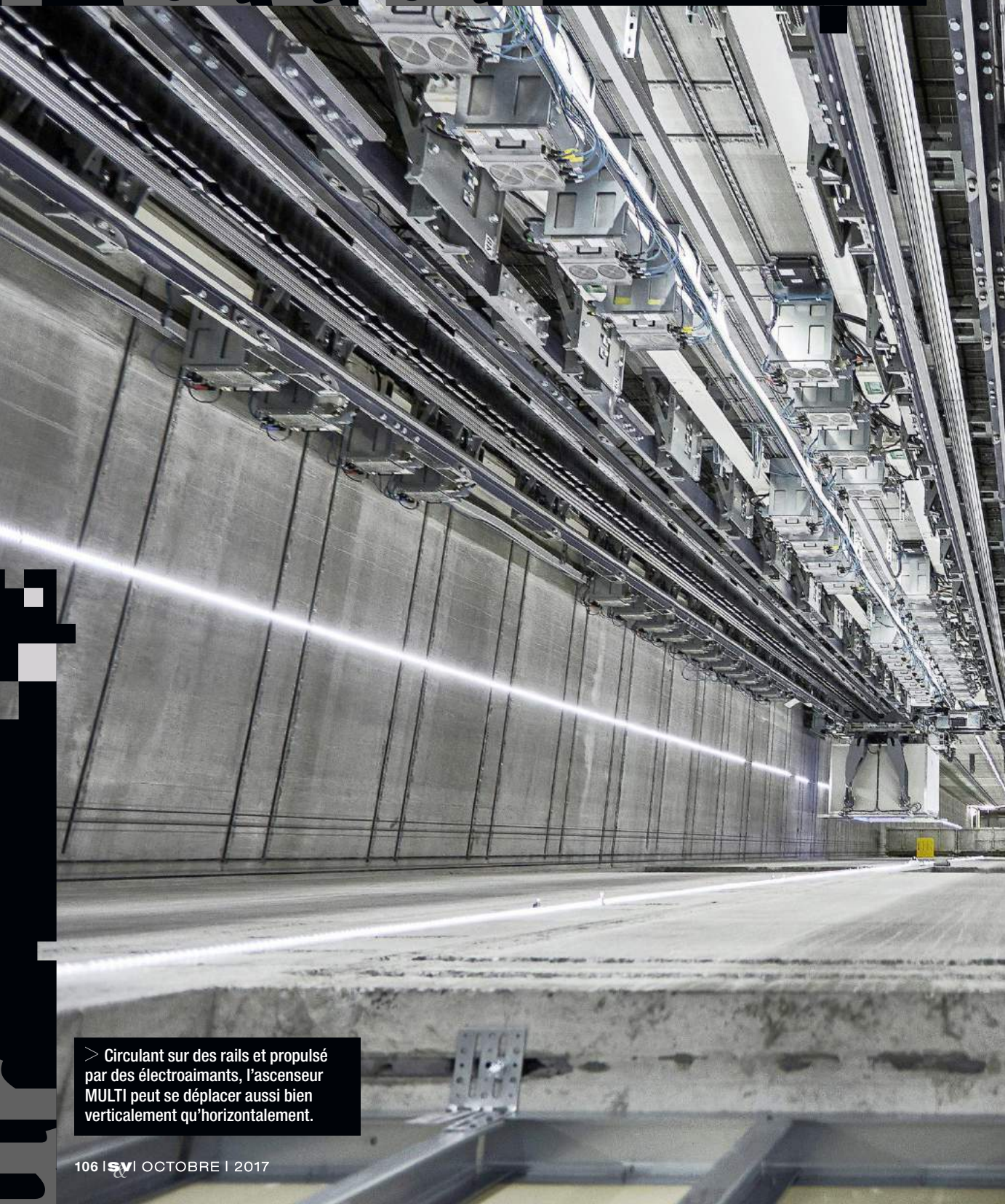


A consulter : la publication scientifique détaillant les recherches de l'équipe de Jong-Myong Kim.


science-et-vie.com

KIM ET AL./RIKEN - JONG-MYONG KIM

★
EN
SAVOIR
PLUS



> Circulant sur des rails et propulsé par des électroaimants, l'ascenseur MULTI peut se déplacer aussi bien verticalement qu'horizontalement.



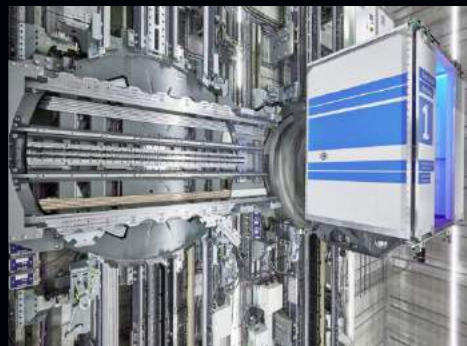
ROTTWEIL (ALLEMAGNE)

L'ascenseur ultime prend son envol

L'ascenseur qui peut se déplacer dans toutes les directions (voir S&V n° 1169) devient une réalité ! En fibre de carbone et en aluminium, l'ascenseur MULTI, de l'entreprise allemande ThyssenKrupp, vient de passer avec succès un premier test dans une tour de 246 m de hauteur, construite pour ce type d'expérimentation à Rottweil, en Allemagne. *"Nous sommes parvenus à construire un ascenseur sur rails guidé avec une très grande précision, qui résiste aux vibrations",* se réjouit Markus Jetter, responsable scientifique du projet. Cet ascenseur, qui peut effectivement se mouvoir aussi bien verticalement qu'horizontalement, se passe totalement de câble : la propulsion est assurée par la force que génèrent des électroaimants tout au long du trajet de la cabine. L'équipe a notamment mis au point un tout nouveau

composant essentiel, "l'échangeur", sorte de plaque tournante qui modifie la direction de la cabine pour la faire passer d'un déplacement vertical à un déplacement horizontal. Cette technologie demeure chère mais elle pourrait bouleverser le transport au sein des bâtiments en réduisant les temps d'attente et de parcours, et en démultipliant les trajectoires possibles dans les immeubles. **e.d.**

THYSSENKRUPP AG





PARIS - LA DÉFENSE

Des navettes électriques circulent déjà sans pilote

Le Syndicat des transports d'Ile-de-France (Stif, renommé Ile-de-France mobilités) expérimente jusqu'à fin décembre, sur l'esplanade de La Défense, des navettes électriques autonomes, sans chauffeur à bord. Elles sont trois et transportent chacune, gratuitement, 15 personnes sur 3 trajets préenregistrés. Elles sont bardées de capteurs pour voir ce qui les entoure, détecter les obstacles, reconnaître la circulation et les panneaux routiers, et possèdent un système de positionnement par satellite. Un véhicule qui permet de couvrir les trajets trop courts pour les voitures et trop longs pour les pieds.

S.F.

LE BOURGET

Airbus prépare un super hélicoptère rapide et économique

C'est un pari : construire un hélicoptère rapide (plus de 400 km/h de vitesse de croisière), économique et performant. Pour y parvenir, le constructeur Airbus Helicopters s'est associé à douze partenaires européens. Son concept, Racer, mise sur une innovante aile double en X, dite "box wing", qui apporte une bonne portance en vol de croisière, associée à deux hélices propulsives latérales. Alliée à des empennages verticaux, cette structure réalise une économie de carburant de 10 %, selon le constructeur. De quoi en faire un véhicule adapté aux opérations d'urgence, aux transports commerciaux, voire à l'aviation d'affaires. Un concept en phase préliminaire a été présenté fin juin au Salon international de l'aéronautique et de l'espace du Bourget. Un prototype devrait être assemblé en 2019, avant de prendre son envol l'année suivante.

F.G.



NEVADA (ÉTATS-UNIS)

Le train supersonique **Hyperloop** réussit ses essais

Au Nevada, le développement d'Hyperloop va bon train. Imaginé par Elon Musk (propriétaire de Tesla Motors), ce train supersonique sous vide à lévitation magnétique promet de parcourir de longues distances terrestres plus rapidement que l'avion ! Le vide, la propulsion, la lévitation magnétique, le guidage et le freinage ont été, pour la première fois en mai, testés ensemble dans un tube de taille réelle de 3,3 m de diamètre. Le véhicule de test était un chariot d'essai de 96 m de longueur, propulsé par un moteur de 30 m. Résultats : le chariot a atteint une vitesse de 112,6 km/h en 5,3 secondes, soit une accélération de 2 g. Fin juillet, un autre essai a permis d'atteindre 310 km/h. Reste que la vitesse visée est quatre fois plus rapide. Un élément est cependant prêt : la navette destinée à transporter les passagers ou les marchandises.

F.G.

Idée neuve



“DÉPLOYER DES DÉFIBRILLATEURS VOLANTS AU SECOURS DES PERSONNES EN ARRÊT CARDIAQUE”

Andreas Claesson, secouriste au Centre pour les sciences de la réanimation de l'Institut Karolinska, à Stockholm (Suède)

En cas d'arrêt cardiaque, il faut choquer un patient dans les 3 à 5 min pour lui donner 70 % de chances de survie. Plus le temps passe, plus le pourcentage se réduit.

“Dans les zones où le temps de réponse des ambulances s'approche des 30 min, les chances de survivre à un arrêt cardiaque sont minimes, explique Andreas Claesson, secouriste pour le Samu suédois. Des drones pourraient délivrer des défibrillateurs auprès du patient en quelques minutes.” Et ça marche ! Grâce à un drone équipé d'un défibrillateur automatique, qui analyse l'activité du cœur et évite à l'opérateur toute prise de décision, il a testé son idée près de Älmsta, au nord de Stockholm. Sur 18 cas, le drone est arrivé en moyenne en 5 min. Bien assez pour sauver des vies. Il ne reste qu'à donner des autorisations de survol à ces auxiliaires des urgences.

A.V.



VIENNET - AIRBUS - DR



CALIFORNIE

Des moustiques stériles à l'assaut des infections

Pour combattre les nombreuses infections transmises par les piqûres de moustiques – Zika, dengue, paludisme... – la société Verily (du même groupe que Google) envisage d'anéantir les populations de ces insectes. Elle a élevé des colonies entières de moustiques infectés par la bactérie *Wolbachia*, qui a pour particularité de rendre les mâles absolument stériles, et lâché 20 millions de ces moustiques dans le comté de Fresno, en Californie. Les femelles qui s'accoupleront avec ces mâles n'auront pas de descendance, ce qui devrait rapidement faire décroître les populations dans la région. Le tout sans augmenter le risque de piqûre, puisque seule la femelle pique. **S.D.**

MEXICO

Des déchets vont alimenter le métro

Près de Mexico, la première usine d'incinération de déchets ménagers d'Amérique latine ouvrira ses portes en 2020. Construite par Veolia, elle a été conçue pour alimenter en électricité l'intégralité des lignes de métro de la capitale mexicaine. Pour cela, elle brûlera 1,6 million de tonnes de déchets par an. Cela permettra de générer de la vapeur pour produire 965 GWh d'énergie renouvelable par an. L'usine marque une rupture avec les pratiques de cette région où les déchets sont souvent enterrés ou brûlés au sein même des immeubles. **S.F.**

LIUZHOU (CHINE)

Une ville-forêt veut combattre la pollution

Voici une piste pour lutter contre la pollution urbaine: créer des villes-forêts, comme celle en cours de construction dans le sud-ouest de la Chine. Liuzhou Forest City, c'est son nom, devrait pouvoir accueillir, sur près de 175 ha, 30 000 habitants dès 2020. L'idée du cabinet d'architecture italien Stefano Boeri est simple: planter environ 40 000 arbres et près de 1 million de plantes de plus de 100 espèces, sur les toits et les façades des bureaux, maisons, hôtels, hôpitaux, écoles... afin d'absorber le dioxyde de carbone, d'atténuer la pollution sonore, d'abaisser la température de l'air, et de favoriser la biodiversité. Selon ses concepteurs, Forest City devrait pouvoir absorber environ 10 000 t de CO₂ et 57 t de polluants chaque année, tout en produisant 900 t d'oxygène.

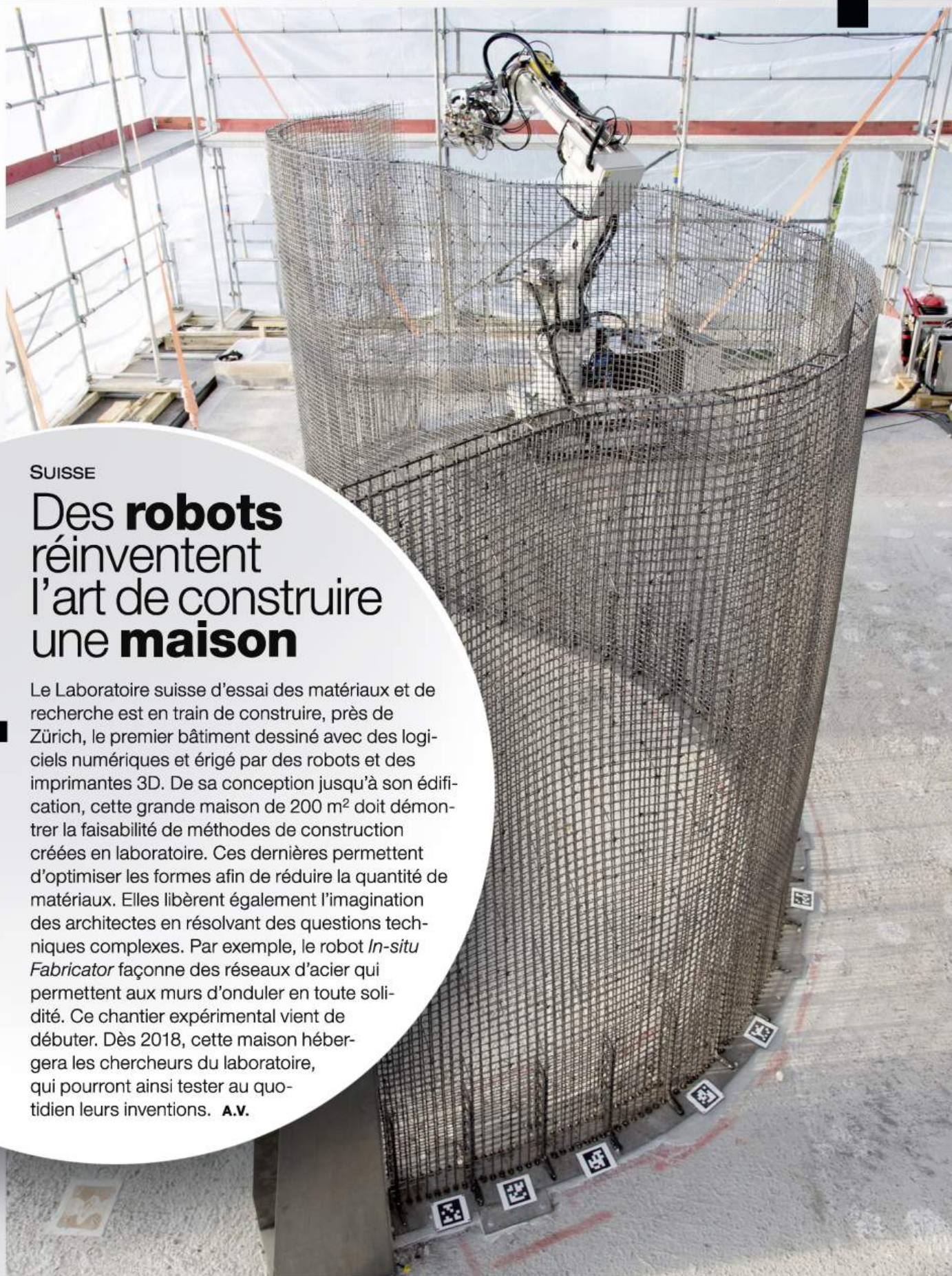
E.T.-A.



Rendez-vous en...
2030

LA "GLACE COMBUSTIBLE" REMPLACERAIT LE PÉTROLE

La "glace combustible", ou hydrate de méthane, est un solide composé de molécules de méthane piégées au milieu de molécules d'eau cristallisée. Elle doit son nom au fait qu'elle se met à brûler dès qu'elle fond en présence d'oxygène ou d'un autre oxydant. Selon le département américain à l'Energie, un seul mètre cube de cette glace peut générer 164 m³ de méthane brut utilisable comme source d'énergie fossile. Or, selon certaines estimations, ce composé se trouve en très grande quantité sous le plancher océanique et le permafrost. Si son extraction était jusqu'à présent un processus coûteux et mal maîtrisé, la Chine a annoncé, en juillet dernier, avoir récupéré plus de 235 000 m³ d'hydrate de méthane en à peine six semaines. *"Cela peut sembler beaucoup, mais c'est environ 25 fois moins que la quantité que l'on aurait pu récupérer dans le même temps avec un puits de gaz de schiste"*, tempère le géologue Roland Vially, de l'Institut français du pétrole - Energies nouvelles. De plus, le scientifique redoute que ces extractions mènent à des glissements de terrain à l'origine de catastrophes géologiques. Cela n'empêche pas les Chinois d'espérer une exploitation rentable, en tant qu'énergie fossile, d'ici à 2030. **S.D.**



SUISSE

Des **robots** réinventent l'art de construire une **maison**

Le Laboratoire suisse d'essai des matériaux et de recherche est en train de construire, près de Zürich, le premier bâtiment dessiné avec des logiciels numériques et érigé par des robots et des imprimantes 3D. De sa conception jusqu'à son édification, cette grande maison de 200 m² doit démontrer la faisabilité de méthodes de construction créées en laboratoire. Ces dernières permettent d'optimiser les formes afin de réduire la quantité de matériaux. Elles libèrent également l'imagination des architectes en résolvant des questions techniques complexes. Par exemple, le robot *In-situ Fabricator* façonne des réseaux d'acier qui permettent aux murs d'onduler en toute solidité. Ce chantier expérimental vient de débuter. Dès 2018, cette maison hébergera les chercheurs du laboratoire, qui pourront ainsi tester au quotidien leurs inventions. **A.V.**

LA SCIENCE & LA VIE

114

Santé au travail

Les chefs se portent mieux car ils sont chefs



126

Technofolies

L'oreillette qui supprime les ronflements



130

Questions/Réponses

Mais que font les chats lorsqu'ils "pétrissent" avec leurs pattes?



Science & société

114

Santé au travail

Les chefs se portent mieux car ils sont chefs

Saumon transgénique

Le premier animal OGM débarque dans les assiettes

Electroménager

Les normes écologiques ne sont pas la priorité des consommateurs français

Science & vie pratique

122

Bon à savoir

Dix conseils pratiques en direct des publications scientifiques

Technofolies

L'oreillette qui supprime les ronflements; le vélo en bois à monter soi-même; le matelas connecté à votre sommeil; un scanner pour écouter ses vinyles; une caméra qui surveille tout autour de votre voiture...

Science & culture

128

Questions/Réponses

Mais que font les chats lorsqu'ils "pétrissent" avec leurs pattes? Le goût est-il héréditaire? Comment les yeux bougent-ils ensemble?...

A voir/A lire

Le festival "Pariscience"

Il y a... 60 ans

Le jour où les Soviétiques mirent *Sputnik* en orbite

Santé
au travail

Les chefs se portent mieux car ils sont chefs

Après un été à préparer la révision du code du travail et à débattre de sa pénibilité, la rentrée a sifflé l'heure de se remettre concrètement au boulot. A tout le moins pour ceux qui en ont un... Lesquels ont, à 35 ans, une espérance de vie de dix ans supérieure aux chômeurs. Mais ils n'en sautent pas de joie pour autant. Car, dans le monde du travail aussi, tout le monde n'est pas logé à la même enseigne. La rentrée sera moins dure, quoi qu'ils en disent, pour les chefs que pour leurs subal-

ternes. Car les études sur la santé sont sans ambiguïté : plus on monte dans la hiérarchie, plus on reste en forme. Et vice-versa, plus on descend, plus la santé se dégrade.

C'est ce que montre une grande enquête publiée en 2005, et que de nombreuses autres ont, depuis, confirmé. Aujourd'hui, ses conclusions font référence, apportant un éclairage à la fois étonnant et inédit sur le monde de l'entreprise, devenu un modèle social à part entière.

Concrètement, cette enquête repose sur les études Whitehall I et II qui, depuis cinquante ans, mesurent le risque cardiovasculaire chez des milliers de fonctionnaires du gouvernement britannique. Dans ce milieu où chacun gagne plutôt bien sa vie, les résultats sont édifiants : le rang hiérarchique influe directement sur le risque

de tomber malade et sur l'espérance de vie. Entre 40 et 64 ans, ceux qui sont tout en bas de l'échelle ont quatre fois plus de risques de mourir que ceux qui sont tout en haut. Mieux (ou pire), la santé respecte, d'un extrême à l'autre, un gradient continu : le directeur est en général en meilleure santé que le chef de département, lui-même en meilleure santé que le chef d'équipe, lui-même en meilleure santé que son équipe, et ainsi de suite jusqu'en bas. D'où l'expression de "syndrome

du statut social", utilisée par Michael Marmot, professeur d'épidémiologie et de santé publique à l'University College de Londres, qui a dirigé cette enquête. Un syndrome que l'on retrouve dans tous les pays.

LE STRESS EN LIGNE DE MIRE

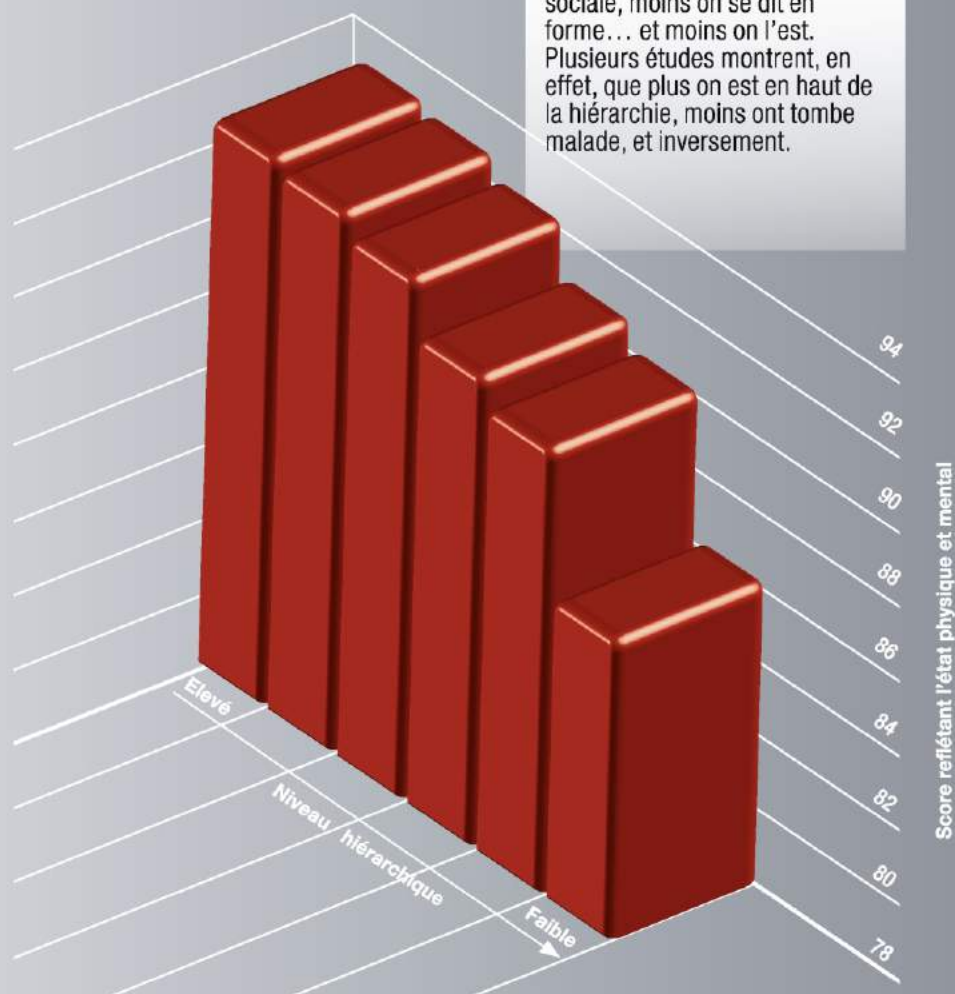
Parce que les dirigeants se paient de meilleurs soins ? Ou parce qu'ils adoptent un mode de vie plus sain ? Non, martèle Michael Marmot. Les statistiques montrent qu'à qualité de soin et mode de vie équivalents, le gradient existe

LE RAPPEL DES FAITS

La renégociation du **compte pénibilité**, opérée cet été par le gouvernement, ne concerne que les postes les plus exposés. Or un sondage Ipsos révèle que près de 40 % des Français se disent fatigués par leur vie professionnelle.

Le niveau hiérarchique a un impact sur la santé

Plus on descend dans l'échelle sociale, moins on se dit en forme... et moins on l'est. Plusieurs études montrent, en effet, que plus on est en haut de la hiérarchie, moins on tombe malade, et inversement.



6 ans

Aujourd'hui, en France, un cadre âgé de 35 ans vit en moyenne six ans de plus qu'un ouvrier du même âge.

2/3 des Français sont stressés au travail

Or le stress, à un niveau trop élevé et chronique, déclenche des pathologies.



SOURCES : INTERNATIONAL JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY 2005
INSEE PREMIÈRE 2016 - CSA 2013

toujours. Si vous fumez un paquet de cigarettes par jour, mieux vaut donc, pour votre santé, être chef que sous-fifre. Pourtant a priori identiques, vos risques de développer un cancer du poumon ou un problème cardiaque seront plus faibles. Et s'il se déclare, vos chances d'y survivre seront meilleures. Un effet que l'on retrouve jusque chez les... acteurs nommés aux Oscars : ceux qui ont obtenu la célèbre statuette vivent en moyenne quatre ans de plus que les autres, simplement

nommés. On savait déjà que les pauvres, en raison de leur manque de moyens et des conditions de vie qui en découlent, sont les moins bien lotis sur le plan sanitaire ; voici donc que c'est aussi le fait d'être socialement au sommet qui

conserve, indépendamment de l'argent.

"La question, c'est de comprendre comment on passe du social au biologique", expose Cyril Delpierre, épidémiologiste à l'Inserm-Université Paul-Sabatier de Toulouse

et expert en inégalités sociales de santé. L'une des clés est le niveau de stress perçu par les individus, qui incite le corps à libérer différentes hormones corticoïdes, à commencer par le cortisol. *"Lorsque vous stimulez trop longtemps votre*



CYRILLE DELPIERRE

Epidémiologiste, Inserm-Université Paul-Sabatier, Toulouse

Quand vous avez une hiérarchie très forte, vous êtes en situation de stress. Cela finit par user l'organisme

→ système de réponse au stress, l'une des réactions peut être de se protéger en devenant moins sensible au cortisol, qui va donc rester à un taux élevé. Or, un taux élevé de cortisol a des effets négatifs bien connus", explique Cyrille Delpierre. Des effets que l'on retrouve bien chez les patients de la cohorte Whitehall, à mesure que l'on descend dans la hiérarchie: taux de "bon" cholestérol (HDL) de plus en plus bas, taux de triglycérides de plus en plus élevés, taux plus élevés de sucre dans le sang...

CONTRÔLER LA SITUATION

La répartition de la graisse elle-même change: plus on descend dans l'échelle sociale, plus elle se focalise sur l'abdomen, là où elle est la plus nocive pour la santé. Dans une étude publiée cette année dans la revue *Preventive Medicine*, des épidémiologistes de Montréal (Canada) constatent qu'un stress prolongé au travail entraîne, au-delà de quinze années, un risque plus important

de développer différents cancers (poumon, côlon, rectum et estomac).

Serait-on donc, en moyenne, moins stressé en haut de la hiérarchie? C'est ce qu'a clairement démontré Jennifer Lerner, à l'université d'Harvard (Etats-Unis). La psychologue a eu l'occasion, en 2012, de tester les niveaux réels de stress ressentis par un échantillon d'officiers et d'employés du gouvernement américain. Plus on

monte dans la hiérarchie, plus les taux de cortisol sont bas. Signe que l'on est effectivement moins stressé, ce que confirment les questionnaires portant sur l'anxiété ressentie.

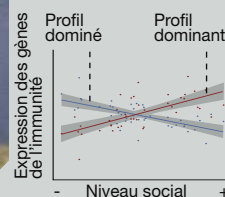
Les dirigeants ne sont-ils pourtant pas censés porter les plus lourdes responsabilités? Sauf que, rappelle la psychologue, ce sont eux qui ont aussi le plus grand contrôle de leur environnement. Or la sensation de contrôle est connue pour

jouer un rôle apaisant majeur lors d'un stress. Pour en avoir le cœur net, la psychologue a donc demandé à chaque participant de préciser le nombre de ses subordonnés, son degré d'autorité et d'autonomie dans ses décisions, etc. Les résultats ont confirmé son intuition: à niveau de contrôle équivalent, la hiérarchie n'a plus aucun effet! Preuve que c'est bien cette sensation de contrôle qui joue le premier rôle.

La pénibilité refait ses comptes

Depuis 2015, le code du travail reconnaît que certains postes occasionnent des dommages sur la santé qu'il faut compenser. Le "compte pénibilité", qui deviendra bientôt "compte personnel de prévention", permet aux salariés du privé, exposés à des conditions difficiles de travail, de cumuler des points pour partir plus tôt à la retraite ou travailler à temps partiel sans perte de salaire. La révision en cours prévoit que pour quatre critères (dont l'exposition à des produits chimiques), cette retraite anticipée ne sera effectivement obtenue que si l'on est reconnu malade. Ce qui ne compense donc pas l'écart d'espérance de vie enregistré, en dehors de toute pathologie diagnostiquée, entre les ouvriers et les cadres supérieurs. Et n'aborde en rien la question des rapports hiérarchiques dans l'entreprise, et du stress chronique qu'ils entraînent chez les subordonnés.

Les deux voies par lesquelles la hiérarchie



1-LE SYSTÈME IMMUNITAIRE

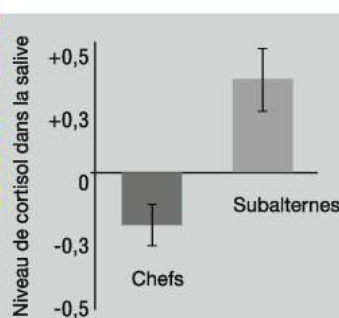
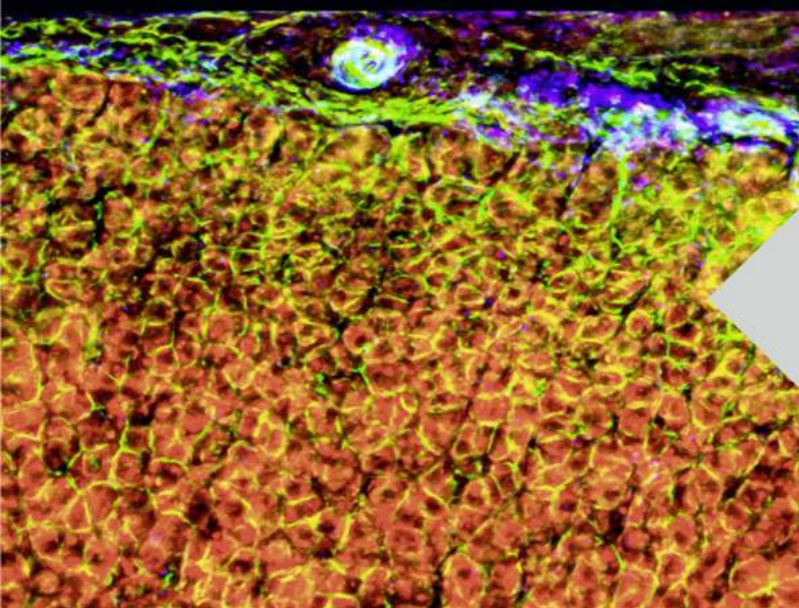
Quand un macaque change de statut, cela modifie l'activation des gènes de ses lymphocytes (ci-contre), qui adoptent alors le profil correspondant à la nouvelle "classe sociale".

SOURCE : NOAH SNYDER-MACKLER ET AL., SCIENCE, 2016

LES GÈNES SONT TOUCHÉS

"Quand vous avez une hiérarchie très forte au-dessus de vous, quand vous devez rendre impérativement votre rapport à telle heure et que vous n'avez pas le choix, vous êtes en situation de stress, avec un rythme cardiaque plus élevé, etc. Cela finit par user l'organisme et peut conduire à une inflammation chronique et, au

affecte la santé



2-LE CORTISOL

Le niveau moyen de cortisol (hormone du stress produite par la glande surrénale, ci-contre) est moins élevé dans la salive des chefs que dans celle des subalternes.

SOURCE: SHERMAN ET AL./PNAS 2012

brusquement leur position sociale. Résultat de ce déclassement? “Ces manipulations ont induit des effets à la fois sur la composition et le type cellulaire du système immunitaire”, ont constaté les chercheurs. Ainsi, les dominantes devenues dominées ont vu changer l’activation de pas moins de 1834 de leurs gènes favorisant désormais des réponses inflammatoires. Et les femelles dominées, lesquelles privilégiaient jusque-là des réponses de type inflammatoire, ont vu leurs défenses immunitaires devenir comparables à celles des dominantes. Contre un même pathogène, la réaction est devenue plus spécifique, faisant intervenir des anticorps.

Encore plus déprimé de retourner au travail? La bonne nouvelle, c’est que l’on connaît enfin le moyen de vivre aussi vieux que son chef: il suffit de prendre sa place. La mauvaise, c’est qu’à la lecture de ces lignes, celui-ci risque encore moins d’avoir envie de vous la céder...

E.Monnier

bout du compte, à plus de risques que vos vaisseaux sanguins se bouchent, que votre système immunitaire soit moins efficace contre une infection ou qu’une tumeur progresse”, analyse Cyrille Delpierre.

Il y a deux ans, une équipe américaine a ainsi détecté des méthylations (modifications réversibles de l’ADN par addition d’un groupement méthyle) dans 18 gènes liés à la réactivité au stress et à l’inflammation dans les catégories sociales inférieures, entraînant une activation différente de ces gènes. Un effet qui s’atténue lorsque la personne grimpe dans la hiérarchie, les taux de méthylation devenant alors comparables à ceux des personnes qui ont toujours vécu dans les catégories sociales les plus hautes. A l’inverse, quels changements biologiques s’opèrent chez un

chef qui dégringole dans la hiérarchie? Il n’est pas facile de demander à un patron d’entreprise de jouer au jeu des chaises musicales. Mais une étude publiée en 2016 donne quelques indications en s’intéressant au sort... de nos cousins les macaques. Des chercheurs canadiens ont modifié les rapports hiérarchiques dans différents groupes de femelles. En prélevant des

femelles dominantes d’un groupe pour les introduire dans un autre, les scientifiques ont modifié

> PAS JUSTE EN ENTREPRISE

Même quand un acteur reçoit un Oscar (ici, Casey Affleck), cela a une incidence positive sur sa santé.



Pour aller plus loin:

www.science-et-vie.com

Saumon transgénique

Le premier animal OGM débarque dans les assiettes



Le 4 août, la société américaine AquaBounty Technologies annonçait avoir distribué 5 tonnes de saumon de l'Atlantique transgénique sur le marché canadien au cours de l'année écoulée. En toute légalité: en mai 2016, le ministère canadien de la Santé et l'Agence canadienne d'inspection des aliments avaient autorisé sa commercialisation. Les experts du gouvernement ont jugé, au vu des études

scientifiques fournies par le fabricant, que son saumon était aussi sûr et nutritif que son équivalent non OGM. Il s'agit du premier animal génétiquement modifié proposé à l'alimentation humaine dans le monde.

Bien sûr, l'annonce a provoqué quelques remous. *"Au Canada, l'étiquetage des aliments issus du génie génétique n'est pas obligatoire"*, précise Sylvain Charlebois, professeur en distribution et politiques agroalimentaires à l'université Dalhousie, à Halifax. AquaBounty n'a pas révélé le nom de ses clients. N'importe qui ayant consommé du saumon au Canada au cours de l'année peut donc avoir ingéré à son insu du saumon OGM. Des leaders écologistes ont élevé la voix pour réclamer l'étiquetage, sans résultat pour l'instant. Aux États-Unis, l'autorisa-

tion de la commercialisation, en novembre 2015, du saumon AquaAdvantage avait soulevé un tel tollé que l'administration Obama avait dû faire marche arrière et l'assortir d'une obligation d'étiquetage. Pour AquaBounty, cela revient à interdire la commercialisation, tant les préjugés des consommateurs sont forts.

UNE MATURITÉ ANTICIPÉE

Une méfiance justifiée? *"Du point de vue sanitaire, je ne pense pas, avance prudemment Corinne Cotinot, directrice de l'unité Biologie du développement et reproduction à l'Inra. Les gènes insérés sont naturellement présents chez d'autres poissons comestibles."* AquaAdvantage est un saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) doté d'un gène du saumon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), et d'une

séquence ADN issue d'un poisson des eaux froides, la loquette d'Amérique (*Zoarces americanus*). Le gène code une hormone de croissance et la séquence ADN induit la fabrication de cette hormone, y compris en période froide. Contrairement à son équivalent naturel, le saumon OGM croît donc en continu toute l'année. Il grossit plus vite, et arrive à maturité en 16 à 18 mois au lieu de 30. Mais la génétique peut réserver des surprises: selon l'organisme dans lequel il s'exprime, un même gène peut en théorie donner des protéines différentes et la même protéine avoir un impact inattendu. *"Pour être certain de son innocuité, il faudra attendre d'avoir des données à long terme"*, précise la chercheuse.

SHUTTERSTOCK - DR - IMAGO/STUDIO X - S. AQUINO

LE RAPPEL DES FAITS

Les premiers animaux génétiquement modifiés destinés à la consommation humaine ont été commercialisés dans les supermarchés canadiens. Le saumon transgénique nécessiterait 75 % de nourriture en moins pour atteindre sa taille adulte.



EN CHIFFRES

60

C'est l'âge maximal (en années) auquel l'aide médicale à la procréation devrait être proposée aux hommes, d'après l'Agence de biomédecine qui évoque notamment un risque plus élevé, pour l'enfant, de diverses maladies.

F.V.

102

C'est le nombre de décibels (db) maximum autorisé dans les concerts par une loi adoptée en août. Mais le principal risque de perte auditive est une exposition prolongée à des volumes élevés. Or, certains écouteurs peuvent émettre 100 db...

F.V.

< Impossible de reconnaître un saumon OGM dans les rayons.

“Le vrai risque réside plutôt dans la possibilité que l’animal s’échappe dans le milieu naturel et se retrouve en compétition avec d’autres espèces, ce qui pourrait conduire à l’ex-



SYLVAIN CHARLEBOIS

Professeur à l’université Dalhousie à Halifax (Canada)

Au Canada, l’étiquetage des aliments issus du génie génétique n’est pas obligatoire

inction d’espèces naturelles”, poursuit-elle. Un risque que la société AquaBounty affirme avoir pris en compte. Elle ne commercialise que des saumons femelles, stériles, qu’elle élève dans des réservoirs au Panama, sur la terre ferme. Même si la stérilité n’est pas totale, il apparaît hautement improbable qu’une femelle s’échappe, parvienne en mer, et s’y reproduise. Oui, mais pour produire les œufs, AquaBounty utilise des mâles génétiquement modifiés qui, eux, sont fertiles. “Les poissons sont élevés dans des réservoirs à l’intérieur d’un bâtiment d’où ils ne peuvent s’échapper”, précise Dave Conley, d’AquaBounty. Sauf erreur humaine, ils devraient donc y rester.

Et en France ? AquaBounty n’a pas déposé de demande d’autorisation de commercialisation en Europe, où l’étiquetage des aliments issus d’OGM est obligatoire depuis 1997, et la méfiance des consommateurs plus grande qu’aux États-Unis. Il n’y a théoriquement aucun risque de retrouver ici de la chair issue d’un animal génétiquement modifié dans son assiette. Sauf en cas de fraude!

Anne Debroise



Des canons à neige au secours d’un glacier

C’est notamment le cas aux Deux-Alpes (Isère), station de ski connue pour son glacier, dont l’épaisseur de glace était “d’environ 120 m en 1984, contre 60 aujourd’hui”, rappelle Gilles Vanheule, directeur de l’office du tourisme de la station. Avec un rythme de fonte de 1 à 2 m par an, c’est facile à calculer : nos enfants assisteront sûrement à la mort de ce géant. “Pourtant il est en bien meilleur état que ceux qui l’entourent”, pointe Gilles Vanheule. Pourquoi ? Parce qu’il est situé sur un sommet et non dans une pente, mais aussi parce que l’humain s’en soucie. Il y a une dizaine d’années ont été créés des “pièges à neige”, tranchées permettant de recueillir les flocons, toujours plus rares et balayés par les vents. Les dameuses se chargent ensuite de renforcer la couche qui protège la glace de cette neige capturée. Las, l’hémorragie n’a pas cessé. Pire, elle s’est révélée aux yeux de tous. “La fonte s’est accélérée, des cheminements d’eau se sont formés et il y a quatre ans environ, un lac s’est créé au pied du glacier”, raconte Gilles Vanheule. Mais que faire de ce terrible stigmate de 35 000 m³ ? “Nous allons les réinjecter dans le glacier”, répond-il. Six canons à neige s’acharnent donc depuis le 15 septembre à ralentir l’inexorable. Ils travailleront toute l’année pour protéger la glace, avec deux conditions : la neige ne peut être produite que si la température est inférieure à -3°C, et seulement à partir de l’eau du lac. “Les 35 000 m³ permettront de couvrir 3 ha de 2 m d’épaisseur de neige”, affirme Gilles Vanheule. “Cela peut paraître une goutte d’eau à côté des 100 ha de glacier qui sont sur le domaine skiable, mais c’est un travail colossal.” Forcément, puisqu’il s’agit ici de sauver un colosse.

Thomas Cavaillé-Fol

x 2,1

C’est le rapport entre le prix payé aux producteurs de fruits et légumes bio et celui des produits conventionnels, selon l’UFC-Que choisir. Mais cela n’explique que pour moitié le triplement des prix affichés par les distributeurs.

F.V.



Electroménager

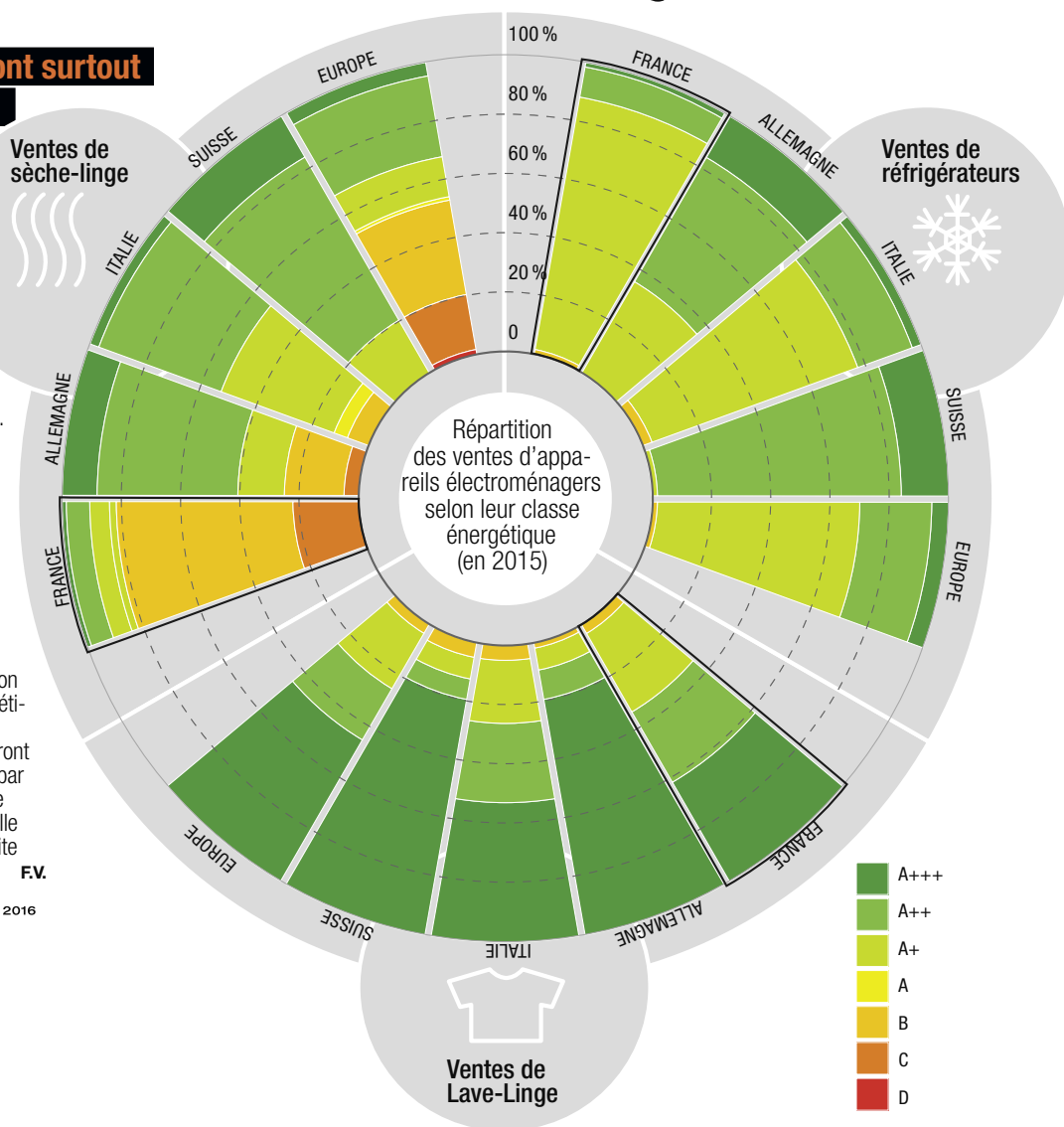
Les normes écologiques ne sont pas la priorité des Français

Les raisons sont surtout économiques

Une enquête de l'Ademe révèle que les appareils électroménagers achetés par les Français sont moins économes en énergie que dans le reste de l'Europe (moyenne sur 21 pays). Certes, la principale cause du désintérêt français est économique : une importante différence de prix pour les appareils les plus écologiques, combinée à un prix relativement bas de l'électricité. Cependant, l'Europe espère trouver la solution dans la refonte de ses étiquettes : les catégories allant de A+++ à C seront remplacées, en 2019, par une échelle plus sévère allant de A à G ; l'actuelle catégorie D sera interdite à la vente.

F.V.

SOURCE : ADEME, DÉCEMBRE 2016



18,5 %

C'est la part de la consommation électrique des ménages français consacrée au froid et au lavage (3^e derrière chauffage et production d'eau chaude : 44 % ; appareils électroniques : 26,3 %).

2 000

C'est, en gigawattheures, l'énergie que la France aurait pu économiser en un an si tous les frigos vendus en 2015 étaient de catégorie A+++. L'équivalent de la consommation annuelle de Marseille.

5 %

C'est la hausse de la consommation d'énergie des ménages français depuis 1990 (elle est stable en Europe). Elle est notamment due à l'usage croissant d'appareils électroniques.

Nouveau

En kiosque tous les 2 mois

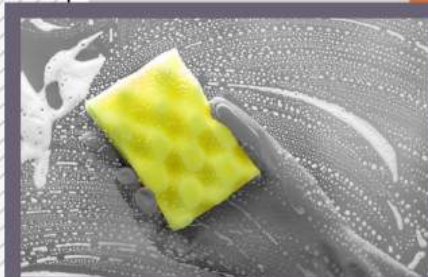


Dr. Good! Michel Cymes

Rester en bonne santé

PARLER DE SOI EN DISANT "IL" OU "ELLE" REND ZEN

Pour une étude anglaise, 82 volontaires soumis à un stress ont dû monologuer sur leur ressenti en se désignant par "je", "il" ou "elle". Or, parler à la troisième personne diminuait de moitié le signal nerveux associé au stress, probablement parce que cela favorise un certain détachement. "Sci. Rep.", juil. 2017



DÉSINFECTER UNE ÉPONGE EST EN FAIT CONTRE-PRODUCTIF

Des chercheurs allemands ont analysé les bactéries sur 14 éponges de cuisine. Parmi les 10 sortes les plus fréquentes, 5 sont pathogènes... et se multiplient suite au nettoyage de l'éponge! Mieux vaut donc les remplacer plus souvent. "Sci. Rep.", juil. 2017

AIRBNB ESTOMPE NOS DIFFÉRENCES

Il semble que les plateformes participatives ouvrent l'esprit. L'analyse du comportement de 8906 membres du site Airbnb montre en effet que les commentaires postés jouent plus sur la confiance accordée aux autres usagers que la similarité d'âge, de sexe ou de lieu de résidence. "PNAS", juil. 2017

LE SURPOIDS DE LA MÈRE NE SE TRANSMET PAS IN UTERO

Une prise de poids excessive avant ou pendant la grossesse augmente-t-elle le risque de surpoids et troubles métaboliques (diabète...) chez l'enfant à naître? Des chercheurs anglais ont étudié l'indice de masse corporelle de plus de 10000 femmes enceintes et de leurs conjoints, ainsi que la santé métabolique de leurs enfants jusqu'à l'âge de 31 ans. Ils ont observé avec surprise que l'influence du poids de la mère n'était pas plus forte que celle du père. Le surpoids se transmettrait donc avant tout par des prédispositions génétiques et des habitudes alimentaires. Rappelons cependant que le surpoids lors de la grossesse représente toujours un risque pour la santé de la mère et son enfant, par exemple en cas de diabète gestationnel. "PLOS Med.", août 2017



LA LUMINOSITÉ AFFECTE NOTRE SENS DU RISQUE

D'après une étude américaine, l'intensité de la lumière extérieure influence notre attitude face à la prise de risques économiques. 2530 individus ont été testés au cours de journées plus ou moins lumineuses. Ils ont alors révélé, sous une plus forte lumière, un comportement des plus surprenants: lorsqu'ils devaient choisir entre recevoir 5 dollars avec certitude ou gagner 20 dollars avec une probabilité de 75%, ils se montraient plutôt prudents, choisissant plus souvent la première option. Mais lorsque leur choix devait se porter entre ces 5 dollars garantis et une probabilité inconnue de gagner 8 dollars... ils se montraient plus joueurs! Les variations observées étaient ténues, mais suffisantes, d'après les chercheurs, pour supposer qu'elles puissent influencer le cours des marchés financiers. "PLOS One", août 2017



SHUTTERSTOCK - ASTRAKAN/PLAINPICTURE - J. BREZILLON/TENDANCEFLOUE - M. KOMAR/AGEFOTOSTOCK



EN CAS DE CANCER, LE CHOIX DES THÉRAPIES ALTERNATIVES TUE

Phytothérapie, sophrologie... Ces thérapies aux effets non démontrés peuvent s'avérer dangereuses si elles éloignent le patient des traitements conventionnels. En analysant les données médicales de 840 personnes atteintes de cancer, des chercheurs américains ont calculé l'augmentation du risque de décès chez les 280 d'entre eux qui avaient refusé un traitement conventionnel (chimiothérapie, chirurgie...) au profit d'une thérapie alternative. Le risque de décès était respectivement multiplié par 2, 4 et 5 en cas de cancer du poumon, du côlon et du sein. Les chercheurs n'ont pas observé de hausse du risque de décès chez les patients atteints de cancer de la prostate, probablement, selon eux, parce que ce cancer évolue très lentement, alors que l'étude ne dispose que de six ans de recul. "J. Nat. Cancer Inst.", juil. 2017

BOIRE UN PEU D'ALCOOL LIBÉRERAIT LA CRÉATIVITÉ

Une bière pourrait remédier à une panne d'inspiration, suggère une étude comparant 70 jeunes, soit sobres, soit avec une alcoolémie de 0,3 g/l. Ces derniers étaient 10% plus performants à un exercice d'association d'idées. Un excès d'alcool nuirait en revanche à la créativité. "Consc. Cogn.", juil. 2017

POUR LE CERVEAU, MARIO VAUT MIEUX QUE KILLZONE

D'après des chercheurs canadiens, qui ont fait passer des IRM à 43 jeunes avant et après 90 h de jeu, les jeux vidéo de tir en vision subjective sont associés à une perte de matière grise dans l'hippocampe (siège de la mémoire). Les jeux de plateforme 3D ont l'effet inverse. "Mol. Psy.", août 2017

UN CHIEN ANXIEUX D'ÊTRE SEUL GÉMIT MAIS N'ABOIE PAS

Votre chien aboie beaucoup quand vous partez ? Ce n'est pas forcément un signe de mal-être. Selon une étude menée sur 45 chiens, ce sont leurs gémissements qui révèlent une anxiété de séparation. Les aboiements seraient surtout liés à l'âge : un chien jeune aboie plus lorsque son maître s'en va. "App. An. Behav. Sc.", août 2017

MOINS D'OMÉGA-6, MOINS DE MIGRAINES

Viande rouge, huile de tournesol, margarine... Ces aliments contiennent beaucoup d'acides gras essentiels oméga-6. Or, d'après une étude américaine, en surconsommer favoriserait les migraines : 44 migraineux chroniques ont été soumis à divers régimes pauvres en oméga-6 (remplacement de la viande par du poisson, de l'huile de tournesol et de la margarine par de l'huile d'olive ou de colza...) pendant trois mois. Une réduction dans le sang des participants de 36%, de la concentration d'un dérivé de l'acide linoléique (un oméga-6) était associée à une baisse d'un quart de la durée quotidienne des migraines, et de 11% de leur fréquence dans le mois. "Sci. Signal.", août 2017



Le vélo en bois à monter soi-même

"Si vous savez faire un sandwich, vous saurez certainement construire ce Sandwichbike!" Voici comment la société néerlandaise Pedalfactory promeut son vélo de ville, design et écolo, qui fera de vous un sportif bricoleur. Car avant de chevaucher cette bicyclette en bois de 17 kg, livrée en kit, en paquet plat et dans le monde entier, il s'agit de l'assembler...

Au total, elle est composée de moins de 50 pièces à monter grâce aux outils fournis. Parmi ses composants principaux, deux planches de bois en lamellé-collé de

15 plis, découpées puis vernies – afin de garantir l'imperméabilité et la protection anti-UV – à combiner à l'aide de connecteurs en aluminium, pour garantir la résistance.

Décliné en une ou deux vitesses, il vous restera à choisir la forme du cadre – haut ou bas avec bécquille – et la matière de la fourche, en bois ou en acier. Vous pouvez également personnaliser votre Sandwichbike avec une gravure de votre choix sur le cadre ou une fourche colorée. **A.P.**

Prix : à partir de 900 €
Rens. : <http://sandwichbikes.com>



Un scanner pour écouter ses vinyles



Le son analogique associé à la simplicité de la technologie digitale, voilà comment on peut résumer la platine Love Turntable de l'entreprise californienne homonyme. Connectée par wi-fi

ou par Bluetooth, elle se commande depuis un smartphone ou depuis le boîtier posé sur le vinyle. Lire une piste, la répéter, l'avancer est aussi simple que pour un fichier MP3, la richesse du son en plus. L'appareil scanne

les pistes sur le disque et adapte sa vitesse de lecture instantanément aux 33 ou aux 45 tours. Le Love Turntable propose de redécouvrir l'expérience des microsillons et leur acoustique inimitable. **A.V.**

Prix : env. 600 € - Rens. : www.loveturntable.com

^ Une fois le disque vinyle sur la platine, il suffit de poser dessus le boîtier équipé d'un diamant pour lire les morceaux.



< Le kit pour construire votre vélo contient moins de 50 pièces à assembler mais le temps de montage dépend de votre dextérité.

LE COIN DES PROTOTYPES

Une montre alimentée par la chaleur corporelle

Finis les piles et les chargeurs ! Cette montre, imaginée par une start-up californienne, est alimentée par la température corporelle. Elle utilise l'effet thermoélectrique pour convertir la chaleur en électricité. La Powerwatch, connectée par Bluetooth à une application sur smartphone, enregistre les calories brûlées pendant la journée, mesure le nombre de pas parcourus et évalue la qualité du repos en détectant les phases de sommeil léger et profond. Conçue pour être portée en permanence, elle s'éteint si vous l'enlevez, en réservant une petite quantité d'énergie pour rester à l'heure et redémarrer au simple contact avec la peau. Au stade du prototype, l'objet est en cours de financement sur une plateforme participative.



A.V.

Rens. : www.matrixindustries.com

DR

Le matelas connecté à votre sommeil

Le lit "360", mis au point par l'entreprise américaine Sleep Number, permet de paramétrer aussi bien la fermeté du matelas que sa température à vos pieds. Mais il s'adapte aussi à votre sommeil : grâce aux deux cavités remplies d'air intégrées au matelas, il ajuste le confort au fil de la nuit en fonction de votre position afin d'assurer un soutien constant, et redresse même la tête de 7° pour prévenir les ronflements. Le tout d'un côté

et de l'autre du lit. Enfin, il peut vous réveiller en phase de sommeil léger, et dévoile tous vos paramètres nocturnes (durée et qualité du sommeil, rythme cardiaque, etc.) via l'application SleepIQ sur votre smartphone. **B.P.**

Prix : à partir de 3 500 €
Rens. : www.sleepnumber.com/360



✓ Le lit s'adapte aux changements de position de chaque dormeur.



L'oreillette qui supprime les ronflements

Voici un remède technologique pour les partenaires trop bruyants ! L'oreillette SL 70, de la société allemande Beurer, peut identifier les bruits et les vibrations intra-osseuses caractéristiques d'un ronflement et contraindre son porteur à changer sa respiration ou sa position, ce qui diminue ses ronflements. Elle émet pour cela une dis-

accompagnée de vibrations, pour distraire l'utilisateur sans le réveiller : ses muscles jugulaires se renforcent alors, ouvrant les voies respiratoires, assure le constructeur. L'appareil permet aussi de suivre, via une application sur smartphone, l'historique des ronflements mais aussi leur volume. **G.S.**

Prix : env. 150 €
Rens. : www.beurer.com/web/fr/products/sleep-rest/sleepline/SL-70



Cette caméra surveille tout autour de votre voiture

Fixée sous le rétroviseur central, alimentée via la prise allume-cigare de la voiture, une "dashcam" filme la route en permanence : pratique pour déterminer les responsabilités en cas d'accident ou identifier l'auteur d'un délit de fuite. Mais le modèle UltraDuo Z2, de l'américain Cansonic, va plus loin : il est équipé de deux objectifs rotatifs

grand-angle (160°) ou, au choix, d'un grand-angle et d'une focale plus longue, pour ne rater aucun détail, vers l'avant ou vers l'arrière du véhicule. Enfin, un mode "parking" déclenche l'enregistrement en cas de collision, de vandalisme ou de tentative d'intrusion. **B.P.**

Prix : env. 300 €
Rens. : <http://atizoeinc.com>

L'assistant de Google arrive en France

L'enceinte à commande vocale de Google, qui parle et comprend désormais le français, est compatible avec les systèmes domotiques LIFX, Philips Hue, Wemo et Nest. Il suffit de commencer votre phrase par "OK Google", et vous pourrez lui demander d'éteindre la lumière, de vous rappeler un rendez-vous, de diffuser un film sur une télévision équipée du Chromecast... Plusieurs enceintes peuvent être associées pour diffuser la même musique dans différentes pièces. Un bouton permet d'activer et de désactiver les micros. Google Home se branche sur une prise et se connecte via wi-fi. **S.F.**

Prix : env. 150 € - Rens. : https://madeby.google.com/intl/fr_fr/home





◀ En cas de ronflements, l'oreillette émet de légers sifflements qui obligent le dormeur à changer de position.

L'éliminateur d'odeurs hyper high-tech

Ventifresh, de la société taïwanaise iPin, est un éliminateur d'odeurs. Un ventilateur pousse l'air sur une plaque en oxyde de titane. Un apport de lumière ultraviolette provoque alors une réaction chimique avec les molécules odorantes, dont les composants volatils sont réduits en eau et en gaz carbonique. Il n'y a donc ni produits chimiques ni filtre. Une technique utilisée dans la Station spatiale internationale. Ventifresh mesure 5x6 cm et est alimenté par un port USB. S.F.



Prix : 60 € - Rens. : www.ventifresh.com

Un projecteur modulable et léger à emporter partout

IbeamBLOCK L400, conçu par la société taïwanaise Aiptek, est le premier projecteur HD qui se divise facilement en trois parties : d'un côté le vidéoprojecteur, de l'autre sa batterie et, enfin, une tablette (4,5", sous Windows 10, wi-fi, Bluetooth, USB, micro USB et SD, HDMI). Les trois éléments se superposent comme des Lego, maintenus par aimantation et sans fil ! Ceci permet, au choix, de n'utiliser que le vidéoprojecteur sans s'encombrer de la batterie – surtout utile pour

un usage mobile –, ou encore de le coupler à la tablette pour projeter des films ou des présentations professionnelles. Une projection de 2,50 m de diagonale est possible à 2,7 m de distance, avec une résolution de 1280x720 pixels et une luminosité de 400 lumens. La batterie revendique une autonomie de deux heures maximum. Le tout pèse moins de 1 kg et tient dans la main. S.F.

Prix : env. 780 €
Rens. : www.aiptek.eu/index.php/en/products/projectors-apex-series/ibeamblock



✓ Il pèse moins d'un kilo et permet de visionner des films en haute définition sur 2,50 m de diagonale.

Le goût est-il héréditaire ?

Question de Thierry Jeanne, Nîmes (30)

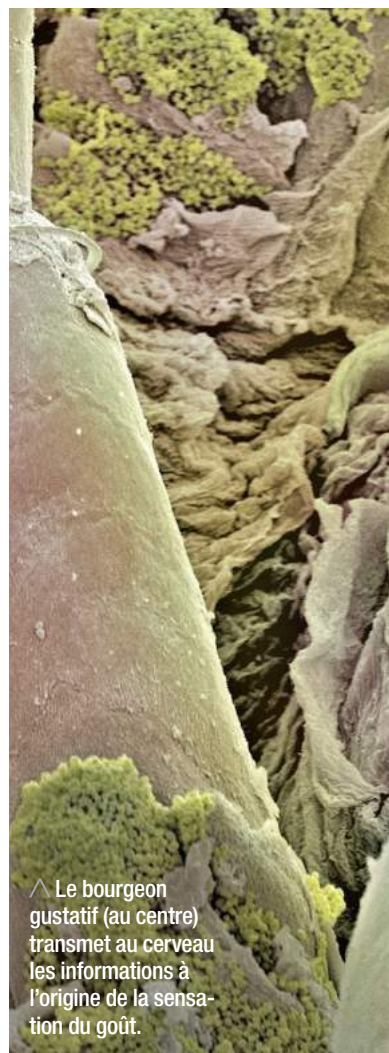
“Oui! La perception des différentes saveurs est codée génétiquement, répond Evelyne Heyer, anthropologue au Muséum national d'histoire naturelle. D'ailleurs, n'attribue-t-on pas des différences de perception au sein d'une même population ou d'une population à l'autre à des variants génétiques? Ainsi, les populations kazakhes ont besoin de moins de sel pour en percevoir la saveur.” Mais l'exemple le plus flagrant est la sensibilité au phénylthiocarbamide, que l'on retrouve dans certains végétaux comme le brocoli et le chou de Bruxelles. Amer pour certains, sans goût pour d'autres, la différence de perception, on le

sait depuis les années 1940, est héréditaire. On a même découvert, en 2003, le gène qui en est responsable, situé sur le chromosome 7. Mais au-delà de la saveur qu'ils aident à décoder, ces récepteurs interviendraient aussi dans le fait de l'apprécier ou non.

LA CULTURE JOUE UN RÔLE

Une étude a montré que les enfants incapables de percevoir le propylthiouracile, un autre composé amer, mangeaient plus de légumes – en particulier ceux qui en contiennent. Plus étonnant : selon une autre étude, les personnes qui y sont insensibles ont une appétence plus grande pour les saveurs sucrées et l'alcool. Même si,

comme le rappelle Evelyne Heyer, *“la culture et l'environnement jouent un rôle majeur dans le fait d'aimer ou non tel ou tel aliment : les Français aiment le fromage, les Indiens la nourriture épicée, et ça, c'est entièrement culturel.”* Afin de distinguer le rôle des gènes de celui de l'environnement, des chercheurs britanniques ont observé les choix alimentaires de 498 paires de vraies jumelles et de 1133 paires de fausses jumelles. Leurs résultats, publiés en 2007, montrent que notre patrimoine génétique compterait pour 39 % dans notre attirance pour la viande rouge, 41 % pour le café et jusqu'à 46 % pour l'ail. **C.H.**



^ Le bourgeon gustatif (au centre) transmet au cerveau les informations à l'origine de la sensation du goût.

Pourquoi entend-on la mer dans les coquillages ?

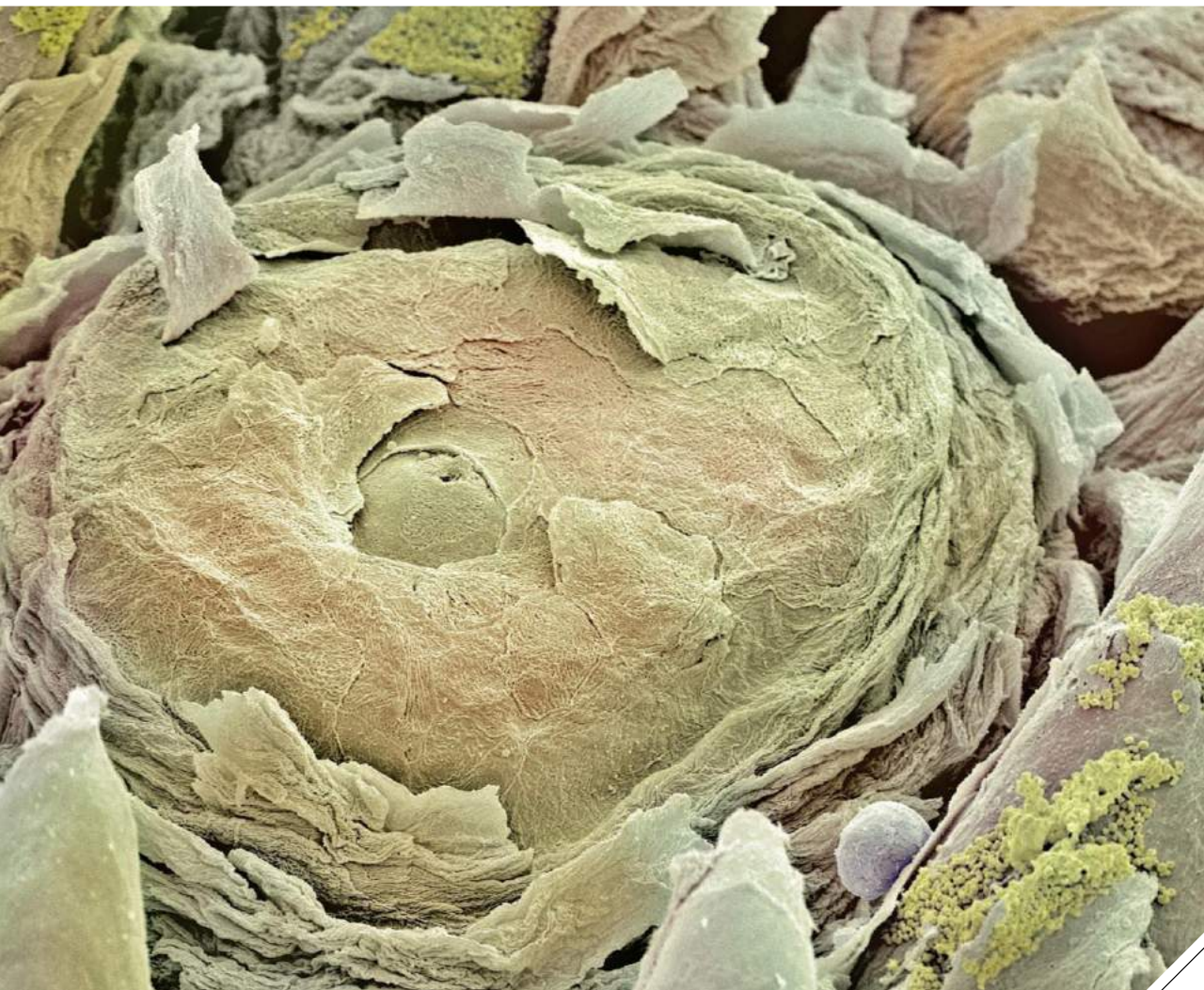
Question de Jean-Baptiste Mille, La Combe-de-Lancey (38)

En fait, dans les coquillages, on s'entend soi-même ! *“Le coquillage est une cavité qui joue le rôle de caisse de résonance : il amplifie les bruits produits par notre corps au voisinage de l'oreille”,* explique Marie-Annick Galland, professeur en acoustique à l'Ecole centrale de Lyon. Selon sa géométrie, sa taille ou la manière dont on le porte à l'oreille, il amplifie différentes fré-

quences du bruit... ce qui explique, lorsqu'on éloigne puis rapproche le coquillage de notre pavillon, cette variation sonore qui s'apparente au souffle d'une brise marine ou au va-et-vient des vagues. Une interprétation poétique qui ne doit pas être tout à fait étrangère au fait que lorsqu'on porte un coquillage à l'oreille, la mer n'est jamais loin !

N.P.



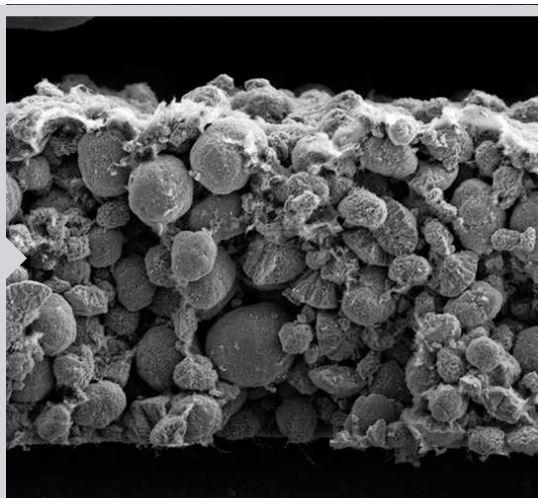


Une batterie se vide-t-elle plus vite par temps froid ?

Question de Georges Kirilov, Valbonne (06)

Cette croyance, répandue, n'en est pas moins fausse... C'est même l'inverse ! Le froid rend plus immobiles les ions qui transportent l'électricité au sein d'une batterie et ralentit la décharge. Mais cela se traduit par une moindre capacité à délivrer de fortes puissances (beaucoup d'énergie en peu de temps), d'où l'impression de décharge. Cela dit, l'effet n'est notable qu'en dessous de 0 °C. Il y a donc tout intérêt à stocker une batterie dans un endroit froid. D'autant que l'autodécharge liée à des réactions chimiques parasites est, elle aussi, ralentie.

M.G.



STEVE GSCHMEISSNER/SPL/COSMOS - A. DAGAN - I. BUCHBERGER/TUM

Pourquoi les marées sont-elles plus importantes à l'équinoxe ?

Question d'Olivier Leducq, Paris (75)

"La configuration particulière de la Lune et du Soleil explique ces grandes marées, répond Nicolas Pouvreau, du Service hydrographique et océanographique de la Marine. Les coefficients dépassent 105, voire 110, au lieu de 90 à 100 pour les grandes marées habituelles." La mer monte plus haut et descend plus bas sur la côte Atlantique. A l'équinoxe, autour du 20 mars et du 22 septembre, le Soleil passe

en effet dans le plan de l'équateur terrestre. L'étoile exerce alors une influence maximale à l'équateur et provoque à nos latitudes deux fortes marées successives qui se traduisent par des marnages record. Mais cette marée d'équinoxe n'est forte que si l'attraction de la Lune se joint à celle du Soleil, c'est-à-dire lorsqu'ils sont tous deux alignés avec la Terre (lors de la nouvelle lune ou lors de la pleine lune). *"Ce n'est pas forcé-*

ment le jour de l'équinoxe, mais dans les jours qui l'entourent que l'effet est maximal: lors des marées de vives-eaux d'équinoxe", précise ainsi Pierre Garreau, responsable du Laboratoire océan côtier à l'Ifremer. Et le phénomène ne se produit pas partout: les marées sont en effet modulées par le découpage des côtes, la géographie des fonds marins, etc. Ainsi, au même moment, au Vietnam, les coefficients sont normaux. **N.P.**

Soleil

Mais que font les chats lorsqu'ils "pétrissent" avec leurs pattes ?

Question d'Hélène Barbry, Paris (75)

Parce qu'ils ont gardé leurs habitudes de chatons! Le "pétrissage", ce lent va-et-vient des pattes antérieures, est un geste instinctif des bébés chats pour accélérer la sortie de lait des mamelles lors de la tétée.

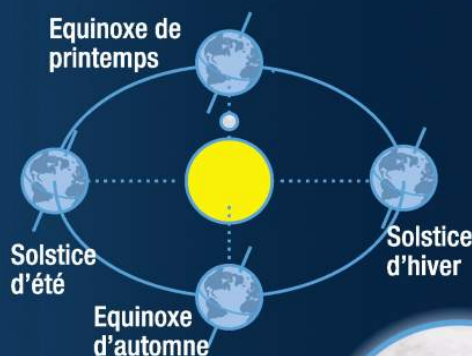
"Même si l'absence de ce comportement n'est pas alarmante, c'est rare qu'un chat l'abandonne", commente Charlotte de

Mouzon, éthologue spécialisée dans le comportement du chat. Les spécialistes observent que dans la majorité des cas, ce comportement est associé à la détente et au bien-être. *"Mais il peut aussi être révélateur de stress, rapporte l'experte. Par exemple, certains chats sevrés trop tôt peuvent développer ce comportement de manière exacerbée pour s'apaiser quand ils sont stressés... un peu comme un enfant suceraît son pouce."* Le chat est le seul félin à conserver cette habitude, les tigres ou les lions n'utilisent d'ailleurs pas ce geste lors de la tétée. Une particularité de l'animal domestique, donc, à laquelle les spécialistes n'apportent pas d'explication. **F.C.**

Prendre

Question de Jacques Brenot,

Ah oui! Le bain possède même une double action: il agit sur les systèmes cardiovasculaire et hormonal. *"Ses effets sont totalement liés à la température de l'eau",* ajoute le physiologiste Mathieu Nédélec, à l'Institut national du sport, de l'expertise et de la performance. La température du bain, ressentie via des thermorécepteurs situés dans la peau et les muscles, produit des effets qui peuvent être diamétralement opposés, selon que l'eau est chaude (de 37 à 40°C) ou froide (moins de 20°C).



1 A l'équinoxe, le Soleil et l'équateur s'alignent...

L'équinoxe correspond au jour où le Soleil passe au zénith à l'équateur. Son effet d'attraction sur les océans, parfaitement symétrique, est alors maximal, provoquant deux fortes marées successives.

Alignement Soleil, Lune et Terre



2 ... ce qui provoque une marée record

L'effet est encore amplifié lorsque, autour de l'équinoxe, la Lune vient s'aligner sur l'axe Soleil-Terre. Les attractions causées par le Soleil et la Lune s'additionnent alors, causant des marées d'amplitude record.

C'est l'effet d'un alignement parfait

un bain, ça détend vraiment ?

Issy-les-Moulineaux (92)

Ainsi, au niveau vasculaire, *"un bain froid induit une constriction des vaisseaux sanguins, ce qui augmente le débit sanguin et entraîne une redistribution du sang des organes en périphérie du corps vers ceux dans le thorax (cœur, poumons, intestins...)"*. D'où une meilleure oxygénation de ces derniers, une diminution de la libération de toxines, et au final un *"ressenti de bien-être"*, détaille Serge Mesure, physiologiste à l'université Aix-Marseille.

L'eau chaude, en revanche, entraîne une di-

latation des vaisseaux sanguins, ce qui a pour conséquence, cette fois-ci, de diminuer la pression artérielle, et donc de détendre... et de mieux éliminer les toxines.

Mais ce n'est pas tout, le bain a aussi des effets au niveau hormonal.

LE CHAUD ET LE FROID RELAXENT DIFFÉREMMENT

Une étude tchèque publiée en 2000 a ainsi montré que l'immersion pendant une heure dans un bain tiède à 32 °C réduit l'activité d'une enzyme favorisant l'élévation de la pression artérielle, la rénine plas-

matique, ainsi que les sécrétions de l'hormone du stress, le cortisol, et d'une hormone régulant la pression artérielle, l'aldostérone. A l'inverse, l'immersion pendant une heure dans un bain froid (14 °C) augmente la libération de deux substances "excitantes": la noradrénaline et la dopamine.

"Le système nerveux sympathique s'active, précise Serge Mesure. Dans un premier temps, la pression artérielle et la fréquence cardiaque s'accroissent. Mais rapidement, le corps va compenser ces premiers effets... D'où l'effet relaxant

perçu après un bain froid." Ainsi, bains chauds et bains froids peuvent détendre à travers des phénomènes très différents... et perçus différemment en fonction des personnes.

"On ne traite pas toutes les informations nerveuses de la même manière et par conséquent, on ne donne pas tous le même poids aux informations venant de nos thermorécepteurs, ajoute ainsi Serge Mesure. C'est ce qui explique que certaines personnes ne supportent pas les bains froids ou que d'autres, à l'inverse, ont la sensation d'étouffer dans un bain chaud !" K.B.

Comment les yeux bougent-ils ensemble ?

Question de Simon Deltour, Douai (59)

Sur ce sujet, *“une vive controverse scientifique oppose deux grandes théories depuis un siècle et demi!”*, s'exclame Zoi Kapoula, chercheuse en oculomotricité à la faculté de médecine de Paris. Selon la thèse émise par

l'Allemand Hermann von Helmholtz au XVIII^e siècle, la coordination des deux

yeux est due à l'innervation des muscles oculaires par deux réseaux neuronaux différents, qui apprennent à avoir une action conjuguée après la naissance.

Mais une seconde théorie, héritée du physiologiste prussien Ewald Hering, postule que nos deux globes oculaires sont en fait soumis à un seul et même message cérébral, comme s'ils étaient deux moitiés d'un seul organe: la coordination des deux yeux serait donc innée.

“Aujourd'hui, la plupart des chercheurs

penchent plutôt pour la thèse d'une seule commande. Mais même dans ce cas-là, l'apprentissage semble indispensable...”, poursuit la chercheuse. En effet, les travaux récents indiquent qu'à la naissance, nos deux yeux regardent dans une direction avec une certaine discordance: un œil peut pointer 30 à 40 % plus loin que l'autre, ce qui suggère un défaut d'acquisition. *“D'après nos travaux, les yeux ne deviennent synchros et coordonnés qu'après l'expérience visuelle des premières années de la vie*, précise Zoi Kapoula. *Cet apprentissage commence dès la naissance et se poursuit jusqu'à l'âge de 12 ou 13 ans.”* K.B.



En combien de temps un photon atteint-il la vitesse de la lumière ?

Question de Sébastien Faure, Rocbaron (83)

Cela défie l'intuition, mais il faut pourtant bien l'admettre: une fois émise, une particule de lumière atteint la vitesse de la lumière instantanément. Et pour cause, selon les équations de la relativité, la lumière va toujours à la vitesse... de la lumière. Le photon étant une particule de masse nulle, il est possible de lui communiquer une accélération infinie,

qui lui permettront d'atteindre instantanément sa vitesse de croisière.

Mais dans ce cas, pour quoi ne dépasserait-il pas la vitesse de la lumière ? Parce que le photon est aussi une onde. Or, de la même manière que la vitesse d'une onde sonore dépend du milieu dans lequel elle se propage, la vitesse d'une onde lumineuse dans le vide est im-

posée par les propriétés de ce dernier. Et là encore, il n'y a pas de paradoxe à imaginer qu'une onde lumineuse atteigne instantanément sa vitesse de propagation. Comme l'explique Claude Fabre, au Laboratoire Kastler Brossel, à Paris, *“la propagation d'une onde ne correspond à aucun déplacement matériel dans le sens de la propagation, mais plutôt à un ébranlement de proche en proche du milieu dans lequel elle apparaît”*. Dans le cas de la lumière, un ébranlement du vide lui-même qui, selon la mécanique quantique, n'est pas... rien. M.G.

**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.gr@mondadori.fr** ou bien par courrier à :

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

SHUTTERSTOCK



ABONNEZ-VOUS à SCIENCE & VIE à prix léger !

jusqu'à
-34%

**KIOSQUE
mag**

Découvrez toutes nos offres sur
KiosqueMag.com



PRIVILÈGE ABONNÉ
Votre magazine
vous suit partout !
La version numérique est **OFFERTE**
avec votre abonnement papier.

BULLETIN D'ABONNEMENT à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science&Vie - CS 90125 - 27091 Evreux Cedex 9

SV 1201

1 Je choisis mon offre d'abonnement :

☐ **L'offre Sérénité : 1 numéro par mois pour 2,99€ par mois au lieu de 4,50€*** **-33%**
sans engagement de durée.

Ce tarif préférentiel est garanti pendant 1 an minimum. J'ai la possibilité de suspendre mon abonnement à tout moment. Je remplis le mandat de prélèvement SEPA ci-dessous auquel je joins un RIB. **954842**

☐ Je préfère m'abonner **1 an (12 numéros)** à Science&Vie pour 37,90€ au lieu de 54€*. **-29%** **954859**

☐ Je préfère m'abonner **1 an (12 numéros + 6 hors-séries)** à Science&Vie pour 57,90€ au lieu de 87,90€*. **-34%** **954875**

2 J'indique mes coordonnées :

Nom/Prénom :

Adresse :

CP : Ville :

Tél. :

Votre email est indispensable pour créer votre accès à l'abonnement numérique sur notre site kiosquemag.com

Email :

☐ J'accepte d'être informé(e) par email des offres commerciales du groupe Mondadori France et de celles de ses partenaires.

3 Je choisis mon mode de paiement :

☐ **prélèvement automatique** : je remplis l'IBAN et le BIC présent sur mon RIB et je n'oublie pas de joindre mon RIB.

IBAN :

BIC : 8 ou 11 caractères selon votre banque

Vous autorisez MONDADORI MAGAZINES FRANCE à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Mondadori Magazines France. Créancier : MONDADORI MAGAZINES FRANCE - 8, rue François Ory - 92543 Montrouge Cedex 09 - France - Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479

☐ **chèque bancaire** à l'ordre de Science&Vie

☐ **CB** : Expire fin : Cryptogramme :

Dater et signer obligatoirement :

A :

Date :

Signature :

*Prix de vente en kiosque. Offre valable en France métropolitaine jusqu'au 31/12/2017. Je peux acquérir séparément chacun des numéros de Science&Vie au prix de 4,50€, chacun des hors-séries pour 5,50€ et chacune des Editions spéciales au prix de 5,95€ frais de port non inclus. Votre abonnement vous sera adressé dans un délai de 4 semaines après réception de votre règlement. Vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine en notifiant clairement votre décision à notre service abonnements ou via le formulaire de rétractation accessible dans nos CGV sur le site www.kiosquemag.com. Les informations recueillies à partir de ce formulaire font l'objet d'un traitement informatique destiné à Mondadori Magazines France pour la gestion de son fichier clients par le service abonnements. Conformément à la loi « informatique et libertés » du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent en écrivant à l'adresse d'envoi du bulletin. J'accepte que mes données soient cédées à des tiers en cochant la case ci-contre : ☐

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

Festival "Pariscience"

Science pour tous sur grand écran

Avis aux amateurs de science et d'images ! Du 2 au 9 octobre, la treizième édition du festival "Pariscience" met encore à l'honneur des documentaires scientifiques du monde entier. Quatre-vingts films inédits ou déjà diffusés sur petit écran seront projetés dans quatre lieux différents à Paris : à la Grande Galerie de l'évolution, au Muséum national d'histoire naturelle, à l'Institut de physique du globe et au cinéma Le Grand Action.

C'est pour offrir une plus grande notoriété aux documentaires de science que l'Association science & télévision (AST) a créé l'événement en 2005, le seul en France qui s'y consacre entièrement. Le projet ? Rendre les sciences accessibles au plus large public possible en misant sur les médias visuels. Nul besoin d'être chercheur, il suffit d'être curieux...

Vulgariser les sciences par l'image, donc, mais pas seulement. "Il s'agit d'avant-garde de médiation scientifique", explique Laura Fontenau, coordinatrice du festival. Toutes les projections sont suivies d'une discussion entre un membre de l'équipe du tournage, un scientifique invité et le public. "Dans ces débats, la parole

est libre, contrairement aux conférences où les intervenants règnent sur la salle". Descendu de son piédestal, le chercheur paraît plus abordable...

SCIENCE ET SOCIÉTÉ

Il ne s'agit pas seulement de la science dans l'absolu : "Pariscience" entend aussi faire découvrir les enjeux de la science pour la société et la vie quotidienne. Ainsi, la journée du 7 octobre sera consacrée au thème "Une médecine pour l'homme". L'occasion de confronter vie quotidienne et recherches innovantes en braquant les projecteurs sur de multiples questionnements.

Future Baby de Maria Arlamovsky engage à réfléchir sur l'avenir de la reproduction humaine. Les rapides progrès de la médecine poussent chercheurs et citoyens à envisager les conséquences de l'optimisation du génome humain.

Dans un tout autre style, *Dans le ventre de l'hôpital* de Jérôme Le Maire offre une plongée dans le quotidien éprouvant de l'univers des soins. Un lieu dédié à l'humain où le travail du personnel médical est entravé par le stress. Quant à *Cholesterol, le grand bluff* d'Anne Georget, il entend remettre en question la place, jugée excessive, attri-



Pariscience, festival international du film scientifique

- Du 2 au 9 octobre 2017
- A Paris (quatre lieux)
- www.pariscience.fr
- En partenariat avec Science & Vie

buée à cette substance dans bon nombre de pathologies cardio-vasculaires.

A "Pariscience", aucune réponse n'est gravée dans le marbre, tout est sujet à débat. Les documentaires sont des pistes de réflexion pour éclaircir certaines interrogations. Lors de la soirée de clôture, des professionnels (jury Science et télévision, jury Grand Écran...) ou des étudiants choisiront leurs lauréats parmi la dizaine de films présentés dans chaque sélection. Des prix collégiens et lycéens seront également décernés.

A noter l'attention portée aux jeunes, avec une programmation destinée au public scolaire. "Rien de tel qu'une rencontre avec

➤ Retrouvez sur notre site les bandes-annonces de nombreux films présentés au festival.



des professionnels pour susciter des vocations, assure Hélène Bodi, chargée de la mission scolaire de "Pariscience". Mais il s'agit surtout de faire prendre conscience aux adolescents que leur questionnement est légitime. Après tout, ce sont eux qui auront un rôle à jouer pour l'avenir de la recherche scientifique."

Laetitia Drevet



EXPOSITION

La Grande Barrière de corail

► Panorama XXL à Rouen (76)

► Jusqu'au 27 mai 2018



Imaginez un cylindre de 30 m de haut sur lequel est projeté un panorama à 360° composé de photos et de dessins, avec une grande plateforme centrale pour contempler les images. C'est l'architecture du Panorama XXL, installé à Rouen depuis 2014.

Les décors changent au fil des saisons, et le dernier en date est consacré à la grande barrière de corail. C'est l'occasion d'admirer la richesse mais aussi la fragilité de ce monde sous-marin, sans 3D ni réalité virtuelle, juste avec les yeux et les oreilles pour apprécier les commentaires des médiateurs scientifiques, toujours précis et judicieux.

M.V.

LIVRE

Les Arbres amoureux

► Francis Hallé, Stéphane Hette, Frédéric Hendoux,

► Ed. Salamandre

► Sept. 2017

► 19,90 euros



Bienvenue au grand bal des amours forestières. Voici le coudrier et ses adorables chatons, le troisième sexe du frêne ou l'amour transgressif de l'aune glutineux et d'une bactérie. Le botaniste Frédéric Hendoux et le photographe Stéphane Hette nous révèlent l'admirable ingéniosité reproductrice des arbres. "En tant qu'animaux mobiles, il nous est difficile d'imaginer la sexualité entre des partenaires fixes et distants l'un de l'autre", pointe le botaniste Francis Hallé en introduction. Cet ouvrage comble à merveille notre manque d'imagination.

J.-B.V.



OLGA ROMASKEVICH

Présidente du jury Science télévision au festival "Pariscience", chercheuse en mathématiques à l'université de Rennes

"Il y a un équilibre à trouver entre vulgarisation et rigueur scientifique"

S&V: Avez-vous des attentes particulières quant aux documentaires scientifiques présentés à "Pariscience"?

Olga Romaskevich: En termes de sujet, je n'en ai aucune. Pas un n'est plus propice à la connaissance qu'un autre.

Dans la catégorie Science et télévision, les thèmes sont variés, qui évoquent aussi bien les progrès actuels de la médecine que l'histoire de Léonard de Vinci. Il s'agit en revanche de se rendre compréhensible par l'ensemble du public. C'est beaucoup plus difficile lorsque les informations sont noyées dans les détails... Il y a donc un équilibre à trouver entre vulgarisation et rigueur scientifique.

S&V: En tant que chercheuse, que représente pour vous la vulgarisation scientifique?

Olga Romaskevich: Vulgariser, c'est partager. C'est la communauté scientifique qui rend

ses découvertes accessibles au grand public. Par exemple en adaptant son vocabulaire.

Les connaissances scientifiques ont des répercussions importantes dans la société. Il est donc crucial qu'elles ne soient pas seulement l'affaire du cercle restreint de quelques chercheurs.

S&V: Quel est le meilleur moyen d'y parvenir?

Olga Romaskevich: Il s'agit avant tout de diffuser des informations, et non pas de vendre telle ou telle opinion. Il faut aussi encourager le dialogue entre scientifiques et spectateurs. Car la discussion est le moyen le plus direct de vulgariser la science...

Propos recueillis par L.D.

4 octobre 1957

Le jour où les Soviétiques mirent Spoutnik en orbite

La nuit est tombée, ce 4 octobre 1957, sur la nouvelle rampe de lancement de Baïkonour. Dans le bunker de commande où les officiels ont pris place, Sergueï Korolev guette la moindre anomalie. A 22h38 et 34 secondes, heure de Moscou, les boosters s'allument, dégageant une épaisse fumée. Les moteurs de la fusée R-7 enclenchent leurs 400 t de poussée. Korolev, qui a conçu cette fusée et dirige les opérations, est inquiet : les moteurs ne sont pas synchrones et consomment trop de kérosène. Le moteur principal s'éteint une seconde trop tôt. Mais l'étage principal se sépare parfaitement. Après 324,5 secondes, la boule métallique que transportait

la fusée entame une trajectoire elliptique. Pour la première fois, l'humanité met un objet en orbite autour de la Terre. Une nouvelle ère technologique s'ouvre !

Elle aurait pu s'ouvrir plus tard si un événement anodin n'avait précipité les choses : l'Année géophysique internationale, avec un ambitieux programme d'étude de la haute atmosphère, est décrétée pour 1957. Afin de marquer les esprits, les Américains annoncent, en 1955, qu'ils en profiteront pour lancer dans l'espace les premiers instruments d'observation scientifique. Le projet pique au vif les Soviétiques. D'autant qu'ils ne sont pas dupes : un satellite d'observation peut aussi – et surtout – avoir

des fonctions militaires. Cela fait alors plus de dix ans que les deux superpuissances sont engagées dans une course pour développer des fusées toujours plus puissantes. L'objectif est de concevoir des missiles balistiques capables de parcourir plusieurs milliers de kilomètres pour frapper leur rival.

CONQUÉRIR L'ESPACE !

Car dès la fin de la Seconde Guerre mondiale, Américains et Soviétiques perçoivent le potentiel des fusées allemandes V2, qui ont semé la terreur en Angleterre. La course démarre, en 1945, sur les décombres du III^e Reich, pour récupérer les ingénieurs allemands. La pêche aux

cerveaux tourne à l'avantage des Américains, qui mettent la main sur Werhner von Braun, le "père" des V2. Les modèles, plans et ingénieurs que les Soviétiques récupèrent leur permettent aussi de mettre au point des premiers missiles d'une portée de quelques centaines de kilomètres. En 1949, ils font exploser une première bombe atomique, rattrapant leur retard sur l'Amérique. Puis une bombe thermonucléaire (bombe H), vingt fois plus puissante, en 1953. Encore faut-il pouvoir atteindre les Etats-Unis, distants de plusieurs milliers de kilomètres. L'idée germe de donner assez de vitesse aux missiles pour qu'ils gagnent l'espace et retombent, ensuite, sur le

SCIENCE & VIE en parlait déjà... PAR FIORENZA GRACCI

1949 UNE ARME POUR LES GUERRES FUTURES ?

"Dans le désert du Nouveau-Mexique, les fusées d'essais ont à peine atteint une altitude de 200 km. Mais, déjà, les spécialistes américains étudient la création de satellites artificiels [...] pour les guerres futures." En guise de "spécialiste américain", l'ancien nazi Wernher von Braun, concepteur des fusées V2 destinées à détruire Londres, récupéré par l'US Air Force en 1945... et futur "père" du programme Apollo. **S&V n° 378**

LES SATELLITES TERRESTRES ARTIFICIELS

Dans le désert du Nouveau-Mexique, les fusées d'essais ont à peine atteint une altitude de 200 km. Mais, déjà, les spécialistes américains étudient la création de satellites artificiels et leur emploi dans les guerres futures. Il est intéressant d'examiner sur quelles bases scientifiques reposent ces anticipations, ne fût-ce que pour mieux mesurer les obstacles qui s'opposent sans doute bien longtemps encore à leur réalisation.

On recommandait au Congrès, dans son rapport... Ou cherchait depuis longtemps si Mars n'était... (document de la Commission des Recherches Scientifiques de l'Armée, 1949)



1957 UNE RÉVOLUTION D'ABORD SCIENTIFIQUE

Avec le Spoutnik, "aux milliards de milliards d'astres du cosmos, les savants russes avaient ajouté une petite étoile". Pour S&V, "nul doute qu'aux yeux de l'histoire future [cette date] apparaisse comme un point décisif de l'évolution de l'humanité". Et "c'est plus probablement l'intérêt scientifique [des satellites] qui est important pour nos descendants [car ces] premiers explorateurs-robots de l'espace connu vont apporter à la science une foule de renseignements, de chiffres". **S&V n° 483**

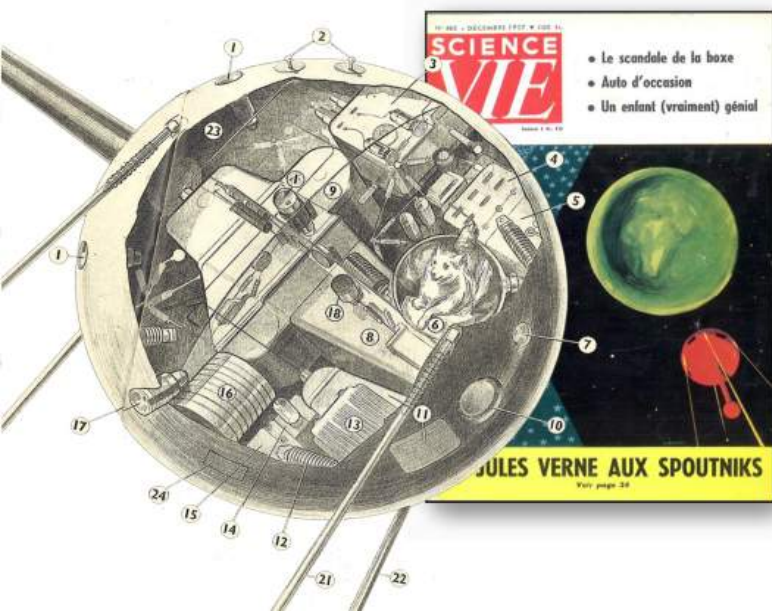


continent américain. Le missile balistique intercontinental devient, avec la bombe nucléaire, la priorité absolue de Staline.

Korolev a une autre idée en tête: un missile balistique pourrait, avec quelques

aménagements, être utilisé pour envoyer des sondes dans l'espace. Voir des hommes. Explorer le cosmos est un vieux rêve qui nourrit l'imaginaire russe depuis des décennies. Mais Korolev ne veut pas en faire →

^> La fusée R-7 décolle du cosmodrome de Baïkonour avec *Sputnik* à son bord. Grâce à Sergueï Korolev (à dr.), son concepteur, l'URSS devance les Etats-Unis dans la course à l'espace.



1966 LA FOLIE SATELLITAIRE

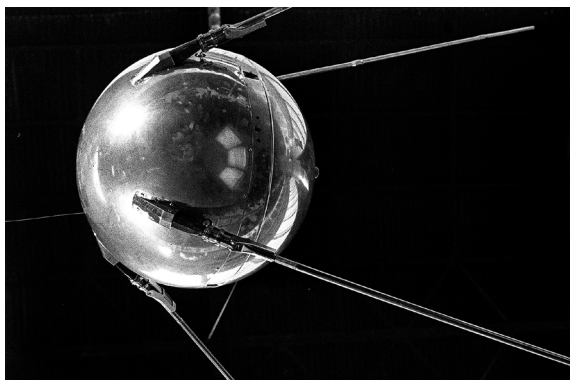
S&V fait les comptes: "Au dernier recensement, 472 satellites artificiels gravitent autour de la Terre [...]. Etages terminaux de fusées ayant connu leurs heures de gloire, laboratoires automates, postes de guet, électroniques défaillantes ou en plein essor, relais de télécommunications ou d'espionnage, repères géodésiques, indicateurs météo, toute une kyrielle d'objets astronautiques boucle la Terre en une heure et demie environ." S&V n° 583



→ trop étalage. Car son séjour au goulag, à la fin des années 1930, pour activités subversives, l'a rendu méfiant. Il ne peut prendre le risque d'être accusé de dilapider les ressources à d'autres objectifs que de défendre la mère patrie.

La mort de Staline, en 1953, change la donne. Nikita Khrouchtchev, le nouveau chef de l'exécutif, s'ouvre à l'idée de consacrer une faible partie des ressources balistiques à des fins scientifiques. Il se laisse surtout séduire par l'avantage que les Soviétiques en retireraient s'ils satellisaient, avant les Américains, un objet dans l'espace. Les progrès réalisés mettent ce défi à leur portée. La fusée intercontinentale R-7, que Korolev a conçue en ajoutant, aux quatre moteurs de l'étage principal, quatre autres grappes de quatre moteurs, soit vingt moteurs en tout, offre une poussée inégalée.

Une première ébauche de satellite comprend



△ Tout premier satellite mis en orbite, *Sputnik* était une sphère en aluminium de 58 cm de diamètre équipée d'un simple émetteur radio.

différents instruments scientifiques et pèse plus d'une tonne. Mais Korolev soupçonne les Américains de préparer, en secret, le lancement de leur satellite avant la date annoncée. Et il craint que leur propre lancement échoue. L'esquisse est simplifiée à l'extrême pour devenir une simple sphère en aluminium dotée d'un transmetteur à ondes courtes. Les ingénieurs réalisent "à la main" les calculs de trajectoire, s'aidant parfois d'un gigantesque ordinateur, capable de réaliser

10 000 opérations par seconde. La sphère, dans sa configuration finale, fait 58 cm de diamètre pour une masse de 84 kg. Les bips-bips qu'elle émet transmettent des informations sur la pression et la température à l'intérieur.

LES AMÉRICAINS SONNÉS

D'abord programmé le 6 octobre, le lancement est avancé. Le 4, la fusée R-7 décolle, avec la boule d'aluminium à bord. Le bip-bip régulier que les ingénieurs perçoivent confirme sa

parfaite mise en orbite. Le lendemain, le journal officiel, la *Pravda*, annonce solennellement l'événement d'un communiqué, désignant la sphère du terme *spoutnik*, qui signifie satellite en russe. Elle n'en fera sa une que le jour suivant. Alors que le peuple soviétique est en liesse, c'est la panique aux Etats-Unis. Le bip-bip, que peut capter n'importe quel radioamateur, fait réaliser aux Américains que l'URSS a les moyens de les frapper sur leur sol. Moins d'un mois plus tard, la fusée R-7 enverra dans l'espace la chienne Laïka. Quatre ans plus tard, ce sera un premier homme : Youri Gagarine. Sonnés, les Etats-Unis mettent en orbite, en janvier 1958, le satellite *Explorer 1* et créent la Nasa dans les mois suivants. Mais, jusqu'à ce qu'un astronaute foule le sol lunaire, douze ans plus tard, *Sputnik* vient de leur ravir le titre de première puissance technologique mondiale.

E. Monnier

ITAR-TASS/RUE DES ARCHIVES

SCIENCE & VIE en parlait encore

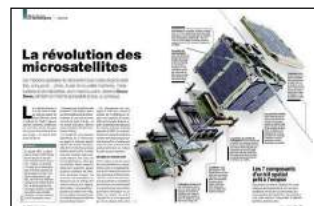
2012 ATTENTION AUX DÉBRIS

En 2011, "63 satellites et étages de fusée ont plongé dans l'atmosphère ! Un rythme soutenu qui devrait encore s'accroître avec l'augmentation de l'activité solaire dont on attend l'apogée en 2013. [...] L'ennoi, c'est que personne n'a le moindre contrôle sur ces objets de plusieurs tonnes déboulant vers nous [et] aucun scientifique n'est capable de prévoir le lieu d'atterrissage de leurs dangereux fragments". Certains industriels adaptent la conception des satellites pour une "fin de vie" plus sûre. **S&V n° 1139**



2017 LES SATELLITES SE MINIATURISENT

"Le 15 février dernier [...] l'agence spatiale indienne établissait un nouveau record un peu fou : lancer 104 satellites d'un seul coup – le record était jusqu'ici de 39. [...] Ce record est une puissante illustration de la révolution qui gagne le domaine spatial depuis une dizaine d'années : celle de l'arrivée de nouveaux satellites dont la taille, le poids et le prix s'avèrent sans commune mesure avec ceux de leurs prédécesseurs." Ceci "grâce à la miniaturisation d'un grand nombre de composants électroniques [qui] permet aujourd'hui d'embarquer toujours plus d'instruments". **S&V n° 1197**



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



mgen[★]

MUTUELLE
SANTÉ
PRÉVOYANCE

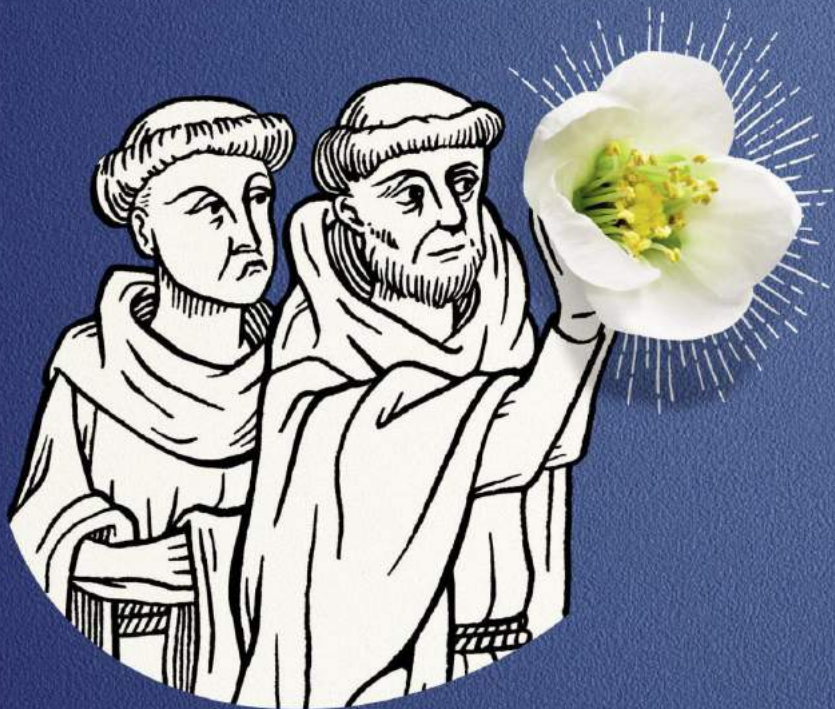
MA SANTÉ, C'EST SÉRIEUX.

J'AI CHOISI MGEN

Maladie, dentaire, optique, mais aussi prévoyance intégrée et services d'accompagnement en cas de coups durs : MGEN garantit une protection performante à chaque moment de ma vie et couvre efficacement mes frais de santé. Pour ma santé, je veux être bien entourée : comme près de 3,8 millions de personnes, j'ai choisi MGEN.

mgen.fr

MGEN, Mutuelle Générale de l'Éducation Nationale, n°775 685 399, MGEN Vie, n°441 922 002, MGEN Fila, n°440 363 588, mutuelles soumises aux dispositions du livre II du code de la Mutualité - MGEN Action sanitaire et sociale, n°441 921 913, MGEN Centres de santé, n°477 901 714, mutuelles soumises aux dispositions du livre III du code de la Mutualité.



ON NE PLAISANTE PAS
— AVEC LE GOÛT —



SERVOCEPLAN - Entreprise RCS Boulogne A 483292

La recette d'Affligem Cuvée Florem à l'arôme naturel fleur de sureau est approuvée avec soin par les moines de l'Abbaye d'Affligem.

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